Міністерство охорони здоров'я України
Національний медичний університет
імені О. О. Богомольця

Ministry of Health of Ukraine
Bogomolets National Medical University

USMYJ

НАУКОВО-ПРАКТИЧНЕ ВИДАННЯ

УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-МЕДИЧНИЙ МОЛОДІЖНИЙ ЖУРНАЛ

THEORETICAL AND PRACTICAL EDITION

UKRAINIAN SCIENTIFIC MEDICAL YOUTH JOURNAL

№3 (164) 2026

© 2026 by the authors; licensee USMYJ, Kyiv, Ukraine.
This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Науково-практичне видання

УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-МЕДИЧНИЙ МОЛОДІЖНИЙ ЖУРНАЛ

Засновник і видавець:
Національний медичний університет імені О.О.Богомольця (ROR ID: 03edafd86)

Орган управління:
Міністерство охорони здоров'я України

Індексація:
Google Scholar, Index Copernicus, WorldCat (OCLC)

Періодичність: 4 рази на рік
Реєстраційне свідоцтво: КВ № 17028-5798ПР

Статус видання:
включено до переліку фахових видань України (наказ МОН України від 11.06.2026 № 928)

Наукові напрями публікацій (спеціальності):

- І1 — Стоматологія
- І2 — Медицина
- І3 — Педіатрія
- І4 — Медична психологія
- І6 — Технології медичної діагностики та лікування за спеціалізаціями
- І7 — Терапія та реабілітація за спеціалізаціями
- І9 — Громадське здоров'я

Рекомендовано до друку:

Вченою радою НМУ імені О.О. Богомольця (протокол №5 від 28.05.2026 р.)

Редакція Українського науково-медичного молодіжного журналу, науковий відділ НМУ, бульвар Тараса Шевченка, 13, м. Київ, 01601, Україна

Вебсайт журналу: www.mmj.nmuofficial.com
E-mail: usmyj@nmu.ua
Вебсайт установи: www.nmuofficial.com

Друк:
ТОВ «505», м. Житомир, вул. М. Бердичівська, 17а
Тел.: +38 (063) 101-22-33,
E-mail: polygraphyinzt@gmail.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5609 від 21.09.2017 р.

Вихідні дані:
Підписано до друку: 31.03.2026 р.
Формат: 60×84/8. Друк: офсетний. Папір: офсетний
Тираж: 50 прим. Замовлення: № Ж-2025/17.06

ISSN 2786-6661 (Print)
eISSN 2786-667X (Online)
UDC: 378.6:61:001.891](477.411)(050)

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Головний редактор:
Сергій Земсков

Заступник головного редактора:
Павло Чернишов

Голова редакційної колегії:
Юрій Кучин

Відповідальний секретар:
Анастасія Гринзовська

Члени редакційної колегії:

Анатолій Гринзовський, Андрій Копчак, Євгенія Бурлака, Ірина Журавель, Назарій Кобиляк, Олег Міщенко, Antonios Billis (Greece), Andreas Neff (Marburg, Germany), Oksana Goroshchuk (Poland), Tomasz Bochenek (Poland), Ulrich Friedrich Wellner (Lubeck, Germany)

Правові положення:

Усі права на опубліковані матеріали належать редакції.

Відповідальність за достовірність поданих фактів несуть автори.

Передрук матеріалів можливий лише за згоди редакції з обов'язковим посиланням на джерело.

До друку приймаються наукові матеріали, що відповідають вимогам видання.

Scientific and Practical Edition
UKRAINIAN SCIENTIFIC MEDICAL YOUTH JOURNAL

Founder and Publisher:
Bogomolets National Medical University
(ROR ID: https://ror.org/03edafd86)

Governing Body: Ministry of Health of Ukraine

Journal's indexing:
Google Scholar, Index Copernicus, WorldCat (OCLC)

Publication frequency: 4 issues per year
Registration Certificate: КВ № 17028-5798ПР

Journal status:
Included in the list of professional scientific publications of Ukraine (Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine dated 11.06.2026 № 928)

Scientific fields (specialties):

I1 — Dentistry
I2 — Medicine
I3 — Pediatrics
I4 — Medical Psychology
I6 — Medical Diagnostic and Treatment Technologies (by Specialisation)
I7 — Therapy and Rehabilitation (by Specialisation)
I9 — Public Health

Recommended for publication:
Academic Council of Bogomolets National Medical University (Protocol №5, 28.05.2026)

Editorial office: Ukrainian Scientific Medical Youth Journal, Research Department Bogomolets National Medical University
13 Taras Shevchenko Blvd., Kyiv, 01601, Ukraine

Journal website: www.mmj.nmuofficial.com
E-mail: usmyj@nmu.ua
University website: www.nmuofficial.com

Printed by:
LLC "505", 17a M. Berdychivska St., Zhytomyr, Ukraine
Tel.: +38 (063) 101-22-33
E-mail: polygraphyinzt@gmail.ua
Certificate of publishing entity:
ДК № 5609 dated 21.09.2017

Publication details:
Signed for print: 31.03.2026
Format: 60×84/8, Printing: offset, Paper: offset
Circulation: 50 copies. Order No.: Ж-2025/17.06

ISSN 2786-6661 (Print)
eISSN 2786-667X (Online)
UDC: 378.6:61:001.891](477.411)(050)

EXECUTIVE BOARD

Chairman Of The Editorial Board:
Iurii Kuchyn

Editor in Chief:
Sergii Zemskov

Deputy Editor-in-Chief:
Pavel Chernyshov

Executive Secretary:
Anastasiia Hrynzovska

Members of the Editorial Board:

Anatolii Hrynzovskyi, Antonios Billis (Greece), Andreas Neff (Marburg, Germany), Andrey Kopchak, Ievgeniia Burlaka, Iryna Zhuravel, Nazariy Kobyliak, Oleg Mishchenko, Oksana Goroshchuk (Poland), Tomasz Bochenek (Poland), Ulrich Friedrich Wellner (Lubeck, Germany), Zhanna Polova.

Legal notice:

All rights to the published materials are reserved by the editorial board.

Authors are responsible for the accuracy of the data presented in their articles.

Reproduction of materials is permitted only with the consent of the editorial board and with proper citation.

Submitted manuscripts must comply with the journal's publication requirements.

ISSN 2786-6661

CONTENTS / ЗМІСТ

ORIGINAL ARTICLES / ОРИГІНАЛЬНІ РОБОТИ

APPLICATION OF 2D PERFUSION ANGIOGRAPHY TO ASSESS THE EFFECTIVENESS OF VASCULAR EMBOLIZATION: ANALYSIS USING THE XGBOOST ALGORITHM
Snizhana I. Laziuk, Sergii M. Kozlov

ЗАСТОСУВАННЯ 2D-ПЕРФУЗІЙНОЇ АНГІОГРАФІЇ ДЛЯ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕМБОЛІЗАЦІЇ СУДИН: АНАЛІЗ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ АЛГОРИТМУ XGBOOST
Сніжана І. Лазюк, Сергій М. Козлов
..... 9

APPLICABILITY OF INTERNATIONAL GUIDELINES FOR THE MANAGEMENT OF PULMONARY NODULES IN UKRAINIAN CLINICAL PRACTICE
Alina A. Melnykova, Svitlana V. Fedkiv

ЗАСТОСОВНІСТЬ МІЖНАРОДНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ВЕДЕННЯ ПАЦІЄНТІВ ІЗ ЛЕГЕНЕВИМИ ВУЗЛАМИ В УМОВАХ УКРАЇНСЬКОЇ КЛІНІЧНОЇ ПРАКТИКИ
Аліна А. Мельникова, Світлана В. Федьків
..... 17

CHARACTERISTICS OF OUT-OF-POCKET PAYMENT FREQUENCY AMONG COLORECTAL CANCER PATIENTS UNDERGOING CHEMOTHERAPY DEPENDING ON CLINICAL AND ANTHROPOMETRIC INDICATORS
Andrii O. Maranov

ОСОБЛИВОСТІ ЧАСТОТИ ПЛАТЕЖІВ З ВЛАСНОЇ КИШЕНІ ПАЦІЄНТІВ ПРИ ХІМІОТЕРАПІЇ КОЛОРЕКТАЛЬНОГО РАКУ З РІЗНИМИ КЛІНІЧНИМИ ТА АНТРОПОМЕТРИЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ
Андрій О. Маранов
..... 26

CLINICAL ASSESSMENT OF THE LIPID PROFILE IN PATIENTS WITH METABOLIC-ASSOCIATED STEATOTIC LIVER DISEASE COMBINED WITH HYPOTHYROIDISM
Yuliia V. Yanchuk, Volodymyr V. Cherniavskyi

КЛІНІЧНА ОЦІНКА ЛІПІДНОГО ПРОФІЛЮ У ХВОРИХ НА МЕТАБОЛІЧНО-АСОЦІЙОВАНУ СТЕАТОТИЧНУ ХВОРОБУ ПЕЧІНКИ В ПОЄДНАННІ З ГІПОТИРЕОЗОМ
Юлія В. Янчук, Володимир В. Чернявський
..... 30

FEATURES OF THE DIURNAL PROFILE OF BLOOD PRESSURE AND REMODELING OF THE HEART AND VESSELS IN PEOPLE WITH COVID-19
Olga R. Voznyuk

ОСОБЛИВОСТІ ДОБОВОГО ПРОФІЛЮ АРТЕРІАЛЬНОГО ТИСКУ ТА РЕМОДЕЛЮВАННЯ СЕРЦЯ ТА СУДИН У ЛЮДЕЙ З COVID-19
Ольга Р. Вознюк
..... 41

JUSTIFICATION OF CRITERIA FOR RISK-BASED MONITORING OF PESTICIDES IN SURFACE AND GROUNDWATER
Daria S. Stakhova, Olha S. Bilous, Tomasz Bochenek, Anatolii M. Hrynzovskyi

ОБҐРУНТУВАННЯ КРИТЕРІЇВ РИЗИК-ОРІЄНТОВАНОГО МОНІТОРИНГУ ПЕСТИЦИДІВ У ПОВЕРХНЕВИХ ТА ПІДЗЕМНИХ ВОДАХ
Дар'я С. Стахова, Ольга С. Білоус, Томаш Бохенек, Анатолій М. Гринзовський
..... 51

 Creative Commons «Attribution» 4.0

OCULAR SURFACE MICROBIOTA IN PEDIATRIC KERATOCONUS:
A COMPARATIVE OBSERVATIONAL STUDY
Victoria V. Tepleshniuk, Iurii V. Barinov

МІКРОБІОТА ПОВЕРХНІ ОКА ПРИ ПЕДІАТРИЧНОМУ КЕРАТОКОНУСІ:
ПОРІВНЯЛЬНЕ ОБСЕРВАЦІЙНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ
Вікторія В. Теплешнюк, Юрій В. Барінов
59

PROGNOSTIC VALUE OF ALCOHOL USE DISORDERS IN COMBATANTS
WITH POST-TRAUMATIC STRESS DISORDER FOR THE SEVERITY
OF COGNITIVE DYSFUNCTION
Oleg S. Fitkalo

ПРОГНОСТИЧНА ЦІННІСТЬ РОЗЛАДІВ ВЖИВАННЯ АЛКОГОЛЮ У КОМБАТАНТІВ
З ПОСТТРАВМАТИЧНИМ СТРЕСОВИМ РОЗЛАДОМ
ЩОДО ВИРАЖЕНОСТІ КОГНІТИВНОЇ ДИСФУНКЦІЇ
Олег С. Фітькало
66

PROGNOSTIC VALUE OF BIOMARKERS FOR THE DURATION OF INPATIENT TREATMENT
IN CHILDREN WITH COVID-19
Iryna Yu. Seriakova, Vitalii V. Yevtushenko, Sergiy O. Kramarov, Mariia O. Dudnikova

ПРОГНОСТИЧНА ЦІННІСТЬ БІОМАРКЕРІВ ЩОДО ТРИВАЛОСТІ СТАЦІОНАРНОГО
ЛІКУВАННЯ ДІТЕЙ ІЗ COVID-19
Ірина Ю. Серякова, Віталій В. Євтушенко, Сергій О. Крамарьов, Марія О. Дуднікова
73

REVIEW ARTICLES / ОГЛЯДОВІ РОБОТИ

BACTERIAL NANOMECHANICAL VIBRATIONS AS A DIAGNOSTIC TOOL:
A NARRATIVE REVIEW OF EVIDENCE, TERMINOLOGY, AND LIMITATIONS
Ali Adel Dawood, Suhair Imad Abdulrazzaq, Wahda Abdulrazzaq Kharofa

БАКТЕРІАЛЬНІ НАНОМЕХАНІЧНІ КОЛИВАННЯ ЯК ДІАГНОСТИЧНИЙ ІНСТРУМЕНТ:
НАРАТИВНИЙ ОГЛЯД ДОКАЗОВИХ ДАНИХ, ТЕРМІНОЛОГІЇ ТА ОБМЕЖЕНЬ
Ali Adel Dawood, Suhair Imad Abdulrazzaq, Wahda Abdulrazzaq Kharofa
82

INTERNATIONAL APPROACHES TO ASSESSING THE CAPACITY OF REHABILITATION
FACILITIES: EVOLUTION OF REHABILITATION MODELS, EVIDENCE-BASED PRACTICE,
AND INTERDISCIPLINARY COLLABORATION
Andriy V. Shvets, Olesya M. Ivanko, Valentyna M. Makhniuk, Olga V. Horishna, Halyna V. Lugova

МІЖНАРОДНІ ПІДХОДИ ДО ОЦІНКИ СПРОМОЖНОСТЕЙ РЕАБІЛІТАЦІЙНИХ ЗАКЛАДІВ:
ЕВОЛЮЦІЯ МОДЕЛЕЙ РЕАБІЛІТАЦІЇ, ДОКАЗОВА ПРАКТИКА
ТА МІЖДИСЦИПЛІНАРНА СПІВПРАЦЯ
*Андрій В. Швець, Олеся М. Іванько, Валентина М. Махнюк, Ольга В. Горішна,
Галина В. Лугова*
90

MYOCARDIAL INTERSTITIUM: FROM HISTOPHYSIOLOGY TO CARDIOSCLEROSIS
AND ECTOPIC CALCIFICATION
Oleksandr M. Grabovyi, Anna Y. Kondaurova

ІНТЕРСТИЦІЙ МІОКАРДА: ВІД ГІСТОФІЗІОЛОГІЇ ДО КАРДІОСКЛЕРОЗУ
ТА ЕКТОПІЧНОЇ КАЛЬЦИФІКАЦІЇ
Олександр М. Грабовий, Анна Ю. Кондаурова
102

PARTIAL CLINICAL REMISSION IN TYPE 1 DIABETES:
PANCREATIC B-CELL FUNCTIONAL RESERVE, PREDICTORS,
AND CLINICAL SIGNIFICANCE (A NARRATIVE REVIEW)
Daryna M. Bilous

ЧАСТКОВА КЛІНІЧНА РЕМІСІЯ ПРИ ЦУКРОВОМУ ДІАБЕТІ 1 ТИПУ:
ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ РЕЗЕРВ В-КЛІТИН, ПРЕДИКТОРИ
ТА КЛІНІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ (НАРАТИВНИЙ ОГЛЯД)
Дарина М. Білоус
..... 114

PATHOPHYSIOLOGICAL MECHANISMS OF COMBAT INJURIES OF THE LOWER
EXTREMITIES AND THEIR IMPACT ON THE CHOICE OF SURGICAL TACTICS
Serhii O. Derkach, Maryna M. Tsvietkova, Maksym V. Baida

ПАТОФІЗІОЛОГІЧНІ МЕХАНІЗМИ БОЙОВИХ УШКОДЖЕНЬ НИЖНІХ КІНЦІВОК
ТА ЇХ ВПЛИВ НА ВИБІР ХІРУРГІЧНОЇ ТАКТИКИ
Сергій О. Деркач, Марина М. Цвєткова, Максим В. Байда
..... 119

POSSIBILITIES OF APPLYING MACHINE LEARNING FOR ELECTROCARDIOGRAM ANALYSIS
TO PREDICT MYOCARDIAL INFARCTION
Olga A. Stelmakh, Anatolii M. Kravchenko

МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МАШИННОГО НАВЧАННЯ
ДЛЯ АНАЛІЗУ ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАМ З МЕТОЮ ПРОГНОЗУВАННЯ ІНФАРКТУ МІОКАРДА
Ольга А. Стельмах, Анатолій М. Кравченко
..... 128

THE MODERN PARADIGM OF REGULATED CELL DEATH IN MYOCARDIAL ISCHEMIA:
METAL-DEPENDENT MECHANISMS, DISULFIDPTOSIS,
AND IMMUNOGENIC CELL DESTRUCTION — A LITERATURE REVIEW WITH
A SYSTEMATIZED SEARCH
*Maksym M. Martsev, Sofiia Yu. Lytvyn, Viktoriia A. Pavlusenko, Anastasiia O. Kyryk,
Anastasiia S. Lytovchenko, Serhii A. Dzonyk, Tetiana V. Kozytska*

СУЧАСНА ПАРАДИГМА РЕГУЛЬОВАНОЇ КЛІТИННОЇ СМЕРТІ ПРИ ІШЕМІЇ МІОКАРДА:
РОЛЬ МЕТАЛОЗАЛЕЖНИХ МЕХАНІЗМІВ, ДИСУЛЬФІДОПТОЗУ
ТА ІМУНОГЕННОЇ ДЕСТРУКЦІЇ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ
З ЕЛЕМЕНТАМИ СИСТЕМАТИЗОВАНОГО ПОШУКУ)
*Максим М. Марцев, Софія Ю. Литвин, Вікторія А. Павлусенко, Анастасія О. Кирик,
Анастасія С. Литовченко, Сергій А. Дзьоник, Тетяна В. Козицька*
..... 139

THE ROLE AND PLACE OF NPWT IN THE MULTIDISCIPLINARY SURGICAL MANAGEMENT
OF GUNSHOT AND BLAST LIMB INJURIES
Andrii M. Trushchelov, Maksym O. Pristupiuk

РОЛЬ ТА МІСЦЕ NPWT-ТЕРАПІЇ У КОМПЛЕКСНОМУ ХІРУРГІЧНОМУ ЛІКУВАННІ
ВОГНЕПАЛЬНИХ ТА ВИБУХОВИХ РАН КІНЦІВОК
Андрій М. Трущельов, Максим О. Приступюк
..... 154

CASE REPORTS / КЛІНІЧНІ ВИПАДКИ

A CLINICAL CASE OF FEMORAL NECK BONE CYST TREATMENT WITH PROPHYLACTIC
PLATE OSTEOSYNTHESIS BASED ON PATHOLOGICAL FRACTURE RISK ASSESSMENT
IN AN 11-YEAR-OLD CHILD
Antonina S. Shkrobiak, Volodymyr M. Vitiaz

 Creative Commons «Attribution» 4.0

КЛІНІЧНИЙ ВИПАДОК ЛІКУВАННЯ КІСТИ ШИЙКИ СТЕГНОВОЇ КІСТКИ
ІЗ ОБҐРУНТУВАННЯМ ВИКОРИСТАННЯ ПРОФІЛАКТИЧНОГО МЕТАЛООСТЕОСИНТЕЗУ
ПЛАСТИНОЮ У ДИТИНИ 11 РОКІВ
Антоніна С. Шкроб'як, Володимир М. Вітязь
..... 163

APPLICATION OF RADIONUCLIDE DIAGNOSTIC METHODS FOR MONITORING THE
FUNCTIONAL CAPACITY OF A TRANSPLANTED KIDNEY:
CASE SERIES
*Maksym V. Sytor, Tetiana H. Novikova, Serhii V. Zemskov, Larysa V. Natrus,
Mykhailo M. Tkachenko, Iryna V. Krasiuk*

ЗАСТОСУВАННЯ РАДІОНУКЛІДНИХ МЕТОДІВ ДІАГНОСТИКИ
У КОНТРОЛІ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ ТРАНСПЛАНТОВАНОЇ НИРКИ:
СЕРІЯ КЛІНІЧНИХ ВИПАДКІВ
*Максим В. Ситор, Тетяна Г. Новікова, Сергій В. Земсков, Лариса В. Натрус,
Михайло М. Ткаченко, Ірина В. Красюк*
..... 169

ARTHRALGIA, WEIGHT LOSS, ANEMIA, AND SUSPECTED PANNICULITIS:
A PROLONGED DIAGNOSTIC JOURNEY TO WHIPPLE DISEASE
Artem V. Neverovskyi, Ruslan V. Buianovskyi, Andrii M. Puzyrenko

АРТРАЛГІЯ, МОЖЛИВИЙ ПАНІКУЛІТ, ВТРАТА ВАГИ ТА АНЕМІЯ:
ТРИВАЛИЙ ДІАГНОСТИЧНИЙ ШЛЯХ ДО ХВОРОБИ УІППЛА
Артем В. Неверовський, Руслан В. Буяновський, Андрій М. Пузиренко
..... 177

COMPREHENSIVE DIAGNOSTIC AND TREATMENT ALGORITHM FOR THE SURGICAL
MANAGEMENT OF POSTOPERATIVE ADHESIVE SMALL BOWEL OBSTRUCTION:
RESULTS OF A COMPARATIVE CLINICAL STUDY
Vasyl V. Lysytsia

КОМПЛЕКСНИЙ ЛІКУВАЛЬНО-ДІАГНОСТИЧНИЙ АЛГОРИТМ У ХІРУРГІЧНОМУ
ЛІКУВАННІ ПІСЛЯОПЕРАЦІЙНОЇ ЗЛУКОВОЇ КИШКОВОЇ НЕПРОХІДНОСТІ:
РЕЗУЛЬТАТИ ПОРІВНЯЛЬНОГО КЛІНІЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ
Василь В. Лисиця
..... 184

DIFFERENTIAL DIAGNOSIS OF HEMORRHAGIC VASCULITIS
WITH INFECTIOUS EXANTHEMS IN A CHILD:
A CLINICAL CASE
Snizhana U. Strokina, Oleksandra R. Buts

ДИФЕРЕНЦІЙНА ДІАГНОСТИКА ГЕМОРАГІЧНОГО ВАСКУЛІТУ
З ІНФЕКЦІЙНИМИ ЕКЗАНТЕМАМИ У ДИТИНИ:
КЛІНІЧНИЙ ВИПАДОК
Сніжана Ю. Строкіна, Олександра Р. Буц
..... 197

OTHER MATERIALS / ІНШІ МАТЕРІАЛИ

INTERNATIONAL SCIENTIFIC-PRACTICAL CONFERENCE
TO THE WORLD PATIENT SAFETY DAY 2026
September 17, 2026
Bogomolets National Medical University
Kyiv, Ukraine

НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ З МІЖНАРОДНОЮ УЧАСТЮ
ДО ВСЕСВІТНЬОГО ДНЯ БЕЗПЕКИ ПАЦІЄНТІВ 2026 РОКУ

17. 09. 2026
Національний медичний університет імені О.О. Богомольця
Київ, Україна

..... 204

AUTHOR INDEX / АЛФАВІТНИЙ ЗМІСТ

..... 308

Creative Commons «Attribution» 4.0

UDC: 616.136:616.411]-089.819:616-073.755.4:004.8
DOI: https://doi.org/10.32345/USMYJ.3(164).2026.9-16

APPLICATION OF 2D PERFUSION ANGIOGRAPHY TO ASSESS THE EFFECTIVENESS OF VASCULAR EMBOLIZATION: ANALYSIS USING THE XGBOOST ALGORITHM

Snizhana I. Laziuk, Sergii M. Kozlov

Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

ABSTRACT

Introduction. Interventional radiology is a cornerstone of minimally invasive medicine, yet objective assessment of embolization efficacy remains difficult because conventional visual evaluation of angiographic images is subjective and operator-dependent. Two-dimensional (2D) perfusion angiography, derived from digital subtraction angiography (DSA), enables quantitative assessment of hemodynamic parameters, including time to peak (TTP) contrast enhancement, reflecting the timing of peak contrast enhancement, and mean transit time (MTT), reflecting the duration of contrast transit through the perfused tissue.

Aim. To quantify changes in TTP and MTT before and after splenic artery embolization and, as an exploratory analysis, to assess whether a machine-learning model can automatically distinguish pre- from post-embolization perfusion states. The clinical efficacy of the procedure was additionally evaluated at 12-month follow-up.

Materials and methods. Paired pre- and post-embolization perfusion data from nine patients were analysed. TTP and MTT were compared using the paired Student's *t*-test. An XGBoost (Extreme Gradient Boosting) classifier was trained to distinguish pre- from post-embolization states using TTP and MTT values measured at individual time points and evaluated by patient-grouped 3-fold cross-validation, with leave-one-patient-out cross-validation as a robustness check.

Results. Embolization was associated with significant increases in TTP (from 4.58 ± 0.45 to 6.25 ± 0.43 s) and MTT (from 3.25 ± 0.30 to 4.61 ± 0.36 s; both $p<0.001$), indicating marked attenuation of perfusion within the embolized territory. At 12 months, significant clinical improvement was observed, including reduced spleen volume and increased platelet count (both $p<0.001$). The XGBoost model achieved an accuracy of 0.94 and an AUC-ROC of 0.94, with TTP as the principal discriminating feature.

Conclusions. In this small proof-of-concept cohort, 2D perfusion angiography quantified embolization-related hemodynamic changes, and machine learning demonstrated preliminary feasibility for the automated discrimination of pre- and post-embolization perfusion states. Larger, externally validated studies with standardized acquisition protocols are required before clinical application.

Keywords: Angiography, Machine Learning, Boosting Machine Learning Algorithms, Splenic Artery, Portal Hypertension, Splenomegaly, Embolization of the Splenic Artery

INTRODUCTION

Interventional radiology has emerged as a leading discipline within minimally invasive medicine, enabling precise locoregional targeting of pathological vasculature and tumour tissue [1, 2]. A principal challenge in this field is the objective assessment of embolization efficacy – that is, the reliable determination of the extent to which arterial blood flow to the target territory has been successfully reduced or occluded [3]. Conventional visual appraisal of angiographic images is inherently subjective, operator-dependent, and frequently insufficient for the quantitative characterisation of hemodynamic alterations between pre- and post-procedural time points [3, 4].

Two-dimensional perfusion angiography, derived from digital subtraction angiography (DSA) sequences, provides a quantitative framework for the evaluation of hemodynamic parameters, notably time to peak (TTP) contrast enhancement and mean transit time (MTT) of the contrast agent. These parameters reflect temporal changes in contrast-

agent transit through the target vascular territory and may serve as standardized indices of embolization efficacy [3-7].

Nevertheless, manual interpretation of the resulting perfusion maps remains labour-intensive and susceptible to inter- and intra-observer variability. In this context, the application of machine-learning methodologies – capable of autonomously analysing angiographic data and recognizing patterns associated with embolization-induced hemodynamic changes – represents a promising avenue for further investigation [8, 9]. Among these, XGBoost (Extreme Gradient Boosting) is distinguished by its robustness on limited datasets and its capacity to identify and rank the perfusion parameters that best discriminate such changes [10, 11].

The integration of quantitative perfusion angiography with machine-learning frameworks offers new opportunities for the development of semi-automated decision-support systems capable of objectively characterising embolization-related perfusion changes [12-15].

AIM

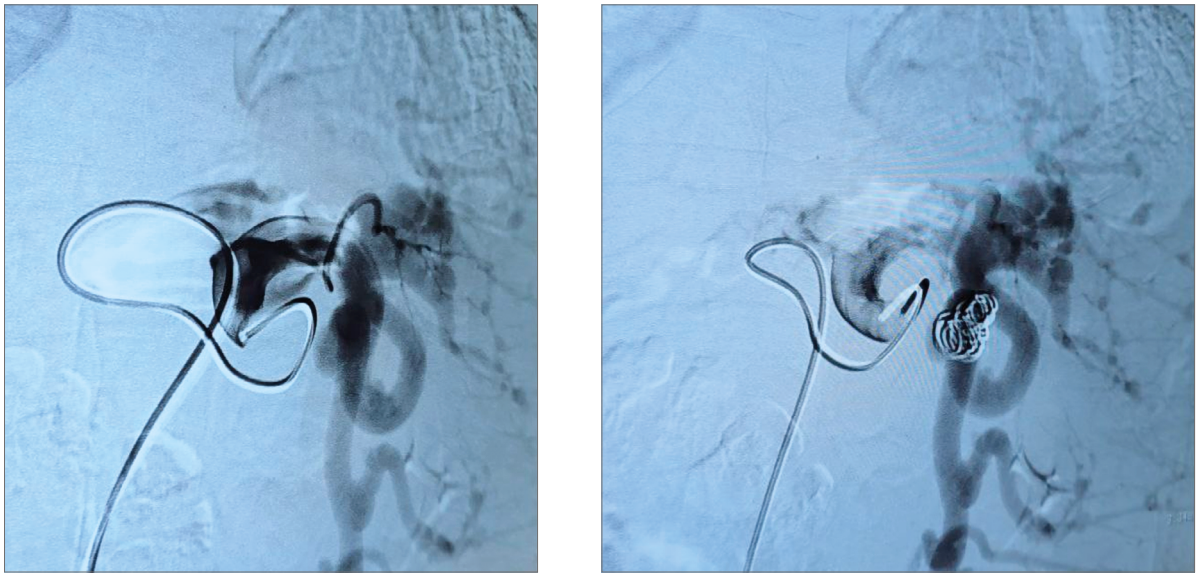
The aim of this study was to evaluate the potential of 2D perfusion angiography for the quantitative assessment of embolization-related hemodynamic changes in the splenic artery in patients with manifestations of portal hypertension and splenomegaly. The clinical efficacy of the embolization was additionally assessed at 12-month follow-up.

MATERIALS AND METHODS

This was a proof-of-concept experimental study designed to evaluate the capabilities of quantitative 2D perfusion angiography for the assessment of embolization-related hemodynamic changes. The study dataset comprised perfusion angiography records from nine patients, with paired pre- and post-procedural imaging datasets obtained following splenic artery embolization (Figure 1).

The study cohort comprised nine patients (five men and four women) aged 35–54 years, treated in 2022–2023 for clinically overt portal hypertension complicated by at least one episode of gastroesophageal variceal bleeding. According to the Child–Pugh classification, three patients belonged to class A and six to class B. All patients underwent combined splenic artery embolization.

Digital subtraction angiography (DSA) with 2D perfusion analysis was performed using a Philips Azurion angiographic system (software release 5 M12). Femoral arterial access was obtained using a 6-Fr Radifocus II introducer sheath, a 5-Fr Glidecath catheter, and a 0.035-inch guidewire (all Terumo); the catheter tip was positioned in the splenic artery or its target branch. Combined embolization was performed using detachable coils (Cook; 12 mm × 8 cm and 8 mm × 8 cm) delivered via a pushable coil. Iodinated contrast medium (300 mg I/mL) was administered into the splenic artery at a rate of 3 mL/s, and image series were acquired at 10 frames/s. Time to peak (TTP) and mean transit time (MTT) were derived from a region of interest placed over the splenic parenchyma using Philips 2D Perfusion post-processing software (Philips Healthcare). Identical acquisition and processing protocols were used before and after embolization.



a) Before splenic artery embolization b) after splenic artery embolization

Fig. 1 (a, b). Intraoperative angiography: visualization of the vascular bed via a microcatheter under digital subtraction angiography (DSA) control

 Creative Commons «Attribution» 4.0

Table 1. Changes in perfusion parameters before and after embolization (n = 9)

Parameter	Before embolization (M ± SD)	After embolization (M ± SD)	Δ (post- minus pre-embolization)	p-value
TTP (s)	4.58 ± 0.45	6.25 ± 0.43	1.67	< 0.001
MTT (s)	3.25 ± 0.30	4.61 ± 0.36	1.36	< 0.001

Note: p-values were determined using the paired Student's *t*-test.

For each case, two primary perfusion parameters were determined: Time to Peak (TTP) contrast enhancement, reflecting the velocity of contrast agent arrival, and Mean Transit Time (MTT), characterising the volume of tissue perfusion within the intervention zone.

Data acquisition was performed at two discrete time points – immediately prior to and upon completion of the intervention. Normality of data distribution was confirmed, consistent with a Gaussian pattern. Inter-timepoint differences (ΔTTP, ΔMTT) were subsequently computed to characterise the magnitude of perfusion alterations attributable to embolization. Descriptive statistics included means and standard deviations; between-timepoint comparisons were conducted using the paired Student's t-test, with a significance threshold set at $p < 0.05$ (Table 1).

Because the clinical outcomes were assessed at 12-month follow-up and were not individually linked to the intra-procedural perfusion measurements on a per-patient basis, the machine-learning task was framed not as prediction of procedural success but as an exploratory classification of perfusion state. Each measurement was labelled according to its acquisition time point (0 = pre-embolization, 1 = post-embolization), providing an objective classi-

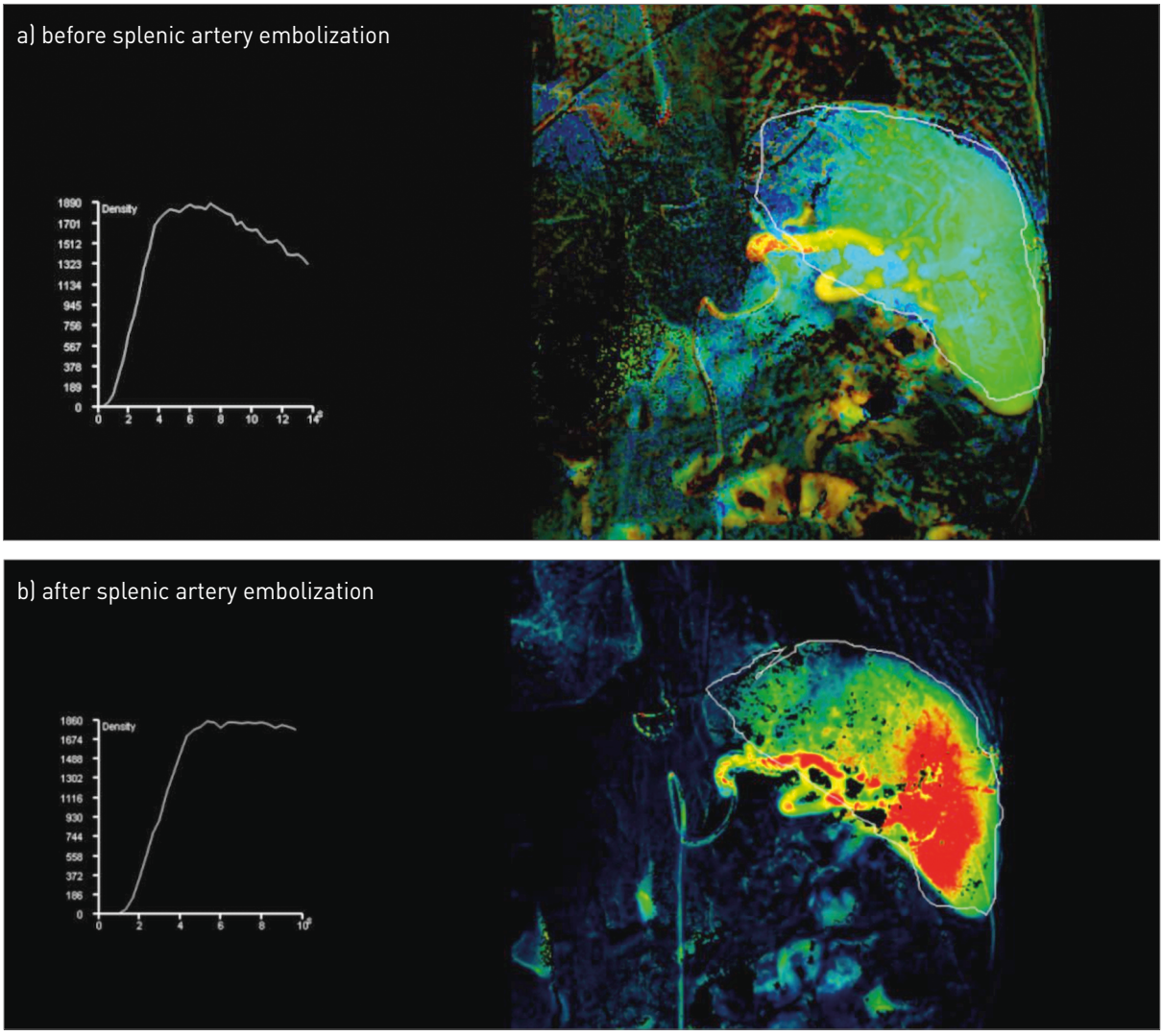


Fig. 2 (a, b). 2D perfusion angiography

Table 2. Individual patient data before and after embolization (n = 9)

ID	TTP pre (s)	TTP post (s)	ΔTTP (s)	MTT pre (s)	MTT post (s)	ΔMTT (s)
1	4.84	6.28	1.44	3.12	4.91	1.79
2	4.41	6.61	2.20	3.37	4.53	1.16
3	4.75	5.86	1.11	3.16	4.45	1.29
4	5.23	6.68	1.45	3.62	4.82	1.20
5	4.48	5.56	1.08	3.27	4.17	0.90
6	4.01	6.83	2.82	2.74	5.17	2.43
7	5.09	6.09	1.00	3.58	4.12	0.54
8	3.87	6.49	2.62	2.90	4.92	2.02
9	4.55	5.89	1.34	3.46	4.38	0.92

Note: ΔTTP and ΔMTT denote the post- minus pre-embolization differences.

fication target independent of the perfusion features themselves.

For this exploratory analysis, the XGBoost (Extreme Gradient Boosting) algorithm – an ensemble learning method based on sequential decision-tree boosting – was employed to distinguish pre- from post-embolization states. The feature set comprised TTP and MTT values at each time point, yielding two paired measurements per patient.

Model training and evaluation were performed using patient-grouped 3-fold cross-validation (*StratifiedGroupKFold*), in which all measurements from a given patient were assigned to the same fold to prevent information leakage between paired pre- and post-embolization measurements while preserving class distribution across folds. Given the small sample size, leave-one-patient-out cross-validation was additionally performed as a robustness check, with comparable results. Model performance was characterised using AUC-ROC, accuracy, precision, and recall, and feature-importance analysis was conducted to identify the relative contribution of each perfusion parameter.

All data processing and modelling procedures were implemented in Python 3.12, utilising the pandas, scikit-learn, and xgboost libraries. Findings are reported as means ± standard deviations and presented in tabular and graphical formats, including ROC curves and feature-importance plots.

RESULTS

Perfusion angiography data from nine patients demonstrated that splenic artery embolization was associated with statistically significant changes in hemodynamic parameters reflecting regional perfusion within the intervention zone (Figure 2). Mean TTP increased from 4.58 ± 0.45 s to 6.25 ± 0.43 s following embolization ($p<0.001$), indicating delayed contrast-medium transit consistent with reduced arterial perfusion. A concurrent and significant increase in MTT was observed, from 3.25 ± 0.30 s to 4.61 ± 0.36 s ($p<0.001$), further supporting prolonged contrast transit within the embolized territory (Table 2).

To evaluate whether perfusion parameters encode the embolization-induced hemodynamic change, an XGBoost classifier was trained to distinguish pre- from post-embolization states using the per-time-point TTP and MTT values. Under patient-grouped 3-fold cross-validation, the model separated the two states with an accuracy and AUC-ROC of 0.94; leave-one-patient-out cross-validation gave the same values (Table 3).

Table 3. XGBoost model performance metrics

Metric	Value
Accuracy	0.944
AUC-ROC	0.944
Precision	1.000
Recall	0.889

Note: Accuracy (overall classification accuracy), Precision (positive predictive value), Recall (sensitivity), AUC-ROC (ability to distinguish pre- from post-embolization states).

The AUC-ROC of 0.94 indicates that perfusion parameters reliably separate pre- from post-embolization states, consistent with the marked TTP and MTT changes reported above; this result should nonetheless be interpreted in the context of the small sample and the expected separability of the two states (Figure 3).

Feature-importance analysis identified TTP as the principal feature discriminating between the two states (Figure 4), while MTT provided little additional information once TTP was included. This finding is consistent with the observation that both parameters increased markedly and concordantly after embolization, indicating that either parameter alone could effectively distinguish between the pre- and post-procedural states.

 Creative Commons «Attribution» 4.0

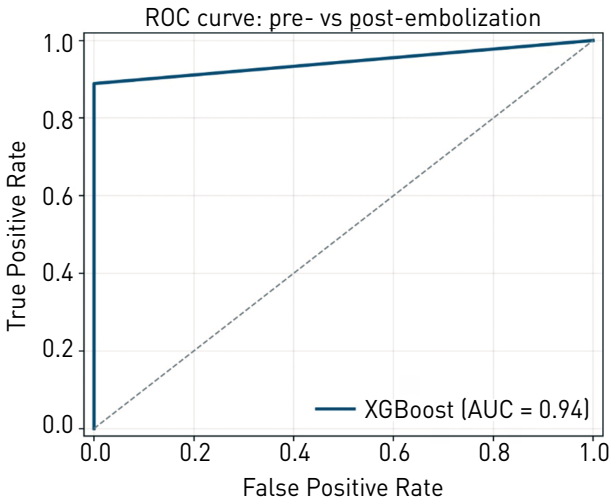


Fig. 3. ROC curve of the XGBoost model distinguishing pre- from post-embolization perfusion states

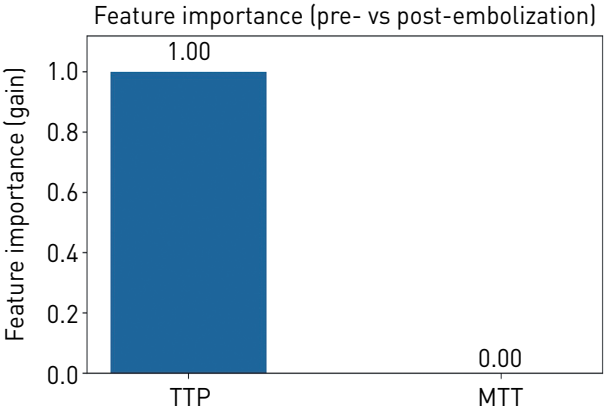


Fig. 4. Feature importance for the XGBoost classifier distinguishing pre- from post-embolization states

Beyond the intra-procedural perfusion changes, splenic artery embolization was associated with significant clinical improvement at 12-month follow-up in the same nine patients (Table 4). Spleen volume decreased markedly, and platelet count more than doubled (both p<0.001), with significant improvements also observed in haemoglobin, haematocrit, and the Child–Pugh score, whereas albumin levels and the MELD score did not change significantly.

DISCUSSIONS

The present study demonstrates that 2D perfusion angiography parameters showed statistically significant changes following splenic artery embolization. The observed increases in TTP and MTT are consistent with the expected hemodynamic effects of embolization, reflecting attenuation of arterial perfusion within the target territory. These findings are in agreement with previous investigations in which post-procedural increases in TTP and MTT were reported as quantitative indicators of embolization efficacy, notably in the context of partial splenic artery embolization [5], endovascular interventions for lower extremity arterial disease [4, 7, 12], and parametric perfusion analyses in other vascular territories [13]. Collectively, these findings support the potential utility of 2D perfusion angiography for standardized, real-time hemodynamic monitoring of embolization-related perfusion changes [3].

The XGBoost classifier distinguished pre- from post-embolization states with high accuracy (AUC-ROC = 0.94 under patient-grouped cross-validation), with comparable results obtained using leave-one-patient-out cross-validation, despite the small sample size (n = 9). These findings provide preliminary, exploratory evidence that embolization-induced hemodynamic changes may be sufficiently consistent to be detected automatically from perfusion parameters [10, 11]. The high classification performance may largely reflect the expected physiological separation between pre- and post-embolization perfusion states rather than any clinical predictive capability. Although clinical improvement was observed at 12 months (Table 4), these outcomes were assessed at the group level and

Table 4. Clinical outcomes before and 12 months after splenic artery embolization (n = 9)

Parameter	Before embolization	12 months after embolization	p-value
Spleen volume, cm³	811.6 ± 324.2	478.8 ± 168.6	<0.001
Platelet count, ×10⁹/L	78.5 ± 29.0	143.4 ± 27.7	<0.001
Haemoglobin, g/L	107.7 ± 22.1	128.9 ± 15.5	<0.001
Haematocrit, %	33.0 ± 6.1	38.6 ± 3.9	<0.001
Albumin, g/L	40.0 ± 5.6	41.0 ± 4.8	0.814 (NS)
Child–Pugh score	6.5 ± 1.4	5.6 ± 1.1	0.004
MELD score	5.5 ± 3.3	5.0 ± 3.2	0.556 (NS)

were temporally distant from the intra-procedural perfusion measurements. The model was therefore deliberately framed as a classifier of perfusion state rather than a predictor of procedural success. Within this exploratory classification task, TTP emerged as the principal discriminating feature. The observed increases in TTP and MTT are consistent with reduced perfusion following embolization; however, the present dataset did not include an independent angiographic or clinical reference standard for quantifying the degree of vascular occlusion [5]. Similar approaches combining parametric imaging with machine learning have been reported [14, 15].

CONCLUSIONS

The findings demonstrate that two-dimensional perfusion angiography can quantify hemodynamic changes associated with splenic artery embolization, with significant post-procedural increases in TTP and MTT. As an exploratory proof-of-concept, the machine-learning model was able to distinguish pre- from post-embolization states based on these parameters. Given the small, single-centre sample and the absence of an independent reference standard for clinical outcome assessment, these results should be regarded as preliminary. Larger, externally validated studies are required before clinical application can be considered.

Article Declarations

Prospects for further research. Further research should focus on large-scale clinical validation of the proposed approach in multicentre cohorts, external validation of the model, standardization of 2D perfusion acquisition protocols, and correlation of perfusion parameter changes with independent clinical and angiographic outcomes.

Study limitations. The authors acknowledge that this study is limited by a small single-centre sample (n = 9), the absence of external validation and of benchmarking against alternative machine-learning models, a feature space restricted to perfusion-derived parameters, the lack of an independent angiographic reference standard for the degree of occlusion, and the absence of standardized 2D perfusion acquisition protocols [6]. The findings should therefore be regarded as preliminary and proof-of-concept.

Primary data and materials. The study used anonymized quantitative perfusion measurements (TTP and MTT) obtained from nine patients undergoing splenic artery embolization; no patient-identifying primary medical documentation is published.

Research ethics. The study was approved by the Bioethics and Research Ethics Committee of Bogomolets National Medical University (Protocol No. 195 dated May 26, 2025) and was conducted in accordance with the principles of the Declaration of Helsinki of the World Medical Association. Informed consent was obtained from all patients participating in the study.

Declaration of AI use. During the preparation of this work the authors used AI tools (ChatGPT-4 and Claude) for language editing, formatting and structuring of the manuscript. The study design, patient data, statistical analysis, results and their interpretation are the authors' own. After using these tools the authors reviewed and edited the content as necessary and take full responsibility for the content of the publication.

Funding. This research received no external funding.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest related to the preparation, conduct or publication of this study. None of the authors has financial, commercial or other personal relationships that could influence the interpretation of the results. The study was conducted in accordance with the principles of academic integrity and objectivity. All authors approved the final version of the manuscript.

Acknowledgements. The authors thank all individuals who assisted in conducting the study and preparing the manuscript.

Author Contributions (CRediT taxonomy)

Snizhana I. Laziuk — C, D ORCID: 0009-0003-3329-5407
*Sergii M. Kozlov — A, B, C, E, F ORCID: 0000-0002-2359-8581

A – Work concept and design; B – Data collection and analysis; C – Statistical analysis; D – Writing; E – Critical review; F – Final approval.

Corresponding author: sergiinikol@gmail.com

REFERENCES

1. Gurgitano M, Bellini D, Carrafiello G, De Beni S, Ierardi AM. Interventional radiology ex machina: impact of artificial intelligence on practice. Radiol Med. 2021;126(9):998–1006. https://doi.org/10.1007/s11547-021-01351-x.
2. Zhang J, Wang Z, Zhang B, et al. How artificial intelligence and robotics will advance interventional radiology: narrative review and future perspectives. Diagnostics. 2024;14(13):1393. https://doi.org/10.3390/diagnostics14131393.

 Creative Commons «Attribution» 4.0

3. Al-Kaylani AHAZ, Schuurmann RCL, Maathuis WD, Slart RHJA, de Vries J-PPM, Bokkers RPH. Clinical applications of quantitative perfusion imaging with a C-arm flat-panel detector: a systematic review. Diagnostics. 2022;13(1):128. https://doi.org/10.3390/diagnostics13010128.
4. Li W, You H, Li C, et al. 2D perfusion angiography: an alternative method to evaluate endovascular intervention for acute lower limb ischemia. BMC Cardiovasc Disord. 2022;22(1):522. https://doi.org/10.1186/s12872-022-02979-x.
5. Meine TC, Maschke S, Werncke T, et al. Evaluation of perfusion changes using a 2D parametric parenchymal blood flow technique with automated vessel suppression following partial spleen embolization in patients with hypersplenism and portal hypertension. Medicine (Baltimore). 2021;100(7):e24783. https://doi.org/10.1097/MD.0000000000024783.
6. Lucatelli P, Ciaglia S, Corona M, et al. Two-dimensional perfusion angiography permits direct visualization of redistribution of flow in hepatocellular carcinoma during balloon-occluded transarterial chemoembolization. Radiol Med. 2024;129(12):1220–1228. https://doi.org/10.1007/s11547-024-01816-9.
7. Tang M, Zhao Z, Chen X, et al. Feasibility study of Syngo iFlow in predicting hemodynamic and clinical outcomes of peripheral artery disease after endovascular therapy. BMC Cardiovasc Disord. 2024;24(1):99. https://doi.org/10.1186/s12872-024-03762-w.
8. Lastrucci A, Iosca S, Fornasier A, et al. Artificial intelligence and interventional radiology: a narrative review of reviews on opportunities, challenges, and future directions. Diagnostics. 2025;15(7):893. https://doi.org/10.3390/diagnostics15070893.
9. Lesaunier A, Courtet M, Radafy E, et al. Artificial intelligence in interventional radiology: current concepts and future trends. Diagn Interv Imaging. 2025;106(1):5–10. https://doi.org/10.1016/j.diii.2024.08.004.
10. Li B, Eisenberg N, Beaton D, et al. Using machine learning (XGBoost) to predict outcomes after infrainguinal bypass for peripheral artery disease. Ann Surg. 2024;279(4):705–713. https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000006181.
11. Li B, Aljabri B, Eisenberg N, et al. Predicting outcomes following endovascular aortoiliac revascularization using machine learning. npj Digit Med. 2025. https://doi.org/10.1038/s41746-025-01865-y.
12. Galanakis N, Metaxa L, Katsanos K, et al. Perfusion imaging techniques in lower-extremity peripheral artery disease. Br J Radiol. 2022;95(1135):20211203. https://doi.org/10.1259/bjr.20211203.
13. Kim HO, Lee S, Kang WJ, et al. Change in perfusion angiography during transcatheter arterial chemoembolization predicts early tumor response in hepatocellular carcinoma. AJR Am J Roentgenol. 2019;213(4):746–754. https://doi.org/10.2214/AJR.18.20499.
14. Vigneswaran G, Doshi N, Maclean D, et al. Machine learning to predict prostate artery embolization outcomes. Cardiovasc Intervent Radiol. 2024;47(9):1248–1254. https://doi.org/10.1007/s00270-024-03776-z.
15. Su R, van der Sluijs PM, Marc FG, et al. perfDSA: automatic perfusion imaging in cerebral digital subtraction angiography. Med Image Anal. 2025;20:1195–1203. https://doi.org/10.1007/s11548-025-03359-4

ЗАСТОСУВАННЯ 2D-ПЕРФУЗІЙНОЇ АНГІОГРАФІЇ ДЛЯ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕМБОЛІЗАЦІЇ СУДИН: АНАЛІЗ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ АЛГОРИТМУ XGBOOST

Сніжана І. Лазюк, Сергій М. Козлов

Національний медичний університет імені О. О. Богомольця, м. Київ, Україна

РЕЗЮМЕ

Вступ. Інтервенційна радіологія посідає провідне місце серед сучасних мінімально інвазивних методів лікування, проте об'єктивна оцінка ефективності емболізації залишається складною через суб'єктивність і залежність від оператора під час візуальної оцінки ангіографічних зображень. Двовимірна перфузійна ангіографія на основі цифрової субтракційної ангіографії (DSA) забезпечує кількісну оцінку гемодинамічних параметрів, зокрема часу до піку контрастування (TTP) та середнього часу проходження контрастної речовини (MTT). Проте інтерпретація отриманих перфузійних даних у ручному режимі залишається трудомісткою та залежною від досвіду лікаря, що обґрунтовує пошук автоматизованих підходів.

Мета. Визначити зміни TTP і MTT до та після емболізації селезінкової артерії й у межах розвідувального аналізу оцінити, чи здатна модель машинного навчання автоматично розрізняти стани до та після емболізації за перфузійними параметрами. Клінічну ефективність втручання додатково оцінено через 12 місяців.

Матеріали та методи. Проаналізовано парні дані дев'яти пацієнтів до та після втручання. TTP і MTT порівнювали за допомогою парного t-критерію Стьюдента. Класифікатор XGBoost навчали розрізняти стани до та після емболізації за значеннями TTP і MTT у кожній часовій точці та оцінювали за допомогою 3-кратної

перехресної валідації з групуванням за пацієнтом і перехресної валідації з виключенням одного пацієнта (leave-one-patient-out).

Результати. Встановлено достовірне збільшення TTP (з 4,58 ± 0,45 до 6,25 ± 0,43 с) та MTT (з 3,25 ± 0,30 до 4,61 ± 0,36 с; обидва $p<0,001$), що свідчить про затримку проходження контрастної речовини, узгоджену зі зниженням артеріальної перфузії в зоні втручання. Через 12 місяців спостерігали достовірне клінічне покращення, зокрема зменшення об'єму селезінки та збільшення кількості тромбоцитів (обидва $p<0,001$). Модель XGBoost досягла точності 0,94 та AUC-ROC 0,94; найбільш інформативним для розрізнення станів параметром був TTP. Обидві схеми валідації дали узгоджені результати.

Висновки. У межах цієї невеликої proof-of-concept когорти двовимірна перфузійна ангіографія кількісно відображає гемодинамічні зміни після емболізації, а машинне навчання демонструє попередню придатність для їх автоматизованого розрізнення. Для клінічного впровадження потрібні більші дослідження зі стандартизацією протоколів та зовнішньою валідацією.

Ключові слова: Ангіографія, машинне навчання, алгоритми підсилення машинного навчання, селезінкова артерія, портальна гіпертензія, спленомегалія, емболізація селезінкової артерії.

Received: December 31, 2025
Accepted: June 11, 2026
Published online: September 16, 2026

 Creative Commons «Attribution» 4.0

UDC: 616.24-006-07:614.212](477)
DOI: https://doi.org/10.32345/USMYJ.3(164).2026.17-25

APPLICABILITY OF INTERNATIONAL GUIDELINES FOR THE MANAGEMENT OF PULMONARY NODULES IN UKRAINIAN CLINICAL PRACTICE

Alina A. Melnykova[1, 2], Svitlana V. Fedkiv[2]

1 – Municipal Non-Profit Enterprise "Mykolaiv Regional Oncology Center" of the Mykolaiv Regional Council, Mykolaiv, Ukraine
2 – State Institution "Shupyk National Healthcare University of Ukraine", Kyiv, Ukraine

ABSTRACT

Introduction. The increasing detection of pulmonary nodules due to the widespread use of chest imaging has created new challenges for radiologists regarding risk stratification, follow-up, and clinical decision-making. Several international guidelines, including those of the Fleischner Society, the American College of Chest Physicians (ACCP), the British Thoracic Society (BTS), Lung-RADS, and the European Society for Medical Oncology (ESMO), provide evidence-based recommendations for pulmonary nodule management. However, their implementation in routine clinical practice may be influenced by regional epidemiological characteristics, available imaging technologies, and healthcare system organization. In regions with a relatively high prevalence of infectious pulmonary diseases, including tuberculosis, the application of international recommendations may require regional adaptation to help reduce unnecessary invasive procedures while maintaining diagnostic accuracy. Therefore, evaluating the applicability of these guidelines under real-world clinical conditions remains an important issue in thoracic radiology.

Aim. To assess the applicability of current international guidelines for pulmonary nodule management (Fleischner Society, ACCP, BTS, Lung-RADS, and ESMO recommendations) in routine clinical practice based on a Ukrainian single-center cohort and to evaluate the role of digital chest radiography and multislice computed tomography in supporting regional adaptation of these recommendations.

Materials and methods. A retrospective single-center study included 148 patients with pulmonary nodules and mass lesions who underwent digital chest radiography and multislice computed tomography (MSCT). All included lesions underwent histopathological verification by surgery or biopsy. Imaging findings were compared with the recommendations of the Fleischner Society (2017), ACCP (2013), BTS (2015), Lung-RADS (version 2022), and ESMO regarding risk stratification, follow-up intervals, and diagnostic management. Particular attention was paid to the diagnostic performance of digital chest radiography, MSCT densitometry, volumetric assessment, and the applicability of low-dose follow-up protocols in routine clinical practice.

Results. The Fleischner Society, BTS, ACCP, Lung-RADS, and ESMO recommendations provided an appropriate framework for risk stratification and follow-up in most patients; however, several limitations became evident in the Ukrainian clinical setting. Benign granulomatous lesions frequently demonstrated imaging characteristics similar to those of malignant pulmonary nodules, increasing the risk of false-positive classification when recommendations were applied without consideration of regional epidemiology. Digital chest radiography demonstrated an overall sensitivity of 77.7% for the retrospective detection of histopathologically verified pulmonary lesions but showed limited performance for nodules ≤6 mm and subsolid lesions (sensitivity, 8.3%), supporting the need for MSCT in high-risk patients. MSCT densitometry demonstrated high diagnostic performance in differentiating benign from malignant lesions, with an optimal arterial-phase enhancement threshold of 22.5 HU (AUC=0.89). Volumetric assessment and volume doubling time (VDT) provided greater diagnostic value than a single morphological assessment.

Conclusions. International guidelines for pulmonary nodule management provide a reliable framework for diagnostic decision-making; however, their implementation in routine clinical practice should take into account regional epidemiological characteristics and local healthcare resources. The combination of digital chest radiography, multislice computed tomography, quantitative image analysis, and individualized follow-up strategies may improve diagnostic accuracy while supporting radiation safety and reducing unnecessary invasive procedures. The proposed approach may facilitate the practical adaptation of international recommendations to the Ukrainian healthcare setting.

Creative Commons «Attribution» 4.0

Keywords: solitary pulmonary nodule; radiological parameters; diagnostics; screening algorithm; lung disease; digital image processing; microradiographic analysis; methods of mathematical data analysis; complex treatment; densitometry; radiomics.

INTRODUCTION

The rapid evolution and widespread implementation of chest MSCT in routine clinical practice have substantially increased the detection of incidental pulmonary nodules. While this has improved the early diagnosis of lung cancer, it has also created new diagnostic challenges [1, 2]. Clinicians must distinguish malignant lesions from benign nodules while avoiding unnecessary follow-up examinations, excessive radiation exposure, and invasive procedures. To support clinical decision-making, several international societies have developed evidence-based recommendations for the management of pulmonary nodules.

Fleischner Society Guidelines (2017). These guidelines are widely used for incidentally detected pulmonary nodules in asymptomatic adults aged 35 years and older without a history of malignancy. They recommend follow-up according to nodule size and individual patient risk, aiming to reduce unnecessary follow-up examinations for low-risk lesions [3, 4].

British Thoracic Society (BTS, 2015). The BTS guidelines use a quantitative approach based on a lower surveillance threshold (5 mm or 80 mm^3). They emphasize semi-automated volumetric assessment, volume doubling time (VDT), and validated malignancy prediction models, including the Brock model for the initial assessment and the Herder model when PET-CT is available [5].

American College of Chest Physicians (ACCP, 2013). These recommendations focus on estimating the pre-test probability of malignancy in patients with indeterminate pulmonary nodules measuring 8-30 mm. They emphasize comparison with previous imaging to confirm long-term stability (assessing two-year stability to rule out slow-growing benign lesions) and recommend PET-CT before invasive diagnostic procedures when appropriate [6, 7].

European Society for Medical Oncology (ESMO, 2023-2024): Frameworks center primarily on oncological staging and differential diagnosis with metastatic disease. ESMO highlights the role of PET-CT for nodal/distant staging, MSCT-guided transthoracic needle biopsy for peripheral lesions, and the mandatory involvement of multidisciplinary Tumor Boards for complex or metabolically active nodules [8, 9].

Lung-RADS (v2022): This reporting system, developed by the American College of Radiology, standardizes the interpretation and management of pulmonary nodules detected during low-dose MSCT lung cancer screening [10, 11].

Despite the clinical utility of these international guidelines, their direct application in specific regional settings presents notable challenges. A primary issue stems from overdiagnosis bias. As demonstrated in major randomized screening trials such as NLST and NELSON, high-sensitivity low-dose MSCT frequently detects minor, clinically inert nodules that would never progress to overt malignancy [12]. This may initiate cascades of redundant follow-up examinations and invasive procedures. Repeated MSCT examinations also increase cumulative radiation exposure, highlighting the importance of adhering to the ALARA (As Low As Reasonably Achievable) principle described in ICRP Publication 147 [13, 14].

Another limitation is that international guidelines are predominantly adapted to populations with a low background prevalence of infectious pulmonary diseases. In regions such as Ukraine, where the endemic burden of tuberculosis and specific infectious granulomatous lesions remains high, solid pulmonary nodules frequently display morphological and metabolic features that mimic peripheral carcinomas. Standard management algorithms may present high false-positive rates, leading to unwarranted thoracic surgeries or, conversely, diagnostic delays due to atypical presentations.

Therefore, evaluating the real-world applicability of major international guidelines within a Ukrainian clinical context and identifying necessary adaptations based on local epidemiology and quantitative imaging parameters remains a critical task in thoracic radiology.

AIM

To assess the applicability of major international guidelines for pulmonary nodule management (Fleischner Society, ACCP, BTS, Lung-RADS, and ESMO) in a Ukrainian single-center cohort and to determine whether quantitative findings from digital chest radiography and multislice computed tomography for the chest support regional adaptation of these recommendations.

MATERIALS AND METHODS

This retrospective single-center study included 148 adult patients with indeterminate solid or subsolid pulmonary nodules and mass lesions examined during 2024-2026 period at the Municipal Non-Profit

 Creative Commons «Attribution» 4.0

Enterprise "Mykolaiv Regional Oncology Center" of the Mykolaiv Regional Council.

The study was approved by the institutional ethics commission, and informed consent was obtained from all participants in accordance with the Declaration of Helsinki and national regulations.

Diagnostic Verification

Pulmonary nodules were classified as benign or malignant using one of the following reference standards. All final diagnoses were established by histopathological examination obtained from CT-guided biopsy, surgical resection, or postoperative histological examination. Serial MSCT examinations performed before definitive treatment were used exclusively for quantitative assessment (densitometry and VDT) and comparison with guideline-recommended surveillance strategies. Histopathological evaluation was performed according to the WHO Classification of Thoracic Tumours (5th edition, 2021).

Table 1. Histopathological characteristics of morphologically verified pulmonary lesions

Histological type	Number (n)	Percentage in the group (%)
Malignant lesions (n=95):		
- Adenocarcinoma	41	43,2
- Squamous cell carcinoma	34	35,8
- Adenosquamous carcinoma	8	8,4
- Poorly differentiated non-small cell carcinoma	12	12,6
Benign lesions (n=53):		
- Chondromatous hamartoma	32	60,4
- Tuberculoma	12	22,6
- Organizing pneumonia / Abscess	6	11,3
- Others (encapsulated infarction, fibrosis)	3	5,7

Imaging Protocols

Digital chest radiography. Standard posteroanterior and lateral chest radiographs were acquired using digital radiography systems. Images were assessed for lesion visibility, masking by normal anatomical structures (ribs, mediastinum, and diaphragm), and diagnostic sensitivity according to nodule size (<6 mm or ≥6 mm) and attenuation (solid or subsolid/ground-glass).

Multislice computed tomography. Chest MSCT was performed using multidetector scanners with a slice thickness and reconstruction interval ≤1.0 mm. Follow-up examinations were performed using low-dose protocols whenever appropriate to reduce radiation exposure.

Patients with indeterminate solid nodules measuring 8-30 mm underwent contrast-enhanced MSCT. Attenuation values were measured on unenhanced images and again during the arterial phase (30-35 s after intravenous administration of a non-ionic iodinated contrast agent (dose according to body weight)).

Contrast enhancement (ΔHU) was calculated as:

$$\Delta HU = HUarterial - HUunenhanced$$

Volumetric analysis. Semi-automated software was used to measure nodule volume (mm^3) and calculate Volume Doubling Time (VDT) according to the equation:

$$VDT = \frac{\ln(2) \times \Delta t}{\ln\left(\frac{V2}{V1}\right)}$$

where V_1 and V_2 represent the initial and follow-up nodule volumes, respectively, and Δt is the time interval between examinations.

The diagnostic pathway for each patient was compared with the recommendations of five international guidelines:

- Fleischner Society (2017);
- British Thoracic Society (2015);
- American College of Chest Physicians (2013);
- Lung-RADS version 2022;
- European Society for Medical Oncology (2023-2024).

Statistical analyses were performed using MedCalc® Statistical Software version 22.0. Diagnostic sensitivity, specificity, and overall accuracy were calculated. Receiver operating characteristic (ROC) analysis was used to determine the optimal ΔHU threshold for differentiating benign and malignant nodules, and the area under the ROC curve (AUC) was calculated with 95% confidence intervals. Continuous variables are presented as mean ± standard deviation (SD) or median with interquartile range (IQR). Concordance between actual clinical management and guideline recommendations was assessed according to recommended surveillance intervals, indications for additional diagnostic procedures, and criteria for invasive verification.

RESULTS

Among 148 patients, digital chest radiography demonstrated an overall sensitivity of 77.7% for the retrospective detection of morphologically verified pulmonary lesions, supporting its potential role as an accessible first-line imaging modality for initial

detection. However, its diagnostic performance depended strongly on nodule size and attenuation. For nodules ≤6 mm and pure ground-glass nodules (pGGNs), sensitivity decreased to 8.3%. Most undetected lesions were associated with anatomical superimposition, particularly involving the ribs, mediastinum, and diaphragm. These findings confirm the limited role of chest radiography in the evaluation of small or subsolid nodules and emphasize the need for MSCT, consistent with current international recommendations. Overall, 44.6% of pulmonary nodules were detected during routine preventive examinations, and 28.4% of malignant lesions were diagnosed in asymptomatic patients. This detection rate exceeded national registry data (<5%) and likely reflects the use of double independent image review together with referral to a specialized oncology center.

Contrast-enhanced MSCT improved the characterization of indeterminate solid pulmonary nodules measuring 8-30 mm. Unenhanced attenuation values alone did not reliably differentiate benign from malignant lesions because of substantial overlap between inflammatory granulomas and malignant tumors. In contrast, arterial-phase enhancement (ΔHU) provided a useful quantitative marker of malignancy. Malignant nodules demonstrated significantly greater enhancement than benign lesions.

ROC analysis identified an optimal threshold of ΔHU=22.5 HU, with high diagnostic performance (AUC=0.89; 95% CI, 0.82-0.95). These findings indicate that quantitative MSCT densitometry may complement existing guideline-based management, particularly for indeterminate nodules.

Semi-automated volumetric analysis and volume doubling time (VDT) provided additional diagnostic information compared with linear diameter assessment during follow-up. Among benign nodules, including hamartomas and inactive tuberculomas, volumetric stability was observed in 93.2% of cases during the available follow-up period.

In contrast, an increase in the solid component of ≥2 mm in subsolid nodules was strongly associated with invasive adenocarcinoma, supporting the follow-up criteria proposed by current international guidelines.

The applicability of international guideline systems was evaluated by comparing their recommendations with the clinical and imaging findings obtained in our cohort (Table 2).

Overall, the Fleischner Society, BTS, ACCP, Lung-RADS, and ESMO recommendations provided

Table 2. Proposed adaptation of pulmonary nodule management pathways based on international guidelines and quantitative MSCT findings

Solid nodule size	Fleischner Society (2017)	BTS (2015)	ACCP (2013)	Lung-RADS v2022	Proposed practical adaptation based on study findings
<5 mm	No follow-up (low risk); optional CT at 12 months (high risk)	No follow-up	No follow-up if stable	Category 1-2	Consider regional epidemiology (tuberculosis, granulomatous disease); no additional imaging if benign features are present.
5-6 mm	CT at 12 months (high risk)	CT at 12 months	CT at 12 months	CT at 12 months	Individualize follow-up according to clinical risk and CT morphology rather than size alone.
6-8 mm	CT at 6-12 months; consider CT at 18-24 months	CT at 3 and 12 months	CT at 6-12 months; consider CT at 18-24 months	Category 3 (6-month LDCT)	Add volumetric assessment and VDT to improve risk stratification and reduce unnecessary follow-up.
>8 mm	CT at 3 months, PET-CT and/or biopsy	Brock model → management according to risk	Management based on clinical probability, PET-CT or biopsy	Category 4 (3-month LDCT, PET-CT and/or tissue diagnosis)	Incorporate contrast-enhanced MSCT densitometry (ΔHU ⩾22.5 HU) before invasive procedures in indeterminate nodules.
Main decision criterion	Diameter (mm)	Volume (mm^3) and VDT	Clinical probability	Lung-RADS category	Combined assessment using morphology, volumetry, VDT, and quantitative MSCT densitometry, taking regional epidemiology into account.

 Creative Commons «Attribution» 4.0

an appropriate framework for risk stratification and follow-up in most patients. However, several limitations became evident in the Ukrainian clinical setting. Benign granulomatous lesions, including inactive tuberculomas, frequently demonstrated imaging characteristics similar to malignant pulmonary nodules, increasing the likelihood of false-positive classification when recommendations were applied without considering regional epidemiology. In these cases, quantitative MSCT parameters, particularly contrast enhancement and volumetric assessment, improved diagnostic confidence and reduced diagnostic uncertainty.

DISCUSSION

Applicability of International Guidelines

Our findings indicate that the Fleischner Society, BTS, ACCP, Lung-RADS, and oncological principles outlined by ESMO recommendations provide a reliable framework for the evaluation and follow-up of pulmonary nodules. However, their application in a Ukrainian clinical setting requires consideration of regional epidemiological characteristics and the complementary use of quantitative MSCT parameters.

The main limitation observed in our cohort was the frequent occurrence of benign granulomatous lesions with imaging features resembling malignant nodules. In regions with a high prevalence of tuberculosis, management strategies based solely on nodule size or clinical probability may increase the number of false-positive findings and unnecessary invasive procedures. These observations support the need for regional adaptation rather than direct adoption of existing international recommendations.

The present study showed that quantitative MSCT parameters improved diagnostic confidence in patients with indeterminate pulmonary nodules.

Contrast-enhanced densitometry demonstrated high diagnostic performance, with an optimal threshold of ΔHU = 22.5 HU for differentiating benign from malignant lesions. Likewise, volumetric assessment and Volume Doubling Time (VDT) provided more reliable information during follow-up than linear diameter measurements alone, particularly in patients with stable benign nodules.

These findings suggest that quantitative imaging biomarkers may complement current guideline-based algorithms and help reduce unnecessary biopsy or surgery in selected patients.

Overdiagnosis and Radiation Exposure

Our results also support concerns regarding overdiagnosis reported in large lung cancer screening trials, including NLST and NELSON. Increased detection of small pulmonary nodules may lead to additional imaging examinations and, in some patients, invasive diagnostic procedures.

Although low-dose CT substantially reduces radiation exposure, repeated examinations remain a concern, particularly in younger patients and those requiring long-term surveillance. Therefore,

Table 3. Practical limitations of international pulmonary nodule management guidelines and study-based strategies for regional adaptation

Diagnostic limitation	Clinical impact	Proposed strategy based on the present study
Low sensitivity of chest radiography for nodules ⩽6 mm and pure ground-glass nodules	Delayed detection or missed diagnosis due to anatomical overlap	Early MSCT for suspected small or subsolid nodules rather than prolonged radiographic follow-up.
Benign granulomatous lesions mimicking lung cancer	Increased false-positive rate and unnecessary invasive procedures	Interpret imaging findings in the context of regional tuberculosis prevalence and incorporate quantitative MSCT parameters before biopsy.
Limited specificity of conventional CT morphology	Difficulty differentiating benign from malignant solid nodules	Add contrast-enhanced MSCT densitometry; ΔHU ⩾22.5 HU improved discrimination between benign and malignant lesions.
Reliance on linear diameter measurements	Small volumetric changes may remain undetected during follow-up	Use semi-automated volumetric analysis and Volume Doubling Time whenever feasible.
Repeated CT examinations during surveillance	Increased cumulative radiation exposure	Individualize follow-up intervals according to quantitative imaging findings while adhering to the ALARA principle.
Automated volumetric segmentation errors (juxtavascular, pleural, and subsolid nodules)	Inaccurate volume measurements and false assessment of growth	Combine automated measurements with expert radiologist review and manual correction when required.

improving risk stratification by incorporating quantitative MSCT parameters may help optimize follow-up schedules while remaining consistent with the ALARA principle.

Volumetric analysis has become an important component of pulmonary nodule assessment; however, several technical limitations remain. Automated segmentation may be inaccurate for juxtavascular nodules because adjacent vessels can be included in the calculated volume. Similar difficulties may occur with pleural or subpleural lesions, for which manual contour correction is often required. In addition, subsolid nodules with poorly defined margins remain challenging for automated volumetric analysis because of their low contrast with the surrounding normal lung parenchyma. These limitations should be considered when interpreting quantitative imaging results in routine clinical practice.

Clinical Implications

Based on our findings, international recommendations appear applicable to patients treated in a Ukrainian specialized oncology center but should be supplemented by quantitative MSCT parameters and interpreted in the context of local epidemiology. Contrast-enhanced densitometry, volumetric assessment, and VDT may improve diagnostic accuracy in indeterminate pulmonary nodules, particularly in regions where granulomatous diseases are common.

CONCLUSIONS

1. International guidelines and oncological recommendations (Fleischner Society, BTS, ACCP, Lung-RADS), supplemented by oncological recommendations from ESMO, provide a useful framework. However, in regions with a high prevalence of granulomatous diseases, their application may require additional quantitative MSCT-based risk stratification.

2. Digital chest radiography remains a useful first-line imaging method, with an overall sensitivity of 77.7% for retrospective detection of morphologically verified pulmonary lesions in our cohort. However, its sensitivity was only 8.3% for nodules ≤6 mm and pure ground-glass nodules, supporting the role of low-dose MSCT in the assessment of these lesions.

3. Contrast-enhanced MSCT provided additional differentiation capability of benign and malignant solid pulmonary nodules. An arterial enhancement threshold of ΔHU ≥22.5 HU showed high diagnostic performance (AUC = 0.89) and may serve as an additional quantitative criterion in patients with indeterminate nodules.

4. Volumetric assessment and Volume Doubling Time (VDT) provided more reliable follow-up information than linear diameter measurements alone. Incorporating these quantitative parameters into routine practice may improve diagnostic confidence while helping to optimize follow-up intervals and limit unnecessary radiation exposure.

5. The findings of this study support the integration of quantitative MSCT parameters with existing international recommendations rather than replacing current guideline-based management. Further multicenter studies are needed to validate these proposed regional adaptations.

Article Declarations

Prospects for further research. Future studies should focus on prospective multicenter validation of the proposed quantitative MSCT parameters and their integration into pulmonary nodule management algorithms. Particular attention should be given to:

- validation of the arterial enhancement threshold (ΔHU ⩾22.5 HU) for differentiation between benign and malignant solid pulmonary nodules in larger patient populations;
- development of regional registries including patients with infectious granulomatous lung diseases to improve risk prediction models in populations with a high prevalence of tuberculosis;
- further optimization of volumetric assessment and Volume Doubling Time (VDT) monitoring protocols, especially for small and subsolid pulmonary nodules;
- evaluation of automated quantitative imaging approaches, including radiomics and artificial intelligence-based analysis, as potential complementary tools for improving diagnostic accuracy.

Addressing current diagnostic limitations requires the integration of artificial intelligence (AI) radiomics, multiparametric PET/MRI mapping, and multidisciplinary tumor boards into standardized clinical decision-support systems.

Study limitations. This study has several limitations. First, its retrospective single-center design and relatively small sample size (n = 148) may limit the generalizability of the findings. In addition, the study population was recruited from a specialized regional oncology center, which may have introduced selection bias toward patients with a higher probability of clinically significant pulmonary nodules. Second, automated volumetric segmentation demonstrated technical limitations in specific types of nodules, including juxtavascular, subpleural, and subsolid lesions. In these cases, manual correction of segmentation boundaries was required, which may increase measurement variability. Finally, the high prevalence of tuberculosis and granulomatous lung disease in the studied population should

 Creative Commons «Attribution» 4.0

be considered when interpreting the results. Therefore, validation in populations with different epidemiological characteristics is required before broader implementation of the proposed adaptations.

Primary data and materials. The study did not use identifiable primary medical documentation. The analysis was performed using anonymized imaging data and study-specific clinical and diagnostic parameters extracted according to the research protocol.

Research ethics. The study was conducted in accordance with the ethical standards of the biomedical research ethics committee, current Ukrainian healthcare legislation, and the principles of the Declaration of Helsinki (2000). All data were anonymized prior to analysis.

Declaration of AI use. Artificial intelligence tools were not used for data generation, statistical analysis, interpretation of results, or preparation of scientific content. Language editing was performed by the authors.

Funding. None declared. This research received no specific grant or financial support from public, commercial, or non-profit funding agencies.

Conflict of Interest. The authors declare no conflict of interest related to the preparation, conduct, and publication of this study. None of the authors has any financial, commercial, or personal relationships that could have influenced the interpretation of the results. All authors reviewed and approved the final version of the manuscript.

Acknowledgements. The authors would like to thank the radiologists, medical staff, and physicians of the Municipal Non-Profit Enterprise "Mykolaiv Regional Oncology Center" of the Mykolaiv Regional Council for their valuable contribution, clinical support, and assistance during the study.

Author Contributions (CRediT taxonomy)

*Alina A. Melnykova: A, B, C, D, E ORCID: 0009-0002-7124-1031
Svitlana V. Fedkiv: A, E, F ORCID: 0000-0001-9638-9484

***Corresponding author:** dear.alina101@gmail.com

REFERENCES

1. Zhao YR, Xie X, de Koning HJ, Mali WP, Vliegenthart R, Oudkerk M. NELSON lung cancer screening study. Cancer Imaging. 2011;11(1A):S79-S84. https://doi.org/10.1102/1470-7330.2011.9020.
2. Brenner DJ. Radiation risks potentially associated with low-dose CT screening of adult smokers for lung cancer. Radiology. 2004;231(2):440-445. https://doi.org/10.1148/radiol.2312030880.
3. Hansell DM, Bankier AA, MacMahon H, McLoud TC, Müller NL, Remy J, et al. Fleischner Society: Glossary of Terms for Thoracic Imaging. Radiology. 2008;246(3):697-722. https://doi.org/10.1148/radiol.2462070712.
4. MacMahon H, Naidich DP, Goo JM, Lee KS, Leung ANC, Mayo JR, et al. Guidelines for management of incidental pulmonary nodules detected on CT images: From the Fleischner Society. Radiology. 2017;284(1):228-243. https://doi.org/10.1148/radiol.2017161659.
5. Callister MEJ, Baldwin DR, Akram AR, Barnard S, Cane P, Draffan J, et al. British Thoracic Society guidelines for the investigation and management of pulmonary nodules. Thorax. 2015;70(Suppl 2): ii1-ii54. https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2015-207168.
6. Wahidi MM, Govert JA, Goudar RK. Evidence for the treatment of patients with pulmonary nodules: when is it lung cancer? ACCP evidence-based clinical practice guidelines. Chest. 2007;132:94-107. https://doi.org/10.1378/chest.07-1352.
7. Mazzone PJ, Silvestri GA, Patel S, et al. Screening for lung cancer: CHEST guideline and expert panel report. Chest. 2021;160(5):e427-e494. https://doi.org/10.1016/j.chest.2021.06.063.
8. Postmus PE, Kerr KM, Oudkerk M, et al. ESMO Clinical Practice Guidelines: Early and locally advanced non-small-cell lung cancer. Ann Oncol. 2023;34(12):1211-1238. https://doi.org/10.1093/annonc/mdx222.
9. European Society for Medical Oncology. ESMO Pocket Guidelines: Lung and Chest Tumours. 2024.
10. National Comprehensive Cancer Network (NCCN). Lung Cancer Screening. Version 1.2026 [Internet]. Plymouth Meeting, PA: NCCN; 2025 [cited 2026 Jan 15]. Available from: https://www.nccn.org/guidelines.
11. American College of Radiology. Lung CT Screening Reporting & Data System (Lung-RADS®), version 2022. Reston, VA: American College of Radiology; 2022.
12. Zhao YR, Xie X, de Koning HJ, Mali WP, Vliegenthart R, Oudkerk M. NELSON lung cancer screening study. Cancer Imaging. 2011;11(1A):S79-S84. https://doi.org/10.1102/1470-7330.2011.9020.
13. American College of Radiology (ACR). Radiation dose to adults from common imaging examinations [Internet]. 2025 Apr 15 [cited 2025 Aug 25]. Available from: https://www.acr.org/Clinical-Resources/Patient-Resources/Radiation-Safety
14. Brenner DJ. Radiation risks potentially associated with low-dose CT screening of adult smokers for lung cancer. Radiology. 2004;231(2):440-445. https://doi.org/10.1148/radiol.231203088

 ISSN 2786-6661

ЗАСТОСОВНІСТЬ МІЖНАРОДНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ВЕДЕННЯ ПАЦІЄНТІВ ІЗ ЛЕГЕНЕВИМИ ВУЗЛАМИ В УМОВАХ УКРАЇНСЬКОЇ КЛІНІЧНОЇ ПРАКТИКИ

Аліна А. Мельникова[1,2], Світлана В. Федьків[2]

1 – КНП «Миколаївський обласний центр онкології» МОР, м. Миколаїв, Україна
2 – ДУ «Національний університет охорони здоров'я України імені П.Л. Шупика», м. Київ, Україна

РЕЗЮМЕ

Вступ. Збільшення частоти виявлення легеневих вузлів унаслідок широкого застосування методів візуалізації органів грудної клітки створило нові виклики для лікарів-рентгенологів щодо стратифікації ризику, визначення тактики динамічного спостереження та прийняття клінічних рішень. Низка міжнародних рекомендацій, зокрема керівництва Fleischner Society, Американської колегії лікарів пульмонологів (ACCP), Британського торакального товариства (BTS) та системи Lung-RADS, містять доказово обґрунтовані підходи до ведення пацієнтів із легеневими вузлами. Водночас їх застосування в умовах реальної клінічної практики може залежати від регіональних епідеміологічних особливостей, доступності сучасних методів візуалізації та організації системи охорони здоров'я. У регіонах із високою поширеністю інфекційних захворювань легень, зокрема туберкульозу, використання міжнародних рекомендацій потребує адаптації з урахуванням локальних умов для зниження кількості необґрунтованих інвазивних втручань при збереженні високої діагностичної точності. Тому оцінка можливості застосування міжнародних рекомендацій у реальних клінічних умовах є актуальним завданням сучасної торакальної радіології.

Мета. Оцінити можливість застосування сучасних міжнародних рекомендацій щодо ведення пацієнтів із легеневими вузлами (Fleischner Society, ACCP, BTS, Lung-RADS та рекомендацій ESMO) у рутинній клінічній практиці на основі даних одноцентрового дослідження в Україні, а також визначити роль цифрової рентгенографії органів грудної клітки (РГ) та мультиспіральної комп'ютерної томографії (МСКТ) у процесі регіональної адаптації цих рекомендацій.

Матеріали та методи. Проведено ретроспективне одноцентрове дослідження за участю 148 пацієнтів з об'ємними утвореннями легень, яким виконано РГ ОГК та МСКТ ОГК з подальшою патоморфологічною верифікацією за результатами оперативного втручання або біопсії. Результати променевих досліджень порівнювали з положеннями рекомендацій Fleischner Society (2017), ACCP (2013), BTS (2015) та Lung-RADS (версія 2022) щодо стратифікації ризику, інтервалів динамічного спостереження та вибору подальшої діагностичної тактики. Окремо оцінювали діагностичну ефективність цифрової рентгенографії органів грудної клітки, денситометрії при МСКТ, об'ємної оцінки легеневих утворень та можливість застосування низькодозових протоколів динамічного контролю у повсякденній клінічній практиці.

Результати. Рекомендації Fleischner Society, BTS, ACCP, Lung-RADS та рекомендації ESMO забезпечують ефективну основу для стратифікації ризику та визначення тактики спостереження у більшості пацієнтів, однак при їх застосуванні в українських клінічних умовах були виявлені певні обмеження. Доброякісні гранульоматозні зміни часто мали променеві характеристики, подібні до злоякісних легеневих вузлів, що підвищувало ризик хибнопозитивної оцінки за умови застосування рекомендацій без урахування регіональних епідеміологічних особливостей. Цифрова рентгенографія органів грудної клітки продемонструвала загальну чутливість 77,7% при ретроспективному виявленні морфологічно верифікованих патологічних утворень легень, однак мала обмежену діагностичну ефективність щодо вузлів розміром ≤6 мм та субсолідних утворень (чутливість 8,3%), що підтверджує необхідність застосування МСКТ у пацієнтів групи високого ризику. Денситометричний аналіз при МСКТ продемонстрував високу діагностичну ефективність у диференціації доброякісних та злоякісних утворень із визначенням оптимального порогового значення приросту щільності після контрастного підсилення в артеріальну фазу на рівні 22,5 HU (AUC = 0,89). Об'ємна оцінка утворень та визначення часу подвоєння об'єму (VDT) мали вищу діагностичну значущість порівняно з одноразовою морфологічною оцінкою.

Висновки. Міжнародні рекомендації щодо ведення пацієнтів із легеневими вузлами є надійною основою для прийняття діагностичних рішень, однак їх впровадження у клінічну практику має враховувати регіональні епідеміологічні особливості та можливості локальної системи охорони здоров'я. Поєднання цифрової рентгенографії органів грудної клітки, МСКТ ОГК із контрастним підсиленням, кількісного аналізу зображень та індивідуалізованих стратегій динамічного спостереження дозволяє підвищити точність діагностики, забезпечити дотримання принципів радіаційної безпеки та зменшити кількість необґрунтованих

 Creative Commons «Attribution» 4.0

інвазивних процедур. Запропонований підхід сприяє практичній адаптації міжнародних рекомендацій до умов системи охорони здоров'я України.

Ключові слова: солітарний легеневий вузол; рентгенологічні показники; діагностика; алгоритм скринінгу; захворювання легень; цифрова обробка зображень; мікрорентгеноструктурний аналіз; методи математичного аналізу даних; комплексне лікування; денситометрія; радіоміка.

Received: June 07, 2026
Accepted: August 25, 2026
Published online: September 16, 2026

UDC: 614.2:616.34-006.6-085.28:616-071.3
DOI: https://doi.org/10.32345/USMYJ.3(164).2026.26-34

CHARACTERISTICS OF OUT-OF-POCKET PAYMENT FREQUENCY AMONG COLORECTAL CANCER PATIENTS UNDERGOING CHEMOTHERAPY DEPENDING ON CLINICAL AND ANTHROPOMETRIC INDICATORS

Andrii O. Maranov

Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

ABSTRACT

Introduction. Despite improvements in the accessibility of medical services following the introduction of the current healthcare reform in 2017, the issue of out-of-pocket (OOP) payments remains relevant. Colorectal cancer (CRC) is among the three most common malignancies in Ukraine and ranks second in terms of mortality.

Aim. To investigate the frequency of out-of-pocket payments among patients undergoing chemotherapy for colorectal cancer and its association with clinical and anthropometric characteristics.

Materials and methods. In this cross-sectional study, 459 patients who underwent treatment for CRC in Ukraine from July 1, 2023, to June 30, 2024, under the chemotherapy package of the Medical Guarantee Program were surveyed. Patients were divided into two groups according to the presence or absence of OOP payments (121 and 338 patients, respectively). The questionnaire comprised four groups of questions covering general information, attitudes toward informal payments, CRC-related clinical data (including disease stage and TNM classification), chemotherapy-related characteristics, and anthropometric indicators, including weight and height. Comparisons between groups were performed using the chi-square (χ^2) test or Fisher's exact test when the expected frequency in any group was less than 5. The Cochran–Armitage test was used to assess linear trends. Statistical analysis was performed using the R programming language (version 4.3.1) with the EZR graphical user interface (version 1.64).

Results. A statistically significant difference between the OOP payment groups was found for the N component of the TNM classification ($p=0.04$). Statistically significant linear trends were also observed for disease stage and the T and N components of the TNM classification ($\chi^2=4.5$, $p=0.03$ and $\chi^2=6.0$, $p=0.02$, respectively), waiting time for treatment, and the number of completed chemotherapy cycles ($\chi^2=4.3$, $p=0.04$ and $\chi^2=4.9$, $p=0.03$, respectively). Higher values of these variables were associated with a higher frequency of OOP payments. Additionally, OOP payments were more frequent among patients receiving palliative chemotherapy ($p=0.001$), those with metastases ($p<0.001$) or disease progression ($p=0.001$), those with a lower BMI ($p<0.001$), a greater percentage of weight loss over 5 years ($p=0.024$), and a more pronounced decrease in BMI over 5 years ($p<0.001$). No significant differences were found between the patient groups according to the mode of chemotherapy delivery (outpatient vs. inpatient) ($p>0.05$).

Conclusions. The study results indicate that patients at higher risk of OOP payments are characterized by more advanced colorectal cancer and a longer waiting period before initiation of chemotherapy (more than 2 months). OOP payments were more frequently observed among patients with more advanced disease according to the TNM classification, metastases or disease progression, those receiving palliative chemotherapy, and those who had completed a greater number of chemotherapy cycles. Notably, OOP payments were associated with indicators of nutritional depletion, including lower BMI, BMI <18.5, substantial (≥10%) weight loss over 5 years, and a more pronounced decrease in BMI over the same period. Overall, these findings highlight the need to improve the entire cancer care pathway for patients with CRC. To reduce OOP payments among CRC patients receiving chemotherapy at healthcare facilities, measures should include the implementation of an electronic waiting list, increased attention to patients with disease progression, metastases, or nutritional depletion, and regular managerial monitoring of delays in the provision of medical services.

Keywords: body mass index, health care organization and administration, health expenditures, healthcare financing, medical oncology, neoplasm staging, socioeconomic factors.

 Creative Commons «Attribution» 4.0

INTRODUCTION

As part of the ongoing healthcare reform in Ukraine launched in 2017, the National Health Service of Ukraine (NHSU) was established as the single purchaser of healthcare services to implement the Medical Guarantee Program (MGP) [1]. The MGP includes a medical service package for cancer chemotherapy. This package is state-guaranteed, ensuring that treatment is provided free of charge to patients. Furthermore, according to a World Health Organization (WHO) report, access to healthcare services has improved following the implementation of the reform [2]. However, out-of-pocket (OOP) payments continue to pose a significant financial burden for many patients [2, 3].

Colorectal cancer (CRC) is among the three most common malignancies in Ukraine and ranks second in terms of cancer-related mortality, according to data from the National Cancer Registry [4]. In the United States, CRC occupies similar positions in both rankings, according to Siegel et al. [5]. Furthermore, increases in both incidence and mortality have been documented among the economically active population under 65 years of age.

When examining the determinants of OOP payments in cancer care, studies have primarily focused on sociodemographic characteristics (e.g., sex, age, and income level), whereas clinical factors have received comparatively less attention [6-8]. Existing literature indicates that clinical determinants of OOP payments primarily include overall disease stage, TNM classification, metastatic status, and tumor burden [7, 9-12].

According to a study by Tran et al. [13], patients with early-stage disease and those requiring surgery alone demonstrated a greater willingness to incur OOP payments. Conversely, patients with advanced-stage disease and those undergoing chemotherapy were less willing to pay. The authors noted that these findings differ from those of international studies, in which greater disease severity is typically associated with higher patient expenditures [14] and a greater willingness to pay for symptom relief. Tran et al. [13] attributed this phenomenon to the more rapid depletion of household financial resources during advanced stages of disease, along with a stronger belief in a favorable prognosis among patients with early-stage disease.

In a systematic review, Ben-Aharon et al. [15] noted that willingness to incur OOP payments in cancer care is determined not only by objective clinical parameters but also by patients' subjective perception of treatment benefits. Patients typically assess these benefits based on factors such as symptom relief, improved survival, and quality of life (QoL). Given that patients generally lack specialized medical knowledge, they may rely on readily observable indicators, such as overall well-being and changes in body weight.

The association between body mass index (BMI) and CRC prognosis has been well established. Balakrishnan et al. [16] reported that a low BMI at the initiation of first-line treatment is associated with a poorer prognosis in patients with CRC. Patients with a BMI <18.5 kg/m² had a 50% (95% CI: 43-56) higher risk of death and a 27% (95% CI: 20-34) higher risk of disease progression compared with overweight and obese patients. Notably, the risk decreased with increasing BMI up to 28 kg/m², after which it remained stable. Men with a BMI <18.5 kg/m² had a statistically significantly poorer prognosis than women with a low BMI. Accordingly, patients may perceive weight loss as a potential indicator of poor survival.

Therefore, investigating the association between clinical and anthropometric characteristics of patients with CRC and the frequency of OOP payments is highly relevant for identifying potential measures to prevent or mitigate the adverse effects of financial toxicity.

AIM

To investigate the characteristics of the frequency of out-of-pocket payments among patients undergoing chemotherapy for colorectal cancer with various clinical and anthropometric indicators.

MATERIALS AND METHODS

In cross-sectional study, we surveyed 459 patients undergoing chemotherapy for CRC between July 1, 2023, and June 30, 2024, under the MGP package "Chemotherapeutic Treatment and Care of Patients with Oncological Diseases in Inpatient and Outpatient Settings". The study covers 21 regions of Ukraine and the city of Kyiv. Due to the full-scale invasion by the russian federation, respondents from the Donetsk, Luhansk, and Kherson regions, as well as the Autonomous Republic of Crimea, were not surveyed. Patients were divided into two groups based on the occurrence of OOP payments: those who made OOP payments (n=121) and those who did not (n=338). The questionnaire included the clinical and anthropometric parameters of the patients. During the questionnaire design, we accounted for the fact that patients might not know, remember, or accurately report their TNM classification and disease stage due to a lack of medical expertise or immediate access to their medical records. Interviewers asked respondents to consult their medical discharge summaries or

other clinical documents while answering these questions. To improve response quality, two additional questions regarding the presence of metastases and disease progression were included in the survey.

Statistical processing was performed using the R programming language (version 4.3.1) with the EZR graphical interface (version 1.64). Results were presented as absolute frequencies (n) and relative frequencies (%). The normality of the data distribution was evaluated using the Shapiro-Wilk test. For quantitative data with a non-normal distribution, the results are presented as the median and interquartile range (IQR) [Q1, Q3], and comparisons were performed using the Mann-Whitney U test. Comparisons between groups were performed using the chi-square (χ^2) test or Fisher's exact test (if the expected frequency in any group was less than 5). The Cochran-Armitage test was conducted to analyze the presence of a linear trend. The level of statistical significance for all tests was set at $p<0.05$.

RESULTS

The analysis of the study results is divided into three subcategories: clinical, clinical and organizational, and anthropometric (weight) parameters. First, we present the clinical parameters. Table 1 encompasses the assessment of colorectal cancer severity, evaluated through a simplified three-tier staging system and the TNM classification, which is the international medical standard for determining the extent of malignancy, along with two supplementary questions.

The distribution of patients between the groups did not differ significantly according to disease stage or overall TNM classification ($p>0.05$). The only exception was the N category (regional lymph nodes) of the TNM classification, which differed significantly between the groups ($p=0.04$). Nevertheless, the Cochran–Armitage test revealed statistically significant linear trends for disease stage ($\chi^2=4.1$; $p=0.04$) and for the T and N categories of the TNM classification ($\chi^2=4.5$; $p=0.03$ and $\chi^2=6.0$; $p=0.02$, respectively). The test was not performed for the M category (metastases) because this variable was binary. Thus, as disease severity increased, the proportion of patients reporting OOP payments also increased. OOP payments were less frequent among patients with localized disease (stages 0-II), T0, Tis, and T1 tumors, and N0 or N1 nodal status according to the TNM classification, whereas they were more frequent among patients with more advanced disease.

Patients with metastases and those reporting disease progression incurred OOP payments significantly more frequently ($p<0.001$ and $p=0.001$, respectively).

The domain of clinico-organizational parameters is presented in Table 2.

Table 1. Clinical characteristics of patients stratified by out-of-pocket (OOP) payment status

Variable	Category	Out-of-Pocket Payments		p
		NO, n=338	YES, n=121	
		N (%)	N (%)	
Stage	Localized (0-II)	215 (70.3)	70 (61.9)	0.107
	Locally advanced (III)	69 (22.5)	28 (24.8)	
	Disseminated (IV)	22 (7.2)	15 (13.3)	
TNM, T category	T0 or Tis	22 (10.9)	4 (3.9)	0.188
	T1	61 (30.2)	26 (25.5)	
	T2	51 (25.2)	29 (28.4)	
	T3	46 (22.8)	29 (28.4)	
	T4	22 (10.9)	14 (13.7)	
TNM, N category	N0	82 (40.8)	27 (30.0)	0.038
	N1	75 (37.3)	31 (34.4)	
	N2	44 (21.9)	32 (35.6)	
TNM, M category	M0	152 (78.4)	66 (68.8)	0.102
	M1	42 (21.6)	30 (31.2)	
Presence of metastases	No	239 (78.4)	69 (60.5)	< 0.001
	Yes	66 (21.6)	45 (39.5)	
Disease progression	No	268 (85.6)	81 (70.4)	0.001
	Yes	45 (14.4)	34 (29.6)	

 Creative Commons «Attribution» 4.0

Table 2. Organizational characteristics of treatment stratified by out-of-pocket (OOP) payment status

Variable	Category	Out-of-Pocket Payments		p
		NO, n=338	YES, n=121	
		N (%)	N (%)	
Time to treatment initiation, months	⩽ 1	231 (69.6)	69 (60.0)	0.114
	1–2	47 (14.2)	18 (15.7)	
	> 2	54 (16.3)	28 (24.3)	
Chemotherapy intent	Curative	238 (77.8)	71 (61.7)	0.001
	Palliative	68 (22.2)	44 (38.3)	
Treatment setting	Outpatient	114 (33.8)	36 (29.8)	0.480
	Inpatient	223 (66.2)	85 (70.2)	
Completed cycles during the study period, N of cycles	⩽ 6	270 (80.4)	85 (71.4)	0.087
	7–12	55 (16.4)	26 (21.8)	
	> 12	11 (3.3)	8 (6.7)	

The frequency of OOP payments did not differ statistically significantly based on the treatment setting (outpatient vs. inpatient), time to treatment initiation, or the number of completed cycles during the study period (all p>0.05). However, for the latter two parameters, the Cochran-Armitage test revealed a statistically significant linear trend: the frequency of OOP payments increased as the time to treatment initiation and the number of completed cycles increased (χ^2=4.3, p=0.04 and χ^2=4.9, p=0.03, respectively).

Regarding the number of completed cycles, exceeding 12 cycles generally indicates palliative chemotherapy, which is prescribed in severe, incurable cases of CRC. Consequently, patients who indicated a palliative intent for their chemotherapy incurred out-of-pocket (OOP) payments statistically significantly more often (p=0.001).

Anthropometric parameters included patients' self-reported weight and height at the time of the survey, as well as their weight 5 years prior to the onset of initial CRC symptoms. Based on these data, the body mass index (BMI) and the percentage of weight loss were calculated (Table 3).

The distribution of patients between the groups did not differ significantly according to disease

Table 3. Weight-related anthropometric characteristics of patients stratified by out-of-pocket (OOP) payment status

Variable	Category	Out-of-Pocket Payments		p
		NO, n=338	YES, n=121	
		N (%)	N (%)	
BMI 5 years prior to CRC symptoms	Underweight (< 18.5)	4 (1.2)	0 (0.0)	0.751
	Normal weight (18.5–24.9)	90 (27.9)	34 (31.5)	
	Overweight (25.0–29.9)	158 (48.9)	50 (46.3)	
	Obesity (⩾ 30)	71 (22.0)	24 (22.2)	
BMI at the time of survey	Underweight (< 18.5)	10 (3.0)	16 (13.6)	< 0.001
	Normal weight (18.5–24.9)	172 (51.5)	66 (55.9)	
	Overweight (25.0–29.9)	125 (37.4)	28 (23.7)	
	Obesity (⩾ 30)	27 (8.1)	8 (6.8)	
5-year weight change, %	Significant weight loss (⩾ 10%)	147 (45.8)	67 (61.5)	0.024
	Moderate weight loss (5–9.9%)	79 (24.6)	25 (22.9)	
	Stable weight (< 5%)	62 (19.3)	9 (8.3)	
	Moderate weight gain (5–9.9%)	12 (3.7)	3 (2.8)	
	Significant weight gain (⩾ 10%)	21 (6.5)	5 (4.6)	

stage or overall TNM classification (p>0.05). The only exception was the N category (regional lymph nodes) of the TNM classification, which differed significantly between the groups (p=0.04). Nevertheless, the Cochran–Armitage test revealed statistically significant linear trends for disease stage (χ^2=4.1; p=0.04) and for the T and N categories of the TNM classification (χ^2=4.5; p=0.03 and χ^2=6.0; p=0.02, respectively). The test was not performed for the M category (metastases) because this variable was binary. Thus, as disease severity increased, the proportion of patients reporting OOP payments also increased. OOP payments were less frequent among patients with localized disease (stages 0-II), T0, Tis, and T1 tumors, and N0 or N1 nodal status according to the TNM classification, whereas they were more frequent among patients with more advanced disease.

Patients with metastases and those reporting disease progression incurred OOP payments significantly more frequently (p<0.001 and p=0.001, respectively).

DISCUSSION

In a systematic review, Iragorri et al. [17] found that CRC is associated with a higher burden of OOP payments among cancer patients. Furthermore, cancer patients in low- and middle-income countries may incur OOP costs amounting to 42% of their annual income, compared with 16% in high-income countries.

From a clinical perspective, disease stage and TNM classification are important determinants of prognosis in patients with CRC; however, a higher stage is not always associated with a poorer prognosis [9, 10]. For example, according to the NCCN guidelines for rectal cancer, the T category of the TNM classification is of particular prognostic importance. Specifically, the prognosis for stage IIIA (T1-T2) is more favorable than that for the lower stages IIA (T3), IIB (T4a), and IIC (T4b), which are characterized by a greater extent of tumor invasion according to the T category [9, 10]. In the present study, an increase in the T category was accompanied by a statistically significant linear trend toward a higher frequency of OOP payments (p=0.03). Similarly, Rose et al. [18] reported that the magnitude of OOP payments consistently increased with increasing disease stage. The present study also demonstrated a statistically significant linear trend toward a higher frequency of OOP payments with advancing disease stage (p=0.04). However, Donkor et al. [8] found no association between disease stage and financial toxicity, whereas Shao et al. [7] identified disease stage as a significant factor associated with this phenomenon.

The presence of metastases can double OOP payments during CRC treatment [11], which is consistent with the statistically significant difference in OOP payment frequency observed in the present study. Specifically, OOP payments were more frequent among patients with metastases (39.5%) than among those without metastases (21.6%).

The present study also demonstrated statistically significant differences between the OOP payment groups in the N category of the TNM classification, but not in the T or M categories. These findings are consistent with the review by Yu et al. [19], which identified lymph node involvement as a class I negative prognostic factor for CRC, based on strong evidence. According to that review, lymph node involvement is an important determinant of poorer prognosis. The higher frequency of OOP payments observed among patients with lymph node involvement may therefore reflect the greater clinical severity of disease and its potential association with poorer prognosis.

Prolonged time to treatment initiation for chemotherapy is associated with reduced overall and disease-specific survival [20, 21], which aligns with the higher prevalence of OOP payments observed among patients with a waiting period exceeding 2 months in the present analysis.

The findings indicate that the setting of chemotherapy administration (outpatient vs. inpatient) was not associated with the frequency of OOP payments. However, according to Joo et al. [22], outpatient chemotherapy may reduce treatment-related healthcare costs.

Donkor et al. [8] specifically investigated treatment-related financial toxicity among cancer patients in low- and middle-income countries. The authors found that patients who received more than six chemotherapy cycles were nearly twice as likely to experience financial toxicity (p=0.05). In the present study, no statistically significant difference was found between the groups with regard to the number of completed chemotherapy cycles (p=0.09). However, a statistically significant linear trend toward an increasing frequency of OOP payments was observed as the number of completed cycles increased (p=0.03).

According to Ben-Aharon et al. [15], patients' willingness to incur OOP payments in cancer care is influenced not only by disease stage but also by subjective perceptions of treatment benefits, including the potential for symptom relief, improved quality of life, and prolonged survival.

According to the literature, body weight and changes in body weight are important prognostic indicators of survival in patients with CRC.

 Creative Commons «Attribution» 4.0

Specifically, underweight patients (BMI <18.5 kg/m²) have a significantly higher risk of postoperative complications and 30-day mortality and poorer overall survival than normal-weight patients, regardless of cancer stage [16,23]. Hu et al. [12] further reported that weight loss, particularly exceeding 5%, is an unfavorable prognostic factor for survival. Low BMI and weight loss may reflect not only nutritional deficiency but also cancer cachexia and increased metabolic activity associated with more aggressive disease, potentially accompanied by systemic inflammation. Accordingly, underweight patients and those experiencing substantial weight loss may have a higher risk of disease recurrence and mortality. Li et al. [24] also identified underweight as a negative prognostic factor for CRC, while Yu et al. [19] emphasized sarcopenia as another adverse prognostic factor.

Arkenbosch et al. [23] reported that underweight is frequently associated with a more severe disease course and more advanced tumor stage. Conversely, Arkenbosch et al. [23], Li et al. [24], and Zhang et al. [25] described the potential protective effect of overweight and the "obesity paradox," which has been associated with better overall and disease-specific survival in some patient populations. Yu et al. [19] identified higher nutritional status scores as an important independent prognostic factor for improved overall survival.

It may be hypothesized that greater energy reserves enable patients to better tolerate the toxic effects of chemotherapy, particularly in advanced stages of disease. However, the relationship between body weight and prognosis is not linear, and obesity may also be associated with an increased risk of adverse outcomes. Furthermore, Hu et al. [12] reported a lower risk of death among patients with stable body weight or weight loss of up to 5%.

In the present study, OOP payments were more frequent among underweight patients (BMI <18.5 kg/m²) and those with substantial weight loss (≥10%) ($p<0.05$). This finding may reflect patients' perception of weight loss as an indicator of poor prognosis and their greater willingness to incur OOP payments in the context of an unfavorable perceived prognosis. However, this interpretation remains hypothetical and requires further investigation.

CONCLUSIONS

The study findings indicate that patients with a higher frequency of OOP payments were characterized by a more advanced course of colorectal cancer and a longer waiting period before initiation of chemotherapy (more than 2 months). OOP payments were more frequently observed among patients with more advanced disease according to the TNM classification, metastases or disease progression, those receiving palliative chemotherapy, and those who had completed a greater number of chemotherapy cycles. Notably, OOP payments were associated with indicators of nutritional depletion, including lower BMI, BMI <18.5 kg/m², substantial (≥10%) weight loss over 5 years, and a more pronounced decrease in BMI over the same period. Overall, these findings highlight the need to improve the entire cancer care pathway for patients with CRC.

To reduce OOP payments among CRC patients receiving chemotherapy, healthcare facilities should consider implementing an electronic waiting list, ensuring closer monitoring of patients with disease progression, metastases, or nutritional depletion, and establishing regular managerial oversight of delays in the provision of medical services.

Article Declarations

Perspectives for further research. These include conducting the planned multivariate analysis of the association between OOP payments and clinical and anthropometric indicators, as well as a broader range of socio-demographic and other relevant factors.

Primary data and materials. The authors declare that the raw questionnaire data are available from the authors upon reasonable request. All statements and conclusions are supported by references to primary sources that are publicly available or accessible through scientific library resources. Data collection was conducted by Deloitte Consulting LLC with the support of United States Agency for International Development (USAID) under a contract №72012118C00001 (27.04.2018-25.04.2025).

Research ethics. Protocol №206 dated 25.05.2026 by the Commission on Bioethical Expertise and Research Ethics of the Bogomolets National Medical University. The study participants were informed about the objective of the study. Respondents were guaranteed anonymity and the use of data exclusively in a depersonalized aggregated form. All respondents provided voluntary informed consent for data collection and processing.

Declaration of AI use. Artificial intelligence was not used for writing the text or generating the study results. The work is the original creation of the author. Artificial intelligence was used exclusively for stylistic editing, improving wording, and grammatical correction of the text.

Funding. None, the work is the part of doctoral dissertation of Maranov A.O.

Conflict of Interest. None.

Author Contributions (CRediT taxonomy)

*Andrii O. Maranov A,B,C,D,E,F ORCID: 0009-0001-3938-6305

***Corresponding author:** aomaranov@gmail.com

REFERENCES

1. Arkenbosch JHC, van Erning FN, Rutten HJ, Zimmerman D, de Wilt JHW, Beijer S. The association between body mass index and postoperative complications, 30-day mortality and long-term survival in Dutch patients with colorectal cancer. Eur J Surg Oncol. 2019;45(2):160-166. https://doi.org/10.1016/j.ejso.2018.09.012
2. Balakrishnan VS. Low BMI linked to worse colorectal cancer outcomes. Lancet Oncol. 2015;16(16):e593. https://doi.org/10.1016/S1470-2045(15)00475-1
3. Ben-Aharon O, Iskrov G, Sagy I, Greenberg D. Willingness to pay for cancer prevention, screening, diagnosis, and treatment: a systematic review. Expert Rev Pharmacoecon Outcomes Res. 2023;23(3):281-295. https://doi.org/10.1080/14737167.2023.2167713
4. Biagi JJ, Raphael MJ, Mackillop WJ, Kong W, King WD, Booth CM. Association between time to initiation of adjuvant chemotherapy and survival in colorectal cancer: a systematic review and meta-analysis. JAMA. 2011;305(22):2335-2342. https://doi.org/10.1001/jama.2011.749
5. Donkor A, Atuwo-Ampoh VD, Yakanu F, Torgbenu E, Ameyaw EK, Kitson-Mills D, et al. Financial toxicity of cancer care in low- and middle-income countries: a systematic review and meta-analysis. Support Care Cancer. 2022;30(9):7159-7190. https://doi.org/10.1007/s00520-022-07044-z
6. Fedorenko Z, Sumkina O, Goroh Ye, et al. Cancer in Ukraine, 2023-2024. Incidence, mortality, prevalence and other relevant statistics. Bulletin of National Cancer Registry of Ukraine No. 26 [Internet]. Kyiv: National Cancer Registry of Ukraine; 2025 [cited 2026 Apr 19]. Available from: http://www.ncru.inf.ua/publications/BULL_26/PDF/Bull_26.pdf
7. Goroshko A, Riabtseva N, Shapoval N. Can people afford to pay for health care? New evidence on financial protection in Ukraine 2023 [Internet]. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2023. Available from: https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/82defc63-1f22-4083-8986-2ce2e0c436c6/content
8. Hu C, Zhang Q, Jin X, Zhang L, Zhang Y, Zhu Q, et al. A paradox between preoperative overweight/obesity and change in weight during postoperative chemotherapy and its relationship to survival in stage II and III colorectal cancer patients. Clin Nutr. 2021;40(4):2410-2419. https://doi.org/10.1016/j.clnu.2020.10.039
9. Iragorri N, de Oliveira C, Fitzgerald N, Essue B. The out-of-pocket cost burden of cancer care—a systematic literature review. Curr Oncol. 2021;28(2):1216-1248. https://doi.org/10.3390/curroncol28020117
10. Joo EH, Rha SY, Ahn JB, Kang HY. Economic and patient-reported outcomes of outpatient home-based versus inpatient hospital-based chemotherapy for patients with colorectal cancer. Support Care Cancer. 2011;19(7):971-978. https://doi.org/10.1007/s00520-010-0917-7
11. Li Y, Li C, Wu G, Yang W, Wang X, Duan L, et al. The obesity paradox in patients with colorectal cancer: a systematic review and meta-analysis. Nutr Rev. 2022;80(7):1755-1768. https://doi.org/10.1093/nutrit/nuac005
12. National Comprehensive Cancer Network. NCCN Clinical Practice Guidelines in Oncology: Rectal Cancer. Version 2.2026 [Internet]. Plymouth Meeting (PA): NCCN; 2026 [cited 2026 Jun 9]. Available from: https://www.nccn.org/professionals/physician_gls/pdf/rectal.pdf
13. National Comprehensive Cancer Network. NCCN Clinical Practice Guidelines in Oncology: Colon Cancer. Version 2.2026 [Internet]. Plymouth Meeting (PA): NCCN; 2026 [cited 2026 Jun 9]. Available from: https://www.nccn.org/professionals/physician_gls/pdf/colon.pdf
14. Nguyen CM, Yeh PG, Nguyen MP, Johnson TS, Koo H, Champion VL, et al. Initial-care medical and prescription costs for incident metastatic versus nonmetastatic colorectal cancer. Cancer Res Commun. 2025;5(10):1852-1864. https://doi.org/10.1158/2767-9764.CRC-25-0367
15. Petrelli F, Zaniboni A, Ghidini A, Ghidini M, Turati L, Pizzo C, et al. Timing of adjuvant chemotherapy and survival in colorectal, gastric, and pancreatic cancer: a systematic review and meta-analysis. Cancers (Basel). 2019;11(4):550. https://doi.org/10.3390/cancers11040550
16. Rose L, Rajasekar G, Nambiar A, Pohl A, Ruddy KJ, Arnow K, et al. Estimated out-of-pocket costs for patients with common cancers and private insurance. JAMA Netw Open. 2025;8(7):e2521575. https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2025.21575
17. Shao X, Ma Y, Wang Y, Lin X, Wang X, Zheng A. Prevalence and determinants of financial toxicity in patients with colorectal cancer: a systematic review and meta-analysis. Int J Equity Health. 2026;25(1):77. https://doi.org/10.1186/s12939-026-02794-2
18. Siegel RL, Kratzer TB, Wagle NS, Sung H, Jemal A. Cancer statistics, 2026. CA Cancer J Clin. 2026;76(1):e70043. https://doi.org/10.3322/caac.70043

 Creative Commons «Attribution» 4.0

19. Tran BT, Tran TT, La NQ, Nguyen TTP, Nguyen MH, Huynh TMC, et al. Willingness to pay for a quality-adjusted life year among gastrointestinal cancer patients at a tertiary hospital of Vietnam, 2022. Asian Pac J Cancer Prev. 2024;25(5):1725-1735. https://doi.org/10.31557/APJCP.2024.25.5.1725
20. Verkhovna Rada of Ukraine. On state financial guarantees of medical care of the population: Law of Ukraine No. 2168-VIII [Internet]. Kyiv: Verkhovna Rada of Ukraine; 2017 [cited 2026 May 28]. Available from: https://zakon.rada.gov.ua/go/2168-19
21. Vezhnovets TA, Gurianov VG, Prus NV, Korotkyi OV, Antonyuk OY. Health care expenditures of 179 countries with different GNI per capita in 2018. Wiad Lek. 2021;74(3):678-683. https://doi.org/10.36740/WLek202103221
22. Wang S, Wang J, Kang H, Zeng L, Liu G, Qiu Y, et al. Assessment of the prevalence and related factors of financial toxicity in cancer patients based on the COST scale: a systematic review and meta-analysis. Eur J Oncol Nurs. 2024;68:102489. https://doi.org/10.1016/j.ejon.2023.102489
23. World Bank. World Bank Open Data [Internet]. Washington (DC): World Bank [cited 2026 Jun 29]. Available from: https://data.worldbank.org
24. Yu L, Yuan J, Lou S, Huang A, Cai X, Ji J, et al. Factors affecting survival in patients with colorectal cancer: an umbrella review. J Transl Med. 2025;23:1185. https://doi.org/10.1186/s12967-025-06876-7
25. Zhang Z, Yan X, Lu Y, Guo X, Jiao M, Wang W, et al. The prognostic impact of BMI on colorectal cancer is stratified by tumor location. Front Oncol. 2022;12:987518. https://doi.org/10.3389/fonc.2022.987518

ОСОБЛИВОСТІ ЧАСТОТИ ПЛАТЕЖІВ З ВЛАСНОЇ КИШЕНІ ПАЦІЄНТІВ ПРИ ХІМІОТЕРАПІЇ КОЛОРЕКТАЛЬНОГО РАКУ З РІЗНИМИ КЛІНІЧНИМИ ТА АНТРОПОМЕТРИЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ

Андрій О. Маранов

Національний медичний університет імені О. О. Богомольця, м. Київ, Україна

РЕЗЮМЕ

Вступ. Попри прогрес у доступності медичних послуг після запровадження чинної реформи охорони здоров'я у 2017 році, проблема платежів з власної кишені (ПзВК) залишається актуальною. Колоректальний рак (КРР) входить до трійки найпоширеніших онкологічних захворювань в Україні та посідає друге місце за рівнем смертності.

Мета. Дослідити частоту платежів з власної кишені у пацієнтів, які проходять хіміотерапевтичне лікування колоректального раку, залежно від клінічних та антропометричних показників.

Матеріали та методи. У межах поперечного дослідження було опитано 459 пацієнтів, які проходили лікування з приводу КРР в Україні з 1 липня 2023 року до 30 червня 2024 року в межах хіміотерапевтичного пакета Програми медичних гарантій. Пацієнтів було розподілено на дві групи залежно від наявності або відсутності ПзВК (121 та 338 осіб відповідно). Анкета включала чотири групи питань, а саме: загальну інформацію, ставлення до неформальних платежів, клінічні дані пацієнтів із КРР, зокрема стадію захворювання та TNM-класифікацію, особливості хіміотерапевтичного лікування, а також антропометричні показники – масу тіла та зріст. Для порівняння груп використовували критерій χ^2 або точний критерій Фішера (якщо очікувана частота в будь-якій групі була меншою за 5). Для аналізу наявності лінійного тренду використовували тест Кохрана–Армітажа. Статистичну обробку даних проводили за допомогою мови програмування R версії 4.3.1 з графічною оболонкою EZR версії 1.64.

Результати. За результатами дослідження встановлено статистично значущу різницю між групами за здійсненням ПзВК щодо компонента N класифікації TNM ($p=0,04$), а також статистично значущий лінійний тренд щодо стадії захворювання та компонентів T і N класифікації TNM ($\chi^2=4,5$; $p=0,03$ та $\chi^2=6,0$; $p=0,02$ відповідно), часу очікування лікування та кількості завершених циклів хіміотерапії ($\chi^2=4,3$; $p=0,04$ та $\chi^2=4,9$; $p=0,03$ відповідно). Зі збільшенням значень цих змінних спостерігалася вища частота ПзВК. Крім того, частіше здійснювали платежі пацієнти, які отримували паліативну хіміотерапію ($p=0,001$), мали метастази ($p<0,001$) або прогресію захворювання ($p=0,001$), нижчий індекс маси тіла (ІМТ) ($p<0,001$), більший відсоток втрати маси тіла за 5 років ($p=0,024$) та більш виражене зниження ІМТ за 5 років ($p<0,001$). Водночас статистично значущих відмінностей між групами пацієнтів за формою організації хіміотерапії (амбулаторною чи стаціонарною) не виявлено ($p>0,05$).

Висновки. За результатами дослідження встановлено, що пацієнти з вищою частотою ПзВК характеризувалися більш тяжким перебігом колоректального раку та тривалішим періодом очікування початку хіміотерапевтичного лікування (понад 2 місяці). Частіше ПзВК спостерігали серед пацієнтів із більш поширеним пухлинним процесом за TNM-класифікацією, наявністю метастазів або прогресії захворювання, які отримували паліативну хіміотерапію та мали більшу кількість завершених циклів хіміотерапії. Окремо слід відзначити зв'язок ПзВК із показниками нутритивного виснаження, зокрема нижчим індексом маси тіла, ІМТ <18,5, значною (≥10%) втратою маси тіла за 5 років та більш вираженим зниженням ІМТ за цей період. Зазначені результати обґрунтовують необхідність удосконалення всього маршруту онкологічної допомоги пацієнтам із КРР.

З метою зменшення ПзВК у пацієнтів із КРР під час отримання хіміотерапії на рівні закладів охорони здоров'я (ЗОЗ) доцільно запровадити електронний лист очікування, посилити увагу до пацієнтів із прогресією захворювання, метастазами або нутритивним виснаженням, а також забезпечити регулярний управлінський контроль за затримками в наданні медичних послуг.

Ключові слова: витрати на охорону здоров'я, індекс маси тіла, медична онкологія, організація охорони здоров'я, соціально-економічні фактори, стадіювання новоутворень, фінансування охорони здоров'я.

Received: April 23, 2026
Accepted: July 27, 2026
Published online: September 16, 2026

 Creative Commons «Attribution» 4.0

UDC: 616.36-002.17-07:616.441-008.64:612.015.3
DOI: https://doi.org/10.32345/USMYJ.3(164).2026.35-40

CLINICAL ASSESSMENT OF THE LIPID PROFILE IN PATIENTS WITH METABOLIC-ASSOCIATED STEATOTIC LIVER DISEASE COMBINED WITH HYPOTHYROIDISM

Yuliia V. Yanchuk, Volodymyr V. Cherniavskyi

Bohomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

ABSTRACT

Introduction. A number of studies confirm a close pathophysiological relationship between thyroid dysfunction and metabolic liver disorders. In this regard, assessment of thyroid status in patients with metabolic-associated steatotic liver disease (MASLD) is of important clinical and prognostic significance. Therefore, monitoring and timely correction of thyroid function may be considered an integral component of a comprehensive therapeutic approach in patients with MASLD.

Aim. To evaluate the lipid profile, including total cholesterol, low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C), very-low-density lipoprotein cholesterol (VLDL-C), high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C), and triglycerides, in patients with MASLD combined with subclinical hypothyroidism, overt hypothyroidism, and normal thyroid function.

Materials and Methods. A total of 70 patients with MASLD were enrolled in the study and divided into three groups. Group 1 included 28 patients with MASLD and subclinical hypothyroidism. Group 2 comprised 22 patients with MASLD combined with overt hypothyroidism associated with diffuse nodular goiter and autoimmune thyroiditis. Group 3 included 20 patients with MASLD without thyroid dysfunction and served as the control group.

Results. In Group 1, lipid profile analysis revealed increased levels of total cholesterol, LDL-C, triglycerides, and VLDL-C, accompanied by decreased HDL-C levels. In Group 2, significantly elevated levels of total cholesterol, LDL-C, triglycerides, and VLDL-C were observed, together with a marked reduction in HDL-C compared with Group 3. In patients with MASLD without hypothyroidism, lipid parameters remained within reference ranges or demonstrated only mild elevations.

Conclusions. The presence of subclinical or overt hypothyroidism in patients with MASLD is associated with more pronounced disturbances in lipid and carbohydrate metabolism.

Keywords: metabolic-associated steatotic liver disease, thyroid gland, hypothyroidism, biochemical blood analysis, cholesterol, low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C), triglycerides, very low-density lipoproteins (VLDL), high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C).

INTRODUCTION

According to current estimates, the global prevalence of metabolic dysfunction-associated steatotic liver disease (MASLD) in the general population has increased from approximately 25% in 2016 to more than 30%, and its prevalence continues to rise. It is estimated that approximately 10-30% of individuals with isolated hepatic steatosis may progress to steatohepatitis and advanced liver disease; however, this risk is substantially higher in the presence of type 2 diabetes mellitus (T2DM), among patients with which hepatic steatosis has been reported in 42-65% of cases. Among patients without diabetes, subclinical hypothyroidism has also been reported at a substantial frequency.

MASLD is one of the most common chronic liver diseases worldwide and is closely associated with metabolic syndrome and its components. Contemporary epidemiological studies indicate that the prevalence of MASLD exceeds 30-35%, with a markedly increased risk among individuals with insulin resistance, obesity, T2DM, and hypothyroidism [1]. The thyroid gland plays a pivotal role in the regulation of energy and lipid metabolism. Thyroid hormones, particularly triiodothyronine (T3) and thyroxine (T4), stimulate the expression of low-density lipoprotein (LDL) receptors and regulate the activity of lipoprotein lipase, hepatic lipase, and enzymes involved in fatty-acid β-oxidation. Reduced thyroid function, including subclinical hypothyroidism, may impair

Creative Commons «Attribution» 4.0

these processes and contribute to the accumulation of atherogenic lipoproteins in the bloodstream [2].

Triiodothyronine (T3) and thyroxine (T4) are principal regulators of gene expression controlling β-oxidation of fatty acids, lipolysis, apolipoprotein synthesis, and cholesterol metabolism. Under physiological conditions, thyroid hormones stimulate:

- hepatic lipase and lipoprotein lipase activity, ensuring triglyceride catabolism;
- LDL receptor expression in hepatocytes, accelerating LDL clearance;
- transformation of very low-density lipoproteins (VLDL) into high-density lipoproteins (HDL), thereby maintaining lipid balance.

In hypothyroidism, particularly overt hypothyroidism, these mechanisms are impaired: apolipoprotein A1 and apolipoprotein B synthesis decreases, triglyceride metabolism slows, and LDL clearance is reduced. Consequently, VLDL and LDL accumulate in plasma, accompanied by a reduction in HDL levels. This "triad" is characteristic of atherogenic dyslipidemia observed in both hypothyroidism and MASLD.

A number of studies confirm a close pathophysiological relationship between thyroid dysfunction and metabolic liver injury. W. Xiong (2025) [3] demonstrated that the TSH level may be an important risk factor for the occurrence and development of MAFLD. The relationship between them is influenced by age. Also, patients with MASLD typically exhibit a characteristic dyslipidemia: elevated total cholesterol (TC), LDL, VLDL, and triglycerides (TG), along with reduced HDL levels. Pathogenetically, this is associated with increased hepatic lipoprotein synthesis and impaired catabolism due to insulin resistance.

When MASLD is combined with subclinical hypothyroidism, atherogenic alterations become more pronounced: Patients with SCH showed significantly higher T-Chol, STG, and LDL-C levels, as well as significantly lower levels of HDL-C in comparison to the healthy controls [4]. These changes are explained by decreased LDL receptor expression in hepatocytes, reduced lipoprotein lipase activity, and impaired β-oxidation of fatty acids.

Thus, even moderate TSH elevation within the range of subclinical hypothyroidism is associated with statistically significant alterations in the lipid spectrum. The highest VLDL and TG levels are observed in overt hypothyroidism, indicating marked disturbances in lipid metabolism.

Particular attention has been paid to VLDL as a marker of dyslipidemia. In hypothyroidism, increased synthesis of apolipoprotein B100 – the principal protein component of VLDL-combined with reduced hepatic lipase activity results in VLDL accumulation in circulation. This condition promotes the development of an atherogenic lipid profile, further exacerbating hepatic steatosis and increasing cardiovascular risk.

Hyperthyroidism seems to have a protective effect on the incidence of NAFLD [5]. A small cross-sectional study in China found that the prevalence of NAFLD in patients with hyperthyroidism was 11.9%. Interestingly, higher T3 levels were associated with lower liver fat content (p=0.009) and a decreased risk of NAFLD (OR 0.267, 95% CI 0.087-0.817, p=0.021) [6]. A large case-control study in Germany confirmed these findings and found that hyperthyroidism was associated with a lower risk of NAFLD (OR 0.85, 95% CI 0.77-0.94, p<0.001) [7].

Given these findings, assessment of thyroid status in patients with MASLD has important clinical and prognostic implications. Recent studies have demonstrated that even correction of subclinical hypothyroidism with levothyroxine therapy contributes to improvement in lipid parameters, reduction of hepatic steatosis, and normalization of TC and TG levels. Therefore, monitoring and timely correction of thyroid function should be considered an essential component of the comprehensive management of patients with MASLD.

AIM

To evaluate the lipid profile (total cholesterol, LDL cholesterol, VLDL cholesterol, HDL cholesterol, triglycerides) in patients with MASLD and normal thyroid function, as well as in patients with MASLD combined with subclinical and overt hypothyroidism.

MATERIALS AND METHODS

The study protocol was reviewed and approved by the Bioethics and Research Ethics Committee operating at O. O. Bohomolets National Medical University. The investigation was conducted within the Department of Internal Medicine No. 1 from 2025 to 2026 and was approved by the Chair and the Executive Secretary of the Bioethics Committee. All participants provided written informed consent prior to enrollment. This was a prospective study.

A total of 70 patients with MASLD were included and subsequently divided into three groups. Group 1 consisted of 28 patients with MASLD and subclinical hypothyroidism. Group 2 included 22 patients with MASLD combined with overt hypothyroidism (associated with diffuse nodular goiter and autoimmune thyroiditis). The control group comprised 20 patients with MASLD without thyroid dysfunction.

Inclusion criteria

The following inclusion criteria were applied: men and women aged 30-60 years; patients with diagnosed

 Creative Commons «Attribution» 4.0

hypothyroidism (subclinical hypothyroidism was defined as TSH >4 mIU/L and free T4 10-25 pmol/L, further stratified according to TSH levels into mild [TSH 4.5-10.0 mIU/L] and marked [TSH >10.0 mIU/L]; overt hypothyroidism was defined as TSH >4.0 mIU/L and free T4 <10 pmol/L); as well as patients with metabolic-associated steatotic liver disease (MASLD), diagnosed based on the presence of at least two metabolic criteria:

1. overweight or obesity;
2. type 2 diabetes mellitus;
3. evidence of metabolic dysregulation, namely ≥2 of the following:
   a) waist circumference in Caucasian individuals: ≥102 cm in men and ≥88 cm in women (≥90 cm and ≥80 cm for Asian men and women, respectively);
   b) antihypertensive treatment or blood pressure ≥130/85 mmHg;
   c) serum triglycerides ≥1.7 mmol/L (150 mg/dL) or treatment for hypertriglyceridemia;
   d) serum HDL cholesterol <1.0 mmol/L (<40 mg/dL) in men and <1.3 mmol/L (<50 mg/dL) in women, or treatment for hypercholesterolemia;
   e) prediabetes defined as fasting plasma glucose 5.6–6.9 mmol/L (100-125 mg/dL), or 2-hour post-load glucose 7.8–11.0 mmol/L (140-199 mg/dL), or HbA1c 5.7–6.4% (39-46 mmol/mol);
   f) high-sensitivity C-reactive protein (hs-CRP) >2 mg/L;
   g) HOMA-IR ≥2.5.

Ultrasound examination was performed using the Soneus P7 device (UltraSign, Ukraine) at the Department of Internal Medicine No. 1, O. O. Bohomolets National Medical University.

The degree of hepatic steatosis was assessed based on the ultrasound attenuation coefficient. Values of 1.0-2.19 dB/cm corresponded to S0, indicating no steatosis; 2.20-2.29 dB/cm to S1, indicating mild steatosis; 2.30-2.90 dB/cm to S2, indicating moderate steatosis; and values >2.90 dB/cm to S3, indicating severe steatosis.

Liver fibrosis was assessed using shear-wave elastography (SWE) based on liver stiffness values expressed in kPa. Values of 0-5.8 kPa corresponded to stage F0 (no fibrosis), 5.9-7.2 kPa to F1 (initial fibrosis), 7.3-9.5 kPa to F2 (moderate fibrosis), 9.6–12.5 kPa to F3 (advanced fibrosis), and values >12.6 kPa to F4 (liver cirrhosis).

Exclusion criteria

Exclusion criteria included Wilson–Konovalov disease, viral hepatitis, alcoholic liver disease, autoimmune hepatitis, drug-induced liver injury, and neoplastic processes. Also, use of statins, levothyroxine, glucose-lowering agents, hepatoprotective drugs, or other medications that may significantly affect the lipid profile.

Statistical analysis

Statistical analysis was performed using EZR version 3.4.1 (R Foundation for Statistical Computing) and MedStat version 5.2. The Shapiro–Wilk test was used to assess normality of data distribution. For normally distributed variables, quantitative data were presented as mean ± standard deviation (Mean ± SD); for non-normally distributed variables, data were expressed as median with first and third quartiles (Median [Q1–Q3]). No correction for multiple comparisons was performed.

When comparing three groups with normal data distribution, analysis of variance (ANOVA) with multiple comparisons was applied; for non-normal distribution, the Kruskal–Wallis test was used. Pearson's correlation coefficient (r) was calculated to assess correlations between variables. Differences were considered statistically significant at $p<0.05$.

RESULTS

The main characteristics of patients in the three study groups are presented in Table 1.

Table 1. Study groups

Characteristics	Study groups			p
	Group 1 (n=28)	Group 2 (n=22)	The control group (n=20)	
Mean age (years)	43.86 ± 8.045	44.32 ± 7.99	44.05 ± 8,476	p=0,980
Sex (female/male), %	36%/64%	36%/64%	40%/60%	

General information on the study groups is presented in Table 1. Group 1 consisted of 28 patients with MASLD and subclinical hypothyroidism. Group 2 included 22 patients with MASLD combined with overt hypothyroidism (associated with diffuse nodular goiter and autoimmune thyroiditis). The control group comprised 20 individuals with MASLD without thyroid dysfunction. The groups were comparable in terms of sample size and age (p=0.980). In all groups, male patients predominated.

The characteristics of the study groups according to lipid profile parameters are presented in Table 2.

Comparison of the lipid profile in patients of Group 1 revealed increased levels of total cholesterol, LDL cholesterol, triglycerides, and

Table 2. Comparative characteristics of the study groups according to lipid profile parameters, Mean ± SD

Characteristics	Group 1	Group 2	The control group	p
Total cholesterol, mmol/L	5.989 ± 0.39*	7.15 ± 0.49*	5.69 ± 0.43*	P1 – p<0,01 P2 – p=0,07 P3 – p<0,01
LDL cholesterol, mmol/L	3.836±0.44	5.527±0.43	3.435±0.42	P1 – p<0,01 P2 – p=0,01 P3 – p<0,01
triglycerides, mmol/L	2.13±0.15	2.26±0.25	1.92±0.16	P1 – p=0,07 P2 – p<0,01 P3 – p<0,01
VLDL cholesterol	1.57±0.14	1.88±0.18	1.33±0.16	P1 – p<0,01 P2 – p<0,01 P3 – p<0,01
HDL cholesterol	0.5±0.05	0.2±0.03	0.7±0.11	P1 – p<0,01 P2 – p< 0,05 P3 – p<0,01

Note: p1 – comparison between Groups 1 and 2; p2 – comparison between Groups 1 and 3; p3 – comparison between Groups 2 and 3.

VLDL cholesterol – 5.989 ± 0.39, 3.836 ± 0.44, 2.13 ± 0.15, and 1.57 ± 0.14 mmol/L, respectively – along with a decreased HDL cholesterol level (0.5 ± 0.05 mmol/L).

In contrast, patients in Group 2 demonstrated significantly higher levels of total cholesterol, LDL cholesterol, triglycerides, and VLDL cholesterol – 7.15 ± 0.49, 5.527 ± 0.43, 2.26 ± 0.25, and 1.88 ± 0.18 mmol/L, respectively – together with a marked reduction in HDL cholesterol levels (0.2 ± 0.03 mmol/L), compared with Group 3 (MASLD without hypothyroidism), in whom lipid parameters were within reference ranges or mildly abnormal.

Lipid profile parameters (total cholesterol, LDL cholesterol, VLDL cholesterol, HDL cholesterol, triglycerides levels) in patients of Groups 1, 2, and 3 are presented in diagrammatic form in Fig. 1.

According to the data presented in Fig. 1, lipid profile parameters (total cholesterol, LDL cholesterol, VLDL cholesterol, HDL cholesterol, triglyceride levels) in patients of Groups 1, 2, and 3 were illustrated in diagrammatic form.

DISCUSSION

In the context of MASLD, dyslipidemia is already present (elevated total cholesterol, LDL, VLDL, and triglycerides levels; reduced HDL levels). The addition of thyroid dysfunction further aggravates these alterations. Our findings indicate that even subclinical hypothyroidism has the potential to exacerbate lipid disturbances and increase fasting glucose levels, although not to the same extent as overt hypothyroidism.

These results are consistent with contemporary studies demonstrating that hypothyroidism is

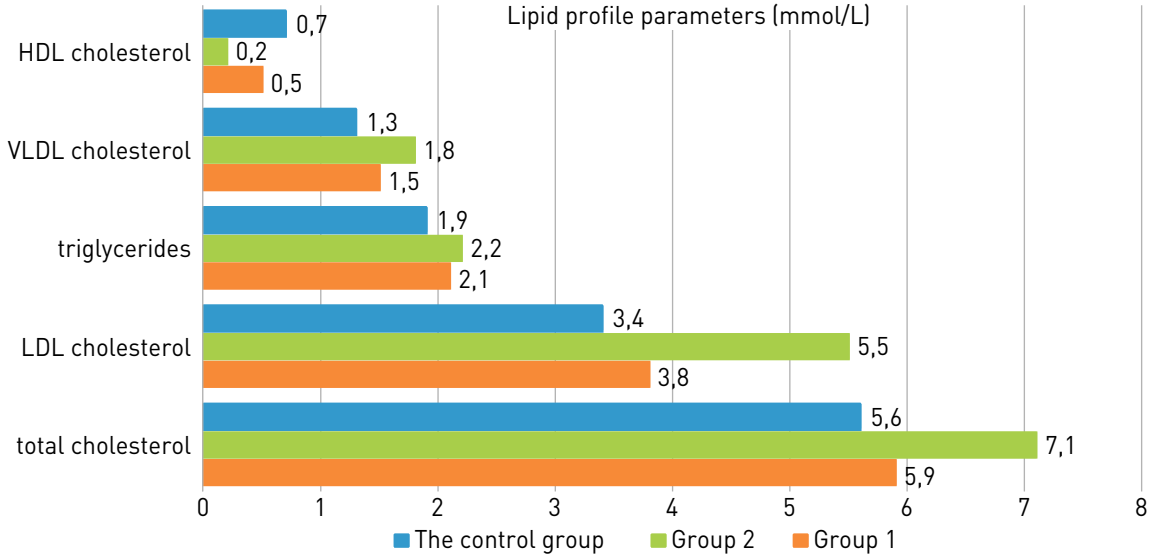


Fig. 1. Lipid profile parameters

 Creative Commons «Attribution» 4.0

associated with more pronounced hepatic steatosis and a more atherogenic lipid profile.

One of the key pathophysiological mechanisms involves reduced expression of glucose transporter type 4 (GLUT4) in skeletal muscle and impairment of other insulin-dependent pathways in hypothyroidism, leading to decreased glucose clearance and elevated fasting glucose levels. This effect diminishes tissue glucose utilization, creating conditions for enhanced lipogenesis due to substrate excess.

Thus, the development of hypothyroidism in patients with MASLD may create a "vicious cycle": elevated TSH levels and reduced T3/T4 concentrations aggravate insulin resistance and glycemic disturbances, which in turn stimulate the synthesis of atherogenic lipoproteins and promote hepatic fat accumulation.

In our study, comparison of the lipid profile in patients of Group 1 revealed increased levels of total cholesterol, LDL cholesterol, triglycerides, VLDL cholesterol, along with decreased HDL cholesterol levels. In Group 2, significantly higher levels of total cholesterol, LDL cholesterol, triglycerides, VLDL cholesterol were observed, together with a marked reduction in HDL cholesterol levels, compared with Group 3 (MASLD without hypothyroidism), where parameters remained within reference ranges or were only mildly elevated.

The relationship between thyroid functional status and metabolic disturbances, particularly dyslipidemia and hyperglycemia, is gaining increasing scientific and clinical relevance in the context of MASLD. This condition represents a systemic manifestation of metabolic syndrome, and alterations in the thyroid hormonal profile may not only reflect the severity of metabolic imbalance but also act as one of its pathogenetic drivers.

CONCLUSIONS

1. In patients of Group 1, increased levels of total cholesterol, LDL cholesterol, triglycerides, and VLDL cholesterol, along with decreased HDL cholesterol levels, were observed compared with Group 3 (MASLD without hypothyroidism), where parameters were within reference ranges.

2. In patients of Group 2, significantly elevated total cholesterol, LDL cholesterol, triglycerides, and VLDL cholesterol levels, together with a marked decrease in HDL cholesterol levels, were identified compared with Group 3, where parameters remained within reference ranges.

3. The presence of subclinical or overt hypothyroidism in patients with MASLD is associated with more pronounced disturbances of lipid metabolism.

Article Declarations

Perspectives for further research. The relationship between thyroid dysfunction, the intestinal microbiome, and the development of metabolic dysfunction-associated steatotic liver disease (MASLD) will be investigated through comparative and correlation analyses. Associations between thyroid hormone status and clinical manifestations in patients with MASLD will be established. The results of the study will be integrated into the educational programs of departments of internal medicine and implemented in the clinical practice of outpatient and inpatient healthcare facilities in Kyiv.

Study Limitations. The authors acknowledge that the limitations of this review are related to the predefined scope of the topic, the selected time period, the types of studies included, and the availability of relevant literature. The literature search was performed using the PubMed database (https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/).

Primary data and materials. The authors confirm that the study was conducted using primary medical documentation, including medical records, outpatient charts, and laboratory and instrumental examination results of the enrolled patients. All patient data were anonymized before analysis.

Research Ethics. The investigators complied with all protocols and procedures approved by the Biomedical Research Ethics Committee (protocol No 206, dated 25.05.2026), as well as with the requirements of the legislation of Ukraine in the field of healthcare and the principles of the Declaration of Helsinki (2000).

Declaration of AI use. The authors used ChatGPT for language editing of the English text. The authors reviewed and verified all AI-generated content to ensure accuracy and integrity.

Funding. The study was conducted without financial support.

Conflict of Interest. The authors declare that they have no conflicts of interest related to the preparation, conduct, or publication of this study. None of the authors has any financial, commercial, or personal relationships that could have influenced the interpretation of the results. The study was conducted in accordance with the principles of academic integrity and objectivity. All authors have reviewed and approved the final version of the manuscript.

Author Contributions (CRediT taxonomy)

*Yuliia V. Yanchuk – A, B, C, E, F ORCID: 0009-0004-0428-7464
Volodymyr V. Cherniavskyi – A, C, D, E, F ORCID: 0000-0001-5831-8810

***Corresponding author:** juliusyanchukk@gmail.com

REFERENCES

1. Chalasani N, Younossi Z, Lavine JE, et al. The diagnosis and management of nonalcoholic fatty liver disease: practice guidance from the American Association for the Study of Liver Diseases. Hepatology. 2018;67(1):328-357. https://doi.org/10.1002/hep.29367
2. Duntas LH, Brenta G. A renewed focus on the association between thyroid hormones and lipid metabolism. Front Endocrinol (Lausanne). 2018;9:511. https://doi.org/10.3389/fendo.2018.00511
3. Xiong W, Fan H, Tang J, et al. Association between thyroid function and metabolic associated fatty liver disease: a systematic review and meta-analysis. Front Endocrinol (Lausanne). 2025;16:1660437. https://doi.org/10.3389/fendo.2025.1660437
4. Hussain A, Elmahdawi AM, Elzeraidi NE, Nouh F, Algathafi K. The effects of dyslipidemia in subclinical hypothyroidism. Cureus. 2019;11(11):e6173. https://doi.org/10.7759/cureus.6173
5. Vidal-Cevallos P, Murúa-Beltrán Gall S, Uribe M, Chávez-Tapia NC. Understanding the relationship between nonalcoholic fatty liver disease and thyroid disease. Int J Mol Sci. 2023;24(19):14605. https://doi.org/10.3390/ijms241914605
6. Wang B, Wang B, Yang Y, Xu J, Hong M, Xia M, et al. Thyroid function and non-alcoholic fatty liver disease in hyperthyroidism patients. BMC Endocr Disord. 2021;21(1):27. https://doi.org/10.1186/s12902-021-00695-6
7. Labenz C, Kostev K, Armandi A, Galle PR, Schattenberg JM. Impact of thyroid disorders on the incidence of non-alcoholic fatty liver disease in Germany. United European Gastroenterol J. 2021;9(7):829-836. https://doi.org/10.1002/ueg2.12107

КЛІНІЧНА ОЦІНКА ЛІПІДНОГО ПРОФІЛЮ У ХВОРИХ НА МЕТАБОЛІЧНО-АСОЦІЙОВАНУ СТЕАТОТИЧНУ ХВОРОБУ ПЕЧІНКИ В ПОЄДНАННІ З ГІПОТИРЕОЗОМ

Юлія В. Янчук, Володимир В. Чернявський

Національний медичний університет імені О. О. Богомольця, м. Київ, Україна

РЕЗЮМЕ

Вступ. Ряд досліджень підтверджує наявність тісного патофізіологічного зв'язку між порушеннями тиреоїдної функції та метаболічними ураженнями печінки. Зважаючи на це, оцінка тиреоїдного статусу у пацієнтів із метаболічно-асоційованою стеатотичною хворобою печінки (МАСХП) набуває важливого клінічного та прогностичного значення. Моніторинг і своєчасна корекція тиреоїдної функції можуть розглядатися як складова комплексного підходу до лікування пацієнтів із МАСХП.

Мета. Оцінити ліпідний профіль, зокрема рівні загального холестерину, холестерину ліпопротеїдів низької густини (ХС ЛПНГ), холестерину ліпопротеїдів дуже низької густини (ХС ЛПДНГ), холестерину ліпопротеїдів високої густини (ХС ЛПВГ) і тригліцеридів, у пацієнтів із МАСХП у поєднанні із субклінічним гіпотиреозом, клінічним гіпотиреозом та нормальною функцією щитоподібної залози.

Матеріали та методи. У дослідженні взяли участь 70 пацієнтів із МАСХП, яких розподілили на три групи. До першої групи увійшли 28 пацієнтів із МАСХП та субклінічним гіпотиреозом. Другу групу становили 22 пацієнти з МАСХП у поєднанні з клінічним гіпотиреозом на тлі дифузного вузлового зоба та автоімунного тиреоїдиту. Групу контролю становили 20 пацієнтів із МАСХП без порушення функції щитоподібної залози.

Результати. У пацієнтів першої групи виявлено підвищення рівнів загального холестерину, ХС ЛПНГ, тригліцеридів, ХС ЛПДНГ, а також зниження рівня ХС ЛПВГ. У пацієнтів другої групи спостерігали значне підвищення рівнів загального холестерину, ХС ЛПНГ, тригліцеридів і ХС ЛПДНГ та виражене зниження рівня ХС ЛПВГ порівняно з третьою групою. У пацієнтів із МАСХП без гіпотиреозу відповідні показники перебували в межах референтних значень або були незначно підвищеними.

Висновки. Наявність субклінічного або клінічного гіпотиреозу у пацієнтів із МАСХП асоціюється з більш вираженими порушеннями ліпідного профілю.

Ключові слова: Метаболічно-асоційована стеатотична хвороба печінки, Щитоподібна залоза, Гіпотиреоз, Біохімічний аналіз крові, Холестерин, Холестерин ліпопротеїнів низької щільності (ЛПНЩ), Тригліцериди, Ліпопротеїни дуже низької щільності (ЛПДНЩ), Холестерин ліпопротеїнів високої щільності (ЛПВЩ).

Received: January 20, 2026
Accepted: August 16, 2026
Published online: September 16, 2026

Creative Commons «Attribution» 4.0

UDC: 616.12-008.331.1-06:616.98:578.834COVID19]:616.1-039
DOI: https://doi.org/10.32345/USMYJ.3(164).2026.41-50

FEATURES OF THE DIURNAL PROFILE OF BLOOD PRESSURE AND REMODELING OF THE HEART AND VESSELS IN PEOPLE WITH COVID-19

Olga R. Voznyuk
National University of Health Care of Ukraine named after P.L. Shupyk, Kyiv, Ukraine

ABSTRACT

Introduction. The relevance of the study is due to the significant prevalence of COVID-19 and its cardiovascular complications worldwide.
Aim. The aim of the work is to assess the features of the processes of heart and vascular remodeling in different types of daily blood pressure profile after a coronavirus infection.
Materials and methods. 100 people were examined in outpatient settings 1 month after COVID-19 (62 men and 38 women), aged 63.14 ± 2.24 years. All examined participants underwent Doppler echocardiography, ultrasound examination of the brachiocephalic arteries, and daily blood pressure monitoring. Methods of primary statistical analysis were used to evaluate the results of the study.
Results. Left ventricular hypertrophy and IMC were diagnosed in 75.0 and 52.0% of patients; in 31.0% – non-dipper daily BP profile, in 14.0% – night-peaker, in 46.0% – dipper, in 9.0% – over-dipper. With LV hypertrophy and its normal geometry, the non-dipper daily BP profile was determined in 33.3 and 24.0%, an increase in IMC – in 45.2 and 6.4% of the examined. In 31.2% of people with eccentric hypertrophy, in 30.7% with concentric hypertrophy, in 29.4% with concentric remodeling, a non-dipper BP profile was detected. With LV hypertrophy and without it, the night-peaker daily BP profile was determined in 14.6 and 12.0% of cases. In 15.6% of those examined after COVID-19 with eccentric hypertrophy, in 11.5% with concentric hypertrophy, in 11.7% with concentric remodeling, a night-peaker BP profile was detected.
Conclusions. The results obtained indicate a significant impact of COVID-19 on the processes of cardiovascular remodeling, indicate the need to include daily BP monitoring, Doppler echocardiography, and vascular ultrasound in the algorithm for diagnosing and treating people with COVID-19.

Keywords: Arterial hypertension, Blood pressure, COVID-19, Arterial stiffness, Hypertension-mediated organ damage

NTRODUCTION

If we consider SARS-CoV-2 infection as a systemic lesion of the human body, it becomes obvious that the virus affects not only the respiratory, but also the cardiovascular, nervous, excretory and lymphatic systems, which is manifested in significant damage to the entire body [1, 2].

Cicco S. et al., 2023, showed that the SARS-CoV-2 virus uses the leading element of the renin-angiotensin-aldosterone system (RAAS) – angiotensin-converting enzyme (ACE) to penetrate cells [3]. ACE2 is expressed on endothelial cells of the vessels of the heart, kidneys and lungs. The main element of the RAAS, angiotensin II, affects the cardiovascular system by activating AT1 receptors, which in turn stimulates the processes of vasoconstriction, inflammation and fibrosis. Under normal conditions, ACE2 plays a counter-regulatory role in the RAAS, forming anti-inflammatory, antioxidant and antifibrinolytic effects [4]. The SARS-CoV-2 virus reduces the expression of ACE2 on the cell surface, which significantly reduces the protective capabilities of the endothelium [5], leading to activation of the RAAS with endothelial damage [6, 7].

Mancia G. et al., in 2020 and 2025 [8, 9], showed that endothelial dysfunction and pathological remodeling of the heart and vessels are a common phenomenon in people with a previous coronavirus infection. Puntmann V. et al., 2022, indicated that symptoms of cardiovascular disease occur in 57% of patients with previous COVID-19, even if they were absent before infection. Researchers noted an increase in the right ventricular ejection fraction in patients [10].

Creative Commons «Attribution» 4.0

Chlabicz M. et al., 2023, found that coronavirus infection led to changes in cardiac remodeling [11]. Podrug M. et al., 2023, indicated changes in remodeling and arterial stiffness [12]. The increase in vascular stiffness due to SARS-CoV-2 infection persists for a significant period of time, i.e., vascular aging processes are enhanced with loss of compliance and changes in the characteristics of the vascular walls [13].

Angeli F. et al., 2024, and Marozzi M. et al., 2025, demonstrated in their studies that in coronavirus disease, a persistent and significant increase in blood pressure is observed, with changes in its daily profile and the need for combined antihypertensive therapy [14, 15]. However, the mechanisms of the relationship between blood pressure and the processes of cardiovascular system remodeling after COVID-19 remain insufficiently studied to this day.

AIM

The aim of the study is to assess the features of heart and vascular remodeling processes in patients with different types of daily blood pressure profiles after coronavirus infection.

MATERIALS AND METHODS

100 people with a history of COVID-19 (62 men and 38 women), aged 63.14 ± 2.24 years, were examined in outpatient settings. The inclusion criteria in the study were: patients with arterial hypertension aged 45-65 years who had laboratory-confirmed COVID-19 and consulted a family doctor for dispensary supervision and agreed to participate in the study. Exclusion criteria: no confirmed COVID-19 disease, age >65 years, or disagreement with participation in the study. The study protocol was drawn up in accordance with the Declaration of Helsinki and agreed with the Ethics Committee. Examination and treatment of patients were carried out in accordance with the "Protocol for providing medical care for the treatment of coronavirus disease (COVID-19)" [16].

Structural and functional changes in the myocardium and vessels, as well as features of the diurnal blood pressure profile, were assessed using Doppler echocardiography, ultrasound examination of the brachiocephalic arteries, and daily blood pressure monitoring.

To evaluate the results of the study, primary statistical methods were used [17]. The author used ChatGPT (OpenAI, San Francisco, CA, USA) for language editing of the English text. The author reviewed and verified all AI-generated content to ensure accuracy and integrity.

RESULTS

Confirming the data of our previous work [18], left ventricular (LV) hypertrophy was found in 75 examined subjects, and among them, concentric hypertrophy and remodeling were found in 34,6 and 22,7%, eccentric hypertrophy in 42,7% of individuals (Fig. 1 a and 1 b).

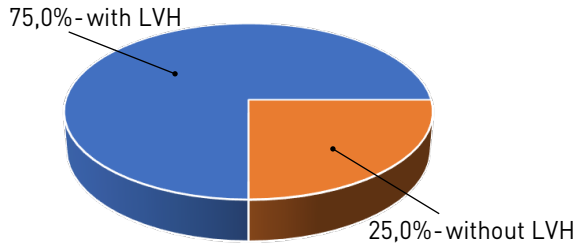


Fig. 1 a. Prevalence of hypertrophy left ventricle in individuals with Covid 19 survivor

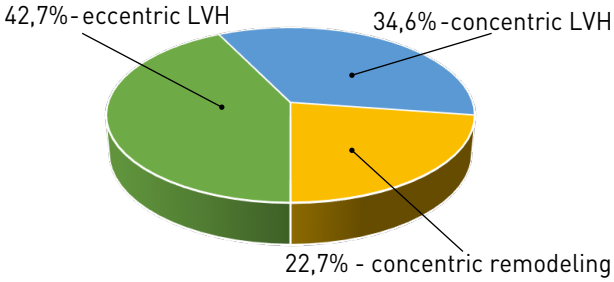


Fig. 1 b. Prevalence of different types left ventricular hypertrophy in individuals with Covid 19 survivor

Based on the normal circadian rhythm of blood pressure (BP), the types of daily BP curves were distinguished: dippers, non-dippers, night-peakers, over-dippers. In the examined individuals with and without LV hypertrophy, the non-dipper daily BP profile was found in 33,3 and 24,0%, night-peaker – in 14,6 and 12,0%, dipper – in 42,7 and 56,0%, over-dipper – in 9,4 and 8,0% of the examined individuals (Fig. 2).

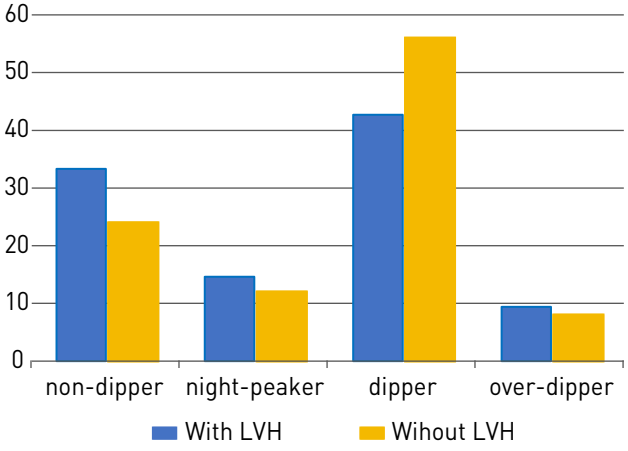


Fig. 2. Prevalence of different types of diurnal blood pressure profile

Diurnal blood pressure patterns were observed in patients with COVID-19 with different types of LV remodeling (Fig. 3).

Creative Commons «Attribution» 4.0

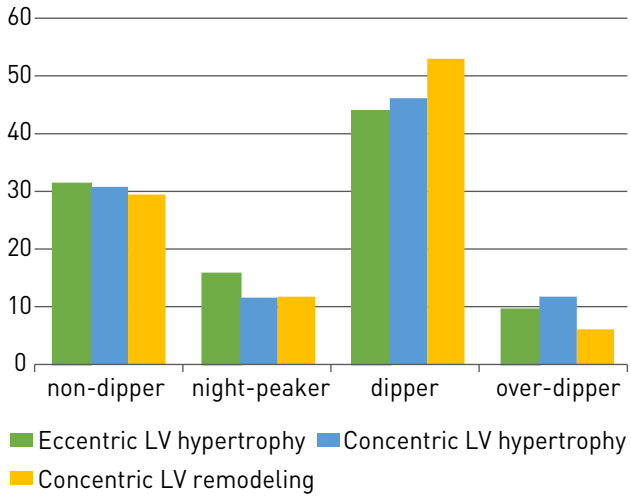


Fig. 3. Prevalence of blood pressure profiles in patients with COVID-19 and different types of LV remodelling

In individuals with concentric hypertrophy and remodeling, as well as with eccentric hypertrophy, the non-dipper diurnal BP profile occurred in 30.7%, 29.4%, and 31.2%; the night-peaker profile – in 11.5%, 11.7%, and 15.6%; the dipper profile – in 46.1%, 52.9%, and 43.8%; and the over-dipper profile – in 11.7%, 6.0%, and 9.4%, respectively.

Significant differences were observed when comparing daytime, night-time and diurnal blood pressure values in individuals with different blood pressure profiles (Table 1).

In individuals with a non-dipper BP profile, compared to the dipper subjects, daytime systolic blood pressure (SBP) significantly increased by 7.3% ($p<0.05$) and diastolic blood pressure hypertension time index (DBP HI) by 109.6% ($p<0.05$); nighttime systolic blood pressure (SBP HI) by 15.5% ($p<0.001$), diastolic blood pressure (DBP) by 16.6% ($p<0.001$), systolic blood pressure hypertension time index (SBP HI) by 180.5% ($p<0.001$), DBP HI more than 2 times; daily minimum systolic blood pressure (minSBP) decreased by 13.9% ($p<0.01$), mean systolic blood pressure (mean SBP) decreased by 8.4% ($p<0.01$), maximum systolic blood pressure (max SBP) decreased by 10.3% ($p<0.05$), minimum mean blood pressure (MinMBP) decreased by 18.2% ($p<0.001$), mean blood pressure (MBP) decreased by 15.4% ($p<0.01$), maximum mean blood pressure (MaxMBP) decreased by 6.2% ($p<0.05$), systolic hypertension area index (SBP HI) decreased by 66.6% ($p<0.001$) and diastolic hypertension area index (DBP HI) decreased by 50.9% ($p<0.001$) (Table 1).

Table 1. Features of diurnal blood pressure profiles of individuals with Covid-19

Daily blood pressure monitoring indicators		Diurnal blood pressure profile		
		dipper	non-dipper	night-peaker
Day time	SBP	124,7±2,5	133,8±4,2*	134,8±4,7*
	SBP HI	12,8±3,6	24,8±6,7	40,4±10,5**
	DBP HI	13,6±3,7	28,5±6,7*	37,8±11,2***
Night time	SBP	108,4±1,7	125,2±3,8***	141,2±5,8***
	DBP	67,6±1,3	78,8±2,2***	85,9±3,5***
	SBP HI	11,8±3,4	33,1±7,5***	47,1±11,3***
	DBP HI	11,1±3,5	35,3±7,4***	50,2±12,1***
	VSBP	8,8±0,6	10,4±0,7	13,8±1,7**
	VDBP	7,3±0,6	8,4±0,6	10,1±1,5*
Daily time	min SBP	87,4±1,8	99,6±3,4**	97,5±3,8*
	mean SBP	121,0±1,9	131,2±3,5**	134,3±3,6**
	max SBP	156,4±3,5	172,5±5,7*	174,1±6,7*
	MinMBP	62,8±1,5	74,2±3,1***	75,6±1,8***
	MBP	88,5±1,7	102,1±3,2**	96,5±2,7*
	MaxMBP	117,4±2,6	124,7±3,6*	123,2±5,2
	MinPBP	20,6±0,7	22,7±1,5	26,0±2,1*
	mPBP	41,3±1,4	44,5±2,1	52,1±2,9***
	MaxPBP	67,4±3,7	78,2±4,5	86,1±7,7*
	SBP HI	1,2±0,1	2,0±0,4***	1,6±1,1***
	DBP HI	33,0±3,0	16,2±1,9***	18,9±3,4***

Note: * – $p<0.05$, ** – $p<0.01$, *** – $p<0.001$

Compared with the dipper subjects, in individuals with the night-peaker BP profile, daytime SBP increased statistically significantly by 8.1% ($p<0.05$), hypertension time index SBP HI and DBP HI by 215.6% ($p<0.01$) and 177.9% ($p<0.001$); night-time SBP by 30.3% ($p<0.001$), DBP by 27.1% ($p<0.001$), SBP HI and DBP HI by both almost 3 times, variabilities of SBP (VSBP) and DBP (VDBP) by 56.8% ($p<0.01$) and 38.4% ($p<0.05$); daily minimum mean blood pressure (MinMBP) – by 11.6% ($p<0.01$), daily mean blood pressure (MBP) – by 10.9% ($p<0.01$), maximal mean blood pressure (MaxMBP) – by 20.4% ($p<0.001$), SBP – by 9.1% ($p<0.05$), max SBP – by 11.3% ($p<0.05$), minimum pulse BP (MinPBP) – by 2.6% ($p<0.05$), mean pulse BP (mPBP) – by 26.1% ($p<0.001$), maximum pulse BP (MaxPBP) – by 27.7% ($p<0.05$), SBP HI – by 33.3% ($p<0.001$) and DBP HI decreased – by 42.7% ($p<0.001$) (Table 1).

Significant differences were observed when comparing cardiac remodeling processes in individuals with COVID-19 and different BP profiles (Table 2).

In patients with a non-dipper BP profile, compared with individuals with a dipper, left atrial size increased by 6.3%, left atrial index – by 6.3%, left atrial area – by 3.3%, left atrial area index – by 5.1%, LV end-diastolic size – by 4.3%, LV end-diastolic size index – by 4.2%, LV end-systolic size – by 14.3%, LV end-diastolic volume – by 8.4%, LV end-diastolic volume index – by 9.1%, LV end-systolic volume – by 13.5%, LV posterior wall myocardial thickness – by 11.1%, relative thickness of posterior wall of LV – by 25.0%, LV myocardial mass – by 10.1%, myocardial mass index – by 13.1%, right atrial area – by 5.6%, right atrial area index – by 1.6%, LV end-diastolic volume index – by 1.2%, and the LV ejection fraction decreased – by 2.6%, but all these features were not statistically significant (Table 2).

Compared with the dipper subjects, in subjects with the night-peaker BP profile, the left atrial area index significantly increased by 19.9% ($p<0.05$) and not statistically significantly: aortic root diameter – by 3.2%, left atrial size – by 3.1%, left atrial area – by 9.2%, left atrial index – by 6.3%, LV end-diastolic size – by 2.1%, LV end-diastolic size index – by 8.3%, LV end-systolic size – by 3.6%, LV end-diastolic volume – by 1.4%, LV end-diastolic volume index – by 10.1%, LV ejection fraction – by 2.9%, LV posterior wall myocardial thickness – by 22.2%, relative thickness of posterior wall of LV – by

Table 2. Features of the structural and functional state of the heart in people with Covid-19 depending on the daily blood pressure profile

Indicators	Diurnal blood pressure profile		
	dipper	non-dipper	night-peaker
Aortic root diameter	3,1±0,1	3,1±0,1	3,2±0,1
LA atrial size	3,2±0,1	3,4±0,1	3,3±0,1
LA atrial index	1,6±0,1	1,7±0,1	1,7±0,1
LA atrial area	15,3±0,8	15,8±0,6	16,7±1,3
LA atrial area index	7,8±0,3	8,2±0,2	9,3±0,9*
LV end-diastolic size	4,7±0,07	4,9±0,1	4,8±0,3
LV end-diastolic size index	2,4±0,1	2,5±0,1	2,6±0,1
LV end-systolic size	2,8±0,1	3,2±0,2	2,9±0,1
LV end-diastolic volume	99,7±3,6	108,1±4,6	101,1±7,6
LV end-diastolic volume index	50,6±1,8	55,2±1,8	55,7±4,7
LV end-systolic volume	33,3±1,7	37,8±2,5	32,8±3,2
LV ejection fraction	69,0±0,8	68,1±1,3	71,0±6,3
LV posterior wall myocardial thickness	0,9±0,1	1,0±0,2	1,1±0,1
Relative thickness of posterior wall of LV	0,4±0,1	0,5±0,1	0,5±0,1
Interventricular septal thickness	1,2±0,1	1,2±0,1	1,3±0,1
LV myocardial mass	213,5±12,6	235,0±14,1	259,7±28,3
Myocardial mass index	106,2±5,5	120,1±4,3	128,6±10,2
Right atrial area	12,5±0,7	13,2±0,6	12,7±0,5
Right atrial area index	6,6±0,3	7,0±0,2	7,2±0,2

Note. * – $p<0.05$

Creative Commons «Attribution» 4.0

25.0%, interventricular septal thickness – by 8.3%, LV myocardial mass – by 21.6%, myocardial mass index – by 20.9%, right atrial area – by 1.6%, right atrial area index – by 9.1%, and LV end-systolic volume decreased by 1.5% (Table 2).

Features of diurnal blood pressure profiles in individuals who have had COVID-19 are associated with both different types of left ventricular remodeling and thickening of the intima-media complex (IMC) of extracranial vessels [18].

Intima-media complex thickening (>0.9 mm) was observed in 52.0% of individuals with COVID-19, while it was not present in 48.0%; among individuals with and without LV hypertrophy – in 57.3 and 36.0%; in those examined with a non-dipper diurnal blood pressure profile – 45.2 and 6.4%, night-peaker – 50.0 and 7.1%, dipper – 39.1 and 10.9%, over-dipper – 44.4 and 11.1%, respectively.

Depending on the daily blood pressure profile of the subjects, the structural and functional state of their extracranial vessels is presented (Table 3).

When comparing individuals with a non-dipper BP profile with individuals with a dipper BP profile, the maximum blood flow velocity of the common carotid artery (RCCA) increased by 0.5%, and the diameters of the left common carotid artery (LCCA) increased by 16.6% and the left vertebral artery (D LHA) by 33.3%, and the maximum blood flow velocity of the left common carotid artery (LCCA) decreased by 2.5%, maximum blood flow velocities of the right internal carotid artery (RICA) by 3.8%, the right internal vertebral artery (RVA) by 8.8%, the left internal vertebral artery (RVA) by 7.7%, and the intima-media complex by 11.1%, but these changes were not statistically significant.

Compared with the dipper subjects, in individuals with the night-peaker BP profile, the diameters of the RCCA increased by 14.3%, the LCCA by 16.6%, the LVA by 33.3%, the intima-media complex by 11.1%, and the maximum blood flow velocities of the RCCA decreased by 7.4%, the LCCA by 11.1%, the RICA by 11.9%, the RVA by 10.8%, the LVA by 7.0%, and the LICA resistance index by 14.2%, but these changes were also not significant.

Significant changes were observed only with a decrease in the maximum blood flow velocity of the left internal carotid artery (LICA) – by 3.3% ($p<0.05$) in non-dippers and by 14.2% ($p<0.05$) in night-peakers, and an increase in the diameter of the RICA by 20.0% ($p<0.05$) in night-peakers.

Table 3. Features of the structural and functional state of extracranial vessels in people with Covid-19 depending on the daily blood pressure profile

Structural and functional state of extracranial vessels	Diurnal blood pressure profile		
	dipper	non-dipper	night-peaker
Diameter of the RCCA	0,7±0,01	0,7±0,2	0,8±0,1
Maximum blood flow velocity of the RCCA	86,1±2,6	86,5±2,7	79,7±4,5
RCCA resistance index	0,7±0,01	0,7±0,01	0,7±0,02
Diameter of the LCCA	0,6±0,01	0,7±0,03	0,7±0,01
Maximum blood flow velocity of the LCCA	87,5±2,3	85,3±3,2	77,8±3,4
LCCA resistance index	0,7±0,01	0,7±0,01	0,7±0,01
Diameter of the RICA	0,5±0,1	0,5±0,01	0,6±0,02*
Maximum blood flow velocity of the RICA	73,4±2,7	70,6±1,7	64,7 ±3,4
RICA resistance index	0,7±0,01	0,7±0,01	0,7±0,03
Diameter of the LICA	0,5±0,01	0,5±0,02	0,5±0,01
Maximum blood flow velocity of the LICA	75,2±2,22	72,7±1,8*	64,5±3,1*
LICA resistance index	0,7±0,01	0,7±0,02	0,6±0,03
Diameter of the RVA	0,3±0,01	0,3±0,01	0,3±0,01
Maximum blood flow velocity of the RVA	46,5±1,8	42,4±1,7	41,5±2,2
RVA resistance index	0,7±0,01	0,7±0,01	0,7±0,01
Diameter of the LVA	0,3±0,01	0,4±0,01	0,4±0,01
Maximum blood flow velocity of the LVA	45,3±1,4	41,8±2,0	42,1±3,2
LVA resistance index	0,7±0,01	0,7±0,01	0,7±0,01
Intimate media complex	0,9±0,01	0,8±0,01	0,10±0,01

Note. * – $p<0.05$

DISCUSSION

A significant increase in cardiovascular disease has been noted among COVID-19 survivors, including those who did not require hospitalization [19]. Huseynov A. et al., 2023, indicated that on average 30% of patients who have recovered from COVID-19 experience persistent cardiopulmonary symptoms (including shortness of breath, palpitations, decreased physical performance, and cardiac arrhythmias) that persist for weeks or even months after acute SARS-CoV-2 infection [20]. Bielecka E. et al., 2024 [21], showed that during coronavirus disease, there is activation of the sympathetic and inhibition of the parasympathetic nervous system, and as a result, blood pressure and heart rate increase [22]. However, the etiopathogenetic relationships of neurotropic effects with the autonomic and immune systems, or with the blood coagulation, anticoagulant, and fibrinolytic systems remain poorly understood [23]. Of particular note are the studies by Hultström M. et al., 2020, which indicate the presence of hyperreninemia, hyperchloemia, and hypernatremia with cardiac volume overload in individuals who have had severe COVID-19 [24], and Saeed S. et al., 2021, which confirm the possibility of hypertension in those who did not previously have it, and blood pressure dysregulation in previously controlled hypertension [25].

In the work of Bielecka E. et al., 2024, [21] it was shown that in patients with DMAT, the average daily, daytime and nighttime BP, and DBP were significantly increased compared to the pre-pandemic group; the prevalence of persistent uncontrolled hypertension was also significantly higher.

According to the results of our studies, among patients with COVID-19, LV hypertrophy was detected in 75.0% of those examined, and among them, concentric hypertrophy and remodeling were found in 34.6 and 22.7%, respectively, eccentric hypertrophy – in 42.7%; among individuals with and without LV hypertrophy, the non-dipper daily BP profile was found in 33.3 and 24.0%, night-peaker – in 14.6 and 12.0%, dipper – in 42.7 and 56.0%, over-dipper – in 9.4 and 8.0% of the examined. In individuals with concentric hypertrophy and remodeling, as well as with eccentric hypertrophy, the non-dipper daily BP profile was found in 30.7, 29.4, and 31.2%; night-peaker – in 11.5, 11.7, and 15.6%; dipper – in 46.1, 52.9, and 43.8%; over-dipper – in 11.7, 6.0, and 9.4%, respectively.

Our results are confirmed by a number of previously conducted studies. In the work of Brown J. et al., 2024, it was shown that in patients with COVID-19, the LV ejection fraction at rest significantly changed compared to healthy individuals [26]; Rohun J. et al., 2024, described that heart failure after coronavirus disease should be considered as a manifestation of impaired function of the left and right ventricles, as well as their diastolic dysfunction [27]; Kapusta J. et al., 2023, showed that cardiac arrhythmias (atrial fibrillation, ventricular and supraventricular extrasystoles) are independent predictors of myocardial dysfunction after coronavirus disease [28]. Ingul C. et al., 2022, indicated that three months after COVID-19, diastolic dysfunction occurs three times more often than without it, and premature ventricular contractions were observed in 20% of those examined [29]. Wang W. et al., 2022, noted a significantly higher risk of ischemic heart disease, myocarditis, and heart failure among patients with COVID-19 [30].

Diurnal features of blood pressure in patients with COVID-19 correlate with various factors of cardiac and vascular remodelling. In this study, an increase in the intima-media complex (>0,9 mm) was observed in more than half of the subjects; among subjects with and without LV hypertrophy, in 57,3 and 36,0%; in subjects with a non-dipper daily blood pressure profile, in 45,2 and 6,4%, night-peaker, in 50,0 and 7,1%, dipper, in 39,1 and 10,9%, and over-dipper, in 44,4 and 11,1%, respectively. Our results indicate the need for long-term extended monitoring of cardiovascular complications in patients with COVID-19.

CONCLUSIONS

1. In people with COVID-19, the features of the circadian rhythm of blood pressure were determined: the non-dipper daily blood pressure profile was found in 31,0%, night-peaker – in 14,0%, dipper – in 46,0%, over-dipper – in 9,0%; changes in cardiac and vascular remodelling – in 75,0 and 52,0% of the examined, respectively.

2. The non-dipper daily blood pressure profile was determined in 33,3 and 24,0%, thickening of the intima-media complex – in 45,2 and 6,4% of people with hypertrophy and normal geometry of the left ventricle. In eccentric hypertrophy – in 31,2%, in concentric hypertrophy – in 30,7%, in concentric remodelling – in 29,4% of people with COVID-19, the non-dipper BP profile was determined. In such patients, compared with the examined dipper, daytime SBP significantly increased by 7,3% and the DBP HI – by 109,6%; nighttime SBP –,by 15,5%, DBP – by 16,6%, SBP HI – by 180,5%, DBP HI – by more than 2 times; daily min SBP – by 13,9%, ser SBP – by 8,4%, max SBP – by 10,3%, min MBP – by 18,2%, MBP – by 15,4%, max MBP – by 6,2%, SBP HI – by 66,6% and DBP HI decreased – by 50,9%. There were no

 Creative Commons «Attribution» 4.0

significant structural and functional changes in the heart in those examined with the non-dipper profile, and in the vessels – the maximum blood flow velocity of the LICA increased – by 3,3%.

3. The night-peaker BP profile was detected in 14,6 and 12,0% of individuals with and without left ventricular hypertrophy. With eccentric hypertrophy – in 15,6%, with concentric hypertrophy – in 11,5%, with concentric remodeling – in 11,7% of individuals with COVID-19, the night-peaker BP profile was determined. Compared with the dipper subjects examined, in individuals with the night-peaker BP profile, daytime SBP significantly increased by 8,1%, SBP HI and DBP HI – by 215,6% and 177,9%; nighttime SBP – by 30,3%, DBP – by 27,1%, SBP HI and DBP HI – both almost 3 times, VSBP and VDBP – by 56,8% and 38,4%; daily min SBP – by 11,6%, mean SBP – by 10,9%, max SBP – by 11,3%, min MBP – by 20,4%, MBP – by 9,1%, Min PBP – by 2,6%, mPBP – by 26,1%, Max PBP – by 27,7%, SBP HI – by 33,3% and decreased DBP HI – by 42,7%. Compared with the dipper subjects, in individuals with a night-peaker BP profile, the LV atrial area index significantly increased by 19,9%, the diameter of the RICA by 20,0%, and the maximum blood flow velocity of the LICA decreased by 14,2%.

4. Our results indicate the need to introduce 24-hour BP monitoring, doppler echocardiography and ultrasound of the brachiocephalic arteries into the diagnostic algorithm for individuals with COVID-19, and to implement an assessment of their dynamics in the treatment of this pathology.

Article Declarations

Prospects for further research. Further research will be aimed at developing an algorithm for the diagnosis and treatment of coagulopathy in people who have had coronavirus disease. The results of the study were obtained by the authors during the research work of the Department of Family Medicine of Shupyk National University of Health of Ukraine on the topic «Development and Justification of Programs for the Prevention and Treatment of Patients With Comorbid Pathology of Organs and Systems» (state registration number 0122U-002416; term: 2022-2026).

Study limitations. The authors of the manuscript consciously acknowledge that the limitations of this review are due to both the previously outlined framework of topics, time periods and types of studies, and the availability of sources. The search strategy covered PubMed (https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/).

Primary data and materials. The author of the manuscript consciously certifies that primary medical documentation (medical histories, outpatient cards, examination protocols, results of laboratory and instrumental examinations of specific patients) and statistical databases were not used in the work.

Research ethics. The researchers followed all protocols and procedures prescribed by the Biomedical Research Ethics Committee, as well as the requirements of Ukrainian health legislation and the provisions of the Declaration of Helsinki (2000). The results of the study were obtained by the authors during the research work of the Department of Family Medicine of Shupyk National University of Health of Ukraine on the topic «Development and Justification of Programs for the Prevention and Treatment of Patients With Comorbid Pathology of Organs and Systems» (state registration number 0122U-002416; term: 2022-2026).

Declaration of AI use. The author used ChatGPT (OpenAI, San Francisco, CA, USA) for language editing of the English text. The author reviewed and verified all AI-generated content to ensure accuracy and integrity.

Funding. This study did not receive external funding.

Conflict of interest. The author declares that there is no conflict of interest related to the preparation, conduct, and publication of this study. The author has no financial, commercial, or other personal relationships that could influence the interpretation of the results. The study was conducted in accordance with the principles of academic integrity and objectivity. The author independently reviewed the final version of the manuscript.

Acknowledgements. We express our sincere gratitude to all those who provided assistance in the process of conducting the research and preparing the manuscript, in particular:

Vasylyshyn Maria Ivanivna, intercessor of the director of medical nutrition of the Municipal non-profit enterprise "Primary Health Care Center No. 3" Svyatoshinsky district of Kiev, doctor of private practice - family doctor;

Kushnerik Olena Valeriivna, intercessor of the director of organizational and methodological work of the Municipal non-profit enterprise "Center of Primary Health Care No. 3" Svyatoshinsky district of Kiev, doctor of private family practice doctor;

Pugach Irina Georgiyivna, head of AZPSM No. 4 of the Municipal non-profit enterprise "Primary Health Care Center No. 3" Svyatoshinsky district of Kiev, doctor of a private practice - family doctor;

Sabadir Olzy Anatoliyivny, head of AZPSM No. 2 of the Municipal non-profit enterprise "Primary Health Care Center No. 3" Svyatoshinsky district of Kiev, doctor of a private practice - family doctor.

Author Contributions (CRediT taxonomy)

*Voznyuk R. Olga A,B,C,D,E,F ORCID: 0009-0001-4995-8581

***Corresponding author:** olga2019vozniuk@ukr.net

REFERENCES

1. Mokhtari T, Hassani F, Ghaffari N, Ebrahimi B, Yarahmadi A, Hassanzadeh G. COVID-19 and multiorgan failure: A narrative review on potential mechanisms. J Mol Histol. 2020 Dec;51(6):613-628. https://doi.org/10.1007/s10735-020-09915-3.
2. Babicki M, Kapusta J, Kołat D, Kałuzińska-Kołat Ż, Mastalerz-Migas A, Jankowski P, Chudzik M. Cardiac symptoms in patients 3-6 months after contracting COVID-19- data from the polish STOP-COVID registry. BMC Infect Dis. 2025 Apr 9;25(1):489. https://doi.org/10.1186/s12879-025-10774-0.
3. Cicco S, Vacca A, Albanese F, Susca N, Desantis V, Magistro A, Cazzato G, Cicco G, Sablone S, Cariddi C, Marozzi MS, Catena C, Brosolo G, Marcante S, Ingravallo G, Dalfino L, Lauletta G, Pappagallo F, Solimando AG, Grasso S, Maiorano E, Introna F, Sechi LA, Ria R. Immune disturbance leads to pulmonary embolism in COVID-19 more than classical risk factors: a clinical and histological study. Intern Emerg Med. 2023 Oct;18(7):1981-1993. https://doi.org/10.1007/s11739-023-03383-9.
4. Xue Y, Sun S, Cai J, Zeng L, Wang S, Wang S, Li J, Sun L, Huo J. Effects of ACEI and ARB on COVID-19 patients: A meta-analysis. J Renin Angiotensin Aldosterone Syst. 2020 Oct-Dec;21(4):1470320320981321. https://doi.org/10.1177/1470320320981321.
5. Cicco S, Vacca A, Cittadini A, Marra AM. Long-Term Follow-Up May be Useful in Coronavirus Disease 2019 Survivors to Prevent Chronic Complications. Infect Chemother. 2020 Sep;52(3):407-409. https://doi.org/10.3947/ic.2020.52.3.407.
6. Mokhtari T, Hassani F, Ghaffari N, Ebrahimi B, Yarahmadi A, Hassanzadeh G. COVID-19 and multiorgan failure: A narrative review on potential mechanisms. J Mol Histol. 2020 Dec;51(6):613-628. https://doi.org/10.1007/s10735-020-09915-3.
7. Mancuso P, Gidaro A, Gregato G, Raveane A, Cremonesi P, Quarna J, Caccia S, Gusso L, Rusconi S, Giacomelli A, Cogliati C, Bertolini F. Circulating endothelial progenitors are increased in COVID-19 patients and correlate with SARS-CoV-2 RNA in severe cases. J Thromb Haemost. 2020 Oct;18(10):2744-2750. https://doi.org/10.1111/jth.15044.
8. Mancia G, Rea F, Ludergnani M, Apolone G, Corrao G. Renin-Angiotensin-Aldosterone System Blockers and the Risk of Covid-19. N Engl J Med. 2020 Jun 18;382(25):2431-2440. https://doi.org/10.1056/NEJMoa2006923.
9. Mancia G, Kreutz R, Brunström M, Burnier M, Grassi G, Januszewicz A, Muiesan ML, Tsioufis K, Agabiti-Rosei E, Algharably EAE, Azizi M, Benetos A, Borghi C, Hitij JB, Cifkova R, Coca A, Cornelissen V, Cruickshank JK, Cunha PG, Danser AHJ, Pinho RM, Delles C, Dominiczak AF, Dorobantu M, Doumas M, Fernández-Alfonso MS, Halimi JM, Járai Z, Jelaković B, Jordan J, Kuznetsova T, Laurent S, Lovic D, Lurbe E, Mahfoud F, Manolis A, Miglinas M, Narkiewicz K, Niiranen T, Palatini P, Parati G, Pathak A, Persu A, Polonia J, Redon J, Sarafidis P, Schmieder R, Spronck B, Stabouli S, Stergiou G, Taddei S, Thomopoulos C, Tomaszewski M, Van de Borne P, Wanner C, Weber T, Williams B, Zhang ZY, Kjeldsen SE. 2023 ESH Guidelines for the management of arterial hypertension The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension: Endorsed by the International Society of Hypertension (ISH) and the European Renal Association (ERA). J Hypertens. 2023 Dec 1;41(12):1874-2071. doi: 10.1097/HJH.0000000000003480. Epub 2023 Sep 26. Erratum in: J Hypertens. 2024 Jan 1;42(1):194. https://doi.org/10.1097/HJH.0000000000003621.
10. Puntmann VO, Martin S, Shchendrygina A, Hoffmann J, Ka MM, Giokoglu E, Vanchin B, Holm N, Karyou A, Laux GS, Arendt C, De Leuw P, Zacharowski K, Khodamoradi Y, Vehreschild MJGT, Rohde G, Zeiher AM, Vogl TJ, Schwenke C, Nagel E. Long-term cardiac pathology in individuals with mild initial COVID-19 illness. Nat Med. 2022 Oct;28(10):2117-2123. https://doi.org/10.1038/s41591-022-02000-0.
11. Chlabicz M, Dubatowka M, Jamiolkowski J et al. Enlarged dimensions of cardiac chambers and the root of the aorta as a significant cardiovascular impact of pandemic COVID-19: a population-based study. Eur J Prev Cardiol. 2023, 30(Supplement_1). https://d-nb.info/1369271336/34.
12. Podrug M, Koren P, Dražić Maras E, Podrug J, Čulić V, Perissiou M, Bruno RM, Mudnić I, Boban M, Jerončić A. Long-Term Adverse Effects of Mild COVID-19 Disease on Arterial Stiffness, and Systemic and Central Hemodynamics: A Pre-Post Study. J Clin Med. 2023 Mar 8;12(6):2123. https://doi.org/10.3390/jcm12062123.
13. Williams B, Mancia G, Spiering W, Agabiti Rosei E, Azizi M, Burnier M, Clement DL, Coca A, de Simone G, Dominiczak A, Kahan T, Mahfoud F, Redon J, Ruilope L, Zanchetti A, Kerins M, Kjeldsen SE, Kreutz R, Laurent S, Lip GYH, McManus R, Narkiewicz K, Ruschitzka F, Schmieder RE, Shlyakhto E, Tsioufis C, Aboyans V, Desormais I; ESC Scientific Document Group. 2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension. Eur Heart J. 2018 Sep 1;39(33):3021-3104. doi: 10.1093/eurheartj/ehy339. Erratum in: Eur Heart J. 2019 Feb 1;40(5):475. https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy686.
14. Angeli F, Zappa M, Verdecchia P. Global burden of new-onset hypertension associated with severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 infection. Eur J Intern Med. 2024 Jan;119:31-33. https://doi.org/10.1016/j.ejim.2023.10.016.

 Creative Commons «Attribution» 4.0

15. Marozzi MS, Fucile I, Panettieri I, Pagani M, Curcio R, Corvasce F, Falcone GS, Mancusi C, Izzo R, Vacca A, Cicco S. COVID-19 induces greater difficulty in blood pressure control due to increased arterial stiffness. Intern Emerg Med. 2025 Nov;20(8):2421-2432. https://doi.org/10.1007/s11739-025-04138-4.
16. Poryadok «Protokol nadannya medychnoyi dopomohy dlya likuvannya koronavirusnoyi khvoroby (COVID-19)» https://www.dec.gov.ua/wp-content/uploads/2022/02/2020_762_nakaz_covid19.pdf.
17. Babak V, Biletskiy A, Pristavka O, Pristavka P. Statistychna obrobka danix. 2001; 387.
18. Вознюк О. Особливості ремоделювання серця та судин у пацієнтів, які перенесли коронавірусну хворобу. USMYJ [Інтернет]. 22 грудня 2025 р. [цитовано 19 березня 2026 р.];158(4):51-4. Доступно за посиланням: https://mmj.nmuofficial.com/index.php/journal/article/view/599
19. Xie Y, Xu E, Bowe B, Al-Aly Z. Long-term cardiovascular outcomes of COVID-19. Nat Med. 2022 Mar;28(3):583-590. doi: 10.1038/s41591-022-01689-3.
20. Huseynov A, Akin I, Duerschmied D, Scharf RE. Cardiac Arrhythmias in Post-COVID Syndrome: Prevalence, Pathology, Diagnosis, and Treatment. Viruses. 2023 Jan 29;15(2):389. https://doi.org/10.3390/v15020389.
21. Bielecka E, Sielatycki P, Pietraszko P, Zapora-Kurel A, Zbroch E. Elevated Arterial Blood Pressure as a Delayed Complication Following COVID-19-A Narrative Review. Int J Mol Sci. 2024 Feb 2;25(3):1837. https://doi.org/10.3390/ijms25031837.
22. Marques KC, Silva CC, Trindade SDS, Santos MCS, Rocha RSB, Vasconcelos PFDC, Quaresma JAS, Falcão LFM. Reduction of Cardiac Autonomic Modulation and Increased Sympathetic Activity by Heart Rate Variability in Patients With Long COVID. Front Cardiovasc Med. 2022 Apr 29;9:862001. https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.862001.
23. Dani M, Dirksen A, Taraborrelli P, Torocastro M, Panagopoulos D, Sutton R, Lim PB. Autonomic dysfunction in 'long COVID': rationale, physiology and management strategies. Clin Med (Lond). 2021 Jan;21(1):e63-e67. https://doi.org/10.7861/clinmed.2020-089.
24. Hultström M, von Seth M, Frithiof R. Hyperreninemia and low total body water may contribute to acute kidney injury in COVID-19 patients in intensive care. J Hypertens. 2020 Aug;38(8):1613-1614. https://doi.org/10.1097/HJH.0000000000002531.
25. Saeed S, Tadic M, Larsen TH, Grassi G, Mancia G. Coronavirus disease 2019 and cardiovascular complications: focused clinical review. J Hypertens. 2021 Jul 1;39(7):1282-1292. https://doi.org/10.1097/HJH.0000000000002819.
26. Brown JT, Saigal A, Karia N, Patel RK, Razvi Y, Constantinou N, Steeden JA, Mandal S, Kotecha T, Fontana M, Goldring J, Muthurangu V, Knight DS. Ongoing Exercise Intolerance Following COVID-19: A Magnetic Resonance-Augmented Cardiopulmonary Exercise Test Study. J Am Heart Assoc. 2022 May 3;11(9):e024207. https://doi.org/10.1161/JAHA.121.024207.
27. Rohun J, Dorniak K, Faran A, Kochańska A, Zacharek D, Daniłowicz-Szymanowicz L. Long COVID-19 Myocarditis and Various Heart Failure Presentations: A Case Series. J Cardiovasc Dev Dis. 2022 Nov 30;9(12):427. https://doi.org/10.3390/jcdd9120427.
28. Kapusta J, Babicki M, Pieniawska-Śmiech K, Kałuzińska-Kołat Ż, Kołat D, Jankowski P, Kasprzak JD, Wejner-Mik P, Bianek-Bodzak A, Chudzik M. Clinical and electrocardiographic correlates of myocardial dysfunction after COVID-19 in nonhospitalised patients in long-term follow-up. Data from the polish long-covid cardiovascular study. J Med Virol. 2023 Dec;95(12):e29331. https://doi.org/10.1002/jmv.29331.
29. Ingul CB, Grimsmo J, Mecinaj A, Trebinjac D, Berger Nossen M, Andrup S, Grenne B, Dalen H, Einvik G, Stavem K, Follestad T, Josefsen T, Omland T, Jensen T. Cardiac Dysfunction and Arrhythmias 3 Months After Hospitalization for COVID-19. J Am Heart Assoc. 2022 Feb;11(3):e023473. https://doi.org/10.1161/JAHA.121.023473.
30. Wang W, Wang CY, Wang SI, Wei JC. Long-term cardiovascular outcomes in COVID-19 survivors among non-vaccinated population: A retrospective cohort study from the TriNetX US collaborative networks. EClinicalMedicine. 2022 Nov;53:101619. doi: 10.1016/j.eclinm.2022.101619. Epub 2022 Aug 11. Erratum in: EClinicalMedicine. 2023 May;59:101968. https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2023.101968.

ОСОБЛИВОСТІ ДОБОВОГО ПРОФІЛЮ АРТЕРІАЛЬНОГО ТИСКУ ТА РЕМОДЕЛЮВАННЯ СЕРЦЯ ТА СУДИН У ЛЮДЕЙ З COVID-19

Ольга Р. Вознюк

Національний університет охорони здоров'я України імені П.Л. Шупика, Київ, Україна

РЕЗЮМЕ

Вступ. Актуальність дослідження обумовлена значною поширеністю COVID-19 та його серцево-судинних ускладнень в усьому світі.

Мета. Мета роботи – оцінити особливості процесів ремоделювання серця і судин при різних типах добового профілю артеріального тиску після перенесеної коронавірусної інфекції.

Матеріали та методи. В амбулаторних умовах обстежено 100 осіб через 1 місяць після перенесеного COVID-19 (62 чоловіки і 38 жінок), віком 63,14 ± 2,24 року. Усім обстеженим проводили доплерехокардіографію, ультразвукове дослідження брахіоцефальних артерій, добове моніторування артеріального тиску. Для оцінювання результатів дослідження використовували методи первинного статистичного аналізу.
Результати. Гіпертрофії лівого шлуночка та КІМ діагностовано у 75,0 і 52,0% пацієнтів; у 31,0% – добовий профіль АТ non-dipper, у 14,0% – night-peaker, у 46,0% – dipper, у 9,0% – over-dipper. При гіпертрофії ЛШ та його нормальній геометрії добовий профіль АТ non-dipper визначався у 33,3 і 24,0%, збільшення КІМ – у 45,2 та 6,4% обстежених. У 31,2% осіб з ексцентричною гіпертрофією, у 30,7% – з концентричною гіпертрофією, у 29,4% – з концентричним ремоделюванням виявлено профіль АТ non-dipper. При гіпертрофії ЛШ та без неї добовий профіль АТ night-peaker визначався в 14,6 і 12,0% випадків. У 15,6% обстежених після перенесеного COVID-19 з ексцентричною гіпертрофією, у 11,5% – з концентричною гіпертрофією, у 11,7% – з концентричним ремоделюванням виявлено профіль АТ night-peaker.
Висновки. Отримані результати свідчать про наявність значного впливу COVID-19 на процеси серцево-судинного ремоделювання, вказують на необхідність включення добового моніторування АТ, допплерехокардіографії та ультразвукового дослідження судин в алгоритм діагностики та лікування осіб з перенесеним COVID-19.

Ключові слова: Артеріальна гіпертензія, Кров'яний тиск, COVID-19, Артеріальна жорсткість, Ураження органів, спричинене гіпертензією

Received: May 26, 2026
Accepted: August 22, 2026
Published online: September 16, 2026

 Creative Commons «Attribution» 4.0

УДК: 614.777:556.3/.5:632.95]-047.36
DOI: https://doi.org/10.32345/USMYJ.3(164).2026.51-58

ОБҐРУНТУВАННЯ КРИТЕРІЇВ РИЗИК-ОРІЄНТОВАНОГО МОНІТОРИНГУ ПЕСТИЦИДІВ У ПОВЕРХНЕВИХ ТА ПІДЗЕМНИХ ВОДАХ

Дар'я С. Стахова[1], Ольга С. Білоус[1], Tomasz Bochenek[2], Анатолій М. Гринзовський[1]

1 – Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, м. Київ, Україна
2 – Інститут громадського здоров'я, Ягеллонський університет, м. Краків, Польща

РЕЗЮМЕ

Вступ. Забруднення поверхневих і підземних вод пестицидами залишається однією з актуальних екологічних та медико-санітарних проблем у регіонах з інтенсивним сільськогосподарським виробництвом, оскільки міграція засобів захисту рослин у водне середовище створює ризики для здоров'я населення, погіршує якість питної води та негативно впливає на водні екосистеми.

Мета. Метою дослідження є наукове обґрунтування та розроблення ризик-орієнтованого підходу до пріоритезації моніторингу пестицидів у водних об'єктах на основі комплексної оцінки їх екотоксикологічних характеристик, фізико-хімічних властивостей та гігієнічних показників безпеки.

Матеріали та методи. Інформаційну основу становили публікації з баз даних Scopus і Web of Science, нормативно-правові документи України та результати їх системного, порівняльного й бібліосемантичного аналізу. У роботі використано результати натурних досліджень, дані щодо фізико-хімічних властивостей, токсикологічних характеристик та еколого-гігієнічних показників діючих речовин пестицидів. При оцінці враховували показники стійкості речовин у навколишньому середовищі, здатність до міграції у водне середовище, клас небезпечності, допустиму добову дозу та потенційний вплив на здоров'я населення. Для інтегральної оцінки застосовано бальний підхід, що дозволив ранжувати досліджувані речовини за ступенем небезпеки та визначити доцільність проведення моніторингових досліджень.

Результати. За результатами проведеної комплексної оцінки встановлено, що найбільший ризик забруднення водних об'єктів та потенційного негативного впливу на здоров'я населення становлять фунгіциди дифеноконазол, азоксистробін, пенконазол, флуксапіроксад і металаксил-М, гербіциди S-метолахлор та гліфосат, а також інсектицид абаметин. Саме ці діючі речовини рекомендовано включити до категорії пріоритетних об'єктів обов'язкового моніторингу у воді.

Висновки. Запропонований підхід дозволяє оптимізувати систему моніторингу, підвищити ефективність управління ризиками для здоров'я населення і довкілля та раціонально розподіляти ресурси лабораторного контролю. Отримані результати формують підґрунтя для гармонізації національної системи екологічної безпеки з європейськими стандартами та вдосконалення превентивних заходів.

Ключові слова: пестициди; моніторинг довкілля; хімічне забруднення води; оцінка ризику; якість води; надзвичайні ситуації; вплив факторів довкілля.

ВСТУП

Проблема забруднення водних ресурсів залишковими кількостями пестицидів є однією з актуальних екологічних та санітарно-гігієнічних проблем сучасності. Хімічні засоби захисту рослин (ХЗЗР), що широко застосовуються у сільському господарстві, можуть потрапляти у поверхневі та підземні води внаслідок поверхневого стоку з оброблених полів, міграції через ґрунтовий профіль або неналежного поводження з препаратами під час транспортування, зберігання чи утилізації. Навіть у низьких концентраціях пестициди можуть тривалий час зберігатися у водному середовищі, накопичуватися у донних відкладах і водній біоті та чинити негативний вплив на функціонування водних екосистем і здоров'я населення. Основними шляхами потрапляння пестицидів у водні об'єкти є поверхневий стік із сільськогосподарських угідь, ерозійні процеси ґрунту, а також їх міграція

Creative Commons «Attribution» 4.0

через ґрунтовий профіль у підземні води [1, 2]. Державний контроль стану поверхневих і підземних вод в Україні здійснюється в межах системи моніторингу довкілля відповідно до національних вимог у сфері охорони водних ресурсів. Об'єктами моніторингу є масиви поверхневих і підземних вод, у тому числі водні об'єкти, що використовуються для питного та господарсько-побутового водопостачання. Програма державного моніторингу вод передбачає проведення діагностичного, операційного та дослідницького моніторингу у різних басейнах річок України [3]. Водна Стратегія України до 2050 року, схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів № 1134-р, спрямована на стале управління водними ресурсами, європейську інтеграцію та безпеку. Однією із її цілей є створення інноваційної системи моніторингу: впровадження сучасної системи моніторингу вод, що відповідає європейським стандартам, для прийняття обґрунтованих управлінських рішень [4]. Водночас сучасна система моніторингу залишкових кількостей пестицидів у воді має низку обмежень. Зокрема, існуючі методики контролю не завжди охоплюють нові діючі речовини пестицидів, які з'являються на ринку засобів захисту рослин, що призводить до неповноти інформації щодо їх присутності у водному середовищі. Крім того, недостатня кількість пунктів контролю та невисока частота відбору проб у районах інтенсивного сільськогосподарського виробництва ускладнюють своєчасне виявлення забруднення водних об'єктів. Одним із перспективних напрямків удосконалення системи контролю якості води є застосування ризик-орієнтованого підходу до моніторингу пестицидів, який передбачає визначення пріоритетних діючих речовин для контролю у водних об'єктах залежно від їх фізико-хімічних властивостей, обсягів застосування та потенціалу міграції у водне середовище. Такий підхід широко використовується у міжнародній практиці для оптимізації програм моніторингу якості води та підвищення ефективності екологічного контролю [5].

МЕТА

Метою дослідження є наукове обґрунтування та розроблення ризик-орієнтованого підходу до пріоритезації моніторингу пестицидів у водних об'єктах на основі комплексної оцінки їх екотоксикологічних характеристик, фізико-хімічних властивостей та гігієнічних показників безпеки.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Матеріалами дослідження слугували наукові публікації у вітчизняних та міжнародних базах даних, нормативно-правові документи у сфері охорони водних ресурсів та застосування пестицидів, а також інформаційні ресурси державних органів України щодо системи моніторингу водних об'єктів. У процесі дослідження використано бібліосемантичний метод, метод системного аналізу, порівняльний аналіз та узагальнення наукових даних. На основі узагальнення отриманих результатів сформульовано науково обґрунтовані пропозиції щодо вдосконалення системи моніторингу залишкових кількостей пестицидів у водних об'єктах питного та господарсько-побутового призначення. Інформаційною базою дослідження стали публікації міжнародних організацій (WHO, FAO, EPA), наукові статті з баз даних Scopus та Web of Science, а також нормативні документи України щодо державного моніторингу вод. Основні етапи та методи дослідження наведено в таблиці 1.

Для розробки, калібрування та верифікації моделі прогнозування використано масив натурних досліджень, що включає 486 проб ґрунту, відібраних у різних ґрунтово-кліма-

Таблиця 1. Дизайн дослідження оцінки ризику потрапляння пестицидів у водні об'єкти

Напрямок дослідження	Характеристика дослідження	Використані підходи	Обсяг дослідження
Оцінка потенційного ризику забруднення підземних і поверхневих вод	Досліджено фунгіциди, гербіциди та інсектициди на основі 16 діючих (ципродиніл, флудіоксоніл, фенгексамід, азоксистробін, дифеноконазол, ципродиніл, флудіоксоніл, боскалід, піраклостробін, пенконазол, металаксил-М, флудіоксоніл, азоксистробін, металаксил-М, дифеноконазол, флуксапіроксад, металаксил-М, хлорокис міді, пендиметалін, S-метолахлор, гліфосат, спіродиклофен, абамектин) речовин, рекомендованих для застосування у системах захисту ягідних та баштанних культур	Розрахунок показника SCI-GROW; оцінка ризику міграції пестицидів у водне середовище; визначення інтегрального показника небезпечності потрапляння у воду (ІПНВ)	486 проб ґрунту; 16 розрахунків SCI-GROW; 25 оцінок ризику; 50 інтегральних оцінок

 Creative Commons «Attribution» 4.0

тичних зонах України. Зразки відбирали з верхнього шару ґрунту (завтовшки 10 см) із контрольних оброблених ділянок у першу годину після внесення препаратів, а надалі – у динаміці за ключовими фазами вегетації сільськогосподарських культур до моменту збору врожаю відповідно до протоколів. Лабораторну пробопідготовку та аналітичні визначення залишків пестицидів здійснювали за допомогою хроматографічних та спектрометричних методів (ГРХ, ВЕРХ, ААС) із дотриманням стандартних процедур внутрішнього лабораторного контролю якості. Межі кількісного визначення (МКВ) для досліджуваних діючих речовин у ґрунті становили від 0,005 до 0,1 мг/кг відповідно до чинних офіційно затверджених методичних указівок (МВ) з визначення мікрокількостей пестицидів у ґрунті.

Для оцінки концентрації у підземних водах використовували скринінг-модель SCI-GROW (програмне забезпечення SG2.3), яка на основі вхідних регламентних параметрів (норма витрати, кратність внесення, період напіврозпаду T50 у ґрунті та коефіцієнт сорбції органічним вуглецем Koc) розраховує потенційну концентрацію 16 діючих речовин. Для оцінки потенційної міграції пестицидів у ґрунтові води розраховували індекс GUS за формулою: GUS = log (T50) × (4 – log (Koc)), де T50 – період напіврозпаду у ґрунті (діб), а Koc – коефіцієнт сорбції органічним вуглецем. Інтерпретацію здійснювали за стандартною шкалою: GUS < 1,8 – низька міграція; 1,8-2,8 – помірна; > 2,8 – висока.

РЕЗУЛЬТАТИ

На основі проведених досліджень та узагальнення отриманих даних обґрунтовано систему критеріїв оцінки небезпечності пестицидів, яка включає токсикологічні показники (допустима добова доза, клас небезпечності, ендокринна активність) та екологічні характеристики (розчинність у воді, період напіврозпаду, коефіцієнт сорбції, показники міграційної здатності). Запропоновано ризик-орієнтований підхід до визначення необхідності проведення моніторингу, який базується на бальній оцінці кожного критерію з подальшим сумуванням параметрів токсикологічної небезпеки і водної небезпеки. Інтерпретацію результатів здійснювали за сумарною кількістю набраних балів, що дозволяло визначити доцільність проведення моніторингових досліджень у водних об'єктах. Значення від 0 до 11 балів свідчили про низьку потребу у моніторингу, 12–20 балів – про доцільність його проведення, 21–28 балів – про необхідність обов'язкового контролю, тоді як значення понад 28 балів вказували на дуже високий пріоритет моніторингу та необхідність поглибленої оцінки ризику (табл. 2).

До пріоритетних діючих речовин, що потребують обов'язкового моніторингового контролю у водних об'єктах, віднесено дифеноконазол, азоксистробін, флуксапіроксад, пенконазол, металаксил-М, S-метолахлор, гліфосат та абамектин. Встановлено, що зазначені речовини характеризуються сукупністю властивостей, які обумовлюють їх потенційну здатність до потрапляння у водні об'єкти.

У таблиці 3 наведено діючі речовини, для яких проведення моніторингу у воді на постреєстраційному етапі є обов'язковим та бажаним.

Для флудіоксонілу, ципродинілу, фенгексаміду, боскаліду, піраклостробіну, хлорокису міді, пендиметаліну та спіродиклофену встановлено доцільність проведення моніторингових дослі-

Таблиця 2. Система бальної оцінки небезпечності пестицидів при моніторингу пестицидів у воді

Блок критеріїв	Показник (одиниці виміру)	1 бал	2 бали	3 бали	4 бали
Токсикологічна небезпека	ДДД (мг/кг)	>0,02	0,0051–0,02	0,0021–0,005	⩽0,002
	Клас небезпеки (ДСанПіН 8.8.1.002-98)	4	3	2	1
	Ендокринний дизраптор	НВ	СЕ	ВЕ	НВЕ
Водна небезпека	Розчинність (Sw, мг/л)	<1	1–100	100–10000	>10000
	Період напіврозпаду (т50, діб) у воді	<5	5–10	11–30	>30
	Індекс GUS	0	0–1,8	1,8–2,8	>2,8
Інтегральні оцінки	Ризик для населення при споживанні ґрунтових вод (ГВ)	⩽1	>1	–	–
	ІПНВ (бали)	⩽4	5–6	7–8	⩾9
	Коефіцієнт Koc	>4000	500–4000	15–499	<15

Примітка: НВ – не впливає; СЕ – слабкий ефект; ВЕ – виражений ефект; НВЕ – надзвичайно виражений ефект; КН – клас небезпечності; ДДД – допустима добова доза.

Таблиця 3. Пріоритетність моніторингу діючих речовин пестицидів у водних об'єктах

Група	Препарат	Діюча речовина	Інтегральний показник	Рівень пріоритетності моніторингу
Фунгіциди	Амістар Голд	дифеноконазол	23	*
		азоксистробін	21	*
	Апрон	металаксил-М	24	*
	Юніформ	азоксистробін	21	*
		металаксил-М	25	*
	Ридоміл Голд	металаксил-М	25	*
	Серкадіс Плюс	дифеноконазол	22	*
		флуксапіроксад	21	*
	Топаз	пенконазол	23	*
	Кітч	флудіоксоніл	19	* *
		ципродиніл	19	* *
	Світч	флудіоксоніл	19	* *
		ципродиніл	19	* *
	Тринол	фенгексамід	17	* *
	Сігнум	боскалід	18	* *
		піраклостробін	16	* *
	Максим	флудіоксоніл	18	* *
	Ридоміл Голд	хлорокис міді	18	* *
Гербіциди	Дуал Голд	S-метолахлор	24	*
	Герболекс	гліфосат	23	*
	Стомп Аква	пендиметалін	18	* *
Інсектициди	Вертімек	абамектин	22	*
	Протект	спіродиклофен	15	* *

Примітка: * – обов'язковий моніторинг; ** – рекомендований (помірний пріоритет) моніторинг.

джень, що пов'язано з помірними показниками водної небезпеки та потенційним ризиком контамінації поверхневих і підземних вод. Отримані результати стали основою для розробки алгоритму прийняття рішень щодо необхідності проведення моніторингових заходів для пестицидів у водному середовищі. При формуванні системи критеріїв оцінки небезпечності пестицидів враховували сучасні наукові підходи та методичні рекомендації, наведені у джерелах [6-13]. На рисунку 1 представлено концептуальну модель ризик-орієнтованої оцінки пестицидів з урахуванням їх потенційного впливу на водне середовище.

ОБГОВОРЕННЯ

Моніторинг залишкових кількостей пестицидів у воді має важливе значення не лише для екологічної безпеки, але й для системи реагування на надзвичайні ситуації хімічного походження. Своєчасне виявлення підвищених концентрацій пестицидів дозволяє органам цивільного захисту та медичним службам оперативно оцінити ризик виникнення гострих отруєнь серед населення та розробити алгоритми надання домедичної допомоги постраждалим (рисунок 2). Слід зазначити, що рутинний постреєстраційний моніторинг залишкових кількостей пестицидів у воді та оперативно-тактичне реагування на гострі хімічні надзвичайні ситуації мають різну мету та часові горизонти. Рутинний моніторинг спрямований на довгострокову оцінку хронічної експозиції, виявлення тенденцій міграції та контролю безпеки питних джерел. Водночас результати систематичного моніторингу формують емпіричну базу для предиктивного моделювання (зокрема з використанням геоінформаційних платформ), що дозволяє прогнозувати зони підвищеного ризику та заздалегідь активувати заходи цивільного захисту в разі аварійних скидів пестицидів або аварійних ситуацій в агросекторі. Таким чином, моніторинг виступає інструментом раннього попередження, який інтегрує превентивну гігієнічну оцінку з протоколами реагування на надзвичайні події.

Creative Commons «Attribution» 4.0

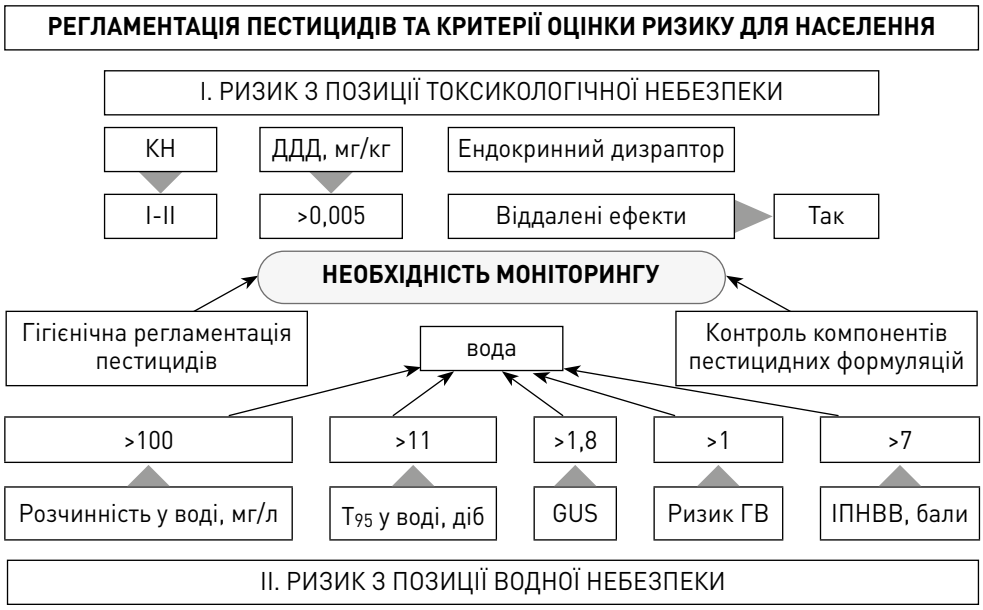


Рис. 1. Ризик-орієнтований алгоритм обґрунтування необхідності моніторингу пестицидів у поверхневих та підземних водах.

Примітки: КН – клас небезпечності, ДДД – допустима добова доза; ГВ – ґрунтові води; Т95 – період руйнації пестициду на 95%, діб; ІПНВВ – інтегральний показник небезпечності при вживанні води; GUS – індекс потенційного вимивання.

Моніторинг пестицидів у воді не має обмежуватися лише лабораторним аналізом проб. Інтеграція з геоінформаційними сервісами (Copernicus EMS, EDO) дозволяє накладати результати хімічного моніторингу на карти гідрологічної мережі. Це допомагає прогнозувати шляхи поширення забруднення після злив чи повеней, коли ризик вимивання пестицидів із полів у водні об'єкти є максимальним. Використання таких інструментів є важливим для вдосконалення системи моніторингу довкілля та підвищення ефективності реагування на загрози [5]. Впровадження подібних підходів в Україні сприятиме гармонізації національної системи моніторингу довкілля з європейськими стандартами.

Ризик-орієнтований підхід до моніторингу якості води відповідає сучасним міжнародним тенденціям, що базуються на принципі пріоритезації забруднювачів залежно від їх потенційної небезпеки. Такі підходи активно впроваджуються World Health Organization та European Commission, які рекомендують перехід від універсального контролю до цільового моніторингу пріоритетних речовин. Запропонована методологія дозволяє адаптувати систему моніторингу до регіональних умов сільськогосподарського використання пестицидів. Встановлена роль фізико-хімічних властивостей, зокрема стійкості та мобільності діючих речовин, узгоджується з сучасними європейськими підходами до оцінки екологічного ризику пестицидів, де ключове значення мають показники DT_{50}, Кос та індекс GUS.

У країнах Європейського Союзу оцінка ризику забруднення водних ресурсів пестицидами здійснюється в межах регуляторних процедур, гармонізованих із вимогами European Food Safety Authority та European Commission, з використанням моделей прогнозування міграції. На відміну від цього, в Україні система моніторингу вод орієнтована переважно на

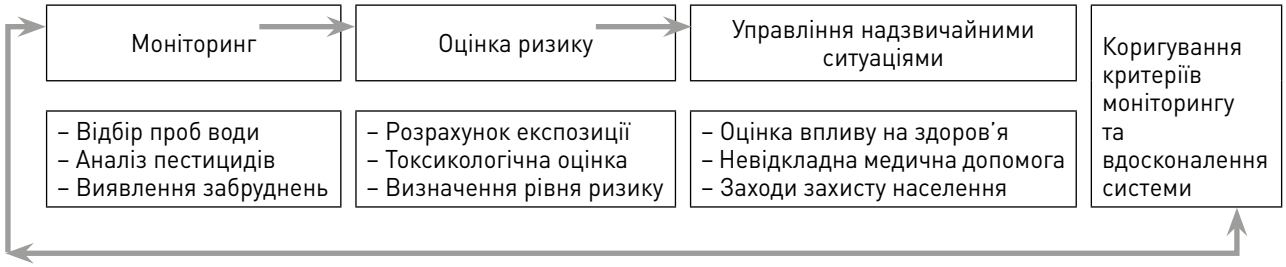


Рис. 2. Алгоритм ризик-орієнтованого моніторингу пестицидів та реагування на надзвичайні ситуації

фіксацію вже наявного забруднення та не в повній мірі враховує прогнозні показники поведінки пестицидів у навколишньому середовищі, що обмежує можливості своєчасного попередження екологічних ризиків і зниження потенційного негативного впливу на здоров'я населення. Запропонований у даній роботі ризик-орієнтований підхід до відбору пріоритетних діючих речовин для моніторингу фактично імплементує елементи європейської практики, поєднуючи токсикологічні та екологічні критерії в єдину систему оцінки. Це дозволяє перейти від суто описового моніторингу до науково обґрунтованого прогнозування ризиків забруднення водних ресурсів.

Отримані результати щодо визначення пріоритетних речовин (дифеноконазол, азоксистробін, флуксапіроксад, пенконазол, металаксил-М, S-метолахлор, гліфосат, абамектин) узгоджуються з європейськими дослідженнями, в яких ці сполуки розглядаються як потенційно небезпечні для водного середовища через їх стійкість, мобільність або високу частоту застосування. Зокрема, у практиці ЄС особлива увага приділяється речовинам із підвищеним потенціалом вимивання та здатністю до тривалого збереження у воді, що відповідає отриманим у даній роботі висновкам. Водночас в умовах України ризик забруднення вод може бути вищим порівняно з окремими регіонами ЄС, що обумовлено відмінностями у ґрунтово-кліматичних умовах, структурі сільськогосподарського виробництва, а також рівнем дотримання регламентів застосування пестицидів. Це підкреслює необхідність адаптації європейських підходів до національних умов, а не їх прямого перенесення. Запропонована система бальної оцінки дозволяє обґрунтовано визначати доцільність проведення моніторингу для конкретних діючих речовин, що відповідає сучасній концепції "risk-based monitoring", яка активно впроваджується у країнах ЄС. Такий підхід забезпечує більш ефективне використання ресурсів системи моніторингу та підвищує ймовірність виявлення пріоритетних забруднювачів.

Отримані результати узгоджуються з вимогами щодо безпеки пестицидів на ринку ЄС, зокрема відповідно до Регламенту (ЄС) № 1107/2009 [14].

Таким чином, отримані результати не лише доповнюють існуючі наукові дані щодо поведінки пестицидів у навколишньому середовищі, але й формують наукове підґрунтя для переходу до ризик-орієнтованої моделі моніторингу вод в Україні, що є важливим кроком у напрямку європейської інтеграції системи екологічної безпеки.

ВИСНОВКИ

Розроблено модель ризик-орієнтованого контролю пестицидів на ягідних та баштанних культурах та визначено перелік пріоритетних речовин (дифеноконазол, азоксистробін, флуксапіроксад, пенконазол, металаксил-М, S-метолахлор, гліфосат, абамектин), обов'язкових для моніторингу у воді через високий міграційний ризик. Обґрунтовано доцільність інтеграції такого контролю у систему цивільного захисту для мінімізації наслідків хімічних надзвичайних ситуацій. Визначено, що перспективним напрямом подальших досліджень та практичного впровадження є адаптація європейських інструментів (Copernicus EMS, EFAS, EDO), що у перспективі сприятиме гармонізації вітчизняного моніторингу зі стандартами ЄС та підвищить ефективність управління хімічними ризиками в агросекторі.

Пристатейні розділи

Перспективи майбутніх досліджень. Розробка та наукове обґрунтування алгоритмів надання домедичної допомоги постраждалим у разі гострих отруєнь пестицидами.

Обмеження дослідження. Подальші польові дослідження мають включати розширений аналітичний контроль продуктів трансформації та специфічних метаболітів діючих речовин (зокрема AMPA), що стане наступним етапом практичної реалізації розробленої моделі. До обмежень запропонованої скринінгової моделі слід віднести те, що вона першочергово базується на характеристиках небезпеки речовин, тоді як динамічні регіональні обсяги застосування можуть розглядатися в рамках наступних етапів поглибленого моніторингу.

Первинні дані та матеріали. Автори рукопису свідомо засвідчують, що первинна медична документація (історії хвороби, амбулаторні картки, протоколи обстежень, результати лабораторних та інструментальних досліджень конкретних пацієнтів) та статистичні бази даних у роботі не використовувалися.

Етика дослідження. Дослідники дотримувалися всіх протоколів і процедур, передбачених Комітетом з етики біомедичних досліджень, а також вимог законодавства України у сфері охорони здоров'я та положень Declaration of Helsinki (2000).

Декларація використання штучного інтелекту. Інструменти штучного інтелекту в підготовці цієї роботи не використовувалися.

 Creative Commons «Attribution» 4.0

Фінансування. Дослідження було проведено на кафедрі медицини надзвичайних ситуацій та тактичної медицини (державний реєстраційний номер 0125U000930; термін виконання: 2025-2027).

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів, пов'язаних із підготовкою, проведенням та публікацією цього дослідження. Жоден із авторів не має фінансових, комерційних або інших особистих відносин, які могли б вплинути на інтерпретацію результатів. Дослідження виконано відповідно до принципів академічної доброчесності та об'єктивності. Усі автори погодили остаточну версію рукопису.

Внесок авторів (CRediT taxonomy)

Daria S. Stakhova – B, C, D
* Olha S. Bilous – A, B, C, D ORCID: 0000-0003-2230-9642
Tomasz Bochenek – E, F ORCID: 0000-0001-9915-7267
Anatolii M. Hrynzovskyi – A D E F ORCID: 0000-0002-8391-5294

***Corresponding author:** bil_os@ukr.net

ЛІТЕРАТУРА

1. Коваль В.В., Наталочка В.О., Міненко О.В. Динаміка залишкових кількостей пестицидів у водах сільськогосподарського призначення в умовах Полтавщини. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2011;(1):22-26. http://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/visnyk/2011/01/22.pdf
2. Подуст А.О., Кондратюк М.В. Удосконалення системи моніторингу залишкових кількостей пестицидів у водних об'єктах питного та господарсько-побутового призначення: науково обґрунтовані підходи до забезпечення екологічної безпеки. Науково-практична конференція з міжнародною участю «Екологічні та гігієнічні проблеми сфери життєдіяльності людини»; 2025; Київ, Україна. 202-204. http://ir.librarynmu.com/bitstream/123456789/15379/1/19032543.pdf
3. Міністерство економіки, довкілля та сільського господарства України. Наказ від 27 січня 2026 року № 1250 Про затвердження Програми державного моніторингу вод. https://me.gov.ua/LegislativeActs/List?lang=uk-UA&id=7eb8c335-c82a-4928-93aca2cafcd359d5&tag=NormativnoPravoviAktiUSferiUpravlinniaVodnimiResursami
4. Кабінет Міністрів України. Розпорядження від 9 грудня 2022 р. № 1134-р Про схвалення Водної стратегії України на період до 2050 року. Редакція від 06.01.2026. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1134-2022-%D1%80#Text
5. Моніторинг довкілля. Аналітична записка щодо стану та перспектив розвитку державної системи моніторингу довкілля. 2023. https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/02/Monitoring-Green-Paper_15_02_2022.pdf
6. Вавріневич О.П., Антоненко А.М., Омельчук С.Т., Бардов В.Г., Новохацька О.О. Модель комплексної оцінки ризику негативного впливу на організм людини пестицидів при їх вимиванні з ґрунту у ґрунтові води. Інформаційний лист № 191-2019. Київ; 2019. 4 с.
7. Антоненко А.М., Вавріневич О.П., Омельчук С.Т., Бардов В.Г., Шпак Б.І. Модель оцінки ризику забруднення ґрунтових і поверхневих вод пестицидами та прогнозування небезпеки при їх потраплянні в організм людини з водою. Інформаційний лист № 192-2019. Київ; 2019. 4 с.
8. Білоус О.С., Вавріневич О.П. Рекомендації щодо ризик-орієнтованого підходу до обґрунтування стандартів безпечного застосування пестицидів для захисту ягідних та баштанних культур. Інформаційний лист про нововведення в сфері охорони здоров'я. Київ: Рішення вченої ради Національного медичного університету імені О.О. Богомольця. Протокол № 2 від 27.09.2023 р.
9. Антоненко А.М., Вавріневич О.П., Омельчук С.Т., Бардов В.Г., Борисенко А.А. Гігієнічне обґрунтування критеріїв відбору для проведення моніторингу пестицидів у сільськогосподарській сировині, харчових продуктах та ґрунті на прикладі фунгіцидів. Актуальні проблеми сучасної медицини: Вісник Української медичної стоматологічної академії. 2019;9(3):104-108. https://doi.org/10.31718/2077-1096.19.3.104
10. Antonenko A., Vavrinevich O., Omelchuk S., Shpak B., Bardov V., Novohatska O., Zinchenko T., Tkachenko S. Substantiation of necessity for monitoring in the environmental objects of avermectin insecticides considering their possible impact on the thyroid gland. Public Health Forum. 2019;13(1):59.
11. Antonenko A.M., Vavrinevych O.P., Omelchuk S.T., Shpak B.I., Korshun M.M. Improvement of the monitoring system in the environment of pesticides affecting thyroid gland. Довкілля та здоров'я. 2019;4(93):13-17. https://doi.org/10.32402/dovkil2019.04.012
12. Вавріневич О.П. Удосконалення системи моніторингу різних груп та хімічних класів пестицидів у воді водойм господарсько-питного та культурно-побутового використання. Матеріали науково-практичної конференції з міжнародною участю «Екологічні проблеми сфери життєдіяльності людини»; 2020; Київ, Україна.
13. Сирота А.І., Омельчук С.Т., Вавріневич О.П. Гігієнічне обґрунтування критерії відбору лімітуючих компонентів при застосуванні препаратів з діючими речовинами однонаправленої дії. In: International scientific and practical

conference "New trends and unresolved issues of preventive and clinical medicine"; 2020 Sep 25-26; Lublin, Republic of Poland. Part 2. Lublin; 2020. p. 212-215.
14. Pesticide safety on the EU market. (n.d.). EUR-Lex. Retrieved August 15, 2026, from https://eur-lex.europa.eu/PL/legal-content/summary/pesticide-safety-on-the-EU-market.html

JUSTIFICATION OF CRITERIA FOR RISK-BASED MONITORING OF PESTICIDES IN SURFACE AND GROUNDWATER

Daria S. Stakhova[1], Olha S. Bilous[1], Tomasz Bochenek[2], Anatolii M. Hrynzovskyi[1]

1 – Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine
2 – Institute of Public Health, Jagiellonian University, Krakow, Poland

ABSTRACT

Introduction. Pollution of surface and groundwater with pesticides remains one of the pressing environmental and public health problems in regions with intensive agricultural production, as the migration of plant protection products into the aquatic environment poses risks to human health, degrades drinking water quality, and adversely affects aquatic ecosystems.

Aim. The aim of the study is to scientifically substantiate and develop a risk-based approach to prioritizing pesticide monitoring in water bodies based on a comprehensive assessment of their ecotoxicological characteristics, physicochemical properties, and hygienic safety indicators.

Materials and Methods. The information base consisted of publications from the Scopus and Web of Science databases, regulatory legal documents of Ukraine, and the results of their systemic, comparative, and bibliosemantic analysis. The study utilized field research findings, data on physicochemical properties, toxicological characteristics, and ecological-hygienic indicators of active pesticide substances. The evaluation accounted for indicators of substance persistence in the environment, migration capacity into the aquatic environment, hazard class, acceptable daily intake, and potential impact on public health. A scoring approach was applied for the integral assessment, enabling the ranking of the studied substances by degree of hazard and determining the feasibility of monitoring studies.

Results. Based on the comprehensive assessment, it was established that the highest risk of water body contamination and potential negative impact on public health is posed by fungicides (difenoconazole, azoxystrobin, penconazole, fluxapyroxad, and metalaxyl-M), herbicides (S-metolachlor and glyphosate), and the insecticide abamectin. It is these active substances that are recommended for inclusion in the category of priority objects for mandatory water monitoring.

Conclusions. The proposed approach optimizes the monitoring system, increases the effectiveness of risk management for public health and the environment, and ensures the rational allocation of laboratory control resources. The obtained results form the basis for harmonizing the national environmental safety system with European standards and improving preventive measures.

Keywords: pesticides; environmental monitoring; chemical water pollution; risk assessment; water quality; emergencies; environmental factor impact.

Received: April 27, 2026
Accepted: August 17, 2026
Published online: September 16, 2026

 Creative Commons «Attribution» 4.0

UDC: 617.713-007.1:[617.7-008.8+612.841
DOI: https://doi.org/10.32345/USMYJ.3(164).2026.59-65

OCULAR SURFACE MICROBIOTA IN PEDIATRIC KERATOCONUS: A COMPARATIVE OBSERVATIONAL STUDY

Victoria V. Tepleshniuk, Iurii V. Barinov
Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

ABSTRACT

Aim. To compare the ocular surface microbiota composition in pediatric patients with keratoconus (KC) and healthy age-matched controls, and to assess the relationship between microbial dysbiosis and disease progression.
Materials and methods. A comparative observational study was conducted at the National Children's Specialized Hospital "Ohmatdyt". Twenty pediatric patients were enrolled: 10 with confirmed keratoconus (KC group) and 10 healthy age-matched controls (non-KC group). Conjunctival swab samples were collected for standard microbiological culture. Microbial diversity, prevalence of opportunistic and commensal microorganisms, and age-related trends were assessed using Spearman correlation analysis.
Results. Patients with KC demonstrated ocular surface microbiota alterations characterized by increased prevalence of opportunistic bacteria (Pseudomonas aeruginosa 50%, Ralstonia pickettii 40%, Staphylococcus aureus – elevated) and reduced abundance of commensal flora (Staphylococcus epidermidis 20% vs 100% in controls; Corynebacterium spp. 20% vs 90% in controls). Spearman correlation revealed positive associations between age and Pseudomonas aeruginosa (ρ=0.86, p=0.006) and Staphylococcus aureus (ρ=0.62, p=0.027), and negative correlations with Staphylococcus epidermidis (ρ=−0.66, p=0.015) and Corynebacterium spp. (ρ=−0.60, p=0.025).
Conclusions. Pediatric patients with keratoconus exhibit distinct ocular surface microbial alterations that may be associated with ocular surface instability. The observed associations may serve as a basis for further research. However, the cross-sectional design and limited sample size do not allow causal inference or claims regarding microbiota profiling as a clinical biomarker without validation in larger prospective studies.

Keywords: keratoconus; microbiota; dysbiosis; pediatrics; corneal diseases; biomarkers.

INTRODUCTION

Keratoconus (KC) is a progressive, multifactorial corneal ectatic disorder characterized by stromal thinning, irregular astigmatism, and protrusion of the corneal surface [1,9]. The disease commonly develops during adolescence and may progress rapidly in pediatric patients, leading to significant visual impairment and reduced quality of life [9]. Although the exact pathogenesis of keratoconus remains unclear, genetic predisposition, oxidative stress, chronic inflammation, environmental factors, and mechanical trauma associated with eye rubbing are considered important contributing factors [4]. In recent years, increasing attention has been directed toward the role of the ocular surface microbiota in maintaining ocular health and immune homeostasis [4-6]. The ocular microbiome consists primarily of commensal microorganisms that contribute to protection against pathogenic invasion and regulation of local inflammatory responses [4, 7]. Disturbances in this microbial balance, referred to as dysbiosis, have been associated with several ocular surface disorders, including blepharitis, conjunctivitis, and dry eye disease [8]. Recent studies suggest that alterations in the ocular microbiota may also be associated with the development and progression of keratoconus [1, 2]. Rocha de Lossada et al. demonstrated significant alterations in the ocular surface microbiota of patients with keratoconus, including an increased prevalence of opportunistic microorganisms such as Ralstonia pickettii [1]. However, data on pediatric populations remain limited, and the relationship between ocular microbiota dysbiosis and keratoconus in children remains insufficiently understood.

The present study evaluated the composition of the ocular surface microbiota in pediatric patients with keratoconus compared with healthy controls and assessed the potential association between microbial alterations and keratoconus. The study aimed to determine whether microbial dysbiosis [5,

10] is associated with keratoconus and to explore its potential relevance as a biomarker or therapeutic target.

AIM

The aim of this study was to compare ocular surface microbiota in pediatric patients with keratoconus and healthy controls and evaluate microbial alterations as a potential factor associated with disease progression.

MATERIALS AND METHODS

Study Design. This was a cross-sectional, comparative observational study designed to investigate differences in ocular surface microbiota between children with keratoconus and healthy controls.

Setting. The study was conducted at the National Specialized Children's Hospital "Ohmatdyt", involving pediatric patients aged 6 to 15 years.

Participants. Study Group (Keratoconus group): 10 children clinically diagnosed with keratoconus (KC). Control Group: 10 age- and gender-matched children without any clinical signs of keratoconus or other ocular surface diseases.

Inclusion Criteria: Age between 6 and 15 years. No recent use of topical or systemic antibiotics (within the past 2 weeks). No history of ocular surgery or chronic eye disease (other than keratoconus for the study group).

Exclusion Criteria: Recent ocular infections or trauma. Contact lens wear during the previous 30 days. Use of immunosuppressive medications. Systemic inflammatory conditions.

Clinical assessment of keratoconus. Keratoconus was confirmed using Pentacam HR corneal tomography according to the Belin ABCD classification. The following tomographic parameters were recorded: maximum keratometry (Kmax), thinnest corneal pachymetry, posterior corneal elevation, disease stage, and evidence of progression based on serial examinations (increase in Kmax ≥1.0 D and/or reduction in minimum corneal thickness during follow-up). Previous treatment and contact lens wear, was documented.

Ocular sampling. Conjunctival swabs were collected from the inferior fornix of one eye using sterile cotton swabs without prior topical anesthesia or antiseptics. Sampling was performed in the morning, before any diagnostic procedures. Swabs were immediately placed into Amies transport medium and delivered to the laboratory within a maximum of 2 hours at +4…+8 °C.

Culture examination. All samples (n=20) were examined by culture methods. Inoculation was performed on blood agar, chocolate agar, Sabouraud agar, and MacConkey agar. Incubation was carried out at 37 °C under aerobic conditions for 48-72 hours (for bacteria) and up to 5 days (for fungi). Quantitative assessment of microbial load was performed by colony counting and expressed as CFU/ml. A titer of $\geq 10^3$ CFU/ml was considered clinically significant. Identification of isolated microorganisms was performed based on morphological, cultural, and biochemical characteristics using standard test systems.

Data Analysis. Descriptive statistics to compare prevalence and load of microbial species. Chi-square test to evaluate statistical differences in bacterial detection between groups. Spearman correlation analysis to assess the relationship between age and frequency of microorganism detection. The unit of analysis was the patient (one eye per patient). Given the small sample size (n=10 per group), correlation analyses should be interpreted with caution. No correction for multiple comparisons was applied.

Ethical Considerations. Written informed consent was obtained from parents or legal guardians. The study adhered to the Declaration of Helsinki and was approved by the Bioethics Commission (Protocol dated 23 December 2024).

RESULTS

A total of 20 pediatric patients were included: 10 with keratoconus (KC group) and 10 healthy controls. The KC group demonstrated elevated microbial titers ($>10^3$-10^6 CFU/ml) compared to the normal range ($\leq 10^3$ CFU/ml), reduced biodiversity with monoculture or single-species dominance, and presence of opportunistic pathogens. Table 1.

Table 1. Comparison of normal ocular surface microbiota and dysbiosis parameters in keratoconus (KC)

Parameter	Normal	Dysbiosis (KC)
Quantity (CFU/ml)	$\leqslant 10^3$ CFU/ml	$>10^3$ – 10^6 CFU/ml
Diversity	2–3 species	Often monoculture or dominated by 1 species
Flora Type	Commensals	Opportunistic pathogens
Antibiotic Response	Weak, often unnecessary	Broad testing (8–15 antibiotics) recommended

Pseudomonas aeruginosa was detected in 5 of 10 KC patients (50%) and in none of the controls. Ralstonia pickettii was identified in 4 KC patients (40%) and was absent in the non-KC group. Corynebacterium spp. and Staphylococcus epidermidis were markedly reduced in the KC group (20% each) compared to controls (90% and 100%,

 Creative Commons «Attribution» 4.0

respectively). Staphylococcus aureus demonstrated elevated presence in the KC group. Table 2.

Table 2. Prevalence of microorganisms in pediatric patients with and without keratoconus (n=10 per group)

Microorganism	With KC (n=10)	Without KC (n=10)	Interpretation
Pseudomonas aeruginosa	5 (50%)	0 (0%)	Opportunistic; strongly associated with KC
Ralstonia pickettii	4 (40%)	0 (0%)	Absent in normal flora
Corynebacterium spp.	2 (20%)	9 (90%)	Reduced in KC
Staphylococcus epidermidis	2 (20%)	10 (100%)	Nearly absent in KC
Staphylococcus aureus	Elevated presence	Low presence	Common in KC

Average microbial titers by group are illustrated in Figure 1. The KC group showed substantially higher titers of Pseudomonas aeruginosa, Ralstonia pickettii, Staphylococcus aureus, Enterococcus faecalis, and Streptococcus viridans compared to controls.

The KC group showed substantially higher titers of Pseudomonas aeruginosa, Ralstonia pickettii, Staphylococcus aureus, Enterococcus faecalis, and Streptococcus viridans compared to controls.

Age-related analysis showed a positive correlation between age and Pseudomonas aeruginosa (ρ=0.86, p=0.006) and Staphylococcus aureus (ρ=0.62, p=0.027), and negative correlations with Staphylococcus epidermidis (ρ=−0.66, p=0.015) and Corynebacterium spp. (ρ=−0.60, p=0.025), indicating progressive reduction of commensal flora with age in KC patients. Ralstonia pickettii showed a tendency toward a negative correlation (ρ=−0.45, p=0.095). Table 3.

Table 3. Spearman correlation coefficients between patient age and presence of microorganisms in the keratoconus group

Microorganism	Spearman's ρ	p-value	Interpretation
Staph. aureus	0.62	0.027	Moderate positive correlation
Pseudomonas aeruginosa	0.86	0.006	Strong positive correlation
Staph. epidermidis	−0.66	0.015	Negative correlation
Corynebacterium spp.	−0.60	0.025	Negative correlation
Ralstonia pickettii	−0.45	0.095	Tendency toward negative correlation

Spearman correlation analysis was performed to assess the relationship between patient age and microbial presence in the KC group. Results are summarized in Table 3 and illustrated in Figure 2.

Clinical topographic characteristics of the KC group (Kmax, thinnest pachymetry, Belin/ABCD Staging) are presented in the Appendix (Table a4). Clinical topographic characteristics of the control group (Kmax, thinnest pachymetry, Belin/ABCD staging) are presented in the appendix (Table a3).

DISCUSSION

The results of this study demonstrate significant alterations in the ocular surface microbiota of pediatric patients with keratoconus compared with healthy controls. The higher prevalence of

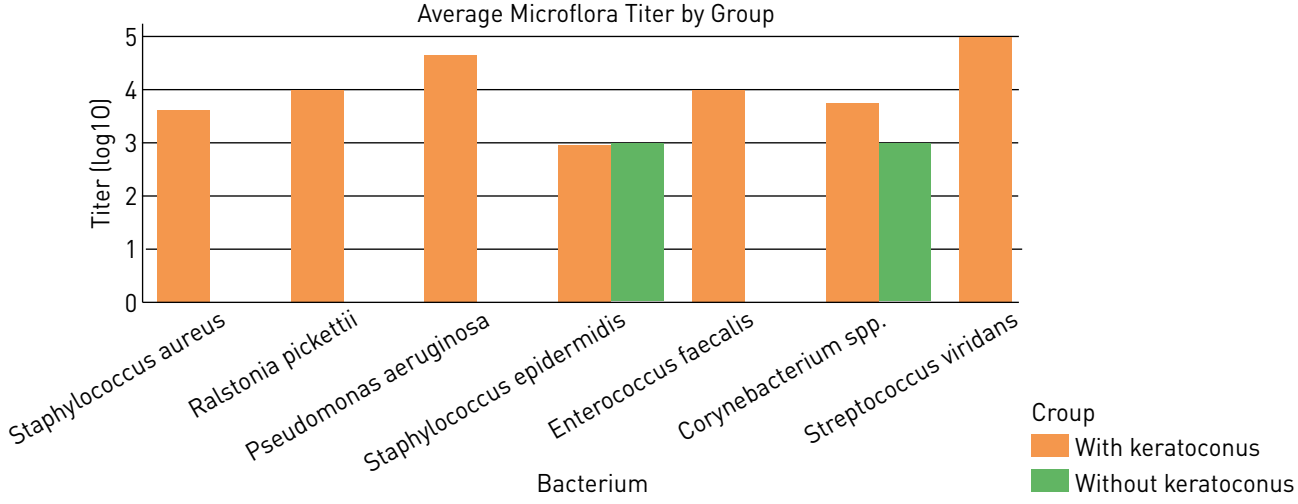


Fig. 1. Average microflora titer (log10) by bacterium and group

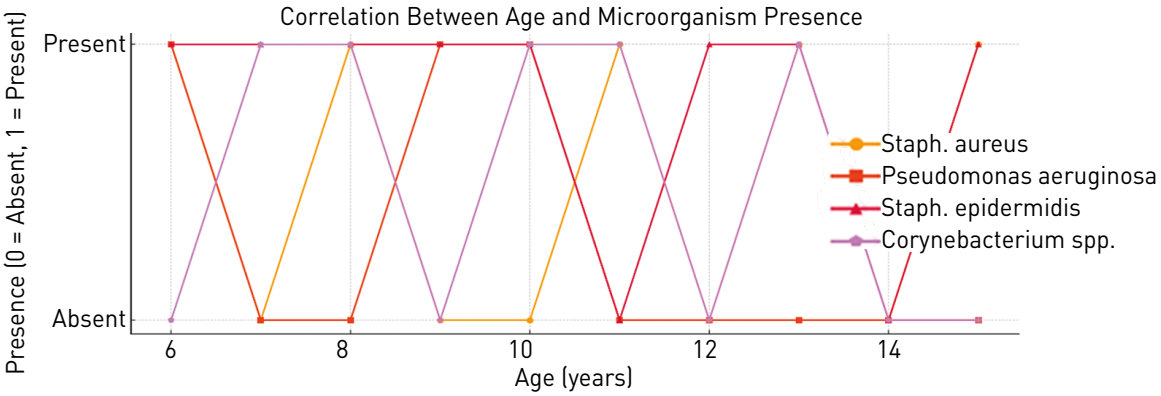


Fig. 2. Correlation between patient age and microorganism presence in the keratoconus group

opportunistic microorganisms, such as *Pseudomonas aeruginosa* and *Ralstonia pickettii*, together with the marked reduction in commensal microorganisms (*Staphylococcus epidermidis* and *Corynebacterium spp.*), is consistent with the findings of Rocha de Lossada et al. [1], who reported similar microbial alterations in adults with treatment-naïve keratoconus.

The strong positive correlations between age and the prevalence of *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus*, together with the negative correlations observed for commensal microorganisms, may indicate age-related changes in the ocular surface microbiota in pediatric patients with keratoconus. These microbial alterations could potentially contribute to chronic low-grade inflammation, impaired epithelial barrier function, and increased oxidative stress, mechanisms previously implicated in the pathogenesis of keratoconus [3, 4]. However, the present study cannot determine whether these microbial alterations are involved in disease progression or reflect age-related changes or consequences of the disease.

Nevertheless, the cross-sectional design and small sample size preclude causal inference. Culture-based methods, although clinically practical, capture only a subset of the ocular microbiota compared with molecular and metagenomic sequencing approaches [9, 10]. Future longitudinal studies combining culture-based and molecular methods in larger pediatric cohorts are needed to determine whether microbial alterations precede, accompany, or result from keratoconus progression.

CONCLUSIONS

Pediatric patients with keratoconus demonstrated significant ocular surface microbiota dysbiosis characterized by increased prevalence of opportunistic microorganisms and reduced commensal flora.

Compared to healthy controls, children with KC exhibit: a higher prevalence of opportunistic bacteria (Pseudomonas aeruginosa, Ralstonia pickettii, Staphylococcus aureus); a notable reduction in beneficial commensal flora (Staphylococcus epidermidis, Corynebacterium spp.); a trend of increasing pathogenic bacterial presence with age, coupled with declining commensals.

Alterations in microbial composition may contribute to ocular surface instability and inflammatory processes associated with keratoconus progression.

Ocular microbiota profiling may serve as a potential biomarker for early diagnosis and individualized management of pediatric keratoconus [1, 9]. The observed associations between microbial composition and age may reflect progressive destabilization of ocular surface homeostasis. However, due to the cross-sectional design and limited sample size, these findings should be interpreted as associations rather than evidence of a causal relationship or a validated diagnostic biomarker. Further prospective studies with larger cohorts are required.

Article declarations

Perspectives for further research. Further studies should include larger pediatric cohorts, longitudinal follow-up to assess the relationship between microbiota changes and keratoconus progression, and evaluation of potential microbiota-targeted interventions.

Study limitations. The main limitations include the small sample size (n=10 per group), cross-sectional design that precludes causal inference, and the use of culture-based methods only, which may not fully capture the entire microbial community.

Primary data and materials. The authors confirm that primary medical documentation and statistical databases of individual patients were used in accordance with ethical approval. Anonymized summary data are available from the corresponding author upon reasonable request.

 Creative Commons «Attribution» 4.0

Research ethics. The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki and approved by the Bioethics Commission (Protocol dated 23 December 2024). Written informed consent was obtained from parents or legal guardians of all participants.

Declaration of AI use. Artificial intelligence tools were used solely for language editing and proofreading. The authors confirm that all scientific content, data interpretation, and conclusions are entirely their own. The authors take full responsibility for the accuracy and integrity of the work.

Funding. No funding was received for this study.

Conflict of Interest. The authors declare no conflict of interest related to the preparation, conduct, or publication of this study.

Acknowledgements. The authors thank the staff of the Department of Ophthalmology of the National Children's Specialized Hospital "Ohmatdyt" for assistance in patient recruitment and sample collection.

Author Contributions (CRediT taxonomy)

*Victoria Tepleshniuk — A, B, D, F. ORCID: 0009-0007-3123-6189
Iurii Barinov — C, E, F. ORCID: 0000-0001-6562-0428

***Corresponding author:** fenehka45@gmail.com

REFERENCES

1. Rocha de Lossada C, et al. Ocular surface microbiota in naïve keratoconus: a multicenter validation study. J Clin Med. 2023;12(19):6354. https://doi.org/10.3390/jcm12196354
2. Gao X, et al. Pediatric keratoconus: current perspectives and clinical challenges. Clin Ophthalmol. 2020;14:2175–2185. https://doi.org/10.2147/OPTH.S263907
3. McMonnies C. Inflammation and keratoconus. Optom Vis Sci. 2015;92(2):e35–e41. https://doi.org/10.1097/OPX.0000000000000441
4. Willcox M. Characterization of the normal microbiota of the ocular surface. Exp Eye Res. 2013;117:99–105. https://doi.org/10.1016/j.exer.2013.08.003
5. St. Leger A, Caspi R. Visions of eye commensals: the known and the unknown about how the microbiome affects eye disease. BioEssays. 2021;43(2):e2000130. https://doi.org/10.1002/bies.202000130
6. Ozkan J, Willcox M, et al. The role of the microbiome in ocular health. Contact Lens Anterior Eye. 2021;44(4):254–259. https://doi.org/10.1016/j.clae.2021.01.010
7. O'Brien T, et al. Ocular complications and visual outcomes. Ophthalmology. 2007;114(2):233–239. https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2006.06.055
8. Cavuoto K, et al. Microbiome and ocular surface disease. Curr Ophthalmol Rep. 2018;6:1–7. https://doi.org/10.1007/s40135-018-0157-0
9. Sharma A, et al. No evidence of chronic infection in a metagenomic sequencing study of keratoconus corneal epithelium. J Clin Med. 2024;13(3):2999. https://doi.org/10.3390/jcm13032999
10. Zegans M, et al. Considerations in understanding the ocular surface microbiome. Am J Ophthalmol. 2014;158(3):420–422. https://doi.org/10.1016/j.ajo.2014.06.001

APPENDIX. RAW DATA

Table A1. Raw microbiological data – Keratoconus group (n=10)

#	Age	Microflora (titer)	Group
1	6	Staph. aureus 10^4, Ralstonia pickettii	With keratoconus
2	6	Pseudomonas aeruginosa 10^4	With keratoconus
3	7	Enterococcus faecalis 10^4, Corynebacterium spp.	With keratoconus
4	7	Staph. epidermidis 10^3, Corynebacterium spp.	With keratoconus
5	8	Streptococcus viridans 10^5	With keratoconus
6	9	Pseudomonas aeruginosa 10^5	With keratoconus
7	10	Pseudomonas aeruginosa 10^5	With keratoconus
8	11	Staph. aureus 10^3, Ralstonia pickettii	With keratoconus

#	Age	Microflora (titer)	Group
9	13	Staph. aureus 10^4, Corynebacterium spp.	With keratoconus
10	15	Staph. aureus 10^4, Staph. epidermidis	With keratoconus

Table A2. Raw microbiological data – Control group without keratoconus (n=10)

#	Age	Microflora (titer)	Group
11	6	Staph. epidermidis 10^3, Corynebacterium spp.	Without keratoconus
12	6	Staph. epidermidis 10^3, Corynebacterium spp.	Without keratoconus
13	7	Staph. epidermidis 10^3, Corynebacterium spp.	Without keratoconus
14	11	Staph. epidermidis 10^3, Corynebacterium spp.	Without keratoconus
15	13	Staph. epidermidis 10^3, Corynebacterium spp.	Without keratoconus
16	9	Staph. epidermidis 10^3, Corynebacterium spp.	Without keratoconus
17	10	Staph. epidermidis 10^3, Corynebacterium spp.	Without keratoconus
18	11	Staph. epidermidis 10^3, Corynebacterium spp.	Without keratoconus
19	13	Staph. epidermidis 10^3, Corynebacterium spp.	Without keratoconus
20	15	Staph. epidermidis 10^3, Corynebacterium spp.	Without keratoconus

Table A3. Clinical topographic characteristics of the control group (n=10)

№	Eye (age)	Kmax (D)	Thinnest pachy (мкм)	Belin/ABCD
1	6	43.8	533	A0 B0 C0 D
2	6	44.9	513	A0 B0 C0 D
3	7	47.7	601	A0 B0 C0 D
4	11	44.1	558	A0 B0 C0 D
5	13	46.2	530	A0 B0 C0 D
6	9	46.9	557	A0 B0 C0 D
7	10	46.5	583	A0 B0 C0 D
8	11	45.2	529	A0 B0 C0 D
9	13	44.9	523	A0 B0 C0 D
10	15	42.0	596	A0 B0 C0 D

Table A4. Clinical topographic characteristics of the keratoconus group (n=10)

№	Eye (age)	Kmax (D)	Thinnest pachy (мкм)	Belin/ABCD
11	6	50.4	592	A0 B1 C0 D
12	6	49.0	541	A0 B2 C0 D
13	7	53.2	544	A0 B1 C0 D
14	8	53.4	566	A0 B1 C0 D
15	9	52.4	538	A2 B2 C0 D
16	10	53.6	360	A0 B2 C4+ D
17	11	49.5	518	A2 B2 C0 D
18	12	54.0	490	A0 B4+ C1 D
19	13	53.8	493	A2 B2 C1 D1
20	15	56.7	449	A2 B4+ C2 D

Creative Commons «Attribution» 4.0

МІКРОБІОТА ПОВЕРХНІ ОКА ПРИ ПЕДІАТРИЧНОМУ КЕРАТОКОНУСІ: ПОРІВНЯЛЬНЕ ОБСЕРВАЦІЙНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

Вікторія В. Теплешнюк, Юрій В. Барінов

Національний медичний університет імені О. О. Богомольця, м. Київ, Україна

РЕЗЮМЕ

Вступ. Це дослідження вивчає зв'язок між мікробіотою поверхні ока та розвитком кератоконусу (КК), особливо у дітей і підлітків. Кератоконус – це прогресуюче захворювання рогівки, що характеризується порушенням і конічною деформацією рогівки, що часто призводить до порушення зору. Останні дослідження свідчать, що очний мікробіом може відігравати роль у патогенезі цього захворювання.

Мета. Мета дослідження порівняти склад мікробіоти поверхні ока у педіатричних пацієнтів із кератоконусом (КК) та здорових дітей відповідного віку, а також оцінити зв'язок між мікробним дисбіозом та прогресуванням захворювання.

Матеріали та методи. Було проведено порівняльне обсерваційне дослідження в Національній дитячій спеціалізованій лікарні «Охматдит». До дослідження включено 20 педіатричних пацієнтів: 10 із підтвердженим кератоконусом (група КК) та 10 здорових дітей контрольної групи. У всіх учасників взято мазки з кон'юнктиви для стандартного мікробіологічного дослідження. Мікробне різноманіття, поширеність опортуністичних та коменсальних мікроорганізмів і вікові тенденції оцінювали за допомогою кореляційного аналізу Спірмена.

Результати. У пацієнтів із КК виявлено значний дисбіоз мікробіоти поверхні ока, що характеризувався підвищеною поширеністю опортуністичних бактерій (Pseudomonas aeruginosa – 50%, Ralstonia pickettii – 40%, Staphylococcus aureus – підвищений рівень) та зниженою кількістю коменсальної флори (Staphylococcus epidermidis – 20% проти 100% у контрольній групі; Corynebacterium spp. – 20% проти 90%). Кореляційний аналіз Спірмена виявив сильні позитивні зв'язки між віком і P. aeruginosa (ρ=0,86, p=0,006) та S. aureus (ρ=0,62, p=0,027), а також значущі від'ємні кореляції з S. epidermidis (ρ=−0,66, p=0,015) і Corynebacterium spp. (ρ=−0,60, p=0,025).

Висновки. Педіатричні пацієнти з кератоконусом мають характерний дисбіоз мікробіоти поверхні ока, що може сприяти нестабільності поверхні ока та запальним механізмам прогресування захворювання. Профілювання мікробіоти ока може слугувати потенційним біомаркером для ранньої діагностики та індивідуалізованого ведення педіатричного кератоконусу за умови валідації у подальших дослідженнях.

Ключові слова: кератоконус; мікробіота; дисбіоз; педіатрія; захворювання рогівки; біомаркери.

Received: May 17, 2026
Accepted: August 25, 2026
Published online: September 16, 2026

Creative Commons «Attribution» 4.0

UDC: 616.89-008.441.3-06:616.89-008.1]-037-057.36
DOI: https://doi.org/10.32345/USMYJ.3(164).2026.66-72

PROGNOSTIC VALUE OF ALCOHOL USE DISORDERS IN COMBATANTS WITH POST-TRAUMATIC STRESS DISORDER FOR THE SEVERITY OF COGNITIVE DYSFUNCTION

Oleg S. Fitkalo

State nonprofit company "Danylo Halytsky Lviv National Medical University", Lviv, Ukraine

ABSTRACT

Introduction. Literature data on the impact of alcohol use disorders (AUD) on cognitive function in combatants with post-traumatic stress disorder (PTSD) remain inconclusive, which underscores the rationale and relevance of the present study.

Aim. To assess the prognostic value of alcohol use disorders in combatants with post-traumatic stress disorder in relation to the severity of cognitive dysfunction.

Materials and methods. The study analyzed the results of examinations of 274 inpatients with PTSD, all of whom were male combatants aged 20-56 years. Depending on the presence of AUD, the patients were divided into two groups: those with isolated PTSD and those with PTSD comorbid with AUD. PTSD was diagnosed according to Order No. 121 of the Ministry of Health of Ukraine dated February 23, 2016. AUD was assessed using the CAGE, AUDIT, and CIWA-Ar tests, while cognitive function was evaluated using the MMSE, MoCA, SAGE, Clock Drawing Test, and 10-Word Recall Test. The results were statistically analyzed and presented as (M±m). Prognostic value was determined using multivariable logistic regression analysis.

Results. Alcohol use disorders in combatants were associated with an increased frequency of difficulties with concentration and feelings of loneliness, fluctuations in blood pressure, episodes of dizziness, and flashbacks. In combatants with PTSD, AUD was a prognostic marker of difficulty concentrating, increasing its likelihood by 9.76-fold ($p<0.0001$), and of feelings of loneliness, increasing the likelihood by 1.69-fold ($p=0.057$). The comorbidity of PTSD and AUD increased the likelihood of dementia according to the MMSE by 7.24-fold ($p=0.001$), cognitive dysfunction according to the SAGE by 3.30-fold ($p=0.0002$), and impairment on the Clock Drawing Test by 2.04-fold ($p=0.015$), as well as increasing the likelihood of medium and low memory performance by 33.45-fold ($p<0.0001$).

Conclusions. Alcohol use disorders in combatants with post-traumatic stress disorder are a marker of cognitive dysfunction and are associated with an increased likelihood and severity of cognitive impairment.

Keywords: alcohol use disorder, post-traumatic stress disorder, cognitive dysfunction, combatants, psychological testing.

INTRODUCTION

Post-traumatic stress disorder (PTSD) is an important public health problem affecting both military combatants and the civilian population [1], particularly in the context of full-scale warfare and regular shelling of civilian areas. PTSD is defined as an acute or chronic mental disorder or neurosis resulting from exposure to severe psychologically traumatic events, including military operations involving graphic scenes of death and mutilation, terrorist attacks, major accidents, fires and natural disasters, as well as scenes of sexual, physical, and psychological violence, most often involving violent death, that an individual has experienced or witnessed [2].

Cognitive impairment is an important predisposing factor and, at the same time, a consequence of PTSD. It affects cognitive processes in the brain, thereby impairing the individual's ability to interact rationally with their environment. A meta-analysis of 21 studies involving 1,977 military personnel demonstrated increased attention to threat-related stimuli, which, on the one hand, may enhance safety and, on the other, is associated with PTSD [3]. Military personnel with PTSD also tended to describe memories in an overly general manner, exhibited altered perception,

 Creative Commons «Attribution» 4.0

demonstrated impaired interpretation, and more frequently provided negative responses to ambiguous statements [3]. For combatants, previous traumatic brain injuries and blast-related injuries are also important, as these conditions may independently cause cognitive impairment, including alterations in social functioning, the emergence of intrusive thoughts, and impaired ability to recognize the emotions of others and regulate one's own emotions [4]. In combatants with coexisting cognitive dysfunction (CD) and PTSD, a sixfold higher rate of suicide has been reported compared with individuals diagnosed with only one of these conditions [5]. Among veterans with PTSD, cognitive impairments have been documented for decades following traumatic events and military service [6].

The complex of emotional and somatic reactions experienced by combatants creates a background for the development of addictive behavior. This is particularly relevant to alcohol use disorders (AUD) [7, 8]. PTSD and AUD have synergistic clinical manifestations, and their comorbidity is associated with insufficient treatment efficacy [9]. However, the available literature remains inconclusive [10], which underscores the rationale and relevance of the present study.

AIM

To assess the prognostic value of alcohol use disorders in combatants with post-traumatic stress disorder in relation to the severity of cognitive dysfunction.

MATERIALS AND METHODS

The study analyzed the results of examinations of 274 inpatients with PTSD who underwent standard diagnostic assessment and treatment. All patients were male combatants aged 20-56 years. Depending on the presence of AUD, the patients were divided into two groups: Group 1 (G1; n=150; mean age 31.0±2.6 years) with isolated PTSD and Group 2 (G2; n=124; mean age 27.5±4.0 years; p>0.05) with PTSD comorbid with AUD. The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki of the World Medical Association, with informed consent obtained from all participants, under the supervision of the Bioethics Committee of Danylo Halytsky Lviv National Medical University (protocols No. 10 dated December 16, 2019, and No. 1 dated January 20, 2025).

PTSD was diagnosed in accordance with Order No. 121 of the Ministry of Health of Ukraine dated February 23, 2016. To identify AUD and assess its severity, an interview was conducted to encourage patients to provide candid and reliable information. With the participants' consent, combatants were additionally assessed using validated questionnaires: the CAGE Questionnaire, AUDIT (*Alcohol Use Disorders Identification Test*), MAST (*Michigan Alcoholism Screening Test*), and CIWA-Ar (*Clinical Institute Withdrawal Assessment for Alcohol–Revised*). Cognitive impairment was objectively assessed using neuropsychological methods [11], including the Mini-Mental State Examination (MMSE) [12], Montreal Cognitive Assessment (MoCA) [13], SAGE (*Self-Administered Gerocognitive Examination*) [14], Clock Drawing Test, and 10-Word Recall Test [13].

The results were statistically analyzed and tested for normality of distribution, which was consistent with a Gaussian distribution; therefore, parametric statistical methods were used. The data are presented as (M ± m). Comparisons of the obtained results and assessment of the significance of the observed differences were performed using Student's t-test. Prognostic value was determined using multivariable logistic regression analysis [15]. Odds ratios (OR), 95% confidence intervals (95% CI), statistical significance (p), and the Z-statistic were calculated. For statistically significant prognostic markers, sensitivity (the proportion of true-positive results) and specificity (the proportion of true-negative results) were determined and expressed as percentages. A p value < 0.05 was considered statistically significant.

RESULTS

PTSD in combatants was characterized by the most frequent manifestations of avoidance symptoms (84–89%), intrusive behavior and hyperarousal (45–51%), and emotional numbing and detachment (21–37%), regardless of comorbidity with alcohol use disorders (AUD). Compared with isolated PTSD, comorbid PTSD and AUD was characterized by a higher frequency of autonomic reactions manifested by dizziness accompanied by nausea (42.74% vs. 31.33%), a craving for alcohol to relieve tension and reduce the intensity of distressing experiences (95.16% vs. 22.66%), and impaired concentration (87.90% vs. 42.66%), along with less frequent mood changes (73.33% vs. 87.33%).

The severity of the leading PTSD symptoms in combatants with isolated PTSD and PTSD comorbid with AUD is presented in Fig. 1. In patients with PTSD, the presence of AUD was associated with greater difficulties in concentration, increased feelings of loneliness, fluctuations in blood pressure, more frequent episodes of dizziness, and flashbacks.

Screening assessment of cognitive function was primarily aimed at determining the nature and severity of PTSD itself. The course of PTSD in the presence of AUD was characterized by significantly more frequent difficulties with attention and feelings

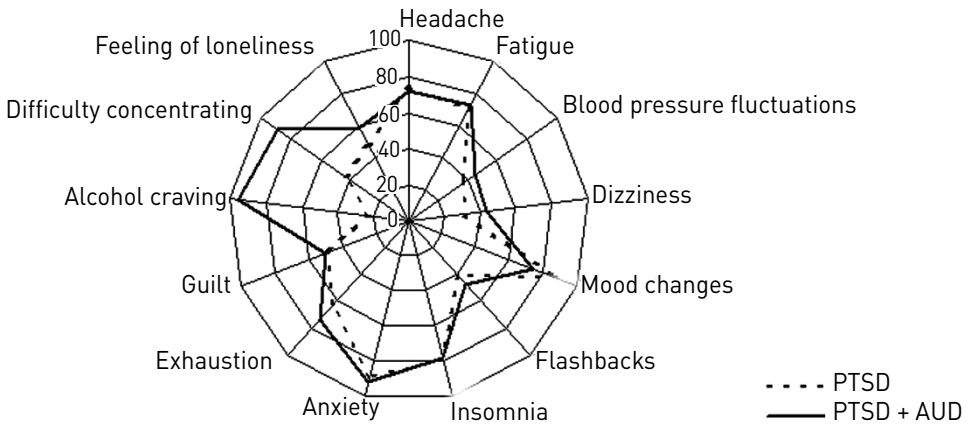


Fig. 1. Frequency and severity of PTSD symptoms in combatants with isolated PTSD and PTSD comorbid with AUD

of loneliness (Table 1). Thus, difficulty concentrating was observed 9.76 times more frequently in patients with comorbid PTSD and AUD, with a high level of statistical significance (95% CI=5.20-18.32; p<0.0001). The sensitivity of this indicator was relatively high (87.90%), whereas its specificity was somewhat lower (57.33%). The PTSD symptom of feeling of loneliness approached statistical significance, being 1.69 times more frequent in patients with comorbid PTSD and AUD (95% CI=0.90-2.57; p=0.0575), with similar sensitivity and specificity values (Tables 1 and 2).

Multivariable odds analysis of the psychometric characteristics of cognitive function revealed statistically significant differences between isolated PTSD and PTSD comorbid with AUD according to the MMSE and SAGE scales, memory performance

Table 1. Probabilistic analysis of cognitive dysfunction (CD) for differentiating PTSD with alcohol use disorders from isolated PTSD

Diagnostic indicator	G2	G1	OR	95 % CI		Z-statistic	p
	Present	Absent		from	to		
Cognitive syndrome as a manifestation of PTSD							
Difficulty concentrating	109	86	9.76	5.20	18.32	7.097	<0.0001
Feeling of loneliness	73	79	1.59	0.99	2.57	1.899	0.0575
Cognitive function							
MMSE, dementia	119	35	7.24	2.74	19.14	3.995	0.001
MoCA, severe cognitive dysfunction + dementia	75	70	1.34	0.83	2.16	1.187	0.2351
MoCA, dementia	4	148	2.47	0.44	13.69	1.032	0.3020
SAGE, marked cognitive dysfunction	31	138	3.30	1.87	7.85	3.676	0.0002
Medium and low memory performance	90	139	33.45	16.12	69.39	9.427	<0.0001
Clock Drawing Test, moderate and severe cognitive dysfunction	38	123	2.01	1.14	3.54	2.427	0.0152

Table 2. Sensitivity and specificity of significant odds-based indicators for differentiating combatants with PTSD and comorbid alcohol use disorders from those with isolated PTSD

Indicator	Sensitivity	Specificity
Cognitive manifestations in PTSD assessment: difficulty concentrating	87.90 %	57.33 %
Cognitive manifestations in PTSD assessment: feeling of loneliness	58.87 %	52.67 %
MMSE, dementia of any severity	95.97 %	23.33 %
SAGE, marked cognitive dysfunction	25.00 %	92.00 %
Medium and low memory performance	72.58 %	92.67 %
Moderate and severe cognitive dysfunction according to the Clock Drawing Test	30.65 %	82.00 %

 Creative Commons «Attribution» 4.0

tests, and the Clock Drawing Test. Thus, in the presence of comorbid PTSD and AUD, the likelihood of dementia of any severity according to the MMSE increased 7.24-fold (95% CI=2.74-19.14; p=0.001), with very high sensitivity (95.97%) and moderate specificity (23.33%). Indeed, combatants with comorbid PTSD, AUD, and dementia of any severity according to the MMSE (18.33±0.12 points; n=105) differed from individuals in the same group with moderate cognitive impairment (24.33±0.14 points; n=19; p<0.05) by significantly lower cognitive function according to the MoCA (20.82±0.37 vs. 23.62±0.67 points; p<0.05) and higher fasting glucose levels (6.79±0.06 vs. 6.18±0.09 mmol/L; p<0.01). It may be assumed that impaired carbohydrate metabolism is accompanied by peripheral insulin resistance, which may also develop in brain tissue and contribute to cognitive dysfunction.

In contrast, according to multivariable logistic regression analysis, the SAGE test demonstrated low sensitivity (25.00%) and very high specificity (95.97%) (Table 2). The combination of PTSD and AUD increased the likelihood of marked cognitive dysfunction (≤14 points) by 3.30-fold (95% CI=1.87-7.85; p=0.0002) (Table 1). Indeed, normal SAGE scores were not observed at all among combatants with comorbid PTSD and AUD, while 25% of those examined had marked cognitive dysfunction (13.45±0.12 points).

The combination of PTSD and AUD also proved to be a prognostic marker of medium and low memory performance on the 10-Word Recall Test, with the likelihood increasing 33.45-fold compared with patients with isolated PTSD (95% CI=6.12-69.39; p<0.0001), with a sensitivity of 72.58% and specificity of 92.67% (Tables 1 and 2). High memory performance (8-10 points) was not observed in any combatant with PTSD and AUD, whereas medium and low memory performance (≤4.0 points) was diagnosed in 60.48% of those examined.

Alcohol use disorders also significantly increased the likelihood of moderate and severe impairment of cognitive and executive functions according to the Clock Drawing Test by 2.04-fold (95% CI=1.14-3.54; p=0.0152), with a sensitivity of 30.65% and specificity of 82.00% (Tables 1 and 2). Indeed, among patients with comorbid PTSD and AUD, a normal Clock Drawing Test score (9-10 points) was observed in only 3.22%.

DISCUSSIONS

Alcohol use disorders among combatants represent a significant problem [16], and their prevalence is expected to increase further among Ukrainian combatants [17]. We found that AUD in combatants increased the frequency of difficulties with concentration and feelings of loneliness, fluctuations in blood pressure, episodes of dizziness, and flashbacks, which, according to the literature, were also frequently associated with sleep disturbances [18]. According to our findings, AUD were significant prognostic markers of dementia according to the MMSE, cognitive dysfunction according to the SAGE and Clock Drawing Test, as well as medium and low memory performance. No studies assessing the prognostic value of the impact of AUD on cognitive function in combatants with PTSD were identified in the available literature. Therefore, the patterns described above may serve both as tools for the precise diagnosis of AUD in the presence of substantially poorer cognitive performance among combatants with PTSD and, conversely, for the identification of cognitive dysfunction [11] and the risk of dementia in cases of comorbid PTSD and AUD.

The literature has reported an n-shaped association between glycated hemoglobin levels and MMSE and MoCA test results in patients with AUD, indicating the need to monitor glucose levels in such patients [19]. We confirmed these findings: combatants with comorbid PTSD, AUD, and dementia according to the MMSE differed from those with moderate cognitive impairment by significantly higher levels of hyperglycemia. This allowed us to hypothesize that impaired carbohydrate metabolism causes peripheral insulin resistance and may also induce insulin resistance in brain tissue, thereby contributing to deterioration of cognitive function.

The multivariable logistic regression analysis we performed complemented the available literature by demonstrating that AUD increased the risks of snoring by 1.14-fold (95% CI=1.07-1.22), having an evening chronotype of sleep onset by 1.28-fold (95% CI=1.20–1.37), and experiencing difficulty waking in the morning by 1.24-fold (95% CI=1.13-1.36); all p<0.001 [20].

CONCLUSIONS

Alcohol use disorders in combatants increased the frequency of difficulties with concentration and feelings of loneliness, fluctuations in blood pressure, episodes of dizziness, and flashbacks. In combatants with PTSD, AUD was a prognostic marker of difficulty concentrating, increasing its likelihood by 9.76-fold (p<0.0001), and of feelings of loneliness, increasing its likelihood by 1.69-fold (p=0.057). The comorbidity of PTSD and AUD increased the likelihood of dementia according to the MMSE by 7.24-fold (p=0.001), cognitive dysfunction according to the SAGE by 3.30-fold (p=0.0002) and the Clock Drawing Test by 2.04-fold (p=0.015), and medium and low memory performance by 33.45-fold (p<0.0001).

Article Declarations

Prospects for further research. Further research should focus on assessing the prognostic value of alcohol use disorders in relation to the development and severity of anxiety and depressive symptoms in combatants, particularly in the context of comorbid post-traumatic stress disorder.

Study limitations. This study has several limitations. First, the study included only male combatants receiving inpatient treatment, which may limit the generalizability of the findings to female military personnel, veterans, outpatients, and other populations with PTSD. Second, the study was conducted in a single clinical setting and therefore may not fully reflect the characteristics of combatants treated in other institutions or regions. Third, cognitive function was assessed primarily using screening neuropsychological tools rather than an extensive standardized neuropsychological battery. In addition, the observational design does not allow causal relationships to be established between alcohol use disorders and cognitive impairment. Potential confounding factors, including previous traumatic brain injury, duration and severity of PTSD and alcohol use, pharmacological treatment, sleep disturbances, and other psychiatric or somatic comorbidities, may also have influenced cognitive performance and were not comprehensively controlled in the present analysis. Therefore, the identified associations should be interpreted as prognostic relationships rather than evidence of direct causality.

Primary data and materials. The author of the manuscript certifies that the work uses the results of his own clinical studies, which were systematized and analyzed by the author. Primary data include summary patient outcomes, protocols, and derived quantitative characteristics. All materials are preserved and can be provided upon reasonable request to the author, taking into account the requirements of confidentiality and ethical norms.

Research ethics. The author of the manuscript certifies that the study was conducted using data from primary medical records and included clinical observations of patients. Materials related to examination and scientific research and treatment of patients comply with the norms of bioethics, as evidenced by the conclusion of the commission on bioethics of Danylo Halytsky Lviv National Medical University (protocol No. 1 dated January 20, 2025).

Conflict of interest. The author declares that there is no conflict of interest related to the conduct of this study, its results, or their publication.

Declaration of AI use. No artificial intelligence tools were used in the design, conduct, analysis, interpretation, or preparation of this manuscript.

Funding. This study received no external financial support and was conducted using the author's own funds.

Author Contributions (CRediT taxonomy)

Oleg S. Fitkalo – A, B, C, D, E, F ORCID: 0009-0001-3104-0369

For correspondence with the authors, please contact the journal's editorial office at usmyj@nmu.ua

REFERENCES

1. Huțul TD, Karner-Huțuleac A, Măirean C, Huțul A. War's unseen wounds: physical proximity to the war, event centrality, and PTSD symptoms in the context of Russian-Ukrainian armed conflict: a moderating model. Psychol Trauma. 2026;18(5):925-933. https://doi.org/10.1037/tra0001756
2. Palgi Y, Greenblatt-Kimron L, Hoffman Y, Segel-Karpas D, Ben-David B, Shenkman G, et al. PTSD symptoms and subjective traumatic outlook in the Israel-Hamas war: capturing a broader picture of posttraumatic reactions. Psychiatry Res. 2024;339:116096. https://doi.org/10.1016/j.psychres.2024.116096
3. Vyas K, Murphy D, Greenberg N. Cognitive biases in military personnel with and without PTSD: a systematic review. J Ment Health. 2023;32(1):248-259. https://doi.org/10.1080/09638237.2020.1766000
4. Togher L, Douglas J, Turkstra LS, Welch-West P, Janzen S, Harnett A, et al. INCOG 2.0 guidelines for cognitive rehabilitation following traumatic brain injury, part IV: cognitive-communication and social cognition disorders. J Head Trauma Rehabil. 2023;38(1):65-82. https://doi.org/10.1097/HTR.0000000000000835
5. Cations M, Cook JM, Nichter B, Esterlis I, Pietrzak RH. Subjective cognitive difficulties and posttraumatic stress disorder interact to increase suicide risk among middle-aged and older US military veterans. Int Psychogeriatr. 2023:1-9. https://doi.org/10.1017/S1041610222001053
6. Moye J, Kaiser AP, Cook JM, Fischer IC, Levy BR, Pietrzak RH. Characteristics and correlates of ten-year trajectories of posttraumatic stress symptoms in older U.S. military veterans. Am J Geriatr Psychiatry. 2023;31(11):889-901. https://doi.org/10.1016/j.jagp.2023.05.011
7. Kaufman CC, Vujanovic AA, Murphy JG, Rosmarin DH. The association between PTSD symptom clusters and religion/spirituality with alcohol use among first responders. J Psychiatr Res. 2024;176:304-310. https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2024.06.015

 Creative Commons «Attribution» 4.0

8. Kim JM, Kang HJ, Kim JW, Jang H, Kim JC, Lee JY, et al. Delayed effects of alcohol consumption on the association between serum BDNF levels and post-traumatic stress disorder development over two-years. Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry. 2024;135:111106. https://doi.org/10.1016/j.pnpbp.2024.111106
9. Peltier MR, Verplaetse TL, Altemus M, Zakiniaeiz Y, Ralevski EA, Mineur YS, et al. The role of neurosteroids in posttraumatic stress disorder and alcohol use disorder: a review of 10 years of clinical literature and treatment implications. Front Neuroendocrinol. 2024;73:101119. https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2023.101119
10. Angerville B, Jurdana MA, Martinetti MP, Sarba R, Nguyen-Khac É, Naassila M, et al. Alcohol-related cognitive impairments in patients with and without cirrhosis. Alcohol Alcohol. 2024;59(2):agae008. https://doi.org/10.1093/alcalc/agae008
11. Стаднік СМ, Радченко ОМ, Комариця ОЙ. Удосконалення діагностики когнітивних розладів у військовослужбовців під час військово-лікарської експертизи. Укр журн військ медицини. 2025;6(4):140-146. https://doi.org/10.46847/ujmm.2025.4(6)-140
12. Liu Q, Liu C, Hu F, Deng X, Zhang Y. Non-alcoholic fatty liver disease and longitudinal cognitive changes in middle-aged and elderly adults. Front Med (Lausanne). 2022;8:738835. https://doi.org/10.3389/fmed.2021.738835
13. Марута НО, Панько ТВ, Явдак ІА, та ін. Критерії якості життя у психіатричній практиці. Марута НО, ред. Харків: РИФ Арсис, ЛТД; 2004. 240 с.
14. Chun CT, Seward K, Patterson A, Melton A, MacDonald-Wicks L. Evaluation of available cognitive tools used to measure mild cognitive decline: a scoping review. Nutrients. 2021;13(11):3974. https://doi.org/10.3390/nu13113974
15. Tumin D, Hayney M, Winsett RP. Describing and presenting multivariable regression models. Prog Transplant. 2020;30(4):303-305. https://doi.org/10.1177/1526924820959774
16. Patel TA, Bourassa KJ, Calhoun PS, Beckham JC, Pugh MJ, Kimbrel NA. Deployment-related toxic exposures, mental health problems, and suicide outcomes among Gulf War era U.S. veterans. J Psychiatr Res. 2025;191:402-408. https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2025.09.036
17. Hyland P, Shevlin M, Karatzias T, Bondjers K, Scherbakova A, Sulaieva O, et al. Clinician assessed rates of PTSD and complex PTSD in a medical-rehabilitation sample of active-duty military personnel in the Armed Forces of Ukraine. Acta Psychiatr Scand. 2026;153(2):133-139. https://doi.org/10.1111/acps.70050
18. Boiko DI, Shkodina A, Uddin ME, Rahman MH, Mohammed Abdul Kader. Probable trauma-associated sleep disorder among Ukrainian combatants with stress-related mental disorders. Sleep Med. 2025;136:106803. https://doi.org/10.1016/j.sleep.2025.106803
19. Deng M, Wang G, Gao X, Wang Y, Ni Y, Chen Y, et al. The nonlinear association between HbA1c and cognitive impairment in patients with alcohol use disorder. J Addict Dis. 2024;42(1):5-13. https://doi.org/10.1080/10550887.2022.212079
20. Zheng JW, Ai SZ, Chang SH, Meng SQ, Shi L, Deng JH, et al. Association between alcohol consumption and sleep traits: observational and Mendelian randomization studies in the UK Biobank. Mol Psychiatry. 2024;29(3):838-846. https://doi.org/10.1038/s41380-023-02375-7

ПРОГНОСТИЧНА ЦІННІСТЬ РОЗЛАДІВ ВЖИВАННЯ АЛКОГОЛЮ У КОМБАТАНТІВ З ПОСТТРАВМАТИЧНИМ СТРЕСОВИМ РОЗЛАДОМ ЩОДО ВИРАЖЕНОСТІ КОГНІТИВНОЇ ДИСФУНКЦІЇ

Олег С. Фітькало

ДНТ «Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького»,
м. Львів, Україна

РЕЗЮМЕ

Вступ. Дані літератури щодо впливу розладів вживання алкоголю (РВА) на когнітивну функцію у комбатантів з посттравматичними стресовими розладами (ПТСР) дотепер не є одностайними, що зумовило доцільність та актуальність нашого дослідження.

Мета. Оцінити прогностичну цінність розладів вживання алкоголю у комбатантів з посттравматичним стресовим розладом щодо вираженості когнітивної дисфункції.

Матеріали та методи. Проаналізовано результати обстеження 274 стаціонарних пацієнтів з ПТСР, усі чоловіки, учасники бойових дій, віком 20-56 років, які залежно від РВА поділені на дві групи: з ізольованим ПТСР та з ПТСР, поєднаним з РВА. Діагностика ПТСР проведена за наказом МОЗ України від 23.02.2016 №121, РВА – за тестами CAGE, AUDIT та CIWA-Ar, когнітивної функції – за тестами MMSE, MoCA, SAGE, малюванням годинника та запам'ятовуванням 10 слів. Результати опрацьовані статистично, подані як (M±m). Прогностична цінність визначена за мультиваріантним логістично-регресивним аналізом.

Результати. Розлади вживання алкоголю у комбатантів збільшували частоту затруднень концентрації і відчуття самотності, коливань артеріального тиску, епізодів запаморочення та флешбеків. РВА у комбатантів з ПТСР були прогностичним маркером утруднення концентрації уваги у 9,76 раза (p<0,0001) та відчуття самотності в 1,69 раза (p=0,057). Поєднання ПТСР з РВА призводило до зростання ймовірності деменції за MMSE у 7,24 раза (p=0,001), когнітивної дисфункції за SAGE у 3,30 раза (p=0,0002) і тестом малювання годинника у 2,04 раза (p=0,015) та до середньої та низької продуктивності пам'яті у 33,45 раза (p<0,0001).
Висновки. Розлади вживання алкоголю у комбатантів з посттравматичним стресовим розладом є маркером когнітивної дисфункції, що збільшують її ймовірність та важкість.

Ключові слова: розлад вживання алкоголю, посттравматичний стресовий розлад, когнітивна дисфункція комбатант, психологічне тестування

Received: June 02, 2026
Accepted: August 14, 2026
Published online: September 16, 2026

 Creative Commons «Attribution» 4.0

UDC: 616.98:578.834COVID19]-085-053.2:616-07-037
DOI: https://doi.org/10.32345/USMYJ.3(164).2026.73-81

PROGNOSTIC VALUE OF BIOMARKERS FOR THE DURATION OF INPATIENT TREATMENT IN CHILDREN WITH COVID-19

Iryna Yu. Seriakova[1], Vitalii V. Yevtushenko[1], Sergiy O. Kramarov[1], Mariia O. Dudnikova[2]

1 – Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine
2 – PHEI «European university», Kyiv, Ukraine

ABSTRACT

Introduction. COVID-19 in children usually has a mild or moderate course, but in some patients, it is associated with a prolonged clinical course and requires longer hospitalization. Identification of early prognostic biomarkers may improve clinical assessment and prognostic stratification of the disease.

Aim. The aim of the study was to determine the prognostic significance of the biomarkers NSE, S100, IFABP, NGAL, and E-selectin for the duration of inpatient treatment in children with COVID-19 to facilitate individualized treatment strategies.

Materials and methods. This retrospective comparative observational study included 88 children with laboratory-confirmed COVID-19 who were hospitalized in 2022-2023. Patients were divided into two groups according to the duration of hospitalization: ≤5 days (n=47) and >5 days (n=41). Serum levels of NSE, S100, IFABP, NGAL, and E-selectin were determined by ELISA during hospitalization. Statistical analysis was performed using the licensed statistical software EZR (version 1.54), including the Mann–Whitney U test, Pearson's χ^2 test, Spearman's correlation analysis, and ROC analysis with determination of the area under the curve (AUC), sensitivity, and specificity. The statistical significance level was set at $p<0.05$.

Results. Children hospitalized for more than 5 days had higher levels of IFABP and NGAL than those with a shorter hospital stay ($p<0.05$). According to the ROC analysis, the highest predictive value for prolonged hospitalization was demonstrated by IFABP (AUC=0.791) and NGAL (AUC=0.719), whereas E-selectin showed moderate predictive performance (AUC=0.663), and NSE and S100 showed limited predictive performance (AUC=0.591 and AUC=0.582, respectively). Correlation analysis confirmed statistically significant positive associations between the duration of hospitalization and the levels of IFABP ($\rho=0.623$; $p=0.009$), NGAL ($\rho=0.611$; $p=0.01$), and E-selectin ($\rho=0.408$; $p=0.004$).

Conclusions. IFABP and NGAL are the most informative predictors of the duration of inpatient treatment in children with COVID-19. E-selectin has additional moderate prognostic value, whereas NSE and S100 have limited prognostic value. Elevated levels of IFABP, NGAL, and E-selectin are associated with longer hospitalization and may potentially serve as predictors of a prolonged disease course; however, these findings require further confirmation in prospective multicenter studies.

Keywords: COVID-19, biomarker, NSE, S100, E-selectin, IFABP, NGAL, children, duration of hospitalization, bed days.

INTRODUCTION

Coronavirus disease (COVID-19) remains a relevant topic of scientific research. As of June 2026, more than 779 million laboratory-confirmed cases of COVID-19 had been reported worldwide, with more than 7 million deaths. In Ukraine, more than 5.5 million laboratory-confirmed cases and over 109000 deaths had been registered during this period [1].

COVID-19 in children is characterized by a predominantly mild or moderate course; however, some patients have a prolonged clinical course requiring longer hospitalization and more intensive observation. Although severe forms of COVID-19 occur less frequently in children than in adults, this group of patients is not homogeneous in terms of the risk of complications. Therefore, there is a need to identify early methods for predicting the course of the disease [2, 3].

Available studies demonstrate that the course of COVID-19 is determined not only by respiratory

Creative Commons «Attribution» 4.0

system damage but also by a systemic inflammatory response involving the endothelium, intestines, nervous system, cardiovascular system, and excretory system [4, 5]. In this context, biomarkers of organ and system damage that can reflect the degree of systemic inflammation and predict the clinical dynamics of the disease are of particular interest [6, 7].

Potentially informative markers include intestinal fatty acid-binding protein (IFABP) as an indicator of intestinal barrier damage, neutrophil gelatinase-associated lipocalin (NGAL) as a marker of neutrophil activation and early kidney injury, E-selectin as an indicator of endothelial dysfunction, and neuron-specific enolase (NSE) and S100 protein as markers of neuronal damage [8-12].

Intestinal barrier dysfunction in COVID-19 may contribute to the translocation of microbial components and the persistence of systemic inflammation, which may be associated with a more severe and prolonged course of infection. This is supported by the study by Onuk et al. (2025), in which the authors emphasize the association between higher IFABP levels and COVID-19 severity [13]. NGAL levels are also associated with early manifestations of organ dysfunction and worse clinical outcomes in patients with severe infectious processes [14, 15].

E-selectin levels are also associated with increasing disease severity and longer hospital stays. According to Shi et al. (2022), E-selectin is associated with endothelial activation in COVID-19, including increased expression of adhesion molecules and induction of endothelial dysfunction, which may reflect a more pronounced systemic inflammatory response and a more severe course of the disease [16].

In contrast, NSE and S100 are considered markers of neuronal damage and glial cell activation. Several studies have associated these biomarkers mainly with severe forms of COVID-19 and the development of neurological complications [9, 17-19].

Despite the available evidence regarding the potential role of individual biomarkers of systemic inflammation and organ dysfunction, their prognostic value for the duration of inpatient treatment in children remains poorly understood and requires further investigation. In this regard, a comprehensive assessment of NSE, S100, IFABP, NGAL, and E-selectin levels as potential predictors of the duration of hospitalization in children with COVID-19 is warranted.

Considering the current literature indicating an association between systemic inflammation, endothelial and intestinal barrier damage, organ dysfunction, and COVID-19 severity, we hypothesized that biomarker levels would be associated with the duration of inpatient treatment in children.

AIM

The aim of the study was to determine the prognostic significance of the biomarkers NSE, S100, IFABP, NGAL, and E-selectin on the duration of inpatient treatment in children with COVID-19 to improve individualized treatment.

MATERIALS AND METHODS

The study had a retrospective, comparative, and observational design and was conducted in the Kyiv City Children's Clinical Infectious Diseases Hospital during 2022-2023. The study included 88 children aged 0 to 18 years with laboratory-confirmed COVID-19.

All patients were divided into two groups based on the duration of inpatient treatment: short-term hospital stay ≤5 days (n=47) and long-term >5 days (n=41). This division was used to further analyze the association of biomarker levels with the duration of hospitalization as a clinically significant indicator of the severity of the disease.

Clinical and laboratory examination included assessment of the general condition of patients, analysis of clinical manifestations and comorbidities. The severity of COVID-19 corresponded to mild and moderate forms. Critical cases of the disease were not included in the study.

The laboratory stage of the study involved venous blood sampling during hospitalization with subsequent determination of the concentrations of biomarkers NSE, S100, IFABP, NGAL and E-selectin in blood serum by enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). The study was performed in the immunology laboratory of the Research Institute of Experimental and Clinical Medicine of the Bogomolets National Medical University using certified commercial test systems in accordance with the manufacturer's instructions. The characteristics of the diagnostic kits used (measurement range and analytical sensitivity) are given in Table 1. The test systems used provided high analytical accuracy and reproducibility of the results.

The inclusion criteria were children under 18 years of age with confirmed COVID-19 whose parents or legal guardians provided informed consent. The exclusion criteria were the absence of laboratory confirmation of infection; refusal to participate in the study by the child or their parents or legal representatives; and the presence of comorbidities affecting the nervous, cardiovascular, respiratory, or excretory systems, as well as hematological or oncological diseases, as these conditions could affect

 Creative Commons «Attribution» 4.0

Table 1. Characteristics of scientific kits for biomarker research

Biomarker	Set (manufacturer, country)	Measurement range	Sensitivity
IFABP	Fine Test, China	0.156-10 ng/ml	0.094 ng/ml
NGAL	BT-LabKit, China	5-600 ng/ml	2.01 ng/ml
NSE	Fujirebio, Sweden	1-150 µg/l	0.04 µg/l
S100	Fujirebio, Sweden	1-3500 ng/l	0.05 ng/l
E-selectin	BT-Lab Kit, China	0.1-40 ng/ml	0.055 ng/ml

the levels of the studied biomarkers. Participants who withdrew from the study at any stage were also excluded.

The study was conducted in accordance with the principles of the Declaration of Helsinki, evidence-based medicine, bioethics, and good clinical practice. The study protocol was approved by the local ethics committee of the hospital (Protocol No. 13, dated February 14, 2022). All patients or their legal representatives provided written informed consent. The study involved no additional risks.

Statistical data processing was performed using the licensed software EZR (version 1.54), a graphical user interface for R statistical software (version 4.0.3; R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria). The normality of the data distribution was assessed using the Shapiro–Wilk test. Quantitative variables with a normal distribution were presented as M±SD, whereas variables with a non-normal distribution were presented as Me [Q1; Q3]. Categorical variables were presented as absolute numbers and percentages (n, %).

For comparison of groups, Student's t-test or the Mann–Whitney U test was used, depending on the distribution of the data. For categorical variables, Pearson's χ^2 test or Fisher's exact test was used. Relationships between variables were assessed using Spearman's rank correlation coefficient. The predictive value of biomarkers for the duration of hospitalization was assessed using ROC analysis, with determination of the area under the curve (AUC), sensitivity, specificity, and 95% confidence intervals (CIs). The significance level was set at 5% ($p<0.05$), and 95% CIs were used.

RESULTS

The clinical and demographic characteristics of the patients are shown in Table 2.

The mean age of children in the groups did not differ statistically significantly and was 5.7±1.13 and 5.3±0.82 years, respectively (p=0,07). The gender distribution was also comparable between the groups: the proportion of boys was 65.9% in the shorter hospitalization group and 46.3% in the longer stay group (p=0.06). The frequency of comorbidities did not differ statistically significantly between the groups (14.9% and 29.3%, respectively; p=0.20). Among the comorbidities, atopic dermatitis, urticaria, infectious mononucleosis and influenza were the most frequently recorded.

The results obtained indicate the comparability of the groups in the terms of basic clinical and demographic characteristics and comorbidities.

To assess the impact of the studied biomarkers on the inpatient treatment duration, all patients were divided into two groups depending on the duration of hospitalization: ≤5 days and >5 days. The threshold value of 5 days was chosen according to the median duration of stay of children in the hospital. The results are presented in Table 3.

Patients who were hospitalized for more than 5 days had higher median values of all studied biomarkers compared to children who were hospitalized for less than 5 days (Table 3). At the same time, statistically significant differences between the groups were

Table 2. Clinical and demographic characteristics of patients

Indicator	Hospitalization ≤5 days (n=47)	Hospitalization >5 days (n=41)	p
Age, years, M ± SD	5.7±1.13	5.3±0.82	>0.05*
Gender, n (%)			
Boys	31 (65.9%)	19 (46.3%)	>0.05**
Girls	16 (34.1%)	22 (53.7%)	
Duration of hospitalization, days, Me [min–max]	4 [2-5]	7 [6-11]	<0.05***
Comorbidity, n (%)	7 (14.9%)	12 (29.3%)	>0,05**

Note: *Student's t-test, **Pearson's x^2-test or Fisher's exact test, ***Mann–Whitney test.

Table 3. Biomarkers levels depending on the duration of hospitalization in children with COVID-19

Biomarkers	Hospitalization ≤5 days (n=47)	Hospitalization >5 days (n=41)	p*
NSE, μg/l	12.71 [8.24; 18.87]	15.19 [8.46; 22.24]	>0.05
S100, ng/l	163.49 [146.41; 180.61]	173.14 [141.16; 190.84]	>0.05
IFABP, ng/ml	16.42 [11.65; 38.98]	17.42 [12.99; 42.04]	<0.05
NGAL, ng/ml	80.59 [55,45; 288.24]	104.91 [58.11; 307.33]	<0.05
E-selectin, ng/ml	12.02 [7.23; 22.16]	15.06 [8.63; 26.83]	>0.05

Note: *Mann–Whitney test

found only for IFABP and NGAL markers. The level of IFABP in the long-term hospitalization group was 17.42 [12.99; 42.04] ng/ml versus 16.42 [11.65; 38.98] ng/ml in the shorter-stay group (p=0.02), that may be associated with more pronounced damage to the intestinal barrier in children with a longer course of the disease. A similar trend was observed for NGAL, which was higher in children with a hospital stay of >5 days (104.91 [58.11; 307.33] ng/ml vs. 80.59 [55.45; 288.24] ng/ml; p=0.04), which is associated with a more active systemic inflammatory response and involvement of renal/neutrophil mechanisms. NSE, S100, and E-selectin also tended to increase with longer hospital stays, but these differences did not reach statistical significance (p>0.05), which may indicate their less pronounced predictive value for the duration of inpatient treatment in this sample.

To assess the prognostic value of the studied biomarkers regarding the duration of hospitalization, ROC analysis was performed with determination of AUC, sensitivity and specificity of optimal threshold values. The results are presented in Table 4.

According to the results of the ROC analysis (Table 4), the highest predictive value for the duration of hospitalization was demonstrated by IFABP (AUC=0.791; 95% CI: 0.599-0.861), indicating good discriminatory ability. NGAL also demonstrated good predictive performance (AUC=0.719; 95% CI: 0.512-0.890). E-selectin demonstrated satisfactory discriminatory ability (AUC=0.663; 95% CI: 0.511-0.771). Low discriminatory ability was observed for NSE and S100 (AUC=0.591; 95% CI: 0.431-0.690 and AUC=0.582; 95% CI: 0.459-0.722, respectively).

Thus, the most promising biomarkers for the early prediction of hospitalization lasting more than 5 days in children with COVID-19 are IFABP and NGAL. They demonstrated the highest AUC values and the best discriminatory performance among the biomarkers studied. E-selectin also showed moderate prognostic value and can be considered an additional marker for assessing the risk of prolonged inpatient treatment.

Spearman's correlation analysis was performed to assess the relationship between biomarker levels and the duration of inpatient treatment. The results are presented in Table 5 and Figure 1.

Table 5. Correlation analysis between the biomarker levels and duration of hospitalization in patients with COVID-19

Biomarkers	Spearman's ρ	p
NSE	0.129	>0.05
S100	0.281	0.05
IFABP	0.623	<0.05
NGAL	0.611	<0.05
E-selectin	0.408	<0.05

Statistically significant positive correlations were established between the duration of hospitalization and the levels of IFABP (ρ=0.623; p=0.009), NGAL (ρ=0.611; p=0.01), and E-selectin (ρ=0.408; p=0.004), indicating moderate correlations (Table 5, Fig. 1). For S100 (ρ=0.281; p=0.05), a weak correlation at the borderline of statistical significance was observed,

Table 4. ROC analysis of the predictive value of biomarkers for length of hospitalization (>5 days)

Biomarkers	Threshold level	Sensitivity (%)	Specificity (%)	AUC	95% CI
NSE, μg/l	16.347	63.2%	77.3%	0.591	0.431-0.690
S100, ng/l	158.024	59.7%	81.2%	0.582	0.459-0.722
IFABP, ng/ml	30.814	74.2%	66.5%	0.791	0.599-0.861
NGAL, ng/ml	79.699	57.9%	80.6%	0.719	0.512-0.890
E-selectin, ng/ml	15.013	78.8%	81.4%	0.663	0.511-0.771

Creative Commons «Attribution» 4.0

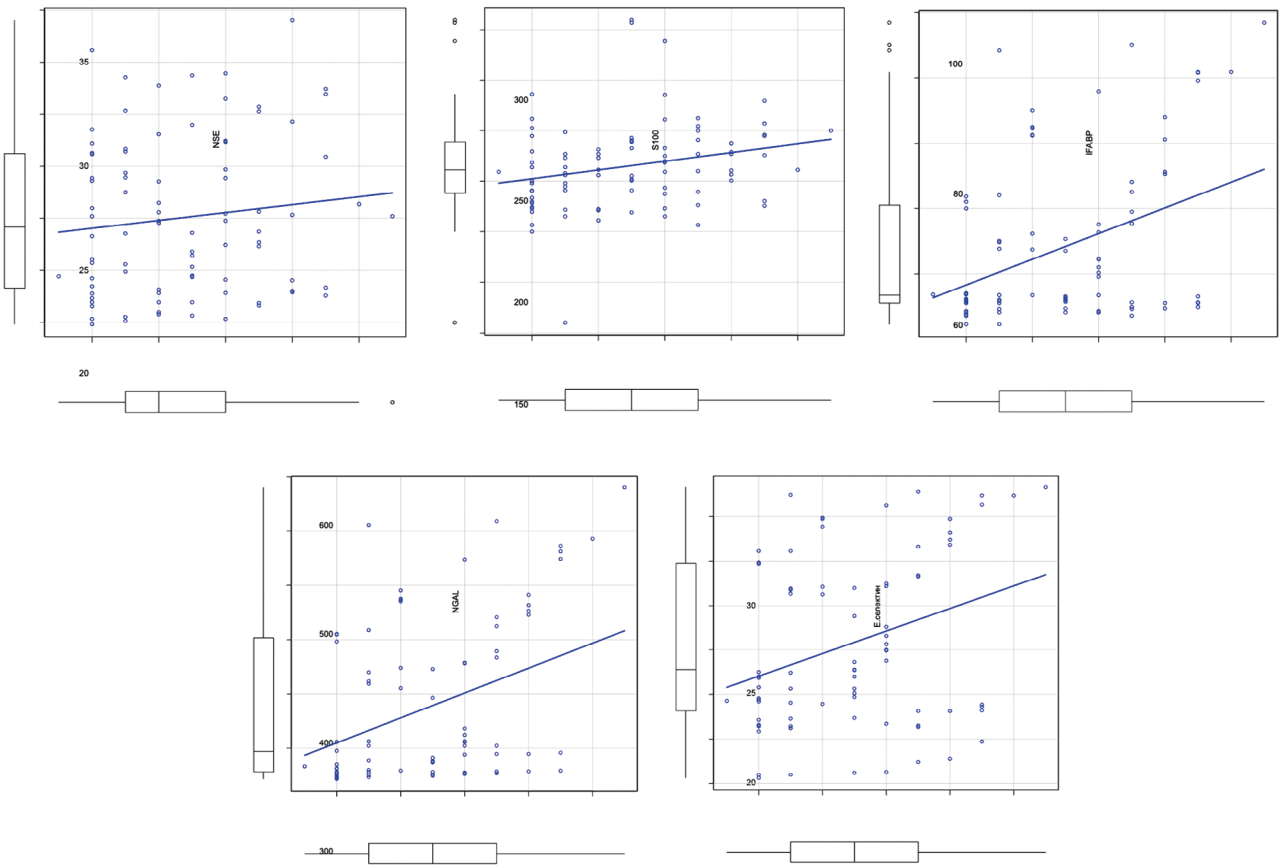


Fig. 1. Correlation analysis between the biomarker levels and duration of hospitalization in patients with COVID-19

whereas no statistically significant correlation was found for NSE (ρ=0.129; p=0.06).

Thus, the results of the correlation analysis confirm that IFABP and NGAL are the most informative biomarkers with regard to the duration of inpatient treatment in children with COVID-19, demonstrating the strongest correlations and showing results consistent with those of the ROC analysis.

DISCUSSION

The study demonstrated that IFABP and NGAL had the greatest prognostic value with regard to the duration of inpatient treatment in children with COVID-19. Patients hospitalized for more than 5 days had significantly higher levels of IFABP and NGAL, as demonstrated by comparative analysis, ROC analysis, and correlation analysis. These findings are consistent with those of Tyszko et al. (2022), who investigated IFABP levels in patients with COVID-19 and demonstrated an association between elevated IFABP levels, adverse clinical outcomes, and higher mortality. Similar findings were reported by Saia et al. (2021), who found that IFABP concentrations increased with increasing disease severity and may serve as a potential predictor of an unfavorable clinical course, which was associated with longer hospitalization [8, 20].

The finding of significantly elevated IFABP levels in children with prolonged hospital stays is particularly noteworthy. IFABP is a marker of enterocyte injury and reflects the degree of intestinal barrier damage. In the present study, this biomarker not only demonstrated statistically significant differences between the groups but also had the highest discriminatory performance (AUC=0.791) and showed a strong correlation with the duration of hospitalization (ρ=0.623; p=0.009). These results suggest a possible association between intestinal barrier damage and a prolonged course of COVID-19 in children. This finding is consistent with the results of Tsounis et al. (2023), who identified intestinal barrier dysfunction as one of the potential mechanisms underlying severe COVID-19. The authors noted that increased intestinal permeability promotes the translocation of microbial products into the systemic circulation and sustains a systemic hyperinflammatory response, which may contribute to adverse clinical outcomes [21].

Similar patterns were observed for NGAL, a marker of neutrophil activation and early renal injury. The increase in NGAL levels in children hospitalized for more than 5 days (p=0.04), its positive correlation with the duration of treatment (ρ=0.611; p=0.01),

and the ROC analysis results (AUC=0.719; 95% CI: 0.512–0.890) suggest an association between systemic inflammation, possible subclinical kidney injury, and a prolonged disease course. These findings are consistent with the available literature, in which NGAL is considered a sensitive marker of early organ dysfunction and has been associated with acute kidney injury, shock, longer hospitalization, and higher in-hospital mortality in patients with COVID-19 [22, 23].

E-selectin demonstrated a moderate correlation with the duration of hospitalization (ρ=0.408; p=0.004) and satisfactory discriminatory ability (AUC=0.663; 95% CI: 0.511–0.771), reflecting the potential role of endothelial activation in the pathogenesis of COVID-19. An increase in E-selectin levels may indicate involvement of the vascular component of the inflammatory response, although its prognostic value was lower than that of IFABP and NGAL. This finding is consistent with published studies demonstrating an association between E-selectin levels, a more severe course of COVID-19, and more pronounced endothelial dysfunction [24, 25].

In contrast, NSE and S100 did not demonstrate a statistically significant association with the duration of inpatient treatment. Weak or borderline correlations were observed (ρ=0.129 and ρ=0.281, respectively), indicating the limited prognostic value of these biomarkers for predicting the length of hospitalization. These findings may be explained by the predominance of mild and moderate forms of COVID-19 in the studied cohort, in which neuronal damage may be less pronounced and may have a limited impact on the clinical course and the need for prolonged inpatient treatment. This is consistent with the literature; in particular, studies by Sahin et al. (2022) and Kokkoris et al. (2022) emphasize the role of these biomarkers primarily in severe COVID-19 and neurological complications [17, 26].

It is important to note that the results of the ROC analysis were generally consistent with those of the correlation analysis. IFABP and NGAL, which had the highest correlation coefficients with the duration of hospitalization (ρ=0.623 and ρ=0.611, respectively), also demonstrated the best discriminatory performance for predicting prolonged inpatient treatment. At the same time, E-selectin, despite its moderate AUC value, showed a statistically significant positive correlation with the duration of hospitalization, supporting its potential role as a marker of endothelial activation associated with a prolonged course of COVID-19 in children. These findings indicate the potential utility of these biomarkers for early clinical assessment of the risk of prolonged hospitalization.

This study had several limitations, including the relatively small sample size (n=88) for the simultaneous assessment of five biomarkers using multiple statistical approaches, its single-center design, and its retrospective nature.

The results suggest that the combined assessment of IFABP and NGAL may provide the most informative approach for predicting the duration of inpatient treatment in children with COVID-19. Additional assessment of E-selectin may improve risk stratification by reflecting the degree of endothelial activation and systemic inflammation. This approach may facilitate the early identification of patients at increased risk of a prolonged disease course and help optimize monitoring and treatment strategies.

CONCLUSIONS

1. The duration of inpatient treatment in children with COVID-19 is associated with increased levels of biomarkers IFABP, NGAL, and E-selectin, which may reflect the involvement of the intestinal barrier, systemic inflammation, and endothelial dysfunction in shaping the protracted course of the disease.

2. The most significant prognostic value for the duration of hospitalization (>5 days) was demonstrated by IFABP (AUC=0,791) and NGAL (AUC=0,719), which also had statistically significant correlations with the duration of treatment.

3. E-selectin is characterized by moderate prognostic significance and a weaker, but statistically significant correlation with the duration of hospitalization, which is consistent with the possible role of endothelial activation of COVID-19 in children.

4. Biomarkers IFABP and NGAL, as well as E-selectin, may be considered as predictors of a prolonged course of the disease, which require further confirmation in prospective multicenter studies.

Article Declarations

Prospects for further research. Further studies should be aimed at validating IFABP, NGAL, and E-selectin in prospective multicenter studies with a larger sample of patients, as well as at creating a combined prognostic model for early prediction of the duration of hospitalization and prolonged course of COVID-19 in children.

Study limitations. The authors of the manuscript acknowledge that the limitations of this study are related to the retrospective design, single-center nature of the study, and relatively small sample size, which requires further

 Creative Commons «Attribution» 4.0

validation of the results in prospective multicenter studies. The search strategy covered PubMed (https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/).

Primary data and materials. The study was based on retrospective analysis of anonymized clinical data obtained from medical records of pediatric patients with laboratory-confirmed COVID-19 treated at Kyiv City Children's Clinical Infectious Hospital during 2022–2023. The dataset included clinical characteristics, laboratory results, and instrumental examination findings. All data were de-identified prior to analysis to ensure patient confidentiality.

Research ethics. The researchers followed all protocols and procedures prescribed by the Biomedical Research Ethics Committee, as well as the requirements of Ukrainian health legislation and the provisions of the Declaration of Helsinki (2000).

Declaration of AI use. Artificial intelligence tools were not used in the preparation of this work.

Funding. The study was conducted at the Department of Pediatric Infectious Diseases as part of the initiative-search research project "Improving the diagnostics of internal organ damage in COVID-19 in children" (state registration number 0123U105322; implementation period: 2024–2026).

Conflict of Interest. The authors declare that there is no conflict of interest related to the preparation, conduct, and publication of this study. None of the authors has any financial, commercial, or other personal relationships that could influence the interpretation of the results. The study was conducted in accordance with the principles of academic integrity and objectivity. All authors approved the final version of the manuscript.

Acknowledgements. We express our sincere gratitude to all those who provided assistance in the process of conducting the research and preparing the manuscript.

Author Contributions (CRediT taxonomy)

*Iryna Yu. Seriakova – B, D, F. ORCID: 0000-0002-2793-6584
Vitalii V. Yevtushenko – A, B, C, D, F. ORCID: 0000-0002-6610-8394
Sergiy O. Kramarov – A, E, F. ORCID: 0000-0003-2919-6644
Mariia O. Dudnikova – B, D, E, F. ORCID: 0000-0002-0768-2601

***Corresponding author:** ikovaliukh@ukr.net

REFERENCES

1. World Health Organization. WHO Coronavirus (COVID-19) Dashboard. 2026. https://covid19.who.int/
2. Dong Y, Mo X, Hu Y, Qi X, Jiang F, Jiang Z, Tong S. Epidemiology of COVID-19 Among Children in China. Pediatrics. 2020 Jun;145(6):e20200702. https://doi.org/10.1542/peds.2020-0702
3. Zimmermann P, Curtis N. Coronavirus Infections in Children Including COVID-19: An Overview of the Epidemiology, Clinical Features, Diagnosis, Treatment and Prevention Options in Children. Pediatr Infect Dis J. 2020 May;39(5):355-368. https://doi.org/10.1097/INF.0000000000002660.
4. Rabaan AA, Smajlović S, Tombuloglu H, Ćordić S, Hajdarević A, Kudić N, Al Mutai A, Turkistani SA, Al-Ahmed SH, Al-Zaki NA, Al Marshood MJ, Alfaraj AH, Alhumaid S, Al-Suhaimi E. SARS-CoV-2 infection and multi-organ system damage: A review. Biomol Biomed. 2023 Feb 1;23(1):37-52. https://doi.org/10.17305/bjbms.2022.7762.
5. Ewing AG, Salamon S, Pretorius E, Joffe D, Fox G, Bilodeau S, Bar-Yam Y. Review of organ damage from COVID and Long COVID: a disease with a spectrum of pathology. Med Rev (2021). 2024 Jul 2;5(1):66-75. https://doi.org/10.1515/mr-2024-0030.
6. Xu SW, Ilyas I, Weng JP. Endothelial dysfunction in COVID-19: an overview of evidence, biomarkers, mechanisms and potential therapies. Acta Pharmacol Sin. 2023 Apr;44(4):695-709. https://doi.org/10.1038/s41401-022-00998-0.
7. Liu A, Hammond R, Donnelly PD, Kaski JC, Coates ARM. Effective prognostic and clinical risk stratification in COVID-19 using multimodality biomarkers. J Intern Med. 2023 Jul;294(1):21-46. https://doi.org/10.1111/joim.13646
8. Saia RS, Giusti H, Luis-Silva F, Pedroso KJB, Auxiliadora-Martins M, Morejón KML, Degiovani AM, Cadelca MR, Basile-Filho A. Clinical investigation of intestinal fatty acid-binding protein (I-FABP) as a biomarker of SARS-CoV-2 infection. Int J Infect Dis. 2021 Dec;113:82-86. https://doi.org/10.1016/j.ijid.2021.09.051.
9. Savarraj J, Park ES, Colpo GD, Hinds SN, Morales D, et al. Brain injury, endothelial injury and inflammatory markers are elevated and express sex-specific alterations after COVID-19. J Neuroinflammation;2021,18(1):277. https://doi.org/10.1186/s12974-021-02323-8.
10. Isgrò MA, Bottoni P, Scatena R. Neuron-specific enolase as a biomarker: biochemical and clinical aspects. Adv Exp Med Biol;2015, 867:125–43
11. Zarei H, Roshdi Dizaji S, Toloui A, Yousefifard M, Esmaeili A. Diagnostic and Prognostic Values of S100B versus Neuron Specific Enolase for Traumatic Brain Injury; a Systematic Review and Meta-analysis. Arch Acad Emerg Med. 2024 Feb 18;12(1):e29. https://doi.org/10.22037/aaem.v12i1.2222

12. Romejko K, Markowska M, Niemczyk S. The Review of Current Knowledge on Neutrophil Gelatinase-Associated Lipocalin (NGAL). Int. J. Mol. Sci. 2023, 24, 10470. https://doi.org/10.3390/ijms241310470
13. Onuk S, Ozer NT, Sahin Ergul S, Eryilmaz Eren E, Karakukcu C, Sipahioglu H, Karayol Akin A, Gundogan K. Could serum intestinal fatty acid-binding protein and citrulline levels be predictive markers of mortality in critically ill COVID-19 patients? J Infect Dev Ctries. 2025 Jul 28;19(7):1024-1029. https://doi.org/10.3855/jidc.20862.
14. Abbas Q, Laghari P, Jurair H, Nafis J, Saeed B, Qazi MF, Saleem A, Khan AHH, Haque A. Neutrophil Gelatinase-Associated Lipocalin as a Predictor of Acute Kidney Injury in Children With Shock: A Prospective Study. Cureus. 2023 Jan 30;15(1):e34407. https://doi.org/10.7759/cureus.34407
15. Zou Z, Chen B, Tang F, Li X, Xiao D. Predictive value of neutrophil gelatinase-associated lipocalin in children with acute kidney injury: A systematic review and meta-analysis. Front Pediatr. 2023 Mar 27;11:1147033. https://doi.org/10.3389/fped.2023.1147033
16. Shi H, Zuo Y, Navaz S, Harbaugh A, Hoy CK, Gandhi AA, Sule G, Yalavarthi S, Gockman K, Madison JA, Wang J, Zuo M, Shi Y, Maile MD, Knight JS, Kanthi Y. Endothelial Cell-Activating Antibodies in COVID-19. Arthritis Rheumatol. 2022 Jul;74(7):1132-1138. https://doi.org/10.1002/art.42094
17. Sahin BE, Celikbilek A, Kocak Y, Saltoglu GT, Konar NM, Hizmali L. Plasma biomarkers of brain injury in COVID-19 patients with neurological symptoms. J Neurol Sci. 2022 Aug 15;439:120324. https://doi.org/10.1016/j.jns.2022.120324.
18. Rabczyński M, Chwałek S, Adamiec-Mroczek J, Lewandowski Ł, et al. Neutrophil Elastase, Neuron-Specific Enolase, and S100B Protein as Potential Markers of Long-Term Complications Caused by COVID-19 in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus (T2DM) and Advanced Stage of Diabetic Nephropathy (NfT2DM)-Observational Studies. Int J Mol Sci. 2024 Nov 2;25(21):11791. https://doi.org/10.3390/ijms252111791.
19. Bigot-Corbel E, Lanore A, Raulet C, Delorme C, et al. SARS-CoV-2 and neurological disorders: the revelance of biomarkers?. Ann Biol Clin (Paris). 2021 Feb 1;79(1):7-16. French. https://doi.org/10.1684/abc.2021.1622.
20. Tyszko M, Lipińska-Gediga M, Lemańska-Perek A, Kobylińska K, Gozdzik W, Adamik B. Intestinal Fatty Acid Binding Protein (I-FABP) as a Prognostic Marker in Critically Ill COVID-19 Patients. Pathogens. 2022; 11(12):1526. https://doi.org/10.3390/pathogens11121526
21. Tsounis EP, Triantos C, Konstantakis C, Marangos M, Assimakopoulos SF. Intestinal barrier dysfunction as a key driver of severe COVID-19. World J Virol. 2023 Mar 25;12(2):68-90. https://doi.org/10.5501/wjv.v12.i2.68.
22. Xu K, Shang N, Levitman A, Corker A, Kudose S, et al. Elevated Neutrophil Gelatinase-Associated Lipocalin Is Associated With the Severity of Kidney Injury and Poor Prognosis of Patients With COVID-19. Kidney Int Rep. 2021 Dec;6(12):2979-2992. https://doi.org/10.1016/j.ekir.2021.09.005.
23. Engström J, Koozi H, Didriksson I, Larsson A, Friberg H, Frigyesi A, Spångfors M. Plasma neutrophil gelatinase-associated lipocalin independently predicts dialysis need and mortality in critical COVID-19. Sci Rep. 2024 Mar 20;14(1):6695. https://doi.org/10.1038/s41598-024-57409-z.
24. Orea-Tejada A, Sánchez-Moreno C, Aztatzi-Aguilar OG, Sierra-Vargas MP, et al Plasma Endothelial and Oxidative Stress Biomarkers Associated with Late Mortality in Hospitalized COVID-19 Patients. J Clin Med. 2022 Jul 7;11(14):3950. https://doi.org/10.3390/jcm11143950.
25. Oliva A, Rando E, Al Ismail D, De Angelis M, et al. Role of Serum E-Selectin as a Biomarker of Infection Severity in Coronavirus Disease 2019. J Clin Med. 2021 Sep 6;10(17):4018. https://doi.org/10.3390/jcm10174018.
26. Kokkoris S, Stamataki E, Emmanouil G, Psachoulia C, et al. Serum inflammatory and brain injury biomarkers in COVID-19 patients admitted to intensive care unit: A pilot study. eNeurologicalSci. 2022 Dec;29:100434. https://doi.org/10.1016/j.ensci.2022.100434

ПРОГНОСТИЧНА ЦІННІСТЬ БІОМАРКЕРІВ ЩОДО ТРИВАЛОСТІ СТАЦІОНАРНОГО ЛІКУВАННЯ ДІТЕЙ ІЗ COVID-19

Ірина Ю. Серякова[1], Віталій В. Євтушенко[1], Сергій О. Крамарьов[1], Марія О. Дуднікова[2]

1 – Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, м. Київ, Україна
2 – ПВНЗ «Європейський університет», м. Київ, Україна

РЕЗЮМЕ

Вступ. COVID-19 у дітей зазвичай перебігає у легкій або середньотяжкій формі, однак у частини пацієнтів характеризується затяжним перебігом і потребує тривалішої госпіталізації. Виявлення ранніх прогностичних біомаркерів може підвищити ефективність оцінювання клінічного перебігу захворювання.

Мета. Метою дослідження було визначити прогностичну значущість біомаркерів NSE, S100, IFABP, NGAL та E-селектину щодо тривалості стаціонарного лікування дітей із COVID-19 для сприяння індивідуалізації лікувальної тактики.

 Creative Commons «Attribution» 4.0

Матеріали та методи. У ретроспективне порівняльне обсерваційне дослідження було включено 88 дітей із лабораторно підтвердженим COVID-19, які перебували на стаціонарному лікуванні у 2022–2023 роках. Пацієнтів розподілили на дві групи залежно від тривалості госпіталізації: ≤5 діб (n=47) та >5 діб (n=41). Рівні біомаркерів NSE, S100, IFABP, NGAL та E-селектину в сироватці крові визначали методом ІФА при госпіталізації. Статистичний аналіз проводили за допомогою ліцензованого програмного забезпечення EZR (version 1.54) та включав критерій Манна–Уїтні, χ^2-критерій Пірсона, кореляційний аналіз Спірмена та ROC-аналіз із визначенням площі під кривою (AUC), чутливості та специфічності. Рівень статистичної значущості становив $p<0,05$.

Результати. Встановлено, що у дітей, госпіталізованих на понад 5 діб, рівні біомаркерів IFABP та NGAL були статистично значуще вищими порівняно з пацієнтами з коротшим перебуванням у стаціонарі ($p<0,05$). За результатами ROC-аналізу найвищу прогностичну цінність щодо тривалості госпіталізації продемонстрували IFABP (AUC=0,791) та NGAL (AUC=0,719), тоді як E-селектин продемонстрував помірну дискримінаційну здатність (AUC=0,663), а NSE та S100 — низьку дискримінаційну здатність (AUC=0,591 та AUC=0,582 відповідно). Кореляційний аналіз підтвердив наявність статистично значущих позитивних зв'язків між тривалістю госпіталізації та рівнями IFABP ($\rho=0,623$; $p=0,009$), NGAL ($\rho=0,611$; $p=0,01$) та E-селектину ($\rho=0,408$; $p=0,004$).

Висновки. Біомаркери IFABP та NGAL є найбільш інформативними предикторами тривалості стаціонарного лікування дітей із COVID-19. E-селектин має додаткову помірну прогностичну цінність, тоді як NSE та S100 характеризуються обмеженою прогностичною цінністю. Підвищені рівні IFABP, NGAL та E-селектину асоціюються з більшою тривалістю госпіталізації та потенційно можуть розглядатися як предиктори затяжного перебігу захворювання, однак це потребує подальшого підтвердження у проспективних багатоцентрових дослідженнях.

Ключові слова: COVID-19, біомаркер, NSE, S100, E-селектин, IFABP, NGAL, діти, тривалість госпіталізації, ліжкодні.

Received: June 06, 2026
Accepted: August 18, 2026
Published online: September 16, 2026

UDC: 616-076:53.082.1:620.3
DOI: https://doi.org/10.32345/USMYJ.3(164).2026.82-89

BACTERIAL NANOMECHANICAL VIBRATIONS AS A DIAGNOSTIC TOOL: A NARRATIVE REVIEW OF EVIDENCE, TERMINOLOGY, AND LIMITATIONS

Ali Adel Dawood[1], Suhair Imad Abdulrazzaq[2], Wahda Abdulrazzaq Kharofa[3]

1, 2 – Department of Anatomy, Al-Batool College of Medicine, University of Mosul, Mosul, Iraq
3 – Department of Anatomy, College of Medicine, University of Mosul, Mosul Iraq

ABSTRACT

Introduction. Atomic force microscopy (AFM) and graphene-based nanomechanical resonators show that bacterial cells generate detectable nanoscale mechanical oscillations ("nanomotion") linked to flagellar rotation, pilus activity, and metabolism. These signals have been proposed for rapid antimicrobial susceptibility testing (AST), but are often discussed together with mechanistically unrelated phenomena, including ultrasound imaging of gas-vesicle reporter bacteria, quorum sensing, and the effects of external sound or electromagnetic fields on bacterial growth.

Aim. To critically review the evidence for bacterial nanomechanical vibrations as a diagnostic tool, with an emphasis on rapid AST, and to clarify the terminological and mechanistic boundaries between nanomotion detection and related but distinct acoustic phenomena.

Materials and methods. A narrative review was conducted using PubMed, supplemented by Google Scholar, with combinations of the search terms "bacterial nanomotion", "AFM bacteria", "graphene resonator bacteria", "bacterial vibration antibiotic susceptibility", and "acoustic reporter genes", restricted to English-language studies. Titles and abstracts were screened for relevance to mechanical, acoustic, or ultrasound-based detection of bacterial activity; unrelated sources were excluded.

Results. AFM- and graphene-drum-based nanomotion assays can distinguish metabolically active from antibiotic-killed bacteria within hours in single-species proof-of-concept studies, but large-scale validation across multiple bacterial species and antibiotics against reference MIC testing remains limited. Ultrasound imaging of acoustic reporter genes, quorum-sensing regulation of biofilm formation and virulence, and the effects of external sound or electromagnetic exposure are supported by separate, non-overlapping evidence. Proposed industrial, environmental, and space microbiology applications remain largely hypothetical, with no clinical, regulatory, or industrial validation identified.

Conclusions. Nanomechanical vibration detection is a promising but early-stage diagnostic approach, supported mainly by proof-of-concept studies. Multicenter validation, standardized terminology, and clear separation from mechanistically distinct phenomena are needed before broader translational claims can be justified.

Keywords: bacterial nanomotion; atomic force microscopy; antimicrobial susceptibility testing; graphene resonator; acoustic reporter genes

INTRODUCTION

Bacterial cells are not passive with respect to mechanical energy: their flagellar rotation, pilus activity, and metabolic processes generate nanoscale mechanical oscillations that can be detected with sufficiently sensitive instrumentation [1, 2]. These oscillations, commonly termed "nanomotion" or "nanomechanical vibrations," are distinct from audible sound and require dedicated transducers – most notably atomic force microscopy (AFM) cantilevers and graphene nanomechanical drums – for detection and quantification.

Graphene-drum resonators loaded with single bacterial cells convert cellular nanomotion into a measurable mechanical signal, as illustrated in Figure 1 [3]. This approach has been used to distinguish metabolically active bacteria from bacteria killed by antibiotic exposure, since motion amplitude decreases markedly once cells lose viability [3].

It is important to distinguish this phenomenon from several related but mechanistically different areas of research that are sometimes discussed under the same umbrella term of "bacterial sounds": (i) nanomechanical vibrations of individual cells detected

 Creative Commons «Attribution» 4.0

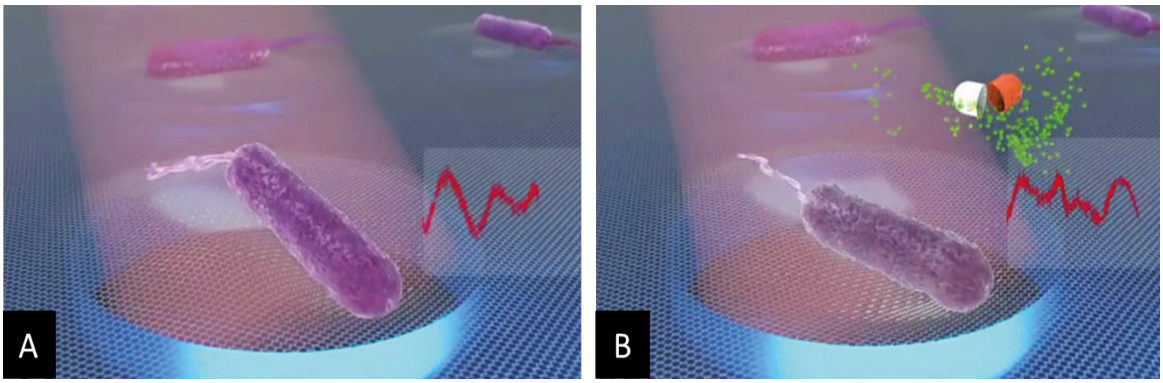


Fig. 1. Schematic illustration of a graphene-drum resonator detecting nanomotion of a single bacterium. (A) A metabolically active bacterium generates continuous nanomechanical vibration. (B) Vibration amplitude decreases markedly following antibiotic exposure, consistent with loss of viability. Adapted from the graphene-drum nanomotion assay described by Rośl'ń et al. [3]; original source and reproduction permission to be confirmed by the corresponding author prior to submission

by AFM or graphene resonators; (ii) ultrasound imaging of genetically engineered bacteria expressing gas vesicles ("acoustic reporter genes"), used for in vivo visualisation rather than single-cell diagnostics; (iii) chemical quorum-sensing communication, which is not itself an acoustic or mechanical phenomenon but is occasionally conflated with it in the popular literature; and (iv) studies of how external audible sound or electromagnetic fields affect bacterial growth and antibiotic susceptibility, which examine bacteria as a target of external stimuli rather than as a source of a diagnostic signal. These four bodies of work differ in mechanism, instrumentation, and level of supporting evidence, and are treated separately throughout this review.

Interest in nanomotion detection stems largely from its potential to accelerate antimicrobial susceptibility testing, a task of direct relevance to the global challenge of antimicrobial resistance [4, 5]. Related, more speculative interest concerns environmental and industrial monitoring of microbial activity [6, 7] (Figure 1).

AIM

The aim of this review is to critically evaluate the evidence for bacterial nanomechanical vibrations, principally as detected by AFM- and graphene-resonator-based methods, as a tool for rapid antimicrobial susceptibility testing, and to clarify how this phenomenon differs mechanistically and in evidentiary strength from ultrasound-based bacterial imaging, quorum-sensing communication, and bacterial responses to external sound or electromagnetic exposure. Environmental and industrial applications are discussed only to the extent that they are directly supported by the reviewed sources, and are explicitly flagged where evidence is currently limited to hypothesis or extrapolation.

MATERIALS AND METHODS

This is a narrative review. The literature search was performed in PubMed, with cross-checking in Google Scholar, and covered publications up to 2024. Search terms included combinations of "bacterial nanomotion", "atomic force microscopy bacteria", "graphene resonator bacteria", "bacterial vibration antibiotic susceptibility", "acoustic reporter genes", "sonogenetics", and "sound electromagnetic bacterial growth".

Inclusion criteria were: (1) direct measurement or manipulation of bacterial mechanical, acoustic, or ultrasound signals; (2) bacterial species as the object of study rather than incidental mention; and (3) availability of a verifiable digital object identifier (DOI) or indexed record. Exclusion criteria were: studies concerning non-bacterial organisms unless directly comparative; general acoustic-engineering studies without a bacterial component; and sources that could not be verified against PubMed or Crossref at the time of writing. Reference verification against PubMed and Crossref led to the removal of several sources present in an earlier draft that were found to concern unrelated topics, including sound-absorbing building materials, shore-crab behaviour, and urban aerobiome stratification. These exclusions are noted where relevant to ensure transparency. No formal quality-assessment instrument was applied, consistent with the narrative (non-systematic) design of this review; this is acknowledged as a limitation below.

RESULTS

Terminology and Definitions

For clarity, the following terms are used consistently throughout this review. "Nanomechanical vibration" or "nanomotion" refers specifically to sub-nanometre- to nanometre-scale mechanical

oscillations of individual bacterial cells detected by AFM cantilevers or graphene-based nanomechanical drums. "Acoustic reporter genes" refers to genetically encoded gas vesicles that scatter ultrasound and enable in vivo imaging of bacterial populations; this is an ultrasound imaging method, not a measurement of intrinsic bacterial vibration. "Quorum sensing" refers to chemical signaling between bacteria and is not an acoustic phenomenon. "External sound/electromagnetic exposure" refers to studies in which bacteria are the targets, rather than the sources, of an applied acoustic or electromagnetic stimulus. Where the literature uses the informal term "bacterial sounds," this review treats it as an umbrella term requiring further specification rather than as a defined technical category.

Biophysical Mechanisms of Nanomechanical Vibrations

Nanomechanical vibrations of bacterial cells are attributed to flagellar rotation, pilus retraction/extension, and metabolically driven cytoplasmic and membrane fluctuations [1, 2]. When a bacterium is mechanically coupled to a sufficiently sensitive resonator – an AFM cantilever tip or a suspended graphene membrane – these sub-cellular movements produce a measurable change in resonance frequency or deflection amplitude [3]. Because the signal reflects ongoing cellular activity, it decreases when metabolism is arrested, which is the basis for its proposed use in viability and antimicrobial-susceptibility assessment [3, 8].

Detection Methods

Table 1 summarises the principal methods used to detect bacterial nanomechanical or acoustic signals, together with their measured parameter, approximate operating ranges, and current level of practical implementation, based on the sources reviewed. Several of these methods (ultrasound imaging, optical tweezers) do not measure intrinsic bacterial "sound" directly but rather force, displacement, or an

Table 1. Methods used to detect bacterial nanomechanical or acoustic signals, with measured parameter, approximate range, level of implementation, and key limitation

Method	Physical Principle / Measured Parameter	Approximate Range / Resolution	Level of Implementation	Key Limitation
Atomic Force Microscopy (AFM)	Cantilever deflection from nanomechanical cell motion; sub-nm displacement	Sub-nm to nm amplitude; Hz–kHz frequency	Single-cell, research-laboratory stage [3, 9]	Low throughput; requires trained operators and controlled sample mounting
Graphene nanomechanical drums	Resonance-frequency shift of a suspended graphene membrane loaded with a single bacterium	nm-scale displacement; kHz–MHz resonance	Proof-of-concept, single/few-species studies [3]	Not yet validated across broad panels of species/antibiotics
Piezoelectric sensors	Conversion of mechanical vibration into an electrical signal	Sensor-dependent; typically kHz range	Laboratory prototypes	Limited specificity to individual-cell signal versus bulk noise
Ultrasound imaging (acoustic reporter genes)	Ultrasound scattering from genetically expressed gas vesicles; an imaging contrast method, not intrinsic vibration	MHz ultrasound frequencies; population-level, not single-cell	In vivo animal-model studies [10]	Requires genetic modification; not applicable to unmodified clinical isolates
Optical tweezers	Laser-trap force measurement used to infer mechanical properties, not direct sound detection	pN-scale force resolution	Specialised biophysics laboratories	Low throughput; high equipment cost
Laser Doppler vibrometry (LDV)	Non-contact optical measurement of velocity/displacement	nm-scale displacement	Experimental / early-stage for bacterial applications	Requires stable, non-contact optical access to the sample
Microelectromechanical systems (MEMS)	Integrated mechanical–electrical transducers	Device-dependent	Early-stage portable prototypes	Lower resolution than AFM; limited published validation

 Creative Commons «Attribution» 4.0

engineered acoustic contrast agent; this distinction is indicated in the table.

Antimicrobial Susceptibility Testing: Evidence and Limitations

The strongest evidence for a diagnostic application of nanomechanical vibrations concerns antimicrobial susceptibility testing. In graphene-drum- and AFM-based assays, cessation or marked reduction of nanomotion following antibiotic exposure has been used as an indicator of bacterial killing, whereas continued vibration has been associated with survival or resistance in the specific strains and antibiotics tested [3, 8]. However, the sources reviewed do not establish that this relationship holds universally across bacterial species, antibiotic classes, or resistance mechanisms; nor do they report large-scale, multicentre comparisons against reference broth microdilution MIC testing with defined sensitivity and specificity values. The number of clinical isolates evaluated in the available proof-of-concept studies is small, and turnaround-time claims (typically minutes to a few hours) have not been independently reproduced across multiple laboratories in the identified literature. Continued bacterial vibration should therefore not be equated with resistance, nor should cessation of vibration be interpreted as confirmed clinical treatment efficacy without additional validation. These findings remain correlational and derive from early-stage studies rather than established diagnostic criteria.

Bacterial Communication and Collective Behaviour: Distinguishing from Nanomotion

Separately from nanomechanical vibration, quorum sensing – a chemical, not acoustic, signalling process – is well established as a regulator of biofilm formation and virulence-factor expression [11, 12]. Some sources additionally report that bacterial growth, metabolism, or biofilm formation can be affected by externally applied sound frequencies or electromagnetic fields [13-16]. These findings describe bacteria as recipients of an external physical stimulus, and do not, on their own, demonstrate a universal acoustic channel of bacterial-to-bacterial communication analogous to quorum sensing. Causal claims linking nanomechanical vibration itself to intercellular communication are not directly supported by the sources reviewed and are presented here as a hypothesis rather than an established mechanism.

Proposed Environmental, Industrial, and Medical Applications

Table 2 lists proposed applications identified in the literature, together with an explicit evidence-

Table 2. Proposed applications of bacterial nanomechanical or acoustic phenomena, by domain, representative source(s), and evidence level

Proposed Application	Domain	Representative Source(s)	Evidence Level	Notes / Limitations
Rapid antimicrobial susceptibility testing	Medical	[3, 8]	Early-stage experimental	Single/few-species proof-of-concept; not validated against reference MIC testing at scale
In vivo imaging of engineered bacteria via gas-vesicle ultrasound reporters	Medical / research	[10]	Established (in animal models)	Requires genetic engineering of the bacterial strain; not applicable to native clinical isolates
Biofilm and virulence regulation via quorum sensing	Medical / microbiology	[11, 12]	Established (chemical signalling, not acoustic)	Frequently miscategorised as an "acoustic" phenomenon in secondary literature
Effect of external sound/ electromagnetic fields on bacterial growth or antibiotic susceptibility	Basic research	[13-16]	Experimental, strain-specific	Effect sizes and mechanisms vary by study; not yet a validated clinical or industrial tool
Industrial fermentation, wastewater, and food-quality monitoring via bacterial vibration	Industrial / environmental	—	Hypothetical / extrapolated	No industrial implementation, regulatory approval, or peer-reviewed validation identified
Space-microbiology monitoring (e.g., aboard the ISS)	Environmental / aerospace	—	Hypothetical / extrapolated	No specific primary source identified for bacterial-nano-motion monitoring in this context
AI-assisted analysis of vibrational/acoustic data	Cross-cutting	—	Emerging concept	Proposed direction for future research rather than a demonstrated application

ISSN 2786-6661

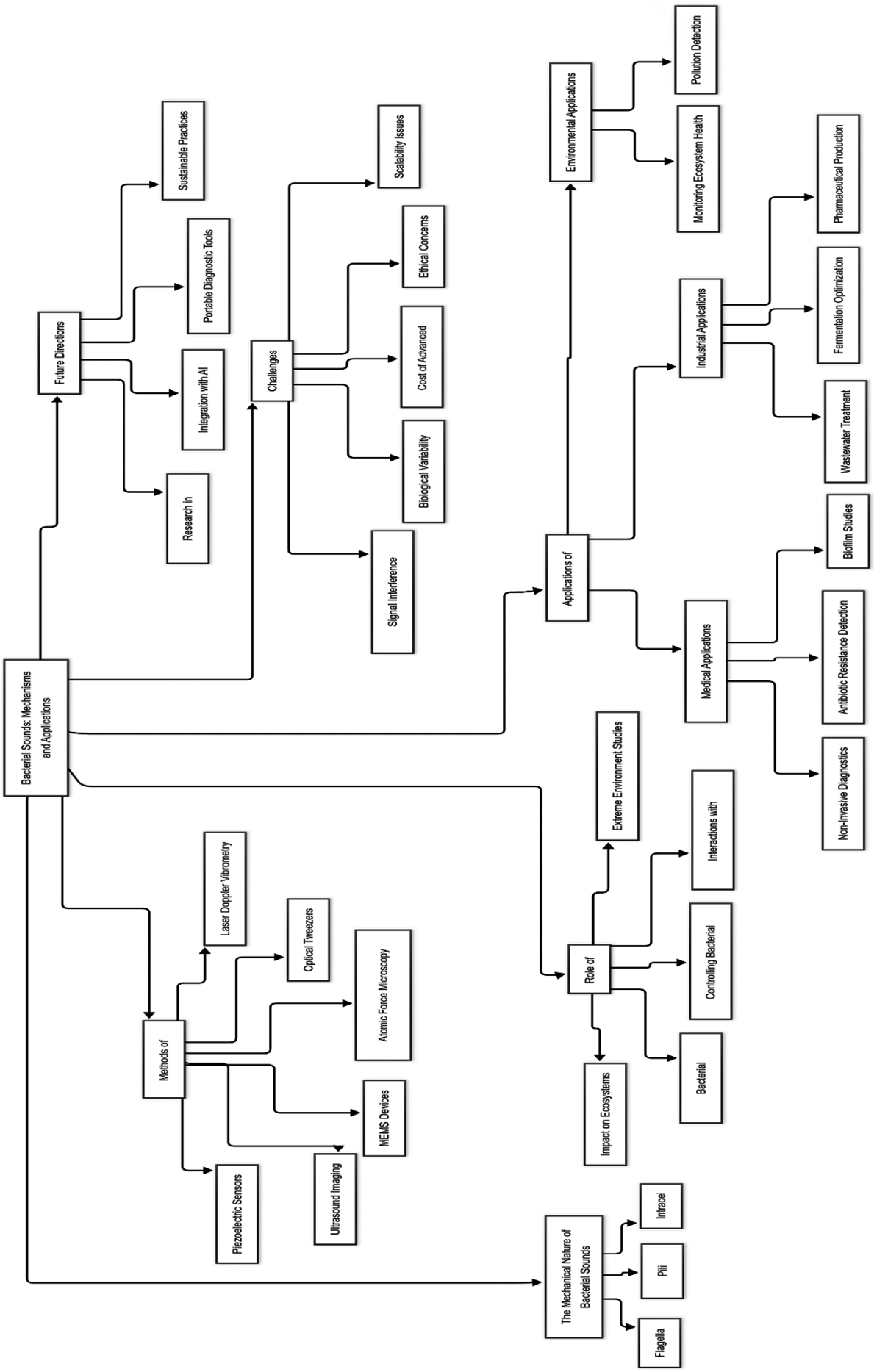


Fig. 2. Overview diagram linking proposed mechanisms, detection methods, and application domains discussed in this review. Relationships shown reflect the evidence-level distinctions described in Table 2; hypothetical applications are not intended to represent established clinical, industrial, or regulatory practice.

Creative Commons «Attribution» 4.0

level rating. Applications rated "established" are supported by peer-reviewed experimental data specific to the stated use; those rated "hypothetical/extrapolated" are scenarios discussed in the literature or by extension from related findings, without direct experimental, clinical, or industrial validation identified in the sources reviewed. These relationships between mechanisms, detection methods, and application domains, and the evidence-level distinctions summarised in Table 2, are illustrated in Figure 2.

Limitations of the Current Evidence Base

Several limitations constrain the strength of the conclusions that can be drawn from the current literature. High-sensitivity instrumentation (AFM, graphene resonators, and MEMS) remains costly and requires specialised operator training. Environmental mechanical noise can complicate signal acquisition and interpretation. Vibrational patterns vary across bacterial species and strains, making standardisation challenging. Interpretation of complex vibrational datasets requires dedicated computational and, increasingly, machine-learning tools, whose validation remains at an early stage. The use of genetically engineered acoustic reporter bacteria raises regulatory and biosafety questions that require case-by-case evaluation. Finally, translation from single-centre proof-of-concept studies to reproducible and scalable clinical or industrial applications has not yet been demonstrated in the sources reviewed.

DISCUSSION

The evidence reviewed here supports a cautiously optimistic but clearly bounded view of bacterial nanomechanical vibration as a diagnostic signal. The clearest and most direct evidence concerns single-cell AFM- and graphene-resonator-based detection of viability loss after antibiotic exposure, which offers a plausible route toward faster antimicrobial susceptibility testing than conventional culture-based methods. This evidence, however, currently rests on a small number of proof-of-concept studies with limited species and antibiotic coverage, and has not been compared systematically against reference MIC methodology across multiple centres.

By contrast, ultrasound imaging of acoustic reporter genes, quorum-sensing-mediated communication, and bacterial responses to external sound or electromagnetic exposure are each supported by their own, distinct bodies of literature, but should not be treated as evidence for a single unified field of "bacterial bioacoustics." Conflating these phenomena risks overstating the maturity of any one of them and obscures the specific validation still required for each. Industrial, environmental, and space-microbiology applications discussed in secondary or promotional sources are, on the basis of the sources identified here, hypothetical extensions rather than demonstrated technologies, and should be labelled as such in future work.

Future research would benefit from standardised terminology distinguishing these phenomena; multi-centre studies directly comparing nanomotion-based AST against reference MIC testing, with reported sensitivity, specificity, and turnaround time; and transparent reporting of the technology readiness level of any proposed industrial or environmental application.

CONCLUSIONS

Bacterial nanomechanical vibration detection, principally via AFM and graphene-based nanomechanical resonators, is supported by proof-of-concept evidence as a marker of bacterial viability and a candidate tool for rapid antimicrobial susceptibility testing, although large-scale clinical validation against reference methods remains lacking. Ultrasound-based imaging of acoustic reporter genes and quorum-sensing-mediated communication are separately well-supported phenomena that should not be conflated with nanomechanical vibration. Proposed industrial, environmental, and space microbiology applications remain at a hypothetical or exploratory stage and require dedicated primary studies, technology-readiness assessment, and, where relevant, regulatory evaluation before they can be considered validated technologies. Priority directions for further research include multispecies, multi-antibiotic clinical validation studies; standardised terminology; and transparent grading of the evidence supporting proposed applications.

Article Declarations

Prospects for further research. Further studies should prioritise multi-centre, multi-species clinical validation of nanomotion-based antimicrobial susceptibility testing against reference MIC methodology, with reported sensitivity and specificity; development of standardised terminology distinguishing nanomechanical vibration, ultrasound-based imaging, quorum sensing, and external sound/electromagnetic exposure studies; and technology-readiness assessment of proposed environmental and industrial applications.

Study limitations. This is a narrative, non-systematic review. Its limitations relate to the predefined scope of the topic, the search period and study types included, and the availability of relevant sources. The literature search

strategy included PubMed, supplemented by Google Scholar; a formal systematic-review protocol (e.g., PRISMA) was not applied, and no formal quality-scoring instrument was used to weight individual studies.

Primary data and materials. The authors confirm that no primary medical documentation, including medical records, outpatient records, examination protocols, individual patient laboratory or instrumental findings, or statistical databases, was used in this study.

Research ethics. This is a literature review that did not involve human participants, animal subjects, or identifiable medical data; formal ethics committee approval was therefore not required. If any component of the underlying work involved human participants, animals, or identifiable data, please replace this statement with the applicable approval details, including committee name and approval number.

Declaration of AI use. The manuscript has been prepared with the help of AI tools for language editing and translation. Every text written with AI was reviewed, edited and double checked by the authors, taking full responsibility for the correctness and integrity of the final text.

Funding. Self-support

Conflict of interest. The authors declare that they have no conflicts of interest related to the preparation, conduct, or publication of this study.

Author Contributions (CRediT Taxonomy)

* Ali Adel Dawood - A, D, E, F ORCID: 0000-0001-8988-5957
Suhair Imad Abdulrazzaq - B, C, D ORCID: 0009-0003-9235-8180
Wahda Abdulrazzaq Kharofa - B, E, F ORCID: 0000-0002-9483-3884

***Corresponding author:** aad@uomosul.edu.iq

REFERENCES

1. Dekker S, Alijani F, Stienen S, et al. Graphene-based detection of bacterial nanomechanical vibrations. Nat Nanotechnol. 2022;17(4):345-352. https://doi.org/10.1038/s41565-022-01034-5
2. Stienen S, Dekker S, Alijani F. Acoustic signatures of bacterial activity: a novel diagnostic approach. J Microb Diagn. 2022;15(3):123-130. https://doi.org/10.1016/j.jmd.2022.05.001.
3. Rośln IE, Japaridze A, Steeneken PG, Dekker C, Alijani F. Probing nanomotion of single bacteria with graphene drums. Nat Nanotechnol. 2022. https://doi.org/10.1038/s41565-022-01111-6.
4. Garuba EO, Ajunwa OM, Ibrahim-King AN. Evaluation of the effects of sound exposure and low field electromagnetism on growth and antibiotics susceptibility of some microorganisms. Bull Natl Res Cent. 2021;45:216. https://doi.org/10.1186/s42269-021-00674-z.
5. Souvik B, Abhishek G, Ananya D, Anish P, Anjoom N, Bodhisattwa G. Effect of different sound frequencies on the growth and antibiotic susceptibility of Escherichia coli. Int J Curr Microbiol Appl Sci. 2018;7(3):2319-7706.
6. Taheri M, Moradi M, Mortazavi SMJ, Mansouri S, Hatam GR, Nouri F. Evaluation of the 900 MHz radiofrequency radiation effects on the antimicrobial susceptibility and growth rate of Klebsiella pneumoniae. Shiraz E-Med J. 2017;18(3):e44946. https://doi.org/10.17795/semj44946.
7. Taheri M, Mortazavi SMJ, Moradi M, Mansouri S, Hatam GR, Nouri F. Evaluation of the effect of radiofrequency radiation emitted from Wi-Fi router and mobile phone simulator on the antibacterial susceptibility of pathogenic bacteria Listeria monocytogenes and Escherichia coli. Dose Response. 2017;15:1-8. https://doi.org/10.1177/1559325816688527.
8. Torgomyan H, Tadevosyan H, Trchounian A. Extremely high frequency electromagnetic irradiation in combination with antibiotics enhances antibacterial effects on Escherichia coli. Curr Microbiol. 2011;62:962-967. https://doi.org/10.1007/s00284-010-9811-2.
9. Song Y, Hahn T, Thompson IP, et al. Ultrasound-mediated DNA transfer for bacteria. Nucleic Acids Res. 2007;35(19):e129. https://doi.org/10.1093/nar/gkm710.
10. Shah A, Akansha R, Kothari V. Sound stimulation can influence microbial growth and production of certain key metabolites. J Microbiol Biotechnol Food Sci. 2016;5(4):330.
11. Sarvaiya N, Kothari V. Audible sound in the form of music can influence microbial growth, metabolism and antibiotic susceptibility. J App Biotech Bioeng. 2017;2(6):212-219.
12. Robinson JM, Cameron R, Parker B. The effects of anthropogenic sound and artificial light exposure on microbiomes: ecological and public health implications. Front Ecol Evol. 2021;9:662588. https://doi.org/10.3389/fevo.2021.662588.
13. Movahedi MM, Nouri F, Tavakoli Golpaygani A, Ataee L, Amani S, Taheri M. Antibacterial susceptibility pattern of Pseudomonas aeruginosa and Staphylococcus aureus after exposure to electromagnetic waves emitted from mobile phone simulator. J Biomed Phys Eng. 2019;9(6):637-646. https://doi.org/10.31661/jbpe.v0i0.1107.

 Creative Commons «Attribution» 4.0

14. Matsuhashi M, Pankrushina AN, Takeuchi S, et al. Production of sound waves by bacterial cells and the response of bacterial cells to sound. J Gen Appl Microbiol. 1998;44:49-55.
15. Maresca D, Lakshmanan A, Abedi M, et al. Biomolecular ultrasound and sonogenetics. Annu Rev Chem Biomol Eng. 2018;9:229-252. https://doi.org/10.1146/annurev-chembioeng-060817-084034.
16. Kothari V, Joshi C, Patel P, Mehta M, Dubey S, Mishra B, et al. Influence of a mono-frequency sound on bacteria can be a function of the sound level. Indian J Sci Technol. 2018. https://doi.org/10.17485/ijst/2018/v11i4/111366.

БАКТЕРІАЛЬНІ НАНОМЕХАНІЧНІ КОЛИВАННЯ ЯК ДІАГНОСТИЧНИЙ ІНСТРУМЕНТ: НАРАТИВНИЙ ОГЛЯД ДОКАЗОВИХ ДАНИХ, ТЕРМІНОЛОГІЇ ТА ОБМЕЖЕНЬ

Ali Adel Dawood[1], Suhair Imad Abdulrazzaq[2], Wahda Abdulrazzaq Kharofa[3]

1, 2 – Department of Anatomy, Al-Batool College of Medicine, University of Mosul, Mosul, Iraq
3 – Department of Anatomy, College of Medicine, University of Mosul, Mosul Iraq

РЕЗЮМЕ

Вступ. Атомно-силова мікроскопія (AFM) та графенові наномеханічні резонатори демонструють, що бактеріальні клітини генерують детектовані наномасштабні механічні коливання («нанорух»), пов'язані з обертанням джгутиків, активністю пілів та метаболічними процесами. Ці сигнали розглядаються як потенційний інструмент швидкого визначення чутливості до антимікробних препаратів (AST), однак їх часто обговорюють разом із механістично не пов'язаними явищами, зокрема ультразвуковою візуалізацією бактерій-репортерів із газовими везикулами, кворум-сенсингом та впливом зовнішнього звуку або електромагнітних полів на ріст бактерій.

Мета. Критично проаналізувати докази щодо використання бактеріальних наномеханічних коливань як діагностичного інструменту, з особливим акцентом на швидкому визначенні чутливості до антимікробних препаратів, а також уточнити термінологічні та механістичні межі між детекцією нанорухy та пов'язаними, але відмінними акустичними явищами.

Матеріали та методи. Проведено наративний огляд літератури з використанням бази даних PubMed із додатковою перевіркою в Google Scholar. Пошук здійснювали за комбінаціями пошукових термінів «bacterial nanomotion», «AFM bacteria», «graphene resonator bacteria», «bacterial vibration antibiotic susceptibility» та «acoustic reporter genes» з обмеженням до англомовних публікацій. Заголовки та анотації оцінювали на відповідність тематиці механічної, акустичної або ультразвукової детекції бактеріальної активності; нерелевантні джерела виключали.

Результати. Наномеханічні дослідження із застосуванням AFM та графенових барабанних резонаторів дають змогу протягом кількох годин відрізнити метаболічно активні бактерії від бактерій, загиблих під впливом антибіотиків, у межах доказових досліджень на окремих видах бактерій. Водночас широкомасштабна валідація на різних видах бактерій та за різних класів антибіотиків із використанням референтного визначення мінімальної інгібувальної концентрації (MIC) залишається обмеженою. Ультразвукова візуалізація акустичних генів-репортерів, кворум-сенсингова регуляція формування біоплівок і вірулентності, а також вплив зовнішнього звуку або електромагнітного випромінювання на бактерії мають окремі, незалежні доказові бази. Запропоновані промислові, екологічні та космічні мікробіологічні застосування залишаються переважно гіпотетичними; клінічної, регуляторної або промислової валідації таких технологій не виявлено.

Висновки. Детекція наномеханічних коливань є перспективним, але раннім за рівнем розвитку діагностичним підходом, доказова база якого переважно представлена дослідженнями підтвердження концепції (proof-of-concept). Для обґрунтування ширших трансляційних висновків необхідні багатоцентрова валідація, стандартизована термінологія та чітке розмежування цього явища з механістично відмінними феноменами.

Ключові слова: бактеріальний нанорух; атомно-силова мікроскопія; визначення чутливості до антимікробних препаратів; графеновий резонатор; акустичні гени-репортери.

Received: July 16, 2025
Accepted: June 13, 2026
Published online: September 16, 2026

UDC: 614.2:364-57]:005.6
DOI: https://doi.org/10.32345/USMYJ.3(164).2026.90-101

INTERNATIONAL APPROACHES TO ASSESSING THE CAPACITY OF REHABILITATION FACILITIES: EVOLUTION OF REHABILITATION MODELS, EVIDENCE-BASED PRACTICE, AND INTERDISCIPLINARY COLLABORATION

Andriy V. Shvets[1], Olesya M. Ivanko[1], Valentyna M. Makhniuk[1], Olga V. Horishna[1], Halyna V. Lugova[2]

1 – Ukrainian Military Medical Academy, Kyiv, Ukraine
2 – UCSI University Bandar Springhill Campus, Negeri Sembilan, Malaysia

ABSTRACT

Introduction. The growing demand for rehabilitation services, driven by demographic changes, chronic conditions, armed conflicts and the need to restore functional abilities, calls for effective approaches to assessing the capacity of rehabilitation facilities. Modern international rehabilitation systems are shifting from a medically-centered model to a functional and patient-centered approach, based on evidence-based practice, interdisciplinary collaboration and outcome assessment.

Aim. To analyze international approaches to assessing the capacity of rehabilitation facilities considering the evolution of rehabilitation models, evidence-based practice, and the role of multidisciplinary teams in ensuring quality rehabilitation services.

Materials and Methods. An analytical review of international scientific literature, regulatory documents, and recommendations of international organizations in rehabilitation and healthcare management was conducted. Publications from international databases and official sources addressing rehabilitation models, quality assessment systems, interdisciplinary care, evidence-based interventions, and organizational approaches were analyzed.

Results. It has been established that international approaches to assessing the capacity of rehabilitation facilities cover staffing, organizational structure, accessibility and continuity of services, interprofessional collaboration, evidence-based methods and functional outcomes. It has been determined that a multidisciplinary team is a key element of effective rehabilitation, ensuring the identification of patient needs, the planning of an individualized programme and the monitoring of its outcomes. The quality of rehabilitation facilities should be assessed not only on the basis of structural indicators, but also on the results of restoring functioning and participation in social life.

Conclusions. International experience demonstrates a shift toward functional, patient-centered and integrated rehabilitation models based on continuity of care, evidence-based practice, interdisciplinary collaboration and measurable functional outcomes. Rehabilitation facility capacity should be assessed through structural, process and outcome indicators. Adaptation of international approaches to the Ukrainian context provides a basis for developing a draft Standard for assessing rehabilitation facility capacity and evaluating their ability to deliver accessible, coordinated, evidence-based and patient-centered care. Further research should focus on piloting and validating the proposed assessment indicators.

Keywords: rehabilitation facilities, functional assessment, international approaches, rehabilitation models, evidence-based practice, multidisciplinary team, draft standard.

INTRODUCTION

The growing demand for rehabilitation services, driven by the rising prevalence of disability, chronic diseases, injuries and other conditions, makes their accessibility, quality and effectiveness a key priority for health systems [1, 2]. The WHO's 'Rehabilitation 2030' initiative emphasizes the need to integrate rehabilitation into health systems, develop human resources, ensure sustainable funding and strengthen the evidence base [3].

Within this context, increasing attention is being given to the assessment of rehabilitation ser-

 Creative Commons «Attribution» 4.0

vices and facilities, particularly their ability to respond to patients with complex rehabilitation needs. Contemporary approaches to rehabilitation assessment increasingly extend beyond traditional clinical outcomes and consider functioning, disability, participation and other patient-relevant outcomes [4]. This shift creates a need for systematic approaches to assessing the organizational and functional capacity of rehabilitation facilities.

For Ukraine, this issue is particularly relevant given the significant need for rehabilitation support resulting from the full-scale war and its consequences for military personnel and the civilian population. The development of an effective rehabilitation system requires an examination of international experience, taking into account the organizational, resource-related and institutional characteristics of the Ukrainian healthcare system, which underlines the relevance of this study.

AIM

The aim of this study is to analyze and summarize international approaches to assessing the capabilities of rehabilitation facilities, taking into account the evolution of rehabilitation models, the principles of evidence-based practice and the role of interdisciplinary collaboration in ensuring high-quality, effective and patient-centered rehabilitation care.

MATERIALS AND METHODS

To substantiate the theoretical and methodological framework of the study, a structured search and analysis of the scientific literature, international guidelines and framework documents, accreditation and international standards, as well as regulatory and legal documents of Ukraine, were conducted. Scientific sources published between 2018 and 2026 were identified through the PubMed and Scopus databases. The search was conducted using combinations of keywords related to rehabilitation, the organization of rehabilitation care, rehabilitation facility capability, the quality and outcomes of rehabilitation, staffing, interdisciplinary collaboration, evidence-based practice, and patient-centered rehabilitation. Relevant sources were included if they addressed the aims and objectives of the study, contained information on organizational, structural, process, or outcome-related characteristics of rehabilitation care, and were available in Ukrainian or English. Sources that were not relevant to the study topic, lacked sufficient relevant information, were duplicates, promotional or commercial in nature, or focused exclusively on specific clinical interventions without an organizational or health-system context were excluded. A total of 50 sources were included in the final analysis. The sources were analyzed using systematization, comparative, structural-functional, and content analysis. Systematization was used to classify the sources by type, year of publication, study design, and thematic focus; comparative analysis was applied to identify similarities and differences in approaches to the organization of rehabilitation care and the assessment of rehabilitation facility capacity; structural-functional analysis was used to determine the relationships among staffing, infrastructure, organizational, clinical, information, and management components; and content analysis was applied to identify key concepts, requirements, indicators, and criteria related to accessibility, quality, safety, interdisciplinary collaboration, evidence-based practice, and patient-centered rehabilitation. The findings were synthesized to identify the key components and criteria for assessing the capacity of rehabilitation facilities.

DISCUSSIONS

The evolution of rehabilitation models. Over recent decades, international approaches to rehabilitation have evolved from a biomedical model focused on restoring impaired functions to a patient-centered approach aimed at improving functional ability and quality of life. These changes have been driven, in particular, by the rising prevalence of chronic diseases, population ageing, long-term functional limitations, and the consequences of armed conflicts [5, 6].

A fundamental change in rehabilitation policy was the introduction of the International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF), which established functioning as a central concept for assessing the consequences of health conditions. The ICF provides a comprehensive framework for assessing body functions, activities, participation, and environmental factors. Accordingly, rehabilitation is increasingly viewed as a strategy for optimizing functioning and reducing disability rather than merely treating diseases [5, 7].

The functional approach has contributed to the development of standardized methods for assessing rehabilitation outcomes, focusing on individual functional goals, changes in activity levels, and a person's participation in daily, social, and professional life. Consequently, functioning and participation have become key criteria for assessing the effectiveness of rehabilitation interventions and the quality of rehabilitation services [4, 7].

An important milestone was the integration of rehabilitation into broader health policy. The WHO's *Rehabilitation 2030* initiative has identified rehabilitation as an integral component of health systems and universal health coverage, emphasizing

its integration at all levels of healthcare, the development of a multidisciplinary workforce, ensuring accessibility, improving financing and data collection, and the use of the ICF, as well as the development of evidence-based practice and international cooperation [3, 8].

This reflects a shift from viewing rehabilitation as a specialized clinical service to understanding it as an integral part of the healthcare system. At the same time, a patient-centered approach that takes into account a person's needs, preferences, life goals, and social context has become a defining feature of modern rehabilitation, while an individualized rehabilitation plan has become a primary tool for aligning rehabilitation interventions with outcomes that are meaningful to the patient [9, 10].

Patient-centered rehabilitation is closely linked to shared decision-making, which involves the active participation of patients and healthcare professionals in setting goals, selecting interventions, and assessing progress. This approach ensures that rehabilitation interventions are aligned with patients' values, expectations, and everyday circumstances and is an important component of high-quality rehabilitation [12, 13].

Rehabilitation models have evolved from a biomedical approach to a functionally oriented model based on the ICF and further toward an integrated, patient-centered model that promotes interdisciplinary collaboration, continuity of care, and a focus on functional outcomes [12,13]. Consequently, the effectiveness of rehabilitation facilities is determined not only by their resources and range of services but also by their ability to provide patient-centered care and achieve meaningful functional outcomes.

Concept of Rehabilitation Facility Capacity. The transformation of rehabilitation models has led to a broader understanding of rehabilitation capacity, which is now viewed not merely as a set of resources but as the capacity of a health system, organization, or rehabilitation team to provide accessible, high-quality services that meet the needs of the population. The WHO identifies two interrelated aspects of this capacity: the human resources component, which encompasses the competencies and professional development of specialists, and the systemic component, which determines the capacity of the system to provide accessible, safe, effective, and high-quality rehabilitation services [14, 15].

A regulatory definition of the rehabilitation capacity of a facility or department was recently introduced into Ukrainian legislation. In accordance with Resolution No. 1808 of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated December 31, 2025, rehabilitation capacity is defined as the number of patients who can receive a high level of rehabilitation care during a 24-hour inpatient rehabilitation cycle, with at least three hours of rehabilitation care provided per day by rehabilitation specialists [16]. Thus, the regulatory definition interprets rehabilitation capacity primarily as a quantitative indicator of the potential daily volume of care.

The regulatory approach in Ukraine is based on the principles set out in the *Procedure for the Organization of Rehabilitation Care in the Healthcare Sector*, approved by Resolution No. 1268 of the Cabinet of Ministers of Ukraine [17]. At the same time, the Ukrainian regulatory definition is narrower than the WHO approach, which encompasses not only the scope of services but also staffing capacity, the qualifications of specialists, and the system's ability to ensure the appropriate quality of rehabilitation care [14,15].

The term *rehabilitation capacity* is also used in military medicine and WHO documents. In this context, it refers to the ability of medical units and teams to provide the required level of rehabilitation care using available personnel, equipment, infrastructure, and other resources in accordance with established standards [18–20].

Taken together, these approaches define **rehabilitation capacity** as a combination of quantitative, qualitative, and organizational dimensions, encompassing a facility's ability to effectively use human, material, technical, organizational, and information resources to provide coordinated, safe, timely, evidence-based, and patient-centered rehabilitation care [14–20].

It is therefore appropriate to define rehabilitation capacity as the ability of a healthcare organization to provide continuous, timely, and high-quality rehabilitation care to specific patient groups in accordance with available resources and current standards.

For conceptual clarity, a distinction should be made between the capacity, capability, effectiveness, and quality of rehabilitation. **Capacity** refers to the potential volume of services and available resources; **capability** refers to a facility's ability to perform the necessary functions; **effectiveness** refers to the results actually achieved; and **quality** refers to the extent to which services meet established standards and patients' needs.

This approach makes it possible to view the capacity of a rehabilitation facility as a multidimensional characteristic encompassing not only resources and staff competencies but also organizational

 Creative Commons «Attribution» 4.0

mechanisms, multidisciplinary collaboration, the use of evidence-based interventions, and outcome monitoring.

Consequently, capacity should be regarded as the basis for assessing a facility's ability to perform rehabilitation functions, while effectiveness and quality should be viewed as characteristics of the actual processes and outcomes of care delivery. This approach provides a basis for developing a system of indicators covering structural, process, and outcome dimensions.

International Systems and Frameworks for Assessing Rehabilitation Services. The international development of rehabilitation systems has led to the emergence of various approaches to assessing the accessibility, organization, quality and effectiveness of care. Despite differences between countries, modern evaluation systems are based on common principles: the tailoring of care to patients' needs, continuity and a multidisciplinary approach, standardized functional assessment, and the monitoring of quality and outcomes. To identify common features and differences, a comparative analysis was carried out of selected national and international approaches, based on criteria relating to the organization of care, staffing and resource provision, the assessment of processes and outcomes, quality assurance mechanisms, and their applicability in the Ukrainian context (Table 1).

Table 1. Comparison of national and international rehabilitation systems

Country / system; Model and level of rehabilitation	Workforce and infrastructure	Assessment of process and outcomes	Quality assurance and relevance for Ukraine
USA			
Multi-level system: inpatient, post-acute, outpatient and home/ community rehabilitation. Differentiation according to patient needs [21, 22].	Multidisciplinary teams; facility and organizational requirements defined for rehabilitation programmes [21].	Standardized functional assessment using IRF-PAI and CARE Item Set; quality reporting [21, 22].	CMS quality reporting and regulatory mechanisms. Very high relevance for standardized assessment and differentiation of care [21, 22].
UK			
Specialist rehabilitation differentiated into Levels 1–3 according to patient complexity [23, 24].	Multiprofessional teams matched to rehabilitation complexity [23].	RCS-E/UK ROC for complexity and resource assessment; monitoring of rehabilitation activity and outcomes [23, 24].	NHS quality/governance mechanisms. Very high relevance for defining levels and referral pathways [23, 24].
Germany			
Medical and vocational rehabilitation within the social-insurance system; Reha vor Rente [25, 26].	Multidisciplinary rehabilitation teams and accredited facilities [25, 27].	Assessment of structure, process and outcome quality; functional and work-related outcomes [27, 28].	External quality assurance by Deutsche Rentenversicherung. Very high relevance for medical–vocational integration [25–28].
France			
Nationally regulated inpatient, outpatient and specialist rehabilitation [29, 30].	Requirements for rehabilitation institutions and professional organization within the national system [29, 30].	Quality and safety indicators; assessment of appropriateness and continuity of care [29, 30].	External certification by HAS. High relevance for national standards and external evaluation [29, 30].
Poland			
Publicly financed rehabilitation: inpatient, outpatient, day-care and home-based services [31, 32].	Organizational and staffing requirements linked to specific rehabilitation services [31, 32].	Monitoring of access, referral, service provision and clinical/ functional indicators [31, 32].	NFZ regulation and contractual quality mechanisms. Very high relevance for publicly financed and geographically distributed rehabilitation [31, 32].
WHO			
Rehabilitation integrated across primary, community and specialized levels of care [14, 15, 33].	Focus on workforce capacity, competencies, equipment and system resources [14, 15].	Rehabilitation Indicator Menu; ICF-based functioning and system-level indicators [14, 15].	System-level monitoring framework rather than accreditation. Very high relevance as the methodological framework for Ukraine [14,15, 33].

Country / system; Model and level of rehabilitation	Workforce and infrastructure	Assessment of process and outcomes	Quality assurance and relevance for Ukraine
CARF International			
Standards for inpatient, outpatient, home and community-based rehabilitation [34, 35].	Qualified interdisciplinary teams and programme-specific organizational requirements [34, 35].	Individual goals, functional outcomes, patient-centered processes and continuous improvement [34, 35].	Independent external accreditation. High relevance for facility-level standards and accreditation [34, 35].

The comparison presented in Table 1 demonstrates that, despite differences in funding, organizational structures, and regulatory frameworks, the systems examined share several common principles: tailoring rehabilitation to the complexity of the patient's condition, a multidisciplinary approach, standardized functional assessment, monitoring of processes and outcomes, and quality assurance mechanisms. At the same time, individual models emphasize different components: the American model focuses on functional assessment and quality reporting; the British model on differentiating care according to complexity; the German model on integrating medical and vocational rehabilitation; the French model on state regulation and external certification; the Polish model on integrating different levels of rehabilitation care; and CARF on independent accreditation of facilities.

At the international level, the methodological framework is provided by the WHO approach, which regards rehabilitation as an integral part of the healthcare system and promotes its integration across different levels of care. The use of the ICF and standardized outcome measures, combined with the assessment of accessibility, coverage, timeliness, staffing, and effectiveness, makes it possible to evaluate rehabilitation both at the level of individual services and within the broader context of health system performance [3,7,15].

None of the international models can be directly applied to the Ukrainian context; however, selected elements can be adapted to national legislation, funding mechanisms, organizational structures, and population needs. Of particular relevance to Ukraine are the methodological approaches of the WHO and the ICF, the UK's principles of differentiated care, Germany's experience in integrating medical and vocational rehabilitation, France's regulatory and external evaluation mechanisms, the Polish model for organizing a network of rehabilitation services, and CARF's facility standards and accreditation mechanisms.

International experience therefore supports the development of a comprehensive approach to assessing Ukrainian rehabilitation facilities that combines structural, process, and outcome indicators. Such a system should take into account not only the facility's resource capacity but also accessibility, continuity of care, patient-centeredness, interdisciplinary collaboration, safety, quality, and functional rehabilitation outcomes.

Structural Indicators of Rehabilitation Facility Capacity. Structural indicators characterize the resources and organizational conditions required to provide rehabilitation care. According to Donabedian's framework, these encompass human, material and technical, infrastructural, organizational and information resources [36, 37].

Staffing is a fundamental component of rehabilitation capacity. It requires a multidisciplinary team tailored to patients' needs, including a physical and rehabilitation medicine physician, physical therapist, occupational therapist, speech and language therapist, psychologist, prosthetist-orthotist, and other specialists [38-40].

It is advisable to assess this not only in terms of staff numbers, but also in terms of qualifications, competencies, professional development and the ability to work in a multidisciplinary setting [14].

Infrastructure and logistical resources must be appropriate to the nature and complexity of the rehabilitation care provided and include accessible and safe premises, specialized equipment, assessment tools, assistive technologies and other necessary resources. In this regard, consideration is given not only to their availability but also to their suitability for patients' needs, their technical condition, safety and accessibility.

Organizational, legal and information mechanisms ensure that the facility operates in accordance with regulatory requirements, that rehabilitation care is coordinated, and that the continuity of the rehabilitation pathway is maintained [17, 38, 41]. Digital systems should ensure the documentation of operations, objectives, interventions and outcomes, communication between team members, and the use of data for quality monitoring [3, 8].

Structural capacity should be assessed by the availability, accessibility, adequacy and appropriate

 Creative Commons «Attribution» 4.0

allocation of resources in accordance with patient needs and established standards. This approach is reflected in the draft "Standard for Assessing the Basic Rehabilitation Capacity of Rehabilitation Centers and Hospitals" (Ukraine, 2026; Renovator project), which covers organizational and legal, infrastructure, personnel, material and technical, managerial and information components. At the same time, structural indicators determine only the prerequisites for care, therefore they should be supplemented by process indicators and functional results.

Process Indicators of Rehabilitation Care. Process indicators describe how available resources are transformed into actual rehabilitation care, reflecting its organization, coordination, continuity, safety and evidence-based approach. In Donabedian's framework, they represent the link between a facility's structural capacity and rehabilitation outcomes [36, 37].

The process is based on a systematic assessment of the patient's functional status and needs in accordance with the principles of the ICF, which enables the identification of rehabilitation issues, the setting of individual goals, the selection of interventions and the monitoring of progress [7]. An individual plan should include measurable goals, planned activities, the professionals responsible, and criteria for assessing progress; it should be developed in consultation with the patient, taking into account their needs, values and social context [9, 10].

Key procedural characteristics include multidisciplinary and interdisciplinary collaboration, joint goal-setting, information sharing and coordinated decision-making [3, 15, 42]. At the same time, rehabilitation care should be based on the best available evidence, professional experience and the patient's individual needs [43]. The READ model can be used as a conceptual framework for systematizing this approach: from needs assessment and goal-setting to the selection and monitoring of the effectiveness of interventions [44].

Key process indicators include the comprehensiveness of the functional assessment, the documentation of rehabilitation goals and plans, adherence to clinical protocols, teamwork, the timeliness of reassessments, monitoring of the intensity of interventions, clinical audit and discharge planning. An important component is the continuity of care between the acute, sub-acute and long-term phases, as well as between inpatient, outpatient and home settings [17, 41]. Discharge planning should provide for further rehabilitation, the use of assistive technologies, and social and vocational reintegration.

Consequently, process indicators cover the sequence from functional assessment and goal-setting to the implementation of interventions, monitoring, re-assessment, discharge planning and ensuring continuity of care. They make it possible to determine how effectively the facility's structural resources are being transformed into coordinated, evidence-based and patient-centered services; in other words, they characterize its operational capacity.

Functional Outcomes of Rehabilitation. Functional outcomes are a key outcome-oriented aspect of rehabilitation and form the basis for assessing its effectiveness. Unlike the biomedical model, modern rehabilitation is aimed not only at restoring bodily functions, but also at optimizing functioning, reducing disability, and improving a person's activity and participation in everyday, social and professional life [4, 5, 7].

The ICF defines functioning as a multidimensional concept encompassing bodily functions and structures, activities, participation and interaction with environmental factors [7]. Therefore, the assessment of outcomes must take into account not only clinical changes, but also the patient's ability to perform everyday activities, participate in community life and fulfil personal, family and professional roles.

A key component is the standardized assessment of functioning. The FIM and Barthel Index enable the assessment of functional independence and its progression [37, 45], whilst the WHODAS 2.0 provides a broader assessment of functioning and disability, covering cognitive functions, mobility, self-care, daily activities and participation [46]. The choice of instrument should be consistent with the purpose of the assessment, the characteristics of the patients and the level at which it is used – individual, programme-based or organizational [4, 37, 45, 46].

It is advisable to combine standardized measures with the patient's individual goals, as a change in functional score does not always reflect the achievement of personally meaningful outcomes. Therefore, the assessment should take into account functioning, participation, quality of life and the extent to which individual rehabilitation goals have been achieved [9, 10]. For patients with complex and multiple impairments, it is advisable to assess mobility, self-care, communication, cognitive functions, psychological adaptation, social activity and return to education or work.

Functional status should be assessed at all stages of rehabilitation – from the initial assessment through to discharge and, where possible, during the post-discharge period to determine the sustainability of the outcomes. According to the «structure–process–outcome» model [36, 37], structural indicators characterize resources, process indicators characterize

the organization of care, and functional outcomes characterize its impact on the patient's condition.

The key outcomes are changes in standardized functional measures, the achievement of individual goals, the level of independence, social and occupational activity, quality of life, patient satisfaction and the sustainability of outcomes. Systematic monitoring of these indicators makes it possible to assess the effectiveness of the facility and improve the quality of rehabilitation care.

Evidence-based rehabilitation practice. Evidence-based practice is a fundamental component of modern rehabilitation and an important criterion for assessing a facility's potential. It involves combining the best available scientific evidence, professional expertise and the patient's individual needs, values and circumstances [11, 43]. Consequently, clinical decisions must take into account functional status, comorbidities, rehabilitation goals and available resources.

The implementation of evidence-based practice requires organizational mechanisms, including up-to-date clinical guidelines and protocols, standardized algorithms, regular review of rehabilitation methods, staff professional development and clinical audit. The READ model involves the sequential setting of goals, assessment of the patient's needs, selection of evidence-based interventions, determination of their intensity, and continuous monitoring of outcomes [44].

At the institutional level, it is advisable to assess the availability and relevance of protocols, adherence to clinical algorithms, the appropriateness of interventions, the documentation of clinical decisions, the conduct of clinical audits, staff participation in continuing professional development, and the regular updating of local protocols. An important component is the systematic monitoring of functional outcomes, which enables the effectiveness of the approaches used to be assessed and practice to be adjusted [4, 37, 45, 46].

Evidence-based practice must be combined with a patient-centered approach and shared decision-making, as scientific evidence regarding the effectiveness of interventions must be aligned with the patient's goals and preferences [11]. Its consistency also depends on the professional competence of staff and the ability to draw on up-to-date scientific sources.

It is therefore appropriate to regard evidence-based rehabilitation practice as a facility's organizational capacity to systematically implement up-to-date scientific findings, monitor their application and outcomes, and refine clinical approaches. Accordingly, an assessment of a facility's potential should take into account not only the availability of resources and qualified staff, but also its ability to deliver evidence-based, patient-centered and continuously improving rehabilitation practice.

Team Interaction and Interdisciplinary Collaboration. Effective teamwork is a key component of modern rehabilitation and the capacity of a rehabilitation facility, as patients' complex needs encompass physical, cognitive, psychological, communicative, social and occupational aspects [3, 15]. The WHO recommends the development of multidisciplinary rehabilitation teams, the composition of which should correspond to patients' clinical and functional needs [3, 15]. In Ukraine, such teams may include a physical and rehabilitation medicine physician, physical therapist, occupational therapist, speech and language therapist, psychologist, prosthetist-orthotist, and other specialists [38–40].

It is important to distinguish between multidisciplinary, interdisciplinary and transdisciplinary models. The multidisciplinary model involves the participation of specialists from different disciplines; the interdisciplinary model involves the joint setting of objectives, coordinated planning and decision-making; and the transdisciplinary model involves a deeper integration of competencies and a partial overlap of professional roles [15, 42].

When assessing a facility's capacity, the availability of the necessary specialists is a structural indicator, whilst the quality of their collaboration is a process indicator. Procedural indicators include the regularity of team meetings, joint functional assessment and goal-setting, coordination of interventions, information sharing, documentation of decisions, monitoring of progress and joint planning of discharge. Patient involvement in goal-setting and decision-making ensures that rehabilitation is patient-centered [9-11].

Effective teamwork promotes coordination of interventions, prevents duplication and fragmentation, and ensures continuity of care between inpatient, outpatient and home-based care [13, 17, 41]. It is of particular importance for patients with complex injuries, particularly those sustained as a result of combat, who may require simultaneous medical, rehabilitation, psychological and social support [47, 48].

Therefore, a high level of team capacity is determined not by the number of specialities represented, but by the ability of specialists to coordinate their activities effectively, make joint decisions and work towards achieving patient-centered and measurable functional outcomes.

Accreditation and Quality Management. Accreditation and quality management are key components

 Creative Commons «Attribution» 4.0

in assessing the capacity of a rehabilitation facility, covering patient safety, standardization of processes, monitoring of outcomes, risk management and continuous improvement. Accreditation provides an external assessment of compliance with standards, whilst quality management is an internal process of systematic improvement. In international practice, CARF International applies specialized standards for rehabilitation programmes, JCI applies comprehensive requirements for management, safety and the quality of healthcare, and ISO 7101:2023 sets out requirements for quality management systems in healthcare organizations [34, 49, 50].

An effective quality management system involves setting quality objectives and indicators, regular monitoring, clinical audits, risk management, analysis of deviations, taking patient feedback into account, and implementing corrective actions. Other key components include ensuring patient safety, documenting adverse events, assessing compliance with clinical protocols, ensuring the completeness of functional assessments, promoting teamwork, measuring outcomes and planning discharge.

Quality monitoring should combine structural, process and outcome indicators: resources and organizational conditions, the quality of care provided, and the functional outcomes achieved by patients. This approach makes it possible to assess not only compliance with established requirements, but also the actual effectiveness of rehabilitation [36, 37].

An integrated approach is appropriate for the Ukrainian system: using the WHO and ICF frameworks as a conceptual basis, CARF's experience for specific rehabilitation standards, JCI principles for organizational management and safety, and ISO 7101:2023 for the internal quality management system. Such a model can provide a comprehensive assessment of a facility's potential, covering resources, processes, functional outcomes, patient-centered care, teamwork and continuous improvement.

CONCLUSIONS

An analysis of international approaches has revealed a shift from a biomedical and resource-oriented model to a functional and patient-centered model of rehabilitation based on continuity of care, evidence-based practice, interdisciplinary collaboration, and measurable functional outcomes.

It is advisable to view a facility's rehabilitation capacity as an integral characteristic of a healthcare organization that reflects its ability to provide continuous, timely, safe, and high-quality rehabilitation care to a defined patient population using available human, material, technical, organizational, and information resources in accordance with current standards of practice. Its assessment should be based on a combination of structural, process, and outcome indicators.

International experience cannot be directly applied to the Ukrainian context; however, the approaches of the WHO and the ICF, as well as the experience of the United Kingdom, Germany, Poland, CARF, JCI, and ISO 7101:2023, can be adapted to take into account national regulatory and organizational characteristics.

The key components of a rehabilitation facility's capacity include qualified staff, effective interdisciplinary collaboration, evidence-based practice, standardized functional assessment, continuity of care, and systematic monitoring of outcomes. Taken together, these components provide the basis for a comprehensive assessment of a facility's capacity to deliver high-quality rehabilitation services.

Building on this framework, this study developed a draft Standard for the Assessment of Basic Rehabilitation Facility Capacity, adapting contemporary international approaches to the Ukrainian context. The proposed draft Standard provides for a comprehensive assessment of the structural, process, and outcome characteristics of rehabilitation facilities and can serve as a methodological basis for evaluating their ability to provide accessible, coordinated, evidence-based, and patient-centered care and achieve measurable functional outcomes. Further research should focus on piloting and validating the proposed indicators and determining the applicability of the draft Standard across different types and levels of rehabilitation facilities.

Article Declarations

Prospects for further research. Further research should focus on the development, scientific justification, and validation of a comprehensive system for assessing the capacity of rehabilitation facilities in accordance with international standards and the principles of evidence-based practice. Particular attention should be paid to defining criteria and indicators that reflect the staffing, organizational, material and technical, and functional capacity of facilities, their capability to ensure effective interdisciplinary collaboration and continuity of the rehabilitation pathway, and their performance in achieving measurable functional outcomes. This will provide a scientific basis for improving the mechanisms for managing, monitoring, and enhancing the quality of rehabilitation care, particularly in light of the growing need for rehabilitation among military personnel.

Study limitations. The limitations of the study are primarily related to the use of two main scientific databases – PubMed/MEDLINE and Scopus – and the specified search and selection criteria for sources. While supplementing the search with official documents from WHO, NATO, CARF, JCI, ISO and regulatory documents of Ukraine, a specialized search in "gray literature" databases and individual professional repositories was not conducted. This may limit the completeness of the identification of individual studies, local reports, institutional documents, or other materials that are not indexed in PubMed/MEDLINE and Scopus. An additional limitation is the language criterion, since the main search for scientific publications was carried out in English and Ukrainian. For official documents, language restrictions did not apply if the document was available in English or Ukrainian on the official website of the relevant institution.

Primary data and materials. The authors of the manuscript confirm that no primary data or materials were used in the study. The paper is a review and is based solely on the analysis and synthesis of findings from published scientific sources. No primary medical records, statistical databases or individual patient data were used.

Research ethics. This study is a review and is based on an analysis of published scientific sources. No primary data, personally identifiable patient information or biological material were used; therefore, approval from the Committee on Ethics in Biomedical Research and the informed consent of participants were not required.

Declaration of AI use. Use of artificial intelligence. Whilst preparing the manuscript, the authors used ChatGPT (OpenAI) solely to generate alternative phrasing, for language editing and to refine the style of presentation. All scientific arguments, analysis of the literature, interpretation of results and final editing of the manuscript were carried out by the authors themselves. The authors have reviewed and edited the generated material and bear full responsibility for the content and accuracy of the publication.

Funding. The study was carried out as part of the 'Renovator' project under NATO's Comprehensive Assistance Package for Ukraine (Special Instruction from the Deputy Commander of the Medical Forces of the Armed Forces of Ukraine). The authors did not receive any specific funding for the conduct of this study or the preparation of the manuscript.

Conflict of interest. The authors declare that there are no conflicts of interest relating to the preparation, conduct and publication of this study. None of the authors has any financial, commercial or other personal relationships that could influence the interpretation of the results. The study was conducted in accordance with the principles of academic integrity and objectivity. All authors have approved the final version of the manuscript.

Acknowledgements. The authors would like to express their sincere gratitude to Lyudmyla Panchenko (Medical Forces Command of the Armed Forces of Ukraine) for her valuable professional advice, expert recommendations and support during the preparation of this study.

Author Contributions (CRediT taxonomy)

Andriy V. Shvets- A, E, F ORCID: 0000-0002-9461-7129
Olesya M. Ivanko- A, B, F ORCID: 0000-0002-5929-255X
*Valentyna M. Makhniuk- B, C, F ORCID: 0000-0001-6196-4370
Olga V. Horishna- B, E, F ORCID: 0000-0003-1362-4536
Halyna V. Lugova- A,C,F ORCID: 0000-0001-8052-0580

***Corresponding author:** valentyna2567@gmail.com

REFERENCES

1. Ghaffar A, Bachani AM, Hyder AA, et al. Role and promise of health policy and systems research in integrating rehabilitation into the health systems. Health Res Policy Syst. 2024;22:143. https://doi.org/10.1186/s12961-024-01235-2
2. Jesus TS, Landry MD, Hoenig H. Global need for physical rehabilitation: systematic analysis from the Global Burden of Disease Study 2017. Int J Environ Res Public Health. 2019;16(6):980. https://doi.org/10.3390/ijerph16060980
3. World Health Organization. Rehabilitation 2030: a call for action – meeting report, Executive Boardroom, WHO Headquarters, 6–7 February 2017 [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2020 [cited 2026 Aug 13]. Available from: https://www.who.int/news-room/events/detail/2017/02/06/default-calendar/rehabilitation-2030-a-call-for-action
4. Cieza A, Sabariego C, Bickenbach J, et al. Rethinking rehabilitation outcomes: integrating functioning, disability and health in outcome measurement systems. Disabil Rehabil. 2021. https://doi.org/10.1080/09638288.2021.1875280
5. Stucki G, Bickenbach J, Gutenbrunner C, Melvin J. Rehabilitation: the health strategy of the 21st century. J Rehabil Med. 2018;50(4):309-316. https://doi.org/10.2340/16501977-2200
6. Ahmedy F, Yin KN, Sybil Shah S, et al. Collaborative capacity building for strengthening rehabilitation services in Sabah, Malaysia: a partnership between university hospital and state health department. J Rehabil Med. 2025;57:jrm40166. https://doi.org/10.2340/jrm.v57.40166

 Creative Commons «Attribution» 4.0

7. World Health Organization. International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF) [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2026 [cited 2026 Aug 13]. Available from: https://icd.who.int/browse/releases/icf/en
8. Gutenbrunner C, Nugraha B, Frawley H, et al. Strengthening rehabilitation in health systems worldwide by implementing Rehabilitation 2030. J Rehabil Med. 2023;55:jrm4062. https://doi.org/10.2340/jrm.v55.4062
9. Karhula M, et al. ICF personal factors strengthen commitment to person-centered rehabilitation. Front Rehabil Sci. 2021;2:709682. https://doi.org/10.3389/fresc.2021.709682
10. Zampolini M, Selb M, Boldrini P, et al. The Individual Rehabilitation Project as the core of person-centered rehabilitation. Eur J Phys Rehabil Med. 2022;58:503-510. https://doi.org/10.23736/S1973-9087.22.07402-0
11. Hoffmann T, Bakhit M, Michaleff Z. Shared decision making and physical therapy: what, when, how, and why? Braz J Phys Ther. 2022;26(1):100382. https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2021.100382
12. Gough C, et al. Rehabilitation, reablement, and restorative care approaches: scoping review. BMC Geriatr. 2025;25:44. https://doi.org/10.1186/s12877-025-05680-8
13. Shi Y, Li H, Yuan B, et al. Effects of multidisciplinary teamwork in chronic conditions: systematic review. BMC Prim Care. 2025;26:110. https://doi.org/10.1186/s12875-025-02814-0
14. World Health Organization. Rehabilitation competency framework [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2021 [cited 2026 Aug 6]. Available from: https://www.who.int/publications/i/item/9789240008281
15. World Health Organization. Rehabilitation in health systems: guide for action [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2019 [cited 2026 Aug 13]. Available from: https://www.who.int/publications/i/item/9789241515986
16. Cabinet of Ministers of Ukraine. Some issues of implementation of the Medical Guarantees Program for Population Healthcare in 2026: Resolution No. 1808, December 31, 2025 [Internet]. Kyiv: Cabinet of Ministers of Ukraine; 2025 [cited 2026 Aug 6]. Available from: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1808-2025-%D0%BF#Text
17. Cabinet of Ministers of Ukraine. On approval of the Procedure for organizing rehabilitation care in the healthcare sector: Resolution No. 1268, November 3, 2021 [Internet]. Kyiv: Cabinet of Ministers of Ukraine; 2021 [cited 2026 Aug 6]. Available from: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1268-2021-%D0%BF#Text
18. North Atlantic Treaty Organization. Comprehensive Assistance Package (CAP) for Ukraine [Internet]. Brussels: NATO; 2025 [cited 2026 Aug 5]. Available from: https://www.nato.int/en/what-we-do/partnerships-and-cooperation/comprehensive-assistance-package-cap-for-ukraine
19. North Atlantic Treaty Organization. Five NATO Allies support medical rehabilitation in Ukraine [Internet]. Brussels: NATO; 2025 [cited 2026 Aug 5]. Available from: https://www.nato.int/en/news-and-events/articles/news/2025/10/07/five-nato-allies-support-medical-rehabilitation-in-ukraine
20. World Health Organization. Minimum technical standards and recommendations for rehabilitation in emergency medical teams [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2016 [cited 2026 Aug 6]. Available from: https://www.who.int/publications/i/item/emergency-medical-teams
21. Centers for Medicare & Medicaid Services. Inpatient Rehabilitation Facility Patient Assessment Instrument (IRF-PAI) and IRF-PAI Manual [Internet]. Baltimore: CMS; 2026 [cited 2026 Aug 11]. Available from: https://www.cms.gov/medicare/quality/inpatient-rehabilitation-facility/irf-pai-and-irf-qrp-manual
22. Centers for Medicare & Medicaid Services. CARE Item Set and B-CARE [Internet]. Baltimore: CMS [cited 2026 Aug 11]. Available from: https://www.cms.gov/medicare/quality/initiatives/pac-quality-initiatives/care-item-set-and-b-care
23. NHS England. Integrated information requirements, costing processes and costing methods 2026: specialist rehabilitation [Internet]. London: NHS England; 2026 [cited 2026 Aug 11]. Available from: https://www.england.nhs.uk/long-read/integrated-costing-standards-2026/
24. NHS England. 2025/26 NHS Payment Scheme – Annex B: guidance on currencies [Internet]. London: NHS England; 2025 [cited 2026 Aug 11]. Available from: https://www.england.nhs.uk/long-read/25-26-nhsps-annex-b-guidance-on-currencies/
25. Deutsche Rentenversicherung. Rehabilitation [Internet]. Berlin: Deutsche Rentenversicherung [cited 2026 Aug 11]. Available from: https://www.deutsche-rentenversicherung.de/SharedDocs/Glossareintraege/DE/R/rehabilitation.html
26. Deutsche Rentenversicherung. Warum Reha? [Internet]. Berlin: Deutsche Rentenversicherung [cited 2026 Aug 11]. Available from: https://www.deutsche-rentenversicherung.de/DRV/DE/Reha/Warum-Reha/warum-reha_node.html
27. Deutsche Rentenversicherung. Reha-Qualitätssicherung: Grundlagen, Ziele und Dimensionen [Internet]. Berlin: Deutsche Rentenversicherung [cited 2026 Aug 11]. Available from: https://www.deutsche-rentenversicherung.de/DRV/DE/Experten/Infos-fuer-Reha-Einrichtungen/Grundlagen-und-Anforderungen/Reha-Qualitaetssicherung/grundlagen_ziele_dimensionen.html
28. Deutsche Rentenversicherung. Reha-Qualitätssicherung: Rehabilitandenbefragung [Internet]. Berlin: Deutsche Rentenversicherung [cited 2026 Aug 11]. Available from: https://www.deutsche-rentenversicherung.de/DRV/DE/Experten/Infos-fuer-Reha-Einrichtungen/Grundlagen-und-Anforderungen/Reha-Qualitaetssicherung/rehabilitandenbefragung.html

29. Haute Autorité de Santé. Résultats des IQSS – Dossier patient en Soins Médicaux et de Réadaptation (DPA SMR) [Internet]. Saint-Denis: HAS; 2024 [updated 2026; cited 2026 Aug 11]. Available from: https://www.has-sante.fr/jcms/c_2676386/fr/dossier-patient-en-ssr-dpa-ssr
30. Haute Autorité de Santé. Certification pour la qualité et la sécurité des soins [Internet]. Saint-Denis: HAS [cited 2026 Aug 11]. Available from: https://www.has-sante.fr/jcms/686_FicheEtablissement/fr/la-lande-reeducation
31. Narodowy Fundusz Zdrowia. Leczenie i świadczenia – informacje o świadczeniach [Internet]. Warsaw: NFZ [cited 2026 Aug 11]. Available from: https://www.nfz.gov.pl/dla-pacjenta/informacje-o-swiadczeniach/
32. Narodowy Fundusz Zdrowia. Informacje o pozostałych świadczeniach – Rehabilitacja lecznicza [Internet]. Warsaw: NFZ [cited 2026 Aug 11]. Available from: https://www.nfz.gov.pl/dla-pacjenta/informacje-o-swiadczeniach/informacje-o-pozostalych-swiadczeniach/
33. World Health Organization. Package of interventions for rehabilitation: Module 1. Introduction [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2023 [cited 2026 Aug 11]. Available from: https://www.who.int/publications/i/item/9789240067097
34. Commission on Accreditation of Rehabilitation Facilities. Medical rehabilitation [Internet]. Tucson (AZ): CARF International; 2026 [cited 2026 Aug 9]. Available from: https://carf.org/accreditation/programs/medical-rehabilitation/
35. CARF International. Medical Rehabilitation Program List [Internet]. Tucson (AZ): CARF International [cited 2026 Aug 11]. Available from: https://carf.org/accreditation/programs/medical-rehabilitation/medical-rehabilitation-program-list/
36. Guzmán-Leguel YM, Rodríguez-Lara SQ. Assessment of patients' quality of care in healthcare systems: a narrative review. Healthcare (Basel). 2025;13(14):1714. https://doi.org/10.3390/healthcare13141714
37. Yang CM, Wang YC, Lee CH, Chen MH, Hsieh CL. A comparison of test-retest reliability and random measurement error of the Barthel Index and Modified Barthel Index in patients with chronic stroke. Disabil Rehabil. 2022;44(10):2099-2103. https://doi.org/10.1080/09638288.2020.1814429
38. Verkhovna Rada of Ukraine. On Rehabilitation in Health Care: Law of Ukraine No. 1053-IX, December 3, 2020 [Internet]. Kyiv: Verkhovna Rada of Ukraine; 2020 [cited 2026 Aug 5]. Available from: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1053-20#Text
39. Ministry of Health of Ukraine. Some issues of education and professional practice in healthcare professions: Order No. 1065, July 5, 2025 [Internet]. Kyiv: Ministry of Health of Ukraine; 2025 [cited 2026 Aug 5]. Available from: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1109-25#Text
40. Ministry of Economy of Ukraine. National Classification of Ukraine DK 003:2010. Classifier of Occupations [Internet]. Kyiv: Ministry of Economy of Ukraine [cited 2026 Aug 5]. Available from: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va327609-10#Text
41. Ministry of Health of Ukraine. On approval of the Procedure for organizing rehabilitation care on rehabilitation pathways: Order No. 2083, November 16, 2022 [Internet]. Kyiv: Ministry of Health of Ukraine; 2022 [cited 2026 Aug 5]. Available from: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1516-22#Text
42. Wade DT. What is rehabilitation? Clin Rehabil. 2020;34(5):571-583. https://doi.org/10.1177/0269215520905112
43. Zhang J, He C. Evidence-based rehabilitation medicine: definition, foundation, practice and development. Med Rev. 2024;4(1):42-54. https://doi.org/10.1515/mr-2023-0027
44. Novak I, et al. Rehabilitation evidence-based decision-making: the READ model. Front Rehabil Sci. 2021;2:726410. https://doi.org/10.3389/fresc.2021.726410
45. Somerville E, Blenden G, Kretzer D, Holden B, Bollinger RM, Krauss MJ, et al. Differences in daily activity performance between inpatient rehabilitation facility and home among stroke survivors. Neurorehabil Neural Repair. 2024;38(6):403-412. https://doi.org/10.1177/15459683241246266
46. World Health Organization. WHODAS 2.0: implementation manual [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2022 [cited 2026 Aug 5]. Available from: https://www.who.int/tools/whodas
47. Babakhanyan I, Sedigh R, Remigio-Baker R, et al. Traumatic brain injury rehabilitation for warfighters with post-traumatic stress: multidisciplinary rehabilitation approach. NeuroRehabilitation. 2024;55(3):451-462. https://doi.org/10.3233/NRE-230274
48. Klingebiel FK, Landre V, Hasegawa M, et al. The three stages of polytrauma rehabilitation: a systematic literature review. Int Orthop. 2025;49:365-374. https://doi.org/10.1007/s00264-024-06385-0
49. Joint Commission International. Joint Commission International Accreditation Standards for Hospitals. 8th ed. [Internet]. Oakbrook Terrace (IL): Joint Commission Resources; 2024 [cited 2026 Aug 9]. Available from: https://www.jointcommissioninternational.org/standards/
50. International Organization for Standardization. ISO 7101:2023. Healthcare organization management – Management systems for quality in healthcare organizations – Requirements [Internet]. Geneva: ISO; 2023 [cited 2026 Aug 9]. Available from: https://www.iso.org/standard/81647.html

 Creative Commons «Attribution» 4.0

МІЖНАРОДНІ ПІДХОДИ ДО ОЦІНКИ СПРОМОЖНОСТЕЙ РЕАБІЛІТАЦІЙНИХ ЗАКЛАДІВ: ЕВОЛЮЦІЯ МОДЕЛЕЙ РЕАБІЛІТАЦІЇ, ДОКАЗОВА ПРАКТИКА ТА МІЖДИСЦИПЛІНАРНА СПІВПРАЦЯ

Андрій В. Швець[1], Олеся М. Іванько[1], Валентина М. Махнюк[1], Ольга В. Горішна[1], Halyna V. Lugova[2]

1 – Українська військово-медична академія, м. Київ, Україна
2 – Університет UCSI, кампус Бандар Спрінгхілл, м. Негері-Сембілан, Малайзія

РЕЗЮМЕ

Вступ. Зростання потреб у реабілітаційній допомозі, зумовлене наслідками воєнних конфліктів, збільшенням кількості осіб із порушеннями функціонування, поширенням хронічних захворювань та старінням населення, визначає необхідність удосконалення підходів до оцінки спроможностей реабілітаційних закладів. Сучасні міжнародні системи реабілітації поступово трансформувалися від медико-центрованої моделі до функціонально орієнтованого та пацієнтоцентричного підходу, що базується на доказовій практиці, міждисциплінарній взаємодії та оцінці результатів відновлення.

Мета. Проаналізувати міжнародні підходи до оцінки спроможностей реабілітаційних закладів з урахуванням еволюції моделей реабілітації, принципів доказової практики та ролі мультидисциплінарних команд у забезпеченні якості реабілітаційних послуг.

Матеріали та методи. Проведено аналітичний огляд міжнародної наукової літератури, нормативних документів, рекомендацій міжнародних організацій та сучасних підходів до організації реабілітаційної допомоги. Здійснено узагальнення даних щодо критеріїв оцінки спроможності реабілітаційних закладів, організації командної роботи, управління якістю та результативності реабілітаційних послуг.

Результати. Встановлено, що міжнародні підходи до оцінки спроможності реабілітаційних закладів охоплюють кадрове забезпечення, організаційну структуру, доступність і безперервність послуг, міжпрофесійну взаємодію, доказові методи та функціональні результати. Визначено, що мультидисциплінарна команда є ключовим елементом ефективної реабілітації, забезпечуючи визначення потреб пацієнта, планування індивідуальної програми та контроль її результатів. Якість реабілітаційних закладів має оцінюватися не лише за структурними показниками, а й за результатами відновлення функціонування та участі людини в суспільному житті.

Висновки. Міжнародний досвід засвідчує перехід до функціональної, пацієнтоорієнтованої та інтегрованої моделі реабілітації, що ґрунтується на безперервності допомоги, доказовій практиці, міждисциплінарній співпраці та вимірюваних функціональних результатах. Оцінювання спроможності реабілітаційних закладів доцільно здійснювати за сукупністю структурних, процесних та результативних показників. Адаптація міжнародних підходів до українського контексту створює основу для розроблення проєкту Стандарту оцінювання спроможності реабілітаційних закладів та визначення їхньої здатності забезпечувати доступну, скоординовану, доказову й пацієнтоорієнтовану допомогу. Подальші дослідження мають бути спрямовані на апробацію та валідацію запропонованих показників.

Ключові слова: реабілітаційні заклади, оцінка спроможностей, міжнародні підходи, моделі реабілітації, доказова практика, мультидисциплінарна команда, проєкт стандарту.

Received: June 04, 2026
Accepted: August 16, 2026
Published online: September 16, 2026

Creative Commons «Attribution» 4.0

ISSN 2786-6661

UDC: 611.12.018.2:616.127-004

DOI: https://doi.org/10.32345/USMYJ.3(164).2026.102-113

MYOCARDIAL INTERSTITIUM: FROM HISTOPHYSIOLOGY TO CARDIOSCLEROSIS AND ECTOPIC CALCIFICATION

Oleksandr M. Grabovyi, Anna Y. Kondaurova

Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

ABSTRACT

Introduction. A fundamental paradigm shift has occurred in modern cardiology: the myocardial interstitium (stroma) is no longer considered a passive scaffold, but a highly dynamic, metabolically active neuro-immune-vascular niche that maintains structural homeostasis, regulates electrophysiology and contractility, and determines the trajectory of pathological cardiac remodeling.

Aim. To systematize current data on the structural and cellular organization of the myocardial stroma and to characterize the mechanisms of crosstalk between stromal elements and cardiomyocytes underlying fibrosis and ectopic calcification.

Materials and Methods. A systematic review of PubMed/MEDLINE, Scopus, and Web of Science was performed; 48 of over 200 identified sources (2005–2026), predominantly from Q1-Q2 journals, were selected for analysis.

Results. The myocardial architecture possesses a laminar spatial organization formed by collagen fibers of the endomysium and perimysium. The cellular composition of the interstitium is highly heterogeneous. Telocytes form a three-dimensional scaffold via telopodes, physically integrating tissue structures while stimulating cardiomyocyte maturation and maintaining regenerative potential through microRNA secretion. Pericytes control capillary blood flow — their pathological spasm underlies the "no-reflow" phenomenon during ischemia — and orchestrate regeneration through a secretome that stimulates neoangiogenesis and limits fibrosis. Cardiac fibroblasts govern matrix biosynthesis; their stepwise activation into myofibroblasts and matrifibrocytes drives replacement or reactive fibrosis, and fibroblast-derived TGF-β directly suppresses cardiomyocyte contractility. Beyond fibrosis, disrupted collagen turnover and ectopic stromal calcification (e.g., due to Fetuin-A deficiency) produce myocardial stiffness and diastolic dysfunction (HFpEF) refractory to pharmacological treatment.

Conclusions. The physiological and pathological state of the heart depends entirely on bidirectional crosstalk between cardiomyocytes and the stroma; future cardiological and regenerative therapies must target the integrated multi-tissue microenvironment rather than the isolated cardiomyocyte.

Keywords: myocardial stroma, telocytes, fibroblasts, extracellular matrix, cardiosclerosis, ectopic calcification.

INTRODUCTION

In classical cardiology and physiology, the myocardium was traditionally viewed primarily through the prism of the contractile function of cardiomyocytes, which form myocardial fibers whose coordinated contraction ensures the pumping function of the heart. Within this historical paradigm, the interstitium (stroma) was described as a passive connective tissue framework whose role was traditionally considered to be limited to providing mechanical support for myocardial fibers and distributing mechanical stress during systole and diastole. However, the substantial body of fundamental evidence accumulated over recent decades has prompted a major revision of this oversimplified concept. In contemporary translational medicine, the myocardial stroma is regarded as a highly dynamic, metabolically active neuroimmune-vascular niche [1-6]. This complex microenvironment plays a crucial role not only in maintaining myocardial structural homeostasis but also in regulating electrophysiological processes, modulating the contractile capacity (inotropy and lusitropy) of the heart, and shaping the trajectory of pathological remodeling in cardiovascular diseases.

The foundation of the myocardial stroma is the extracellular matrix (ECM), which is interwoven with a dense network of microcirculatory blood vessels. This matrix serves not merely as a biomechanical buffer but also as a reservoir for a large pool of growth

Creative Commons «Attribution» 4.0

factors, cytokines, chemokines, and proteolytic enzymes, ensuring intricate spatiotemporal control of intercellular communication [3-6]. The cellular composition of the stroma is remarkably heterogeneous. It encompasses endothelial cells forming the inner lining of capillaries, perivascular cells (primarily pericytes and adventitial cells), tissue-specific subpopulations of fibroblasts, a distinct class of interstitial cells known as telocytes, adipocytes, and immune cells [1-6].

The physiological function of the myocardium, as well as its adaptive or maladaptive remodeling in ischemic heart disease, arterial hypertension, metabolic syndrome, and heart failure, is strongly influenced by synchronized bidirectional interactions (crosstalk) between cardiomyocytes and stromal elements [7-10]. Elucidating the molecular mechanisms underlying this crosstalk opens new avenues for cardiovascular pharmacology and tissue engineering, shifting the therapeutic focus from the isolated cardiomyocyte toward the integrated multi-tissue complex (Fig. 1).

AIM

The aim of this review is to systematize and critically analyze current data on the structural and cellular organization of the myocardial interstitium (stroma), characterize the mechanisms of bidirectional crosstalk between its principal cellular populations – telocytes, pericytes, and fibroblasts – and cardiomyocytes, and elucidate the role of this crosstalk in the pathogenesis of myocardial fibrosis, stiffness, and ectopic stromal calcification underlying diastolic dysfunction (HFpEF).

MATERIALS AND METHODS

This work is a systematic scientific review conducted in accordance with the principles of evidence-based medicine. The search for scientific literature was performed across leading international databases: PubMed/MEDLINE, Scopus, and Web of Science. The following keywords and their combinations were utilized: "cardiac stroma", "myocardial extracellular matrix", "cardiac fibroblast", "pericyte secretome", "telocytes heart", "endothelial-cardiomyocyte crosstalk", "myocardial fibrosis", "HFpEF diastolic dysfunction", "mechanoelectric coupling". The analysis included original articles, systematic reviews, and meta-analyses published predominantly between 2005 and 2026. Priority was given to publications in first and second quartile (Q1–Q2) journals according to the SCImago Journal Rank. In total, over 200 sources were analyzed, from which 48 of the most relevant and methodologically robust studies were selected for citation. Inclusion criteria comprised: relevance to the research topic (structure and functions of the myocardial stroma, intercellular interactions in cardiac tissue), a sufficient level of evidence, and the availability of the full text.

RESULTS

The myocardial architecture exhibits a pronounced laminar (sheet-like) spatial organization. Cardiomyocytes are grouped into functional muscle fibers that can branch and form anastomoses. They

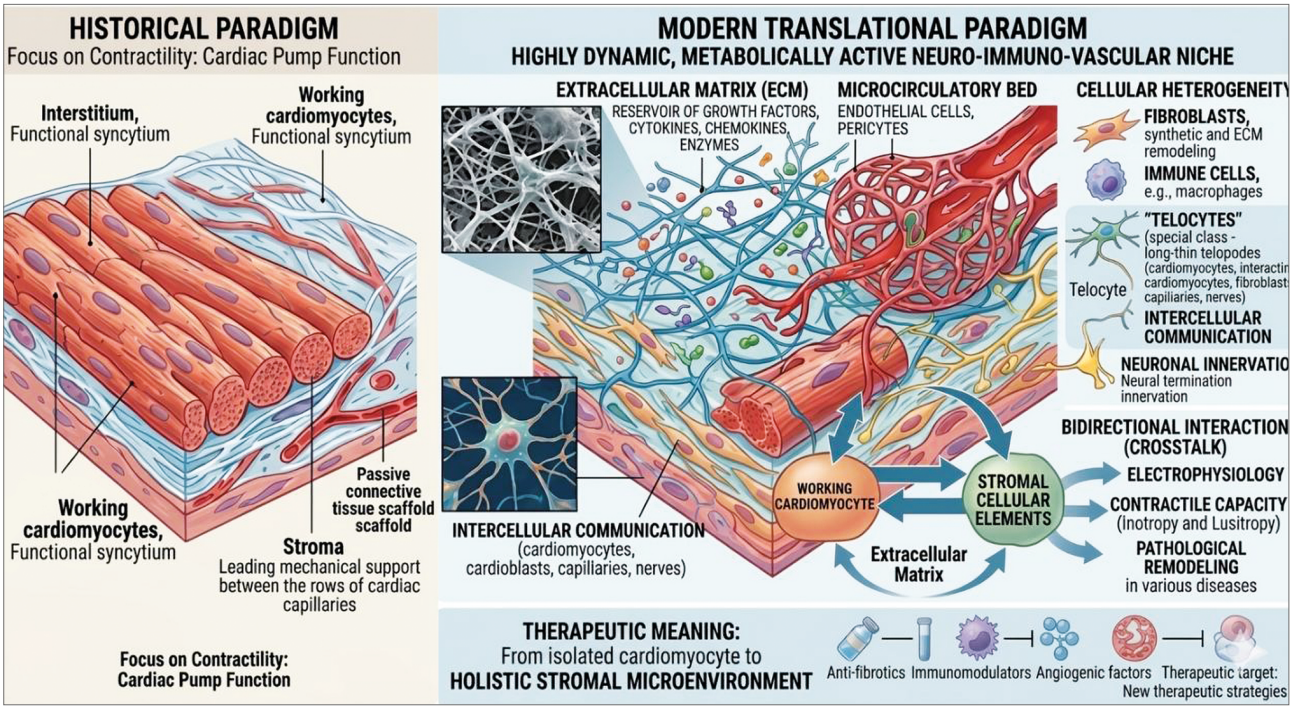


Fig. 1. Contemporary understanding of myocardial structure: from the contractile unit to a complex multi-tissue complex (Author's elaboration using AI Sider & Gemini_

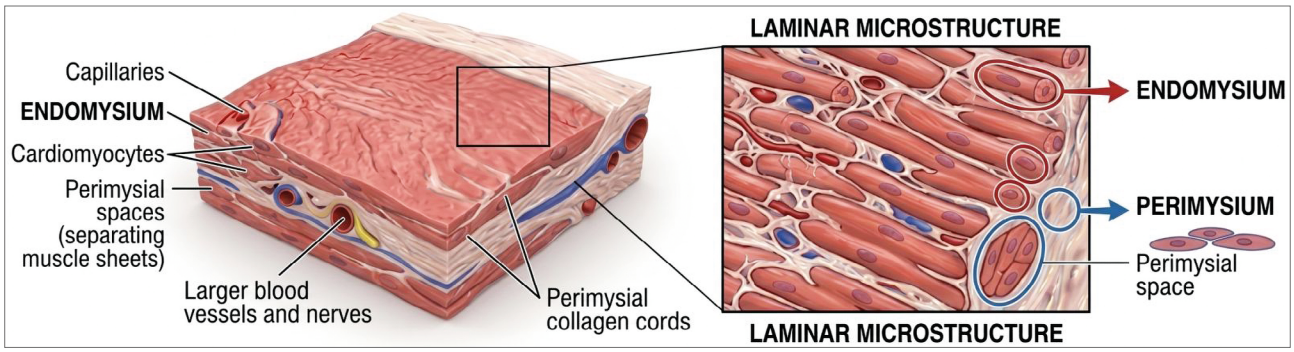


Fig. 2. Spatial organization of the myocardial architecture (Author's elaboration using AI Sider & Gemini)

share a common spatial orientation and are tightly interconnected by endomysial elements, forming laminae or sheets. Consequently, the ventricular myocardium is not an absolutely homogeneous continuum of fibers. Instead, it features a complex three-dimensional architecture in which functional muscle fibers are bound together by endomysial elements into distinct laminae. The thickness of a single lamina typically spans 4-6 cardiomyocytes (approximately 80-120 μm). The laminae are separated by connective tissue perimysial cleavage planes, which provide optimal mechanics for the twisting and untwisting of the left ventricle during the cardiac cycle [11-13]. The network of collagen fibers is the predominant component of the stroma and is classically subdivided into the epimysium (covering the entire muscle), endomysium (surrounding functional muscle fibers), and perimysium [11, 14].

Endomysial collagen fibers play a pivotal role in shaping the laminar architecture of the interstitium. Three-dimensional confocal microscopy reveals their highly ordered arrangement, forming three distinct morphological elements: 1) a meshwork on the surfaces of laminae (the so-called myolaminae); 2) thick, convoluted fibers that cross the cleavage planes and mechanically connect adjacent layers; and 3) longitudinal fibers [11, 19]. Notably, although myolaminae form the basis of structural organization throughout most of the thickness of the left ventricular wall, they are absent in the subepicardial zone, where perimysial collagen is represented exclusively by longitudinal fibers [11]. In regions containing a single population of laminae, aggregates of cardiomyocytes are oriented along the local radial direction of the left ventricular wall, branch, and merge into a complex network around the junction points of different laminae, as well as curve to accommodate the passage of blood vessels [12, 15, 19, 20].

The microcirculatory bed is inextricably integrated into this fibrillar matrix. Through the application of cutting-edge three-dimensional reconstruction techniques, specifically serial block-face scanning electron microscopy (SBF-SEM) and high-resolution X-ray phase-contrast microtomography, it has become possible to visualize the spatial relationships of cells within the perivascular niche with unprecedented precision [6]. Blood vessels (capillaries and postcapillary venules) are densely ensheathed by pericytes, whose cell bodies are predominantly oriented longitudinally along the capillary axis. Pericytes extend multiple thin processes toward the endothelium. Although these processes physically cover only a minor fraction of the total outer surface of endothelial cells, they are strategically positioned at critical sites, particularly capillary branching points. At these bifurcation zones, some pericytes are positioned to maintain simultaneous contact with both capillaries emerging from the branching point, indicating their important role in the local regulation of blood flow [23]. The most critical ultrastructural feature defining pericyte identity is that their cell bodies and all cytoplasmic processes, without exception, are entirely embedded within a shared basement membrane [23-25].

Beyond the capillary basement membrane, directly within the stroma, reside other vessel-associated cells, notably telocytes. They form a complex interstitial network [1-6]. It has been established that telocyte processes penetrate the endothelial basement membrane, forming specialized electron-dense contact zones directly with endothelial cells. The presence of these specialized contact zones provides evidence of direct functional crosstalk between telocytes and the endothelium [6]. At the same time, despite their close spatial proximity within the perivascular niche, no zones of direct structural contact have been identified between pericytes and telocytes, suggesting that their interaction may be predominantly paracrine in nature (Fig. 3) [6].

Understanding this intricate spatial configuration is directly relevant to the processes of embryogenesis and regeneration. During heart development, the epicardium plays a critical role in forming the myocardial stromal compartment. Epithelial-to-

 Creative Commons «Attribution» 4.0

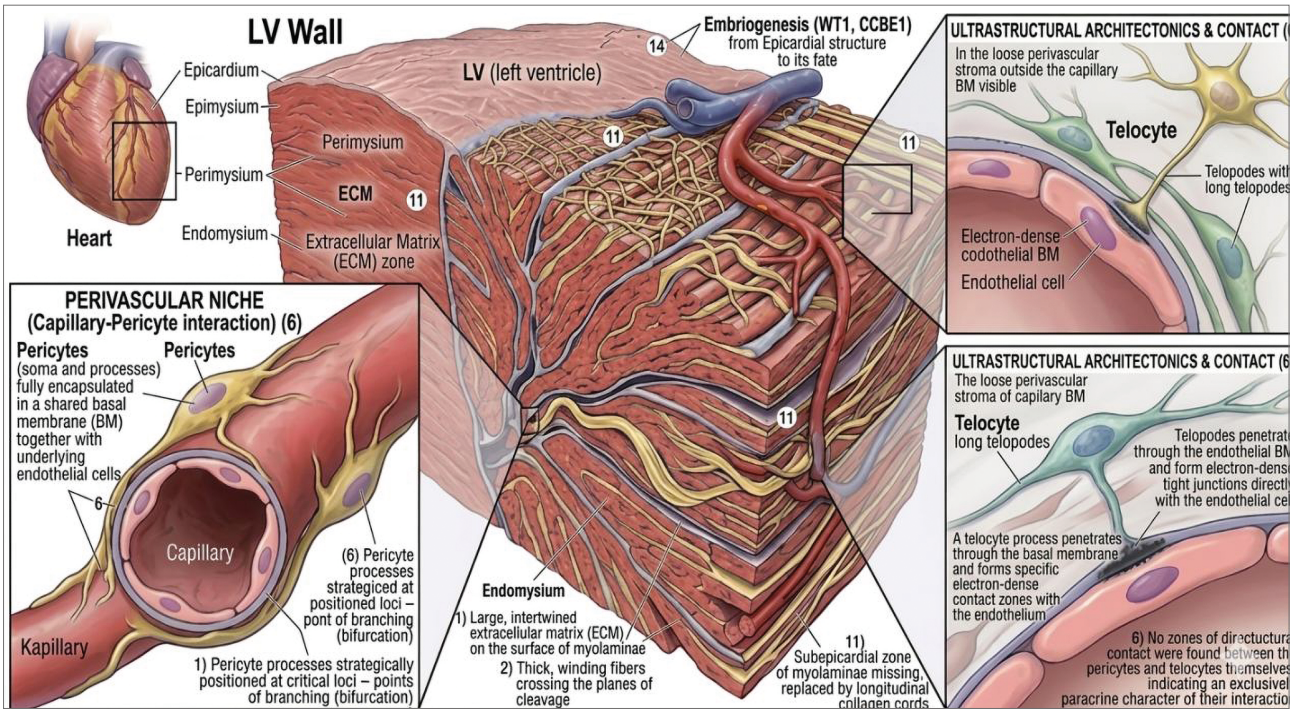


Fig. 3. Three-dimensional spatial organization and ultrastructural architecture of the myocardial perivascular stroma (Author's elaboration using AI Sider & Gemini)

mesenchymal transition (EMT) in the epicardium, regulated by transcription factors such as WT1 and extracellular proteins such as CCBE1 (collagen and calcium-binding EGF-like domains 1), supplies a pool of progenitor cells to the developing myocardium [14, 15, 23–25]. These progenitors subsequently differentiate into fibroblasts, pericytes, and smooth muscle cells of the coronary vessels [14, 16, 17]. In adulthood, these stromal niches retain traces of their ontogenetic origin, which may influence their reactivity under pathological conditions.

Telocytes are a distinct, recently identified type of interstitial cells that fundamentally differ from classical fibroblasts and pericytes. Surface markers that allow reliable verification of telocytes in tissue include the CD34 and CD44 antigens [1-11]. Morphologically, they are characterized by a small cell body and extremely long, thin, convoluted processes-telopodes, which permeate the entire thickness of the myocardium, forming a complex 3D network [6].

Telocytes serve as an essential link in the spatial organization of the three-dimensional myocardial architecture and the maintenance of stem cell niche functional status (Fig. 4). As demonstrated by SBF-SEM data, telopodes construct a sort of biological "framework" or scaffolding for other cell types, ensuring the physical integration of cardiomyocytes, capillaries, and nerve endings into a single functional organ [12, 28, 29, 30].

A key aspect of telocyte biology is their indispensable role in early heart development (embryogenesis) and cardiomyocyte maturation. It is known that human induced pluripotent stem cell-derived cardiomyocytes (iPSC-CMs) cultured in vitro initially possess an infantile "embryonic" phenotype. They exhibit a poorly developed T-tubule system, an immature sarcomere structure, and deficient calcium processing (they are forced to rely solely on internal Ca^{2+} pools via ryanodine RyR receptors, unlike mature myocytes where calcium entry is tightly coupled to L-type plasma membrane Ca^{2+} channels) [27, 31]. The incorporation of telocytes into co-cultures or 3D bioengineered constructs promotes the rapid maturation of iPSC-cardiomyocytes, the formation of definitive cytoarchitecture, and a qualitative improvement in their electromechanical properties [6].

In severe pathological states, such as myocardial infarction or chronic heart failure (as well as in congenital defects like tetralogy of Fallot), a progressive depletion of the telocyte population is observed, which directly correlates with the loss of myocardial regenerative potential and the progression of adverse remodeling [6]. Telocyte transplantation into the damaged myocardium mitigates the negative consequences of the disease. It has been experimentally proven that the cardioprotective function of telocytes is largely mediated by exosome secretion. Telocyte microvesicles contain a rich transcriptomic cargo, notably the specific microRNA miRNA-21-5p. Its transfer to adjacent endothelial cells triggers the transcriptional silencing of the pro-

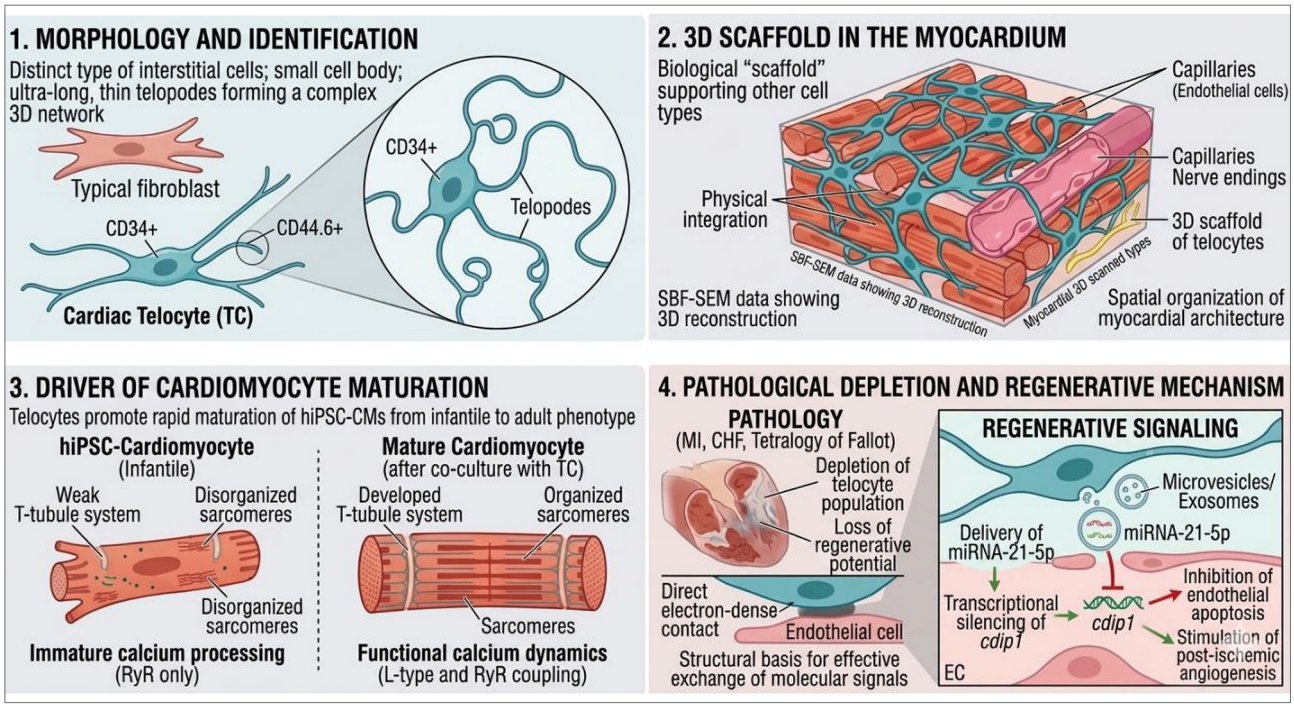


Fig. 4. Cardiac telocytes: microarchitectural scaffold and drivers of myocardial maturation (Author's elaboration using AI Sider & Gemini)

apoptotic gene cdip1. Consequently, endothelial apoptosis is blocked, post-ischemic angiogenesis is robustly stimulated, and the degradation of the microcirculatory bed is prevented. The establishment of direct electron-dense contacts between telocytes and the endothelium, revealed by 3D reconstruction, provides the structural foundation for the efficient and rapid exchange of molecular signals [6].

The most abundant cellular population of the cardiac interstitium, primarily responsible for the biosynthesis, assembly, and remodeling of ECM components, including fibrillar collagens types I, III, and V, fibronectin, and various proteoglycans, is composed of cardiac fibroblasts [32-35]. Under physiological conditions, cardiomyocytes and fibroblasts are densely and evenly interspersed; typically, each contractile cardiomyocyte is surrounded by one or more fibroblasts, facilitating continuous structural and metabolic interactions [9]. The homeostatic regulation of fibroblast function is partially mediated by autocrine and paracrine signaling through the bone morphogenetic protein 4 (BMP4) axis and its receptors (BMPR1A and BMPR2) [32-35].

Under conditions of biomechanical stress (volume or pressure overload), ischemia, or prolonged neurohumoral hyperstimulation (e.g., elevated tissue levels of angiotensin II, aldosterone, or catecholamines), quiescent resident fibroblasts, identified by markers such as Ly6A/Sca1, undergo a complex, multistep cascade of phenotypic activation [33, 36]. This process is accompanied by marked upregulation of pro-inflammatory cytokines and profibrotic markers, such as periostin. A subsequent key stage is their differentiation into myofibroblasts. This phenotype is characterized by increased contractile capacity through de novo expression of alpha-smooth muscle actin (α-SMA) and a substantial increase in ECM biosynthesis [3]. Myofibroblast induction is regulated by intracellular signaling pathways, including kinases such as ROCK2, which controls cytoskeletal dynamics and the expression of CTGF and FGF2, as well as extracellular mechanisms, particularly crosstalk with immune cells (e.g., mediated by the T-cell factor KLF10) [33]. Upon degranulation in the stroma, mast cells release histamine, which stimulates fibroblast proliferation and collagen synthesis via H2 receptors, potentially through enhanced CTGF production [34].

Depending on the triggering mechanism, two fundamentally distinct types of fibrosis develop in the myocardium [33]:

- **Replacement fibrosis** develops secondarily in response to massive cardiomyocyte death (coagulation necrosis in myocardial infarction). Myofibroblasts actively migrate into the aseptic injury zone, eventually forming a dense, rigid collagenous scar. This is an adaptive, life-saving mechanism designed to prevent the catastrophic rupture of the thinned ventricular wall.
- **Reactive fibrosis** occurs without prior loss of viable cardiomyocytes, predominantly in response to a systemic increase in hemodynamic load (arterial

 Creative Commons «Attribution» 4.0

hypertension, aortic stenosis). This involves a diffuse, excessive, and inadequate accumulation of connective tissue in the interstitial and perivascular spaces, causing generalized organ stiffness [33].

Single-cell RNA sequencing transcriptomic studies have enabled the identification of a novel subpopulation of myocardial interstitial cells—matrifibrocytes [33, 37]. Matrifibrocytes are highly specialized stromal cells that emerge during the late stages of adaptation to chronic injury. When the acute phase of infarct healing concludes and the need for active myofibroblast proliferation subsides, matrifibrocytes contribute to the long-term stabilization of the mature collagen matrix. They maintain the mechanical integrity of the scar and chronic reactive fibrosis by expressing a distinctive set of matrix-related genes [33].

The crosstalk between activated fibroblasts/myofibroblasts and cardiomyocytes is highly complex and bidirectional [36–38]. On the one hand, cardiomyocytes secrete factors that regulate fibroblast proliferation. On the other hand, paracrine mediators secreted by fibroblasts, such as transforming growth factor-β (TGF-β), connective tissue growth factor (CTGF), and fibroblast growth factor 2 (FGF2), directly influence the phenotype and function of adjacent cardiomyocytes [3]. Co-culture experiments have demonstrated the pathological potential of this crosstalk: myofibroblasts isolated from the hearts of animals with pressure overload significantly reduce the viability of adult cardiomyocytes during co-culture and substantially decrease the amplitude of intracellular Ca^{2+} transients, leading to impaired systolic contractile function [36]. Pharmacological blockade of type I TGF-β receptors using SB431542 abolishes these pathological effects, supporting a central role for the profibrotic TGF-β secretome in myocardial dysfunction and remodeling (Fig. 5) [36].

Pericytes constitute a unique, highly specialized population of perivascular cells, historically first described by C. Eberth and comprehensively characterized by C. Rouget, whose classic works demonstrated the intimate morphological apposition of these cells to the endothelium [20]. For a long time, the conceptual function of pericytes was restricted solely to the regulation of capillary blood flow at the microcirculatory level. This was due to the discovery of contractile filaments-actin and myosin-in their cytoplasm [20-25].

Under physiological conditions, the contractile activity of pericytes controls local tissue perfusion, flexibly responding to the metabolic demands of the myocardium [20]. However, in settings of severe myocardial ischemia (e.g., during coronary artery occlusion), pericytes play a fatal role. Microenvironmental alterations lead to pathological pericyte hypercontractility, causing irreversible narrowing of the capillary lumen. This mechanism underpins the formidable clinical "no-reflow" phenomenon, wherein tissue perfusion in the

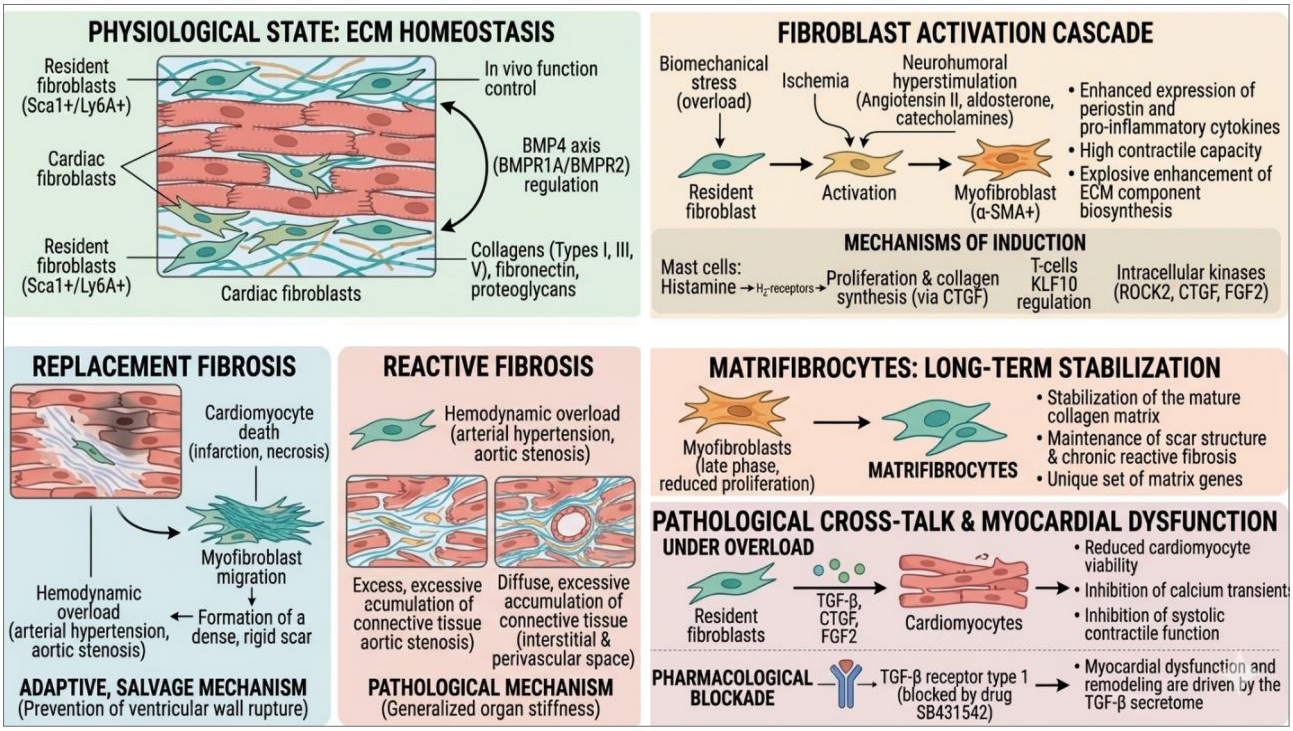


Fig. 5. Fibroblasts, myofibroblasts, and matrifibrocytes in extracellular matrix remodeling (Author's elaboration using AI Sider & Gemini)

myocardium fails to recover even after successful surgical recanalization of a large epicardial artery due to spasm at the capillary level [20]. Experimental pharmacological relaxation of pericytes (e.g., via adenosine administration) promotes a reduction in their contractility, relieves capillary compression, and significantly improves cardiac tissue blood flow [20]. Conversely, genetic disruption of the PDGF-B/PDGFR-β signaling pathway, which is responsible for pericyte adhesion to the endothelium, results in the loss of their contractile function and a paradoxical increase in blood flow [20].

Nevertheless, hemodynamic function is merely the tip of the iceberg. Contemporary transcriptomic research has unveiled the colossal, truly orchestrating role of the pericyte secretome in regulating cardiomyocyte vitality and maintaining the structural integrity of the entire myocardial stroma [22, 40, 41]. In response to microenvironmental stimuli (hypoxia, high glucose levels, inflammation), pericytes release numerous bioactive molecules into the extracellular space and via microvesicles, acting as potent paracrine regulators [22].

The pericyte secretome harbors potent trophic factors. Specifically, they produce vascular endothelial growth factor (VEGF) and specific microRNAs (miR-132) that engage cardiomyocyte receptors, inducing anti-apoptotic cascades and ensuring a survival response under conditions of severe hypoxia [20]. Furthermore, pericytes secrete stromal cell-derived factor-1 (SDF-1), which acts as a robust chemoattractant. SDF-1 activates the homing (targeted migration) of resident cardiac stem cells and circulating progenitor cells to the zone of injury, which is critically important for initiating neoangiogenesis and cardiac muscle regeneration [20].

During myocardial infarction, a massive inflammatory response is activated in the tissue, threatening secondary injury. Pericytes are capable of actively dampening this inflammation via the secretion of inhibitory factors such as leukemia inhibitory factor (LIF) and enzymes like COX-2 (cyclooxygenase-2) and HMOX-1 (heme oxygenase-1) [22]. They also mitigate inflammation indirectly by suppressing the hyperactivity of endothelial cells. Pericytes serve as inhibitors of excessive fibrogenesis. By secreting matrix metalloproteinases (MMPs), they restrict pathological collagen accumulation and suppress the proliferation of activated fibrotic cells. The attenuation of interstitial fibrosis activity holds direct protective significance-it rescues surviving cardiomyocytes from mechanical compression and electrical isolation [22].

There is also experimental evidence indicating that certain subpopulations of cardiac pericytes (along with adventitial cells) exhibit phenotypic characteristics of mesenchymal stem or progenitor cells [2].

Since some pericytes share a common embryonic origin with cardiomyocytes (deriving from epicardial cells), they retain a latent myogenic potential [22]. It has been shown in vivo and in vitro that under the influence of specific cues (e.g., TGF-β molecules and miR-132), pericytes are capable of direct differentiation into structures resembling immature cardiomyocytes, thereby directly contributing to cardiovascular regeneration and the replacement of necrotic scar tissue [20].

The capacity of stromal cells to support vessel formation (angiogenesis) varies depending on their ability to synthesize specific extracellular matrix components. Clonal lines of human bone marrow stromal cells (hMSCs) that support the formation of endothelial networks have been identified. These pro-angiogenic hMSCs express high levels of versican—a chondroitin sulfate proteoglycan that modulates wound healing and angiogenesis. Upon transplantation of such cells into rat hearts, chimeric blood vessels are formed that anastomose with the recipient's circulation, thereby proving the critical role of the quality of the ECM synthesized by cells for myocardial vascularization [24].

Additionally, perivascular adipose tissue (PVAT), anatomically intimately associated with the adventitia of coronary vessels, contributes to paracrine regulation by releasing adiponectin, omentin-1, and lipids associated with extracellular vesicles (the secretion of which is regulated by the RAB27a protein). This confers further cardioprotection and influences vascular smooth muscle cell tone and myocardial contractility (Fig. 6) [25].

One of the most severe clinical consequences of myocardial stromal alterations, which remains challenging to treat, is the development of heart failure with preserved ejection fraction (HFpEF), the fundamental pathophysiological basis of which involves severe diastolic dysfunction [35]. The ability of the myocardium to relax adequately and rapidly (active lusitropy) and to passively distend during diastole to accommodate incoming blood is strongly influenced by the compliance and biomechanical properties of the extracellular matrix.

In a healthy heart, a dynamic equilibrium exists between the synthesis of new collagen fibrils and their enzymatic degradation. This process is mediated by the matrix metalloproteinase (MMP) family, whose activity is tightly regulated by endogenous tissue inhibitors of metalloproteinases (TIMPs) [41-45]. During aging and in conditions

 Creative Commons «Attribution» 4.0

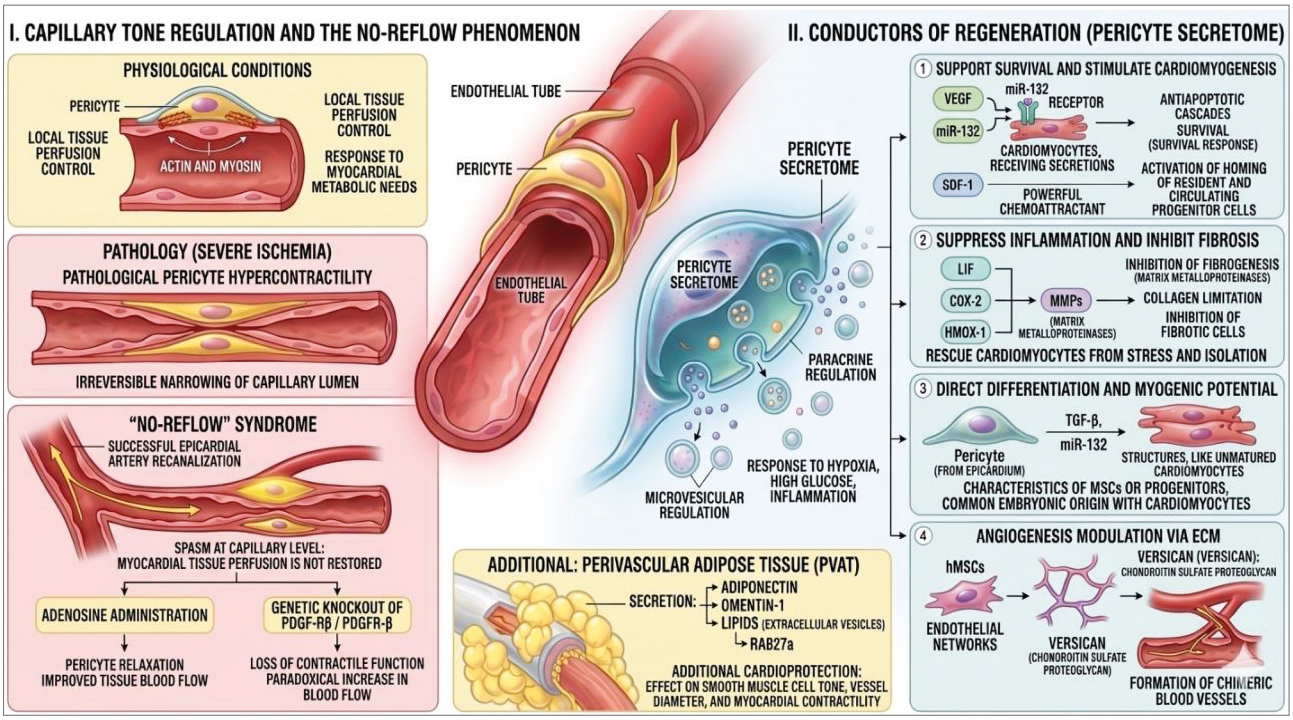


Fig. 6. Pericytes and perivascular cells: from regulators of capillary tone to orchestrators of regeneration (Author's elaboration using AI Sider & Gemini)

such as arterial hypertension and diabetes mellitus, this balance may become disrupted. For instance, pathological increases in MMP-1 activity may lead to fragmentation of the normal matrix and disorganized collagen deposition, whereas reduced activity of other proteases, which may occur in the context of increased secretion of the profibrotic factor TGF-β by myofibroblasts, can contribute to the accumulation of thick, rigid collagen fibrils [45, 46].

However, total myocardial stiffness is determined not only by the absolute collagen content per unit volume of tissue but also by the degree of molecular cross-linking. Specific proteoglycans in the interstitium, such as syndecan-4, as well as matricellular proteins, notably periostin, which regulates collagen fibrillogenesis, contribute to the organization and stabilization of the collagen network. Increased enzymatic cross-linking promotes the formation of covalent bonds between adjacent collagen molecules, transforming a relatively compliant matrix into a more rigid structure [15]. Pronounced perivascular sclerosis, characterized by the accumulation of dense collagen around intramural arterioles and venules, may restrict the ability of coronary microvessels to dilate in response to increased oxygen demand. This can reduce coronary flow reserve and contribute to chronic subendocardial ischemia [35]. Ischemia results in reduced intracellular ATP availability, which is required for the function of the SERCA2a calcium pump responsible for transporting calcium from the cytosol into the sarcoplasmic reticulum. Consequently, impaired calcium reuptake may delay myofilament relaxation and further contribute to ventricular diastolic stiffness [27].

A distinct pathophysiological mechanism contributing to increased myocardial stiffness is associated with disturbed mineral metabolism within the stroma and the development of ectopic calcification. Fetuin-A (α2-Heremans-Schmid glycoprotein) is a highly abundant serum protein synthesized by the liver that acts as an important systemic inhibitor of calcium-phosphate precipitation [47, 48]. Chronic kidney disease and uremia in humans are frequently associated with reduced Fetuin-A levels, which have been linked to increased cardiovascular mortality. Experimental studies in transgenic knockout mice deficient in Fetuin-A (fetuin-KO) demonstrated spontaneous and extensive dystrophic soft-tissue calcification, with the myocardial stroma being particularly affected and exhibiting a 60-fold increase in tissue calcium content, whereas large conduit arteries remained relatively unaffected [48].

Dystrophic calcification of the myocardial interstitium is not necessarily a biologically inert process. The deposition of calcium crystals within the stroma may act as a pathogenic stimulus, promoting induction of the profibrotic factor TGF-β and subsequent upregulation of fibronectin and collagen mRNA expression [48]. This may result

in increased myocardial stiffness independent of arterial vascular stiffness. Hemodynamically, this is associated with impaired diastolic function: fetuin-KO specimens exhibited a statistically significant reduction in basal cardiac output, a 23% decrease in the left ventricular relaxation index, and markedly reduced responsiveness to inotropic stimulation with dobutamine [48]. Furthermore, in experimental models of ischemia, calcified hearts demonstrated increased susceptibility to ischemic injury, with a pronounced reduction in developed ventricular pressure during reperfusion [48]. Collectively, these findings suggest that myocardial stromal calcification may represent an underrecognized contributor to heart failure progression and impaired contractile reserve.

CONCLUSIONS

The myocardial stroma is not a passive mechanical framework, but rather a highly dynamic, vital tissue system composed of unique cellular populations and the extracellular matrix. It is precisely the continuous and intricate crosstalk between stromal components and cardiomyocytes that determines both normal cardiac function and the mechanisms underlying severe cardiovascular pathologies (fibrosis, no-reflow phenomenon during ischemia, critical myocardial stiffness, and heart failure). Therefore, the future of efficacious cardiological therapy and regenerative medicine necessitates a paradigm shift: redirecting the therapeutic focus from the isolated cardiac muscle cell toward the management of the integrated multi-tissue myocardial complex.

Article Declarations

Perspectives for further research. Further research should focus on translating the cellular and molecular mechanisms outlined in this review into experimentally and clinically validated strategies. Priority directions include: (1) targeted modulation of the pericyte and fibroblast secretome to promote neoangiogenesis while limiting the transition to replacement fibrosis; (2) exploration of telocyte-mediated regenerative signaling, including microRNA-based approaches, as a means of preserving cardiomyocyte maturation and repair capacity; (3) large-scale studies of Fetuin-A and other regulators of ectopic stromal calcification as potential biomarkers and therapeutic targets for preventing myocardial stiffness and HFpEF; and (4) mechanistic and clinical trials evaluating whether interventions directed at the stroma, rather than the cardiomyocyte alone, can alter the trajectory of pathological cardiac remodeling. Advances in single-cell and spatial transcriptomics, combined with three-dimensional imaging techniques, are expected to further refine the identification of stromal cell subpopulations and their disease-specific functional states, guiding the development of stroma-targeted therapies.

Study limitations. The authors of the manuscript explicitly acknowledge that the limitations of this review are determined both by the previously outlined scope of the topic, timeframes, and research types, and by the availability of sources. The search strategy encompassed PubMed (https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/).

Primary data and materials. The authors of the manuscript explicitly acknowledge that primary medical documentation (including medical histories, outpatient records, examination protocols, and laboratory and instrumental test results of specific patients) and statistical databases were not utilized in this study.

Research ethics. The researchers adhered to all protocols and procedures prescribed by the Biomedical Research Ethics Committee, as well as the requirements of Ukrainian healthcare legislation and the provisions of the Declaration of Helsinki (2000).

Declaration of AI use. During the preparation of this work, the authors utilized ChatGPT-4 to generate phrasing options. Following the use of this tool, the authors reviewed and edited the material as necessary and take full responsibility for the content of the publication. The authors utilized the AI Sider & Gemini software to generate the illustrations.

Funding. This study received no external funding.

Conflict of Interest. The authors declare no conflict of interest associated with the preparation, execution, or publication of this study. None of the authors have financial, commercial, or other personal relationships that could influence the interpretation of the results. The study was conducted in accordance with the principles of academic integrity and objectivity. All authors have approved the final version of the manuscript.

Author Contributions (CRediT taxonomy)

Oleksandr M. Grabovyi – A, B, D, F ORCID: 0000-0001-5705-9909
*Anna Y. Kondaurova- C, E, D ORCID: 0000-0002-3908-3881

***Corresponding author:** anna.kondaurova@gmail.com**

 Creative Commons «Attribution» 4.0

REFERENCES

1. Picchio, V., Bordin, A., Floris, E., Cozzolino, C., Dhori, X., Peruzzi, M., Frati, G., De Falco, E., Pagano, F., & Chimenti, I. (2022). The dynamic facets of the cardiac stroma: from classical markers to omics and translational perspectives. American journal of translational research, 14(2), 1172-1187. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8902528/
2. Avolio, E., Alvino, V. V., Ghorbel, M. T., & Campagnolo, P. (2017). Perivascular cells and tissue engineering: Current applications and untapped potential. Pharmacology & therapeutics, 171, 83–92. https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2016.11.002
3. Bowers, S. L. K., Meng, Q., & Molkentin, J. D. (2022). Fibroblasts orchestrate cellular crosstalk in the heart through the ECM. Nature cardiovascular research, 1(4), 312–321. https://doi.org/10.1038/s44161-022-00043-7
4. Fountoulaki, K., Dagres, N., & Iliodromitis, E. K. (2015). Cellular Communications in the Heart. Cardiac failure review, 1(2), 64–68. https://doi.org/10.15420/cfr.2015.1.2.64
5. Katerina Fountoulaki, Nikolaos Dagres, Efstathios K Iliodromitis, Cellular Communications in the Heart, Cardiac Failure Review 2015;1(2):64–8 https://doi.org/10.15420/cfr.2015.1.2.64
6. Kleefeldt, F., Michelbach, P., Rueckschloss, U., Ergün, S., & Wagner, N. (2025). Three-Dimensional Visualization of the Cardiac Stroma. Cells, 14(14), 1119. https://doi.org/10.3390/cells14141119
7. Colliva, A., Braga, L., Giacca, M., & Zacchigna, S. (2020). Endothelial cell-cardiomyocyte crosstalk in heart development and disease. The Journal of physiology, 598(14), 2923–2939. https://doi.org/10.1113/JP276758
8. Colliva, A., Braga, L., Giacca, M., & Zacchigna, S. (2020). Endothelial cell-cardiomyocyte crosstalk in heart development and disease. The Journal of physiology, 598(14), 2923–2939. https://doi.org/10.1113/JP276758
9. Zhang, P., Su, J., & Mende, U. (2012). Cross talk between cardiac myocytes and fibroblasts: from multiscale investigative approaches to mechanisms and functional consequences. American journal of physiology. Heart and circulatory physiology, 303(12), H1385–H1396. https://doi.org/10.1152/ajpheart.01167.2011
10. Tan, S., Yang, J., Hu, S., & Lei, W. (2024). Cell-cell interactions in the heart: advanced cardiac models and omics technologies. Stem cell research & therapy, 15(1), 362. https://doi.org/10.1186/s13287-024-03982-z
11. Pope, A. J., Sands, G. B., Smaill, B. H., & LeGrice, I. J. (2008). Three-dimensional transmural organization of perimysial collagen in the heart. American journal of physiology. Heart and circulatory physiology, 295(3), H1243–H1252. https://doi.org/10.1152/ajpheart.00484.2008
12. Wang, S., Wang, Y., Li, Z., Zhao, Y., Zhang, Y., & Varray, F. (2024). Investigating the three-dimensional myocardial micro-architecture in the laminar structure using X-ray phase-contrast microtomography. Scientific reports, 14(1), 14329. https://doi.org/10.1038/s41598-024-65371-z
13. Kleefeldt, F., Michelbach, P., Rueckschloss, U., Ergün, S., & Wagner, N. (2025). Three-Dimensional Visualization of the Cardiac Stroma. Cells, 14(14), 1119. https://doi.org/10.3390/cells14141119
14. Wagner, N., & Wagner, K.-D. (2023). Molecular Mechanisms of Cardiac Development and Disease. International Journal of Molecular Sciences, 24(10), 8784. https://doi.org/10.3390/ijms24108784
15. Segers VFM, Brutsaert DL and De Keulenaer GW (2018) Cardiac Remodeling: Endothelial Cells Have More to Say Than Just NO. Front. Physiol. 9:382. doi: 10.3389/fphys.2018.00382
16. Winegrad, S., Henrion, D., Rappaport, L., & Samuel, J. L. (1998). Vascular endothelial cell-cardiac myocyte crosstalk in achieving a balance between energy supply and energy use. Advances in experimental medicine and biology, 453, 507–514. https://doi.org/10.1007/978-1-4684-6039-1_56
17. Allbritton-King JD and García-Cardeña G (2023) Endothelial cell dysfunction in cardiac disease: driver or consequence?. Front. Cell Dev. Biol. 11:1278166. doi: 10.3389/fcell.2023.1278166
18. Leucker, T. M., Bienengraeber, M., Muravyeva, M., Baotic, I., Weihrauch, D., Brzezinska, A. K., Warltier, D. C., Kersten, J. R., & Pratt, P. F., Jr (2011). Endothelial-cardiomyocyte crosstalk enhances pharmacological cardioprotection. Journal of molecular and cellular cardiology, 51(5), 803–811. https://doi.org/10.1016/j.yjmcc.2011.06.026
19. Leucker, T. M., Bienengraeber, M., Muravyeva, M., Baotic, I., Weihrauch, D., Brzezinska, A. K., Warltier, D. C., Kersten, J. R., & Pratt, P. F., Jr (2011). Endothelial-cardiomyocyte crosstalk enhances pharmacological cardioprotection. Journal of molecular and cellular cardiology, 51(5), 803–811. https://doi.org/10.1016/j.yjmcc.2011.06.026
20. Su, H., Cantrell, A. C., Zeng, H., Zhu, S. H., & Chen, J. X. (2021). Emerging Role of Pericytes and Their Secretome in the Heart. Cells, 10(3), 548. https://doi.org/10.3390/cells10030548
21. Dalkara, T., Østergaard, L., Heusch, G., & Attwell, D. (2025). Pericytes in the brain and heart: functional roles and response to ischaemia and reperfusion. Cardiovascular research, 120(18), 2336–2348. https://doi.org/10.1093/cvr/cvae147
22. Su, H., Cantrell, A. C., Zeng, H., Zhu, S. H., & Chen, J. X. (2021). Emerging Role of Pericytes and Their Secretome in the Heart. Cells, 10(3), 548. https://doi.org/10.3390/cells10030548
23. Gaceb, A., & Paul, G. (2018). Pericyte Secretome. Advances in experimental medicine and biology, 1109, 139–163. https://doi.org/10.1007/978-3-030-02601-1_11
24. Kreutziger, K. L., Muskheli, V., Johnson, P., Braun, K., Wight, T. N., & Murry, C. E. (2011). Developing vasculature and stroma in engineered human myocardium. Tissue engineering. Part A, 17(9-10), 1219–1228. https://doi.org/10.1089/ten.TEA.2010.0557

25. Goodwill, A. G., Dick, G. M., Kiel, A. M., & Tune, J. D. (2017). Regulation of Coronary Blood Flow. Comprehensive Physiology, 7(2), 321–382. https://doi.org/10.1002/cphy.c160016
26. Whittaker, O. R., Lynes, M. D., Pinz, I., & Liaw, L. (2025). Promotion of Cardiovascular Homeostasis by the Perivascular Adipose Tissue Secretome. International journal of molecular sciences, 26(20), 10173. https://doi.org/10.3390/ijms262010173
27. Itzhaki, I., Schiller, J., Beyar, R., Satin, J., & Gepstein, L. (2006). Calcium handling in embryonic stem cell-derived cardiac myocytes: of mice and men. Annals of the New York Academy of Sciences, 1080, 207–215. https://doi.org/10.1196/annals.1380.017
28. Bani, D., Formigli, L., Gherghiceanu, M., & Faussone-Pellegrini, M. S. (2010). Telocytes as supporting cells for myocardial tissue organization in developing and adult heart. Journal of cellular and molecular medicine, 14(10), 2531–2538. https://doi.org/10.1111/j.1582-4934.2010.01119.x
29. Bani D. (2016). Telocytes in Cardiac Tissue Architecture and Development. Advances in experimental medicine and biology, 913, 127–137. https://doi.org/10.1007/978-981-10-1061-3_8
30. Liskova, Y. V., Stadnikov, A. A., & Salikova, S. P. (2018). Kardiologiia, 58(Suppl 8), 29–37.
31. Van Wagoner D. R. (2024). Collagen type V, interstitial fibrosis and the substrate for atrial fibrillation. International journal of cardiology. Heart & vasculature, 50, 101356. https://doi.org/10.1016/j.ijcha.2024.101356
32. Cadosch, N., Gil-Cruz, C., Perez-Shibayama, C., & Ludewig, B. (2024). Cardiac Fibroblastic Niches in Homeostasis and Inflammation. Circulation research, 134(12), 1703–1717. https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.124.323892
33. Torimoto, K., Elliott, K., Nakayama, Y., Yanagisawa, H., & Eguchi, S. (2024). Cardiac and perivascular myofibroblasts, matrifibrocytes, and immune fibrocytes in hypertension; commonalities and differences with other cardiovascular diseases. Cardiovascular research, 120(6), 567–580. https://doi.org/10.1093/cvr/cvae044
34. Kong, P., Christia, P., & Frangogiannis, N. G. (2014). The pathogenesis of cardiac fibrosis. Cellular and molecular life sciences : CMLS, 71(4), 549–574. https://doi.org/10.1007/s00018-013-1349-6
35. Piątek-Matuszak, P., Pasławski, R., Pasławska, U., Kiczak, L., Płóciennik, M., Janiszewski, A., Michałek, M., Gwizdała, A., Kaźmierczak, J., & Gorący, J. (2022). Assessment of Myocardial Diastolic Dysfunction as a Result of Myocardial Infarction and Extracellular Matrix Regulation Disorders in the Context of Mesenchymal Stem Cell Therapy. Journal of clinical medicine, 11(18), 5430. https://doi.org/10.3390/jcm11185430
36. Cartledge, J. E., Kane, C., Dias, P., Tesfom, M., Clarke, L., Mckee, B., Al Ayoubi, S., Chester, A., Yacoub, M. H., Camelliti, P., & Terracciano, C. M. (2015). Functional crosstalk between cardiac fibroblasts and adult cardiomyocytes by soluble mediators. Cardiovascular research, 105(3), 260–270. https://doi.org/10.1093/cvr/cvu264
37. Hoagland, D. T., Santos, W., Poelzing, S., & Gourdie, R. G. (2019). The role of the gap junction perinexus in cardiac conduction: Potential as a novel anti-arrhythmic drug target. Progress in biophysics and molecular biology, 144, 41–50. https://doi.org/10.1016/j.pbiomolbio.2018.08.003
38. Jæger, K. H., Louch, W. E., & Tveito, A. (2025). Reduced gap junction coupling amplifies the effects of cardiomyocyte variability and destabilizes the heartbeat. Physiological reports, 13(13), e70461. https://doi.org/10.14814/phy2.70461
39. Thompson, S. A., Copeland, C. R., Reich, D. H., & Tung, L. (2011). Mechanical coupling between myofibroblasts and cardiomyocytes slows electric conduction in fibrotic cell monolayers. Circulation, 123(19), 2083–2093. https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.110.015057
40. Hegyi, B., Shimkunas, R., Jian, Z., Izu, L. T., Bers, D. M., & Chen-Izu, Y. (2021). Mechanoelectric coupling and arrhythmogenesis in cardiomyocytes contracting under mechanical afterload in a 3D viscoelastic hydrogel. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 118(31), e2108484118. https://doi.org/10.1073/pnas.2108484118
41. Hegyi, B., Shimkunas, R., Jian, Z., Izu, L. T., Bers, D. M., & Chen-Izu, Y. (2021). Mechanoelectric coupling and arrhythmogenesis in cardiomyocytes contracting under mechanical afterload in a 3D viscoelastic hydrogel. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 118(31), e2108484118. https://doi.org/10.1073/pnas.2108484118
42. Saffitz J. E. (2005). Dependence of electrical coupling on mechanical coupling in cardiac myocytes: insights gained from cardiomyopathies caused by defects in cell-cell connections. Annals of the New York Academy of Sciences, 1047, 336–344. https://doi.org/10.1196/annals.1341.030
43. Dogacan Yucel, Michael A. Trembley, Qingen Ke, Zexuan Wu, Peter Kang, William T. Pu bioRxiv (2025). Molecular Mechanisms of Cardiomyocyte Aging doi: https://doi.org/10.1101/2025.07.29.666777
44. Jeong, E. M., & Dudley, S. C., Jr (2015). Diastolic dysfunction. Circulation journal : official journal of the Japanese Circulation Society, 79(3), 470–477. https://doi.org/10.1253/circj.CJ-15-0064
45. Saheera, S., & Krishnamurthy, P. (2020). Cardiovascular Changes Associated with Hypertensive Heart Disease and Aging. Cell transplantation, 29, 963689720920830. https://doi.org/10.1177/0963689720920830
46. Horn, M. A., & Trafford, A. W. (2016). Aging and the cardiac collagen matrix: Novel mediators of fibrotic remodelling. Journal of molecular and cellular cardiology, 93, 175–185. https://doi.org/10.1016/j.yjmcc.2015.11.005

 Creative Commons «Attribution» 4.0

47. Lai, Y. H., Lo, C. I., Wu, Y. J., Hung, C. L., & Yeh, H. I. (2013). Cardiac Remodeling, Adaptations and Associated Myocardial Mechanics in Hypertensive Heart Diseases. Acta Cardiologica Sinica, 29(1), 64–70.
48. Merx, M. W., Schäfer, C., Westenfeld, R., Brandenburg, V., Hidajat, S., Weber, C., Ketteler, M., & Jahnen-Dechent, W. (2005). Myocardial stiffness, cardiac remodeling, and diastolic dysfunction in calcification-prone fetuin-A-deficient mice. Journal of the American Society of Nephrology : JASN, 16(11), 3357–3364. https://doi.org/10.1681/ASN.2005040365

ІНТЕРСТИЦІЙ МІОКАРДА: ВІД ГІСТОФІЗІОЛОГІЇ ДО КАРДІОСКЛЕРОЗУ ТА ЕКТОПІЧНОЇ КАЛЬЦИФІКАЦІЇ

Олександр М. Грабовий, Анна Ю. Кондаурова

Національний медичний університет імені О. О. Богомольця, м. Київ, Україна

РЕЗЮМЕ

Вступ. У сучасній кардіології відбулася фундаментальна зміна парадигми: міокардіальний інтерстицій (строма) більше не розглядається як пасивний каркас, а є високодинамічною, метаболічно активною нейроімунно-судинною нішею, яка підтримує структурний гомеостаз, регулює електрофізіологію та скоротливість і визначає траєкторію патологічного ремоделювання серця.

Мета. Систематизувати сучасні дані щодо структурної та клітинної організації міокардіальної строми та охарактеризувати механізми взаємодії (crosstalk) між стромальними елементами та кардіоміоцитами, що лежать в основі фіброзу та ектопічної кальцифікації.

Матеріали та методи. Проведено систематичний огляд баз даних PubMed/MEDLINE, Scopus і Web of Science; з понад 200 виявлених джерел (2005–2026 рр.), переважно з журналів квартилів Q1–Q2, для аналізу було відібрано 48.

Результати. Архітектоніка міокарда має ламінарну просторову організацію, сформовану колагеновими волокнами ендомізію та перимізію. Клітинний склад інтерстицію є високогетерогенним. Телоцити формують тривимірний каркас за допомогою телоподій, фізично інтегруючи тканинні структури, стимулюючи при цьому дозрівання кардіоміоцитів і підтримуючи регенераторний потенціал за рахунок секреції мікроРНК. Перицити контролюють капілярний кровотік — їхній патологічний спазм лежить в основі феномену «no-reflow» при ішемії — і координують регенерацію через секретом, що стимулює неоангіогенез та обмежує фіброз. Серцеві фібробласти керують біосинтезом матриксу; їхня поетапна активація у міофібробласти та матрифіброцити зумовлює замісний або реактивний фіброз, а TGF-β, що продукується фібробластами, безпосередньо пригнічує скоротливість кардіоміоцитів. Окрім фіброзу, порушення обміну колагену та ектопічна стромальна кальцифікація (наприклад, унаслідок дефіциту Fetuin-A) призводять до жорсткості міокарда та діастолічної дисфункції (СНзФВ), рефрактерної до фармакологічного лікування.

Висновки. Фізіологічний і патологічний стан серця повністю залежить від двонаправленої взаємодії між кардіоміоцитами та стромою; майбутні кардіологічні та регенеративні терапії мають бути спрямовані на інтегроване багатотканинне мікрооточення, а не на ізольований кардіоміоцит.

Ключові слова: строма міокарда, телоцити, фібробласти, позаклітинний матрикс, кардіосклероз, ектопічна кальцифікація.

Received: April 04, 2026
Accepted: August 02, 2026
Published online: September 16, 2026

UDC: 616.379-008.64-092-036.1
DOI: https://doi.org/10.32345/USMYJ.3(164).2026.114-118

PARTIAL CLINICAL REMISSION IN TYPE 1 DIABETES: PANCREATIC B - CELL FUNCTIONAL RESERVE, PREDIC-TORS, AND CLINICAL SIGNIFICANCE (A NARRATIVE RE-VIEW)

Daryna M. Bilous

Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

ABSTRACT

Introduction. Partial clinical remission (the "honeymoon" phase) in type 1 diabetes (T1D) is characterized by transient recovery of pancreatic β-cell function and a temporary reduction in exogenous insulin requirements following the alleviation of glucotoxicity.

Aim. To synthesize current scientific evidence regarding the clinical significance, diagnostic criteria, and predictive factors of partial clinical remission in T1D.

Materials and methods. A narrative review of cohort studies, systematic reviews, and con-sensus guidelines on patients with newly diagnosed T1D was conducted using the PubMed and Google Scholar databases.

Results. The literature review indicates that the incidence of partial clinical remission ranges from 35% to 70%, with a typical duration of 3-12 months. Across the evaluated sources, the IDAA1c index (≤9) is highlighted as the current standardized surrogate marker of preserved stimulated C-peptide secretion (>300 pmol/L). Analysis of published data indicates that older age at T1D onset, absence of severe diabetic ketoacidosis (DKA), and higher baseline C-peptide levels are favorable predictors of partial remission. Preserved residual β-cell function facilitates glycemic control and may reduce the risk of severe hypoglycemia.

Conclusions. The remission phase represents an important therapeutic window in the clinical course of T1D. Intensive insulin therapy helps optimize glycemic control while reducing met-abolic stress on residual β-cells, whereas disease-modifying immunotherapies aimed at pre-serving or prolonging remission remain under active clinical investigation.

Keywords: C-peptide, diabetic ketoacidosis, Glycemic control, Insulin-Dependent Diabetes Mellitus, Insulin-Secreting Cells

INTRODUCTION

The "honeymoon" phenomenon, or the phase of partial clinical remission in type 1 diabetes mellitus (T1D), is a well-recognized clinical stage characterized by temporary improvement in glycemic control associated with preserved β-cell function [1, 3]. The clinical relevance of this period stems from its heterogeneity: the duration of remission may range from several months to several years [6, 7], and "approximately 80% of children and adolescents with T1D require a significant reduction in insulin dosage during this phase" [4].

Scientific interest in this phase focuses on immunometabolic mechanisms, as "precise control of blood glucose levels within a healthy range delays the harmful consequences arising from autoimmune mechanisms in the pancreatic islets" [7]. It has been demonstrated that "young age and severe disease course (DKA) at the time of treatment initiation are associated with reduced function of residual β-cells" [2], and that the likelihood of a prolonged "honeymoon period" in a "very young girl with severe decompensation is significantly lower compared with an adolescent with moderate hyperglycemia" [1].

A crucial feature of this phase is the preservation of the β-cell response to both oral glucose and other secretagogues, albeit at a subnormal level [3]. This observation challenges the traditional view of T1D as a condition characterized by complete and irreversible insulin dependence from the time of diagnosis, as the disease may include a distinct phase of residual endogenous insulin secretion [3, 8].

"The ultimate goal of therapy is to promote islet cell growth and to use pharmacological inter-

 Creative Commons «Attribution» 4.0

vention during this period to slow or halt the ongoing destruction of the remaining β-cells" [1, 2, 6]. Therefore, the development of strategies that allow for "effective glucose control to improve the mass, function, and markers of maturity of islet β-cells" [7] remains an important priority in modern endocrinology [4, 6].

AIM

The objective of this study is to analyze the factors influencing the onset and duration of the partial clinical remission phase in patients with type 1 diabetes based on a review of the current literature, and to assess the functional reserve of pancreatic β-cells at disease onset.

MATERIALS AND METHODS

Core publications examining β-cell functional reserve and the "hon-eymoon" phenomenon were identified through a literature search of the PubMed bibliographic database. To broaden the scope of the search, Google Scholar was also used, along with a targeted review of relevant full-text publications available through the Wiley platform. The review focused on published evidence concerning patients with newly diagnosed type 1 diabe-tes (T1D) during the phase of partial clinical remission [2, 6].

Across the reviewed studies, the main clinical and laboratory parameters assessed at hospital admission included the duration of symptoms before diagnosis (particularly <6 months), the presence of diabetic ketoacidosis (DKA), baseline blood glucose levels, and blood pH [1, 2]. Residual β-cell secretory capacity was assessed using C-peptide concentrations and re-sponses to intravenous glucose administration [3, 9].

Assessment of β-cell functional reserve and residual responses to various secretagogues in the included studies involved diagnostic stimulation proto-cols, including oral and intravenous glucose tolerance tests (OGTT and IVGTT), glibenclamide tests, mixed-meal tolerance tests (MMTT), and insu-lin tolerance tests (ITT), with assessment of corresponding insulin, C-peptide, and glucagon responses [3, 10]. Particular emphasis was placed on age-related determinants, including comparisons of remission rates between children older than 5 years and younger cohorts (3-5 years), with the re-viewed studies indicating higher odds of entering remission among children older than 5 years. The reviewed literature also evaluated the relationship between acid-base status, particularly blood pH at diagnosis, and the dura-tion of partial remission [2], with lower blood pH at admission consistently associated with a shorter duration of partial remission.

All statistical analyses, including assessments of associations and statistical significance ($p<0.001$), were performed by the authors of the original prima-ry studies [2, 7, 9]. Based on these findings, the original studies concluded that severe presentation with diabetic ketoacidosis and lower blood pH were associated with a lower probability of entering remission or a shorter dura-tion of remission. The reviewed literature also addressed immunometabolic mechanisms, particular-ly the potential influence of glucose metabolism on immune cell profiles within pancreatic islets [7, 9].

All statistical evaluations in the primary publications, including variance and correlation analyses with established significance levels ($p<0.001$), were conducted by the primary authors when comparing age cohorts and homeo-static markers [2]. Overall, the systematization of information aimed to ana-lyze immunometabolic factors capable of influencing the duration of the par-tial remission phase [7].

RESULTS

Definition and Criteria of Partial Remission

Analysis and systematization of published scientific evidence indicate that partial clinical remission, known as the "honeymoon" phase, is a transient period in the natural history of type 1 diabetes [1, 3]. Following the initia-tion of insulin therapy, this stage is characterized by a temporary reduction in exogenous insulin requirements owing to partially preserved secretory activity of the residual pancreatic β-cell mass [1, 3].

Synthesis of the available literature allows for a clear distinction between historical definitions and contemporary standardized diagnostic criteria [12]. For a long time, the primary criterion for defining remission was a re-duction in daily insulin requirements to below 0.5 IU/kg/day accompanied by satisfactory glycemic control (HbA1c 6.0-7.0%) [2]. However, analysis of clinical studies has highlighted the limitations of these earlier criteria: reli-ance solely on insulin dose and HbA1c is influenced by individual insulin sensitivity, dietary patterns, and physical activity levels and therefore may not accurately reflect the true functional reserve of the pancreatic islets [12].

According to contemporary publications, the international standard for as-sessing partial remission is the IDAA1c (insulin-dose-adjusted HbA1c) in-dex, calculated as the sum of HbA1c (%) and four times the daily insulin dose per kilogram of body weight [12]. An IDAA1c ≤9 is widely employed in the evaluated studies as a reliable surrogate marker of preserved stimulat-ed C-peptide secretion (specifically during standardized mixed-meal toler-ance testing), providing an objective assessment of functional β-cell status [12].

Remission Frequency and Duration

Analysis of published scientific literature indicates that partial remission rates range broadly from 50% to 75%, with an average duration typically spanning 3 to 12 months [2, 7]. Literature systematization demonstrates that this wide variance does not represent a single uniform finding, but ra-ther reflects inter-study heterogeneity [7]. Remission duration and frequency are significantly influenced by cohort age composition, specific remission criteria (classic metrics vs. IDAA1c), ethnic and population traits, initial insulin management protocols, and overall study design [7]. Furthermore, across multiple documented observations, a pronounced temporary de-crease in exogenous insulin requirements is observed in the majority of chil-dren and adolescents during the initial months following clinical onset [2, 4].

Age-Related Predictors

According to numerous published studies, age at T1D onset represents one of the most consistently verified prognostic factors [2, 7]. In patients older than 5 years and adolescents, partial remission occurs more frequently and persists longer than in younger children (under 5 years of age). This is at-tributed to a larger initial β -cell mass and a less aggressive autoimmune de-struction trajectory at an older age [2, 8].

Impact of Diabetic Ketoacidosis and pH

Based on the analyzed scientific literature, the severity of metabolic derangement at initial diagnosis represents an important prognostic determinant of the course of partial clinical remission [2, 6]. The reviewed studies indicate that diabetic ketoacidosis (DKA) and marked reductions in blood pH at admission are associated with a lower likelihood of partial remission and a shorter duration of the remission phase [2, 6].

The authors of the reviewed studies attribute this association to a cascade of pathophysiological disturbances triggered by DKA, including severe glucotoxicity, lipotoxicity, and profound electrolyte imbalances [8]. These metabolic disturbances may contribute to functional impairment and suppression of residual β-cell function, potentially accelerating the decline in residual β-cell mass before the initiation of insulin therapy [2, 8].

The available evidence indicates that the likelihood and duration of partial clinical remission are determined by a complex combination of clinical, laboratory, and demographic factors. Among the factors most consistently identified across the reviewed studies are age at disease onset, the absence of severe DKA and pronounced acidosis at hospital admission, and higher baseline C-peptide levels.

DISCUSSION

Findings from the literature analysis confirm that the partial clinical remission phase (the "honeymoon" period) represents an important stage in the natural course of type 1 diabetes (T1D) [4, 6]. Following the initiation of insulin therapy, this period is characterized by a temporary reduction in exogenous insulin requirements while glycemic control is maintained [1, 5]. This phenomenon is primarily associated with partial recovery of secretory activity in the residual pancreatic β-cell mass following alleviation of glucotoxicity and lipotoxicity after treatment initiation [3, 8].

At the same time, partial remission does not indicate cessation or reversal of the underlying autoimmune process [2, 8]. Progressive loss of β-cell mass may continue; however, temporary reduction of metabolic stress on residual β-cells allows partial compensation for insulin deficiency [8, 11]. In clinical practice, this period represents an important window for reinforcing diabetes self-management and optimizing individualized therapeutic regimens [4, 6].

Across the analyzed studies, the occurrence and duration of the "honeymoon" phase demonstrated considerable interindividual variability [4, 7]. Among the most consistently identified determinants of the remission trajectory are age at clinical onset, baseline C-peptide levels, and the degree of metabolic derangement at diagnosis [2, 5, 7]. The presence of diabetic ketoacidosis (DKA) and severe acidosis at admission is associated with greater impairment of pancreatic β-cell function and lower rates of remission or a shorter remission duration [2, 11]. Additional factors potentially associated with the remission trajectory include symptom duration before diagnosis, baseline glycated hemoglobin (HbA1c) levels, and body mass index [7].

Preservation of residual β-cell functional capacity during remission has important clinical implications [7, 9]. Endogenous C-peptide secretion facilitates achievement of glycemic targets, may reduce glycemic variability, and is associated with a lower risk of severe hypoglycemic events [5, 9].

For the assessment of partial remission in contemporary clinical research, standardized parameters, particularly the IDAA1c index and C-peptide measurements, are recommended, enabling objective assessment of residual pancreatic β-cell function and supporting individualized adjustment of insulin therapy [4, 12].

CONCLUSION

According to the analysis of the scientific literature, partial clinical remis-sion in type 1 diabetes is the

 Creative Commons «Attribution» 4.0

result of temporary functional recovery of surviving β-cells following the relief of glucotoxicity and lipotoxicity upon the initiation of insulin therapy. Alongside classical criteria of daily insulin dose and HbA1c, the IDAA1c ≤ 9 index is recognized as the modern standard for verification in research, serving as a reliable surrogate marker of preserved stimulated C-peptide secretion.

Article Declarations

Prospects for further research. Future research should focus on large-scale clinical trials and the validation of emerging immunotherapeutic and dis-ease-modifying strategies aimed at preserving and prolonging the pool of functionally active pancreatic ß -cells during the partial clinical remission phase in type 1 diabetes, as well as the identification of highly sensitive mo-lecular and genetic markers to predict the duration of the "honeymoon" pe-riod.

Study limitations. The authors acknowledge that the limitations of this re-view are determined both by the predefined scope of topics, timeframes, and study designs, and by resource accessibility. The search strategy encom-passed the PubMed bibliographic database (https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/), Google Scholar resources, and the Wiley full-text platform. The review was narrative in nature and was based exclusively on published secondary data, without conducting an independ-ent formalized quantitative meta-analysis.

Primary data and materials. The authors explicitly state that primary med-ical records (patient case histories, outpatient charts, examination protocols, laboratory and instrumental test results of individual patients) and proprietary statistical databases were not utilized in this review.

Research ethics. The researchers adhered to all protocols and procedures established by the Biomedical Research Ethics Committee, as well as the requirements of Ukrainian healthcare legislation and the provisions of the Declaration of Helsinki (2000).

Declaration of AI use. During the preparation of this work, the authors uti-lized ChatGPT-4 to generate drafting options and phrasing. Following the use of this tool, the authors reviewed and edited the material as necessary and assume full responsibility for the content and integrity of the publica-tion.

Funding. The study was conducted at the Department of Pathophysiology, Bogomolets National Medical University, as part of the scheduled depart-mental research work. No external targeted funding or grant support was received.

Conflict of interest. The authors declare that they have no conflicts of inter-est related to the preparation, conduct, and publication of this study. None of the authors have financial, commercial, or other personal relationships that could influence the interpretation of the results. The study was con-ducted in accordance with the principles of academic integrity and objectivi-ty. All authors have approved the final version of the manuscript.

Acknowledgements. The authors express their sincere gratitude to the facul-ty of the Department of Pathophysiology at Bogomolets National Medical University for their consultative assistance and scientific advice during the discussion of the manuscript.

Author Contributions (CRediT taxonomy)

*Daryna M. Bilous: A,B,C,D,E,F. ORCID: 0009-0003-4932-0208

***Corresponding author:** dashabilous0120@gmail.com; **+380961215077**

REFERENCES

1. Pujia R, Maurotti S, Coppola A, Romeo S, Pujia A, Montalcini T. The potential role of C-peptide in sexual and reproductive functions in type 1 diabetes mellitus: An update. Curr Diabetes Rev. 2022;18(6):e051021196996. https://doi.org/10.2174/1573399817666211005093434
2. Nardelli GM, Guastamacchia E, Di Paolo S, Lattanzi V, Ciampolillo A, Montedoro P, Giorgino R. Remission from insulin dependence induced by continuous subcutaneous insulin infusion (CSII) in type I, newly diagnosed diabetics: role of some hormonal and immunologic factors. Acta Diabetol Lat. 1988;25(2):107-117. https://doi.org/10.1007/BF02581133
3. Torella R, Salvatore T, Cozzolino D, Grandillo F, Giugliano D. Pathophysiological study of the non-insulin-dependent phase of type I diabetes mellitus. Acta Diabetol Lat. 1988;25(4):313-322. https://doi.org/10.1007/BF02581381
4. Gomez-Muñoz L, Dominguez-Bendala J, Pastori RL, Vives-Pi M. Immunometabolic biomarkers of partial remission in type 1 diabetes. Front Immunol. 2022;13:825426. https://doi.org/10.1016/j.tem.2023.10.005
5. Chobot A, Stompor J, Shida K, Deja G, Polanska J, Jarosz-Chobot P. Remission phase in children diagnosed with type 1 diabetes in years 2012 to 2013 in Silesia, Poland: An observational study. Pediatr Diabetes. 2019;20(3):286-292. https://doi.org/10.1111/pedi.12824
6. Fonolleda M, Murillo M, Vazquez F, Bel J, Vives-Pi M. Remission phase in type 1 diabetes: New insight and emerging biomarkers. Horm Res Paediatr. 2017;88(5):307-315. https://doi.org/10.1159/000479030

7. Vague P, Vialettes B, Lassmann V, Moulin JP, Mercier P. Sustained initial remission induced by intensive insulin treatment in type I diabetes: possible role of the genetic background. Acta Diabetol Lat. 1985;22(4):307-313. https://doi.org/10.1007/bf02624748
8. Guo Y, Lei L, Che G, Gao H, Hu Q. Xist-mediated B cell modulation: Implications for immune dysregulation in T1DM. Biochim Biophys Acta Mol Basis Dis. 2026;1872(6):168376. https://doi.org/10.1016/j.bbadis.2026.168376
9. Nyburch A.K., Jensen A.K., Mortensen H.B., et al. Prevalence, duration, and predictors of partial remission in children and adolescents with type 1 diabetes: A nationwide prospective cohort study. Pediatric Diabetes. 2022;23(4):475-484. https://doi.org/10.3389/fimmu.2022.825426
10. Jamiołkowska-Sztabkowska M, Głowińska-Olszewska B, Bossowski A. C-peptide and residual β -cell function in pediatric diabetes - state of the art. Pediatr Endocrinol Diabetes Metab. 2021;27(2):123-133. https://doi.org/10.5114/pedm.2021.107165
11. Ludvigsson J, Heding LG. Beta-cell function in children with diabetes. Diabetes.1978;27(Suppl1):230-234. https://doi.org/10.2337/diab.27.1.s230
12. Moole H, Moole V, Mamidipalli A, Dharmapuri S, Boddireddy R, Taneja D, Sfeir H, Gajula S. Spontaneous complete remission of type 1 diabetes mellitus in an adult - review and case report. J Community Hosp Intern Med Perspect. 2015;5(5):28709. https://doi.org/10.3402/jchimp.v5.28709

ЧАСТКОВА КЛІНІЧНА РЕМІСІЯ ПРИ ЦУКРОВОМУ ДІАБЕТІ 1 ТИПУ: ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ РЕЗЕРВ В-КЛІТИН, ПРЕДИКТОРИ ТА КЛІНІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ (НАРАТИВНИЙ ОГЛЯД)

Дарина М. Білоус

Національний медичний університет імені О. О. Богомольця, м. Київ, Україна

РЕЗЮМЕ

Мета. Узагальнити сучасні наукові дані щодо клінічного значення фази часткової клінічної ремісії («медового місяця») при цукровому діабеті 1 типу (ЦД1), критеріїв її верифікації, прогностичних факторів та збереження функціонального резерву β-клітин підшлункової залози.

Матеріали та методи. Предметом огляду стали результати проспективних когортних досліджень, систематичних оглядів та міжнародних консенсусних рекомендацій щодо пацієнтів із вперше діагностованим ЦД1, опубліковані в базах даних PubMed та Google Scholar. Проведено аналіз класичних діагностичних підходів і стандартизованого індексу IDAA1c, ролі ендогенного С-пептиду та клініко-лабораторних факторів, пов'язаних із перебігом ремісії.

Результати. За даними проаналізованих джерел, часткова ремісія спостерігається в узагальненому діапазоні від 35% до 70% пацієнтів, із типовою тривалістю від кількох місяців до одного року, що суттєво залежить від віку, популяції та використаного критерію верифікації. Застосування стандартизованого індексу IDAA1c (≤9) дозволяє оцінювати збереження функціональної секреції β-клітин. До підтверджених сприятливих прогностичних факторів перебігу ремісії належать старший вік на момент маніфестації, відсутність тяжкого діабетичного кетоацидозу та вираженого ацидозу при госпіталізації, а також вищий початковий рівень стимульованого С-пептиду. Збереження залишкової ендогенної секреції інсуліну асоціюється з кращим глікемічним контролем, зменшенням варіабельності глікемії та зниженням частоти тяжких гіпоглікемій.

Висновки. Фаза часткової клінічної ремісії є важливим періодом перебігу ЦД1, який може розглядатися як потенційне терапевтичне вікно для збереження залишкового пулу β-клітин. Досягнення стабільного глікемічного контролю за допомогою сучасних режимів інсулінотерапії сприяє зменшенню глюкотоксичності та оптимізації ведення пацієнтів, тоді як методи експериментальної імунотерапії наразі залишаються предметом клінічних досліджень.

Ключові слова: С-пептид, діабетичний кетоацидоз, глікемічний контроль, цукровий діабет 1 типу, інсулінсекретуючі клітини

Received: May 06, 2026
Accepted: August 19, 2026
Published online: September 16, 2026

 Creative Commons «Attribution» 4.0

UDC: 617.58-001.4-092-089.8
DOI: https://doi.org/10.32345/USMYJ.3(164).2026.119-127

PATHOPHYSIOLOGICAL MECHANISMS OF COMBAT INJURIES OF THE LOWER EXTREMITIES AND THEIR IMPACT ON THE CHOICE OF SURGICAL TACTICS

Serhii O. Derkach, Maryna M. Tsvietkova, Maksym V. Baida

Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

ABSTRACT

Introduction. Combat injuries of the lower extremities remain one of the leading causes of severe disability among military personnel. The high-energy nature of blast, gunshot, fragment, thermal, and barotraumatic injuries gives rise to complex local and systemic pathophysiological responses that largely determine the course of traumatic disease and the prospects for limb salvage.

Aim. To systematise current data on the pathophysiological mechanisms of tissue injury in the lower extremities across different types of combat trauma and to clarify their significance for the selection of surgical tactics.

Materials and methods. A narrative review of the literature indexed in PubMed/MEDLINE, Scopus, and Google Scholar for the period 2016–2026 was performed using the keywords "blast injury", "gunshot wounds", "fragment wounds", "compartment syndrome", "reperfusion injury", "endothelial dysfunction", and "combat trauma". English-language full-text publications addressing the pathogenesis of combat trauma were included. After screening and removal of duplicates, 45 sources were assessed, of which 15 were included in the final analysis.

Results. Regardless of the physical mechanism of injury, combat trauma may be characterized by a three-zone pattern comprising a zone of primary necrosis, a zone of secondary injury (zone of molecular concussion), and an area of potentially reversible tissue changes. Blast injuries combine the effects of the blast wave, fragments, and thermal energy and may result in extensive muscle destruction and rhabdomyolysis; gunshot and fragment wounds are characterized by kinetic energy transfer, temporary cavitation, and substantial tissue contamination; thermal injury and barotrauma may produce zones of tissue stasis associated with increased capillary permeability and interstitial oedema. Progression of tissue injury within these zones is driven by a common cascade involving endothelial dysfunction and glycocalyx damage, the no-reflow phenomenon, intracellular calcium overload, mitochondrial dysfunction, reperfusion-associated oxidative stress, systemic inflammation, and compartment syndrome.

Conclusions. Despite differences in their physical mechanisms, various types of combat trauma share common pathogenetic mechanisms of secondary tissue injury and necrosis, providing a basis for unified approaches to monitoring tissue viability. Understanding these mechanisms supports the rational selection of surgical tactics, timely assessment of tissue viability, and improved limb salvage outcomes.

Keywords: blast injuries, compartment syndromes, necrosis, war-related injuries, wounds, gunshot.

INTRODUCTION

Combat trauma remains one of the principal causes of death and disability among military personnel in contemporary armed conflicts. Despite advances in personal protective equipment and continued improvements in medical evacuation systems, extremity injuries account for the largest proportion of combat wounds. Injuries of the lower extremities are of particular clinical importance because they are frequently associated with extensive soft-tissue destruction, long-bone fractures, vascular injury, and a high risk of limb loss [1, 2, 23].

Contemporary combat injuries are typically characterized by high-energy mechanisms. The most common include blast injuries, gunshot and fragment wounds, and combined thermal and barotraumatic injuries. Unlike civilian trauma, these injuries involve the transfer of substantial mechanical energy to tissues, the formation of extensive zones of indirect tissue injury, and the initiation of complex local and systemic pathophysiological responses [1, 3, 28].

For a long time, attention was focused primarily on the immediate zone of mechanical tissue destruction.

Creative Commons «Attribution» 4.0

Current research, however, demonstrates that the severity and clinical course of injury depend to a large extent on secondary processes that develop over the hours and days following trauma. These include endothelial dysfunction, microcirculatory disturbances, activation of the coagulation cascade, oxidative stress, reperfusion injury, and the systemic inflammatory response [4-6, 29].

One of the key concepts in modern military traumatology is the so-called zone of molecular concussion, or parabiosis. In contrast to the zone of primary necrosis, in which tissues undergo irreversible injury at the time of trauma, structural integrity within the zone of parabiosis may be preserved for a certain period. Nevertheless, profound metabolic disturbances persist at the cellular and subcellular levels, potentially resulting either in restoration of tissue viability or progression to secondary necrosis [4, 7, 8, 32, 35].

Despite differences in their physical mechanisms, blast injuries, gunshot and fragment wounds, and thermal and barotraumatic injuries share several common pathogenetic mechanisms. These include microvascular disturbances, the no-reflow phenomenon, progressive tissue hypoxia, rhabdomyolysis, compartment syndrome, and the systemic inflammatory response. These mechanisms substantially influence the extent of surgical debridement, the need for fasciotomy, the feasibility of reconstructive interventions, and the prospects for limb salvage [5, 9-11].

Therefore, summarizing current knowledge of the pathophysiology of combat injuries of the lower extremities is essential for refining treatment strategies and improving outcomes in injured patients.

AIM

The aim of this work was to systematise current data on the pathophysiological mechanisms of tissue injury in the lower extremities across different types of combat trauma and to clarify their significance for the choice of treatment strategy.

MATERIALS AND METHODS

The literature search was conducted in the PubMed/MEDLINE, Scopus and Google Scholar databases for the period 2016-2026, using the keywords "blast injury", "gunshot wounds", "fragment wounds", "compartment syndrome", "reperfusion injury", "endothelial dysfunction" and "combat trauma", together with their combinations. English-language articles reflecting current understanding of the pathophysiological mechanisms of combat trauma to the lower extremities were included in the review; publications without full-text access and studies not directly related to the subject of the review were excluded. After screening and removal of duplicates, 45 sources were examined, of which 15 publications that most fully reflect the current state of the problem were included in the final analysis.

RESULTS

Blast injury

Blast injury is among the most severe forms of combat injury to the lower extremities and is characterised by the combined action of the blast wave, fragments, thermal energy and mechanical acceleration of the body. Unlike other types of trauma, injury from explosions arises not only from the direct destruction of tissue but also as a consequence of substantial secondary pathophysiological changes [1, 2, 17, 19].

Primary tissue necrosis develops within the zone of direct blast effect, and around it a zone of secondary injury, or zone of molecular concussion, is formed. In this area the structural integrity of the tissues may still be preserved, yet pronounced disturbances of microcirculation and cellular metabolism are already developing and prepare the ground for the progression of necrosis [1, 4].

Endothelial damage and activation of the coagulation cascade play a prominent role in the pathogenesis. The formation of microthrombi and the development of the no-reflow phenomenon lead to tissue hypoxia even when major vessel blood flow is not substantially compromised [4, 5]. Oxidative stress, reperfusion injury and the development of acute compartment syndrome act as additional factors that aggravate the damage [6, 9, 12, 30].

Extensive destruction of muscle tissue is frequently accompanied by rhabdomyolysis and a systemic inflammatory response, which increases the risk of multiple-organ complications [6, 11, 13]. The severity of blast injury is thus determined not only by the extent of primary tissue destruction but also by the development of secondary ischaemic damage.

Gunshot wounds

The pathophysiology of gunshot wounds is largely determined by the transfer of the projectile's kinetic energy to the tissues. In addition to the formation of the wound tract, bullet passage generates a temporary pulsating cavity that causes tissue stretching and injury at a considerable distance from the projectile trajectory [3, 14].

Muscle tissue and the microvascular bed are particularly vulnerable to cavitation-related injury. Damage to cell membranes, mitochondria, and endothelial cells triggers a cascade of secondary injury involving impaired microcirculation, tissue hypoxia, and the development of secondary necrosis [3, 4, 15].

 Creative Commons «Attribution» 4.0

A characteristic feature is the formation of a zone of molecular concussion, in which macroscopic signs of tissue destruction may not yet be apparent, although pronounced cellular and vascular disturbances are already present. This zone may substantially influence the final extent of viable tissue and the need for further surgical intervention [3, 8, 32].

Heavy wound contamination and the risk of delayed vascular injury are also clinically important, as vascular complications may result in the progression of ischemia several hours or even days after injury [3, 14, 23].

Fragment wounds

Fragment wounds are characterised by multiple foci of injury and considerable variability of clinical presentation. The irregular shape and unstable trajectory of fragments favour the formation of complex wound tracts and multiple zones of tissue destruction [1, 2].

Each fragment creates a local zone of primary injury and a surrounding area of secondary changes. In multiple wounding, these zones may overlap, forming extensive areas of ischaemia and secondary necrosis [8].

Important features of fragment wounds include considerable contamination of tissue with foreign material, pronounced microcirculatory disturbances and a high risk of infectious complications, particularly when combined with massive soft-tissue damage [2].

Thermal injury and barotrauma

Thermal and barotraumatic injuries frequently accompany combat trauma and may substantially worsen the course of the wound-healing process. Thermal injury is characterized by the development of coagulative necrosis and the formation of a zone of stasis, the viability of which influences the subsequent progression of tissue damage [10].

Microcirculatory disturbances, tissue hypoxia, and cellular energy deficiency develop within the zone of stasis and contribute to the progression of secondary necrosis. Similar processes are observed in electrical injuries, in which severe damage to deep tissues may be disproportionate to the external manifestations of trauma [10, 11]. Barotrauma is associated with endothelial injury, increased capillary permeability, and the development of interstitial oedema. Impaired microcirculation, microthrombosis, and tissue hypoxia create conditions conducive to secondary injury similar to those observed in other high-energy forms of combat trauma [4, 15].

Despite differences in their underlying mechanisms, various types of combat injury exhibit both specific features and shared pathophysiological patterns. The principal characteristics of individual injury types are presented in Table 1.

Analysis of these data indicates that, despite the differing nature of the primary injury, all types of combat trauma exert their effects through a number of shared pathophysiological mechanisms. It is these mechanisms that determine the progression of secondary necrosis, tissue viability and treatment outcomes in the injured.

From pathophysiological mechanism to surgical decision

Each pathophysiological mechanism has a specific therapeutic window that determines the timing and type of surgery.

Restoration of perfusion (0-8 h). The priority is revascularisation within 4–6 h after vascular injury. Temporary intravascular shunts may maintain perfusion during damage-control surgery. External fixation is preferred initially, while debridement should be limited to clearly non-viable tissue. Gra-

Table 1. Pathophysiological features of different types of combat injury of the lower extremities

Type of injury	Leading mechanism of primary injury	Principal mechanisms of secondary injury	Clinical significance
Blast injury	Blast wave, fragment impact, mechanical acceleration	Endothelial dysfunction, microthrombosis, reperfusion injury, compartment syndrome	High risk of limb loss and multiple-organ complications
Gunshot wounds	Transfer of kinetic energy and cavitation injury	Zone of molecular concussion, microcirculatory disturbance, secondary necrosis	Tissue damage beyond the wound tract
Fragment wounds	Multiple wound tracts and polyfocal tissue destruction	Ischaemia, microvascular disturbance, infectious complications	High level of contamination and occult necrosis
Thermal injury	Coagulative necrosis	Impaired microcirculation within the zone of stasis, tissue hypoxia	Progression of injury depth during the first days after trauma
Barotrauma	Action of the blast wave and pressure differentials	Endothelial dysfunction, oedema, microthrombosis	Occult tissue damage and impaired perfusion



Fig. 1. Algorithm linking pathophysiological changes, clinical and laboratory markers and surgical tactics in combat injuries of the lower extremities

Note: ABI — ankle–brachial index; BTSS — Blast Trauma Severity Scale; CK — creatine kinase; DAMPs — damage-associated molecular patterns; ICG-FA — indocyanine green fluorescence angiography; ICP — intracompartmental pressure; MDR — multidrug-resistant; MESS — Mangled Extremity Severity Score; NIRS — near-infrared spectroscopy; NPWT — negative pressure wound therapy; ΔP — perfusion pressure.

 Creative Commons «Attribution» 4.0

dual tourniquet release reduces reperfusion injury [14, 26, 27].

Fasciotomy (6-24 h). Indicated for confirmed compartment syndrome (pressure >30 mmHg or ΔP ≤30 mmHg) and selected high-risk injuries. Complete decompression of all compartments is essential. Routine prophylactic fasciotomy has not consistently reduced amputation rates and increases wound complications; therefore, indications should be guided by clinical and pathophysiological findings rather than applied routinely [24, 28-30].

Staged debridement (24-72 h). Initial surgery removes only non-viable tissue, followed by planned re-exploration every 24-48 h until no further necrosis remains. Primary closure is contraindicated. Negative-pressure wound therapy supports wound-bed preparation between procedures [15, 31].

Timing of initial surgery. The traditional 6-hour rule has been replaced by evidence supporting debridement within 24 h, with earlier intervention reserved for vascular compromise, gross contamination, or Gustilo IIIB injuries [13, 32-34].

Systemic consequences (24 h-7 d). Reperfusion and muscle destruction may cause rhabdomyolysis and acute kidney injury, requiring aggressive resuscitation and renal support when indicated. At this stage, limb salvage versus amputation should be reassessed using an integrated severity assessment [11, 14, 18, 25, 27, 35,].

Reconstruction (5-14 d). Definitive fixation and soft-tissue coverage should be performed only after complete wound control, with reconstruction delayed until the wound is clean and free of progressive necrosis. Antibiotic therapy should be culture-guided [12, 21, 22, 31].

DISCUSSION

Common mechanisms of secondary tissue injury in combat trauma

Despite substantial differences among blast, gunshot, fragment, thermal, and barotraumatic injuries, current research points to common pathogenetic mechanisms that influence the subsequent fate of damaged tissue. These processes substantially shape the clinical course of injury, the extent of secondary necrosis, and the prospects for limb salvage [4, 5, 7].

Irrespective of the type of injury, the primary mechanical or thermal insult initiates a cascade of cellular and vascular responses that continues to evolve over the following hours and days. This may result in a classical three-zone pattern of injury comprising a zone of primary necrosis, a zone of secondary injury, and an area of potentially reversible changes. Whereas tissues within the zone of primary necrosis are non-viable from the time of injury, the subsequent fate of tissues within the zone of secondary injury depends on the severity of local and systemic pathophysiological processes [1, 3, 10].

Endothelial dysfunction is one of the central mechanisms of secondary injury. Damage to the endothelial glycocalyx is associated with disruption of vascular barrier function, platelet activation, and initiation of the coagulation cascade. Impaired regulation of vascular tone may lead to vasospasm, increased capillary permeability, and progressive tissue oedema. At the same time, conditions conducive to microthrombus formation may develop, impairing tissue perfusion even when blood flow through major vessels is preserved [4].

Endothelial injury may contribute to the development of the no-reflow phenomenon, in which restoration of systemic haemodynamics is not accompanied by adequate tissue reperfusion at the level of the microcirculation. Microvascular thrombosis, blood cell stasis, endothelial swelling, and compression of capillaries by interstitial oedema may create conditions in which tissue hypoxia persists even after macroscopic circulatory disturbances have been corrected [4, 8].

Disruption of intracellular ionic homeostasis plays a prominent role in the progression of tissue injury. Mechanical, thermal, or ischaemic damage to cell membranes may result in excessive calcium influx into the cytosol. Increased intracellular calcium concentrations activate proteases, phospholipases, and endonucleases, which contribute to the degradation of cellular structural components. Mitochondrial function is impaired concurrently, leading to reduced adenosine triphosphate (ATP) synthesis and cellular energy failure [7, 10, 11].

Further progression of tissue injury is associated with oxidative stress. Reperfusion of ischaemic tissue is accompanied by increased generation of reactive oxygen species, which can damage cell membranes, proteins, and nucleic acids. Reperfusion injury may not only exacerbate local tissue destruction but also contribute to persistence of the systemic inflammatory response [6, 7].

Activation of systemic inflammation is a common consequence of severe combat trauma. Cell destruction is accompanied by the release of intracellular components that can act as danger-associated molecular patterns (DAMPs). In response, neutrophils, macrophages, and other immune cells become activated and produce pro-inflammatory cytokines and other inflammatory mediators. In the setting of extensive injury, the local inflammatory response may progress to systemic inflammatory

response syndrome and contribute to multiorgan dysfunction [6].

Compartment syndrome occupies a distinct place among the secondary mechanisms of tissue injury. Regardless of the initial cause, the combination of tissue oedema, haemorrhage, and impaired venous outflow can lead to increased intrafascial pressure. Compression of blood vessels and nerves causes further deterioration of microcirculation, establishing a vicious cycle of progressive ischaemia. Without timely decompression, compartment syndrome may become an independent cause of limb loss even after the primary injury has been adequately managed [9].

Thus, despite the diversity of the physical mechanisms of injury, the pathophysiology of combat trauma to the lower extremities involves a shared cascade of interrelated processes, including endothelial dysfunction, microcirculatory disturbances, the no-reflow phenomenon, oxidative stress, systemic inflammation, and compartment syndrome. These mechanisms substantially influence tissue viability, the extent of secondary necrosis, and treatment outcomes in injured patients.

CONCLUSIONS

1. Notwithstanding the diversity of the mechanisms by which they arise, combat injuries of the lower extremities share common pathophysiological patterns in the development of secondary tissue damage. The leading roles belong to endothelial dysfunction with glycocalyx shedding, microcirculatory disturbance and the no-reflow phenomenon, intracellular calcium overload with mitochondrial dysfunction, reperfusion-related oxidative stress, rhabdomyolysis, systemic inflammation and compartment syndrome.

2. Each element of this cascade has a measurable clinical or laboratory correlate – lactate and base deficit for shock and endotheliopathy; total ischaemia and tourniquet time, ankle–brachial index, tissue oxygen saturation and indocyanine green fluorescence for perfusion; perfusion pressure ΔP for intrafascial hypertension; creatine kinase, myoglobinuria and diuresis for muscle necrosis and its systemic consequences. This permits the extent of injury to be assessed objectively rather than by inspection alone, and it is of particular value in the sedated or intubated casualty, in whom the classical clinical signs are unavailable.

3. Each mechanism has a defined temporal window, and that window determines the operation: revascularisation with temporary intravascular shunting within 4-6 h; four-compartment fasciotomy over the full length of the segment when $\Delta P \leq 30$ mmHg, or when ischaemia exceeds 4-6 h, combined arterial and venous injury or arterial ligation is present, or evacuation precludes serial observation; staged wound excision with planned re-inspection every 24-48 h and preservation of tissue of doubtful viability at the first operation; negative pressure wound therapy between stages; and delayed closure, grafting or flap coverage only after a clean granulating bed has been obtained.

4. Fasciotomy corrects a single mechanism and should be indicated by the marker and the injury pattern rather than applied prophylactically to every high-energy limb wound; a liberal policy has been associated with limb infection, motor dysfunction and contracture without a demonstrable reduction in amputation. Conversely, delayed or incomplete decompression remains one of the principal avoidable causes of limb loss.

5. The algorithm presented in Figure 1 formalises the transition from pathophysiological mechanism through diagnostic marker to surgical decision. It requires prospective clinical validation, in particular with respect to perfusion-imaging thresholds for the extent of excision and to the integration of severity assessment instruments into the decision between limb salvage and amputation.

Article Declarations

Perspectives for Further Research. Further research should be directed towards the large-scale clinical testing and validation of objective methods for monitoring the viability of tissues within the zone of molecular concussion, including intraoperative fluorescence angiography, tissue oximetry and laboratory markers of endothelial injury and rhabdomyolysis. Of separate interest is the prospective validation of integrated severity assessment instruments for blast-related injuries, together with the development of unified algorithms determining the optimal timing and extent of surgical debridement, the indications for fasciotomy and the criteria for staged reconstructive intervention in casualties with combat injuries of the lower extremities.

Study Limitations. The authors expressly acknowledge that the limitations of this review arise both from the predefined boundaries of its subject matter, time span and study types, and from the availability of sources. The search strategy covered PubMed (https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov), Scopus (https://www.scopus.com) and Google Scholar (https://scholar.google.com) for the period 2016–2026 and was restricted to English-language publications available in full text, which does not exclude the omission of relevant work published in other languages or in sources with restricted access. As the review is narrative rather than systematic, the selection of the final 35 publications reflects the expert judgement of the authors and was not accompanied by a formal assessment of the risk of bias or by quantitative synthesis of the data.

 Creative Commons «Attribution» 4.0

Primary data and materials. The authors expressly certify that no primary medical records (case histories, outpatient charts, examination protocols, or laboratory and instrumental findings of individual patients) and no statistical databases were used in this work. The article is a review of the published scientific literature and contains no individually identifiable patient data or images.

Research Ethics. The researchers complied with all protocols and procedures established by the Committee on the Ethics of Biomedical Research, as well as with the requirements of the health care legislation of Ukraine and the provisions of the Declaration of Helsinki (2000). As the work is a review of published literature and involved neither human participants nor primary medical documentation, separate approval by an ethics committee was not required.

Declaration of AI use. No artificial intelligence tools were used in the preparation of this work.

Funding. The study received no external funding.

Conflict of Interest. The authors declare no conflict of interest related to the preparation, conduct or publication of this study. None of the authors has any financial, commercial or other personal relationships that could influence the interpretation of the results. The study was carried out in accordance with the principles of academic integrity and objectivity. All authors have approved the final version of the manuscript.

Author Contributions (CRediT taxonomy)

*Serhii O. Derkach — B, E,D ORCID: 0000-0001-7339-8804
Maryna M. Tsvietkova — A, E, F ORCID: 0000-0002-8796-099X
Maksym V. Baida — A, D, E, F ORCID: 0009-0002-3861-8116

***Corresponding author:** sergeyaleksnd@gmail.com

REFERENCES

1. Westrol MS, Donovan CM, Kapitanyan R. Blast Physics and Pathophysiology of Explosive Injuries. Ann Emerg Med. 2017;69(1S):S4-S9. https://doi.org/10.1016/j.annemergmed.2016.09.005
2. Covey DC. Blast and fragment injuries of the musculoskeletal system. J Bone Joint Surg Am. 2002;84(7):1221-1234. https://doi.org/10.2106/00004623-200207000-00022
3. Baum GR, Baum JT, Hayward D, MacKay BJ. Gunshot Wounds: Ballistics, Pathology, and Treatment Recommendations, with a Focus on Retained Bullets. Orthop Res Rev. 2022;14:293-317. https://doi.org/10.2147/ORR.S378278
4. Cardenas JC, Dong JF, Kozar RA. Injury-induced endotheliopathy: What you need to know. J Trauma Acute Care Surg. 2023;95(4):454-463. https://doi.org/10.1097/TA.0000000000004082
5. Moore EE, Moore HB, Kornblith LZ, et al. Trauma-induced coagulopathy. Nat Rev Dis Primers. 2021;7(1):30. https://doi.org/10.1038/s41572-021-00264-3
6. Lord JM, Midwinter MJ, Chen YF, et al. The systemic immune response to trauma: an overview of pathophysiology and treatment. Lancet. 2014;384(9952):1455-1465. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)60687-5
7. Wang J, Liang H, Fan J. Advances in cellular and molecular mechanisms of trauma-induced organ inflammation and dysfunction. Burns Trauma. 2025;14:tkaf074. https://doi.org/10.1093/burnst/tkaf074
8. Cepas A, Kiiski J, Majava M, Kholová I, Kaartinen I. Myth-Busting the Zone-of-Injury Concept: A Prospective Study on the Vascular Response to High-Energy Lower Extremity Trauma. Plast Reconstr Surg. 2024;154(1):190e-198e. https://doi.org/10.1097/PRS.0000000000010980
9. Donaldson J, Haddad B, Khan WS. The pathophysiology, diagnosis and current management of acute compartment syndrome. Open Orthop J. 2014;8:185-193. https://doi.org/10.2174/1874325001408010185
10. Żwierełło W, Piorun K, Skórka-Majewicz M, Maruszewska A, Antoniewski J, Gutowska I. Burns: Classification, Pathophysiology, and Treatment: A Review. Int J Mol Sci. 2023;24(4):3749. https://doi.org/10.3390/ijms24043749
11. Yang BF, Li D, Liu CL, et al. Advances in rhabdomyolysis: A review of pathogenesis, diagnosis, and treatment. Chin J Traumatol. 2026;29(1):21-31. https://doi.org/10.1016/j.cjtee.2024.10.005
12. Epstein CS, Prokhorenko G, Los D, et al. Combat orthopedic trauma care: challenges and innovations in Ukraine's wartime response. Surgery. 2025;182:109313. PMID:40215700
13. Lawry LL, Janvrin ML, Korona-Bailey J, et al. Qualitative assessment of point of injury to Role 2+ combat casualty care in Ukraine. Trauma Surg Acute Care Open. 2025;10(2):e001674. https://doi.org/10.1136/tsaco-2024-001674
14. Butler F, Holcomb JB, Dorlac W, et al. Who needs a tourniquet? And who does not? Lessons learned from a review of tourniquet use in the Russo-Ukrainian war. J Trauma Acute Care Surg. 2024;97(2S Suppl 1):S45-S54. https://doi.org/10.1097/TA.0000000000004395
15. Snelling S, Claireaux H, Roocroft H, Moon KH, Jeevaratnam J, Eisenstein N, Staruch RMT. Clinical guidelines for complex extremity war wound management: update and consensus using a mixed-method approach. BJS Open. 2026;10(1):zraf173. https://doi.org/10.1093/bjsopen/zraf173

16. Baida MV, Derkach SO. Analysis of current scientific literature on combat limb injuries: typology, consequences and treatment prospects [Article in Ukrainian]. Medychna nauka Ukrainy. 2025;21(4):137-143. https://doi.org/10.32345/2664-4738.4.2025.15
17. Eastridge BJ, Mabry RL, Seguin P, et al. Death on the battlefield (2001-2011): implications for the future of combat casualty care. J Trauma Acute Care Surg. 2012;73(6 Suppl 5):S431-S437. https://doi.org/10.1097/TA.0b013e3182755dcc
18. Baida MV, Derkach SO, Povkh VI, Zilnyk RR. Blastotrauma: concept and development of the Blast Trauma Severity Scale (BTSS) for explosion-related injuries. Wiad Lek. 2026;79(6):1323-1330. https://doi.org/10.36740/WLek/222591
19. Opasanon S, Chuangsuwanich A. Gunshot wounds. In: Téot L, Meaume S, Akita S, Del Marmol V, Probst S, eds. Skin Necrosis. Cham: Springer; 2024. https://doi.org/10.1007/978-3-031-60954-1_12
20. Tsymbaliuk V, Lurin I, Gumeniuk K, Herasymenko O, Furkalo S, Oklei D, et al. Modeling of wound ballistics in biological tissues simulators. Medicni Perspektivi. 2023;28(1):37-48. https://doi.org/10.26641/2307-0404.2023.1.275866
21. Khomenko IP, Korol SO, Matviichuk BV. Clinical and organizational peculiarities of providing trauma care to the patients with soft tissue defects in gunshot and mine blast injuries of the limbs [Article in Ukrainian]. Trauma. 2018;19(5):129-133. https://doi.org/10.22141/1608-1706.5.19.2018.146655
22. Lurin I, Burianov O, Yarmoliuk Y, et al. Management of severe defects of humerus in combat patients injured in Russo-Ukrainian war. Injury. 2024;55(2):111280. https://doi.org/10.1016/j.injury.2023.111280
23. Breuking EA, de Fraiture EJ, Krijgh DD, van Wessem KJP, de Bruin IGJM, Hietbrink F, Ruiterkamp J. Current applications of indocyanine green fluorescence angiography in trauma patients and its potential impact: a systematic review. BMJ Open. 2025;15(5):e099755. https://doi.org/10.1136/bmjopen-2025-099755
24. McQueen MM, Duckworth AD. The diagnosis of acute compartment syndrome: a review. Eur J Trauma Emerg Surg. 2014;40(5):521-528. https://doi.org/10.1007/s00068-014-0417-4
25. Simpson JP, Taylor A, Sudhan N, Menon DK, Lavinio A. Rhabdomyolysis and acute kidney injury: creatine kinase as a prognostic marker and validation of the McMahon Score in a 10-year cohort. Eur J Anaesthesiol. 2016;33(12):906-912. https://doi.org/10.1097/EJA.0000000000000490
26. Rogovskyi VM, Koval BM, Lurin IA, Gumeniuk K, Gorobeiko M, Dinets A. Temporary arterial shunts in combat patient with vascular injuries to extremities wounded in Russian-Ukrainian war: A case report. Int J Surg Case Rep. 2022;102:107839. https://doi.org/10.1016/j.ijscr.2022.107839
27. Kauvar DS, Miller D, Walters TJ. Tourniquet use is not associated with limb loss following military lower extremity arterial trauma. J Trauma Acute Care Surg. 2018;85(3):495-499. https://doi.org/10.1097/TA.0000000000002016
28. Gordon WT, Talbot M, Shero JC, Osier CJ, Johnson AE, Balsamo LH, Stockinger ZT. Acute Extremity Compartment Syndrome and the Role of Fasciotomy in Extremity War Wounds. Mil Med. 2018;183(suppl_2):108-111. https://doi.org/10.1093/milmed/usy084
29. Kauvar DS, Staudt AM, Arthurs ZM, Propper BW, Piper LC, Rivera JC, Ryan KL, Walters TJ. Early Fasciotomy and Limb Salvage and Complications in Military Lower Extremity Vascular Injury. J Surg Res. 2021;260:409-418. https://doi.org/10.1016/j.jss.2020.10.017
30. Rao AS, Scalea TM, Feliciano DV, Harfouche MN. More harm than good: it is time to reconsider prophylactic fasciotomy in lower-extremity vascular injury. Am Surg. Published online April 8, 2024. https://doi.org/10.1177/00031348241244629
31. Sivash II, Koval BM. Negative pressure wound therapy for combat-related extremity vascular injuries: clinical experience from the war in Ukraine. Scand J Trauma Resusc Emerg Med. 2025;33:188. https://doi.org/10.1186/s13049-025-01502-3
32. You DZ, Schneider PS. Surgical timing for open fractures: middle of the night or the light of day, which fractures, what time? OTA Int. 2020;3(1):e067. https://doi.org/10.1097/OI9.0000000000000067
33. Nicolaides M, Vris A, Heidari N, Bates P, Pafitanis G. The Effect of Delayed Surgical Debridement in the Management of Open Tibial Fractures: A Systematic Review and Meta-Analysis. Diagnostics (Basel). 2021;11(6):1017. https://doi.org/10.3390/diagnostics11061017
34. Khomenko IP, Korol SO, Khalik SV, et al. Clinical and epidemiological analysis of the structure of combat surgical injury during the anti-terrorist operation / joint forces operation. Ukrainian Journal of Military Medicine. 2021;2(2):5-13. https://doi.org/10.46847/ujmm.2021.2(2)-005
35. Kolisnyk S, Muryn O, Svyst O. Comprehensive rehabilitation of a serviceman with triple limb amputation following combat polytrauma: a case study from Ukraine's wartime context. J Rehabil Med. 2025;57:jrm42950. https://doi.org/10.2340/jrm.v57.42950

 Creative Commons «Attribution» 4.0

ПАТОФІЗІОЛОГІЧНІ МЕХАНІЗМИ БОЙОВИХ УШКОДЖЕНЬ НИЖНІХ КІНЦІВОК ТА ЇХ ВПЛИВ НА ВИБІР ХІРУРГІЧНОЇ ТАКТИКИ

Сергій О.Деркач, Марина М. Цвєткова, Максим В. Байда

Національний медичний університет імені О. О. Богомольця, м. Київ, Україна

РЕЗЮМЕ

Вступ. Бойові ушкодження нижніх кінцівок залишаються однією з основних причин тяжкої інвалідизації військовослужбовців. Високоенергетичний характер мінно-вибухових, вогнепальних, осколкових, термічних та баротравматичних ушкоджень зумовлює складні місцеві й системні патофізіологічні реакції, від яких залежать перебіг травматичної хвороби та можливість збереження кінцівки.

Мета. Систематизувати сучасні дані щодо патофізіологічних механізмів ушкодження тканин нижніх кінцівок за різних видів бойової травми та з'ясувати їхнє значення для вибору хірургічної тактики.

Матеріали та методи. Проведено наративний огляд літератури, індексованої в PubMed/MEDLINE, Scopus та Google Scholar за період 2016–2026 рр., за ключовими словами "blast injury", "gunshot wounds", "fragment wounds", "compartment syndrome", "reperfusion injury", "endothelial dysfunction" і "combat trauma". До аналізу включали повнотекстові англомовні публікації, присвячені патогенезу бойової травми. Після відбору та вилучення дублікатів опрацьовано 45 джерел, з яких 15 увійшли до остаточного аналізу.

Результати. Незалежно від фізичного механізму ушкодження бойова травма характеризується тризональною моделлю: зоною первинного некрозу, зоною вторинного ушкодження (зоною молекулярного струсу) та ділянкою потенційно зворотних змін. Мінно-вибухова травма поєднує дію ударної хвилі, осколків і термічної енергії з масштабним руйнуванням м'язів та рабдоміолізом; вогнепальні й осколкові поранення характеризуються передачею кінетичної енергії, тимчасовою кавітацією та високим рівнем контамінації; термічна травма та баротравма супроводжуються формуванням зони стазу з підвищеною проникністю капілярів та інтерстиціальним набряком. Прогресування ушкодження в цій зоні зумовлене спільним каскадом патофізіологічних процесів, що включає ендотеліальну дисфункцію з ушкодженням глікокаліксу, феномен no-reflow, перевантаження клітин кальцієм, мітохондріальну дисфункцію, реперфузійний оксидативний стрес, системне запалення та компартмент-синдром.

Висновки. Попри відмінності у фізичних механізмах, усі види бойової травми мають спільні патогенетичні механізми розвитку вторинного некрозу, що створює підґрунтя для уніфікації підходів до моніторингу життєздатності тканин. Розуміння цих механізмів є підґрунтям для раціонального вибору хірургічної тактики, своєчасної оцінки меж життєздатності тканин та покращення результатів збереження кінцівки.

Ключові слова: мінно-вибухова травма; компартмент-синдром; некроз; бойова травма; вогнепальні поранення.

Received: June 22, 2026
Accepted: August 18, 2026
Published online: September 16, 2026

Creative Commons «Attribution» 4.0

УДК: 616.127-005.8-073.7:004.85

DOI: https://doi.org/10.32345/USMYJ.3(164).2026.128-138

МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ АНАЛІЗУ ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАМ З МЕТОЮ ПРОГНОЗУВАННЯ ІНФАРКТУ МІОКАРДА

Ольга А. Стельмах, Анатолій М. Кравченко

Державна наукова установа «Центр інноваційних технологій охорони здоров'я» Державного управління справами, м. Київ, Україна

РЕЗЮМЕ

Вступ. Серцево-судинні захворювання, зокрема гострий інфаркт міокарда, залишаються провідною причиною смертності у світі, а рання й точна діагностика ішемічних змін на електрокардіограмі значною мірою визначає ефективність невідкладної допомоги. Традиційний візуальний аналіз електрокардіограми характеризується суб'єктивністю та обмеженою чутливістю до прихованих і атипових патернів, що зумовлює пошук нових аналітичних підходів на основі штучного інтелекту.

Мета. Узагальнити та систематизувати сучасні наукові дані щодо можливостей застосування методів машинного навчання для аналізу сигналів електрокардіограми з метою прогнозування та ранньої діагностики інфаркту міокарда, навести конкретні приклади клінічного застосування штучного інтелекту в кардіології та визначити основні проблемні питання цього напряму.

Матеріали та методи. Здійснено пошук у базах PubMed, Scopus, Web of Science та Google Scholar, а також аналіз офіційних джерел ВООЗ, CDC та American Heart Association за 2021–2026 рр. за ключовими словами «machine learning», «deep learning», «electrocardiogram», «myocardial infarction», «artificial intelligence», «cardiovascular disease». До наративного огляду включено 46 джерел, що відповідали критеріям релевантності.

Результати. Показано, що моделі на основі згорткових мереж, ансамблевих методів та трансформерів дозволяють виявляти ознаки ішемії й інфаркту міокарда та низку інших станів серця (дисфункцію лівого шлуночка, гіпертрофію міокарда, фібриляцію передсердь) з точністю, що в ряді досліджень перевищує традиційний експертний аналіз. Перше проспективне рандомізоване дослідження підтвердило, що застосування алгоритму штучного інтелекту для аналізу електрокардіограми у клінічній практиці асоціюється зі зниженням загальної смертності. Разом з тим окреслено ряд невирішених питань, пов'язаних з обмеженою узагальнюваністю моделей на нові популяції пацієнтів, дефіцитом проспективних валідаційних досліджень, недостатньою прозорістю алгоритмів та відсутністю уніфікованих підходів до їх впровадження.

Висновки. Машинне навчання є перспективним інструментом підвищення точності прогнозування інфаркту міокарда та інших серцево-судинних станів за даними електрокардіограми, проте широке клінічне впровадження таких моделей потребує стандартизації методології досліджень, подальшої проспективної валідації та розробки прозорих алгоритмів.

Ключові слова: штучний інтелект; глибоке навчання; згорткові нейронні мережі; трансформерні моделі; пояснюваний штучний інтелект; гострий коронарний синдром; дисфункція лівого шлуночка.

ВСТУП

Серцево-судинні захворювання залишаються провідною причиною смертності дорослого населення у більшості країн світу. За оцінками Всесвітньої організації охорони здоров'я, серцево-судинні захворювання щороку спричиняють мільйони смертей, посідаючи перше місце серед причин смертності у світі [3]. Дані Centers for Disease Control and Prevention (CDC) підтверджують провідну роль ішемічної хвороби серця у структурі смертності населення США [4], а за прогнозами American Heart Association, до 2050 року серцево-судинні захворювання та інсульт можуть уражати щонайменше 60% дорослого населення США [5]. Систематичний аналіз глобальної поширеності інфаркту міокарда (ІМ) свідчить про стійке зростання абсолютної кількості випадків захворювання протягом останніх десятиліть, що зумовлено як старінням населення, так і поширенням факторів серцево-

 Creative Commons «Attribution» 4.0

судинного ризику [6]. Для України ця проблема є ще більш актуальною: за даними дослідження Global Burden of Disease (2019), серцево-судинні захворювання є причиною 64,3% усіх смертей в Україні (Центр громадського здоров'я МОЗ України) [46], а захворюваність на хвороби системи кровообігу демонструє тенденцію до зростання, особливо у 2021-2023 рр. (Hutor T.H. та співавт., 2025) [42]. Це визначає надзвичайну актуальність удосконалення методів ранньої діагностики та прогнозування ризику ІМ.

Електрокардіографія (ЕКГ) залишається одним із найбільш доступних, неінвазивних та економічно ефективних методів первинної діагностики гострої коронарної патології [7]. Водночас традиційна інтерпретація ЕКГ лікарем має певні обмеження, пов'язані із суб'єктивністю оцінки, варіабельністю кваліфікації спеціалістів та складністю виявлення прихованих, атипових або малоспецифічних електрокардіографічних патернів, які можуть передувати розвитку інфаркту міокарда. Протягом останнього століття електрокардіографія пройшла шлях від механічного реєструвального методу до цифрового джерела даних, придатного для поглибленого комп'ютерного аналізу [8].

Сучасні клінічні настанови з ведення пацієнтів із болем у грудній клітці [1] та клапанними вадами серця [2] підкреслюють важливість своєчасної, точної та відтворюваної інструментальної діагностики, що створює підґрунтя для інтеграції алгоритмів штучного інтелекту (ШІ) в існуючі діагностичні алгоритми. Стрімкий розвиток методів машинного навчання (МН) та глибокого навчання (ГН) відкрив нові можливості для автоматизованого аналізу ЕКГ-сигналів: сучасні огляди свідчать, що алгоритми на основі згорткових нейронних мереж, ансамблевих методів і трансформерних архітектур здатні виявляти в ЕКГ-сигналі складні нелінійні закономірності, недоступні для класичного візуального аналізу, та використовувати їх не лише для діагностики, а й для персоналізованого прогнозування розвитку серцево-судинних подій [10, 13]. Огляд Lopez-Jimenez et al. (2020), опублікований у Mayo Clinic Proceedings, засвідчує, що аналіз ЕКГ, поряд із методами медичної візуалізації, належить до напрямів кардіології, у яких застосування ШІ вже демонструє клінічно значущі результати [27]. Порівняно з традиційним аналізом методи машинного навчання здатні обробляти великі масиви ЕКГ-даних, забезпечувати цілодобовий моніторинг та виявляти приховані патерни, які можуть залишатися поза межами класичної електрокардіографічної семіотики. Водночас темпи зростання кількості відповідних публікацій випереджають формування уніфікованих методологічних стандартів, що й визначило мету цього огляду в контексті дисертаційного дослідження, присвяченого вдосконаленню прогнозування ризику інфаркту міокарда на основі аналізу аномалій електрокардіограм із використанням методів машинного навчання.

МЕТА

Узагальнити сучасні наукові публікації щодо можливостей, напрямів клінічного застосування, ефективності й обмежень методів машинного навчання для аналізу ЕКГ з метою прогнозування ризику та ранньої діагностики інфаркту міокарда.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Проведено наративний огляд наукової літератури з використанням баз даних PubMed, Scopus, Web of Science та Google Scholar, а також офіційних джерел ВООЗ, CDC, American Heart Association та Cleveland Clinic. Пошук здійснювався ітеративно за декількома тематичними блоками (епідеміологія серцево-судинних захворювань, методи глибокого навчання для аналізу ЕКГ, конкретні клінічні застосування, проблемні питання впровадження) з використанням ключових слів та їх комбінацій: «machine learning», «deep learning», «artificial intelligence», «electrocardiogram», «ECG», «myocardial infarction», «acute coronary syndrome», «cardiovascular disease», «risk prediction». Для кожного тематичного блоку здійснювався окремий цілеспрямований пошук з подальшим уточненням запитів на основі результатів попередніх ітерацій. Хронологічні межі пошуку охоплювали переважно публікації 2021–2026 рр., що дозволило врахувати найновіші тенденції розвитку галузі, включно з клінічними настановами та епідеміологічними даними.

Критеріями включення були: повнотекстова публікація, англомовне або українське видання за наявності суттєвого локального контексту, безпосередній стосунок до застосування МН чи ГН для аналізу ЕКГ у контексті діагностики, прогнозування чи оцінки серцево-судинного ризику, а також суміжні бібліометричні дослідження й клінічні настанови. Первинний відбір здійснювався за назвами та анотаціями публікацій; джерела, що потенційно відповідали критеріям релевантності, надалі оцінювалися за повним текстом. Критеріями виключення на цьому етапі слугували дублювання даних, відсутність повнотекстового доступу, невідповідність тематиці огляду за результатами ознайомлення з

повним текстом, а також матеріали конференцій без подальшої повнотекстової публікації. Через ітеративний, а не одноетапний характер пошуку (див. вище) точна кількість джерел, розглянутих на кожному з проміжних етапів відбору, окремо не фіксувалася; за результатами застосування описаних критеріїв до аналізу увійшло 46 літературних джерел, зміст яких було систематизовано за тематичними напрямами: епідеміологія серцево-судинних захворювань, еволюція методів аналізу ЕКГ, моделі глибокого навчання для виявлення ІМ, мультимодальні та ансамблеві підходи, прогностична цінність МН, пояснюваний штучний інтелект, конкретні приклади клінічного застосування ШІ в кардіології, бібліометричні тенденції досліджень та проблемні питання впровадження.

РЕЗУЛЬТАТИ

Епідеміологічний контекст проблеми. Дані ВООЗ, CDC та American Heart Association одностайно свідчать про зростаючий тягар серцево-судинних захворювань і, зокрема, інфаркту міокарда для систем охорони здоров'я в усьому світі [3-5]. Метааналітичні дані підтверджують значну та зростаючу глобальну поширеність інфаркту міокарда [6], що зумовлює високий соціально-економічний тягар цього захворювання та потребу в удосконаленні інструментів його прогнозування на догоспітальному й ранньому госпітальному етапах.

Еволюція методів аналізу ЕКГ. Електрокардіографія залишається базовим методом функціональної діагностики серця [7], історичний аналіз розвитку якого демонструє поступовий перехід від суто описової інтерпретації сигналу лікарем до цифрової обробки та автоматизованого аналізу [8]. Сучасні огляди застосування глибокого навчання для персоналізованої інтерпретації електрокардіографічних даних підкреслюють, що інтеграція штучного інтелекту в рутинну кардіологічну діагностику суттєво розширює діагностичні можливості методу порівняно з класичним підходом [10].

Моделі глибокого навчання для виявлення інфаркту міокарда. Застосування глибоких нейромережевих моделей до аналізу ЕКГ дозволяє автоматично виявляти ознаки інфаркту міокарда з високою точністю. Переважно використовуються згорткові мережі (CNN), що аналізують необроблений сигнал ЕКГ без ручного виділення ознак, самостійно виявляючи патерни, недоступні класичному аналізу сегментів ST, зубця Q чи інверсії T. Техніка Grad-CAM пояснює, на яких ділянках сигналу ґрунтується рішення алгоритму, підвищуючи довіру клініцистів (рис. 1) [13]. Дослідження великих когорт демонструють, що ШІ-аналіз 12-канальної ЕКГ виявляє структурні й електричні порушення серця навіть за відсутності класичних ознак ішемії [17]. П'ятирічний огляд підтверджує, що згорткові та резидуальні мережі демонструють найкращі результати розпізнавання ІМ [28], а дослідження на понад двох мільйонах ЕКГ показало високу точність автоматичної інтерпретації 12-канальної ЕКГ [29]. Багатоцентрові дослідження підтверджують здатність мультимодальних моделей узагальнювати виявлення ІМ на незалежні популяції [30], хоча огляд моделей на зображеннях ЕКГ вказує на методологічну гетерогенність [38]. Окремі дослідження демонструють ефективність моделей і для класифікації типів ІМ (STEMI, NSTEMI) [37].

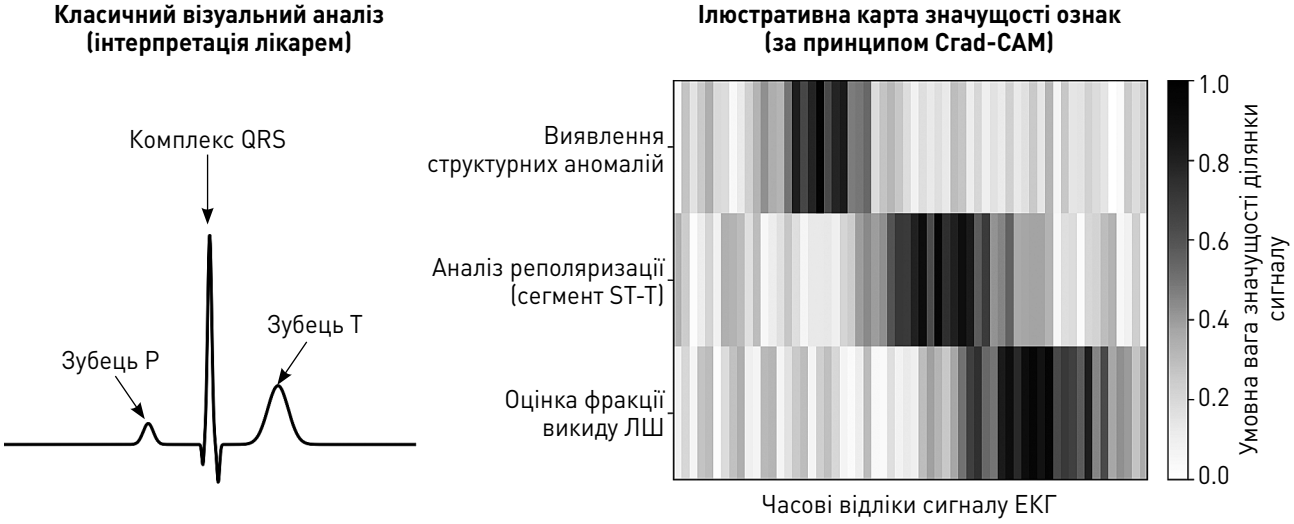


Рис. 1. Класичний аналіз ЕКГ та підхід глибокого навчання з візуалізацією значущості ознак (Grad-CAM)

Creative Commons «Attribution» 4.0

Ансамблеві та мультимодальні підходи. Окремий напрям досліджень присвячено ансамблевому навчанню та поєднанню ЕКГ-даних з іншими джерелами кардіологічної інформації. Ансамблеві моделі аналізу міокардіальних зміщень за даними ехокардіографії демонструють високу ефективність у виявленні ІМ [11], а комбіновані підходи на основі ШІ дозволяють одночасно виявляти порушення регіонарної скоротливості міокарда та оцінювати функцію серця [14]. Такі рішення розглядаються як перспективний напрям підвищення точності порівняно з аналізом лише одного сигналу.

Прогностична цінність машинного навчання при гострому інфаркті міокарда. Окрім діагностики, методи машинного навчання застосовуються для прогнозування перебігу захворювання та ризику несприятливих наслідків у пацієнтів із гострим ІМ. Дані свідчать про додаткову прогностичну цінність моделей МН порівняно з традиційними клінічними шкалами ризику [12], а окремі дослідження демонструють потенціал ШІ для прогнозування смертності при гострих коронарних синдромах [18].

Пояснюваний штучний інтелект та трансформерні архітектури. Проблема «чорної скрині» залишається одним із головних обмежень клінічного впровадження глибоких нейромережевих моделей. У відповідь на це розвиваються підходи пояснюваного штучного інтелекту (explainable AI), що поєднують точність трансформерних архітектур із можливістю клінічної інтерпретації результатів. Розроблені інтерпретовані трансформерні моделі для аналізу ЕКГ демонструють спробу узгодити клінічні знання лікаря з логікою алгоритму [9], наближуючи висновки до зрозумілого клініцисту формату [9, 13, 20].

Бібліометричні тенденції досліджень. Бібліометричний аналіз наукової продукції за півстоліття досліджень із застосування машинного навчання у сфері судинної патології свідчить про експоненційне зростання кількості публікацій в останнє десятиліття [16]. Аналогічна тенденція простежується і для проблематики застосування штучного інтелекту в охороні здоров'я загалом за останні 30 років [19], а також безпосередньо для напряму машинного навчання в діагностиці інфаркту міокарда [21], що підтверджує високу актуальність і динамічний розвиток цієї галузі досліджень. Подібне зростання наукового інтересу зафіксовано і в суміжній галузі – застосуванні машинного навчання для дослідження кардіоміопатій та серцевої недостатності, де бібліометричний аналіз публікацій за 2005-2024 рр. також демонструє стабільну тенденцію до зростання [34]. Узагальнене співвідношення реалізованих напрямів, проблем і перспектив подальших досліджень наведено на рисунку 2.

Інтеграція ЕКГ-аналізу з іншими скринінговими методами. Перспективним напрямом є поєднання алгоритмів аналізу ЕКГ на основі ШІ з методами прикроватної ехокардіографічної діагностики для скринінгу структурної патології серця, що підвищує ефективність виявлення осіб групи ризику на первинній ланці [22]. Якість ехокардіографічного зображення залишається важливим фактором достовірності

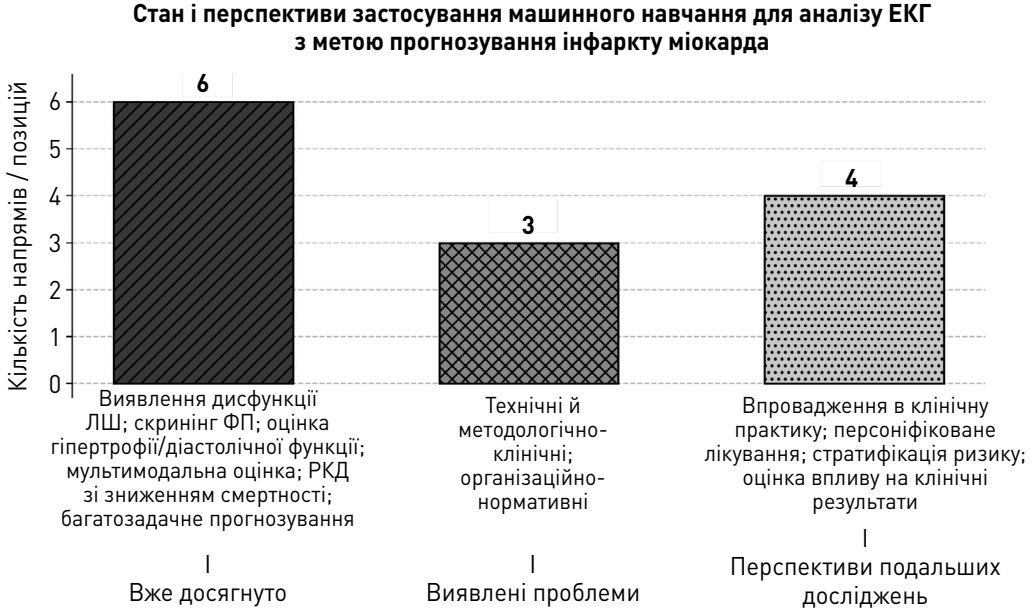


Рис. 2. Застосування МН для аналізу ЕКГ у прогнозуванні ІМ: досягнення, проблеми, перспективи

автоматизованого аналізу, для оцінки якого розроблено валідовані шкали [24].

Конкретні приклади застосування штучного інтелекту в кардіологічній практиці. Накопичені дані демонструють, що спектр застосування ШІ-аналізу ЕКГ значно ширший за виявлення інфаркту міокарда. Огляд Siontis et al. (2021) узагальнює ключові напрями ШІ-асистованої електрокардіографії, розглянуті нижче [23].

Виявлення дисфункції лівого шлуночка та зниженої фракції викиду. Одним із найбільш значущих напрямів, за Siontis et al. (2021) [23], є скринінгове виявлення безсимптомної систолічної дисфункції ЛШ за звичайною ЕКГ – методом, що традиційно вважався непридатним для оцінки насосної функції серця. Це дозволяє виявляти пацієнтів групи ризику до появи клінічних проявів.

Скринінг фібриляції передсердь та порушень ритму. Іншим напрямом є виявлення фібриляції передсердь навіть за ЕКГ синусового ритму – модель розпізнає непрямі «відбитки» схильності до аритмії [23]. Xiao et al. (2023) підтверджують ефективність таких моделей для ширшого спектра аритмій [20]. Fiorina et al. (2024) для смарт-годинників демонструють точність виявлення передсердних аритмій, вищу за вбудовані алгоритми пристроїв [31].

Оцінка структурних змін міокарда: гіпертрофія та діастолічна дисфункція. Lee et al. (2024) показали, що звичайна ЕКГ з алгоритмом глибокого навчання дозволяє непрямо оцінити діастолічну функцію серця та внутрішньосерцевий тиск – показники, для яких зазвичай потрібна ехокардіографія чи катетеризація [25]. Схожим чином Yang et al. (2026) навчили модель розпізнавати за ЕКГ ознаки гіпертрофії міокарда та пов'язувати їх із подальшим прогнозом [26].

Мультимодальна оцінка структурної патології серця. Alexandrino et al. (2025/2026) поєднують ШІ-аналіз ЕКГ з прикроватною ехокардіографією як скринінговий інструмент структурної патології серця на первинній ланці [22]. Точність такого аналізу залежить від якості зображення, для чого Gaspari et al. (2021) розробили валідовані шкали, актуальні під час реанімації [24].

Клінічний доказ ефективності: перше рандомізоване дослідження. Найпереконливішим аргументом на користь клінічної цінності ШІ-ЕКГ стало дослідження Lin C.S. et al. (2024): після впровадження автоматичних сповіщень на основі алгоритму пацієнти мали нижчу загальну смертність, ніж за звичайного ведення [15]. Саме такі докази реальної користі потрібні для входження ШІ-ЕКГ у клінічні настанови, як-от Gulati et al. (2021) [1] чи Vahanian et al. (2022) [2].

Багатозадачне прогнозування декількох серцево-судинних подій одночасно. Новітнім напрямом є багатозадачні моделі, що за однією ЕКГ прогнозують ризик ІМ, серцевої недостатності, інсульту й смертності. Модель ECG-MACE (Lin C.H. et al., 2025) на понад двох мільйонах ЕКГ показала вищу ефективність за Фремінгемську шкалу [35]. Модель EIANet (Lu et al., 2025) прогнозує ризик зупинки серця за серійними ЕКГ у відділенні екстреної допомоги [32].

Узагальнені результати ефективності моделей. Попри методологічну різнорідність, простежується спільна тенденція: моделі МН та ГН для виявлення ІМ часто демонструють точність, порівнянну або вищу за досвідченого кардіолога, особливо для прихованих форм патології [13, 17, 23]. Показники ефективності варіюють залежно від дизайну дослідження та наявності зовнішньої валідації.

Для узагальненого порівняння основних типів моделей, джерел даних, клінічних задач, переваг, обмежень та рівня клінічної валідації розглянутих досліджень наведено таблицю 1.

Проблемні питання застосування машинного навчання для аналізу ЕКГ. Аналіз опрацьованих джерел дозволив виокремити низку проблемних питань, які стримують широке клінічне впровадження розглянутих технологій. Ці питання доцільно систематизувати за трьома основними групами: технічні й методологічні, клінічні, а також організаційно-нормативні.

Технічні та методологічні проблеми. Більшість моделей розроблено на обмежених, ретроспективних даних кількох центрів, що ускладнює оцінку узагальнюваності на різні популяції [12, 17]. Ризик «перенавчання» завищує точність при внутрішній валідації, а відсутність єдиних стандартів звітування ускладнює порівняння моделей [16, 19, 21]. Дослідження щодо серцевої недостатності виявили зниження точності в окремих підгрупах [33].

Клінічні проблеми. Залишається актуальною проблема інтерпретованості («чорної скрині») моделей, для якої недавно почали розроблятися методи пояснюваного ШІ [9, 13, 20]. Попри перше РКД з доказами клінічної користі [15], кількість подібних досліджень обмежена. Окремої уваги потребує ризик надмірної довіри клініцистів до автоматизованих висновків.

Організаційно-нормативні проблеми. До цієї групи належать: узгодження ШІ з клінічними настановами [1, 2]; відсутність уніфікованих

 Creative Commons «Attribution» 4.0

Таблиця 1. Порівняльна характеристика репрезентативних досліджень із застосування машинного навчання для аналізу ЕКГ

Тип моделі	Джерело даних	Клінічна задача	Переваги	Обмеження	Рівень валідації	Дж.
CNN	12-канальна ЕКГ (>2 млн)	Автоматична інтерпретація ЕКГ	Висока точність на великій вибірці	Ретроспективні дані одного реєстру	Внутрішня валідація	[29]
CNN + Grad-CAM	12-канальна ЕКГ	Виявлення ІМ з поясненням рішення	Точність + інтерпретованість	Публічні датасети, обмежена генералізованість	Ретроспективна	[13]
Ансамблева модель	Ехокардіографія	Виявлення ІМ за зміщеннями міокарда	Мультимодальна інтеграція даних	Невелика вибірка пацієнтів	Ретроспективна	[11]
Огляд моделей ГН	12-канальна ЕКГ	Скринінг дисфункції ЛШ, ФП, ГКМП	Широкий клінічний спектр застосувань	Оглядовий рівень доказовості	Змішаний (за первинними джерелами)	[23]
Алгоритм сповіщень ШІ-ЕКГ	12-канальна ЕКГ	Зниження смертності (втручання)	Перший доказ реальної клінічної користі	Одна система охорони здоров'я	Проспективне РКД	[15]
Модель ГН	12-канальна ЕКГ	Оцінка діастолічної функції/тиску наповнення	Неінвазивна альтернатива ЕхоКГ	Непрямий сурогатний показник	Ретроспективна	[25]
Алгоритм ШІ	Одноканальна ЕКГ (смарт-годинник)	Виявлення фібриляції передсердь	Позагоспітальний скринінг	Обмежена якість одноканального сигналу	Проспективна (реальна практика)	[31]
Багатозадачна модель (ECG-MACE)	12-канальна ЕКГ (>2 млн)	Прогноз ІМ, СН, інсульту, смертності	Перевершує Фремінгемську шкалу	Потребує зовнішньої валідації	Ретроспективна	[35]
ШІ-ЕКГ + POCUS	ЕКГ + ультразвук	Скринінг структурної патології серця	Мультимодальний інструмент первинної ланки	Стадія proof-of-concept	Пілотне дослідження	[22]
Фармако-економічний аналіз	Дані РКД (ЕКГ-скринінг)	Оцінка економічної ефективності	Демонструє економічну доцільність	Вторинний аналіз одного дослідження	Вторинний аналіз РКД	[45]

вимог до сертифікації медичних ШІ-продуктів; додаткове навантаження на персонал через сповіщення; питання кібербезпеки й захисту даних; нез'ясованість правової відповідальності за рішення ШІ.

ОБГОВОРЕННЯ

Отримані результати узгоджуються з висновками систематичних оглядів, присвячених застосуванню методів глибокого навчання для аналізу ЕКГ-даних [39, 40, 41]. У вітчизняному науковому контексті вже сформовано певний доробок у цьому напрямі: розроблено комплекс обробки ЕКГ для діагностики STEMI (Тащук В.К. та співавт., 2023) [36], досліджено можливості прогнозування ризику ІМ за текстами медичних висновків (Праздникова М.О., 2024) [43], а також прогнозування ехокардіографічних параметрів за даними ЕКГ у військовослужбовців (Popov A. та співавт., 2025) [44]. Загалом застосування методів машинного навчання відкриває нові можливості для прогнозування ІМ [11, 12, 14, 23], а перші клінічні дослідження та впровадження [23, 25, 26] свідчать про поступовий вихід технології за межі суто дослідницького етапу.

Окремої уваги заслуговує економічний аспект впровадження таких технологій: розробка та інтеграція систем ШІ в госпітальні інформаційні системи потребують значних ресурсів та інвестицій. Аналіз Thao et al. (2024, Mayo Clinic) продемонстрував економічну ефективність цільового скринінгу зниженої фракції викиду лівого шлуночка за даними ЕКГ із використанням

ШІ [45], що є перспективним прецедентом, хоча економічні дані щодо застосування аналогічних підходів для скринінгу ІМ наразі залишаються обмеженими.

Широке впровадження цих технологій стримується низкою обмежень, розглянутих вище. Зокрема, дослідження, у якому продемонстровано зниження смертності [15], наразі залишається поодиноким на тлі переважання ретроспективних досліджень. Водночас недостатня стандартизація методологічних підходів [16, 19, 21] та необхідність узгодження алгоритмів ШІ з чинними клінічними настановами [1, 2] залишаються ключовими викликами для їх широкого клінічного впровадження.

У контексті дисертаційного дослідження, присвяченого вдосконаленню прогнозування ризику інфаркту міокарда на основі аналізу аномалій ЕКГ, наведені дані обґрунтовують доцільність розроблення моделі машинного навчання, яка поєднувала б високу прогностичну точність із прийнятним рівнем інтерпретованості та враховувала зазначені технічні, клінічні й організаційно-нормативні аспекти вже на етапі проєктування дослідження.

ВИСНОВКИ

1. Застосування методів машинного та глибокого навчання для аналізу електрокардіограми є новим підходом, який дозволяє отримувати важливу діагностичну інформацію з метою підвищення точності прогнозування та ранньої діагностики стану серцево-судинної системи; цей напрям активно розвивається на сучасному етапі й уже демонструє обнадійливі результати в клінічній практиці, проте його широке впровадження потребує подальших проспективних багатоцентрових досліджень, стандартизації методології розробки моделей і зовнішньої валідації на незалежних вибірках пацієнтів, а також узгодженого вирішення супутніх технічних, клінічних та організаційно-нормативних питань.

2. Найбільш ефективними виявились ансамблеві, згорткові та трансформерні моделі, а також мультимодальні підходи, що поєднують аналіз ЕКГ з даними ехокардіографії; конкретні напрями застосування охоплюють скринінг дисфункції ЛШ, фібриляції передсердь, гіпертрофії міокарда та оцінку діастолічної функції.

3. Перше прагматичне рандомізоване клінічне дослідження підтвердило зв'язок впровадження алгоритму штучного інтелекту для аналізу електрокардіограми зі зниженням загальної смертності, що є важливим доказом реальної клінічної ефективності таких технологій.

4. Основними проблемними питаннями залишаються обмежена генералізованість моделей, недостатня інтерпретованість алгоритмів, нестача проспективних досліджень та відсутність єдиних стандартів впровадження й регулювання.

Пристатейні розділи

Перспективи подальших досліджень. Подальші дослідження доцільно спрямувати на впровадження алгоритмів ШІ в реальну клінічну практику для прогнозування ризику ІМ та персоніфікованого лікування пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями, з урахуванням індивідуальних клініко-електрокардіографічних особливостей. Окремого значення набуває проведення проспективних досліджень зі стратифікації ризику несприятливих подій на основі моделей МН та оцінки їх впливу на реальні клінічні результати, а не лише на діагностичну точність. Це визначає науковий контекст подальшого дисертаційного дослідження.

Обмеження дослідження. Дослідження має низку обмежень. До нього були включені лише чоловіки-комбатанти, які проходили стаціонарне лікування, що може обмежувати можливість узагальнення отриманих результатів на жінок-військовослужбовців, ветеранів, амбулаторних пацієнтів та інші групи осіб із ПТСР. Дослідження проводилося в одному клінічному закладі. Когнітивні функції оцінювали переважно за допомогою скринінгових нейропсихологічних методик, без застосування розширеної нейропсихологічної батареї. Крім того, дизайн дослідження не дозволяє встановити причинно-наслідковий зв'язок між розладами вживання алкоголю та когнітивними порушеннями. На результати також могли впливати потенційні змішувальні чинники, зокрема перенесені черепно-мозкові травми, тривалість і тяжкість ПТСР та розладів вживання алкоголю, медикаментозна терапія, порушення сну, а також супутні психічні й соматичні захворювання, які не були повною мірою враховані в аналізі.

Первинні дані та матеріали. Первинні дані, отримані та проаналізовані в межах дослідження, включають деперсоніфіковані клінічні дані пацієнтів, результати психометричного та когнітивного обстеження, а також кількісні дані, використані для статистичного аналізу. Первинні матеріали сформовані на основі медичної документації пацієнтів та результатів тестування за CAGE, AUDIT, MAST, CIWA-Ar, MMSE, MoCA, SAGE, тестом малювання годинника та тестом запам'ятовування 10 слів. Первинні матеріали дослідження та сформовані набори даних зберігаються автором і можуть бути надані за обґрунтованим запитом із дотриманням етичних вимог та конфіденційності даних пацієнтів.

Етика дослідження. Дане дослідження відповідає принципам Гельсінкської декларації. Це літературний огляд, що ґрунтується виключно на аналізі опублікованих наукових джерел і не передбачає залучення людей або тварин, тому не потребувало розгляду комітетом з біоетики.

Creative Commons «Attribution» 4.0

Використання штучного інтелекту. Генеративний штучний інтелект не використовувався для створення наукового змісту, аналізу даних або формування висновків. Інструмент (Claude, Anthropic, використаний у липні 2026) був використаний лише для мовностилістичного редагування. Остаточна відповідальність за зміст рукопису належить авторам .

Фінансування. Робота виконана за рахунок державного фінансування в рамках комплексної науково-дослідної роботи «Удосконалення стратегії персоніфікованого лікування та реабілітації хворих із серцево-судинними захворюваннями та розладами нервової системи» наукового відділу внутрішньої медицини Державної наукової установи «Центр інноваційних технологій охорони здоров'я» Державного управління справами» (Державний реєстраційний номер: 0125U000319. Термін виконання 2025-2029).

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Внесок авторів (CRediT taxonomy)

*Ольга А.Стельмах A, B, D, E ORCID: 0000-0003-0333-2126
Анатолій М. Кравченко B, C, D, F ORCID: 0000-0001-6863-0197

***Corresponding author: goldstelmakh@gmail.com**

ЛІТЕРАТУРА

1. Gulati, M., Levy, P. D., et al. (2021). 2021 AHA/ACC/ASE/CHEST/SAEM/SCCT/SCMR Guideline for the Evaluation and Diagnosis of Chest Pain: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. Journal of the American College of Cardiology, 78(22), e187–e285. https://doi.org/10.1016/j.jacc.2021.07.053
2. Vahanian, A., Beyersdorf, F., Praz, F., Milojevic, M., Baldus, S., Bauersachs, J., et al. (2022). 2021 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease. Revista Española de Cardiología (English Edition), 75(6), 524. https://doi.org/10.1016/j.rec.2022.05.006
3. World Health Organization. (2025). Cardiovascular diseases (CVDs). https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds)
4. Centers for Disease Control and Prevention. (2025). Heart disease facts. https://www.cdc.gov/heart-disease/data-research/facts-stats/index.html
5. American Heart Association News. (2024). Heart disease and stroke could affect at least 60% of adults in U.S. by 2050. https://www.heart.org/en/news/2024/06/04/heart-disease-and-stroke-could-affect-at-least-60-percent-of-adults-in-us-by-2050
6. Salari, N., Morddarvanjoghi, F., Abdolmaleki, A., Rasoulpoor, S., Khaleghi, A. A., Hezarkhani, L. A., et al. (2023). The global prevalence of myocardial infarction: a systematic review and meta-analysis. BMC Cardiovascular Disorders, 23, 206. https://doi.org/10.1186/s12872-023-03231-w
7. Cleveland Clinic. (2025). Electrocardiogram (EKG or ECG): Test & results. https://my.clevelandclinic.org/health/diagnostics/16953-electrocardiogram-ekg
8. Friedman, P. A. (2024). The electrocardiogram at 100 years: history and future. Circulation, 149(6), 411–413. https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.123.065489
9. Yisimitila, T., Wang, C., Hou, M., Maimaitiniyazi, M., Aili, Z., Liu, T., Tan, H., Chellamani, N., Shanmuganathan, M., Liu, M., & Nijiati, M. (2025). Bridging clinical knowledge and AI: an interpretable transformer framework for ECG diagnosis. npj Digital Medicine, 9(1), 41. https://doi.org/10.1038/s41746-025-02215-8
10. Ding, C., Yao, T., Wu, C., & Ni, J. (2024). Deep learning for personalized electrocardiogram diagnosis: A review. arXiv:2409.07975. https://arxiv.org/abs/2409.07975
11. Nguyen, T., Nguyen, P., Tran, D., Pham, H., Nguyen, Q., Le, T., et al. (2023). Ensemble learning of myocardial displacements for myocardial infarction detection in echocardiography. Frontiers in Cardiovascular Medicine, 10, 1185172. https://doi.org/10.3389/fcvm.2023.1185172
12. Xiao, C., Guo, Y., Zhao, K., Liu, S., He, N., He, Y., et al. (2022). Prognostic value of machine learning in patients with acute myocardial infarction. Journal of Cardiovascular Development and Disease, 9, 56. https://doi.org/10.3390/jcdd9020056
13. Jahmunah, V., Ng, E. Y. K., Tan, R. S., Oh, S. L., & Acharya, U. R. (2022). Explainable detection of myocardial infarction using deep learning models with Grad-CAM technique on ECG signals. Computers in Biology and Medicine, 146, 105550. https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2022.105550
14. Lin, X., Yang, F., Chen, Y., Chen, X., Wang, W., Chen, X., et al. (2022). Echocardiography-based AI detection of regional wall motion abnormalities and quantification of cardiac function in myocardial infarction. Frontiers in Cardiovascular Medicine, 9, 903660. https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.903660

15. Lin, C. S., Liu, W. T., Tsai, D. J., et al. (2024). AI-enabled electrocardiography alert intervention and all-cause mortality: a pragmatic randomized clinical trial. Nature Medicine, 30, 1461–1470. https://doi.org/10.1038/s41591-024-02961-4
16. Che Nawi, C., Mohd Hairon, S., Wan Yahya, W. N. N., Wan Zaidi, W. A., Hassan, M. R., & Musa, K. I. (2023). Machine learning application: a bibliometric analysis from a half-century of research on stroke. Cureus, 15, e44142. https://doi.org/10.7759/cureus.44142
17. Attia, Z. I., Harmon, D. M., Behr, E. R., & Friedman, P. A. (2021). Application of artificial intelligence to the electrocardiogram. European Heart Journal, 42(46), 4717–4730. https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab649
18. Attia, Z. I., & Friedman, P. A. (2025). Artificial intelligence and mortality prediction in acute coronary syndromes. European Heart Journal, 46(10), 955–957. https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehae475
19. Xie, Y., Zhai, Y., & Lu, G. (2025). Evolution of artificial intelligence in healthcare: a 30-year bibliometric study. Frontiers in Medicine, 11, 1505692. https://doi.org/10.3389/fmed.2024.1505692
20. Xiao, Q., Lee, K., Mokhtar, S. A., Ismail, I., Pauzi, A. L. b. M., Zhang, Q., & Lim, P. Y. (2023). Deep learning-based ECG arrhythmia classification: a systematic review. Applied Sciences, 13, 4964. https://doi.org/10.3390/app13084964
21. Fang, Y., Wu, Y., & Gao, L. (2025). Machine learning-based myocardial infarction bibliometric analysis. Frontiers in Medicine, 12, 1477351. https://doi.org/10.3389/fmed.2025.1477351
22. Alexandrino, F. B., et al. (2025). Integrating AI-ECG and point-of-care cardiac ultrasound for screening structural heart disease: a proof-of-concept study. medRxiv. https://doi.org/10.1101/2025.04.24.25326391
23. Siontis, K. C., Noseworthy, P. A., Attia, Z. I., & Friedman, P. A. (2021). Artificial intelligence-enhanced electrocardiography in cardiovascular disease management. Nature Reviews Cardiology, 18(7), 465–478. https://doi.org/10.1038/s41569-020-00503-2
24. Gaspari, R., Teran, F., Kamilaris, A., & Gleeson, T. (2021). Development and validation of a novel image quality rating scale for echocardiography during cardiac arrest. Resuscitation Plus, 6, 100097. https://doi.org/10.1016/j.resplu.2021.100097
25. Lee, E., Ito, S., Miranda, W. R., et al. (2024). Artificial intelligence-enabled ECG for left ventricular diastolic function and filling pressure. npj Digital Medicine, 7, 4. https://doi.org/10.1038/s41746-023-00993-7
26. Yang, Z. Y., Hsing, S. C., Tsai, D. J., et al. (2026). Deep learning-enabled ECG system for detecting left ventricular hypertrophy and predicting cardiovascular prognoses. BioData Mining, 19, 25. https://doi.org/10.1186/s13040-026-00536-2
27. Lopez-Jimenez, F., Attia, Z., Arruda-Olson, A. M., Carter, R., Chareonthaitawee, P., Jouni, H., Kapa, S., Lerman, A., Luong, C., Medina-Inojosa, J. R., Noseworthy, P. A., Pellikka, P. A., Redfield, M. M., Roger, V. L., Sandhu, G. S., Senecal, C., & Friedman, P. A. (2020). Artificial Intelligence in Cardiology: Present and Future. Mayo Clinic Proceedings, 95(5), 1015–1039. https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2020.01.038
28. Xiong, P., Lee, S. M.-Y., & Chan, G. (2022). Deep Learning for Detecting and Locating Myocardial Infarction by Electrocardiogram: A Literature Review. Frontiers in Cardiovascular Medicine, 9, 860032. https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.860032
29. Ribeiro, A. H., Ribeiro, M. H., Paixão, G. M. M., Oliveira, D. M., Gomes, P. R., Canazart, J. A., et al. (2020). Automatic diagnosis of the 12-lead ECG using a deep neural network. Nature Communications, 11, 1760. https://doi.org/10.1038/s41467-020-15432-4
30. Gupta, V., Hilgendorf, L., Andersson, E., Louca, A., Shahmari, A., Hjalmarsson, A., Saini, R., Pirazzi, C., Alchay, M., & Rawshani, A. (2025). Multimodal deep learning for acute myocardial infarction detection from 12-lead electrocardiogram: a multi-centre study with cross-hospital validation. European Heart Journal - Digital Health, 7(2), ztaf125. https://doi.org/10.1093/ehjdh/ztaf125
31. Fiorina, L., Chemaly, P., Cellier, J., Ait Said, M., Coquard, C., Younsi, S., Salerno, F., Horvilleur, J., Lacotte, J., Manenti, V., Plesse, A., Henry, C., & Lefebvre, B. (2024). Artificial intelligence-based electrocardiogram analysis improves atrial arrhythmia detection from a smartwatch electrocardiogram. European Heart Journal - Digital Health, 5(5), 535–541. https://doi.org/10.1093/ehjdh/ztae047
32. Lu, S. C., Chen, G. Y., Liu, A. S., Sun, J. T., Gao, J. W., Huang, C. H., Tsai, C. L., & Fu, L. C. (2025). Deep Learning-Based Electrocardiogram Model (EIANet) to Predict Emergency Department Cardiac Arrest: Development and External Validation Study. Journal of Medical Internet Research, 27, e67576. https://doi.org/10.2196/67576
33. Kaur, D., Hughes, J. W., Rogers, A. J., Kang, G., Narayan, S. M., Ashley, E. A., et al. (2024). Race, Sex, and Age Disparities in the Performance of ECG Deep Learning Models Predicting Heart Failure. Circulation: Heart Failure. https://doi.org/10.1161/CIRCHEARTFAILURE.123.010879
34. Akram, M. J., Nawaz, A., Yuxing, Y., Zhang, J., Haixin, H., Liu, L., Qian, X., & Tian, J. (2025). Machine learning based insights into cardiomyopathy and heart failure research: a bibliometric analysis from 2005 to 2024. Frontiers in Medicine, 12, 1602077. https://doi.org/10.3389/fmed.2025.1602077
35. Lin, C. H., Liu, Z. Y., Chu, P. H., Chen, J. S., Wu, H. H., Wen, M. S., Kuo, C. F., & Chang, T. Y. (2025). A multitask deep learning model utilizing electrocardiograms for major cardiovascular adverse events prediction. npj Digital Medicine, 8, 1. https://doi.org/10.1038/s41746-024-01410-3

 Creative Commons «Attribution» 4.0

36. Tashchuk, V. K., Malinevska-Biliichuk, O. V., Ivanchuk, P. R., & Polianska, O. S. (2023). ST-segment elevation myocardial infarction and the clinical significance of differentiated electrocardiogram. Zaporozhye Medical Journal, 25(3), 193–197. https://doi.org/10.14739/2310-1210.2023.3.267269
37. Latifoğlu, F., Zhusupova, A., İnce, M., Ertürk, N. A., Özdet, B., İçer, S., Güven, A., Avşaroğulları, Ö. L., Keleşoğlu, Ş., & Kalay, N. (2024). Preliminary Study Based on Myocardial Infarction Classification of 12-Lead Electrocardiography Images with Deep Learning Methods. The European Journal of Research and Development, 4(1), 42–54. https://doi.org/10.56038/ejrnd.v4i1.421
38. Gutierrez-Garcia, J. O., Roman-Rangel, E., & Rendón-Mancha, J. M. (2026). Deep Learning for Myocardial Infarction Detection Using Electrocardiogram Images: A Systematic Review. Mathematics, 14(4), 613. https://doi.org/10.3390/math14040613
39. Musa, N., Gital, A. Y., Aljojo, N., Chiroma, H., Adewole, K. S., Mojeed, H. A., Faruk, N., Abdulkarim, A., Emmanuel, I., Folawiyo, Y. Y., et al. (2023). A systematic review and meta-data analysis on the applications of Deep Learning in Electrocardiogram. Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, 14, 9677–9750. https://doi.org/10.1007/s12652-022-03868-z
40. Elvas, L. B., Almeida, A., & Ferreira, J. C. (2025). The Role of AI in Cardiovascular Event Monitoring and Early Detection: Scoping Literature Review. JMIR Medical Informatics, 13, e64349. https://doi.org/10.2196/64349
41. Petmezas, G., Stefanopoulos, L., Kilintzis, V., Tzavelis, A., Rogers, J. A., Katsaggelos, A. K., & Maglaveras, N. (2022). State-of-the-art deep learning methods on electrocardiogram data: Systematic review. JMIR Medical Informatics, 10, e38454. https://doi.org/10.2196/38454
42. Hutor, T. H., Kolinkovskyi, O. M., Lafarenko, O.-R. V., Tyshko, L. O., Timchenko, N. F., & Omelyash, U. V. (2025). Epidemiology of cardiovascular diseases in Ukraine: general trends. Public Health Journal, (1), 77–84. https://doi.org/10.32782/pub.health.2025.1.11
43. Prazdnikova, M. O. (2024). Prognosis and risk assessment of myocardial infarction based on a set of medical report texts. Cybernetics and Computer Technologies, 3, 71–80. https://doi.org/10.34229/2707-451X (in Ukrainian)
44. Popov, A., Stasiuk, V., & Chaikovsky, I. (2025). Predictive Modeling of Echocardiographic Parameters Using Electrocardiogram Features via Machine Learning Methods as a Tool for Assessing of Functional Status of Military Personnel. In Proceedings of the 5th International Workshop of IT-Professionals on Artificial Intelligence (ProfIT AI 2025), 494–500. https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=ru&user=xL31bdMAAAAJ&sortby=pubdate&citation_for_view=xL31bdMAAAAJ:_OXeSy2IsFwC
45. Thao, V., Zhu, Y., Tseng, A. S., Inselman, J. W., Borah, B. J., McCoy, R. G., Attia, Z. I., Lopez-Jimenez, F., Pellikka, P. A., Rushlow, D. R., Friedman, P. A., Noseworthy, P. A., & Yao, X. (2024). Cost-Effectiveness of Artificial Intelligence-Enabled Electrocardiograms for Early Detection of Low Ejection Fraction: A Secondary Analysis of the Electrocardiogram Artificial Intelligence-Guided Screening for Low Ejection Fraction Trial. Mayo Clinic Proceedings: Digital Health, 2(4), 620–631. https://doi.org/10.1016/j.mcpdig.2024.10.001
46. Центр громадського здоров'я МОЗ України. (2021). Серцево-судинні захворювання — головна причина смерті українців. Висновки з дослідження Глобального тягаря хвороб у 2019 році. https://phc.org.ua/news/sercevo-sudinni-zakhvoryuvannya-golovna-prichina-smerti-ukrainciv-visnovki-z-doslidzhennya

POSSIBILITIES OF APPLYING MACHINE LEARNING FOR ELECTROCARDIOGRAM ANALYSIS TO PREDICT MYOCARDIAL INFARCTION

Olga A. Stelmakh, Anatolii M. Kravchenko

State Institution of Science "Center of Innovative Healthcare Technologies"
State Administrative Department, Kyiv, Ukraine

ABSTRACT

Introduction. Cardiovascular disease, including acute myocardial infarction, remains the leading cause of death worldwide, and early and accurate recognition of ischemic changes on electrocardiography is critical to the effectiveness of emergency care. Conventional visual interpretation of electrocardiograms is limited by subjectivity and reduced sensitivity to subtle or atypical patterns, prompting the development of novel analytical approaches based on artificial intelligence.

Aim. To summarize current evidence on the potential of machine learning methods for electrocardiogram signal analysis in the prediction and early diagnosis of myocardial infarction, provide specific examples of clinical applications of artificial intelligence in cardiology, and identify key unresolved issues in this field.

Materials and methods. A literature search was performed in PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar, supplemented by an analysis of official data from the World Health Organization, the Centers for Disease Control and Prevention, and the American Heart Association published between 2021 and 2026. The search used the keywords "machine learning," "deep learning," "electrocardiogram," "myocardial infarction," and "artificial intelligence." A total of 46 relevant sources were included in this narrative review.

Results. Convolutional neural network-, ensemble-, and transformer-based models have demonstrated the ability to detect electrocardiographic features of ischemia and myocardial infarction, as well as other cardiac abnormalities, including left ventricular dysfunction, myocardial hypertrophy, and atrial fibrillation. In several studies, their diagnostic performance exceeded that of conventional expert interpretation. The first pragmatic randomized clinical trial demonstrated that an artificial intelligence–based electrocardiogram alert intervention was associated with reduced all-cause mortality. Key unresolved issues include limited generalizability of models to new patient populations, a shortage of prospective validation studies, insufficient algorithmic interpretability, and the lack of standardized approaches to clinical implementation.

Conclusions. Machine learning represents a promising tool for improving the accuracy of electrocardiogram-based prediction and early detection of myocardial infarction. However, broad clinical implementation requires methodological standardization, further prospective validation, and the development of interpretable and clinically applicable algorithms.

Keywords: artificial intelligence; deep learning; convolutional neural networks; transformer models; explainable artificial intelligence; acute coronary syndrome; left ventricular dysfunction.

Received: June 05, 2026
Accepted: August 13, 2026
Published online: September 16, 2026

 Creative Commons «Attribution» 4.0

УДК: 616.127-005.8-092:576.36

DOI: https://doi.org/10.32345/USMYJ.3(164).2026.139-153

СУЧАСНА ПАРАДИГМА РЕГУЛЬОВАНОЇ КЛІТИННОЇ СМЕРТІ ПРИ ІШЕМІЇ МІОКАРДА: РОЛЬ МЕТАЛОЗАЛЕЖНИХ МЕХАНІЗМІВ, ДИСУЛЬФІДОПТОЗУ ТА ІМУНОГЕННОЇ ДЕСТРУКЦІЇ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ З ЕЛЕМЕНТАМИ СИСТЕМАТИЗОВАНОГО ПОШУКУ)

Максим М. Марцев[1], Софія Ю. Литвин[1], Вікторія А. Павлусенко[1], Анастасія О. Кирик[1], Анастасія С. Литовченко[1], Сергій А. Дзьоник[1], Тетяна В. Козицька[2]

1 – Вінницький національний медичний університет імені М. І. Пирогова, м. Вінниця, Україна
2 – Національний університет "Києво-Могилянська академія", м. Київ, Україна.

РЕЗЮМЕ

Вступ. Сучасні уявлення про патогенез інфаркту міокарда ґрунтуються на визнанні мультимодального характеру загибелі кардіоміоцитів, що виходять за межі класичної бінарної моделі «апоптоз–некроз».

Мета. Систематизувати та критично проаналізувати сучасні дані щодо молекулярних механізмів фероптозу, купроптозу, дисульфідоптозу, піроптозу та NET-асоційованих процесів у контексті ішемічно-реперфузійного ушкодження міокарда.

Матеріали та методи. Роботу виконано як огляд літератури з елементами систематизованого пошуку публікацій у базах PubMed, MEDLINE, Embase, Google Scholar, Scopus та Web of Science; пошук охоплював джерела, доступні станом на квітень 2026 року.

Результати. Аналіз показав, що фероптоз характеризується порушенням гомеостазу заліза, виснаженням антиоксидантних систем і накопиченням продуктів пероксидного окиснення ліпідів, тоді як купроптоз пов'язаний із мідь-залежною агрегацією ліпоїльованих мітохондріальних білків та розвитком протеотоксичного стресу. Водночас клінічна роль купроптозу при інфаркті міокарда залишається недостатньо валідованою. Дисульфідоптоз розглядається як новий редокс-залежний механізм клітинної смерті, пов'язаний із дефіцитом NADPH та порушенням структури актинового цитоскелета, однак більшість даних щодо нього отримано на некардіальних експериментальних моделях. Піроптоз реалізується переважно через NLRP3/caspase-1/GSDMD-залежний каскад і сприяє ампліфікації стерильної запальної відповіді. Надмірне формування нейтрофільних позаклітинних пасток асоціюється з імунотромбозом, мікросудинною обструкцією та феноменом «no-reflow».

Висновки. Сукупність наявних даних свідчить, що ішемічно-реперфузійне ушкодження міокарда формується внаслідок взаємодії метаболічних, редокс-залежних та імунозапальних механізмів, тоді як їх відносний внесок і клінічна значущість суттєво відрізняються. Перспективним напрямом подальших досліджень є валідація специфічних біомаркерів, уточнення ролі новітніх форм регульованої клітинної смерті в міокарді людини та оцінка можливостей мультитаргетної кардіопротекції.

Ключові слова: фероптоз, купроптоз, дисульфідоптоз, піроптоз, нетоз, інфаркт міокарда, ішемічно-реперфузійне ушкодження.

ВСТУП

Ішемічна хвороба серця та інфаркт міокарда залишаються провідними причинами смертності від серцево-судинних захворювань у світі [1]. Незважаючи на суттєвий прогрес у розвитку методів реваскуляризації, відновлення коронарного кровотоку не завжди забезпечує повне збереження життєздатності міокарда. Реперфузія може супроводжуватися додатковим ушкодженням кардіоміоцитів, зумовленим окис-

нювальним стресом, порушенням іонного та енергетичного гомеостазу, мітохондріальною дисфункцією та активацією стерильної запальної відповіді.

Сучасні дані свідчать, що клітинна смерть при ішемічно-реперфузійному ушкодженні міокарда не обмежується класичними механізмами апоптозу та некрозу [2]. Значну увагу привертають різні форми регульованої клітинної смерті (regulated cell death, RCD), зокрема феноптоз, купроптоз, дисульфідоптоз і піроптоз, а також процеси, пов'язані з формуванням нейтрофільних позаклітинних пасток (neutrophil extracellular traps, NETs). Ці механізми відрізняються молекулярними тригерами та ефекторними шляхами, однак можуть бути функціонально пов'язаними через редокс-дисбаланс, мітохондріальну дисфункцію, порушення енергетичного метаболізму та стерильне запалення. Водночас рівень доказовості ролі окремих механізмів RCD у патології міокарда суттєво відрізняється. Якщо роль феноптозу, піроптозу та NET-асоційованих процесів підтверджується значним обсягом експериментальних даних, то дослідження купроптозу та особливо дисульфідоптозу в контексті ішемічного ушкодження міокарда перебувають на ранніх етапах. Значна частина відомостей щодо цих механізмів отримана в дослідженнях на клітинних лініях і тваринних моделях або за інших патологічних станів, що обмежує можливість їх прямої екстраполяції на міокард людини.

МЕТА

Систематизувати сучасні дані щодо молекулярних механізмів феноптозу, купроптозу, дисульфідоптозу, піроптозу та NET-асоційованих процесів при ішемічно-реперфузійному ушкодженні міокарда, критично оцінити рівень їх доказовості та визначити потенційні точки молекулярної взаємодії й терапевтичного таргетування.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Роботу виконано як огляд літератури з елементами систематизованого пошуку, спрямований на узагальнення та критичний аналіз сучасних експериментальних, трансляційних і клінічних даних щодо механізмів регульованої клітинної смерті при ішемічному та ішемічно-реперфузійному ушкодженні міокарда.

Пошук наукових публікацій здійснювали в електронних базах даних PubMed, MEDLINE, Embase, Google Scholar, Scopus, Web of Science.

Пошук літературних джерел охоплював публікації, доступні станом на квітень 2026 року. Для ідентифікації релевантних публікацій використовували комбінації англомовних пошукових термінів: "myocardial infarction", "myocardial ischemia", "myocardial ischemia-reperfusion injury", "regulated cell death", "ferroptosis", "cuproptosis", "disulfidptosis", "pyroptosis", "NETosis" та "neutrophil extracellular traps" із застосуванням Boolean-операторів AND та OR.

До огляду включали оригінальні експериментальні дослідження in vitro та in vivo, клінічні й трансляційні дослідження, а також систематичні та наративні огляди, що містили дані щодо молекулярних механізмів досліджуваних форм клітинної смерті або їхньої потенційної ролі при ішемії та реперфузії міокарда. Перевагу надавали сучасним рецензованим англомовним публікаціям, водночас до аналізу включали більш ранні фундаментальні дослідження, необхідні для висвітлення первинно встановлених молекулярних механізмів.

Виключали дублікати, публікації, зміст яких не відповідав меті огляду, матеріали без достатнього опису досліджуваного молекулярного механізму, а також джерела, що не містили інформації, релевантної для аналізу регульованої клітинної смерті або ішемічно-реперфузійного ушкодження. Дані досліджень, виконаних на некардіальних клітинних моделях або в контексті інших захворювань, використовували переважно для характеристики фундаментальних молекулярних механізмів і не розглядали як прямий доказ їх клінічної значущості при інфаркті міокарда.

Під час аналізу для кожного механізму враховували тип експериментальної моделі, ключові молекулярні ефектори, наявність даних щодо міокарда, потенційне клінічне значення, терапевтичні мішені та основні обмеження доказової бази. Через значну методологічну гетерогенність включених робіт кількісний метааналіз не проводили; результати узагальнювали шляхом якісного порівняльного синтезу.

РЕЗУЛЬТАТИ

1) Феноптоз. Феноптоз є залізозалежною формою регульованої клітинної смерті, ключовими ознаками якої є порушення редокс-гомеостазу та накопичення продуктів пероксидного окиснення фосфоліпідів клітинних мембран. На ультраструктурному рівні для феноптозу характерні специфічні зміни мітохондрій, зокрема зменшення їхнього об'єму, підвищення електронної щільності мембран та редукція мітохондріальних крист. Водночас класичні морфологічні ознаки апоптозу, зокрема формування апоптотичних

 Creative Commons «Attribution» 4.0

тілець і виражена фрагментація ядра, для фероптозу не характерні [3].

Важливу роль у реалізації фероптозу відіграє порушення внутрішньоклітинного гомеостазу заліза. Збільшення пулу лабільного Fe^{2+} сприяє утворенню активних форм кисню, зокрема в реакції Фентона, та посиленню пероксидного окиснення мембранних ліпідів. Накопичення ліпідних гідропероксидів за недостатньої активності антиоксидантних систем створює умови для феропотичного ушкодження клітини [4].

Молекулярна регуляція феропотозу реалізується через взаємодію декількох антиоксидантних і метаболічних систем, центральне місце серед яких посідає вісь system Xc^-–GSH–GPX4.

Ключовим механізмом захисту клітини від феропотозу є система GSH–GPX4. Глутатіонпероксидаза 4 (GPX4) використовує відновлений глутатіон (GSH) для відновлення ліпідних гідропероксидів до відповідних нетоксичних продуктів. Виснаження внутрішньоклітинного пулу GSH або безпосереднє пригнічення GPX4 сприяє накопиченню ліпідних пероксидів і створює умови для реалізації феропотичної клітинної смерті [3, 4].

Важливим регулятором цього процесу є цистин-глутаматний антипортер system Xc^-, до складу якого входить транспортна субодиниця SLC7A11. Надходження цистину до клітини забезпечує доступність цистеїну для синтезу GSH, тому пригнічення system Xc^- може призводити до виснаження GSH, зниження антиоксидантної активності GPX4 та посилення ліпідної пероксидації [3, 4].

Вісь FSP1–CoQ10 функціонує незалежно від системи GSH–GPX4 і може забезпечувати додатковий механізм захисту мембран від феропотичного ушкодження. Її потенційне значення в умовах ішемії та реперфузії міокарда активно досліджується, однак ступінь її внеску в захист кардіоміоцитів людини потребує подальшої валідації [5].

Водночас значна частина фундаментальних даних щодо антиферопотичної функції DHODH отримана в експериментальних моделях поза кардіологічним контекстом, тому специфічне значення цього механізму при ішемічно-реперфузійному ушкодженні міокарда потребує подальшого уточнення [6].

Система GCH1–BH4 є ще одним GPX4-незалежним механізмом антиоксидантного захисту. ГТФ-циклогідролаза 1 (GCH1) є лімітуючим ферментом у синтезі тетрагідробіоптерину (BH4), який є потужним антиоксидантом та кофактором. Його роль важлива для роботи ендотеліальної синтази азоту (eNOS), яка при дефіциті даного метаболіту, замість NO вдається до продукції вільних радикалів [7]. Дефіцит BH4 може сприяти функціональному роз'єднанню eNOS, за якого знижується продукція NO та посилюється утворення супероксид-аніону, що додатково підтримує оксидативний стрес. Вісь GCH1–BH4, таким чином, розглядається як один із GPX4-незалежних механізмів контролю ліпідного редокс-гомеостазу [7].

Вісь GPX1–OSBPL8 розглядають як додатковий механізм локального контролю ліпідного редокс-гомеостазу ендоплазматичного ретикулуму. Водночас її безпосередня роль у регуляції феропотозу кардіоміоцитів при ішемічно-реперфузійному ушкодженні потребує подальшого експериментального підтвердження [8].

Таким чином, феропотоз регулюється взаємодією декількох антиоксидантних і метаболічних систем, серед яких найбільш дослідженими є GSH–GPX4, FSP1–CoQ10, DHODH–CoQ10 та GCH1–BH4. Сукупність доклінічних даних підтверджує участь феропотозу в ішемічно-реперфузійному ушкодженні міокарда та визначає компоненти цих систем як потенційні терапевтичні мішені. Водночас частина фундаментальних механізмів феропотозу встановлена на некардіальних клітинних і тваринних моделях, а специфічні біомаркери його активності в міокарді людини та клінічна ефективність селективного таргетування феропотозу залишаються недостатньо валідованими. Тому подальші дослідження мають бути спрямовані на визначення відносного внеску феропотозу в загибель кардіоміоцитів людини та оцінку трансляційного потенціалу його фармакологічної модуляції. Інтегровану модель основних молекулярних шляхів регуляції феропотозу представлено на рисунку 1 [3].

2) Купроптоз. Купроптоз є мідь-залежною формою регульованої клітинної смерті, молекулярною основою якої є взаємодія надлишкової внутрішньоклітинної міді з ліпоїльованими компонентами циклу трикарбонових кислот. Наслідком цього є агрегація ліпоїльованих білків, зниження рівня залізо-сірчаних білків і розвиток мітохондріального протеотоксичного стресу [9]. Ключову регуляторну роль у цьому процесі відіграє ферредоксин-1 (FDX1), локалізований у мітохондріях і пов'язаний як із відновленням Cu^{2+} до Cu^+, так і з регуляцією ліпоїлювання білків. Наявність ліпоїльованих білків циклу трикарбонових кислот є необхідною умовою для реалізації купроптозу [9].

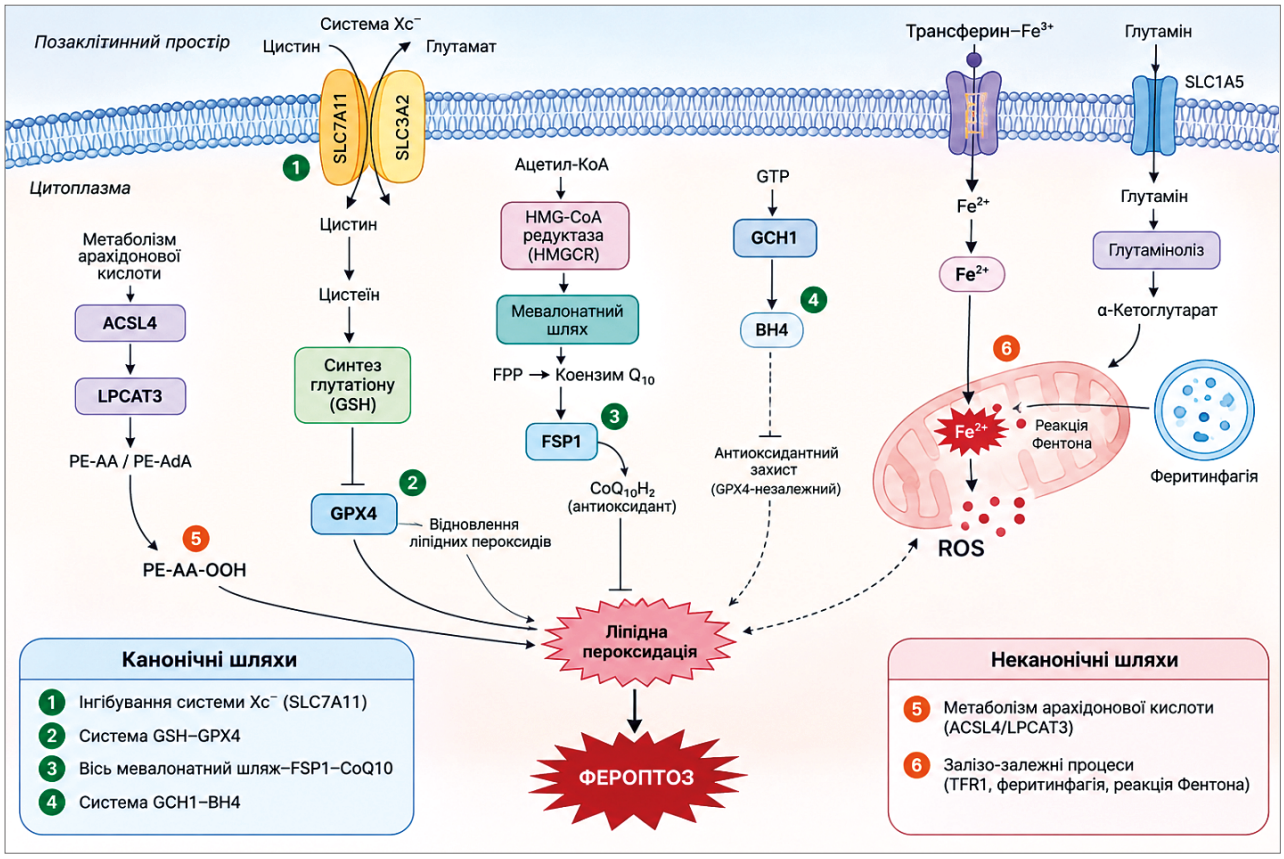


Рис. 1. Основні молекулярні шляхи регуляції фероптозу (Адаптовано за [3])

Внутрішньоклітинний гомеостаз міді підтримується системою транспортерів, шаперонів і білків, що забезпечують її контрольований розподіл. Надходження міді до клітини пов'язане, зокрема, з високоафінним транспортером CTR1, тоді як білки-шаперони ATOX1 і CCS обмежують концентрацію вільних реакційноздатних іонів міді та забезпечують їх доставку до специфічних внутрішньоклітинних мішеней [11, 12]. Порушення цього гомеостазу за умов надлишкового накопичення міді потенційно створює передумови для взаємодії Cu^+ з мітохондріальними ліпоїльованими білками та запуску купроптоз-асоційованого каскаду.

Особливе значення в цьому механізмі має дигідроліпоамід-S-ацетилтрансфераза (DLAT), один із ліпоїльованих компонентів піруват-дегідрогеназного комплексу. Взаємодія міді з ліпоїльованими білками сприяє їх аномальній агрегації та порушенню нормальної конформації, що супроводжується втратою залізо-сірчаних білків і розвитком протеотоксичного стресу [9, 11]. Оскільки купроптоз залежить від активності мітохондріального дихання, клітини з високою залежністю від окисного метаболізму теоретично можуть бути більш чутливими до порушення гомеостазу міді [9].

FDX1 розглядають як один із центральних регуляторів чутливості клітини до купроптозу. Експериментальне зниження або втрата функції FDX1 асоціюється зі зменшенням чутливості клітин до мідь-індукованої смерті, що підтверджує його важливу роль у формуванні ліпоїльованого протеому та регуляції мідь-залежного протеотоксичного стресу [9]. Водночас дані щодо осі FDX1/GPX4 та взаємодії купроптозу з іншими редокс-залежними механізмами клітинного ушкодження отримані переважно в експериментальних моделях і не можуть безпосередньо переноситися на кардіоміоцити людини [13].

Біологічна чутливість міокарда до порушень мітохондріального метаболізму створює підґрунтя для дослідження купроптозу при ішемії та реперфузії. Кардіоміоцити характеризуються високою щільністю мітохондрій і значною залежністю від окисного фосфорилювання, тому порушення функціонування ліпоїльованих ферментів циклу трикарбонових кислот потенційно може негативно впливати на енергетичний метаболізм серцевого м'яза [10]. Разом із тим наявні дані не дозволяють стверджувати, що повний FDX1-залежний каскад купроптозу є самостійним і домінуючим механізмом загибелі кардіоміоцитів при реперфузії.

 Creative Commons «Attribution» 4.0

Порушення обміну міді при серцево-судинних захворюваннях, зокрема при інфаркті міокарда, розглядають як потенційний фактор, здатний модулювати оксидативний стрес, мітохондріальну функцію та клітинну життєздатність [10, 15]. Описані зміни концентрації та розподілу міді у пацієнтів із гострими коронарними станами підтримують інтерес до цього напрямку, однак самі по собі не є прямим доказом активації купроптозу в міокарді людини [15]. Тому клінічні асоціації між порушеннями гомеостазу міді та тяжкістю ішемічного ушкодження слід відрізняти від безпосередньої молекулярної верифікації купроптозу.

Потенційним напрямом фармакологічної модуляції цього процесу є зниження біодоступності внутрішньоклітинної міді. Зокрема, тетратіомолібдат є мідь-хелатуючим агентом, здатним зменшувати доступність Cu^{+}/Cu^{2+} та обмежувати взаємодію міді з ліпоїльованими мітохондріальними білками в експериментальних моделях [9]. Водночас можливість використання таких підходів для кардіопротекції потребує окремої оцінки, оскільки системне втручання в гомеостаз міді може впливати на численні фізіологічні процеси.

Таким чином, наявні експериментальні, біоінформатичні та оглядові дані дозволяють припустити участь порушень гомеостазу міді та купроптоз-асоційованих молекулярних шляхів у патогенезі ішемічного й ішемічно-реперфузійного ушкодження міокарда [10, 15]. Водночас прямі докази реалізації повного FDX1-залежного каскаду купроптозу в кардіоміоцитах людини залишаються обмеженими. Тому купроптоз доцільно розглядати як перспективний потенційний механізм ушкодження міокарда, клінічна значущість якого потребує подальшої експериментальної та клінічної валідації.

3) Дисульфідоптоз. Дисульфідоптоз є нещодавно описаною формою регульованої клітинної смерті, пов'язаною з надмірним накопиченням внутрішньоклітинних дисульфідів за умов дефіциту відновлювальних еквівалентів. Встановлений у клітинних моделях механізм передбачає, що за високої активності SLC7A11 та недостатнього надходження глюкози виснаження NADPH обмежує відновлення цистину, сприяючи формуванню аномальних дисульфідних зв'язків у білках актинового цитоскелета та порушенню його структурної організації. Водночас слід зазначити, що роль цього механізму в кардіоміоцитах при ішемічно-реперфузійному ушкодженні наразі залишається об’єктом активного дослідження, а його внесок у загальну структуру клітинної загибелі потребує подальшої валідації [16, 17].

З огляду на встановлений механізм дисульфідоптозу, потенційною передумовою його реалізації при ішемічному ушкодженні може бути дисбаланс між транспортом цистину через SLC7A11 та відновною здатністю клітини, що залежить від доступності NADPH. [18].

Водночас активність SLC7A11 у кардіоміоцитах при ішемії не лише зберігається, але й може зростати, що є наслідком інтегрованої клітинної стресової відповіді. Енергетичний дефіцит та амінокислотне голодування активують ATF4-залежну транскрипційну програму, тоді як накопичення реактивних форм кисню індукує NRF2 (nuclear factor erythroid 2-related factor 2). Обидва фактори транскрипційно підвищують експресію SLC7A11 як адаптивний механізм підтримки глутатіонового гомеостазу. Однак в умовах дефіциту NADPH цей механізм набуває парадоксального характеру: підвищений транспорт цистину не супроводжується його ефективною редукцією до цистеїну, що призводить до накопичення окиснених тіолових форм і формування дисульфідного стресу [19].

Критичним етапом розвитку дисульфідоптозу є формування стану “NADPH-колапсу” – глибокої редокс-метаболічної декомпенсації, при якій швидкість надходження цистину перевищує здатність клітини до його редукції. Це супроводжується виснаженням відновленого глутатіону, накопиченням окиснених форм глутатіону (GSSG – oxidized glutathione) та глобальним порушенням білкового редокс-контролю, що визначає протеотоксичний характер клітинної смерті [20].

Ключовою мішенню дисульфідного стресу є актиновий цитоскелет, який демонструє високу чутливість до редокс-залежних модифікацій. Виснаження пулу NADPH у поєднанні з накопиченням GSSG ініціюють неконтрольоване формування між- та внутрішньомолекулярних дисульфідних зв’язків у β- та γ-актині, зокрема на рівні реактивних тіолових залишків Cys272 та Cys374 (рис. 2) [20]. Це призводить до втрати динамічної рівноваги між полімеризацією та деполімеризацією актину, сприяє формуванню нерозчинних агрегатів і призводить до колапсу F-актинової мережі [16].

У цьому ж молекулярному контексті активація осі RAC1-WAVE, яка фізіологічно регулює Arp2/3-залежну полімеризацію актину, відіграє модулюючу роль у прогресуванні дисульфідоптозу. Патологічна активація цієї осі у

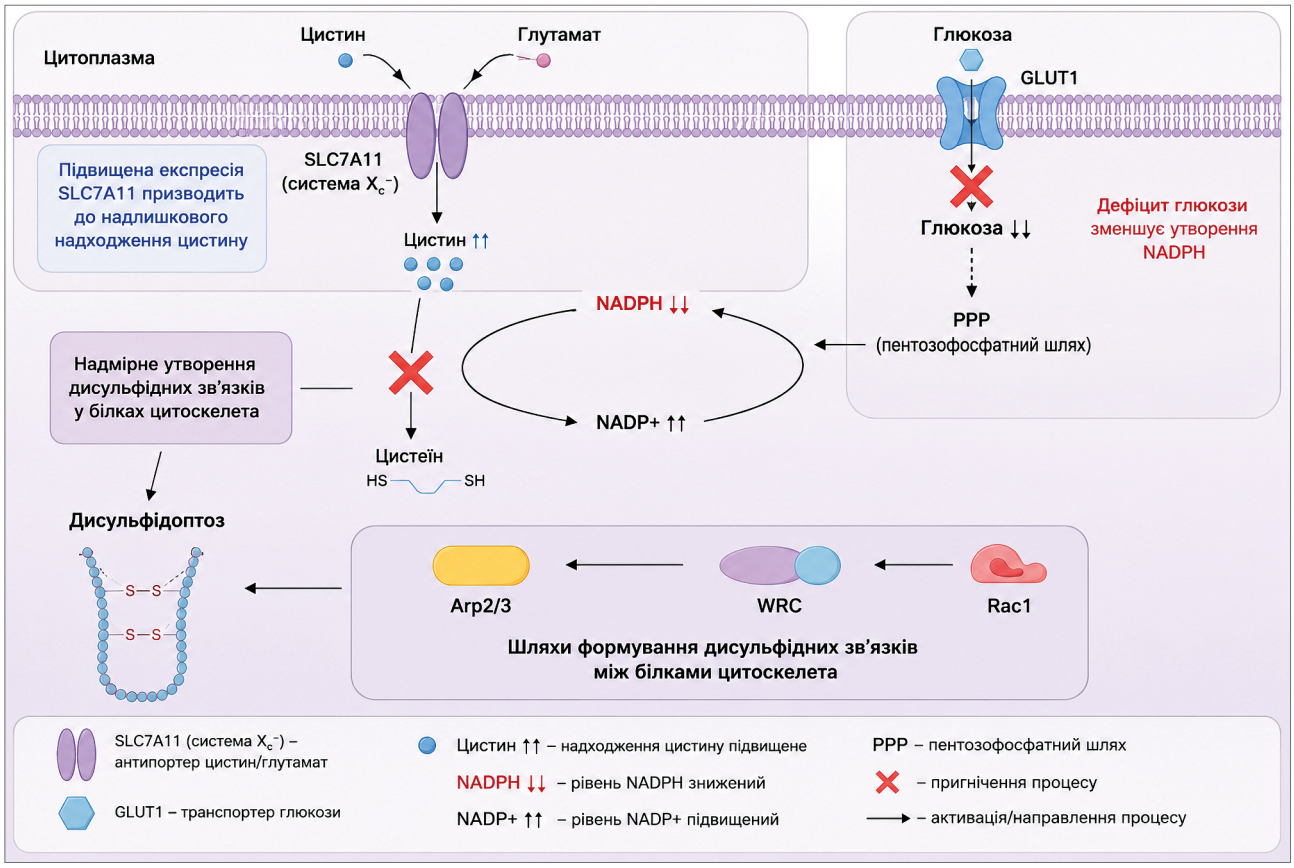


Рис. 2. Механізм ініціації дисульфідоптозу внаслідок дефіциту NADPH та дисульфідного стресу (Адаптовано за [20])

кардіоміоцитах під час реперфузії сприяє формуванню подвійної ролі: з одного боку, вона індукує ремоделювання цитоскелетної архітектури, з іншого – формує структурно нестабільні актинові домени з підвищеною експозицією реактивних тіолових груп. Такі ділянки стають субстратом для патологічного дисульфідного зшивання, що створює замкнене коло між редокс-дисбалансом і цитоскелетною дестабілізацією та прискорює протеотоксичну деструкцію клітини [16].

Наслідком є порушення механотрансдукції, дезінтеграція саркомерів та втрата клітинної цілісності, що морфологічно супроводжується відшаруванням плазматичної мембрани (blebbing) та термінальною деструкцією кардіоміоцитів.

На тканинному рівні дисульфідоптоз інтегрується в патофізіологію ішемічно-реперфузійного ушкодження через активацію стерильного запалення. Вивільняються DAMPs (Damage-Associated Molecular Patterns), до яких належать фрагменти актину, окиснені цитоскелетні білки та мітохондріальна ДНК. Ці молекули активують Toll-like рецептори (TLR2/4) та інфламасомні комплекси, що призводить до рекрутування нейтрофілів і макрофагів та продукції прозапальних цитокінів, створюючи сприятливе середовище для подальшого пошкодження мікросудинного компонента серцевої тканини та ускладнюючи реперфузійне відновлення тканин. Пошкодження цитоскелета ендотеліоцитів призводить до втрати бар'єрної функції судин, підвищення проникності та розвитку феномену "no-reflow", що є ключовим фактором збільшення зони інфаркту та прогресування серцевої недостатності [21].

Редокс-дестабілізація при дисульфідоптозі посилюється надмірною продукцією реактивних форм кисню мітохондріального та ферментативного походження під час реперфузії, яка спричиняє перехресну оксидативну модифікацію ключових сигнальних білків цитоскелета та сигнальних молекул, що потенціює протеотоксичні ефекти та поглиблює структурну дезорганізацію клітини [22].

Транскриптомні дослідження дозволяють ідентифікувати дисульфідоптоз-асоційовані гени (DRGs – disulfideptosis-related genes), які відображають ступінь редокс-дестабілізації клітини. Серед них особливу увагу привертають білки цитоскелетної інтеграції, зокрема філамін А (FLNA – filamin A) та важкий ланцюг

 Creative Commons «Attribution» 4.0

міозину IIA (MYH9 – myosin heavy chain 9). Їхні експресійні профілі корелюють зі ступенем редокс-дестабілізації клітини та тяжкістю ішемічного ушкодження. Вони можуть виступати потенційними прогностичними біомаркерами ушкодження міокарда, хоча їх функціональна роль потребує подальшої експериментальної валідації [22, 23].

Терапевтичні стратегії, спрямовані на модулювання дисульфідоптозу, фокусуються на таргетуванні ключових вузлів редокс-метаболічної інтеграції. Перспективними є підходи, що включають регуляцію активності SLC7A11, модуляцію ATF4/NRF2-залежних транскрипційних програм, а також відновлення пулу NADPH через вплив на ферменти PPP. Додатково розглядаються стратегії, спрямовані на стабілізацію актинового цитоскелета та інгібування патологічного дисульфідного зшивання білків, що відкриває нові можливості для прецизійної кардіопротекції [16].

Безпосередня роль дисульфідоптозу в ішемічно-реперфузійному ушкодженні кардіоміоцитів наразі залишається недостатньо визначеною. Значна частина молекулярних механізмів цього типу клітинної смерті встановлена в онкологічних клітинних моделях, тому їх екстраполяція на міокард потребує обережності. Наявні дані щодо змін редокс-гомеостазу, метаболізму NADPH і регуляції SLC7A11 при ішемії створюють біологічне підґрунтя для подальшого дослідження дисульфідоптозу в кардіоміоцитах, однак не є достатніми для підтвердження його клінічно значущої ролі при інфаркті міокарда.

4) Піроптоз. Піроптоз є прозапальною формою регульованої клітинної смерті, що характеризується GSDMD-залежним утворенням пор у плазматичній мембрані, порушенням її цілісності та вивільненням прозапальних медіаторів. При ішемічно-реперфузійному ушкодженні міокарда важливе значення має канонічний NLRP3-залежний шлях, активації якого сприяють DAMPs, окиснювальний стрес, порушення іонного гомеостазу та мітохондріальна дисфункція. У канонічному шляху внутрішньоклітинні рецептори розпізнавання патернів (PRR – pattern recognition receptors) активуються молекулярними патернами DAMPs, що масово вивільняються в умовах ішемії, а також патоген-асоційованими молекулярними патернами (PAMPs – pathogen-associated molecular patterns). Це призводить до активації сигнального шляху NF-κB та підвищення експресії компонентів інфламасоми NLRP3 і попередників прозапальних цитокінів IL-1β та IL-18. Додаткові фактори, характерні для ішемічно-реперфузійного ушкодження міокарда (MIRI – myocardial ischemia-reperfusion injury), зокрема окиснювальний стрес (ROS – reactive oxygen species), перевантаження іонами кальцію, лізосомальна дисфункція та вихід іонів K^+ (зокрема внаслідок активації рецептора P2X7 позаклітинним АТФ), ініціюють збірку інфламасоми NLRP3. До складу цього комплексу входять сенсор NLRP3 (NOD-, LRR- and pyrin domain-containing protein 3), адаптер ASC (apoptosis-associated speck-like protein containing a CARD) та ефектор – прокаспаза-1. Взаємодія цих компонентів є необхідною умовою для активації каспази-1 [24].

В інфламасомі прокаспаза-1 зазнає автопротеолізу з утворенням активної каспази-1. Остання забезпечує протеоліз про-IL-1β та про-IL-18 до їхніх біологічно активних форм, а також розщеплює газдермін D (GSDMD). Це призводить до вивільнення N-кінцевого домену (GSDMD-NT) з-під автогальмування. Останній олігомеризується та інтегрується у плазматичну мембрану, формуючи великі неселективні пори, що призводить до клітинного набухання, лізису та вивільнення прозапальних медіаторів [25]. IL-1β погіршує скоротливу функцію міокарда та стимулює активацію фібробластів, тоді як IL-18 сприяє гіпертрофії кардіоміоцитів і посиленню запальної відповіді. Крім того, IL-18 у синергії з IL-12 індукує продукцію IFN-γ, що додатково підсилює запалення, тоді як IL-1β сприяє рекрутуванню нейтрофілів і мікросудинній обструкції. Таким чином, формується порочне коло, в якому клітинна загибель посилює запалення, яке, своєю чергою, сприяє подальшому піроптозу [26].

Водночас значення класичного LPS-опосередкованого неканонічного шляху при стерильному ішемічно-реперфузійному ушкодженні міокарда визначене менш чітко, ніж роль канонічного NLRP3/caspase-1/GSDMD-залежного каскаду. Формування мембранних пор супроводжується виходом внутрішньоклітинних катіонів K^+. В свою чергу, зниження їх внутрішньоклітинної концентрації слугує тригером для активації інфламасоми NLRP3. Таким чином, при інфаркті міокарда канонічний і неканонічний шляхи піроптозу є функціонально взаємопов'язаними та здатні взаємно потенціювати один одного [27].

Наведені дані свідчать, що піроптоз у кардіоміоцитах при ішемічно-реперфузійному ушкодженні міокарда реалізується як багаторівневий сигнальний каскад, що включає стадії

праймінгу та активації інфламасоми NLRP3, взаємодію канонічного та неканонічного шляхів, участь іонного дисбалансу, мітохондріальної дисфункції та запальної відповіді, що в сукупності призводить до імуногенної деструкції клітин (рис. 3) [28, 29].

GSDMD, опосередковуючи дисфункцію мітохондрій та мітофагію, здатний формувати пори у мітохондріях кардіоміоцитів, що сприяє пошкодженню міокарда, викликаному MIRI.

Під час гіпертрофії серця, індукованої ангіотензином II або перевантаженням тиском, GSDMD генерує позитивну петлю ампліфікації прямого зв'язку через вісь мітохондрії – STING (stimulator of interferon genes).

Клінічні дослідження низькодозового колхіцину після інфаркту міокарда підтверджують потенційну користь модулювання запальної відповіді для вторинної профілактики серцево-судинних подій. Водночас ці результати не слід трактувати як прямий клінічний доказ того, що ефект колхіцину реалізується виключно через пригнічення NLRP3-інфламасоми, оскільки препарат впливає на декілька компонентів запальної відповіді [30, 31].

Селективний інгібітор MCC950 блокує конформаційні зміни NACHT-домену NLRP3, що ефективно пригнічує продукцію IL-1β і розглядається як перспективна таргетна терапія [32].

5) Нетоз. Формування нейтрофільних позаклітинних пасток (neutrophil extracellular trap formation, NET formation) є спеціалізованою відповіддю активованих нейтрофілів, що характеризується вивільненням деконденсованого хроматину, асоційованого з гранулярними й цитоплазматичними білками. Залежно від молекулярного механізму формування NETs може супроводжуватися загибеллю нейтрофіла (суїцидальний варіант) або відбуватися зі збереженням його життєздатності (вітальний варіант). У контексті ішемії та реперфузії міокарда надмірне формування NETs пов'язують із розвитком стерильного запалення, імунотромбозу та порушенням мікроциркуляції (рис. 4) [33]. Зазначені структури здатні зв'язувати клітинні та гуморальні елементи крові, виконуючи у фізіологічних умовах захисну функцію. Проте їх надмірна генерація асоціюється з прогресуванням ряду патологічних станів, зокрема інфаркту міокарда [34, 35, 36].

У відповідь на ішемію та реперфузійне пошкодження міокарда ушкоджені кардіоміоцити вивільняють молекулярні патерни, асоційовані з пошкодженням (DAMPs – damage-associated

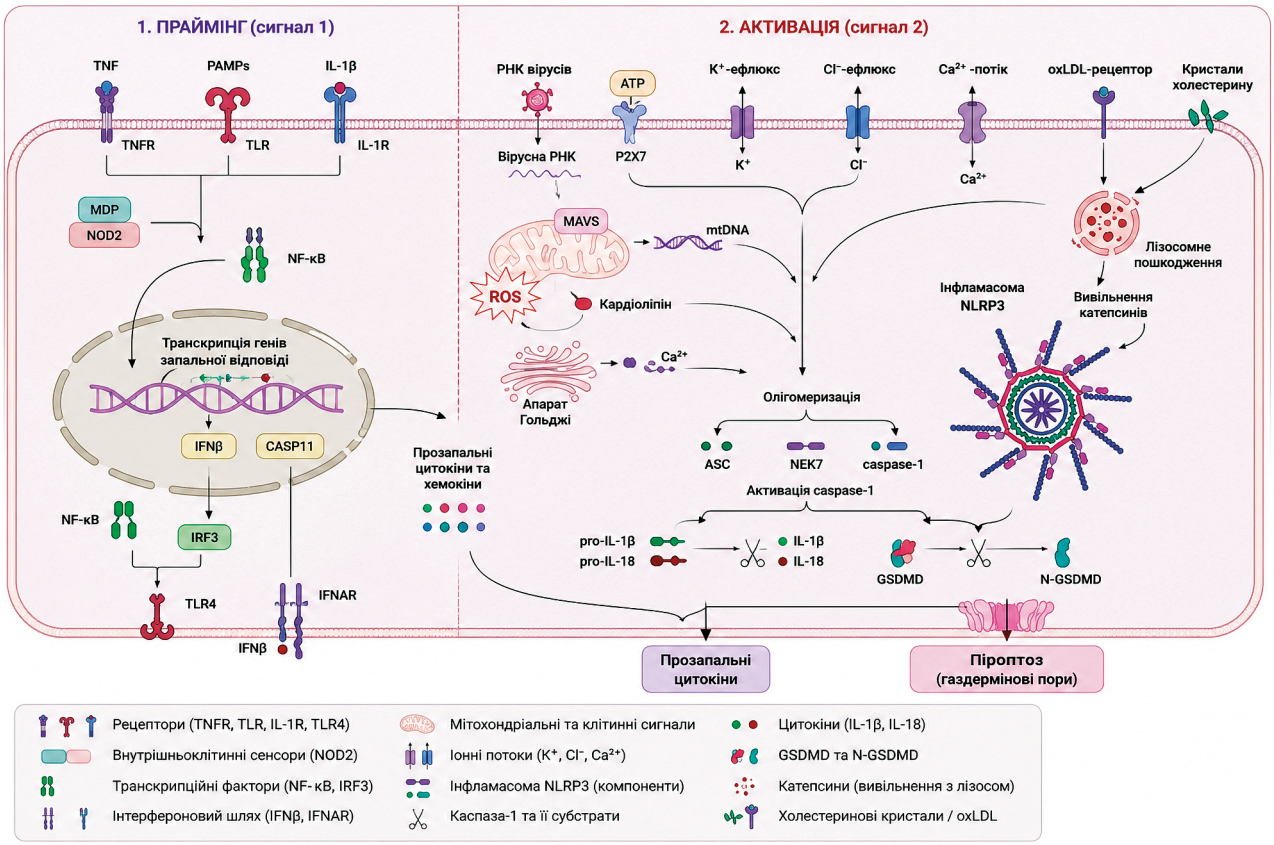


Рис. 3. Молекулярна архітектура піроптозу як каскаду імуногенної деструкції клітини при ішемії міокарда (Адаптовано за [28])

 Creative Commons «Attribution» 4.0

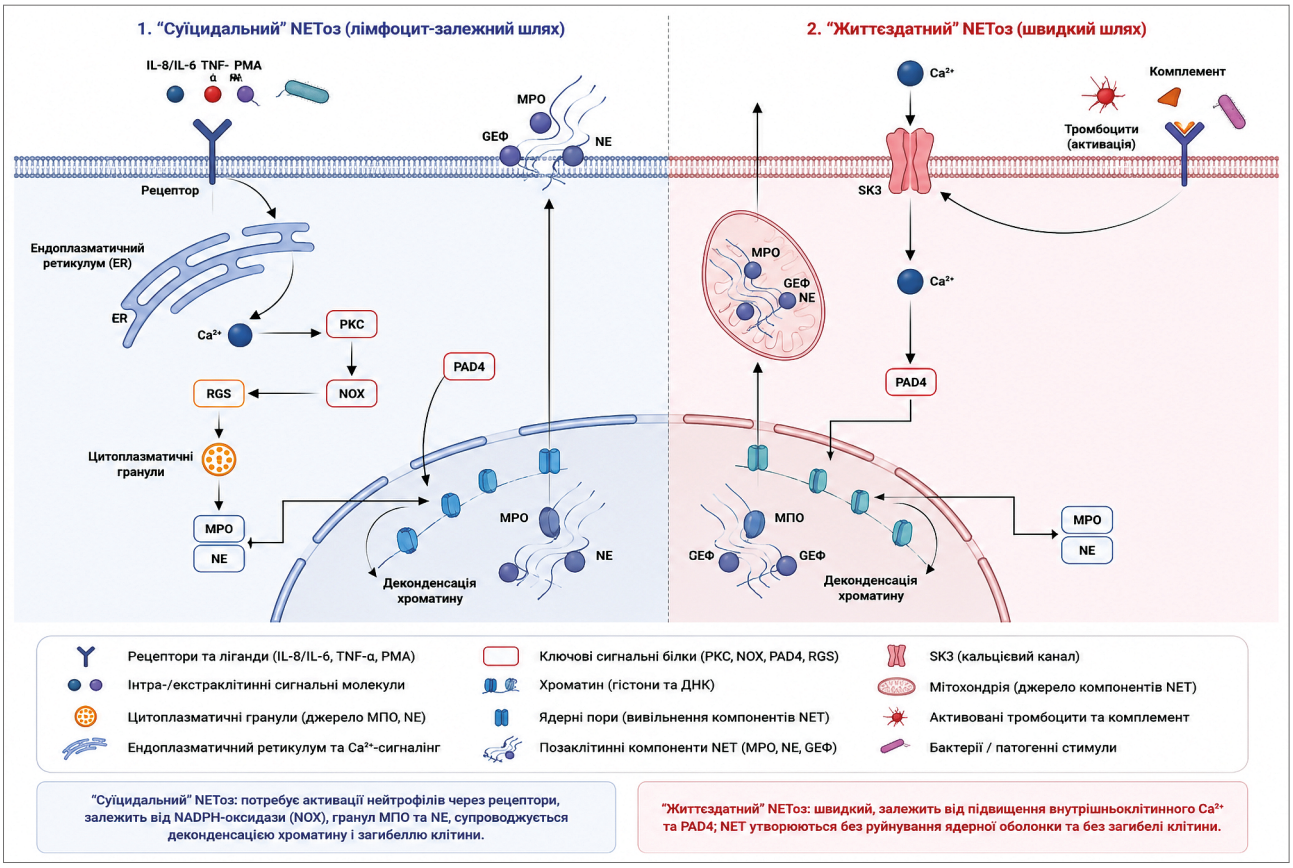


Рис. 4. Молекулярні механізми суїцидального та вітального нетозу. (Адаптовано за [33])

molecular pattern), що ініціює хемотаксис та активацію нейтрофілів. Під впливом цих сигналів активовані нейтрофіли запускають механізм нетозу, що зумовлює накопичення NETs безпосередньо у вогнищі ураження [37].

Процес формування нетозу реалізується у двох основних формах: суїцидальній та вітальній. Суїцидальний нетоз супроводжується деструкцією нейтрофіла та включає активацію ферментів сімейства НАДФН-оксидази (NOX-2 – NADPH oxidase 2) з подальшою генерацією реактивних форм кисню, які активують фермент PAD4. Останній індукує цитрулінування гістонів, що знижує їхню спорідненість до ДНК і сприяє деконденсації хроматину. Синергічно з цим відбувається транслокація NE та MPO до ядра, що посилює модифікацію гістону H3 (H3Cit). У результаті розриву ядерної та плазматичної мембран, деконденсований хроматин, комплекс з гранулярними білками екструдується у позаклітинний простір. На противагу цьому, вітальний нетоз характеризується швидким вивільненням NETs шляхом секреції везикул без втрати цілісності нейтрофіла [38].

Молекулярно-генетичний аналіз лейкоцитів серця після інфаркту міокарда демонструє значне підвищення рівня генів, що кодують NET-асоційовані білки, а також кінази і транскрипційні фактори, необхідні для реалізації цього процесу. Підвищення рівня кальпротектину (S100A8/A9) у тканині міокарда спостерігається вже через 6 годин після розвитку коронарної події, що свідчить про ранню активацію даного механізму [39]. Крім того, формування NETs може бути індуковане взаємодією нейтрофілів з активованими тромбоцитами через P-селектин, що є ключовим етапом імунотромбозу. При інфаркті міокарда з елевацією сегмента ST (STEMI) рівні NET-маркерів (cfDNA, нуклеосоми, H3Cit) підвищуються ще до проведення первинного черезшкірного коронарного втручання (pPCI – primary percutaneous coronary intervention) і продовжують зростати після реперфузії. Додатковими стимуляторами нетозу виступають хемокіни CCL5 та CXCL4, блокада гетеромеризації яких (зокрема пептидом MKE – MyD88-targeting peptide) призводить до супресії утворення пасток in vivo та in vitro [40, 41].

Екзогенні та ендогенні фактори, такі як мікроорганізми, ліпополісахариди, прозапальні цитокіни (IL-1β), хемотаксичні агенти (IL-8, MCP-1), окислені ЛПНЩ та компоненти комплементу, є активними індукторами NETosis. Встановлено, що рівень глікемії корелює з

концентрацією дволанцюгової ДНК (dsDNA – double-stranded DNA) як у гострій фазі інфаркту, так і через 3 місяці після події [42]. Важливу роль у регуляції цього процесу відіграють коронарні позаклітинні везикули, що несуть окислювально-специфічні епітопи (OSE-EV – oxidation-specific epitope-carrying extracellular vesicles). Вони активують нейтрофіли через Toll-подібні рецептори 4 (TLR4) та шлях PAD4, тоді як природні IgM-антитіла проти OSE (anti-oxidation-specific epitope antibodies) здатні інгібувати цей механізм, виступаючи ендогенним регулятором запалення [43, 44]. Також виявлено, що підвищення рівня метилмалонової кислоти (ММА) при гострому інфаркті асоціюється з інтенсивним утворенням NETs у тромботичних масах через активацію сигнального шляху IL-6/JAK1/STAT3 [45].

NETs відіграють провідну роль у формуванні протромботичного стану, створюючи платформу для адгезії тромбоцитів та ініціюючи каскад коагуляції через фактор XII і тканинний фактор при одночасному пригніченні фібринолізу. Це призводить до мікротромбоутворення в коронарному мікроциркуляторному руслі та розвитку феномену "no-reflow", коли тканинна перфузія залишається неадекватною навіть після відновлення прохідності епікардіальних артерій [38, 40]. Крім того, нетоз сприяє вивільненню білків S100A8/A9 та S100A12, які стимулюють гранулопоез, підтримуючи масивну інфільтрацію нейтрофілів у пошкоджений міокард, що корелює з високим ризиком несприятливих кардіоваскулярних подій [39, 46].

Безпосередній вплив компонентів NETs на кардіоміоцити, фібробласти та ендотеліоцити ініціює процеси апоптозу, некроптозу та гіперпродукцію прозапальних цитокінів. Це зумовлює прогресування ішемічного ушкодження, активацію проліферації фібробластів та патологічне ремоделювання серця. Варто зазначити, що деградація ДНК-каркасу NETs за допомогою ДНКази I нівелює ці ефекти, покращуючи мікроваскулярний кровотік та обмежуючи розмір інфаркту [35]. Експериментальні дослідження на тваринах підтверджують, що поєднання ДНКази I з активаторами плазміногену (rt-PA – recombinant tissue plasminogen activator) забезпечує додатковий терапевтичний ефект у відновленні функції лівого шлуночка після ішемії-реперфузії [47].

Таким чином, розглянуті механізми регульованої клітинної смерті характеризуються різними молекулярними тригерами, ефекторними шляхами та потенційними терапевтичними мішенями, а рівень доказовості їх участі в ішемічно-реперфузійному ушкодженні міокарда суттєво відрізняється. Порівняльну характеристику основних механізмів, ключових молекулярних компонентів, наявної доказової бази та потенційних напрямів терапевтичного таргетування узагальнено в таблиці 1.

Таблиця 1. Порівняльна характеристика механізмів регульованої клітинної смерті та NET-асоційованих процесів при ішемічно-реперфузійному ушкодженні міокарда

Механізм	Основні тригери	Ключові молекулярні компоненти	Основна клітинна мішень	Характер доказів при MIRI	Потенційні терапевтичні мішені
Фероптоз	Fe^{2+}, дефіцит GSH, ліпідний оксидативний стрес	GPX4, SLC7A11, FSP1, ACSL4	мембранні фосфоліпіди	значні доклінічні дані; клінічна валідація обмежена	GPX4, FSP1, метаболізм заліза
Купроптоз	порушення гомеостазу Cu	FDX1, DLAT, ліпоїльовані білки ЦТК	мітохондріальні білки	переважно експериментальні та біоінформатичні дані	гомеостаз міді, FDX1
Дисульфідоптоз	дефіцит NADPH, дисульфідний стрес	SLC7A11, RAC1, WRC	актиновий цитоскелет	переважно некардіальні клітинні моделі; кардіальна роль потребує валідації	SLC7A11, редокс-метаболізм
Піроптоз	DAMPs, ROS, K^+-ефлюкс	NLRP3, caspase-1, GSDMD	плазматична мембрана	значні доклінічні й трансляційні дані	NLRP3, GSDMD, IL-1ß
NET formation	активація нейтрофілів, ROS, хемокіни	PAD4, NE, MPO	мікроциркуляція та позаклітинний простір	експериментальні дані та клінічні асоціації	PAD4, NET-деградація

Creative Commons «Attribution» 4.0

Взаємодія механізмів регульованої клітинної смерті при ішемічно-реперфузійному ушкодженні міокарда. Розглянуті механізми RCD не функціонують як повністю ізольовані каскади. Ішемія та подальша реперфузія формують спільне метаболічне середовище, що характеризується мітохондріальною дисфункцією, надмірною продукцією активних форм кисню, порушенням редокс-гомеостазу, виснаженням енергетичних субстратів та активацією стерильної запальної відповіді. Ці зміни можуть одночасно створювати передумови для активації декількох механізмів клітинного ушкодження.

Ліпідний окиснювальний стрес і порушення функціонування систем GPX4–GSH та FSP1–CoQ10 сприяють феноптотичному ушкодженню, тоді як зміни мітохондріального метаболізму та гомеостазу міді можуть потенційно залучати купроптоз-асоційовані механізми. Виснаження NADPH та порушення тіол-дисульфідного балансу створюють потенційні передумови для дисульфідоптозу. Паралельно ушкоджені кардіоміоцити вивільняють DAMPs, які активують NLRP3-залежну запальну відповідь і можуть сприяти піроптозу та рекрутуванню нейтрофілів. Подальше формування NETs здатне підтримувати локальне запалення, імунотромбоз і мікросудинну обструкцію.

Таким чином, сучасні дані дозволяють розглядати ішемічно-реперфузійне ушкодження не як наслідок активації єдиного механізму клітинної смерті, а як результат взаємодії метаболічних, редокс-залежних та імунозапальних процесів. Водночас ступінь безпосередньої взаємодії окремих форм RCD та їхній відносний внесок у ушкодження міокарда людини залишаються предметом подальших досліджень.

ОБГОВОРЕННЯ

Результати проведеного аналізу свідчать про фундаментальне розширення уявлень щодо патогенезу інфаркту міокарда, де класична модель «апоптоз-некроз» поступається місцем складній мережі регульованої клітинної смерті (RCD). Проте перехід від теоретичних моделей до клінічної практики супроводжується низкою критичних питань, які потребують обережної інтерпретації.

Зокрема, потенційна участь феноптозу та купроптоз-асоційованих механізмів у реперфузійному ушкодженні порушує питання щодо їх відносного внеску та можливої взаємодії. Хоча роль білка-супресора феноптозу 1 (FSP1) та ферредоксину-1 (FDX1) у лабораторних моделях виглядає переконливо, залишається нез'ясованим, який із цих металоптозів є домінуючим у кардіоміоцитах людини. Існує ймовірність, що ці каскади не є автономними, а функціонують як паралельні ешелони метаболічного колапсу, де виснаження однієї захисної системи миттєво активує іншу.

Особливої уваги заслуговує концепція дисульфідоптозу. Будучи механістично автономним типом смерті, він фокусує увагу на редокс-дестабілізації актинового цитоскелета. Однак варто критично зауважити, що більшість даних про цей механізм отримані на лініях ракових клітин із гіперекспресією SLC7A11. Екстраполяція цих результатів на міокард потребує подальшої валідації, оскільки кардіоміоцити мають специфічний енергетичний профіль та унікальну архітектуру цитоскелета, що може змінювати динаміку «NADPH-колапсу».

Щодо імуногенної деструкції, зумовленої піроптозом та нетозом, виникає трансляційний бар'єр. Хоча формування нейтрофільних пасток (NETs) чітко корелює з феноменом «no-reflow», використання таких маркерів, як цитрулінований гістон H3 у клініці, стикається з проблемою низької специфічності. Більше того, інгібування інфламасоми NLRP3 або деградація ДНК-каркасу пасток за допомогою ДНКази I є стратегіями з дуже вузьким «терапевтичним вікном». Це ставить під сумнів можливість їхнього ефективного застосування на догоспітальному етапі, коли інтенсивність каскадів RCD досягає свого піка.

Важливо також враховувати ризики системного втручання в такі фундаментальні процеси.

Блокада вузлів, що регулюють дисульфідоптоз чи піроптоз, може побічно впливати на загальний імунний статус пацієнта або системний обмін мікроелементів. Таким чином, сучасна парадигма розглядає ці типи смерті не як ізольовані шляхи, а як інтегровану мережу. Саме ця багатовекторність, ймовірно, пояснює обмежену ефективність моноцільових антиапоптотичних препаратів у минулих клінічних випробуваннях. Майбутні дослідження мають бути спрямовані на пошук вузлових молекул, що стоять на перетині декількох каскадів, для розробки стратегій мультитаргетної кардіопротекції.

ВИСНОВКИ

1. Сучасні дані свідчать, що ішемічно-реперфузійне ушкодження міокарда формується за участю декількох взаємопов'язаних механізмів регульованої клітинної смерті та не може бути повністю пояснене лише класичними моделями апоптозу й некрозу.

Creative Commons «Attribution» 4.0

Найбільш переконлива експериментальна доказова база в контексті ішемічно-реперфузійного ушкодження сформована для фероптозу та NLRP3/GSDMD-залежного піроптозу. Формування нейтрофільних позаклітинних пасток може додатково сприяти стерильному запаленню, імунотромбозу та порушенню мікроциркуляції.

Купроптоз є перспективним потенційним механізмом мітохондріального ушкодження, пов'язаним із порушенням гомеостазу міді та функціонуванням ліпоїльованих білків. Водночас його безпосередня роль у кардіоміоцитах людини при гострому ішемічному ушкодженні потребує подальшої клінічної валідації.

Дисульфідоптоз є новою концепцією редокс-залежної клітинної смерті, однак більшість його фундаментальних механізмів встановлена на некардіальних клітинних моделях. Потенційна участь дисульфідного стресу в ушкодженні ішемізованого міокарда є перспективним напрямом досліджень, але наразі не може вважатися клінічно підтвердженим механізмом інфаркту міокарда.

Пристатейні розділи

Перспективи подальших досліджень. Перспективним напрямом кардіопротекції є не лише селективне пригнічення окремих форм регульованої клітинної смерті, а й дослідження спільних точок їх регуляції, зокрема редокс-гомеостазу, мітохондріального метаболізму, запальної сигналізації та нейтрофіл-опосередкованого ушкодження. Для клінічної трансляції цих підходів необхідні дослідження на тканинах міокарда людини, валідовані біомаркери та визначення оптимального терапевтичного вікна.

Обмеження дослідження. Основним обмеженням наявної доказової бази є переважання доклінічних досліджень для частини аналізованих механізмів. Значна кількість даних щодо купроптозу та особливо дисульфідоптозу отримана на клітинних лініях, тваринних моделях або в контексті несерцево-судинної патології, що обмежує можливість прямої екстраполяції результатів на міокард людини. Додатковою проблемою є відсутність загальновизнаних специфічних клінічних біомаркерів, які дозволяли б диференціювати окремі форми RCD in vivo. Обмеженням цього огляду є методологічна та біологічна гетерогенність проаналізованих досліджень, зокрема відмінності експериментальних моделей, тривалості ішемії та реперфузії, досліджуваних молекулярних маркерів і кінцевих точок. Це унеможливило кількісний метааналіз і зумовило використання якісного синтезу доказів. Крім того, швидкий розвиток досліджень новітніх форм RCD зумовлює необхідність подальшого оновлення доказової бази.

Первинні дані та матеріали. Дослідження є оглядом літератури з елементами систематизованого пошуку опублікованих наукових джерел і не передбачало збору або використання власних первинних клінічних чи експериментальних даних. Матеріалами дослідження слугували наукові публікації, відібрані відповідно до визначеної стратегії пошуку та критеріїв включення.

Етика дослідження. Дослідження є оглядом літератури з елементами систематизованого пошуку раніше опублікованих наукових даних і не передбачало безпосередньої участі людей, використання лабораторних тварин або роботи з персональними даними. У зв'язку з цим отримання окремого схвалення комітету з етики та інформованої згоди не вимагалося. Дослідження виконано з дотриманням принципів академічної доброчесності та загальноприйнятих етичних принципів проведення наукових досліджень.

Використання штучного інтелекту. Під час підготовки цієї роботи автори використовували моделі Gemini 3 Flash (Google) та GPT-5.6 Sol у ChatGPT (OpenAI) як допоміжні інструменти для мовного і стилістичного редагування тексту, уточнення та уніфікації наукової термінології, удосконалення структури окремих фрагментів рукопису, перевірки граматики, а також адаптації та створення схематичних ілюстрацій на основі наукових даних. Інструменти штучного інтелекту не використовували як самостійні джерела наукових доказів. Усі запропоновані зміни, наукові твердження, посилання та ілюстративні матеріали були перевірені й остаточно відредаговані авторами. Автори несуть повну відповідальність за достовірність, інтерпретацію та кінцевий зміст публікації.

Фінансування. Фінансової підтримки від державної, громадської або комерційної організації ця стаття не отримала.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність потенційних та явних конфліктів інтересів, пов'язаних з рукописом.

Внесок авторів (CRediT taxonomy)

*Maksym M. Martsev – A, B, D, E, F ORCID: 0009-0004-0318-8990
Sophia Yu. Lytvyn – B, D, E, F ORCID: 0009-0001-5541-5209
Viktoriya A. Pavlusenko – B, D, E ORCID: 0009-0009-7248-2495
Anastasiia O. Kyryk – B, D, E ORCID: 0009-0005-7670-1166
Anastasiia S. Lytovchenko – B, D, E ORCID: 0009-0006-2725-1901
Serhii A. Dzonyk – E, F ORCID: 0009-0003-7901-4850
Tetiana V. Kozytska – E, F ORCID: 0000-0002-7554-0808

***Corresponding author:** martsev2708@gmail.com; +380980171365

 Creative Commons «Attribution» 4.0

ЛІТЕРАТУРА

1. Tsao CW, Aday AW, Almarzooq ZI, Anderson CAM, Arora P, Avery CL, et al. Heart disease and stroke statistics—2023 update: a report from the American Heart Association. Circulation. 2023;147(8):e93-e621. https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000001123
2. Galluzzi L, Vitale I, Aaronson SA, Abrams JM, Adam D, Agostinis P, et al. Molecular mechanisms of cell death: recommendations of the Nomenclature Committee on Cell Death 2018. Cell Death Differ. 2018;25(3):486-541. https://doi.org/10.1038/s41418-017-0012-4
3. Battaglia AM, Chirillo R, Aversa I, Sacco A, Costanzo F, Biamonte F. Ferroptosis and cancer: mitochondria meet the "iron maiden" cell death. Cells. 2020;9(6):1505. https://doi.org/10.3390/cells9061505
4. Li J, Cao F, Yin HL, Huang ZJ, Lin ZT, Mao N, et al. Ferroptosis: past, present and future. Cell Death Dis. 2020;11(2):88. https://doi.org/10.1038/s41419-020-2298-2
5. Ye Z, Liu W, Zhuo Q, Hu Q, Liu M, Sun Q, et al. Ferroptosis: final destination for cancer? Cell Prolif. 2020;53(3):e12761. https://doi.org/10.1111/cpr.12761
6. Mao C, Liu X, Zhang Y, Lei G, Yan Y, Lee H, et al. DHODH-mediated ferroptosis defence is a targetable vulnerability in cancer. Nature. 2021;593(7860):586-590. https://doi.org/10.1038/s41586-021-03539-7
7. Kraft VAN, Bezjian CT, Pfeiffer S, Ringelstetter L, Müller C, Zandkarimi F, et al. GTP cyclohydrolase 1/tetrahydrobiopterin counteract ferroptosis through lipid remodeling. ACS Cent Sci. 2020;6(1):41-53. https://doi.org/10.1021/acscentsci.9b01063
8. Xia Z, Yang X, Samovich SN, Tyurina YY, Tyurin VA, Kon N, et al. A GPX1-OSBPL8 axis mediates noncanonical in vivo ferroptosis and cancer growth suppression. Cell. 2026;189(7):1957-1974.e17. https://doi.org/10.1016/j.cell.2026.01.009
9. Tsvetkov P, Coy S, Petrova B, Dreishpoon M, Verma A, Abdusamad M, et al. Copper induces cell death by targeting lipoylated TCA cycle proteins. Science. 2022;375(6586):1254-1261. https://doi.org/10.1126/science.abf0529
10. Wang Z, Wu C, Li R, Sun H, Li M, Luo Y, et al. Cuproptosis and cardiovascular diseases: mechanisms, pathophysiology, and therapeutic strategies—a narrative review. Rev Cardiovasc Med. 2025;26(9):38833. https://doi.org/10.31083/RCM38833
11. Kahlson MA, Dixon SJ. Copper-induced cell death. Science. 2022;375(6586):1231-1232. https://doi.org/10.1126/science.abo3959
12. Wang Z, Jin D, Zhou S, Dong N, Ji Y, An P, et al. Regulatory roles of copper metabolism and cuproptosis in human cancers. Front Oncol. 2023;13:1123420. https://doi.org/10.3389/fonc.2023.1123420
13. Zhang T, Dai X, Wang H, Hu Y, Gao X, Shu X, et al. Copper-induced duodenal injury: unveiling the dual role of cuproptosis and ferroptosis via the FDX1/GPX4 axis. J Nutr Biochem. 2026;149:110181. https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2025.110181
14. Lin CH, Chin Y, Zhou M, Sobol RW, Hung MC, Tan M. Protein lipoylation: mitochondria, cuproptosis, and beyond. Trends Biochem Sci. 2024;49(8):729-744. https://doi.org/10.1016/j.tibs.2024.04.002
15. Shen Z, Liu Z, Cai S, Fu H, Gan Y, Li X, et al. Copper homeostasis and cuproptosis in myocardial infarction: molecular mechanisms, treatment strategies and potential therapeutic targets. Front Pharmacol. 2025;16:1525585. https://doi.org/10.3389/fphar.2025.1525585
16. Jin X, Cheng Z, Ding X, Liu Z. Research status and molecular mechanisms of disulfidptosis in cardiovascular diseases. Mol Med Rep. 2026;33(4):1-11. https://doi.org/10.3892/mmr.2026.13816
17. Chen L, Wei J, Deng G, Xu G. Disulfidptosis-related gene in acute myocardial infarction and its diagnostic value and functions based on bioinformatics analysis and machine learning. Front Cardiovasc Med. 2025;12:1513342. https://doi.org/10.3389/fcvm.2025.1513342
18. Wang X, Bai Y, Feng W, Cao L, Zhang J, Li J, et al. Disulfidptosis occurs in early stage of myocardial infarction: a novel pathological mechanism of cardiac dysfunction [Internet]. 2025 [cited 2026 Apr 4]. Available from: https://www.researchsquare.com/article/rs-8076569/v1. ; https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-8076569/v1
19. Dai Y, Li H, Fan S, Wang K, Cui Z, Zhao X, et al. Dimethyl fumarate promotes the degradation of HNF1B and suppresses the progression of clear cell renal cell carcinoma. Cell Death Dis. 2025;16(1):71. https://doi.org/10.1038/s41419-025-07412-7
20. Wan Y, Jing M, Zhang L, Song Q, Ye X, Zhou Z, et al. The mechanism and regulation of disulfidptosis and its role in disease. Biomedicines. 2026;14(1):228. https://doi.org/10.3390/biomedicines14010228
21. Chen J, Ma B, Yang Y, Wang B, Hao J, Zhou X. Disulfidptosis decoded: a journey through cell death mysteries, regulatory networks, disease paradigms and future directions. Biomark Res. 2024;12(1):45. https://doi.org/10.1186/s40364-024-00593-x
22. Zhu WW, Liu Y, Yu Z, Wang HQ. SLC7A11-mediated cell death mechanism in cancer: a comparative study of disulfidptosis and ferroptosis. Front Cell Dev Biol. 2025;13:1559423. https://doi.org/10.3389/fcell.2025.1559423
23. Qiu H, Liu J, Shao N, Zhao J, Chen C, Jiang Y, et al. SLC7A11 as a bridge between ferroptosis and disulfidptosis: a promising target for tumor treatment. Cell Commun Signal. 2025;23(1):460. https://doi.org/10.1186/s12964-025-02447-x
24. Wright SS, Vasudevan SO, Rathinam VAK. Mechanisms and consequences of noncanonical inflammasome-mediated pyroptosis. J Mol Biol. 2022;434(4):167245. https://doi.org/10.1016/j.jmb.2021.167245

Creative Commons «Attribution» 4.0

25. Zhong L, Han J, Fan X, Huang Z, Su L, Cai X, et al. Novel GSDMD inhibitor GI-Y1 protects heart against pyroptosis and ischemia/reperfusion injury by blocking pyroptotic pore formation. Basic Res Cardiol. 2023;118(1):40. https://doi.org/10.1007/s00395-023-01010-4
26. Toldo S, Abbate A. The NLRP3 inflammasome in acute myocardial infarction. Nat Rev Cardiol. 2018;15(4):203-214. https://doi.org/10.1038/nrcardio.2017.161
27. Jiang K, Tu Z, Chen K, Xu Y, Chen F, Xu S, et al. Gasdermin D inhibition confers antineutrophil-mediated cardioprotection in acute myocardial infarction. J Clin Invest. 2022;132(1):e151268. https://doi.org/10.1172/JCI151268
28. Mo B, Ding Y, Ji Q. NLRP3 inflammasome in cardiovascular diseases: an update. Front Immunol. 2025;16:1550226. https://doi.org/10.3389/fimmu.2025.1550226
29. Ye X, Zhang P, Zhang Y, Luan J, Xu C, Wu Z, et al. GSDMD contributes to myocardial reperfusion injury by regulating pyroptosis. Front Immunol. 2022;13:893914. https://doi.org/10.3389/fimmu.2022.893914
30. Silvis MJM, Fiolet ATL, Opstal TSJ, Dekker M, Suquilanda D, Zivkovic M, et al. Colchicine reduces extracellular vesicle NLRP3 inflammasome protein levels in chronic coronary disease: a LoDoCo2 biomarker substudy. Atherosclerosis. 2021;334:93-100. https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2021.08.005
31. Tardif JC, Kouz S, Waters DD, Bertrand OF, Diaz R, Maggioni AP, et al. Efficacy and safety of low-dose colchicine after myocardial infarction. N Engl J Med. 2019;381(26):2497-2505. https://doi.org/10.1056/NEJMoa1912388
32. Li S, Withaar C, Rodrigues PG, Zijlstra SN, De Boer RA, Silljé HHW, et al. The NLRP3-inflammasome inhibitor MCC950 improves cardiac function in a HFpEF mouse model. Biomed Pharmacother. 2024;181:117711. https://doi.org/10.1016/j.biopha.2024.117711
33. Hu Y, Wang H, Liu Y. NETosis: sculpting tumor metastasis and immunotherapy. Immunol Rev. 2024;321(1):263-279. https://doi.org/10.1111/imr.13277
34. Ling S, Xu JW. NETosis as a pathogenic factor for heart failure. Oxid Med Cell Longev. 2021;2021:6687096. https://doi.org/10.1155/2021/6687096
35. Zhang Z, Ding S, Wang Z, Zhu X, Zhou Z, Zhang W, et al. Prmt1 upregulated by Hdc deficiency aggravates acute myocardial infarction via NETosis. Acta Pharm Sin B. 2022;12(4):1840-1855. https://doi.org/10.1016/j.apsb.2021.10.016
36. Konsoula Z. Extracellular traps – NETosis and METosis [Internet]. Materials and Methods. 2022 Nov 4 [cited 2026 Apr 4]. Available from: https://www.labome.com/method/Extracellular-Traps-NETosis-and-METosis.html
37. Yang K, Gao R, Chen H, Hu J, Zhang P, Wei X, et al. Myocardial reperfusion injury exacerbation due to ALDH2 deficiency is mediated by neutrophil extracellular traps and prevented by leukotriene C4 inhibition. Eur Heart J. 2024;45(18):1662-1680. https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehae205
38. Zhang Z, Wang Y, Li T, Wang H. NETosis in myocardial ischemia-reperfusion injury: from mechanisms to therapies. Biomed Rep. 2025;23(1):1-10. https://doi.org/10.3892/br.2025.1991
39. Nagareddy PR, Sreejit G, Abo-Aly M, Jaggers RM, Chelvarajan L, Johnson J, et al. NETosis is required for S100A8/A9-induced granulopoiesis after myocardial infarction. Arterioscler Thromb Vasc Biol. 2020;40(11):2805-2807. https://doi.org/10.1161/ATVBAHA.120.314807
40. Ferré-Vallverdú M, Latorre AM, Fuset MP, Sánchez E, Madrid I, Ten F, et al. Neutrophil extracellular traps (NETs) in patients with STEMI: association with percutaneous coronary intervention and antithrombotic treatments. Thromb Res. 2022;213:78-83. https://doi.org/10.1016/j.thromres.2022.03.002
41. Vajen T, Koenen RR, Werner I, Staudt M, Projahn D, Curaj A, et al. Blocking CCL5-CXCL4 heteromerization preserves heart function after myocardial infarction by attenuating leukocyte recruitment and NETosis. Sci Rep. 2018;8(1):10647. https://doi.org/10.1038/s41598-018-29026-0
42. Helseth R, Knudsen EC, Eritsland J, Opstad TB, Arnesen H, Andersen GØ, et al. Glucose associated NETosis in patients with ST-elevation myocardial infarction: an observational study. BMC Cardiovasc Disord. 2019;19(1):221. https://doi.org/10.1186/s12872-019-1205-1
43. Gerhardt T, Landmesser U. Advanced understanding of immune mechanisms in acute myocardial infarction: coronary extracellular vesicles trigger NETosis. Eur Heart J. 2025;46(10):940-942. https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehae554
44. Ondracek AS, Afonyushkin T, Aszlan A, Taqi S, Koller T, Artner T, et al. Malondialdehyde-specific natural IgM inhibit NETosis triggered by culprit site-derived extracellular vesicles from myocardial infarction patients. Eur Heart J. 2025;46(10):926-939. https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehae584
45. Liu Y, Wang J, Cai H, Wang Z, Lu R, Liu X, et al. Neutrophil methylmalonic acid promotes microthrombus formation and adverse cardiac remodeling post-myocardial infarction through activating IL-6 signaling pathway-mediated NETosis. BMC Med. 2026;24(1):113. https://doi.org/10.1186/s12916-026-04659-5
46. Zhang X, Song H, Liu D, Cai Y, Liu Z, Zhang X, et al. S100A12 triggers NETosis to aggravate myocardial infarction injury via the Annexin A5-calcium axis. Nat Commun. 2025;16(1):1746. https://doi.org/10.1038/s41467-025-56978-5
47. Ge L, Zhou X, Ji WJ, Lu RY, Zhang Y, Zhang YD, et al. Neutrophil extracellular traps in ischemia-reperfusion injury-induced myocardial no-reflow: therapeutic potential of DNase-based reperfusion strategy. Am J Physiol Heart Circ Physiol. 2015;308(5):H500-H509. https://doi.org/10.1152/ajpheart.00381.2014

 Creative Commons «Attribution» 4.0

THE MODERN PARADIGM OF REGULATED CELL DEATH IN MYOCARDIAL ISCHEMIA: METAL-DEPENDENT MECHANISMS, DISULFIDPTOSIS, AND IMMUNOGENIC CELL DESTRUCTION – A LITERATURE REVIEW WITH A SYSTEMATIZED SEARCH

Maksym M. Martsev[1], Sofiia Yu. Lytvyn[1], Viktoriia A. Pavlusenko[1], Anastasiia O. Kyryk[1], Anastasiia S. Lytovchenko[1], Serhii A. Dzonyk1, Tetiana V. Kozytska2

1 – Vinnitsa National Medical University, Vinnitsa, Ukraine
2 – National University of "Kyiv-Mohyla Academy", Kyiv, Ukraine

ABSTRACT

Introduction. Current understanding of the pathogenesis of myocardial infarction is based on recognition of the multimodal nature of cardiomyocyte death, extending beyond the classical binary "apoptosis–necrosis" model.
Aim. To systematize and critically analyze current data on the molecular mechanisms of ferroptosis, cuproptosis, disulfidptosis, pyroptosis, and NET-associated processes in the context of myocardial ischemia–reperfusion injury.
Materials and methods. The study was conducted as a systematized literature review, with a systematic search of publications in PubMed, MEDLINE, Embase, Google Scholar, Scopus, and Web of Science. The search included sources available as of April 2026.
Results. The analysis showed that ferroptosis is characterized by disruption of iron homeostasis, depletion of antioxidant defense systems, and accumulation of lipid peroxidation products, whereas cuproptosis is associated with copper-dependent aggregation of lipoylated mitochondrial proteins and the development of proteotoxic stress. However, the clinical role of cuproptosis in myocardial infarction remains insufficiently validated. Disulfidptosis is considered a novel redox-dependent mechanism of cell death associated with NADPH depletion and disruption of the actin cytoskeleton; however, most available evidence has been obtained from non-cardiac experimental models. Pyroptosis is mediated predominantly through the NLRP3/caspase-1/GSDMD-dependent cascade and contributes to the amplification of the sterile inflammatory response. Excessive formation of neutrophil extracellular traps is associated with immunothrombosis, microvascular obstruction, and the "no-reflow" phenomenon.
Conclusions. The available evidence indicates that myocardial ischemia–reperfusion injury results from the interplay of metabolic, redox-dependent, and immunoinflammatory mechanisms, although their relative contributions and clinical significance vary substantially. Promising directions for further research include the validation of specific biomarkers, clarification of the role of novel forms of regulated cell death in the human myocardium, and evaluation of the potential of multitarget cardioprotection.

Keywords: ferroptosis, cuproptosis, disulfidptosis, pyroptosis, NETosis, myocardial infarction, ischemia–reperfusion injury.

Received: April 04, 2026
Accepted: August 12, 2026
Published online: September 16, 2026

Creative Commons «Attribution» 4.0

ISSN 2786-6661

UDC: 616.71-001.45-089:615.81

DOI: https://doi.org/10.32345/USMYJ.3(164).2026.154-162

THE ROLE AND PLACE OF NPWT IN THE MULTIDISCIPLINARY SURGICAL MANAGEMENT OF GUNSHOT AND BLAST LIMB INJURIES

Andrii M. Trushchelov, Maksym O. Pristupiuk

Bohomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

ABSTRACT

Introduction. Modern armed conflicts are characterized by a high proportion of blast injuries to the limbs (up to 80%), accompanied by massive tissue defects and the formation of a zone of secondary necrosis. Traditional drainage methods are often insufficient for stabilizing such wounds, necessitating the search for more effective technologies, among which Negative Pressure Wound Therapy (NPWT) holds a leading position.

Aim. The aim of the study was to systematize and analyze the findings of current research regarding the efficacy, pathophysiological mechanisms, and safety of NPWT in the multidisciplinary management of blast limb injuries.

Materials and methods. An analysis of scientific sources from PubMed, Scopus, and Google Scholar databases, as well as national clinical guidelines dedicated to combat trauma management for the period 1997-2025, was conducted.

Results. It was established that NPWT exerts its effects through mechanisms of macro- and microdeformation, active exudate removal, and stimulation of angiogenesis, which allows for the stabilization of the "molecular shock" zone. It was determined that "early NPWT" (24-72 hours after radical primary surgical debridement) within the Damage Control concept is optimal. This method accelerates wound preparation for closure by 25-40%, reduces the incidence of infectious complications by 15-20%, and decreases the rate of delayed amputations. Particular attention is paid to safety: the necessity of using protective interfaces in cases of major vessel damage to prevent bleeding.

Conclusions. NPWT is a pathophysiologically sound and widely applied component of multidisciplinary treatment of blast wounds, providing active management of the wound process and creating conditions for successful reconstructive surgery. Personalization of pressure regimes and microbiological monitoring of biofilms under vacuum represent a promising direction for future research.

Keywords: NPWT, negative pressure, blast injury, limb gunshot wound, Damage Control.

INTRODUCTION

The dominance of artillery systems and mine-blast weapons in modern warfare has fundamentally altered the pathomorphological characteristics of ballistic trauma [1, 2, 3]. Today, blast injuries account for 45-70% of all hospital admissions for surgical casualties [4, 5]. Limb injuries remain among the most challenging to manage, comprising up to 80% of cases, with the extent of damage determined not only by soft-tissue defects but also by the combination of comminuted fractures and critical ischemia secondary to major vascular injury [2, 3, 6].

The distinctive feature of a blast wound is its multicomponent nature, characterized by the combined effects of direct shockwave disruption, thermal injury, and secondary cavitation [1, 7]. Determining the boundaries of the “molecular concussion” zone remains a pivotal challenge for surgeons. Pathological processes within this region are inherently progressive; tissues classified as provisionally viable during primary surgical debridement (PSD) frequently undergo secondary necrosis within 48-72 hours. This phenomenon is driven by progressive microcirculatory ischemia and the deleterious effects of interstitial edema [7, 8]. This critical “therapeutic window” determines the risk of severe infectious complications and influences the ultimate prognosis for limb salvage [9, 10].

Clinical experience demonstrates that traditional strategies – namely, the use of conventional absorbent dressings and frequent planned re-explorations – are not consistently effective in cases involving massive tissue defects [11, 12]. The primary drawback of these conventional methods is inadequate exudate evacuation. This limitation creates an environment conducive to rapid wound contamination with mul-

Creative Commons «Attribution» 4.0

tidrug-resistant nosocomial pathogens, particularly *A. baumannii* and *P. aeruginosa*, while simultaneously impairing local tissue repair [13, 14].

The implementation of Negative Pressure Wound Therapy (NPWT) has significantly shifted the paradigm of staged wound management in military surgery [14, 15, 16, 17]. By providing continuous aspiration, NPWT facilitates effective exudate removal and edema reduction, helps stabilize perfusion in at-risk tissue zones, and accelerates wound clearance [8, 13, 18, 19]. However, despite its widespread adoption, several unresolved issues persist. Specifically, the optimal timing for initiating NPWT following radical PSD, appropriate negative pressure settings in the context of concurrent vascular reconstruction, and the logistical challenges of maintaining continuous NPWT during casualty evacuation between echelons of care remain subjects of ongoing debate [20, 21, 22, 23].

AIM

The aim of this study was to critically analyze the evidence base regarding the use of NPWT in the management of complex extremity blast injuries, define the role of this modality within Damage Control Surgery protocols [23], and outline strategies for optimizing NPWT regimens within the constraints of staged medical evacuation.

MATERIALS AND METHODS

Search Strategy and Selection Criteria. This narrative literature review was conducted using a structured literature search methodology. A comprehensive search was performed across electronic databases, including PubMed, Scopus, and Google Scholar, as well as national clinical guideline repositories. The search covered publications from January 1997 to May 2026. The starting point of 1997 was deliberately selected because it corresponds to the publication of the foundational study by Argenta and Morykwas, which introduced the modern concept of Vacuum-Assisted Closure [15]. This broad time frame enabled a comprehensive analysis of the evolution of NPWT, from its conceptual origins to its current applications and advanced protocols in modern armed conflicts.

The literature search utilized the following primary keywords and Boolean combinations: ("Negative Pressure Wound Therapy" OR "NPWT" OR "Vacuum-Assisted Closure" OR "VAC") AND ("blast injury" OR "mine-blast trauma" OR "combat trauma" OR "gunshot wound" OR "war surgery" OR "extremity trauma" OR "open fracture").

The inclusion criteria were as follows: (1) peer-reviewed original articles, systematic reviews, meta-analyses, and clinical guidelines; (2) studies addressing the use of NPWT in severe extremity trauma, combat wounds, or blast injuries; and (3) publications in English or Ukrainian. The exclusion criteria included: (1) in vitro and animal studies; (2) publications focusing exclusively on chronic non-traumatic wounds, unless they provided relevant fundamental pathophysiological data; and (3) abstract-only publications, unpublished reports, and non-peer-reviewed sources.

The initial database search yielded 842 potentially relevant records. After removal of duplicates using reference management software, 615 articles remained for title and abstract screening. At this stage, 465 records were excluded because they did not meet the predefined thematic inclusion criteria. The full texts of the remaining 150 articles were independently assessed for eligibility. Ultimately, 37 sources providing the most relevant and informative evidence regarding clinical efficacy, pathophysiological mechanisms, and staged application strategies in combat trauma were included in the final review.

Pathophysiological mechanisms of npwt in blast injuries. The efficacy of Negative Pressure Wound Therapy (NPWT) in the management of extremity blast injuries is predicated on the synergy of physical and biological factors that transform the local microenvironment [8, 15]. In cases of combat trauma, where the defining factor is a massive transfer of kinetic energy and significant damage to neurovascular structures, these mechanisms become critical for limb segment salvage [16, 17].

Mechanotransduction and Structural Tissue Alterations. The fundamental basis of NPWT action comprises the processes of macro- and microdeformation [8, 22]. Macrodeformation is achieved through the physical approximation of wound edges under the influence of negative pressure transmitted via the open-pore structure of the polyurethane foam. This not only stabilises wound geometry and reduces its volume but also significantly facilitates subsequent stages of surgical reconstruction (secondary intention closure or dermatoplasty) [24]. Conversely, microdeformation occurs directly at the points of contact between the wound surface and the struts of the polyurethane foam. The invagination of tissue sections into the foam pores generates local tensile forces that trigger a mechanotransduction cascade – the transformation of a mechanical stimulus into a biological response at the cellular nucleus level [25]. This activates protein kinase pathways, thereby stimulating the proliferative activity of fibroblasts and the synthesis of extracellular matrix proteoglycans [8, 25].

Exudate Dynamics and Interstitial Pressure Correction. The capillary leakage characteristic of blast trauma leads to a rapid increase in interstitial edema, which mechanically compresses the micro-

circulatory bed and exacerbates tissue ischemia [1]. The application of NPWT facilitates continuous evacuation of exudate containing pro-inflammatory cytokines, excess matrix metalloproteinases (MMPs), and tissue debris [8, 13]. Reduction of interstitial pressure promotes the "decompression" of compressed capillaries and lymphatic vessels. This unloading effect is crucial for tissue survival within the "molecular concussion" zone (i.e., the zone at risk of secondary necrosis), where restoration of adequate perfusion may prevent irreversible tissue damage [7, 19].

Perfusion Optimization and Angiogenesis Induction. The modulation of local blood flow under the influence of negative pressure exhibits a non-linear pattern. It has been demonstrated that utilizing an optimal pressure level (-125 mmHg) establishes a gradient that promotes vasodilation at the wound periphery [22]. Concurrently, relative local hypoxia at the areas of direct contact with the foam acts as a potent stimulus for the expression of vascular endothelial growth factor (VEGF). This initiates active angiogenesis and the formation of functionally viable granulation tissue, which possesses high resistance to infection and provides an optimal foundation for subsequent plastic closure of the defect [8, 18, 19, 25].

Microbiological Profile and Barrier Function. Although NPWT does not possess a direct antiseptic effect, the technique fundamentally alters the conditions for microflora viability [13, 14]. The creation of a sealed, isolated environment precludes the possibility of secondary contamination with nosocomial bacterial strains during evacuation stages [16]. The elimination of wound secretions and necrotic debris deprives microorganisms of a nutrient substrate, while the enhancement of local blood flow ensures a higher concentration of endogenous immune factors and systemic antibiotics directly at the trauma site [14, 25].

Summary. Consequently, the pathophysiological impact of NPWT on a blast wound is a multi-vector process. Through the integration of mechanical stabilization, tissue decompression, and angiogenesis activation, this modality enables the localization of the secondary necrosis zone and transforms a chronic inflammatory response into an active regenerative process [8, 19, 25].

RESULTS

Clinical tactics and staged application of npwt in blast trauma. The practical implementation of negative pressure wound therapy (NPWT) in the management of mine-blast wounds requires strict adherence to staged surgical treatment algorithms [16, 19, 26]. The modern concept views NPWT as a "golden bridge" – a technological link that ensures a safe transition from emergency primary debridement to the definitive reconstructive phase [14, 19, 24].

Surgical Debridement as the Foundation of the Modality. A fundamental principle of military surgery is that NPWT is not an alternative to surgical wound debridement [1, 7]. NPWT should be initiated only after adequate radical primary surgical debridement (PSD). This procedure involves the complete excision of non-viable tissue based on established tissue viability criteria, including muscle contractility and bleeding, removal of foreign bodies, and decompressive fasciotomy when clinically indicated or when there is a risk of compartment syndrome [11, 27]. Sealing a wound with residual necrotic tissue is unacceptable, as retained devitalized tissue promotes bacterial proliferation and may contribute to rapid progression of wound infection [7, 16].

The Time Continuum: The Concept of "Early NPWT". Debate regarding the optimal timing for negative pressure exposure has led to the formulation of the "Early NPWT" strategy [22, 23]. Although wound packing with antiseptic dressings is often preferred during the forward echelons of medical evacuation (the first 24 hours), the application of NPWT systems within 24-72 hours post-injury at the specialized care stage is considered most appropriate [21, 26, 27]. It is within this "clinical window" that the demarcation of the secondary necrosis zone concludes, and active drainage allows for maximum preservation of tissues that have undergone molecular concussion, preventing their subsequent destruction [7].

Dynamic Control and the "Second Look" Strategy. Because blast wounds are prone to progressive ischemia, the initial phase of NPWT is commonly combined with a strategy of planned serial re-exploration ("second look") [7, 11]. The first NPWT period typically lasts 48-72 hours, after which tissue viability is reassessed during the planned NPWT dressing change. If new foci of necrosis are identified, repeat surgical debridement is performed. Once the wound process has stabilized and healthy granulation tissue has developed, the intervals between NPWT system changes can be extended to 3–5 days, thereby reducing the overall number of surgical interventions and the anesthesia-related burden on the patient [16, 19, 26].

Transportability and Continuity of Care. A critical advantage in the context of modern warfare is the utilization of autonomous, portable NPWT devices, which ensure cycle continuity during inter-hospital evacuation [14, 20]. Sealing the wound during transit not only prevents nosocomial superinfection but also facilitates early patient mobilization and mitigates pain intensity via the mechanical stabilization of soft tissues under the dressing [21].

 Creative Commons «Attribution» 4.0

Criteria for Transitioning to the Reconstructive Phase. The discontinuation of vacuum therapy and the transition to defect closure are determined by a combination of clinical and laboratory indicators [13, 19, 24]: Complete wound clearance of necrotic elements; The presence of a uniform layer of lush, fine-grained granulation tissue; A reduction in the level of bacterial contamination below the critical threshold (10^5 CFU/g) [13]; Positive dynamics in the cytological profile of wound touch imprints [26].

Summary. Consequently, the tactical efficacy of NPWT in blast injuries is dictated by its integration into the overarching Damage Control Surgery strategy. Dynamic monitoring of the wound status combined with the capability to maintain negative pressure throughout evacuation stages enables not only the preservation of tissue viability within the critical zone but also the creation of optimal conditions for successful subsequent reconstruction [14, 16].

Specific features of npwt in concomitant extremity injuries. Blast injuries of the extremities in the context of modern combat trauma are predominantly complex and combined injuries. They are often accompanied by comminuted fractures, major vascular injuries with critical limb ischemia, peripheral nerve damage, and extensive soft-tissue loss [2, 6]. The application of Negative Pressure Wound Therapy (NPWT) in such complex clinical settings requires the surgical team to possess not only technical expertise but also a thorough understanding of the risks associated with the anatomical characteristics of the injured structures [20, 21].

Integration with External Fixation Modalities. In gunshot fractures of long bones, fracture stabilization using external fixation devices (EFDs) remains a priority [1, 27]. Combining NPWT with external fixation presents distinct technical challenges, particularly in maintaining an airtight seal around pin and wire exit sites. In clinical practice, hydrocolloid dressings or sealing pastes may be applied around fixation elements to maintain an adequate negative-pressure gradient [11, 19]. A potential advantage of this approach is improved protection of the wound from external contamination; by promoting the formation of granulation tissue, NPWT may facilitate coverage of exposed bone and potentially reduce the risk of deep infection in Gustilo–Anderson type IIIB and IIIC fractures [28, 29, 30].

Vacuum Therapy in Major Vascular Injuries. The use of negative pressure over vascular reconstructions, including anastomoses and autogenous vein grafts, requires extreme caution because of the risk of vascular erosion and hemorrhage [20, 31]. Direct contact between the polyurethane foam and the vascular suture line should be avoided. A mandatory safety measure is the placement of a protective barrier between the vessel and the NPWT system, using a viable muscle flap (transposition), xenopericardium, or a non-adherent mesh dressing [20]. In such cases, moderate negative pressure (-75 to -100 mmHg) in continuous mode may be appropriate to minimize mechanical stress and pressure fluctuations on the vascular wall [20, 22].

Preservation of Tendinous and Neural Structures. Exposed tendons and nerves managed in an open wound are highly susceptible to rapid desiccation and secondary necrosis [1]. NPWT helps maintain a moist wound environment, thereby reducing the risk of tissue desiccation [16, 19]. However, because granulation tissue may grow into the pores of standard polyurethane (black) foam, the use of polyvinyl alcohol (white) foam or a specialized non-adherent interface over exposed nerves is recommended. This approach facilitates scheduled NPWT system changes while minimizing additional mechanical trauma to the underlying neural tissue [19, 32].

Wound Bed Optimization and the Closure Phase. The primary objective of NPWT in concomitant trauma is the preparation of the wound surface for definitive defect closure [19, 24]. The method facilitates the rapid development of a high-quality granulation barrier even on surfaces with low perfusion potential, such as exposed fascia or the cortical bone plate [33]. Special attention should be directed toward the technique of NPWT-assisted skin graft survival. Utilizing vacuum as an "active compression dressing" for 3-5 days post-dermatoplasty ensures ideal graft adhesion to the wound bed, precludes the formation of sub-graft hematomas, and enhances epithelial trophism, thereby significantly increasing the success rate of graft take [19, 33].

Summary. In concomitant blast injuries, NPWT functions as a comprehensive tissue viability preservation technology that helps avoid secondary amputations [7]. Concurrently, the presence of vascular anastomoses and exposed critical structures dictates the absolute necessity of strict adherence to precise system application techniques and individualized selection of pressure regimens [20, 31].

Comparative analysis of clinical efficacy and advantages of the method. An analysis of current specialized literature and the results of multicenter clinical trials demonstrates a statistically significant superiority of the NPWT strategy over traditional approaches based on the use of conventional absorbent dressings and passive drainage [14, 28, 29, 34]. The higher efficacy of this modality in extremity blast injuries can be traced across several key vectors:

from the rate of tissue regeneration to economic feasibility and patient psychological comfort.

Acceleration of Reparative Processes. Comparative data indicate that the utilization of vacuum aspiration allows for a reduction in the wound clearance phase and the formation of a functional granulation barrier by an average of 25-40% [19, 33]. According to observations by various authors, readiness of the wound defect for secondary closure or dermatoplasty occurs 5-8 days earlier with NPWT compared to conservative management [11, 12, 29]. This is attributed to the intensification of angiogenesis and the capacity of the method to artificially modulate a rapid transition of the wound process from the inflammatory (exudative) phase into the proliferative phase [8, 25].

Control of Infectious Complications. Mine-blast trauma of the extremities is a priori associated with a high risk of sepsis due to primary massive contamination and the presence of ischemic tissues [1, 13]. Recent meta-analyses demonstrate that the implementation of NPWT therapy reduces the incidence of deep surgical site infections (SSIs) in open fractures by 15-20% [9, 10, 28]. Due to the maintenance of system hermeticity and the continuous elimination of debris, bacterial bioburden in the wound is consistently maintained below the critical threshold (10^5 CFU/g), thereby minimizing the risks of nosocomial superinfection [13, 14].

Organisational and Economic Feasibility. Despite the relatively high cost of consumables, the overall cost of treatment with NPWT may be lower [14, 17]. The economic benefit is associated with a reduction in hospital length of stay (LOS) and more efficient use of healthcare personnel and resources. Unlike conventional wound management, which may require painful and frequent dressing changes, sometimes performed under anesthesia in the operating room, NPWT systems can often be changed at intervals of 3-4 days. This may substantially reduce the workload of anesthesia services and operating rooms, which is particularly important during periods of mass casualty influx [11, 26, 34].

Tissue Preservation and Amputation Rates. In complex clinical scenarios, particularly in Gustilo–Anderson type IIIB and IIIC injuries, NPWT may contribute to the preservation of potentially viable tissue that might otherwise require excision because of progressive secondary ischemia [7, 19]. Effective reduction of intermuscular edema and decompression of the affected tissue compartments may contribute to the stabilization of local perfusion within the "molecular concussion" zone. According to reports from military surgical practice, this approach has been associated with a 10-12% reduction in the rate of delayed amputations [7, 20].

Patient-Centered Aspects. The deployment of portable negative pressure systems significantly enhances the casualty's quality of life during prolonged treatment [17, 21]. Device autonomy ensures early patient mobilization, while the mechanical stabilization of soft tissues beneath the dressing, combined with less frequent wound manipulations, results in an objective reduction in pain intensity [14, 21]. A distinct psychological factor is the sealed nature of the system, which, owing to integrated charcoal filters, completely eliminates the specific odor of wound exudate, thereby improving the emotional well-being of both the patient and those around them [14].

Summary. The conducted comparative analysis confirms that NPWT is a pathophysiologically justified component in the management of blast injuries. Its high efficacy in infection prevention, accelerated kinetics of regenerative processes, and the facilitation of early rehabilitation render this method a cornerstone of modern surgical strategy [19, 29, 33, 34].

DISCUSSION

Limitations, contraindications, and potential complications. Despite its proven clinical efficacy, vacuum therapy is not a universal tool and requires strict adherence to safety protocols. Improper implementation of the method, particularly in concomitant blast injuries, can provoke the development of life-threatening conditions that negate the advantages of the technology [14, 15, 20].

System of Contraindications and Safety Criteria. According to international consensus recommendations and the experience of military surgical practice, the use of NPWT has clearly defined indications and contraindications [1, 14, 15]. A fundamental limitation is the presence of non-viable tissue: NPWT is not a substitute for surgical debridement, and applying an occlusive system to inadequately debrided wounds may promote bacterial proliferation and progression of wound infection beneath the dressing [7]. Similarly, the use of NPWT in acute osteomyelitis without adequate surgical debridement and management of necrotic bone is generally considered inappropriate [33]. A distinct high-risk group comprises wounds with exposed major vessels, nerves, or vascular anastomoses. Direct contact between polyurethane foam and these structures should be avoided, and an appropriate protective interface is required to minimize the risk of mechanical trauma and hemorrhage [20, 22].

Risk of Hemorrhagic Complications and Vascular Fragility. The most critical complication in

 Creative Commons «Attribution» 4.0

combat trauma surgery is massive haemorrhage [20]. The specificity of a blast wave lies in the formation of a vascular wall contusion zone, leading to its structural degradation and increased fragility [2]. Under such conditions, prolonged exposure to negative pressure can provoke vascular suture line failure or rupture of the major vessel wall. An additional risk factor is the necessity of anticoagulant therapy for the prophylaxis of thromboembolic complications, which demands continuous monitoring of the patient's condition during NPWT system operation [20, 22].

Risks of Anaerobic Invasion and Systemic Response. The creation of a sealed environment beneath the occlusive drape may alter local tissue oxygenation. In cases of inadequate primary surgical debridement (PSD), the presence of residual devitalized tissue may promote bacterial proliferation, including that of anaerobic pathogens such as *Clostridium* spp. [14, 15]. A rapid increase in pain intensity, local hyperthermia, or signs of a systemic inflammatory response during NPWT should prompt immediate clinical reassessment, consideration of NPWT discontinuation, and urgent wound re-exploration when clinically indicated [1].

Technical and Iatrogenic Complications of the Method. Among the less critical but relatively common complications, periwound skin maceration should be highlighted, particularly when healthy surrounding tissue is inadequately protected with the adhesive drape [32]. Another important issue is failure to adhere to recommended dressing-change intervals: when NPWT dressings remain in place for longer than 72-96 hours, granulation tissue may grow into the pores of the polyurethane foam. This can make system removal considerably more painful and may result in disruption of the newly formed granulation tissue and capillary bleeding during foam removal [21, 32]. Furthermore, fragmentation and retention of foam material within the wound may contribute to chronic inflammation and, in rare cases, foreign-body granuloma formation or fistula development [15].

Algesiologic Aspects. Blast injuries are frequently accompanied by peripheral nerve damage, which may increase patients' sensitivity to pain during NPWT. Continuous negative pressure and, particularly, initiation of NPWT may exacerbate pain, necessitating adjustments to the analgesic regimen or performance of painful procedures under intravenous sedation. This may impose an additional physiological burden on the patient and should therefore be considered during treatment planning [21].

Consequently, NPWT remains an effective treatment modality when used following adequate surgical debridement and with appropriate protection of anatomically critical structures. Failure to recognize relevant clinical contraindications or to adhere to recommended technical protocols may reduce the therapeutic benefits of NPWT and increase the risk of iatrogenic complications [14, 15, 20].

CONCLUSIONS

A review of current scientific data and military clinical experience with extremity blast injuries yields the following conclusions:

Negative Pressure Wound Therapy (NPWT) is an essential, active component of multidisciplinary combat wound care, replacing passive observation with controlled wound management. It functions by actively reducing interstitial edema, mechanically stabilizing the soft tissue architecture, and accelerating angiogenesis in compromised zones [8, 15, 19, 25]. To work safely, NPWT must integrate into a staged Damage Control Surgery pathway [23]. The "early NPWT" concept (initiating therapy 24–72 hours post-injury) at specialized medical centers is highly effective, but its use is strictly conditional on an exhaustive, radical primary surgical debridement [11, 14, 26, 27]. When deployed correctly in complex, concomitant trauma, vacuum aspiration speeds wound bed preparation by 25–40% [35], cuts surgical site infection rates, and improves split-thickness skin graft take [10, 28, 29, 33, 34]. However, the method demands strict technological discipline over exposed vascular and neural structures; interface barriers and vigilant clinical monitoring are mandatory to avoid catastrophic corrosive bleeding or anaerobic infections [14, 20, 22].

Future Directions. While NPWT is widely used, several clinical gaps require targeted research within this dissertation project:

- Refining Pressure Regimens: Developing clinical algorithms to match specific negative pressure curves (continuous, variable, or intermittent) to the exact surface area of the defect and the patient's local tissue perfusion [22].
- Standardizing Readiness Markers: Locating clear morphological and molecular-genetic biomarkers to objectively flag when a wound is ready to transition from vacuum therapy to final closure [15, 19].
- Mapping Wound Microbiocenosis: Tracking how prolonged vacuum forces affect the architecture of bacterial biofilms, particularly when dealing with the highly resistant strains common in modern combat wounds [13, 14].
- Evaluating Combined Modalities: Measuring the clinical value of pairing NPWT with continuous antiseptic instillation (NPWT-instill) directly into the wound bed during phases of extreme bacterial bioburden [32, 36].

Article Declarations

Perspectives for further research. Prospects for future research lie in the systematic integration and analysis of data generated by medical and academic institutions during active hostilities, which is essential for developing standardized evidence-based protocols.

Study limitations. The authors of the manuscript hereby certify that the limitations of this review are determined by both the predefined scope of the topic, timeframes, and study types, as well as the availability of sources. The search strategy encompassed Ukrainian and international scientific sources and manuals published within the 2021–2026 period.

Primary data and materials. The authors of the manuscript hereby certify that primary medical documentation (including case histories, outpatient records, examination protocols, laboratory and instrumental test results of individual patients) and statistical databases were not used in this research.

Research ethics. The authors complied with all protocols and procedures established by the Biomedical Research Ethics Committee, relevant Ukrainian healthcare legislation, and the principles of the Declaration of Helsinki (2000).

Declaration of AI use. During the preparation of this work, the authors utilized Gemini to generate phrasing options. After using this tool, the authors reviewed and edited the material as necessary and take full responsibility for the content of the publication.

Funding. The study was conducted at the Department of Surgery with a Course in Abdominal Surgery of Bogomolets National Medical University. This study was conducted as an independent research initiative by the authors and received no specific grant or funding.

Conflict of Interest. The authors declare no conflicts of interest related to the preparation, conduct, and publication of this study. None of the authors have financial, commercial, or other personal relationships that could influence the interpretation of the results. The study was conducted in accordance with the principles of academic integrity and objectivity. All authors have approved the final version of the manuscript.

Acknowledgements. We express our sincere gratitude to everyone who assisted in the research process and the preparation of the manuscript.

Author Contributions (CRediT taxonomy)

*Andrii M. Trushchelov – A, B, F ORCID: 0000-0003-4079-0222
Maksym O. Pristupiuk – C, D, E ORCID: 0000-0001-7725-1498

***Corresponding author:** rpg3gorpg3go@gmail.com, +380683506879

REFERENCES

1. Giannou C, Balden M, Molde Å. War Surgery: Working With Limited Resources in Armed Conflict and Other Situations of Violence (Volume 2). Ann R Coll Surg Engl. 2014;96(3):251. https://doi.org/10.1308/rcsann.2014.96.3.251
2. Owens BD, Kragh JF, Wenke JC, Macaitis J, Wade CE, Holcomb JB. Combat Wounds in Operation Iraqi Freedom and Operation Enduring Freedom. J Trauma. 2008;64(2):295-299. https://doi.org/10.1097/ta.0b013e318163b875
3. Mathieu L, Choufani C, Andro C, de l'Escalopier N. Management of combat-related extremity injuries in modern armed conflicts. Orthop Traumatol Surg Res. 2024:104055. [suspicious link removed]
4. Tarasenko V, Kuchmistova O, Solomennyi A, Pidlisnyi O. Characteristics structuring and consequences of battle trauma of armed forces members. Ukr J Mil Med. 2019;19(4):111-117. https://ujmm.org.ua/index.php/journal/article/view/41
5. Zarutskyi YaL, Bilenkyi VA, et al. Military field surgery: a textbook. Kyiv: Phoenix. 2022.
6. Ignatiadis IA, Mavrogenis AF, Igoumenou VG, Polyzois VD, Tsiampa VA, Arapoglou DK, Spyridonos S. Gunshot and blast injuries of the extremities: a review of 45 cases. Eur J Orthop Surg Traumatol. 2018;29(2):295-305. https://doi.org/10.1007/s00590-018-2350-4
7. Maurya S, Srinath N, Bhandari PS. Negative pressure wound therapy in the management of mine blast injuries of lower limbs: Lessons learnt at a tertiary care center. Med J Armed Forces India. 2017;73(4):321-327. https://doi.org/10.1016/j.mjafi.2016.06.002
8. Glass GE, Murphy GF, Esmaeili A, Lai LM, Nanchahal J. Systematic review of molecular mechanism of action of negative-pressure wound therapy. Br J Surg. 2014;101(13):1627-1636. https://doi.org/10.1002/bjs.9636
9. Liu H, Zhang G, Wei A, Xing H, Han C, Chang Z. Effect of negative pressure wound therapy on the incidence of deep surgical site infections after orthopedic surgery: a meta-analysis and systematic review. J Orthop Surg Res. 2024;19(1). https://doi.org/10.1186/s13018-024-05038-7
10. Yuan S, Zhang T, Zhang D, He Q, Du M, Zeng F. Impact of negative pressure wound treatment on incidence of surgical site infection in varied orthopedic surgeries: A systematic review and meta-analysis. Int Wound J. 2022. https://doi.org/10.1111/iwj.14043

 Creative Commons «Attribution» 4.0

11. Leininger BE, Rasmussen TE, Smith DL, Jenkins DH, Coppola C. Experience With Wound VAC and Delayed Primary Closure of Contaminated Soft Tissue Injuries in Iraq. J Trauma. 2006;61(5):1207-1211. https://doi.org/10.1097/01.ta.0000241150.15342.da
12. Arti H, Khorami M, Ebrahimi-Nejad VE. Comparison of Negative Pressure Wound Therapy (NPWT) and Conventional Wound Dressings in the Open Fracture Wounds. Pak J Med Sci. 2016;32(1):247-251. https://doi.org/10.12669/pjms.321.8568
13. Li Z, Yu Q, Wang S, Wang G, Li T, Tang P, Liu D. Impact of negative-pressure wound therapy on bacterial behaviour and bioburden in a contaminated full-thickness wound. Int Wound J. 2019;16(5):1214-1221. https://doi.org/10.1111/iwj.13197
14. Fries CA, Jeffery SL, Kay AR. Topical negative pressure and military wounds—A review of the evidence. Injury. 2011;42(5):436-440. https://doi.org/10.1016/j.injury.2010.02.027
15. Argenta LC, Morykwas MJ. Vacuum-Assisted Closure: A New Method for Wound Control and Treatment. Ann Plast Surg. 1997;38(6):563-577. https://doi.org/10.1097/00000637-199706000-00002
16. Maurya S, Bhandari PS. Negative Pressure Wound Therapy in the Management of Combat Wounds: A Critical Review. Adv Wound Care. 2016;5(9):379-389. https://doi.org/10.1089/wound.2014.0624
17. Hinck D, Franke A, Gatzka F. Use of Vacuum-Assisted Closure Negative Pressure Wound Therapy in Combat-Related Injuries—Literature Review. Mil Med. 2010;175(3):173-181. https://doi.org/10.7205/milmed-d-09-00075
18. Ruberg RL. Evidence-based recommendations for the use of Negative Pressure Wound Therapy in traumatic wounds and reconstructive surgery: Steps towards an international consensus. Yearb Plast Aesthet Surg. 2012;2012:224-225. https://doi.org/10.1016/j.yprs.2011.07.004
19. Van Rysselberghe NL, Gonzalez CA, Calderon C, Mansour A, Oquendo YA, Gardner MJ. Negative Pressure Wound Therapy for Extremity Open Wound Management: A Review of the Literature. J Orthop Trauma. 2022;36(4):S6-S11. https://doi.org/10.1097/bot.0000000000002430
20. Sivash II, Koval BM. Negative pressure wound therapy for combat-related extremity vascular injuries: clinical experience from the war in Ukraine. Scand J Trauma Resusc Emerg Med. 2025;33(1). https://doi.org/10.1186/s13049-025-01502-3
21. Upton D, Andrews A. Pain and trauma in negative pressure wound therapy: a review. Int Wound J. 2013;12(1):100-105. https://doi.org/10.1111/iwj.12059
22. Gabriel A. The clinical use of negative pressure wound therapy with instillation in surgical wound healing. In: Surgical Wound Healing and Management. CRC Press. 2012:104-109. https://doi.org/10.3109/9781841849270-13
23. Roberts DJ, Bobrovitz N, Zygun DA, Kirkpatrick AW, Ball CG, Faris PD, Stelfox HT. Evidence for use of damage control surgery and damage control interventions in civilian trauma patients: a systematic review. World J Emerg Surg. 2021;16(1). https://doi.org/10.1186/s13017-021-00352-5
24. Ratnicka I, Kondej K, Jończyk J, Graczyk M, Chrzanowska B, Jankau J. Negative pressure wound therapy as a "bridge" for the final reconstruction of tissue defect following a degloving injury of the forearm – a case report. Negat Press Ther J. 2019;6(3):4-7. https://doi.org/10.18487/npwtj.v6i3.52
25. Mamun AA, Shao C, Geng P, Wang S, Xiao J. Recent advances in molecular mechanisms of skin wound healing and its treatments. Front Immunol. 2024;15. https://doi.org/10.3389/fimmu.2024.1395479
26. Martsynkovskyi IP, Stashchuk RP, Ordatii AV, Bohush HL, Kryvoruchko VO, Korobko VA, et al. Experience of using VAC-therapy in the complex treatment of gunshot wounds. Visn Ortop Travmatol Protez. 2022;(3):12-18. https://dspace.vnmu.edu.ua/handle/123456789/6157
27. Loskutov OYe, Zherdev II, Domanskyi AM, Korol SO. Surgical tactics for the treatment of gunshot wounds of the limbs in a multidisciplinary hospital. Trauma. 2022;17(3):169-172. https://doi.org/10.22141/1608-1706.3.17.2016.75804
28. Zhang J, Xu R, Qian J, Cai X. Closed incision management with negative pressure wound therapy: a systematic review and meta-analysis of orthopedic trauma outcomes. BMC Musculoskelet Disord. 2025;26(1). https://doi.org/10.1186/s12891-025-08986-1
29. Qian H, Lei T, Hu Y. Negative pressure wound therapy versus gauze dressings in managing open fracture wound of lower limbs: A meta-analysis of randomized controlled trials.Foot Ankle Surg. 2022. https://doi.org/10.1016/j.fas.2022.03.012
30. Costa ML, Achten J, Bruce J, Tutton E, Petrou S, Lamb SE, Parsons NR. Effect of Negative Pressure Wound Therapy vs Standard Wound Management on 12-Month Disability Among Adults With Severe Open Fracture of the Lower Limb. JAMA. 2018;319(22):2280. https://doi.org/10.1001/jama.2018.6452
31. Sivash II, Koval BM. NPWT in Complex Surgical Management of Combat Vascular Injuries of the Limbs: Fundamentals of Safe Application and Clinical Experience. Ukr J Cardiovasc Surg. 2025;33(4):136-146. https://doi.org/10.63181/ujcvs.2025.33(4).136-146
32. Téot L, Boissiere F, Fluieraru S. Novel foam dressing using negative pressure wound therapy with instillation to remove thick exudate. Int Wound J. 2017;14(5):842-848. https://doi.org/10.1111/iwj.12719
33. Ng S, Lok E, Oe T. Lower Extremity Traumatic Wound Management: Relative Significance of Negative Pressure Wound Therapy in the Orthopaedic Setting. Adv Wound Care. 2024. https://doi.org/10.1089/wound.2023.0133
34. Burhan A, Ali Khusein NB, Sebayang SM. Effectiveness of negative pressure wound therapy on chronic wound healing: A systematic review and meta-analysis. Belitung Nurs J. 2022;8(6):470-480. https://doi.org/10.33546/bnj.2220

35. Liu X, Zhang H, Cen S, Huang F. Negative pressure wound therapy versus conventional wound dressings in treatment of open fractures: A systematic review and meta-analysis. Int J Surg. 2018;53:72-79. https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2018.02.064
36. Gabriel A, Shores J, Heinrich C, Baqai W, Kalina S, Sogioka N, Gupta S. Negative pressure wound therapy with instillation: a pilot study describing a new method for treating infected wounds. Int Wound J. 2008;5(3):399-413. https://doi.org/10.1111/j.1742-481x.2007.00423.x
37. Derakhshandeh H, Kashaf SS, Aghabaglou F, Ghanavati IO, Tamayol A. Smart Bandages: The Future of Wound Care. Biotechnol. 2018;36(12):1259-1274. https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2018.07.007

РОЛЬ ТА МІСЦЕ NPWT-ТЕРАПІЇ У КОМПЛЕКСНОМУ ХІРУРГІЧНОМУ ЛІКУВАННІ ВОГНЕПАЛЬНИХ ТА ВИБУХОВИХ РАН КІНЦІВОК

Андрій М. Трущельов, Максим О. Приступюк

Національний медичний університет імені О. О. Богомольця, м. Київ, Україна

РЕЗЮМЕ

Вступ. Сучасні збройні конфлікти характеризуються високою часткою мінно-вибухових поранень кінцівок (до 80%), що супроводжуються масивними дефектами тканин та формуванням зони вторинного некрозу. Традиційні методи дренування часто є недостатніми для стабілізації таких ран, що зумовлює пошук ефективніших технологій, серед яких провідне місце посідає лікування негативним тиском (NPWT).

Мета. Систематизувати та проаналізувати результати сучасних досліджень щодо ефективності, патофізіологічних механізмів та безпеки застосування NPWT-терапії в комплексному лікуванні вибухових поранень кінцівок. Матеріали та методи. Проведено аналіз наукових джерел баз даних PubMed, Scopus та Google Scholar, а також вітчизняних клінічних настанов, присвячених лікуванню бойової травми за період 1997-2025 рр..

Результати. Встановлено, що NPWT реалізує свій ефект через механізми макро- та мікродеформації, активне видалення ексудату та стимуляцію ангіогенезу, що дозволяє стабілізувати зону «молекулярного струсу». Визначено, що оптимальним є «раннє NPWT» (через 24-72 год після радикальної ПХО) у межах концепції Damage Control. Метод дозволяє прискорити підготовку ран до закриття на 25-40%, знизити частоту інфекційних ускладнень на 15-20% та зменшити кількість відтермінованих ампутацій. Окрему увагу приділено безпеці: необхідності використання захисних інтерфейсів при пошкодженні магістральних судин для запобігання кровотечам.

Висновки. NPWT-терапія є патофізіологічно обґрунтованим стандартом лікування вибухових ран, що забезпечує активне керування рановим процесом та створює умови для успішної реконструктивної хірургії. Перспективним напрямком є персоналізація режимів тиску та мікробіологічний моніторинг біоплівок під вакуумом.

Ключові слова: NPWT-терапія, негативний тиск, вибухова рана, вогнепальне поранення кінцівок, Damage Control.

Received: March 31, 2026
Accepted: July 18, 2026
Published online: September 16, 2026

 Creative Commons «Attribution» 4.0

УДК: 616.718.4-006-053.2:616.71-001.5-089-74

DOI: https://doi.org/10.32345/USMYJ.3(164).2026.163-168

КЛІНІЧНИЙ ВИПАДОК ЛІКУВАННЯ КІСТИ ШИЙКИ СТЕГНОВОЇ КІСТКИ ІЗ ОБГРУНТУВАННЯМ ВИКОРИСТАННЯ ПРОФІЛАКТИЧНОГО МЕТАЛООСТЕОСИНТЕЗУ ПЛАСТИНОЮ У ДИТИНИ 11 РОКІВ

Антоніна С. Шкроб'як, Володимир М. Вітязь

Національний медичний університет імені О. О. Богомольця, м. Київ, Україна

РЕЗЮМЕ

Вступ. Доброякісні пухлини та непухлинні ураження кісткової тканини становлять переважну більшість первинних патологічних утворень кісток у дітей. Попри доброякісний характер цих уражень, існує суттєвий ризик виникнення патологічних переломів. Незважаючи на актуальність проблеми, у практиці дитячого ортопеда відсутні загальноприйняті критерії оцінки ризику виникнення патологічного перелому, що ускладнює вибір тактики лікування. Зокрема, важливим питанням є обґрунтування показань до профілактичного остеосинтезу у таких пацієнтів.

Мета. Обґрунтувати використання профілактичного металоостеосинтезу за допомогою модифікованої шкали оцінки ризику виникнення патологічного перелому для визначення тактики лікування пацієнта 11 років із кістою шийки стегнової кістки.

Матеріали та методи. Виконано ретроспективний аналіз медичної документації пацієнта 11 років із кістою шийки стегнової кістки. Для оцінки ризику виникнення патологічного перелому використано сучасну шкалу, описану в роботі Li et al. На підставі отриманих даних виконано клінічне та теоретичне обґрунтування застосування профілактичного металоостеосинтезу.

Результати. Використання модифікованої шкали дозволило об'єктивно оцінити характеристики ураження кісткової тканини. Загальна оцінка становила 8 балів, що відповідало показанням до проведення профілактичного остеосинтезу. Фіксацію сегмента виконано за допомогою LCP-пластини та гвинтів. Протягом 7 місяців спостереження відзначено позитивну клінічну та рентгенологічну динаміку, без ускладнень.

Висновки. Цей клінічний випадок демонструє ефективність застосування модифікованої шкали оцінки ризику виникнення патологічного перелому для обґрунтування необхідності профілактичного остеосинтезу у дітей із доброякісними пухлинами та непухлинними ураженнями кісток.

Ключові слова: патологічний перелом, профілактичний остеосинтез, кіста кістки у дітей, пухлиноподібні утворення кісток у дітей

ВСТУП

Доброякісні ураження кісткової тканини є групою патологічних станів, різних за гістологічною будовою, типом ураження та клінічним перебігом, і становлять близько 80% усіх новоутворень кісток у дітей [1]. Доброякісні ураження кісток включають як справжні пухлини, так і пухлиноподібні утворення, зокрема кісткові кісти, що не мають неопластичної природи [2].

Найпоширенішими є остеохондроми, прості кісткові кісти, аневризмальні кісткові кісти, фіброзна дисплазія та неосифікуючі фіброми [1]. Клінічні прояви можуть включати больовий синдром, обмеження функції відповідного сегмента або бути відсутніми до появи ускладнень. Патологічні переломи є одним із найбільш клінічно значущих ускладнень доброякісних новоутворень кісткової тканини. Вони спостерігаються у 17-18% пацієнтів із доброякісними кістковими утвореннями та виникають внаслідок зниження механічної міцності кістки в ділянці ураження [3]. Перелом може призводити до вираженого больового синдрому, деформації та порушення функції кінцівки. Відповідно, лікування таких

Creative Commons «Attribution» 4.0

пацієнтів потребує комплексного підходу, що поєднує лікування основного ураження та профілактику патологічного перелому.

Однак важливо зазначити відсутність уніфікованих критеріїв оцінки ризику виникнення патологічного перелому при новоутвореннях кісток у педіатричних пацієнтів, що зумовлено недостатньою вивченістю перебігу патології в дитячій популяції. Водночас для дорослих пацієнтів із метастатичним ураженням кісток існує стандартизована шкала Mirels для оцінки ризику патологічного перелому [4]. Одним із варіантів є модифікована шкала оцінки ризику виникнення патологічного перелому у дітей із доброякісними утвореннями довгих кісток, нещодавно запропонована Li et al. [5].

У представленому нами клінічному випадку продемонстровано використання цього підходу для прогнозування ризику виникнення патологічного перелому та обґрунтування показань до профілактичного остеосинтезу в межах обраної тактики лікування.

МЕТА

На прикладі клінічного випадку кісти шийки стегнової кістки обґрунтувати використання профілактичного остеосинтезу у лікуванні доброякісних новоутворень кісток у дітей з використанням модифікованої шкали оцінки ризику виникнення патологічного перелому.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Виконано ретроспективний аналіз медичної документації та результатів променевої діагностики пацієнта В. 11 років з підтвердженим діагнозом кісти шийки стегнової кістки. З метою оцінки ризику виникнення патологічного перелому використано модифіковану шкалу, описану в роботі Li et al., що включає характер ураження, наявність та вираженість больового синдрому, поздовжній розмір патологічного утворення, та відношення його ширини до ширини кістки на рівні ураження На основі отриманих даних сформовано та обґрунтовано рішення щодо використання профілактичного металоостеосинтезу у тактиці лікування даного пацієнта.

РЕЗУЛЬТАТИ

Опис клінічного випадку. Пацієнтка В., 11 років, була планово госпіталізована для оперативного лікування новоутворення ділянки шийки правої стегнової кістки. Із анамнезу відомо, що батьки вперше звернулися через тиждень після виникнення скарг на болі у правому кульшовому суглобі. В анамнезі відсутній факт травматизації. Супутні захворювання - відсутні. Ділянка кульшового суглоба візуально не змінена, обсяг рухів повний, осьове навантаження супроводжується больовим синдромом. Виконано рентгенографію у двох проекціях. Візуалізується новоутворення округлої форми, літичного характеру, з чіткими межами в ділянці шийки правого стегна.

Рекомендовано обмеження осьового навантаження на праву нижню кінцівку, хода з милицями та планова госпіталізація для виконання пункційної біопсії патологічного вогнища. Результати патологогістологічного дослідження матеріалу відповідали ознакам кісти кістки.

За результатами КТ (Рис.1) у ділянці шийки правої стегнової кістки візуалізувалося порожнинне утворення літичного характеру зі скле-

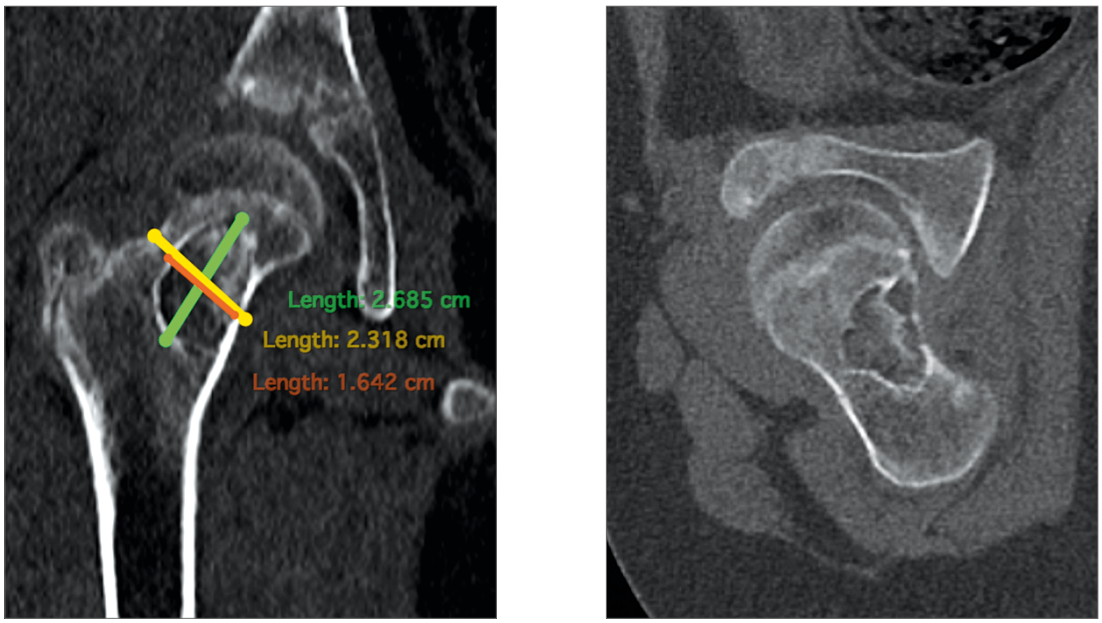


Рис. 1. Результати КТ до оперативного втручання

 Creative Commons «Attribution» 4.0

ротизованими краями, що характерно для кісти кістки [6].

Виконано оцінку даного утворення згідно критеріїв, описаних Li et al. [5]. Вимірювання проводилися із використанням рентгенограми у передньо-задній проекції. Результати наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Оцінка факторів ризику виникнення патологічного перелому у пацієнта В

Фактори ризику	Значення	Кількість балів
Співвідношення ширини утворення до ширини кістки у місці ураження	0,7	3
Поздовжній розмір утворення	27 мм	2
Біль	помірний	1
Тип ураження	літичний	2

Розміри утворення, його характер та клінічні дані відповідали критеріям для проведення профілактичного остеосинтезу.

Оперативне втручання виконано під загальним наркозом у положенні пацієнтки на спині з дотриманням усіх правил асептики та антисептики. Застосовано латеральний доступ із відсіченням великого вертлюга. Проведено внутрішньокісткову резекцію утворення, гемостаз та заповнення кісткового дефекту кальцій-фосфатним цементом. Встановлено LCP-пластину товщиною 3,5 мм із шістьма гвинтами, після чого великий вертлюг рефіксовано за допомогою двох гвинтів. Результати патогістологічного дослідження відповідали кістковій кісті. Результати КТ представлено на рис. 2.

Період спостереження становить 7 місяців. При огляді через 6 місяців скарги відсутні, пацієнтка ходить із повним осьовим навантаженням, обсяг рухів у кульшовому суглобі не обмежений. За даними рентгенологічного дослідження відзначається позитивна динаміка в ділянці патологічного утворення. Результати КТ через 7 місяців спостереження представлено на рис. 3. Ускладнення відсутні. Пацієнтка продовжує перебування на амбулаторному спостереженні.

ОБГОВОРЕННЯ

Доброякісні пухлини та пухлиноподібні ураження кісткової тканини становлять більшість кісткових новоутворень у педіатричній популяції [7]. Остеолітичні процеси, зокрема кісти, призводять до зниження механічної міцності кістки. Одним із клінічно значущих ускладнень є патологічний перелом. У цьому клінічному випадку представлено доброякісне ураження літичного типу (кісту) в ділянці проксимального відділу стегнової кістки. Така локалізація асоціюється з високим механічним навантаженням і підвищеним ризиком виникнення патологічного перелому.

На сьогодні у практиці дитячого ортопеда не існує консенсусу щодо оптимальної тактики хірургічного лікування таких пацієнтів, що зумовлено відсутністю стандартизованих критеріїв оцінки ризику патологічного перелому при ураженнях

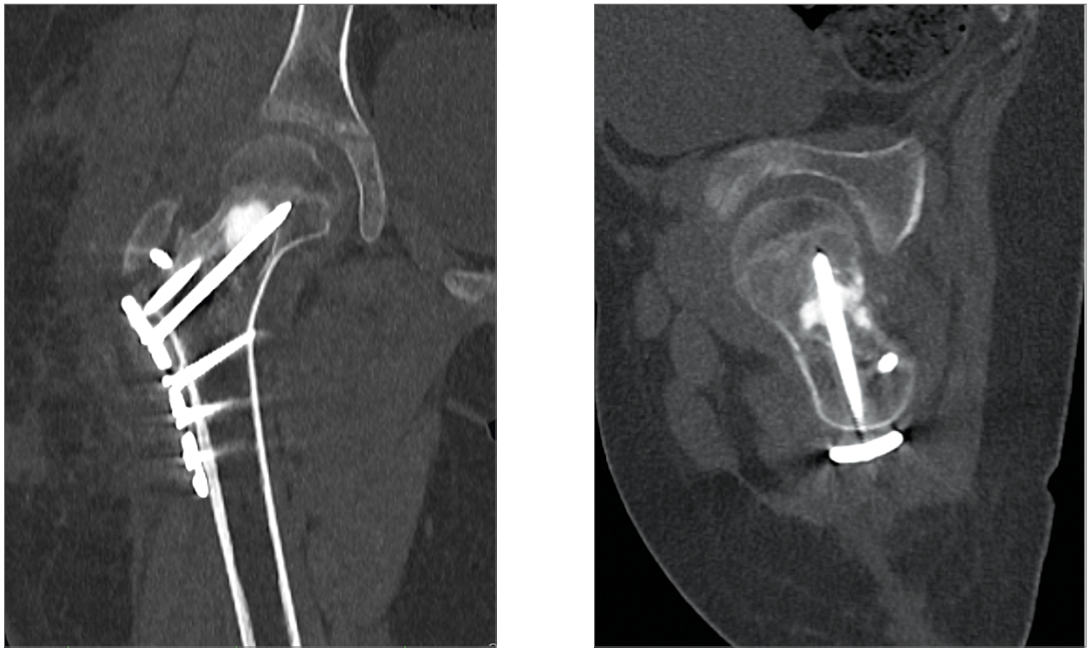


Рис. 2. Результати КТ після оперативного втручання

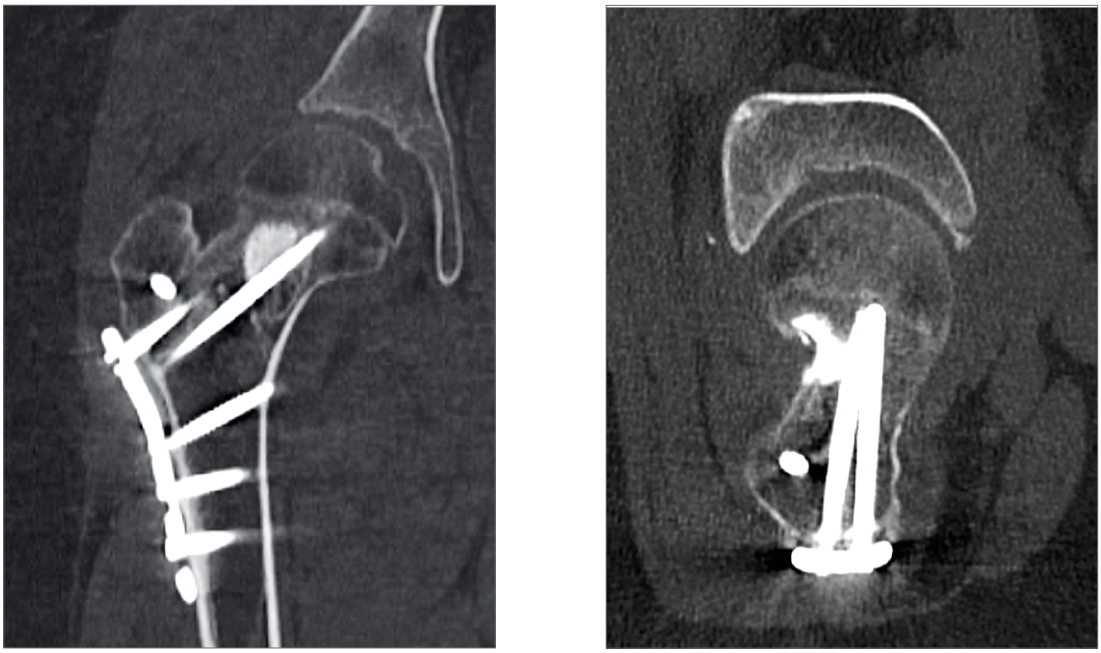


Рис. 3. Результати КТ через 7 місяців після оперативного втручання

довгих кісток у дітей [2]. Це значно ускладнює прийняття рішення про застосування профілактичного остеосинтезу. У дорослих пацієнтів із метастатичним ураженням кісток широко використовується стандартизована шкала Mirels. Відповідно до цієї шкали, профілактична фіксація рекомендована при сумарній оцінці 9 балів і більше [4].

Представлений клінічний випадок демонструє використання модифікованої шкали оцінки ризику патологічного перелому у дітей із доброякісними новоутвореннями кісткової тканини, запропонованої Li et al. [5]. На відміну від шкали Mirels, запропонована система орієнтована на морфологічні характеристики доброякісних уражень та їхній вплив на механічну міцність кісток у дітей. Шкала оцінює характер ураження (літичний, бластний, змішаний), наявність та вираженість больового синдрому, розміри утворення на рентгенограмі у фронтальній проекції (найбільший поздовжній розмір та співвідношення максимального поперечного розміру патологічного вогнища до ширини кістки на цьому рівні) [5]. Оцінка 7 і більше балів асоціюється з високим ризиком розвитку патологічного перелому та є показанням до профілактичної стабілізації.

Сумарна оцінка ризику патологічного перелому у цього пацієнта становила 8 балів. Відповідно до результатів оцінювання було обґрунтовано рішення про проведення профілактичного остеосинтезу. Дані літератури свідчать про ефективність профілактичної внутрішньої фіксації у пацієнтів із ризиком патологічних переломів [8, 9]. Для цього пацієнта як оптимальний метод стабілізації було обрано металоостеосинтез із використанням 120-градусної LCP-пластини товщиною 3,5 мм та шести гвинтів з урахуванням локалізації ураження, а також заповнення кісткового дефекту кальцій-фосфатним цементом. Протягом 7 місяців спостереження відзначено позитивну клінічну та рентгенологічну динаміку, без ускладнень.

ВИСНОВКИ

Представлений клінічний випадок є прикладом застосування профілактичного остеосинтезу в ділянці доброякісного ураження кісток у дітей, обґрунтованого за допомогою використання модифікованої шкали оцінки ризику виникнення патологічного перелому.

Пристатейні розділи

Перспективи подальших досліджень. Описаний випадок демонструє перспективи подальших досліджень, спрямованих на формування когорти пацієнтів і накопичення репрезентативних даних. Це дозволить отримати статистично достовірні результати лікування таких хворих та розробити алгоритм лікувальних заходів для покращення результатів лікування дітей з доброякісними ураженнями кісток.

Обмеження досліджень. Автори рукопису свідомо засвідчують, що обмеження даної публікації зумовлені поодиноким характером - описом клінічного випадку, що унеможливлює статистичне узагальнення отриманих результатів для популяції пацієнтів з доброякісними новоутвореннями кісткової тканини.

Creative Commons «Attribution» 4.0

Первинні дані та матеріали. Первинні дані та матеріали, що підтверджують результати цього дослідження, можуть бути надані відповідальним автором за обґрунтованим запитом.

Етика дослідження. Дослідники дотримувалися всіх протоколів і процедур, передбачених Комітетом з етики біомедичних досліджень, а також вимог законодавства України у сфері охорони здоров'я та положень Declaration of Helsinki (2000).

Використання штучного інтелекту. Інструменти штучного інтелекту в підготовці цієї роботи не використовувалися.

Фінансування. Дане дослідження не отримувало зовнішнього фінансування.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів, пов'язаних із підготовкою, проведенням та публікацією цього дослідження. Жоден із авторів не має фінансових, комерційних або інших особистих відносин, які могли б вплинути на інтерпретацію результатів. Дослідження виконано відповідно до принципів академічної доброчесності та об'єктивності. Усі автори погодили остаточну версію рукопису.

Подяки. Висловлюємо щиру подяку всім особам, які надали допомогу в процесі виконання дослідження та підготовки рукопису.

Внесок авторів (CRediT taxonomy)

Antonina S. Shkrobiak – B, C, D, F ORCID: 0009-0003-1258-0030
Volodymyr M. Vitiaz – A, B, E, F ORCID: 0000-0003-2153-862X

For correspondence with the authors, please contact the journal's editorial office at usmyj@nmu.ua

ЛІТЕРАТУРА

1. Breden S, Stephan M, Hinterwimmer F, Consalvo S, Lenze U, von Eisenhart-Rothe R, et al. Pediatric bone tumors: location and age distribution of 420 cases. Diagnostics (Basel). 2024;14(22):2513. https://doi.org/10.3390/diagnostics14222513
2. Shi J, Zhao Z, Yan T, Guo W, Yang R, Tang X, et al. Surgical treatment of benign osteolytic lesions in the femoral head and neck: a systematic review. BMC Musculoskelet Disord. 2021;22:549. https://doi.org/10.1186/s12891-021-04442-y
3. Chaib B, Malhotra K, Khoo M, Saifuddin A. Pathological fracture in paediatric bone tumours and tumour-like lesions: a predictor of benign lesions? Br J Radiol. 2021;94(1125):20201341. https://doi.org/10.1259/bjr.20201341
4. Mirels H. Metastatic disease in long bones. A proposed scoring system for diagnosing impending pathologic fractures. Clin Orthop Relat Res. 1989;(249):256-264. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2684463/
5. Li HB, Ye WS, Shu Q. Fracture risk assessment in children with benign bone lesions of long bones. World J Clin Cases. 2021;9(24):7053-7061. https://doi.org/10.12998/wjcc.v9.i24.7053
6. De Salvo S, Pavone V, Coco S, Dell'Agli E, Blatti C, Testa G. Benign bone tumors: an overview of what we know today. J Clin Med. 2022;11(3):699. https://doi.org/10.3390/jcm11030699
7. Gozar H, Derzsi Z, Kovács E, Bara Z, Horváth E, Mezei T. Surgically treated benign bone tumors and tumor-like conditions in the pediatric population—a 10-year institutional experience. Children (Basel). 2025;12(12):1715. https://doi.org/10.3390/children12121715
8. Karvouniaris N, Zwingmann J, Lieber J, Bergmann F, Wilkens B, Sturm R, et al. Pathological fractures in children and adolescents—a registry-based analysis of benign tumors. Dtsch Arztebl Int. 2025;122(5):135-136. https://doi.org/10.3238/arztebl.m2024.0203
9. Zhao Z, Liu X, Xie X, Zou C, Yin J, Li H, et al. Treatment of benign lesions of the proximal femur in young pediatric patients using adult 3.5 mm proximal humerus locking plates. Front Oncol. 2025;15:1576306. https://doi.org/10.3389/fonc.2025.1576306

Creative Commons «Attribution» 4.0

A CLINICAL CASE OF FEMORAL NECK BONE CYST TREATMENT WITH PROPHYLACTIC PLATE OSTEOSYNTHESIS BASED ON PATHOLOGICAL FRACTURE RISK ASSESSMENT IN AN 11-YEAR-OLD CHILD

Antonina S. Shkrobiak, Volodymyr M. Vitiaz

Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

ABSTRACT

Introduction. Benign tumors and non-neoplastic lesions of bone tissue account for the majority of primary pathological bone lesions in children. Despite the benign nature of these lesions, there is a significant risk of pathological fractures. However, there are no generally accepted criteria for assessing the risk of pathological fracture in pediatric orthopedic practice, which complicates the choice of treatment strategy. In particular, an important issue is the standardization of indications for prophylactic osteosynthesis in such patients.

Aim. To assess the risk of pathological fracture using a modified scale and to substantiate the use of prophylactic osteosynthesis in the treatment of an 11-year-old patient with a cyst of the femoral neck.

Materials and methods. A retrospective analysis of the medical records of an 11-year-old patient with a cyst of the femoral neck was performed. The risk of pathological fracture was assessed using the modified scale described by Li et al. The indications for prophylactic osteosynthesis were substantiated based on the obtained data.

Results. The use of the modified scale allowed for an objective assessment of the characteristics of the bone lesion. The total score was 8, which corresponded to the indications for prophylactic osteosynthesis. Fixation was performed using an LCP plate and screws. During the 7-month follow-up period, positive clinical and radiological dynamics were observed, with no complications.

Conclusions. This clinical case demonstrates the applicability of the modified scale for assessing the risk of pathological fracture and determining indications for prophylactic osteosynthesis in children with benign bone lesions.

Keywords: pathological fracture, prophylactic osteosynthesis, bone cyst in children, benign bone lesions in children

Received: April 13, 2026

Accepted: August 11, 2026

Published online: September 16, 2026

Creative Commons «Attribution» 4.0

UDC: 616.61-089.843-032-073.7:621.039.83
DOI: https://doi.org/10.32345/USMYJ.3(164).2026.169-176

APPLICATION OF RADIONUCLIDE DIAGNOSTIC METHODS FOR MONITORING THE FUNCTIONAL CAPACITY OF A TRANSPLANTED KIDNEY: CASE SERIES

Maksym V. Sytor[1], Tetiana H. Novikova[1], Serhii V. Zemskov[2], Larysa V. Natrus[2], Mykhailo M. Tkachenko[2], Iryna V. Krasiuk[2]

1 – State Non-Profit Enterprise «National Specialized Children's Hospital «Ohmatdyt' of the Ministry of Health of Ukraine», Kyiv, Ukraine
2 – Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

ABSTRACT

Introduction. Kidney transplantation represents the optimal treatment for patients with irreversible end-stage renal disease; however, ensuring the long-term functional survival of the allograft remains a critical clinical priority due to the persistent risk of postoperative complications. The standard diagnostic algorithm, including creatinine monitoring and Doppler ultrasonography, often lacks sufficient sensitivity to detect subtle functional impairments at a subclinical stage, while structural imaging and biopsy are limited by the risks associated with contrast exposure, nephrotoxicity, and invasiveness. In this complex diagnostic setting, dynamic renal scintigraphy serves as a non-invasive tool for the physiological assessment of allograft perfusion, filtration, and excretory function.

Aim. To illustrate the capabilities of dynamic renal scintigraphy with 99mTc-DTPA for diagnosing and monitoring the functional status of transplanted kidneys through a series of clinical cases.

Methods. The study presents a case series of four patients aged 19, 23, 26, and 28 years who underwent dynamic renal scintigraphy with the radiopharmaceutical 99mTc-DTPA using a Mediso AnyScan SPECT/CT/PET system. Three patients underwent routine examination one month after transplantation, whereas one patient underwent an emergency examination two weeks after transplantation because of clinical signs of allograft dysfunction. The diagnostic protocol included radionuclide angiography to assess renal blood flow and dynamic renal scintigraphy to evaluate glomerular filtration and excretory function.

Results. The results demonstrated prolongation of the arterial and venous phases of the renangiogram in post-transplant patients, which may reflect physiological postoperative adaptation or mild perfusion impairment. The median estimated glomerular filtration rate was 57.8 mL/min/1.73 m² (range, 21.0-63.0 mL/min/1.73 m²), with a moderate delay in filtration and excretory processes. Notably, the symptomatic patient exhibited a marked deterioration in functional parameters, characterized by severe hypoperfusion and a plateau-shaped renogram curve. These findings prompted urgent allograft biopsy, which morphologically confirmed acute rejection and led to the initiation of targeted immunosuppressive therapy.

Conclusions. This limited case series illustrates that dynamic renal scintigraphy with 99mTc-DTPA can provide useful physiological information on graft perfusion, filtration, and excretion in selected clinical scenarios. Although it cannot replace histological verification or standard monitoring, it may help narrow the differential diagnosis and support clinical decision-making in ambiguous cases. Larger prospective studies are needed to determine its diagnostic accuracy and optimal role in routine allograft surveillance.

Keywords: kidney transplantation, dynamic renal scintigraphy, functional imaging, scintigraphy monitoring, diagnostic value, glomerular filtration rate, post-transplant complications.

INTRODUCTION

Kidney transplantation represents the optimal, life-saving treatment for patients with irreversible end-stage renal disease (ESRD), significantly improving survival and quality of life compared with long-term dialysis [1, 2]. With the continuous development of transplantation medicine and the steadily increasing number of procedures performed worldwide and nationally [3], ensuring long-term allograft function has emerged as a critical clinical

Creative Commons «Attribution» 4.0

priority. Although successful transplantation restores renal function, recipients remain at risk of a variety of severe complications during both the early and late postoperative periods.

Despite decades of research, a broad range of potential complications remains relevant. These can be classified into surgical complications, including hemorrhage, vascular thrombosis, and wound infection; immune-mediated complications, including acute and chronic rejection; and pharmacological complications, including adverse effects of immunosuppressive therapy that may contribute to diabetes, osteoporosis, and hypertension. Other potential problems include infections related to immunosuppression, electrolyte disturbances, and recurrence of the underlying disease [4].

Therefore, considerable attention is devoted to methods for monitoring allograft function and preventing potential complications. Following discharge, the patient's overall condition, allograft function, and blood concentrations of immunosuppressive drugs are monitored at the local healthcare facility. Initially, monitoring is performed at least once a week during the first month, subsequently every 1-2 weeks for the following two months, then monthly throughout the first year after transplantation, and thereafter every 2-6 months [5]. Strict adherence to the prescribed medication regimen, together with monitoring of serum creatinine and other laboratory parameters, is essential for the early detection of complications and prevention of infections.

Currently, the diagnostic algorithm for allograft monitoring relies on a combination of laboratory and imaging methods. Serial monitoring of serum creatinine and Doppler ultrasonography (US) are standard first-line tools [7]. Although Doppler US is widely accessible and non-invasive and provides valuable information on vascular patency, including the resistive index, and gross graft morphology, it may lack sufficient sensitivity for detecting subtle functional impairments at a subclinical stage. High-resolution cross-sectional imaging modalities, such as computed tomography (CT) angiography and magnetic resonance imaging (MRI), provide detailed anatomical assessment of vascular and urological complications; however, their routine use may be limited by the potential nephrotoxicity of iodinated contrast agents, high costs, and limited availability.

Furthermore, percutaneous renal allograft biopsy remains the reference standard for the diagnosis of many forms of immune-mediated rejection. However, its invasive nature carries inherent risks, including hemorrhage and graft injury, while sampling error may also limit diagnostic accuracy, making biopsy unsuitable for frequent routine monitoring.

In this complex diagnostic setting, the potential of nuclear medicine, specifically dynamic renal scintigraphy with ^{99m}Tc-DTPA, remains relatively underutilized. Unlike structural imaging modalities, it provides a non-invasive physiological assessment of allograft perfusion, filtration, and excretory function. By providing quantitative estimates of glomerular filtration and dynamic renographic curves, dynamic renal scintigraphy may offer complementary information for the assessment of allograft function. It may assist clinicians in distinguishing vascular compromise from parenchymal dysfunction and in differentiating non-obstructive urinary stasis from mechanical urinary tract obstruction, without the use of iodinated contrast agents [7, 11]. These potential advantages highlight the need for further clinical investigation of its diagnostic utility.

AIM

To illustrate the clinical utility of dynamic renal scintigraphy in the diagnosis and functional monitoring of renal allografts through a case series.

MATERIALS AND METHODS

Between May and June 2026, four kidney transplant recipients were referred for dynamic renal scintigraphy. Only patients with complete clinical records and technically adequate scintigraphic examinations were included in the analysis. Patients were not eligible for inclusion if pregnancy or lactation was present, if adequate intravenous access for radiopharmaceutical administration could not be established, or if severe neurological, psychiatric, or motion-related factors prevented acquisition of diagnostic-quality images. No eligible patients were excluded during the study period. The ages of the four patients were 19, 23, 26, and 28 years. The male-to-female ratio was 1:1. Three patients underwent scheduled dynamic renoscintigraphy 1 month after transplantation, while one patient was examined on an emergency basis 2 weeks later due to the onset of clinical symptoms of allograft dysfunction (Table 1).

Dynamic renal scintigraphy with ^{99m}Tc-DTPA was performed to evaluate the perfusion and excretory function of the renal allograft. This radiopharmaceutical allows for the qualitative and quantitative assessment of renal blood flow, the overall filtration capacity of the entire kidney and its individual regions, and the calculation of the allograft's overall functional capacity.

Case series enrolled renal allograft recipients presenting with clinical or laboratory evidence of graft dysfunction, as well as those requiring routine functional assessment. All participants provided

 Creative Commons «Attribution» 4.0

Table 1. Clinical characteristics of the kidney transplant recipients

Clinical Characteristics	Patient No. 1	Patient No. 2	Patient No. 3	Patient No. 4
Age (years) / Sex	19 / Male	23 / Female	26 / Male	28 / Female
Cause of ESRD	Chronic glomerulonephritis	Reflux nephropathy	Polycystic kidney disease	Chronic glomerulonephritis
Donor type	Living related donor	Living related donor	Living related donor	Living related donor
Type of Anastomosis	End-to-side external iliac	End-to-side external iliac	End-to-side external iliac	End-to-side external iliac
Time from transplant to follow-up visit	1 month	1 month	1 month	2 weeks
Serum Creatinine (μmol/L)	105	92	118	385
Blood Urea (mmol/L)	6.5	5.8	7.2	21.4
Daily Urine Output (mL/day)	2100	1950	1800	450
Infectious/Urological Complications	None	None	None	Fever up to 38.2 °C, oliguria

written informed consent and were hemodynamically stable enough to tolerate a 35-minute supine scan. We excluded pregnant or lactating women, individuals lacking adequate venous access for a bolus injection, and patients with severe psychiatric or neurological conditions that precluded remaining motionless during image acquisition.

The study was conducted at the Nuclear medicine department of the State Non-Profit Enterprise "National Children's Specialized Hospital «Okhmatdyt» of the Ministry of Health of Ukraine" using a trimodality Mediso AnyScan SPECT/CT/PET system (2023, Hungary). The examination followed a standard protocol with the patient in a supine position and arms placed above the head. Data acquisition commenced immediately following the intravenous administration of the radiopharmaceutical (RP). The gamma camera detector was positioned posteriorly. Following a rapid bolus administration of ^{99m}Tc-DTPA via an antecubital vein, dynamic acquisition was initiated immediately.

Patient preparation included standardized oral hydration (500 mL of water consumed 30 to 45 minutes prior to the examination) and complete bladder voiding immediately before the scan. The administered activity of ^{99m}Tc-DTPA ranged from 100 to 150 MBq, calculated individually according to the European Association of Nuclear Medicine (EANM) guidelines. Data processing and glomerular filtration rate calculation were performed using the dedicated InterView software based on the Gates algorithm.

Background correction was performed using a C-shaped perirenal ROI. Given that standard depth-estimation algorithms are inapplicable to heterotopic renal allografts, the exact kidney depth (typically ranging between 4 and 5 cm) was determined individually for each patient using pre-procedural ultrasound to ensure precise attenuation correction and accurate GFR calculation. Kidney depth was defined as the perpendicular distance from the anterior skin surface to the center of the renal hilum on ultrasonography immediately before scintigraphy. To ensure consistency, all GFR values were normalized to a standard body surface area of 1.73 m² (normalized GFR). The term 'global GFR' in this context refers to the absolute functional capacity of the solitary allograft. The imaging protocol consisted of an initial perfusion phase (1 second per frame for 60 seconds) to evaluate radionuclide angiography, followed directly by a functional phase comprising 58 frames of 30 seconds each. The third delayed phase, starting at 80 minutes after tracer injection, was acquired over 180 seconds with a total of 600,000 counts. A delayed 80-minute static acquisition (acquired after the patient assumed an upright position and voided) was not performed routinely for all participants. It was conditionally indicated only for patients who exhibited significant pooling of the radiopharmaceutical in the pelvicalyceal system or ureter at the end of the standard 30-minute dynamic phase. The explicit clinical objective of this delayed imaging was to differentiate functional, non-obstructive stasis (commonly resulting from physiological post-transplant loss of ureteral tone or pelvic dilatation) from a true mechanical urodynamic obstruction (e.g., stenosis at the ureterovesical anastomosis). Following the complete acquisition, a qualitative visual analysis was performed to determine the area, size, and shape of the kidneys, the degree and uniformity of RP uptake, and the time of its arrival in the urinary bladder.

For the quantitative assessment of the acquired data, regions of interest (ROIs) were delineated

over the heart (blood pool), the renal allograft, and the urinary bladder. Regions of interest were manually drawn by an experienced nuclear medicine physician and independently verified by a second physician. Discrepancies were resolved by consensus. Subsequently, time-activity curves reflecting the radiopharmaceutical transit through the heart (blood pool curve) and the allograft (renogram) were generated. Using the standardized InterView XP software, these curves were processed to automatically calculate the key functional parameters: the glomerular filtration rate (GFR, derived from blood pool clearance), the time to peak radiopharmaceutical uptake (Tmax, reflecting cortical filtration capacity), and the excretory half-life (T½, reflecting excretory capacity). Absolute uptake was calculated as the percentage of injected activity accumulated within the graft ROI after background subtraction using the InterView software.

The present work was designed as a descriptive educational case series rather than an observational cohort study. Therefore, statistical comparisons were not planned.

RESULTS

The individual functional parameters for each patient in the case series are summarized in Table 2. Radionuclide angiography (RNA) using ^{99m}Tc-DTPA demonstrated prolongation of the arterial and venous phases of the renangiogram in the allograft, ranging from 6.8 to 11.6 seconds and from 8.6 to 13.6 seconds, respectively. During dynamic renal scintigraphy (DRS), the median normalized glomerular filtration rate in this case series was 57.8 mL/min/1.73 m² (range, 21.0-63.0 mL/min/1.73 m²). In clinically stable patients (n=3), individual GFR values ranged from 56.0 to 63.0 mL/min/1.73 m², while filtration and excretory processes ranged from adequate to moderately delayed. Notably, the patient presenting with clinical signs of acute allograft dysfunction demonstrated a marked deterioration in functional parameters, with a GFR of 21.0 mL/min/1.73 m² representing a pronounced outlier. The renogram curve exhibited a plateau-shaped pattern, and absolute radiopharmaceutical uptake in the allograft was markedly reduced, consistent with severe impairment of graft perfusion and filtration. Radionuclide angiography in this patient demonstrated markedly reduced perfusion of the transplanted kidney. Given the acute functional deterioration, an urgent percutaneous core-needle biopsy of the allograft was performed, which morphologically confirmed acute cellular rejection. Consequently, prompt treatment with pulse immunosuppressive therapy was initiated, and surgical revision was not required.

DISCUSSION

The findings of this study illustrate that radionuclide imaging modalities, particularly dynamic renal scintigraphy (DRS), may provide clinically useful information for assessing the functional status of renal allografts. Unlike laboratory parameters and ultrasonography, which may not fully reflect early functional impairment, scintigraphy can provide complementary physiological information on allograft perfusion, filtration, and excretory function.

Although 99mTc-mercaptoacetyltriglycine (^{99m}Tc-MAG3) generally provides superior image quality in patients with impaired renal function because of its predominant tubular secretion, ^{99m}Tc-DTPA was selected in the present study because it permits quantitative estimation of glomerular filtration rate using the validated Gates method. As GFR assessment was one of the principal objectives of this case series, DTPA was considered the most appropriate radiopharmaceutical for the study.

According to the radionuclide angiography data, kidney transplant recipients demonstrated prolongation of the arterial and venous phases of allograft blood flow [8]. It is important to recognize that temporal perfusion parameters established for native kidneys cannot necessarily be applied directly to renal allografts. Some prolongation of vascular transit times may be expected because of the heterotopic placement of the graft in the iliac fossa and the altered vascular anatomy associated with the iliac vascular anastomosis.

However, such prolongation should not be interpreted as unequivocal evidence of impaired perfusion. In the early post-transplant period,

Table 2. Individual functional parameters of renal allografts (N=4)

Patient	Clinical Status	Arterial Phase (s)	Venous Phase (s)	Tmax (min)	T½ (min)	Time to Bladder (min)	GFR (mL/min /1.73m²)	Renogram Pattern
№1	Follow-up	6.8	8.6	4.5	16.5	7.0	56.0	Moderate delay
№2	Follow-up	7.1	8.8	4.8	18.0	7.5	59.6	Moderate delay
№3	Follow-up	7.3	9.0	3.5	12.5	5.0	63.0	Adequate function
№4	Symptomatic	11.6	13.6	30.0	>30.0	Not visualized	21.0	Plateau curve

 Creative Commons «Attribution» 4.0

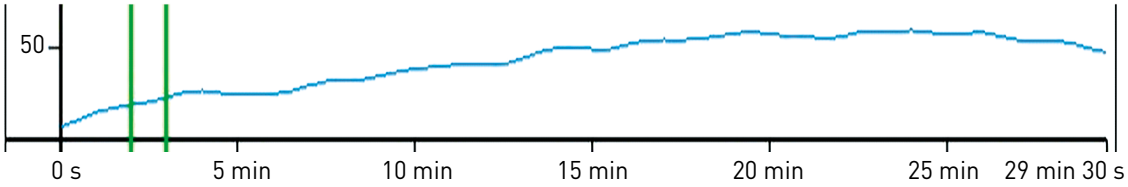


Fig. 1. Time-activity curve (renogram) generated from the whole-graft region of interest in the symptomatic patient (Patient No. 4). The x-axis represents the dynamic acquisition time (total duration 30 min). The y-axis represents the measured absolute radioactivity (counts). The vertical green markers typically denote the expected normal temporal limits for the radiopharmaceutical perfusion peak (Tmax). The graph demonstrates a severely flattened (plateau) parenchymal transit curve with critically depressed tracer uptake and an absent excretory phase, reflecting profound allograft ischemia. The definitive diagnosis of acute cellular rejection was subsequently confirmed by an urgent percutaneous core needle biopsy.

these hemodynamic parameters may be influenced by multiple non-pathological factors, including systemic hemodynamics, postoperative tissue edema, the configuration of the vascular anastomosis, immunosuppressive therapy, including calcineurin inhibitor-associated vasoconstriction, and technical acquisition variables. Therefore, mild prolongation of vascular phases should be interpreted cautiously, with greater concern warranted when pronounced functional abnormalities are accompanied by relevant clinical findings, as observed in the symptomatic patient in this series. Importantly, perfusion abnormalities may not always be accompanied by an immediate increase in serum creatinine, highlighting the potential complementary value of radionuclide imaging in postoperative allograft monitoring [7-10].

The reduction in estimated glomerular filtration rate observed on dynamic renal scintigraphy indicated impaired functional performance of the transplanted kidney. Heterogeneous radiopharmaceutical uptake and moderate delays in filtration and excretory function may represent unfavorable functional findings warranting close clinical monitoring.

The findings were particularly informative in a patient who developed clinical signs of acute allograft dysfunction two weeks after transplantation. At presentation, the patient had a fever of up to 38 °C and decreased daily urine output.

In this patient, the renogram demonstrated a plateau-shaped pattern consistent with severe impairment of allograft function (Fig. 1). Quantitative analysis showed a Tmax of 30 minutes, absence of a distinct excretory phase, a GFR of 21.0 mL/min/1.73 m^2, and markedly reduced graft uptake (3.5%), indicating severe functional impairment. These pronounced scintigraphic abnormalities, together with the clinical findings, prompted urgent biopsy of the allograft. Histological examination confirmed acute cellular rejection, allowing timely intensification of immunosuppressive therapy.

In addition, dynamic renal scintigraphy may serve as a complementary tool in selected scenarios in the differential diagnosis of post-transplant complications. Delayed clearance of the radiopharmaceutical and its prolonged transit to the bladder raise suspicion of urodynamic abnormalities, whereas heterogeneous accumulation of the radiopharmaceutical in the allograft parenchyma may indicate occult inflammatory changes. The diagnostic value of the delayed phase was clearly illustrated in our case series. In two clinically stable patients, prolonged transit of the radiopharmaceutical to the urinary bladder and its retention in the collecting system during the initial 30-minute dynamic phase raised suspicion of an early urodynamic impairment. However, the subsequent 80-minute delayed static imaging, performed after gravity-assisted drainage, revealed adequate clearance of the retained tracer. This crucial scintigraphic finding definitively ruled out mechanical obstruction, confirming a functional non-obstructive dilatation. Consequently, this non-invasive differentiation directly influenced clinical decision-making, allowing clinicians to avoid unwarranted invasive urological interventions and continue conservative monitoring. This noninvasive approach helps determine the nature and severity of graft dysfunction, narrowing the differential diagnosis and guiding targeted therapeutic interventions. [9-12].

Dynamic renal scintigraphy provides essential functional data that can effectively complement standard post-transplant assessment in selected clinical situations. Its use can help detect functional abnormalities in the allograft at an early stage, facilitates the assessment of treatment effectiveness, and helps prevent serious complications [13, 14]. However, while early scintigraphic parameters may logically have implications for long-term graft survival, establishing the true prognostic value of DRS requires extensive longitudinal follow-up and survival analysis. Because our case series focuses exclusively on the early post-transplant period, assessing long-term prognostic outcomes was beyond the scope of this study.

Creative Commons «Attribution» 4.0

CONCLUSIONS

This limited case series highlights the potential clinical utility of dynamic renal scintigraphy as an informative, non-invasive functional imaging modality in the early post-transplant period. Our observations suggest that DRS may serve as a useful diagnostic adjunct, particularly in clinical scenarios in which the cause of allograft dysfunction is uncertain and additional functional information may assist clinical decision-making. It may be particularly useful when structural imaging with iodinated contrast agents is undesirable or when invasive diagnostic procedures should be avoided unless clinically indicated. Although DRS cannot replace histological verification when biopsy is required, it provided complementary physiological information on graft perfusion, cortical filtration, and excretory function in the patients presented. Given the small sample size and descriptive design, these findings should be considered hypothesis-generating rather than confirmatory. Nevertheless, this case series illustrates the potential value of dynamic renal scintigraphy as a complementary functional imaging technique during early renal allograft surveillance. Larger prospective studies are needed to determine its diagnostic accuracy, clinical utility, and prognostic significance.

Article Declarations

Prospects for further research. The promising findings of this initial case series highlight the necessity for transitioning from descriptive observations to robust analytical study designs. Future research should focus on conducting large-scale, prospective, multicenter cohort studies with standardized protocols to statistically validate the diagnostic accuracy (sensitivity, specificity, positive and negative predictive values) of dynamic renal scintigraphy in the early post-transplant period. Furthermore, integrating DRS parameters with novel biomarkers and deploying artificial intelligence algorithms for automated renogram curve analysis could substantially refine the precision of non-invasive allograft monitoring. A critical future objective will also be the implementation of long-term longitudinal tracking to definitively ascertain whether early scintigraphic perfusion and filtration parameters can serve as independent predictive models for overall long-term graft survival.

Study limitations. The authors acknowledge several inherent limitations of this study. Primarily, it is a single-center retrospective case series with a critically small sample size (n=4) and lacks a control group, which inherently limits the generalizability of the findings. Furthermore, there was heterogeneity in the timing of the scintigraphic examinations, ranging from two weeks to one month post-transplantation. Although histological verification was obtained for the symptomatic patient, routine biopsy was not systematically performed for the clinically stable cohort. Consequently, the ability to definitively calculate the diagnostic sensitivity and specificity of the method remains limited. Finally, the absence of long-term longitudinal follow-up precludes any definitive conclusions regarding the prognostic value of the early scintigraphic parameters on long-term allograft survival.

Primary data and materials. All primary datasets and clinical materials analyzed during the preparation of this manuscript are securely preserved within the institutional archive. Access to these data can be provided by the corresponding author upon a reasonable, formally justified academic request.

Research ethics. According to the institutional policies and national regulations, formal ethical committee approval is not strictly required for retrospective case series involving a limited number of patients (n≤4), provided there is no experimental intervention and strict data anonymization is maintained. Consequently, a formal institutional review board exemption number is not applicable to this report. However, all ethical standards according to the Declaration of Helsinki were strictly followed, and written informed consent was obtained from all patients for the publication of this case report and accompanying images.

Declaration of AI use. The authors utilized the generative artificial intelligence tool Gemini strictly for the purpose of language editing and improving the overall readability of the English text. The authors explicitly state and guarantee that artificial intelligence was not employed for the analysis of any clinical data, the interpretation of scintigraphic images, or the formulation of any diagnostic conclusions and scientific concepts. The human authors have carefully reviewed the edited manuscript and take full, unconditional responsibility for the integrity of all clinical content, data analysis, and the final conclusions presented in this study.

Funding. The preparation of this clinical case did not receive targeted funding from public or private organizations.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Author Contributions (CRediT taxonomy)

*Maksym V. Sytor – A, B, C, D, E ORCID: 0009-0001-4103-1538
Tetiana H. Novikova – A, B, C, D, E ORCID: 0000-0002-8952-7049
Serhii V. Zemskov – A, B, E, F ORCID: 0000-0002-5039-1324
Larysa V. Natrus – A, B, E, F ORCID: 0000-0003-1763-0618
Mykhailo M. Tkachenko – A, B, E, F ORCID: 0000-0003-4210-1566

***Corresponding author:** maqsymko@gmail.com , +380954559860**

 Creative Commons «Attribution» 4.0

REFERENCES

1. Shevchuk SH, Bychkov OA, Delikatnyi ML, Ostashevska TH. Kidney transplantation: Historical aspects and current status. Current Problems of Nephrology. 2018;(24):31-33.
2. Varughese S. Kidney transplantation – Principles and practice. Indian J Med Res. 2020;152(6):668-669. https://doi.org/10.4103/ijmr.IJMR_2854_20.
3. Transplantation Statistics in Ukraine [Internet]. Ukrainian Transplant Coordination Center (UTCC): Official Website; 2025 [accessed 2026 Aug 5]. Available from: https://utcc.gov.ua/statystyka/
4. European Association of Urology (EAU). EAU Guidelines on Renal Transplantation [Internet]. Arnhem, The Netherlands: EAU Guidelines Office; 2024 [accessed 2026 Aug 5]. Available from: https://uroweb.org/guidelines/renal-transplantation
5. Mella A, Mariano F, Dolla C, et al. Bacterial and viral infection and sepsis in kidney transplanted patients. Biomedicines. 2022;10(3):701. https://doi.org/10.3390/biomedicines10030701.
6. Ministry of Health of Ukraine. The Organ Transplant Recipient Patient in Primary Health Care: Clinical Guideline 00231 [Internet]. Kyiv: Ministry of Health of Ukraine; 2017 [accessed 2026 Aug 5]. Available from: https://guidelines.moz.gov.ua/documents/3119
7. Maran T, R VP. Nuclear medicine imaging findings in end-stage renal disease and renal transplant complications. Clin Radiol. 2023;78(3):171-178. https://doi.org/10.1016/j.crad.2022.12.004.
8. Arefnia M, Masoumi N, Ghodsirad MA, Moghaddam EJ, Hosseinzadeh E, Hojjati M. Prognostic value of dynamic renal scan with 99mTc-EC in patients with kidney transplantation: a prospective descriptive study. Nucl Med Commun. 2021;42(5):469-475. https://doi.org/10.1097/MNM.0000000000001359.
9. Nechaiev M. Diagnostic value of renal scintigraphy in detecting early kidney allograft complications. Ukr J Nephrol Dial. 2026;1(89):25-34. https://doi.org/10.31450/ukrjnd.1(89).2026.04.
10. Nechaiev MP. Renal scintigraphy of the transplanted kidney: Innovative approaches to monitoring and prognostic value. Ukr J Nephrol Dial. 2025;4(88):63-71. https://doi.org/10.31450/ukrjnd.4(88).2025.08.
11. Theerakulpisut D, Chaiwatanarat T, Boonmee A. Comparison of Tc-99m DTPA and Tc-99m MAG3 renography for prediction of early graft dysfunction after kidney transplantation. World J Nucl Med. 2021;20(4):354-361. https://doi.org/10.4103/wjnm.WJNM_62_20
12. Yazıcı B, Oral A, Öztürk E. Nuclear medicine imaging of renal transplantation: Current clinical applications. Nucl Med Semin. 2019;5(2):45-52. : https://doi.org/10.47565/ndthdt.2024.79
13. Nechaiev, M. Multimodal assessment of early kidney allograft complications: Role of renal scintigraphy and laboratory biomarkers . Ukrainian Journal of Nephrology and Dialysis, (2(90), 42-50. https://doi.org/10.31450/ukrjnd.2(90).2026.05
14. Nechaiev, M.P., and O.S. Voroniak. "Late Acute Kidney Allograft Rejection: Clinical, Laboratory and Functional Imaging Predictors". Ukrainian Journal of Radiology and Oncology 34 (2):198-212. https://doi.org/10.46879/ukroj.2.2026.198-212.

ЗАСТОСУВАННЯ РАДІОНУКЛІДНИХ МЕТОДІВ ДІАГНОСТИКИ У КОНТРОЛІ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ ТРАНСПЛАНТОВАНОЇ НИРКИ: СЕРІЯ КЛІНІЧНИХ ВИПАДКІВ

Максим В. Ситор[1], Тетяна Г. Новікова[1], Сергій В. Земсков[2], Лариса В. Натрус[2], Михайло М. Ткаченко[2], Ірина В. Красюк[2]

1 – ДНП «НДСЛ «Охматдит» МОЗ України», м. Київ, Україна
2 – Національний медичний університет ім. О. О. Богомольця, м. Київ, Україна

РЕЗЮМЕ

Вступ. Трансплантація нирки є оптимальним методом лікування пацієнтів із незворотною термінальною стадією ниркової недостатності, проте забезпечення довготривалого функціонування алотрансплантата залишається критичним клінічним пріоритетом через постійний ризик післяопераційних ускладнень. Стандартний діагностичний алгоритм (моніторинг рівня креатиніну та доплерографія) не завжди має достатню чутливість для виявлення ранніх функціональних порушень, тоді як застосування методів структурної візуалізації з йодовмісними контрастними препаратами або проведення біопсії пов'язане з відповідними ризиками та обмеженнями. У цьому складному діагностичному контексті динамічна реносцинтиграфія може бути корисним неінвазивним методом функціональної оцінки перфузії, кіркової фільтрації та екскреторної функції трансплантата.

Мета. Проілюструвати можливості динамічної реносцинтиграфії з ^{99m}Tc-DTPA для оцінювання та моніторингу функціонального стану трансплантованих нирок на прикладі серії клінічних випадків.

Матеріали та методи. У дослідженні представлено серію з 4 клінічних випадків пацієнтів віком 19, 23, 26 та 28 років, яким було проведено динамічну реносцинтиграфію з радіофармацевтичним препаратом ^{99m}Tc-DTPA на системі Mediso AnyScan SPECT/CT/PET. Троє пацієнтів пройшли планове обстеження через 1 місяць після трансплантації, тоді як одному пацієнту було проведено ургентне дослідження через 2 тижні після трансплантації у зв'язку з клінічними ознаками дисфункції алотрансплантата. Діагностичний протокол включав радіонуклідну ангіографію для оцінювання кровотоку та реносцинтиграфію для визначення швидкості клубочкової фільтрації та видільної функції.

Результати. Результати продемонстрували подовження артеріальної та венозної фаз ренангіограми у пацієнтів після трансплантації, що може відображати як фізіологічні післяопераційні зміни, так і помірне порушення перфузії. Медіана швидкості клубочкової фільтрації становила 57,8 мл/хв/1,73 м² (діапазон: 21,0-63,0 мл/хв/1,73 м²), із помірним уповільненням фільтраційно-екскреторних процесів. У симптомного пацієнта спостерігалося різке погіршення функціональних параметрів, що характеризувалося вираженим зниженням перфузії та платоподібною ренографічною кривою. Ці виражені сцинтиграфічні зміни разом із клінічними проявами стали підставою для проведення ургентної біопсії алотрансплантата, яка морфологічно підтвердила гостре клітинне відторгнення. Це дозволило своєчасно розпочати інтенсифікацію імуносупресивної терапії.

Висновки. Ця обмежена серія клінічних випадків демонструє потенційну клінічну цінність динамічної реносцинтиграфії з ^{99m}Tc-DTPA як інформативного неінвазивного методу функціональної візуалізації у ранньому післятрансплантаційному періоді. Динамічна реносцинтиграфія може бути корисним додатковим методом, особливо в клінічних ситуаціях, коли причина дисфункції алотрансплантата залишається невизначеною та додаткова функціональна інформація може сприяти прийняттю клінічних рішень. Вона не може замінити гістологічну верифікацію у випадках, коли необхідне проведення біопсії, проте може надати додаткову фізіологічну інформацію щодо перфузії, кіркової фільтрації та екскреторної функції трансплантата. З огляду на малий обсяг вибірки та описовий дизайн дослідження отримані результати слід розглядати як такі, що генерують гіпотези, а не як підтверджувальні. Необхідні масштабніші проспективні дослідження для визначення діагностичної точності, клінічної цінності та прогностичного значення динамічної реносцинтиграфії.

Ключові слова: трансплантація нирки, динамічна реносцинтиграфія, функціональна візуалізація, сцинтиграфічний моніторинг, діагностична цінність, швидкість клубочкової фільтрації, післятрансплантаційні ускладнення.

Received: April 07, 2026
Accepted: August 05, 2026
Published online: September 16, 2026

 Creative Commons «Attribution» 4.0

UDC: 616.98:579.86]-076-036.2
DOI: https://doi.org/10.32345/USMYJ.3(164).2026.177-183

ARTHRALGIA, WEIGHT LOSS, ANEMIA, AND SUSPECTED PANNICULITIS: A PROLONGED DIAGNOSTIC JOURNEY TO WHIPPLE DISEASE

Artem V. Neverovskyi[1,2] , Ruslan V. Buianovskyi[2], Andrii M. Puzyrenko[3]

1 – Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine
2 – LLC "Medical Center "Dobrobut-Clinic", Kyiv, Ukraine
3 – University of Rochester, Medical Center, Department of pathology, Rochester, New York, USA

ABSTRACT

Introduction. Whipple disease (WD) is an extremely rare systemic infectious disease caused by *Tropheryma whipplei*, with an estimated prevalence of approximately one case per million people. Due to its multisystem involvement and nonspecific clinical manifestations, WD can mimic a wide range of gastrointestinal, rheumatological, infectious, and other disorders, often resulting in substantial diagnostic delay. The aim of this report was to describe and analyze a case of classical WD with a prolonged diagnostic course and several atypical manifestations and to identify factors that may have contributed to the delayed diagnosis.

Materials and Methods. We present the clinical case of a 45-year-old woman with chronic diarrhea, arthralgia, progressive weight loss, anemia, systemic inflammation, lymphadenopathy, and clinically suspected panniculitis. The approximately 3.5-year clinical course was analyzed together with laboratory findings, computed tomography, upper and lower gastrointestinal endoscopy, and histological examination of duodenal biopsy specimens. Cardiac and neurological assessments, including echocardiography and brain magnetic resonance imaging, were performed to evaluate possible extraintestinal involvement.

Results. The initial manifestation was persistent non-bloody diarrhea, which was subsequently accompanied by fever, arthralgia, painful subcutaneous nodules, marked weight loss, and progressive iron-deficiency anemia. Computed tomography revealed retroperitoneal and mesenteric lymphadenopathy. Initial upper gastrointestinal endoscopy, performed without duodenal biopsy, did not establish the diagnosis. Repeat esophagogastroduodenoscopy revealed duodenal mucosal edema, granularity and hyperemia, thickening of the mucosal folds, and marked villous alterations. Histological examination of duodenal biopsy specimens demonstrated focal aggregates of macrophages with abundant eosinophilic cytoplasm containing PAS-positive granules. In combination with the characteristic clinical presentation, these findings supported the diagnosis of classical WD. Cardiac and central nervous system involvement was not detected. Panniculitis was clinically suspected but was not confirmed by histological or other specific investigations. Treatment was initiated with intravenous ceftriaxone for 14 days, followed by oral doxycycline and hydroxychloroquine. After four weeks of therapy, the patient reported substantial symptomatic improvement.

Discussion. The approximately 3.5-year diagnostic delay was likely related to the extreme rarity of WD, the nonspecific and multisystem nature of its manifestations, the patient's female sex, which is less typical of classical WD, previous courses of antimicrobial therapy associated with partial and temporary improvement, and the absence of duodenal biopsy during the initial endoscopic examination. This case demonstrates that the absence of characteristic macroscopic duodenal abnormalities on endoscopy does not exclude WD. The combination of persistent diarrhea, arthralgia, weight loss, manifestations suggestive of malabsorption, anemia, and lymphadenopathy should increase clinical suspicion of the disease.

Conclusions. Whipple disease should be considered in the differential diagnosis of patients with prolonged, unexplained gastrointestinal and systemic manifestations, particularly when diarrhea, arthralgia, weight loss, malabsorption, anemia, and lymphadenopathy occur in combination. Duodenal biopsy remains a cornerstone of diagnosis and should be considered even when the endoscopic appearance of the duodenal mucosa is normal or nonspecific.

Keywords: Whipple disease, Tropheryma whipplei, diarrhea, arthralgia, panniculitis, duodenal biopsy, diagnostic delay.

Creative Commons «Attribution» 4.0

INTRODUCTION

Whipple disease (WD) is an extremely rare infectious disease, occurring in approximately one person per million [1]. More than 80 years elapsed from its first description by George Hoyt Whipple in 1907 [2] to the identification of its etiological agent, the bacterium *Tropheryma whipplei* [3], which causes multisystem involvement with highly variable clinical manifestations [4]. Currently, four main clinical forms of WD are recognized [1]: classical WD (characterized by arthralgia, weight loss, diarrhea, and abdominal pain), localized chronic infection (predominantly endocarditis), acute infection (e.g., pneumonia or gastroenteritis), and asymptomatic carriage. None of these forms is specific, and each may mimic a wide range of diseases, from irritable bowel syndrome and celiac disease to rheumatoid arthritis and dementia [5]. Therefore, the diagnosis of WD is often challenging and requires a comprehensive diagnostic approach involving a multidisciplinary team [1, 4].

AIM

The aim of this study was to describe and analyze a clinical case of the extremely rare Whipple disease, the prolonged diagnostic journey leading to the final diagnosis, the potential barriers to and causes of delayed diagnosis, and possible strategies for addressing these challenges.

MATERIALS AND METHODS

This case report describes a 45-year-old woman with a prolonged course of gastrointestinal and systemic symptoms. The clinical history, laboratory findings, imaging studies, endoscopic examinations, and histological assessment of duodenal biopsy specimens were analyzed. Additional cardiac and neurological examinations were performed to assess possible extraintestinal involvement of Whipple disease.

RESULTS

Clinical case. A 45-year-old woman first sought medical attention in August 2022 with complaints of non-bloody diarrhea that had persisted for more than 2 months. She attributed the symptoms to stress that began following the onset of Russia's full-scale invasion of Ukraine. Initial investigations were unremarkable, except for a positive fecal *H. pylori* antigen test. Accordingly, a preliminary diagnosis of chronic *H. pylori*-associated gastritis and functional diarrhea was established, and standard triple eradication therapy was prescribed: pantoprazole 40 mg twice daily, amoxicillin 1000 mg twice daily, and clarithromycin 500 mg twice daily for 14 days. The treatment resulted in partial symptomatic relief but did not lead to complete resolution of the symptoms.

Given the partial response to the initial treatment, the patient did not seek further medical attention until August 2024, when she developed fever up to 38°C, increased stool frequency, painful skin nodules, knee arthralgia, and weight loss from 75 to 57 kg over 3 months. Further investigations revealed hemoglobin 87 g/L, MCV 70 fL, MCH 22.5 pg, platelet count 461 × 10^9/L, ESR 30 mm/h, ferritin 33.5 ng/mL, transferrin saturation 4.51%, C-reactive protein (CRP) 64.4 mg/L, and fecal calprotectin 619 μg/g. Abdominal computed tomography revealed retroperitoneal and mesenteric lymphadenopathy.

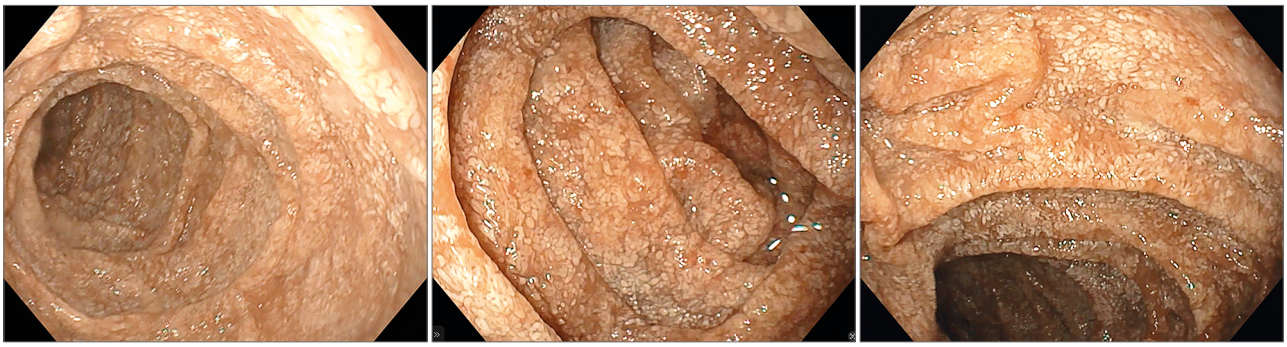
Given the diagnosis of iron-deficiency anemia and evidence of inflammation, esophagogastroduodenoscopy (EGD) and colonoscopy were performed without biopsy. The examinations revealed erythematous gastropathy, an axial hiatal hernia, and hemorrhoids, which unfortunately did not bring the diagnostic process closer to identifying the underlying disease. Subsequent testing for intestinal infections, including *Yersinia enterocolitica*, *Clostridioides difficile*, HIV, and tuberculosis, was negative. An infectious disease specialist diagnosed an unspecified gastrointestinal infection, and empirical treatment with rifaximin 1200 mg/day was initiated, resulting in partial symptomatic improvement.

The patient took rifaximin several times until July 2025, when repeat bacteriological stool testing revealed *Klebsiella pneumoniae*, and treatment with trimethoprim/sulfamethoxazole 960 mg/day for 10 days was initiated. This therapy also provided only partial symptomatic relief.

However, in February 2026, the patient was hospitalized because of exacerbation of diarrhea and severe anemia: erythrocyte count 3.6 × 10^{12}/L, hemoglobin 71 g/L, hematocrit 21.3%, MCV 59 fL, MCH 19.6 pg, platelet count 439 × 10^9/L, ESR 30 mm/h, ferritin 5.7 ng/mL, and transferrin saturation 3.8%. A blood transfusion was performed, and repeat EGD and colonoscopy were recommended. Colonoscopy revealed no clinically significant abnormalities, except for a tubular adenoma in the ascending colon. In contrast, EGD revealed several abnormalities in the postbulbar portion of the duodenum (D1-D2): purulent contents, mucosal edema, granularity, hyperemia, thickening of the mucosal folds, and marked thickening and shortening of the villi (Fig. 1).

Histological examination of duodenal biopsy specimens revealed focal, compact aggregates of macrophages with abundant eosinophilic cytoplasm containing PAS-positive granules in the lamina propria of the duodenal mucosa, as well as lymphohistioplasmacytic infiltration with eosinophils and neutrophils. No histological features of celiac

 Creative Commons «Attribution» 4.0



A. B. C.

Fig. 1. Endoscopic images of the duodenal mucosa before treatment

Table 1. Chronology of the Clinical Case

Date/Period	Summaries of visits	Results of diagnostic tests
August 2022	tress, chronic non-bloody diarrhea (presumed functional). Triple *H. pylori* eradication therapy with partial symptomatic improvement.	Positive stool *H. pylori* antigen test.
August 2024	Fever, chronic non-bloody diarrhea, painful skin nodules, arthralgia, and weight loss. Diagnosis of unspecified gastrointestinal infection. Rifaximin therapy with partial symptomatic improvement.	Hemoglobin 87 g/L, platelet count 461 × 10^9/L, ESR 30 mm/h, ferritin 33.5 ng/mL, transferrin saturation 4.51%, CRP 64.4 mg/L, fecal calprotectin 619 μg/g. CT: retroperitoneal and mesenteric lymphadenopathy. Endoscopy: erythematous gastropathy and hemorrhoids. Stool tests for intestinal infections were negative.
July 2025	Suspected gastrointestinal infection associated with *Klebsiella pneumoniae*. Trimethoprim/sulfamethoxazole therapy with partial symptomatic improvement.	Positive stool culture for *Klebsiella pneumoniae*.
February 2026	Worsening diarrhea and anemia. Blood transfusion. Suspected panniculitis. Diagnosis of Whipple disease. Treatment with ceftriaxone, doxycycline, and hydroxychloroquine initiated.	Erythrocyte count 3.6 × 10^{12}/L, hemoglobin 71 g/L, platelet count 439 × 10^9/L, ESR 30 mm/h, ferritin 5.7 ng/mL, transferrin saturation 3.8%. EGD: purulent contents, mucosal edema, granularity, hyperemia, thickening of mucosal folds, and marked thickening and shortening of duodenal villi. Duodenal biopsy: PAS-positive macrophages.
March 2026	Symptomatic improvement. Doxycycline and hydroxychloroquine continued for 12 months.	

disease were identified. Thus, based on the classical clinical manifestations and characteristic histological findings, a definitive diagnosis of WD was established.

Given the possibility of extraintestinal manifestations of WD, cardiac and neurological assessments were performed, including brain MRI and echocardiography; no involvement of these systems was detected. Examination of the skin by a gastroenterologist revealed a painful induration of the skin of the left arm, which was clinically consistent with panniculitis. However, additional investigations to confirm or exclude this manifestation and establish its association with *T. whipplei* were not performed.

The patient was started on ceftriaxone 2 g once daily intravenously for 14 days, followed by oral doxycycline 100 mg twice daily and oral hydroxychloroquine 200 mg twice daily. The patient's baseline weight was 61 kg, and an ophthalmological examination performed before treatment initiation revealed no ocular abnormalities. After 4 weeks of therapy, the patient reported symptomatic improvement. Continued treatment for 12 months was recommended, followed by cardiological and ophthalmological follow-up given the potential adverse effects of the therapy. Long-term treatment outcomes are awaited and were not available at the time of writing this article.

The chronology of this clinical case is presented in Table 1.

DISCUSSION

We described a case of classical WD presenting with diarrhea, weight loss, arthralgia, and anemia in

a middle-aged woman. In our case, the diagnostic delay was approximately 3.5 years from symptom onset. This is relatively typical for this disease, with published data indicating a diagnostic delay of 3-7 years [6]. Several factors may contribute to this delay, ranging from limited physician awareness due to the extreme rarity of WD to its ability to mimic various gastrointestinal, rheumatological, neurological, and other disorders [4, 6].

It should be noted that classical WD occurs predominantly in men [1], which differs from our case and may also have contributed to the delayed diagnosis. In addition, our patient received *H. pylori* eradication therapy containing two antibiotics, which may have temporarily improved the clinical and endoscopic manifestations of the disease. Consequently, the initial endoscopic examination showed no apparent abnormalities and did not bring us closer to the diagnosis. However, one finding that should have raised clinical suspicion was retroperitoneal and mesenteric lymphadenopathy, which may be present in approximately 50% of patients with WD [7].

Another important manifestation is arthralgia. Joint involvement may occur in up to 90% of patients with WD [1, 8]. However, the nonspecific nature of these symptoms, particularly in the context of fever and systemic inflammation, represents a limiting factor in the diagnostic evaluation. Subsequent treatment of our patient with several courses of antibacterial agents (rifaximin and trimethoprim/sulfamethoxazole) produced some clinical improvement but ultimately prolonged the diagnostic pathway to the correct final diagnosis.

Unfortunately, there are no specific clinical guidelines for the diagnosis and treatment of WD. According to the diagnostic algorithms presented in UpToDate [9] and cohort studies [10], clinical suspicion based on characteristic manifestations and exclusion of more common diseases (infections, inflammatory bowel disease, etc.) should be followed by EGD with duodenal biopsy. It should be emphasized that visible endoscopic abnormalities may be absent in more than 70% of patients [10], which may further contribute to diagnostic delay.

Classical macroscopic findings of WD include enlarged or broadened villi, dilated lymphatic vessels, and duodenal mucosal edema, as well as signs of duodenitis [10]. In our case, the second endoscopic examination revealed similar abnormalities, which finally led to the correct diagnosis. However, the initial endoscopic examination was unremarkable, which did not exclude WD. Therefore, duodenal biopsy is essential for confirming the diagnosis [5, 9, 10].

The most characteristic histological finding is the presence of PAS-positive macrophages in the duodenal mucosa [5, 9]. According to the available literature [4, 9, 10], identification of this finding may be sufficient to establish a definitive diagnosis of WD when there is a strong clinical suspicion based on symptoms and other clinical manifestations. Additional diagnostic tests may include PCR analysis of duodenal biopsy specimens or other biological materials, such as cerebrospinal fluid, as well as immunohistochemical testing for *T. whipplei*. These tests may be useful for confirming the diagnosis, particularly in equivocal cases or when PAS-positive macrophages are absent, and should be performed whenever feasible [1, 4, 5, 9].

It should also be noted that PAS-positive macrophages may occur in other diseases, including tuberculosis. However, PCR and IHC testing are not widely available and, unfortunately, are not accessible in Ukraine, which represents a limitation of this case report. In addition, we decided not to perform further testing to exclude rare causes of PAS-positive macrophages in the duodenum, given the patient's classical clinical presentation.

The presence of extraintestinal manifestations may also contribute to clinical suspicion of WD [1, 9]. In addition to the manifestations described above, our patient had a painful induration of the skin of the left arm that was clinically consistent with panniculitis. Cutaneous manifestations of WD are frequently overlooked [11], whereas panniculitis may represent a relatively specific manifestation of the disease. Only 15 cases of panniculitis associated with WD have been described in the literature [11]. However, in our case, this finding was not confirmed, and differential diagnosis of other potential causes of painful cutaneous nodules should be performed with the involvement of a dermatologist and rheumatologist. This represents an additional limitation of our case report.

There is a limited number of randomized studies on the treatment of WD [12], which depends on the clinical presentation and the presence of extraintestinal involvement [9]. In patients with classical WD without endocarditis or central nervous system (CNS) involvement, as in our case, treatment with oral doxycycline and hydroxychloroquine for 12 months is recommended [9]. In cases involving CNS disease or endocarditis, treatment is recommended to begin with intravenous ceftriaxone or penicillin G, followed by trimethoprim/sulfamethoxazole for 12 months [9].

Given the unavailability of cerebrospinal fluid PCR testing to completely exclude CNS invol-

 Creative Commons «Attribution» 4.0

vement, as well as the possibility of subclinical CNS disease, we decided to initiate treatment with intravenous ceftriaxone for 2 weeks, followed by oral doxycycline and hydroxychloroquine. It should be noted that the most recent randomized study [12] demonstrated that oral therapy was non-inferior to sequential intravenous-to-oral treatment in patients with classical WD, even in the presence of CNS involvement. However, further randomized studies are needed to expand these findings and confirm the above conclusions, particularly for other clinical forms of WD.

Unfortunately, there is no national registry of patients with WD in Ukraine; therefore, the exact incidence and prevalence of the disease in the country are unknown. We identified only a few cases reported in the literature [13, 14]. Naturally, not all cases are described and published. Moreover, given the numerous barriers to establishing the correct diagnosis, the actual number of patients with WD may be considerably higher. Patients may pass from one physician to another without receiving a definitive diagnosis, appropriate treatment, or resolution of their underlying clinical problem.

CONCLUSIONS

We described a case of classical WD with a prolonged diagnostic journey before the correct diagnosis was established and appropriate treatment initiated. Given its numerous multisystem manifestations, WD should be considered in patients presenting with diarrhea, arthralgia, weight loss, clinical signs suggestive of malabsorption, lymphadenopathy, clinically suspected panniculitis, and other extraintestinal manifestations. Duodenal biopsy is an essential component of the diagnostic process and should be considered even when the endoscopic appearance of the duodenal mucosa is normal.

Article Declarations

Prospects for further research. Further research should focus on evaluating different therapeutic approaches to WD, particularly in randomized controlled trials.

Study limitations. The main limitations of this case report include the unavailability of PCR and IHC testing for *T. whipplei*, the absence of additional testing to exclude other causes of PAS-positive macrophages in the duodenum, and the lack of histological confirmation of panniculitis and its association with WD.

Primary data and materials. All patient data obtained from the source documents were anonymized.

Research ethics. The study was conducted in accordance with all protocols and procedures stipulated by the Biomedical Research Ethics Committee, the requirements of Ukrainian healthcare legislation, and the principles of the Declaration of Helsinki (2000). The patient provided informed consent for publication of the case and accompanying clinical data. The article was approved by the local ethics committee.

Declaration of AI use. Artificial intelligence tools were not used in the preparation of this article.

Funding. The study received no external funding.

Conflict of Interest. The authors declare that they have no conflict of interest related to the preparation, conduct, or publication of this article. None of the authors has any financial, commercial, or other personal relationships that could have influenced the interpretation of the results. The study was conducted in accordance with the principles of academic integrity and objectivity. All authors approved the final version of the manuscript.

Acknowledgements. The authors sincerely thank all individuals who provided assistance in conducting the study and preparing the manuscript.

Author Contributions (CRediT taxonomy).

*Artem V. Neverovskyi – A, B, D, E, F. ORCID: 0000-0002-2618-6347
Ruslan V. Buianovskyi – A, B, C, D, E, F. ORCID: 0000-0002-4822-4631
Andrii M. Puzyrenko – A, E, F. ORCID: 0000-0003-1923-6534

***Corresponding author:** artemneverovskiy@gmail.com; tel.: +380934129931.

REFERENCES

1. Dolmans RA, Boel CH, Lacle MM, Kusters JG. Clinical Manifestations, Treatment, and Diagnosis of Tropheryma whipplei Infections. Clin Microbiol Rev. 2017;30(2):529-555. doi:10.1128/CMR.00033-16.
2. Whipple GH. A hitherto undescribed disease characterized anatomically by deposits of fat and fatty acids in the intestinal and mesenteric lymphatic tissues. Bull Johns Hopkins Hosp. 1907;18:382–393.
3. Wilson KH, Blitchington R, Frothingham R, Wilson JA. Phylogeny of the Whipple's-disease-associated bacterium. Lancet. 1991;338(8765):474-475. doi:10.1016/0140-6736(91)90545-z.

4. Antunes C, Singhal M. Whipple Disease. [Updated 2023 Jul 4]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2026 Jan-. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK441937/.
5. Fenollar F, Puéchal X, Raoult D. Whipple's disease. N Engl J Med. 2007;356(1):55-66. doi:10.1056/NEJMra062477.
6. Viegas AF, Lopes AM, Venade G, Rodrigues P, Tavares J. Why Is Whipple's Disease Still a Challenging Diagnosis? A Case Report and Brief Review of Literature. Cureus. 2023;15(1):e34029. Published 2023 Jan 21. doi:10.7759/cureus.34029.
7. Lagier JC, Lepidi H, Raoult D, Fenollar F. Systemic Tropheryma whipplei: clinical presentation of 142 patients with infections diagnosed or confirmed in a reference center. Medicine (Baltimore). 2010;89(5):337-345. doi:10.1097/MD.0b013e3181f204a8.
8. Puéchal X. Whipple disease and arthritis. Curr Opin Rheumatol. 2001;13(1):74-79. doi:10.1097/00002281-200101000-00012.
9. Apstein MD, Schneider T. Whipple's disease. In: Connor RF, ed. UpToDate. Wolters Kluwer; 2026. Accessed May 15, 2026. https://www.uptodate.com/contents/whipples-disease.
10. Günther U, Moos V, Offenmüller G, et al. Gastrointestinal diagnosis of classical Whipple disease: clinical, endoscopic, and histopathologic features in 191 patients. Medicine (Baltimore). 2015;94(15):e714. doi:10.1097/MD.0000000000000714.
11. Agüera-Sánchez A, Del Carmen Brufau-Redondo M, Poblet E. Whipple's Disease: Panniculitis Among Other Dermatoses. A Case Report and Literature Review. J Cutan Pathol. 2026;53(6):468-474. doi:10.1111/cup.70066.
12. Moos V, Krüger J, Allers K, et al. Oral treatment of Whipple's disease with doxycycline and hydroxychloroquine versus intravenous therapy with ceftriaxone followed by oral trimethoprim-sulfamethoxazole in Germany: a phase 2/3, prospective, open-label, randomised, controlled, non-inferiority trial. Lancet Infect Dis. 2025;25(7):788-800. doi:10.1016/S1473-3099(24)00797-7.
13. Hudyma N, Heron N. Whipple's disease (clinical case description). In: Proceedings of the 78th University Student Scientific Conference of Danylo Halytsky Lviv National Medical University. Lviv: LNMU; 2015. p. 121-122.
14. Dudnyk VM. Differential diagnosis of systemic diseases in children. Clinical case 1: Whipple's disease (by pathomorphological study results). Undifferentiated autoimmune disease? Educational and methodical materials of VNMU. Vinnytsia: VNMU; 2019. p. 2–3.

АРТРАЛГІЯ, МОЖЛИВИЙ ПАНІКУЛІТ, ВТРАТА ВАГИ ТА АНЕМІЯ: ТРИВАЛИЙ ДІАГНОСТИЧНИЙ ШЛЯХ ДО ХВОРОБИ УІППЛА

Артем В. Неверовський[1,2], Руслан В. Буяновський[2], Андрій М. Пузиренко[3]

1 – Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, м. Київ, Україна
2 – ТОВ «Медичний центр «Добробут-Поліклініка», м. Київ, Україна
3 – Рочестерський університет, Медичний центр, Департамент патології, Рочестер, м. Нью-Йорк, США

РЕЗЮМЕ

Вступ. Хвороба Уіппла (ХУ) – надзвичайно рідкісне системне інфекційне захворювання, спричинене *Tropheryma whipplei*, частота якого становить приблизно один випадок на мільйон населення. Через мультисистемне ураження та неспецифічність клінічних проявів захворювання може імітувати гастроентерологічні, ревматологічні, інфекційні та інші патологічні стани, що часто призводить до значної затримки встановлення діагнозу. Метою роботи було описати та проаналізувати клінічний випадок класичної ХУ з тривалим діагностичним шляхом та окремими нетиповими проявами, а також визначити чинники, які могли сприяти затримці діагностики.

Матеріали та методи. Представлено клінічний випадок 45-річної жінки з тривалою діареєю, артралгією, прогресуючою втратою маси тіла, анемією, системним запаленням, лімфаденопатією та клінічно підозрюваним панікулітом. Проаналізовано клінічний перебіг захворювання протягом приблизно 3,5 року, результати лабораторних досліджень, комп'ютерної томографії, езофагогастродуоденоскопії, колоноскопії та гістологічного дослідження біоптатів дванадцятипалої кишки. Для оцінки можливого позакишкового ураження проведено кардіологічне та неврологічне обстеження, включаючи ехокардіографію та магнітно-резонансну томографію головного мозку.

Результати. Першим проявом захворювання була тривала неводяниста діарея, яка згодом супроводжувалася гарячкою, артралгією, болючими підшкірними вузликами, значною втратою маси тіла та прогресуючою залізодефіцитною анемією. Комп'ютерна томографія виявила ретроперитонеальну та мезентеріальну лімфаденопатію. Початкове ендоскопічне дослідження верхніх відділів шлунково-кишкового тракту без

 Creative Commons «Attribution» 4.0

виконання біопсії не дозволило встановити діагноз. При повторній езофагогастродуоденоскопії виявлено набряк, зернистість і гіперемію слизової оболонки дванадцятипалої кишки, потовщення складок та виражені зміни ворсинок. Гістологічне дослідження дуоденальних біоптатів продемонструвало скупчення макрофагів із широкою еозинофільною цитоплазмою, що містила PAS-позитивні гранули. У поєднанні з типовою клінічною картиною ці результати стали підставою для встановлення діагнозу хвороби Уіппла. Ознак ураження центральної нервової та серцево-судинної систем не виявлено. Панікуліт був запідозрений клінічно, проте гістологічно або іншими специфічними методами не підтверджений. Лікування розпочато з внутрішньовенного введення цефтріаксону протягом 14 днів із подальшим переходом на доксициклін та гідроксихлорохін. Через чотири тижні терапії пацієнтка повідомила про суттєве симптоматичне покращення.

Обговорення. Діагностична затримка тривалістю приблизно 3,5 року була пов'язана з рідкістю захворювання, неспецифічністю та мультисистемністю його проявів, нетиповою для класичної ХУ жіночою статтю пацієнтки, попереднім застосуванням антибактеріальної терапії з частковим тимчасовим ефектом та відсутністю біопсії під час першого ендоскопічного дослідження. Випадок демонструє, що відсутність характерних макроскопічних змін дванадцятипалої кишки під час ендоскопії не виключає ХУ. Поєднання тривалої діареї, артралгії, втрати маси тіла, ознак мальабсорбції, анемії та лімфаденопатії має підвищувати клінічну настороженість щодо цього захворювання.

Висновки. Хворобу Уіппла слід включати до диференційної діагностики у пацієнтів із тривалими нез'ясованими гастроінтестинальними та системними проявами, особливо за наявності поєднання діареї, артралгії, втрати маси тіла, мальабсорбції, анемії та лімфаденопатії. Біопсія дванадцятипалої кишки є ключовим методом діагностики та має розглядатися навіть за відсутності виражених ендоскопічних змін слизової оболонки.

Ключові слова: Хвороба Уіппла, Tropheryma whipplei, діарея, артралгія, панікуліт, дуоденальна біопсія, діагностична затримка.

Received: May 21, 2026
Accepted: August 15, 2026
Published online: September 16, 2026

UDC: 617.55-007.274-089.85
DOI: https://doi.org/10.32345/USMYJ.3(164).2026.184-196

COMPREHENSIVE DIAGNOSTIC AND TREATMENT ALGORITHM FOR THE SURGICAL MANAGEMENT OF POSTOPERATIVE ADHESIVE SMALL BOWEL OBSTRUCTION: RESULTS OF A COMPARATIVE CLINICAL STUDY

Vasyl V. Lysytsia

Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

ABSTRACT

Introduction. Postoperative adhesive small bowel obstruction (ASBO) remains one of the most common indications for emergency surgery in abdominal surgery and accounts for up to 60–75% of all cases of mechanical intestinal obstruction.

Aim. To evaluate the effectiveness of a comprehensive diagnostic and treatment algorithm incorporating laparoscopic adhesiolysis, the hydrojet scalpel and the author's own surgical techniques compared with standard treatment in patients with postoperative adhesive small bowel obstruction, based on the incidence of postoperative complications, mortality and quality-of-life outcomes.

Materials and methods. A comparative cohort study of the treatment outcomes of 314 patients with postoperative adhesive small bowel obstruction was conducted: 163 patients in the control group, treated in 2006-2012 using the conventional approach, and 151 patients in the study group, treated in 2013-2019 after implementation of the improved algorithm. In the study group, a laparoscopic approach was used in 84 patients and the hydrojet scalpel in 82 (54.30%). The rates of bowel resection, stoma formation, postoperative complications, reoperations and in-hospital mortality, as well as quality-of-life outcomes, were assessed. The SF-36 was administered to 180 patients at discharge and at 1 and 3 months. The groups were comparable in terms of age, sex, stage of the disease, time to admission and grade of intra-abdominal hypertension. Owing to the retrospective nature of the control cohort, multivariable analysis was not performed; unadjusted ORs with 95% CIs are reported.

Results. The bowel resection rate was lower in the study group than in the control group: 14.57% vs. 25.15% (OR=0.51; 95% CI 0.29-0.90; p=0.02). The rate of wound complications was 6.62% vs. 20.24% (OR=0.28; 95% CI 0.13-0.59; p<0.001), and the rate of intra-abdominal complications requiring reoperation was 7.28% vs. 22.08% (OR=0.28; 95% CI 0.14-0.57; p<0.001). The rate of intestinal stoma formation was lower in the study group, but the difference was not statistically significant: 8.61% vs. 14.72% (p=0.09). In-hospital mortality was 1.32% vs. 3.07% (p=0.28). Use of the comprehensive diagnostic and treatment algorithm was associated with lower rates of bowel resection and postoperative complications, wider use of the laparoscopic approach and better quality-of-life outcomes.

Conclusions. Use of the comprehensive diagnostic and treatment algorithm was associated with lower rates of bowel resection and postoperative complications, wider use of the laparoscopic approach and better quality-of-life outcomes. Differences in the rates of intestinal stoma formation and in-hospital mortality did not reach statistical significance.

Key words: adhesive small bowel obstruction; laparoscopic adhesiolysis; hydrojet scalpel; complications; quality of life.

INTRODUCTION

Introduction. Postoperative adhesive small bowel obstruction (ASBO) remains one of the most common indications for emergency abdominal surgery and accounts for up to 60-75% of all cases of mechanical intestinal obstruction. According to epidemiological studies, it accounts for 12% to 16% of emergency surgical admissions and up to 20% of emergency bowel operations [1, 2]. Intra-abdominal adhesions develop in 45-93% of patients after open abdominal surgery and in 16-33% after laparoscopic procedures [2]. Mortality associated with ASBO

 Creative Commons «Attribution» 4.0

ranges from 3% to 35%, increasing substantially with delayed hospital admission (more than 48 hours) and the development of bowel necrosis [2, 3].

Despite advances in operative techniques, anesthetic management, and intensive care, this condition continues to be associated with high rates of postoperative complications, the need for bowel resection and repeat operations, prolonged hospital stays, and considerable economic costs to the healthcare system.

For a long time, open laparotomy with adhesiolysis remained the standard surgical treatment for ASBO. At the same time, accumulating evidence of the advantages of a minimally invasive approach – in particular, a shorter hospital stay, a lower rate of wound complications, and faster return of bowel function – has prompted wider use of laparoscopic adhesiolysis [4, 5]. The international consensus of the World Society of Emergency Surgery (WSES) recommends that the laparoscopic approach be considered the method of choice for ASBO in selected patients in the absence of signs of peritonitis, bowel ischemia, and intra-abdominal hypertension above grade I [5]. The main reasons for unsatisfactory treatment outcomes are the difficulty of timely diagnosing bowel ischemia, the lack of universal criteria for selecting the optimal surgical strategy, and the high risk of intraoperative bowel injury during adhesiolysis. Conventional open surgery is associated with considerable tissue trauma, which may contribute to progression of the adhesive process and an increased rate of postoperative complications.

Modern abdominal surgery is actively adopting laparoscopic technologies, improved methods of preoperative imaging, hydrojet tissue dissection, and new approaches to the prevention of recurrent adhesion formation. However, the results of their combined use in ASBO remain insufficiently studied, and the optimal combination of modern technologies with conventional treatment methods requires further investigation.

AIM

The aim of the study was to evaluate the effectiveness of a comprehensive diagnostic and treatment algorithm incorporating laparoscopic adhesiolysis, the hydrojet scalpel, and author-developed surgical techniques compared with standard treatment in patients with postoperative adhesive small bowel obstruction, based on the incidence of postoperative complications, mortality, and quality-of-life outcomes.

MATERIALS AND METHODS

Study design and patients. A comparative cohort study using consecutive sampling was conducted, including 314 patients with ASBO admitted to the surgical departments of the Municipal Non-Profit Enterprise "Kyiv City Clinical Hospital No. 1" (KCCH No. 1) between 2006 and 2019. The inclusion criteria were clinical manifestations of postoperative adhesive small bowel obstruction, confirmation of the diagnosis by clinical and instrumental examination, and the need for surgical treatment. The clinical groups were formed chronologically, according to the diagnostic and treatment strategy applied. The control group comprised 163 patients treated in 2006-2012 using conventional approaches to diagnosis and surgical treatment. The study group included 151 patients treated in 2013-2019 after implementation of the improved diagnostic and treatment algorithm. Comparability of the groups was assessed using the main baseline demographic and clinical characteristics, in particular age, sex, comorbidity profile, features of the adhesive process and the main characteristics of the clinical course of postoperative adhesive small bowel obstruction (*see Table 1*). Since the groups were formed chronologically, the following conditions were observed in order to minimize the influence of temporal changes in clinical practice: both cohorts were treated in the same surgical departments of the Municipal Non-Profit Enterprise "Kyiv City Clinical Hospital No. 1" by the same clinical team; the inclusion criteria, the procedure for verifying the diagnosis and the principles of preoperative preparation and anesthetic management remained unchanged throughout the study period; no enhanced recovery after surgery (ERAS) programs or other systemic changes in perioperative management were introduced at the hospital, apart from those that are the subject of this study. In addition to age and sex, the baseline comparability of the cohorts was further assessed by the time from symptom onset to admission, the grade of intra-abdominal hypertension according to the WSACS (2013) classification, body mass index (BMI) and the pattern of comorbidity (*Table 1*).

The control and study groups were comparable in their main baseline clinical and demographic characteristics. No statistically significant differences were found in age distribution ($p=0.977$) or sex distribution ($p=0.815$). No statistically significant between-group differences were found in the stages of the clinical course of postoperative adhesive small bowel obstruction or in the pattern of causes of adhesion formation (all $p>0.05$), which indicates baseline clinical comparability of the study groups. The groups were also comparable in the time from symptom onset to admission ($p=0.821$), the distribution of intra-abdominal hypertension

Table 1. Baseline clinical and demographic characteristics of the patients in the control and study groups

Variable	Control group (n=163)	Study group (n=151)	p
Age distribution, n (%)			0.977
18–24 years	7 (4.29)	6 (3.97)	
25–54 years	32 (19.63)	29 (19.20)	
55–65 years	77 (47.24)	69 (45.70)	
≥65 years	47 (28.83)	47 (31.13)	
Sex, n (%)			0.815
Men	61 (37.42)	54 (35.76)	
Women	102 (62.58)	97 (64.24)	
Stage of the clinical course of ASBO, n (%)			
Compensated	92 (56.44)	86 (56.95)	1.00
Subcompensated	40 (24.54)	42 (27.81)	0.52
Decompensated	21 (12.88)	17 (11.26)	0.73
Multiple organ failure	10 (6.13)	6 (3.97)	0.45
Cause of adhesion formation, n (%)			
Appendicitis / Meckel's diverticulum	37 (22.70)	35 (23.18)	1.000
Perforated ulcer	28 (17.18)	25 (16.56)	1.000
Traumatic injuries	15 (9.20)	12 (7.95)	0.841
Surgery on the liver/biliary ducts	36 (22.09)	34 (22.52)	1.000
Hernia surgery	24 (14.72)	22 (14.57)	1.000
Gynecological/urological surgery	23 (14.11)	23 (15.23)	0.874
Time from symptom onset to admission, n (%)			0.821
up to 24 h	82 (50.31)	78 (51.66)	
24–48 h	60 (36.81)	57 (37.75)	
more than 48 h	21 (12.88)	16 (10.60)	
Grade of intra-abdominal hypertension (WSACS, 2013), n (%)			0.550
normal (IAP 7–10 mmHg)	72 (44.17)	65 (43.05)	
grade I (12–15 mmHg)	37 (22.70)	46 (30.46)	
grade II (16–20 mmHg)	30 (18.40)	21 (13.91)	
grade III (21–25 mmHg)	19 (11.66)	15 (9.93)	
grade IV (>25 mmHg)	5 (3.07)	4 (2.65)	
Body mass index, n (%)			0.775
obesity (BMI ≥30 kg/m²)	24 (14.72)	31 (20.53)	0.229
Comorbidity, n (%)			
comorbidity present	96 (58.90)	72 (47.68)	0.060
cardiovascular disease	34 (20.86)	22 (14.57)	0.191
coronary artery disease	28 (17.18)	21 (13.91)	0.441
diabetes mellitus	16 (9.82)	14 (9.27)	1.000
musculoskeletal disorders	17 (10.43)	10 (6.62)	0.314

Note. Data are presented as the absolute number of patients and the proportion within the corresponding group – n (%). The p values for age distribution and sex distribution are given for the overall comparison of the corresponding categorical distributions between the control and study groups. Categorical variables were compared using Pearson's x^2 test or Fisher's exact test, depending on the expected frequency of observations. Differences were considered statistically significant at $p<0.05$. Time to admission, grade of intra-abdominal hypertension and body mass index distribution were compared as overall categorical distributions (Pearson's x^2 test).

IAP – intra-abdominal pressure; *WSACS* – World Society of the Abdominal Compartment Syndrome.
ASBO – postoperative adhesive small bowel obstruction.

Creative Commons «Attribution» 4.0

grades (p=0.550) and body mass index (p=0.775). The proportion of patients with comorbidity was somewhat lower in the study group (47.68% vs. 58.90%; p=0.060), while no statistically significant differences were found for individual nosological classes (cardiovascular disease, coronary artery disease, diabetes mellitus, musculoskeletal disorders; all p>0.05). Thus, the possible residual imbalance in comorbidity favors the study group, which should be taken into account when interpreting the results obtained.

In the study group, an improved diagnostic and treatment algorithm was used that included modern radiological diagnostic methods, wider use of the laparoscopic approach, hydrojet dissection of adhesions and the author's own methods for preventing intraoperative bowel wall injury and recurrent adhesion formation (Fig. 1).

All patients underwent standard clinical examination, laboratory testing, and instrumental diagnostic assessment. Where indicated, abdominal ultrasonography, plain abdominal radiography, computed tomography, measurement of intra-abdominal pressure, and Doppler ultrasonography for assessment of mesenteric blood flow were performed. The combined use of these methods enabled determination of the level of obstruction, timely detection of signs of bowel ischemia, and selection of the optimal surgical strategy.

The treatment strategy was selected on an individualized basis, taking into account the patient's clinical condition, the duration and severity of bowel obstruction, imaging findings, intra-abdominal pressure, signs of ischemic bowel injury, the extent of the adhesive process, and the technical feasibility of performing laparoscopic surgery safely. The improved diagnostic and treatment algorithm involved a stepwise assessment of the patient's clinical condition, imaging findings, grade of intra-abdominal hypertension, and signs of ischemic bowel injury.

Indications for laparoscopic adhesiolysis included the absence of intra-abdominal hypertension or grade I hypertension that decreased following gastrointestinal decompression, the presence of a safe ultrasound window for insertion of the first trocar, and the absence of clinical signs requiring emergency open surgery. In cases of an extensive adhesive process, when safe laparoscopic dissection was not feasible or the extent of the required procedure exceeded the capabilities of the laparoscopic approach, conversion to laparotomy was performed. In the study group, the hydrojet scalpel was used in 82 patients (54.30%) according to predefined clinical and intraoperative indications. Author-developed techniques for peritonization of injuries to the bowel serosa were likewise applied on an individualized basis, depending on the nature and extent of the intraoperative injury.

One component of the improved surgical approach was the author's own method of peritonization of extensive longitudinal injuries to the serous membrane of the bowel, protected by Ukrainian utility model patent UA146063. The method was used in cases of extensive longitudinal deserosation of the bowel wall arising during the division of dense adhesions, provided that the muscular layer remained viable and there were no indications for bowel resection. The technique involved a continuous inverting seromuscular suture with the initial and

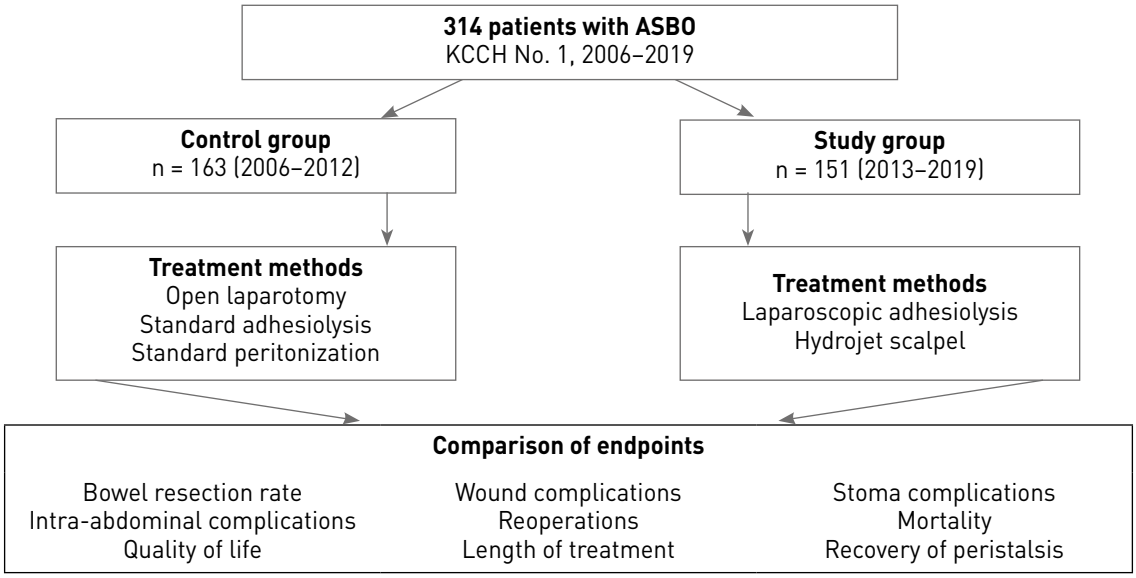


Fig. 1. Study design

final knots placed beneath the serous membrane. The stitch length was approximately 0.2 cm and the distance between stitches approximately 0.3 cm; every 3 cm of the sutured defect, an additional fixing stitch was placed in the muscular layer to prevent puckering of the bowel wall. This technique made it possible to appose the edges of the serous membrane without significant deformation or narrowing of the bowel lumen. The indications for the method were longitudinal deserosation of the bowel wall more than 2 cm long arising during the division of dense adhesions, provided that the muscular layer remained viable, there was no full-thickness defect of the bowel wall and there were no indications for bowel resection. The contraindications were necrosis or doubtful viability of the bowel segment, full-thickness perforation and the risk of critical narrowing of the lumen of a small-diameter bowel. The pathophysiological rationale for the method is that restoration of a smooth serosal surface without externally placed knots and thread ends eliminates two key factors of recurrent adhesion formation – the exposed deserosed surface and contact of the suture material with the peritoneum – and also reduces the risk of perforation of the deserosed area in the early postoperative period.

The author's own methods of hydrojet adhesiolysis. Hydrojet dissection was performed in accordance with two of the author's own methods protected by Ukrainian utility model patents: "Method for dividing and mobilizing intra-abdominal infiltrative masses with a hydrojet scalpel" (UA146064) and "Method for dividing intra-abdominal adhesions with a hydrojet scalpel" (UA146645) [21, 22]. A jet of sterile 0.9% sodium chloride solution 0.1 mm in diameter was used. When dividing infiltrative–adhesive conglomerates, the nozzle was positioned at an angle of 10-15° to the axis of the bowel at a pressure of 30–40 atm, which made it possible to detach ("blast off") the edge of the conglomerate from the bowel wall; after the mass had been grasped and retracted with forceps, the jet angle was temporarily increased to 45° for hydrodissection of the tissues, after which it was returned to 10-15°. When dividing individual adhesions, hydrodissection ("flooding") of the adhesion was first performed at an angle of 90° and then at 45° at a pressure of 20-30 atm; the nozzle was then repositioned at an angle of 10–15° to the axis of the bowel and the pressure was increased to 40–50 atm, which allowed the adhesion to be separated without injury to the serous membrane, the mesentery or the vessels. Where vessels had grown into the thickness of an adhesion, the adhesion was additionally coagulated with a tissue welding device. The indications for hydrojet dissection were dense and vascularized adhesions and infiltrative–adhesive conglomerates with a high risk of deserosation, as well as areas of interloop adhesions in which mechanical or electrosurgical division was potentially hazardous. The hydrojet scalpel was not used in the presence of bowel necrosis requiring resection or in an extremely dense ("armored") adhesive process in which safe hydrodissection was technically impossible. Overall, the method was used in 82 patients (54.30%) of the study group.

Quality-of-life assessment. The long-term outcomes of surgical treatment were assessed using the standardized Short Form Health Survey (SF-36) questionnaire. The analysis was performed in 180 patients selected from five etiological groups in order to form subgroups of comparable size: after operations for appendicitis, its complications and Meckel's diverticulum – 45 patients; for perforated gastric and duodenal ulcer – 30; for liver and biliary tract disease – 45; for anterior abdominal wall hernias – 30; and after gynecological and urological operations – 30. Patients who had undergone surgery for traumatic injuries of the abdominal organs were not included in the SF-36 analysis because of an insufficient number of observations to form subgroups of comparable size. In the study group, the SF-36 was completed at discharge and at follow-up visits at 1 and 3 months. In the control-group patients, the corresponding data were obtained retrospectively by telephone interview. Patients were selected for the quality-of-life analysis according to a predefined quota sampling plan: within each etiological group, three subgroups of equal size were formed according to the operation actually performed (standard open surgery; open surgery using the improved technologies; laparoscopic surgery using the improved technologies) – 15 patients each in the groups after operations for appendicitis, its complications and Meckel's diverticulum and for liver and biliary tract disease, and 10 patients each in the remaining groups. The analysis included patients who were available for contact, who consented to the interview and who had complete questionnaire data at all three time points. Random selection (randomization) procedures were not used; the number of patients whom an attempt was made to contact and the reasons for non-participation in the survey were not documented retrospectively, so the response rate cannot be calculated. Thus, the SF-36 analysis covered 180 (57.32%) of the 314 patients in the study. The subgroups compared were balanced by the sampling design itself, both in the pattern of etiological causes of the adhesive process and in size; however, the allocation of patients between them was

 Creative Commons «Attribution» 4.0

not randomized and was determined by the operation actually performed, which is a source of potential selection bias.

Depending on the surgical strategy used, three subgroups of 60 patients each were formed: standard open surgery; open surgery using the improved surgical technologies; and laparoscopic surgery using the improved technologies. Assessments were performed at discharge and at 1 and 3 months after treatment. Eight SF-36 domains were analyzed: physical functioning (PF), role limitations due to physical health (RP), bodily pain (BP), general health (GH), vitality (VT), social functioning (SF), role limitations due to emotional problems (RE), and mental health (MH); higher scores indicated better quality of life. Complete SF-36 data at all three time points were available for all 180 patients included in the quality-of-life analysis; no patients were lost to follow-up during the three-month period. Patients who had undergone surgery for traumatic injuries of the abdominal organs (n=27) were not included in the analysis because the number of available observations was insufficient to form three subgroups of comparable size.

Statistical analysis was performed using Microsoft Excel 2010 for construction of the electronic patient database and Statistica 10.0. Quantitative variables with a normal distribution were presented as the arithmetic mean and standard deviation (M±SD). Between-group differences in quantitative variables were assessed using Student's t-test. Categorical variables were presented as absolute values and percentages and were compared using Pearson's χ^2 test or, when expected frequencies were small, Yates's correction or Fisher's exact test. Differences were considered statistically significant at $p<0.05$. For the main binary endpoints, unadjusted odds ratios (ORs) with 95% confidence intervals (CIs) were additionally calculated, with the study group as the exposure group and the control group as the reference group.

Multivariable analysis using multiple logistic regression was not performed for the following reasons. The control cohort was formed retrospectively from archival medical records for 2006-2012, and complete individual data for all potential covariates (age, a standardized comorbidity index, exact time from symptom onset to admission, intra-abdominal pressure, and intraoperative severity of the adhesive process) could not be reconstructed for every patient. In addition, the number of events for the main endpoints (10 wound complications and 11 intra-abdominal complications in the study group) did not provide the generally accepted minimum events-per-predictor ratio (≥10) required to obtain stable adjusted estimates. Therefore, unadjusted ORs with 95% CIs are reported, and potential confounding was addressed by alternative means: (1) an extended assessment of baseline comparability between the cohorts with respect to age, sex, ASBO stage, cause of adhesion formation, time to admission, grade of intra-abdominal hypertension, body mass index, and comorbidity (Table 1); and (2) analysis of outcomes within the study cohort (2013-2019), in which all patients were treated during the same time period, thereby reducing the potential influence of calendar time on the comparison.

SF-36 scores were compared across the three subgroups, three time points, and eight domains. Given the large number of simultaneous comparisons, the significance level for these analyses was adjusted using the Bonferroni method.

RESULTS

In the control group, a primary laparotomy approach was used in 154 (94.48%) of the 163 patients, whereas laparoscopic surgery was performed in 9 cases. Five patients required conversion to laparotomy. In the study group, a laparoscopic approach was used in 84 patients, and conversion to laparotomy was required in 8 cases. Thus, the laparoscopic approach was used more frequently in the study group than in the control group. Of the 9 laparoscopic operations in the control group, 4 (2.45%) were completed laparoscopically, compared with 76 (50.33%) of the 84 (55.63%) started in the study group; the conversion rate was 5 (55.56%) of 9 versus 8 (9.52%) of 84, respectively.

One of the most important clinical results was the reduction in the bowel resection rate. In the study group, resection was performed in 22 patients (14.57%) compared with 41 (25.15%) in the control group (OR=0.51; 95% CI 0.29–0.90; p=0.02). The rate of intestinal stoma formation was also lower in the study group – 13 (8.61%) versus 24 (14.72%) in the control group – although this difference did not reach statistical significance (OR=0.55; 95% CI 0.27–1.11; p=0.09). The results obtained indicate a higher proportion of organ-preserving operations in the study group.

The rate of postoperative wound complications was lower in the study group than in the control group – 10 (6.62%) versus 33 (20.24%) cases (OR=0.28; 95% CI 0.13–0.59; p<0.001). Similarly, the rate of intra-abdominal complications was 11 (7.28%) versus 36 (22.08%), respectively (OR=0.28; 95% CI 0.14–0.57; p<0.001). All the intra-abdominal complications recorded required reoperation. A comparative description of the main treatment outcomes and postoperative complications is presented in Table 2.

Table 2. Comparative description of the main treatment outcomes and postoperative complications in the control and study groups

Variable	Control group (n=163)	Study group (n=151)	Unadjusted OR (95% CI)	p
Bowel resection	41 (25.15)	22 (14.57)	0.51 (0.29–0.90)	0.02
Intestinal stoma formation	24 (14.72)	13 (8.61)	0.55 (0.27–1.11)	0.09
Wound complications, n (%)	33 (20.24)	10 (6.62)	0.28 (0.13–0.59)	<0.001
-seroma	16 (9.82)	6 (3.97)		0.041
-suppuration	17 (10.43)	4 (2.65)		0.006
-wound dehiscence	7 (4.29)	2 (1.32)		0.17
-evisceration	4 (2.45)	1 (0.66)		0.21
Pneumonia, n (%)	19 (11.66)	5 (3.31)		0.007
Intra-abdominal complications requiring reoperation, n (%)	36 (22.08)	11 (7.28)	0.28 (0.14–0.57)	<0.001
-early adhesive small bowel obstruction	26 (15.95)	6 (3.97)		<0.001
-perforation of deserosed bowel segments	6 (3.68)	2 (1.32)		0.17
-anastomotic leak	4 (2.45)	3 (1.99)		0.73
In-hospital mortality, n (%)	5 (3.07)	2 (1.32)	0.42 (0.08–2.22)	0.28

Note. Data are presented as the absolute number of patients and the proportion within the corresponding group – n (%). OR – odds ratio; CI – confidence interval. Unadjusted ORs with 95% CIs were calculated for the main endpoints for the study group relative to the control group; an OR<1 indicates lower odds of the corresponding adverse event in the study group. ORs were not calculated for the individual subtypes of postoperative complications. Differences were considered statistically significant at p<0.05.

In the study group, the hydrojet scalpel was used as one component of the improved diagnostic and treatment algorithm in 82 patients (54.30%). A separate analysis of the effect of hydrojet dissection on the time to recovery of peristalsis was not performed in this study because no dedicated comparison group was formed for this purpose, and the method was used in combination with other components of the algorithm, particularly the laparoscopic approach. Therefore, its independent contribution could not be separated from the effects of the surgical approach and other components of the improved strategy. Accordingly, only clinically relevant endpoints indirectly related to the recovery of bowel motor and evacuatory function were assessed in this study. The rate of postoperative ileus was lower in the study group than in the control group: 12 (7.95%) vs. 27 (16.56%) (OR=0.43; 95% CI, 0.21-0.89; p=0.03). The rate of planned lavage reoperations performed because of failure of conservative management of ileus was 4 (2.65%) vs. 10 (6.13%) (p=0.17). These differences reflect the effect of the comprehensive algorithm as a whole and cannot be attributed to hydrojet dissection alone. Assessment of the independent effect of hydrojet adhesiolysis on the time to recovery of peristalsis requires a prospective study with a predefined comparison group and standardized assessment of this outcome.

Across all three subgroups, SF-36 scores improved over the three-month follow-up period, with the most pronounced improvement observed after laparoscopic treatment using the improved technologies. At 3 months, physical functioning (PF) scores ranged from 78.41 to 81.32 points after standard open surgery, from 83.12 to 85.43 points after open surgery using the improved technologies, and from 91.23 to 93.25 points after laparoscopic surgery. A similar pattern was observed across the other SF-36 domains, with most between-group differences reaching statistical significance (p<0.001).

DISCUSSION

The results of this study indicate that the comprehensive use of modern diagnostic and surgical technologies in ASBO is associated with improved short-term treatment outcomes. In the study group, the rate of successful laparoscopic adhesiolysis increased, while the need for bowel resection and the rates of postoperative complications and repeat operations were lower than in the control group; a trend toward a lower rate of intestinal stoma formation was also observed. These findings are consistent with systematic reviews and meta-analyses demonstrating that laparoscopic adhesiolysis is associated with a lower overall complication rate (OR=0.42; 95% CI, 0.25-0.70; p<0.01) and a shorter duration of paralytic ileus compared with the open approach [6]. In the WSES consensus document by Sermonesi et al. (2023), based on the available systematic reviews and meta-analyses, laparoscopic adhesiolysis in selected patients with ASBO is

 Creative Commons «Attribution» 4.0

reported to be associated with lower 30-day mortality, fewer severe postoperative complications, and fewer early unplanned reoperations, without an increase in the rate of iatrogenic bowel injury [5].

The results obtained are consistent with current data on the potential advantages of a minimally invasive approach in carefully selected patients with postoperative adhesive small bowel obstruction. In a large-scale analysis of the outcomes of surgical treatment of small bowel obstruction (SBO) over a 10-year period, use of a minimally invasive approach was associated with a lower rate of postoperative complications, lower in-hospital mortality and a shorter hospital stay; after multivariable adjustment, the minimally invasive approach remained independently associated with a reduced risk of complications. At the same time, the authors emphasize the need for careful patient selection, taking into account age, comorbidity and the complexity of previous operations [7].

In the study group, conversion of laparoscopic surgery to laparotomy was required in 8 patients. The results obtained should be considered in the light of the differentiated selection of patients for laparoscopic treatment, since the extent of the adhesive process and the difficulty of safely dissecting the bowel loops are important factors determining whether the operation can be completed laparoscopically [8]. In all the patients who underwent conversion, the postoperative period ended in recovery, with no deaths.

Predicting the success of laparoscopic adhesiolysis remains a relevant issue. In a retrospective study of 168 patients with ASBO, Morelli et al. (2024) analyzed the clinical and radiological factors associated with the need for conversion. In multivariable analysis, the independent predictor of conversion was the CT small bowel feces sign [9]. Wang et al. (2025) demonstrated the value of a comprehensive preoperative assessment of risk factors for predicting conversion and selecting the optimal surgical approach [10]. Taken together, these data underline the importance of well-founded patient selection for laparoscopic treatment and of timely decision-making on conversion to an open approach.

Hydrojet dissection was used as one component of the improved surgical algorithm aimed at the precise division of adhesions and the minimization of bowel wall trauma. The lower bowel resection rate in the study group (14.57% vs. 25.15%; OR=0.51; 95% CI 0.29-0.90; p=0.02) may indicate the potential advantages of precise tissue division within a comprehensive surgical approach [11]. At the same time, the study design does not allow the contribution of hydrojet dissection to the clinical effect obtained to be assessed in isolation.

A separate component of the improved surgical approach was the author's own method of peritonization of extensive longitudinal injuries to the serous membrane of the bowel (Ukrainian patent UA146063). The method involved restoration of the serosal covering with an inverting seromuscular suture, with the knots and thread ends placed beneath the serous membrane, which made it possible to create a smooth bowel wall surface without substantial deformation or narrowing of its lumen. A potential advantage of this approach is reduced trauma to the injured area and reduced contact of the suture material with the peritoneum, which may help to lower the risk of recurrent adhesion formation and the associated postoperative complications. At the same time, within this study the independent contribution of the peritonization method to the overall reduction in the complication rate was not assessed separately; the clinical effect obtained should be regarded as the result of the comprehensive application of the improved diagnostic and treatment algorithm.

The results obtained confirm the value of the early use of modern imaging methods and of a differentiated choice of surgical strategy. The use of computed tomography, Doppler ultrasound, measurement of intra-abdominal pressure and laparoscopic exploration made it possible to detect signs of ischemic bowel injury in a timely manner and to determine the optimal extent of surgery. These data are consistent with the differentiated approach to the choice of treatment strategy used in our study [12].

No less important is the timely determination of the moment to proceed to surgical treatment. According to a recent systematic review and meta-analysis, early surgery in appropriately selected patients with SBO was associated with reductions in mortality, the bowel resection rate and the overall number of complications, whereas prolonged delay of surgery when conservative treatment was ineffective was accompanied by worse outcomes. These data support the differentiated approach used in our study, based on a comprehensive assessment of the clinical picture, signs of bowel ischemia, intra-abdominal pressure and imaging findings [13].

It is important to emphasize that the improvement in treatment outcomes cannot be attributed to a single component of the improved algorithm alone. In the study group, modern radiological diagnostic methods, the laparoscopic approach, hydrojet dissection of adhesions and the author's own methods of preventing intraoperative bowel wall injury and

recurrent adhesion formation were introduced simultaneously. The clinical results obtained should be regarded as associated with the comprehensive application of these approaches, without the possibility of determining the independent contribution of each component of the algorithm.

The influence of the time factor on the results obtained deserves particular attention. By its very nature, a comparison of the 2006-2012 and 2013-2019 cohorts does not make it possible to separate completely the effect of the algorithm introduced from the general development of surgical and anesthetic practice, the accumulated experience of the operating team and improvements in intensive care and postoperative management. At the same time, a number of circumstances limit the likelihood that the differences obtained are due solely to a temporal trend. Both cohorts were treated at the same institution and by the same clinical team, with unchanged inclusion criteria and diagnostic verification procedures; the cohorts proved comparable in age, sex, stage of the clinical course of ASBO, cause of adhesion formation, time to admission, grade of intra-abdominal hypertension and body mass index, that is, in the factors with the greatest prognostic influence in ASBO. In addition, the difference in the rates of wound and intra-abdominal complications (an approximately threefold reduction) substantially exceeds the effect size usually associated with the general improvement of perioperative management over a comparable period. A further argument is that the most pronounced differences concern outcomes directly related to surgical trauma and adhesiolysis technique (resection rate, wound complications, early adhesive obstruction), whereas outcomes less sensitive to surgical technique, in particular in-hospital mortality, did not change significantly. Nevertheless, the influence of temporal changes cannot be completely excluded, and this is precisely why the results obtained are interpreted as an association rather than as a proven causal relationship.

Assessment of the long-term outcomes using the SF-36 showed more pronounced functional recovery in patients after laparoscopic treatment using the improved technologies. Advantages were observed both in the physical health components, in particular PF, RP, BP and GH, and in the social and emotional domains SF, RE and MH. At the same time, the SF-36 results should be interpreted with caution, since the analysis was performed in specially formed subgroups according to the type of operation, and the method of data collection differed between the control and study cohorts, which creates a risk of selection bias and recall bias.

At the same time, the long-term advantages of the laparoscopic approach remain a matter of debate. At the 5-year follow-up of the LASSO randomized trial, no statistically significant differences were found between laparoscopic and open adhesiolysis in the rates of recurrent bowel obstruction, incisional hernias or quality-of-life scores on the SF-36. This indicates that the short-term functional advantages of laparoscopy do not necessarily translate into a long-term benefit, and it underlines the need for cautious interpretation of our SF-36 results and for further prospective studies [14].

Comprehensive preoperative risk stratification is of particular importance in the choice of treatment strategy in bowel obstruction. A large multicenter study by Schulwolf et al. (2023), which included 4,478 cases of confirmed SBO, demonstrated the possibility of predicting the need for surgical treatment on the basis of a combination of the patient's clinical characteristics [15]. At the same time, the results of a prospective multicenter study by Paisant et al. (2023) confirmed the prognostic value of CT criteria for determining the risk of failure of conservative management of ASBO [16]. Current review data also emphasize the need for the combined use of clinical, laboratory and imaging criteria in preoperative decision-making in patients with ASBO [17]. These points are consistent with the principles of the diagnostic and treatment algorithm we propose, according to which the surgical strategy was chosen on the basis of a comprehensive assessment of the patient's condition and the results of instrumental investigations.

The timely identification of patients with a high likelihood of failure of conservative therapy remains an important task. Ng et al. (2023) found that the presence of a distinct transition point and of free intra-abdominal fluid on CT, as well as the absence of the small bowel feces sign, were predictors of the need for surgery [18]. A promising direction is the use of integrated clinical and radiological prognostic models: a proposed and prospectively validated risk scoring system made it possible to identify patients with an increased likelihood of failure of conservative treatment and of a need for surgery [19]. At the same time, the results of a comparative study by Yamamoto et al. (2022) using propensity score matching demonstrated a shorter postoperative hospital stay after laparoscopic surgery than after open surgery, with no statistically significant differences in postoperative morbidity, mortality or recurrence [20]. Taken together, these data confirm the need for an individualized choice of treatment strategy, taking into account the risk of

 Creative Commons «Attribution» 4.0

failure of conservative treatment and the feasibility of performing laparoscopic surgery safely.

CONCLUSIONS

The comprehensive use of modern diagnostic methods, laparoscopic adhesiolysis, hydrojet dissection of adhesions and the author's own surgical techniques in the treatment of ASBO is associated with improved immediate treatment outcomes compared with conventional approaches.

In the study group, compared with the control group, statistically significant reductions were found in the rates of bowel resection (14.57% vs. 25.15%; OR=0.51; 95% CI 0.29-0.90; p=0.02), postoperative wound complications (6.62% vs. 20.24%; OR=0.28; 95% CI 0.13-0.59; p<0.001) and intra-abdominal complications (7.28% vs. 22.08%; OR=0.28; 95% CI 0.14-0.57; p<0.001). The rate of intestinal stoma formation was also lower in the study group (8.61% vs. 14.72%), although this difference did not reach statistical significance (OR=0.55; 95% CI 0.27-1.11; p=0.09).

In the study group, wider use of the laparoscopic approach in combination with modern diagnostic and surgical technologies was associated with a higher proportion of organ-preserving procedures and better short-term treatment outcomes. In-hospital mortality was lower in the study group, although the difference did not reach statistical significance.

Assessment of quality of life using the SF-36 questionnaire demonstrated higher scores across several domains in patients who underwent laparoscopic adhesiolysis using the improved technologies than in those who underwent standard open surgery (p<0.001 for most comparisons).

These findings support the potential value of a comprehensive approach combining modern diagnostic and surgical technologies in the treatment of patients with ASBO. Prospective multicenter studies are warranted to confirm the effectiveness of the proposed algorithm and to determine the independent contribution of its individual components.

Article Declarations

Prospects for further research. Further research should be aimed at the prospective multicenter validation of the proposed diagnostic and treatment algorithm, the evaluation of its effectiveness in different clinical groups of patients with postoperative adhesive small bowel obstruction, and the determination of the independent contribution of its individual components – in particular laparoscopic adhesiolysis, hydrojet dissection and the author's own surgical techniques – to the immediate and long-term outcomes of treatment.

Study limitations. The author of the manuscript explicitly acknowledges that the limitations of this study arise from its single-center design, the retrospective nature of the control cohort and the availability of the primary data. At the same time, the results of the study must be interpreted in the light of its limitations. The comparison was made between retrospective groups of patients treated in different time periods. Therefore, alongside the implementation of the improved diagnostic and treatment algorithm, the results may have been influenced by the general development of surgical technologies and anesthetic management, the accumulation of clinical experience and improvements in the postoperative management of patients. At the same time, the comparability of the groups in the main available baseline clinical and demographic characteristics and the large volume of clinical material increase the validity of the comparative analysis performed, but do not eliminate the potential influence of temporal and other unaccounted confounding factors. Because of the retrospective nature of the control cohort and the unavailability of the complete set of individual primary data for a repeat multivariable analysis, adjusted effect estimates were not calculated. Unadjusted ORs with 95% CIs are reported for the main binary endpoints. Baseline comparability was assessed using the main clinical and demographic characteristics. At the same time, the impossibility of full adjustment for potential confounding factors, in particular age, comorbidity, ASBO severity and time to admission, entails a risk of residual confounding, which should be taken into account when interpreting the results obtained. A further limitation is that the quality-of-life analysis using the SF-36 was performed in a specially formed sample of 180 patients rather than in the entire study cohort, which does not allow selection bias to be completely excluded. At the same time, complete SF-36 data at all three time points were available for all the patients included in this analysis, and no losses to follow-up were recorded over the 3 months. In the control cohort, SF-36 data were obtained retrospectively by telephone interview, which may have been accompanied by recall bias. The main limitation is the non-randomized design, with the groups formed according to the calendar period of treatment. Such a design does not make it possible to separate the effect of the algorithm introduced from temporal changes in surgical strategy, anesthetic management, intensive care and postoperative care and from the accumulated clinical experience of the operating team, or from possible changes in the pattern of primary hospital admissions over the 14 years. The retrospective nature of the control cohort additionally entails a risk of incomplete documentation of some mild complications, which could have led to their underestimation specifically in the control group and, accordingly, to a conservative bias in the effect estimate. Multivariable analysis was not performed because the complete set of individual covariates of the retrospective cohort could not be reconstructed and because the number of events for the main endpoints was insufficient to build a stable model; the ORs reported are unadjusted and therefore do not eliminate the potential influence of age, comorbidity, ASBO severity, time to admission and other unaccounted factors. The proportion of patients with comorbidity was somewhat lower in the study group (47.68% vs. 58.90%; p=0.060), which may have partly contributed to the better outcomes. The independent contribution of the individual components of the algorithm (the

laparoscopic approach, hydrojet dissection, the author's own peritonization method) to the overall clinical effect was not assessed separately. The quality-of-life analysis was performed in 180 (57.32%) of the 314 patients, in specially formed subgroups the allocation between which was not randomized, and the data for the control cohort were obtained retrospectively by telephone interview, which entails a risk of both selection bias and recall bias; in particular, a retrospective assessment of the condition at discharge after a long interval may differ systematically from prospective questionnaire administration. The analysis of current scientific sources for comparison with the results obtained was carried out using a search strategy covering the PubMed (https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/), Scopus and Web of Science databases.

Primary data and materials. The primary clinical data on which the study was based were obtained from the medical records of the patients, which are held at the Municipal Non-Profit Enterprise "Kyiv City Clinical Hospital No. 1". Data processing and analysis were carried out in compliance with the requirements of Ukrainian legislation on the protection of personal data and with the principles of confidentiality.

Research ethics. The study was conducted in accordance with the principles of the Declaration of Helsinki of the World Medical Association and the requirements of Ukrainian healthcare legislation. For the prospective part of the study, informed consent to participation in the study and to the processing of clinical data was obtained from the patients. The use of medical record data for the retrospective part of the study was approved by the bioethics committee.

Declaration of AI use. In preparing the manuscript, the author used artificial intelligence tools exclusively for the linguistic and stylistic editing of the text, for improving the structure of the manuscript and for checking the academic style of presentation. All clinical data, the statistical analysis, the interpretation of the results, the scientific conclusions and the final content of the article belong entirely to the author. The author did not use artificial intelligence tools to create or modify primary scientific data, statistical results or clinical conclusions.

Funding. The study was carried out in accordance with the research plan of the Department of Surgical Diseases of the Private Higher Education Institution "Kyiv Medical University", under the topic "Study of the possibilities of using new technologies in surgical interventions in patients with combined surgical pathology" (state registration number 0103U008727). The study received no external funding.

Conflict of interest. The author declares that there is no conflict of interest related to the preparation, conduct and publication of this study. The author has no financial, commercial or other personal relationships that could influence the interpretation of the results obtained. The study was conducted in accordance with the principles of academic integrity and objectivity.

Acknowledgements. The author thanks all the specialists who contributed to the conduct of the study.

Author contributions.

Vasyl V. Lysytsia – A, B, C, D, E, F ORCID: 0000-0001-5995-7251

For correspondence with the authors, please contact the journal's editorial office at usmyj@nmu.ua

REFERENCES

1. Mäkinen MT, Peltonen R, Victorzon M, Valtonen H. Epidemiology and costs of adhesive small bowel obstruction in Finland: a nationwide register-based analysis. World J Surg. 2019;43(4):1079–86. https://doi.org/10.1007/s00268-018-4889-1
2. Ten Broek RPG, Krielen P, Di Saverio S, Coccolini F, Biffl WL, Ansaloni L, et al. Bologna guidelines for diagnosis and management of adhesive small bowel obstruction (ASBO): 2017 update of the evidence-based guidelines from the World Society of Emergency Surgery ASBO working group. World J Emerg Surg. 2018;13(1):24. https://doi.org/10.1186/s13017-018-0185-2
3. Okabayashi K, Ashrafian H, Zacharakis E, Hasegawa H, Kitagawa Y, Athanasiou T, et al. Adhesions after abdominal surgery: a systematic review of the incidence, distribution and severity. Surg Today. 2014;44(3):405–20. https://doi.org/10.1007/s00595-013-0591-8
4. Sallinen V, Di Saverio S, Haukijärvi E, Juusela R, Wikström H, Koivukangas V, et al. Laparoscopic versus open adhesiolysis for adhesive small bowel obstruction (LASSO): an international, multicentre, randomised, open-label trial. Lancet Gastroenterol Hepatol. 2019;4(4):278–86. https://doi.org/10.1016/S2468-1253(19)30016-0
5. Sermonesi G, Tian BWCA, Vallicelli C, Abu-Zidan FM, Damaskos D, Kelly MD, et al. Cesena guidelines: WSES consensus statement on laparoscopic-first approach to general surgery emergencies and abdominal trauma. World J Emerg Surg. 2023;18(1):57. https://doi.org/10.1186/s13017-023-00520-9
6. Zafra Escalante B, Caballero-Alvarado J, Lozano-Peralta K, Bustamante-Cabrejo A, Lau-Torres V, Zavaleta-Corvera C. Minimally invasive versus open surgery for adhesive small bowel obstruction: a systematic review and meta-analysis. Surg Endosc. 2026. https://doi.org/10.1007/s00464-026-13046-3

 Creative Commons «Attribution» 4.0

7. La Riva A, Perez-Soto RH, Bauzon J, Barajas-Gamboa JS, Lee S, Navarrete S, et al. A decade-long nationwide analysis of surgical management of adhesive small bowel obstruction: Open vs. laparoscopic approach. Surg Endosc. 2026;40(1):695–701. https://doi.org/10.1007/s00464-025-12460-3
8. Huang Y, Fu R, Liu D, Wen K. Keys to successful laparoscopic adhesiolysis for adhesive small bowel obstruction: a scoping review. Heliyon. 2024;10(14):e34359. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e34359
9. Morelli M, Strambi S, Cremonini C, Musetti S, Tonerini M, Coccolini F, et al. Adhesive small bowel obstruction: predictive factors of laparoscopic failure. Updates Surg. 2024;76(2):705–712. https://doi.org/10.1007/s13304-023-01725-y
10. Wang S, Zhang D, Lu H, Liu H, Shan Y, Li S. Conversion to open surgery in laparoscopic approach of adhesive small bowel obstruction: predictive factors and its impact on short-term outcomes. Am J Surg. 2025;244:116291. https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2025.116291
11. Badakh VM, Skyba VV, Rybalchenko VF, Lysytsia VV. Results of the use of a hydrojet scalpel in the surgical treatment of adhesive intestinal obstruction. In: Proceedings of the 24th International Scientific and Technical Conference "Industrial Hydraulics and Pneumatics". Kyiv; 2024. p. 128–132. (in Ukrainian)
12. Eze VN, Parry T, Boone D, Mallett S, Halligan S. Prognostic factors to identify resolution of small bowel obstruction without need for operative management: systematic review. Eur Radiol.2024;34(6):3861–3871. https://doi.org/10.1007/s00330-023-10421-9
13. Kanani F, Messer N, Zahalka A, Dayan K, Zoabi N. Optimal Timing of Surgical Intervention in Small Bowel Obstruction: A Systematic Review and Meta-Analysis of Clinical Outcomes and Risk Predictors. Am Surg. 2026;92(3):936–950. https://doi.org/10.1177/00031348251385103
14. Räty P, Mentula P, Haukijärvi E, Juusela R, Wikström H, Koivukangas V, et al. Long-Term Outcomes After Laparoscopic vs Open Adhesiolysis for Small Bowel Obstruction: The LASSO Randomized Clinical Trial. JAMA Surg. 2026;161(4):381–388. https://doi.org/10.1001/jamasurg.2025.6726
15. Schulwolf S, Brower C, Karam A, Havens J, Shokoohi H, Duggan NM, et al. Clinical Features vs CT Findings to Estimate Need for Surgery in Small Bowel Obstruction. JAMA Netw Open. 2023;6(11):e2341376. https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2023.41376
16. Paisant A, Burgmaier J, Calame P, et al. The Angers CT Score is a Risk Factor for the Failure of the Conservative Management of Adhesive Small Bowel Obstruction: A Prospective Observational Multicentric Study. World J Surg. 2023. https://doi.org/10.1007/s00268-023-06906-9
17. Hillman Terzian WT, Carmichael SP. Pre-operative Decision Making in Adhesive Small Bowel Obstructions. Curr Surg Rep. 2024;12:355–361. https://doi.org/10.1007/s40137-024-00416-w
18. Ng ZQ, Hsu V, Tee WWH, Tan JH, Wijesuriya R. Predictors for success of non-operative management of adhesive small bowel obstruction. World J Gastrointest Surg. 2023;15(6):1116–1124. https://doi.org/10.4240/wjgs.v15.i6.1116
19. Maraux L, Dammaro C, Gaillard M, Lainas P, Derienne J, Maitre S, et al. Predicting the Need for Surgery in Uncomplicated Adhesive Small Bowel Obstruction: A Scoring Tool. J Surg Res. 2022;279:33–41. https://doi.org/10.1016/j.jss.2022.05.015
20. Yamamoto Y, Kitazawa M, Otsubo T, Miyagawa Y, Tokumaru S, Nakamura S, et al. Comparison of Clinical Outcomes and Safety Between Open and Laparoscopic Surgery for Adhesive Small Bowel Obstruction: A Propensity-Matched Analysis of a National Inpatient Database. J Laparoendosc Adv Surg Tech A. 2022;32(10):1064–1070. https://doi.org/10.1089/lap.2022.0050
21. Ukrainian utility model patent No. 146064. Method for dividing and mobilizing intra-abdominal infiltrative masses with a hydrojet scalpel / Skyba VV, Rybalchenko VF, Ivanko OV, Dar Yasin Ahmed, Lysytsia VV. IPC (2021.01) A61B 17/00. Published 20 January 2021, Bull. No. 3. (in Ukrainian)
22. Ukrainian utility model patent No. 146645. Method for dividing intra-abdominal adhesions with a hydrojet scalpel / Skyba VV, Rybalchenko VF, Ivanko OV, Lysytsia VV, Dar Yasin Ahmed. IPC (2021.01) A61B 17/00. Published 10 March 2021, Bull. No. 10. (in Ukrainian)
23. Ukrainian utility model patent No. 146063. Method of peritonization of extensive longitudinal injuries to the serous membrane of the bowel / Skyba VV, Rybalchenko VF, Ivanko OV, Lysytsia VV. IPC (2021.01) A61B 17/00, A61B 17/04. Published 20 January 2021, Bull. No. 3. (in Ukrainian)

КОМПЛЕКСНИЙ ЛІКУВАЛЬНО-ДІАГНОСТИЧНИЙ АЛГОРИТМ У ХІРУРГІЧНОМУ ЛІКУВАННІ ПІСЛЯОПЕРАЦІЙНОЇ ЗЛУКОВОЇ КИШКОВОЇ НЕПРОХІДНОСТІ: РЕЗУЛЬТАТИ ПОРІВНЯЛЬНОГО КЛІНІЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Василь В. Лисиця

Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, м. Київ, Україна

РЕЗЮМЕ

Мета. Оцінити ефективність комплексного лікувально-діагностичного алгоритму із застосуванням лапароскопічного адгезіолізу, гідроструменевого скальпеля та авторських хірургічних методик порівняно зі стандартною лікувальною тактикою у пацієнтів із післяопераційною злуковою кишковою непрохідністю за частотою післяопераційних ускладнень, летальністю та показниками якості життя.

Матеріали і методи. Проведено порівняльне когортне дослідження результатів лікування 314 пацієнтів із післяопераційною злуковою кишковою непрохідністю: 163 пацієнти контрольної групи, пролікові у 2006–2012 рр. із застосуванням традиційної тактики, та 151 пацієнт досліджуваної групи, пролікований у 2013–2019 рр. після впровадження удосконаленого алгоритму. У досліджуваній групі лапароскопічний доступ застосовано у 84 пацієнтів, гідроструменевий скальпель - у 82 (54,30%). Оцінювали частоту резекцій кишечника, формування стом, післяопераційних ускладнень, повторних операцій, госпітальної летальності та показники якості життя. SF-36 оцінювали у 180 пацієнтів при виписці, через 1 та 3 місяці. Групи були зіставними за віком, статтю, стадією перебігу захворювання, строками госпіталізації та ступенем внутрішньочеревної гіпертензії. Через ретроспективний характер контрольної когорти багатофакторний аналіз не виконували; наведено нескориговані OR із 95% ДІ.

Результати. У досліджуваній групі частота резекцій кишечника була нижчою, ніж у контрольній: 14,57% проти 25,15% (OR=0,51; 95% ДІ 0,29-0,90; p=0,02). Частота ранових ускладнень становила 6,62% проти 20,24% (OR=0,28; 95% ДІ 0,13-0,59; p<0,001), внутрішньочеревних ускладнень, що потребували повторного втручання, -7,28% проти 22,08% (OR=0,28; 95% ДІ 0,14-0,57; p<0,001). Частота формування кишкових стом була нижчою у досліджуваній групі, але статистично незначущою: 8,61% проти 14,72% (p=0,09). Госпітальна летальність становила 1,32% проти 3,07% (p=0,28). Застосування комплексного лікувально-діагностичного алгоритму асоціювалося з нижчою частотою резекцій кишечника та післяопераційних ускладнень, ширшим використанням лапароскопічного доступу та кращими показниками якості життя.

Висновки. Застосування комплексного лікувально-діагностичного алгоритму асоціювалося з нижчою частотою резекцій кишечника та післяопераційних ускладнень, ширшим використанням лапароскопічного доступу та кращими показниками якості життя. Відмінності щодо частоти формування кишкових стом і госпітальної летальності не досягли статистичної значущості.

Ключові слова: злукова непрохідність кишечника; лапароскопічний адгезіоліз; гідроструменевий скальпель; ускладнення; якість життя.

Received: April 18, 2026
Accepted: August 20, 2026
Published online: September 16, 2026

 Creative Commons «Attribution» 4.0

УДК: 616.16-002-06:616.918]-07-053.2
DOI: https://doi.org/10.32345/USMYJ.3(164).2026.197-203

ДИФЕРЕНЦІЙНА ДІАГНОСТИКА ГЕМОРАГІЧНОГО ВАСКУЛІТУ З ІНФЕКЦІЙНИМИ ЕКЗАНТЕМАМИ У ДИТИНИ: КЛІНІЧНИЙ ВИПАДОК

Сніжана Ю. Строкіна, Олександра Р. Буц

Національний медичний університет імені О. О. Богомольця, м. Київ, Україна

РЕЗЮМЕ

Вступ. Геморагічний васкуліт (IgA-васкуліт, пурпура Шенлейна–Геноха) у дітей залишається однією з найактуальніших проблем сучасної педіатрії та дитячої інфектології. Захворювання характеризується системним ураженням судин дрібного калібру, імунокомплексним механізмом розвитку та значною клінічною варіабельністю. Особливої уваги потребує проведення диференційної діагностики IgA-васкуліту з інфекційними екзантемами.

Мета. На основі аналізу клінічного випадку та сучасних літературних даних визначити особливості диференційної діагностики IgA-васкуліту з інфекційними захворюваннями, що супроводжуються синдромом екзантеми, у дітей.

Матеріали та методи. У статті представлено клінічний випадок розвитку геморагічного васкуліту у підлітка, який спочатку розглядався як гостра інфекційна хвороба з екзантемою. Детально описано перебіг захворювання, особливості висипу, що в подальшому дозволило провести диференційну діагностику та підтвердити системний васкуліт. Окремо акцентовано увагу на значенні лабораторних та інструментальних методів обстеження, зокрема, загальних показників запальної активності. Розглянуто роль імунологічних факторів, зокрема імуноглобуліну А, в ураженні дрібних судин. Проведено огляд сучасної літератури щодо частоти розвитку пурпури Шенлейна–Геноха у дитячому віці, особливостей патогенезу та факторів ризику. Висвітлено роль імунологічних механізмів, зокрема відкладення імуноглобулін А-імунних комплексів у стінках судин, які спричиняють активацію комплементу, ушкодження ендотелію та формування характерного клінічного синдрому. Також розглянуто тригерні фактори, серед яких провідне місце займають інфекційні агенти. Висвітлено роль базисної терапії та застосування глюкокортикостероїдів.

Результати. Узагальнений аналіз представленого клінічного випадку та літературних даних свідчить про те, що IgA-васкуліт є мультифакторним захворюванням із провідною роллю інфекційних агентів, потребує уважного клінічного спостереження та ретельної диференційної діагностики з інфекційними екзантемами.

Висновки. Вчасне встановлення правильного діагнозу та застосування сучасних терапевтичних стратегій дозволяють покращити прогноз та знизити ризик ускладнень. Аналіз результатів підкреслює важливість міждисциплінарної взаємодії та комплексного підходу до ведення дітей із захворюваннями, що супроводжуються екзантемою, з метою оптимізації діагностики та лікування IgA-васкуліту.

Ключові слова: геморагічний васкуліт, IgA-васкуліт, пурпура Шенлейна-Геноха, імуноглобулін А (IgA), висип, клінічний випадок, лікування.

ВСТУП

Геморагічний васкуліт (ГВ), або IgA-васкуліт, або пурпура Шенлейна–Геноха, є найбільш поширеною формою системних васкулітів у дітей і характеризується ураженням дрібних судин шкіри, суглобів, шлунково-кишкового тракту та нирок на тлі відкладення імунних комплексів, що містять IgA, зумовлюючи ендотеліальну дисфункцію зі зменшенням синтезу ендотеліальних активаторів фібринолізу. Активовані антигенами моноцити і лімфоцити скупчуються в ділянках ураження, утворюючи періваскулярні гранульоми, і вивільняють цитокіни, тканинний тромбопластин, лізосомальні ензими, у результаті чого посилюється дезорганізація судинної стінки та локальне тромбоутворення.

Поширеність у світі становить 10-20 випадків на 100000 дітей; пік захворюваності припадає на вікові групи 4-7 та 12-14 років; хлопчики хворіють у 1,5-2 рази частіше, ніж дівчатка.

Creative Commons «Attribution» 4.0

За останнє десятиріччя відзначається збільшення частоти змішаних клінічних форм, що потребує удосконалення підходів до діагностики та лікування [1, 2].

МЕТА

Здійснити аналіз клінічного випадку геморагічного васкуліту у 17-річної дитини та провести диференційну діагностику з інфекційними захворюваннями, що супроводжуються геморагічним висипом, з метою підвищення точності клінічної та лабораторної діагностики, своєчасного призначення адекватного лікування, а також провести огляд літератури щодо частоти розвитку пурпури Шенлейна–Геноха, механізмів патогенезу, особливостей клінічних проявів захворювання та сучасних підходів до лікування IgA-васкуліту [1-7].

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Дослідження базується на аналізі клінічного випадку 17-річної пацієнтки, госпіталізованої з підозрою на інфекційне захворювання, що згодом було діагностовано як геморагічний васкуліт. Проведено огляд сучасних джерел літератури, включно з міжнародними та національними клінічними настановами, а також науковими публікаціями за останні 1-3 роки. Методами дослідження були клінічний огляд, лабораторні аналізи та інструментальні методи (УЗД, ехокардіографія), а також аналіз електронної медичної документації.

Аналіз літератури проводився включно до 2026 року за результатами пошуку Scopus, Web of Science, PubMed. Пошукові запити включали різні терміни та їх поєднання: “геморагічний васкуліт”, “пурпура Шенлейна-Геноха”, IgA-васкуліт, “геморагічний висип”. Критеріями включення були статті, які доступні для перегляду в повному обсязі, опубліковані англійською мовою та відповідають меті нашої роботи.

РЕЗУЛЬТАТИ

Дитина 17 років поступила до інфекційного відділення КНП «Київська міська дитяча клінічна лікарня № 2» 16.09.2024 за направленням сімейного лікаря з діагнозом вірусно-бактеріальна інфекція, парвовірусна інфекція? зі скаргами на підвищення температури тіла до 39,8 °С, загальну слабкість, нудоту, кашель, висип.

Захворювання розпочалося гостро, 10.09, з появи загальної слабкості, нудоти, сухого кашлю. 12.09 підвищилась температура тіла до 39,8 °С, з’явився висип. Приймала лоратадин, парацетамол, але стан не покращувався, утримувалася лихоманка, висип став більш інтенсивним. 13.09 оглянута сімейним лікарем, обстежена за допомогою імунохроматографічного аналізу на наявність антигенів SARS-CoV-2 – результат негативний.

Анамнез життя: нечасто хворіє на ГРВІ та тонзиліти.

Первинний огляд лікаря приймального відділення: загальний стан пацієнтки середньої тяжкості за рахунок інтоксикаційного синдрому, екзантеми. Дитина млява. Тілобудова нормостенічна. Тургор тканин збережений. Шкіра бліда. По всьому тілу плямисто-папульозний висип червоного кольору зі згущенням на верхніх та нижніх кінцівках (рисунок 1). Спинка язика обкладена білим нальотом. Слизова оболонка ротоглотки рожева. Мигдалики не збільшені, без нашарувань. Носове дихання не утруднене. Периферичні лімфатичні вузли не збільшені, безболісні при пальпації. Перкуторний тон над легенями ясний, легеневий. Додаткові звуки не визначаються. Тони серця звучні, ритмічні. Серцеві шуми відсутні. Живіт м’який, безболісний, доступний глибокій пальпації у всіх відділах. Печінка та селезінка не

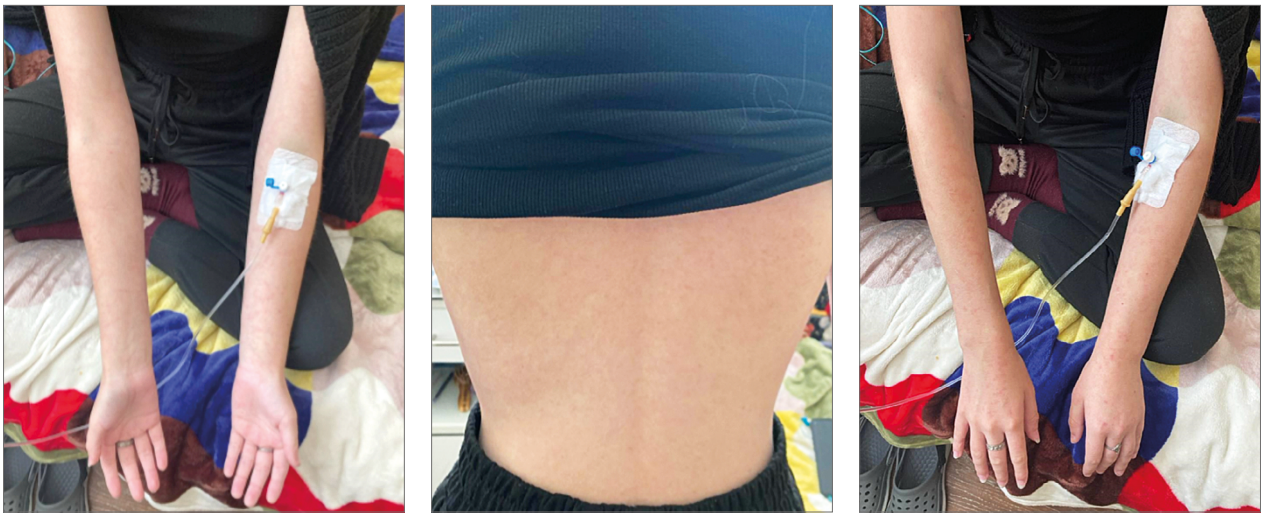


Рис. 1. Плямисто-папульозний висип

Creative Commons «Attribution» 4.0

збільшені. Синдром Пастернацького негативний з обох сторін. Діурез знижений. Попередній діагноз: вірусно-бактеріальна інфекція. Парвовірусна інфекція? Алергічний висип?

Призначено підтримуючу та дезінтоксикаційну терапію, антибактеріальну терапію (цефотаксим у дозі 1,0 г внутрішньовенно тричі на добу), симптоматичні засоби.

При лабораторному обстеженні у загальному аналізі крові (гемоглобін, гематокрит, кількість тромбоцитів, лейкоцитів, гранулоцитів, моноцитів, лімфоцитів, швидкість осідання еритроцитів) відхилень від норми не виявлено. За даними біохімічного аналізу крові виявлено підвищений рівень С-реактивного протеїну – 16,09 мг/л, Д-димеру – 715,53 мкг FEU/мл (Fibrinogen Equivalent Units – в перерахунку на еквівалент фібриногену), однак показники коагулограми – в межах референтних значень. Аналіз випорожнень на приховану кров негативний. З метою проведення диференційної діагностики за допомогою імуноферментного аналізу виконано дослідження рівня антитіл класу М до вірусів кору, краснухи та парвовірусу В19 – результат негативний. Проведені ультразвукові обстеження серця, органів черевної порожнини, нирок – патології не виявлено.

Незважаючи на призначене лікування, у дитини зберігалися лихоманка, інтоксикаційний та респіраторний синдроми, непродуктивний кашель.

17.09 висип на шкірі верхніх та нижніх кінцівок став більш інтенсивним зі згущенням навколо гомілкових та колінних суглобів, окремі елементи набули геморагічного характеру. 18.09 кількість геморагічних елементів висипу збільшилась.

З огляду на клінічну картину захворювання, отримані лабораторні та інструментальні дані, дитині було встановлено діагноз: геморагічний васкуліт, шкірна форма, і проведено корекцію лікування: відмінено цефотаксим та призначено глюкокортикостероїди (дексаметазон 4 мг в/в один раз на добу 18.09-19.09), дипіридамол 25 мг орально 18.09-20.09, омепразол 20 мг на добу орально 18.09-20.09.

19.09 температура тіла нормалізувалася, інтенсивність висипу зменшилася. Протягом наступних днів стан дитини покращився, температура тіла утримувалась у межах норми, зникли прояви інтоксикації, зменшився кашель, поступово зменшувалась інтенсивність висипу.

У задовільному стані 21.09 виписана додому під спостереження сімейного лікаря і кардіоревматолога. Рекомендовано продовжити прийом дипіридамолу 25 мг на добу протягом 1 місяця.

У представленому клінічному випадку 17-річної пацієнтки захворювання розпочалося з неспецифічних симптомів, таких як лихоманка, слабкість, кашель, нудота. Лише на третій день хвороби з'явився висип у вигляді плям і папул, який спочатку був поширений по всьому тілу, не мав геморагічного характеру та чіткої локалізації. Це ускладнило початкову диференційну діагностику та призвело до попереднього діагнозу вірусно-бактеріальної інфекції з синдромом екзантеми. Проведені лабораторні дослідження не виявили значних відхилень у загальному аналізі крові. Однак було зафіксовано помірно підвищений рівень С-реактивного протеїну (16,09 мг/л, референтне значення до 5 мг/л), що свідчило про наявність запального процесу і є характерним для гострого періоду IgA-васкуліту. Підвищення рівня D-димеру при геморагічному васкуліті зумовлене ушкодженням судинної стінки, утворенням тромбів у дрібних судинах, активацією коагуляції з подальшим фібринолізом і може корелювати із ступенем тяжкості захворювання [1-3]. Отже, рівень D-димеру 715,53 мкг FEU/мл (при референтному значенні до 500 мкг FEU/мл) у нашої пацієнтки свідчить про досить помірну активацію системи коагуляції, що є характерним для

ОБГОВОРЕННЯ

IgA-васкуліт є мультифакторним захворюванням з провідною роллю інфекційних агентів (Streptococcus spp., Staphylococcus aureus, Helicobacter pylori, парвовірус В19 та ін.) та імунокомплексним механізмом з участю IgA, що призводить до активації комплементу, ендотеліальної дисфункції, запалення та посилення локального тромбоутворення [1-3]. Захворювання характеризується ураженням дрібних судин шкіри, суглобів, шлунково-кишкового тракту та нирок. Відповідно до критеріїв діагностики IgA-васкуліту за EULAR/PRINTO/PRES (*European Alliance of Association for Pheumatology /Paediatric Pheumatology International Trials Organisation/ Paediatric Pheumatology European Society*) (2010) виділяють кілька клінічних форм хвороби Шенлейна-Геноха: шкірну, шкірно-суглобову, шкірно-абдомінальну, шкірно-ниркову, змішану та рідкісні форми (ураження центральної нервової системи, легеневий синдром, орхіт та інші системні прояви). Можливий перебіг захворювання: гострий – до 2 місяців, підгострий (затяжний) – 2-4 місяці або рецидивуючий (хронічний) – понад 6 місяців та періодичні рецидиви висипу та інших проявів [2, 4]. Критеріями діагностики геморагічного васкуліту є: пурпура або петехії з пе-

реважним розташуванням на нижніх кінцівках, не пов'язані з тромбоцитопенією, та щонайменше один із наступних критеріїв: абдомінальний синдром, артрит або артралгії, ураження нирок, гістологічно лейкоцитокластичний васкуліт із переважним відкладенням IgA у стінках судин або проліферативний гломерулонефрит із переважним відкладенням IgA [2, 4]. Початок геморагічного васкуліту, як правило, гострий, супроводжується підвищенням температури тіла до фебрильних (рідко – до субфебрильних) цифр та характерним геморагічним висипом, який локалізується на ступнях, гомілках, сідницях, верхніх кінцівках, тулубі, голові. Висип, що підноситься над поверхнею шкіри, не зникає при натисканні та може супроводжуватися незначним свербежем, в центрі елементу іноді спостерігається некроз [6, 8].

Враховуючи гострий початок захворювання, наявність лихоманки та висипу, було проведено диференційний діагноз з цілим рядом інфекційних захворювань, що супроводжуються синдромом екзантеми.

Для **кору** характерний гострий початок захворювання з фебрильною лихоманкою та вираженим інтоксикаційним синдромом. Перебіг хвороби має циклічний характер. У продромальному періоді, який триває 3-5 днів, спостерігаються гіперемія слизової оболонки ротоглотки, специфічна енантема на слизовій оболонці щік (плями Копліка), склерит, кон'юнктивіт. Висип має плямисто-папульозний характер, схильний до злиття та з'являється поетапно: спочатку за вухами, на обличчі та шиї, а протягом 3-4 днів поширюється на тулуб, проксимальні та дистальні відділи кінцівок. Висип зникає у тій самій послідовності, у якій з'являвся, залишаючи після себе пігментацію, яка тримається кілька днів, та дрібнопластинчасте лущення.

Краснуха зазвичай перебігає без вираженого інтоксикаційного синдрому. Лихоманка, як правило, субфебрильна, катаральний синдром слабко виражений або відсутній. Висип має розеольозний характер, з'являється одночасно на всіх ділянках тіла з переважною локалізацією на розгинальних поверхнях кінцівок, спині та сідницях, зазвичай у першу-другу добу захворювання, і безслідно зникає через 1-3 доби. Характерною ознакою краснухи є збільшення потиличних і задньошийних лімфатичних вузлів.

Інфекційна еритема є типовим клінічним проявом парвовірусної інфекції у дітей, спричиненої парвовірусом B19. Появі висипу зазвичай передують лихоманка різного ступеня вираженості та помірний інтоксикаційний синдром. Перші елементи з'являються після нормалізації температури тіла та покращення загального самопочуття. Спочатку вони локалізуються на щоках, швидко зливаються між собою, формуючи характерний симптом «ляпаса по щоці». Протягом 1-2 діб висип поширюється на тулуб і кінцівки у вигляді плям і папул, часто набуваючи мереживного вигляду, не супроводжується свербежем чи іншими неприємними відчуттями та зникає безслідно. Захворювання може супроводжуватися симетричним ураженням суглобів, особливо у дітей старшого віку та дорослих.

На відміну від IgA-васкуліту, для зазначених захворювань нехарактерний геморагічний висип. Крім того, зазвичай відсутні лабораторні ознаки системного запального процесу.

Дрібнорозеольозний висип характерний також для скарлатини. Для цього захворювання типовою є наявність висипу у вигляді дрібних розеол, а також можливе виникнення петехій у природних складках шкіри та місцях механічного подразнення (симптом Пастіа). Висип найбільш інтенсивний на шкірі шиї, передньобокових поверхнях тулуба, у нижній ділянці живота та на згинальних поверхнях кінцівок. Характерною ознакою скарлатини є відсутність висипу в носогубному трикутнику на тлі яскравої гіперемії щік. Після згасання висипу часто спостерігається пластинчасте лущення шкіри кистей і стоп. Обов'язковим проявом скарлатини є ураження слизової оболонки ротоглотки у вигляді чітко відмежованої гіперемії м'якого піднебіння та гострого тонзиліту. Характерними є також зміни слизової оболонки спинки язика – у перші дні захворювання вона вкрита білуватими нашаруваннями, а з 3-4 доби поступово очищується, починаючи з кінчика та країв язика, набуває яскраво-червоного забарвлення зі збільшеними сосочками. Захворювання супроводжується вираженим інтоксикаційним синдромом, фебрильною лихоманкою та змінами вегетативної регуляції: у перші 4-5 діб переважає тонус симпатичного, а з 5-6-ї доби - парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи. На відміну від IgA-васкуліту, для скарлатини характерні типові зміни слизової оболонки ротоглотки, відсутність геморагічного висипу (за винятком симптому Пастіа) зі згущенням навколо суглобів, а лабораторні показники свідчать про наявність бактеріального запального процесу і характеризуються нейтрофільним лейкоцитозом, зсувом лейкоцитарної формули вліво, підвищенням швидкості осідання еритроцитів та рівня С-реактивного протеїну.

 Creative Commons «Attribution» 4.0

Поліморфний висип зі згущенням навколо суглобів, на обличчі, кистях і стопах (симптом «капюшона», «рукавичок» і «шкарпеток») характерний для **псевдотуберкульозу**. Морфологічно елементи висипу представлені дрібними розеолами, плямами та папулами. Захворювання може супроводжуватися артралгіями. На відміну від IgA-васкуліту, псевдотуберкульоз характеризується вираженим інтоксикаційним синдромом, тривалою лихоманкою та системним ураженням внутрішніх органів. Найчастіше при псевдотуберкульозі в патологічний процес залучаються органи шлунково-кишкового тракту з розвитком гастроентероколіту, мезаденіту, гепатиту, гепато- та спленомегалії.

З метою остаточного виключення найпоширеніших інфекційних захворювань, що супроводжуються екзантемою, було проведено серологічне дослідження з визначенням антитіл до вірусів кору, краснухи та парвовірусу B19. Негативні результати всіх досліджень дали змогу виключити зазначені інфекції як етіологічний чинник висипу та значно звузити коло диференційно-діагностичного пошуку [1-3].

Важливим діагностичним критерієм в нашому випадку стала також відсутність позитивної динаміки після призначення антибактеріальної терапії.

Прогресування висипу з трансформацією його елементів у геморагічні, типова локалізація на кінцівках і навколо великих суглобів, а також відсутність лабораторного підтвердження найбільш ймовірних вірусних інфекцій стали визначальними критеріями для встановлення клінічного діагнозу IgA-васкуліту, шкірної форми, який у подальшому був підтверджений характерною клінічною картиною та динамікою захворювання [1-3].

Швидке покращення стану дитини після початку терапії глюкокортикостероїдами (дексаметазон) та антиагрегантами (дипіридамол) підтвердило провідну роль імунозапальних механізмів у патогенезі геморагічного васкуліту [1-3]. Вже через кілька днів після початку лікування температура тіла нормалізувалася, прояви інтоксикації зникли, а інтенсивність висипу значно зменшилася. Це повністю узгоджується з сучасними клінічними настановами, які рекомендують раннє застосування глюкокортикостероїдів при активних формах IgA-васкуліту для досягнення клінічного контролю та запобігання ускладненням [5, 6, 8].

Таким чином, цей клінічний випадок демонструє типову проблему в педіатричній практиці – складність диференційної діагностики між інфекційними екзантемами та системними васкулітами, особливо на ранніх стадіях. Подібні труднощі відзначають й інші автори [1-7]. Оскільки рутинні лабораторні показники можуть бути недостатньо інформативними на початкових етапах хвороби, важлива роль для правильної диференційної діагностики відводиться динамічному клінічному спостереженню за характером висипу. Висока ефективність глюкокортикостероїдної терапії підтверджує, що імунологічні механізми є ключовими в розвитку хвороби. Цей випадок також підкреслює необхідність міждисциплінарного підходу до ведення пацієнтів із синдромом екзантеми, що дозволяє уникнути діагностичних та терапевтичних помилок.

ВИСНОВКИ

IgA-васкуліт у дітей залишається актуальною проблемою в практиці лікаря-педіатра. Діагностика геморагічного васкуліту ускладнена внаслідок схожої клінічної симптоматики з різними інфекційними хворобами, системними захворюваннями сполучної тканини. Своєчасна постановка діагнозу та призначення необхідної терапії дозволяють зменшити тяжкість захворювання, скоротити його тривалість та визначити довгостроковий прогноз. Відсутність специфічних клінічних симптомів та лабораторних даних на початкових стадіях геморагічного васкуліту, його потенційна небезпека для життя вимагає знань лікарів різних спеціальностей щодо його клініко-лабораторної діагностики.

Пристатейні розділи

Перспективи подальших досліджень. Подальші дослідження мають бути спрямовані на масштабне клінічне тестування та валідацію запропонованих діагностичних критеріїв IgA-васкуліту.

Обмеження дослідження. Автори рукопису свідомо засвідчують, що обмеження цього огляду зумовлені як попередньо окресленими рамками тематики, часових періодів і типів досліджень, так і доступністю джерел. Пошукова стратегія охоплювала PubMed (https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/).

Первинні дані та матеріали. Автори рукопису свідомо засвідчують, що первинна медична документація (історія хвороби, протоколи обстежень, результати лабораторних та інструментальних досліджень пацієнтки) та статистичні бази даних у роботі не використовувалися.

Етика дослідження. Дослідники дотримувалися всіх протоколів і процедур, передбачених Комітетом з етики біомедичних досліджень, а також вимог законодавства України у сфері охорони здоров'я та положень Declaration of Helsinki (2000).

Creative Commons «Attribution» 4.0

Використання штучного інтелекту. «Інструменти штучного інтелекту в підготовці цієї роботи не використовувалися»

Фінансування. Дослідження було проведено на кафедрі дитячих інфекційних хвороб Національного медичного університету імені О.О. Богомольця.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів, пов'язаних із підготовкою, проведенням та публікацією цього дослідження. Жоден із авторів не має фінансових, комерційних або інших особистих відносин, які могли б вплинути на інтерпретацію результатів. Дослідження виконано відповідно до принципів академічної доброчесності та об'єктивності. Усі автори погодили остаточну версію рукопису.

Подяки. Висловлюємо щиру подяку всім особам, які надали допомогу в процесі виконання дослідження та підготовки рукопису, зокрема, завідувачці інфекційного відділення КНП "Київська міська дитяча клінічна лікарня № 2" Євтушенко Олені Михайлівні, лікарю-інфекціоністу цього ж відділення Бойченко Лідії Іванівні.

Внесок авторів (CRediT taxonomy)

Snizhana U. Strokina – B, D, F ORCID: 0009-0004-0329-0581
*Oleksandra R. Buts – A, C, E, F ORCID: 0000-0002-8603-7722

***Corresponding author:** alexandrabuts@gmail.com

ЛІТЕРАТУРА

1. Sugino H, Sawada Y, Nakamura M. IgA Vasculitis: Etiology, Treatment, Biomarkers and Epigenetic Changes. Int J Mol Sci. 2021 Jul 14;22(14):7538. https://doi.org/10.3390/ijms22147538 . PMID: 34299162; PMCID: PMC8307949.
2. Xu L, Li Y, Wu X. IgA vasculitis update: Epidemiology, pathogenesis, and biomarkers. Front Immunol. 2022 Oct 3;13:921864. https://doi.org/10.3389/fimmu.2022.921864 . PMID: 36263029; PMCID: PMC9574357.
3. Lv Y, Fu R, Peng XJ, Wang Y, Yin TT, Deng YQ. Comparative study on clinicopathological features and prognosis of IgA vasculitis nephritis and IgA nephropathy in children. BMC Pediatr. 2023 Aug 24;23(1):423. https://doi.org/10.1186/s12887-023-04243-3 . PMID: 37620917; PMCID: PMC10464207.
4. Parums DV. A Review of IgA Vasculitis (Henoch-Schönlein Purpura) Past, Present, and Future. Med Sci Monit. 2024 Jan 28;30:e943912. https://doi.org/10.12659/MSM.943912. PMID: 38281080; PMCID: PMC10832303.
5. Vivarelli M, Samuel S, Coppo R, Barratt J, Bonilla-Felix M, Haffner D, Gibson K, Haas M, Abdel-Hafez MA, Adragna M, Brogan P, Kim S, Liu I, Liu ZH, Mantan M, Shima Y, Shimuzu M, Shen Q, Trimarchi H, Hahn D, Hodson E, Pfister K, Alladin A, Boyer O, Nakanishi K; International Pediatric Nephrology Association. IPNA clinical practice recommendations for the diagnosis and management of children with IgA nephropathy and IgA vasculitis nephritis. Pediatr Nephrol. 2025 Feb;40(2):533-569. https://doi.org/10.1007/s00467-024-06502-6 . Epub 2024 Sep 27. PMID: 39331079; PMCID: PMC11666671.
6. Castañeda S, Quiroga-Colina P, Floranes P, Uriarte-Ecenarro M, Valero-Martínez C, Vicente-Rabaneda EF, González-Gay MA. IgA Vasculitis (Henoch-Schönlein Purpura): An Update on Treatment. J Clin Med. 2024 Nov 4;13(21):6621. https://doi.org/10.3390/jcm13216621 . PMID: 39518760; PMCID: PMC11546386.
7. Wang B, Xiang W, Zhu Z, Shen H. The influence of respiratory infections on Henoch-Schönlein purpura in children. BMC Infect Dis. 2025 Jan 24;25(1):118. https://doi.org/10.1186/s12879-025-10514-4 . PMID: 39856587; PMCID: PMC11763152.
8. Roache-Robinson P, Killeen RB, Hotwagner DT. IgA Vasculitis (Henoch-Schönlein Purpura). 2023 Sep 26. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan–. PMID: 30725937.

DIFFERENTIAL DIAGNOSIS OF HEMORRHAGIC VASCULITIS WITH INFECTIOUS EXANTHEMS IN A CHILD: A CLINICAL CASE

Snizhana U. Strokina, Oleksandra R. Buts

Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

ABSTRACT

Introduction. Hemorrhagic vasculitis (IgA vasculitis or Henoch–Schönlein purpura) in children remains one of the most pressing issues in modern pediatrics and pediatric infectious diseases. The disease is characterized by systemic involvement of small vessels, an immune complex-mediated pathogenesis, and significant clinical variability, which considerably complicates timely diagnosis. Differential diagnosis between IgA vasculitis and infectious exanthems, which are common in children and may mimic the course of vasculitis, requires special attention.

 Creative Commons «Attribution» 4.0

Aim. To determine the key features of the differential diagnosis of IgA vasculitis and infectious diseases presenting with an exanthem in children, based on the analysis of a clinical case and current literature data.
Materials and methods. This article presents a clinical case of hemorrhagic vasculitis in an adolescent, initially considered an acute infectious disease with an exanthem. The course of the illness and rash characteristics are described in detail, which subsequently allowed for differential diagnosis and confirmation of systemic vasculitis. Special emphasis is placed on the importance of laboratory and instrumental examinations, particularly general indicators of inflammatory activity. The role of immunological factors, including immunoglobulin A, in small vessel involvement is discussed. A review of current literature is provided concerning the incidence of Henoch–Schönlein purpura in childhood, pathogenetic features, and risk factors. The role of immunological mechanisms – particularly the deposition of immunoglobulin A immune complexes in vessel walls, leading to complement activation, endothelial damage, and formation of the characteristic clinical syndrome – is highlighted. Triggering factors are also considered, with infectious agents playing a leading role. The role of basic therapy and the use of glucocorticosteroids is highlighted.
Results. An integrated analysis of the presented clinical case and the available literature data indicates that IgA vasculitis is a multifactorial disease in which infectious agents play a major role and requires careful clinical monitoring and thorough differential diagnosis with infectious exanthems.
Conclusions. Timely establishment of the correct diagnosis and the application of modern therapeutic strategies improve the prognosis and reduce the risk of complications. The analysis of results highlights the importance of interdisciplinary collaboration and a comprehensive approach in managing children with exanthematous diseases to optimize the diagnosis and treatment of IgA vasculitis.

Keywords: Hemorrhagic Vasculitis, IgA Vasculitis, Henoch-Schönlein Purpura, Immunoglobulin A (IgA), Child, Rash, Case Report, Therapy.

Received: November 24, 2025
Accepted: August 03, 2026
Published online: September 16, 2026

НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ З МІЖНАРОДНОЮ УЧАСТЮ ДО ВСЕСВІТНЬОГО ДНЯ БЕЗПЕКИ ПАЦІЄНТІВ 2026 РОКУ

17. 09. 2026
Національний медичний університет імені О.О. Богомольця
Київ, Україна

INTERNATIONAL SCIENTIFIC-PRACTICAL CONFERENCE TO THE WORLD PATIENT SAFETY DAY 2026

September 17, 2026
Bogomolets National Medical University
Kyiv, Ukraine



ШАНОВНІ КОЛЕГИ, ДОРОГІ ДРУЗІ, СТУДЕНТИ ТА ІНТЕРНИ!

Минув ще один буремний рік від моменту нашого останнього зібрання з приводу Всесвітнього дня безпеки пацієнтів. То був перший ювілей – 5 років. А поточний 2026 рік приніс нам усім і нашій системі охорони здоров'я надзвичайні випробування – загарбники намагалися влаштувати, крім традиційних блекаутів, ще й випробування холодом. Ми вистояли, ми стали міцнішими і готові до подальшої праці заради зміцнення здоров'я нації та надання безпечної й ефективної медичної допомоги.

Глобальний рух за безпеку пацієнтів координується на найвищому рівні Всесвітньою організацією охорони здоров'я. Україна долучилася до нього у 2019 році (Указ Президента України «Про День безпеки пацієнтів» № 648/2019 від 04.09. 2019 р.). Як ми знаємо, щороку ВООЗ обирає тему –заклик до цілеспрямованих дій. У 2026 році визначено тему: «Безпечна медична допомога при неінфекційних захворюваннях», кампанія проводиться під лозунгом «Безпечна медична допомога протягом усього життя!».

Неінфекційні захворювання (НІЗ) є однією із найбільших глобальних загроз здоров'ю і є причиною 74% смертей в усьому світі. Щороку НІЗ забирають життя 17 мільйонів людей віком молодше 70 років – це одне людське життя кожні 2 секунди. До них належать патології, що характеризуються значною тривалістю, зокрема серцево-судинні, онкологічні, хронічні респіраторні захворювання і діабет, які можуть розвиватися у будь-якому віці і нерідко потребують безперервного контролю протягом усього життя пацієнта.

Надання медичної допомоги наносить шкоду здоров'ю кожного десятого пацієнта у світі, при тому, що близько половині таких випадків можна запобігти. Пацієнтам з НІЗ загрожує підвищена небезпека, оскільки їх захворювання тривають роками і потребують постійного лікування і регулярного відвідування медичних закладів. Багаторазове звернення по допомогу з часом підвищує імовірність нанесення шкоди. При деяких захворюваннях, включаючи рак, несприятливі явища, пов'язані з наданням медичної допомоги, виникають майже у кожного третього пацієнта. При цьому багато пацієнтів страждають одночасно на кілька хронічних захворювань і це додатково підвищує ризик небажаних наслідків.

У зв'язку з цим перед підготовкою всесвітньої інформаційної кампанії ВООЗ на початку березня 2026 року провела робочу нараду, у якій взяли участь 12 експертів з усіх регіонів ВООЗ. Учасники наради дійшли висновку, що людей, які живуть з НІЗ, слід розглядати не лише у якості пацієнтів, але і як партнерів, а безпечне надання допомоги має стати пріоритетом не лише у стінах медичного закладу, але і у повсякденному житті. Висновки експертної наради дозволили сформулювати цілі Всесвітнього дня безпеки пацієнтів у 2026 році:

1. Підвищити обізнаність світової спільноти щодо загроз безпеці пацієнтів з НІЗ, які виникають на усіх етапах надання лікувально-профілактичної допомоги і повинні усуватися шляхом впровадження моделі первинної медико-санітарної допомоги з врахуванням специфічних для даних захворювань факторів, слабких місць системи охорони здоров'я і детермінант здоров'я, що можуть підвищувати ризик вчинення шкоди.

2. Сприяти конструктивній участі осіб, що живуть з НІЗ, та суспільних сил у визначенні факторів, що загрожують безпеці пацієнтів, та виробленню шляхів їх усунення у співпраці з медичними спеціалістами, керівниками організацій та директивними органами.

3. Закликати всі зацікавлені сторони закріпити принципи забезпечення безпеки пацієнтів у законодавстві, політиці, стратегіях та програмах боротьби з НІЗ та приділяти особливу увагу зміцненню систем охорони здоров'я на основі моделі ПМСД.

Creative Commons «Attribution» 4.0

4. Заохотити працівників охорони здоров'я підвищувати безпеку пацієнтів на практиці шляхом впровадження більш безпечних методів діагностики, безпечного застосування лікарських засобів та конструктивного залучення пацієнтів до лікувального процесу.

Хочеться звернути вашу увагу на ціль 2, щодо конструктивної участі осіб, що живуть з НІЗ, у визначенні факторів, що загрожують безпеці пацієнтів, та виробленню шляхів їх усунення. Право на участь є найважливішим аспектом права на найвищий досяжний рівень здоров'я. Люди мають право та обов'язок брати участь на індивідуальній та колективній основі у плануванні та здійсненні їхнього медико-санітарного обслуговування. Конструктивна участь людей, які мають досвід життя із захворюваннями, дозволяє узагальнювати цінний досвід та принципи, що мають найважливіше значення для вироблення інклюзивних та справедливих заходів політики, програм та механізмів обслуговування в області охорони здоров'я. Цей принцип відображено у Статуті ВООЗ, згідно якому «освічена громадська думка та активна співпраця з боку суспільства вкрай важливі для покращення здоров'я народу».

На нашу думку, потенціал взаємодії пацієнта і лікаря у процесі лікування наразі недооцінений. Давайте поміркуємо разом, як у наших українських реаліях на національному рівні впроваджувати слушні глобальні ініціативи. Поля нашої конференції відкриті для дискусії!

Загалом для роботи VI-ї науково-практичної конференції з міжнародною участю до Всесвітнього дня безпеки пацієнтів 2026 року запропоновані наступні питання:

- Актуальні питання безпечної медичної допомоги при неінфекційних захворюваннях.
- Психосоціальні чинники як фактори ризику розвитку неінфекційних захворювань (в тому числі в умовах надзвичайних ситуацій).
- Психосоціальні фактори у забезпеченні безпеки лікарняного середовища.
- Безпека лікарняного середовища в умовах воєнних дій.
- Безпека пацієнтів і якість надання медичної допомоги.
- Парадигма безпечного лікарняного середовища: суть і право на існування.
- Безпека та гігієна праці персоналу, виробничий травматизм і професійна захворюваність у медичній галузі.
- Питання безпеки пацієнтів та медичного персоналу у системі додипломної медичної та безперервної професійної освіти.
- Історія, стан та перспективи розвитку гігієни, як основи громадського здоров'я.

Деякі з цих питань відгукуються на пропозиції ВООЗ, деякі є традиційними з наукової точки зору, інші, на жаль, несуть на собі відбиток наших воєнних реалій. Та ми, лікарі та науковці, несемо велику відповідальність перед людьми, які довіряють нам найцінніше – своє здоров'я, і маємо за будь-яких умов бути відмінно навченими, милосердними і відданими нашим пацієнтам. І за будь-яких умов безпека пацієнта має бути основою у наданні медичної допомоги.

Все буде добре. Все буде Україна!

Юрій КУЧИН
ректор НМУ імені О.О. Богомольця
член-кореспондент НАМН України,
д. мед. н., професор

 Creative Commons «Attribution» 4.0

ОРГКОМІТЕТ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ З МІЖНАРОДНОЮ УЧАСТЮ ДО ВСЕСВІТНЬОГО ДНЯ БЕЗПЕКИ ПАЦІЄНТІВ 2025 РОКУ

Голова оргкомітету	Кучин Ю.Л. – ректор НМУ імені О.О. Богомольця, член-кореспондент НАМН України, доктор медичних наук, професор.
Співголова оргкомітету	Шкробанець І.Д. – директор ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва НАМН України», доктор медичних наук, професор (за згодою).
Співголова оргкомітету	Науменко О.М. – перший проректор з науково-педагогічної роботи та післядипломної освіти НМУ імені О.О. Богомольця, член-кореспондент НАМН України, член-кореспондент НАПН України, доктор медичних наук, професор.
Співголова оргкомітету	Кобиляк Н.М. – проректор з наукової роботи та інновацій НМУ імені О.О. Богомольця, доктор медичних наук, професор.
Співголова оргкомітету	Яворовський О.П. – завідувач кафедри гігієни, екологічного і професійного здоров'я НМУ імені О.О. Богомольця, академік НАМН України, доктор медичних наук, професор.
Члени оргкомітету:	Омельчук С.Т. – директор Інституту оцінки відповідності, гігієни та екології НМУ імені О.О. Богомольця, член-кореспондент НАМН України, доктор медичних наук, професор.
	Скалецький Ю.М. – провідний науковий співробітник відділу промоції здоров'я ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва НАМН України», доктор медичних наук, професор (за згодою).
	Гринзовський А.М. – завідувач кафедри медицини надзвичайних ситуацій та тактичної медицини НМУ імені О.О. Богомольця, доктор медичних наук, професор.
	Брухно Р.П. – доцент кафедри гігієни, екологічного і професійного здоров'я НМУ імені О.О. Богомольця, кандидат медичних наук, доцент.
	Зінченко Т.О. – доцент кафедри гігієни, екологічного і професійного здоров'я НМУ імені О.О. Богомольця, кандидат медичних наук, доцент.
	Михайленко П.М. – науковий співробітник науково-дослідного відділу медичного постачання НДІ проблем військової медицини Української військово-медичної академії (УВМА), к. біол. н., с. н. с., магістр публічного управління. (за згодою).

Creative Commons «Attribution» 4.0

 ISSN 2786-6661

HYGIENIC AND MARKETING ANALYSIS OF THE PERSONAL PROTECTION EQUIPMENT RANGE IN THE KYIV PHARMACY NETWORK AS A FACTOR OF SAFETY FOR PATIENTS WITH NON-COMMUNICABLE DISEASES

Blagaia A.V., Riabovolyk O.I., Kondratiuk M.V., Zinchenko T.I.

Department of Hygiene and Ecology
Bogomolets National Medical University
Kyiv, Ukraine

Introduction. The safety of the hospital environment and the quality of medical care are inextricably linked to the proper provision of personal protective equipment (PPE) in healthcare facilities, which plays a key role in preventing healthcare-associated infections and protecting both patients and medical personnel. The regulatory basis for the organization of infection control in healthcare institutions and social service institutions is the Order of the Ministry of Health (MOH) of Ukraine dated 03.08.2021 No. 1614 "On the organization of infection prevention and infection control in healthcare institutions and institutions/institutions providing social services/social protection of the population" (registered with the Ministry of Justice of Ukraine under No. 1318/36940, hereinafter referred to as Order No. 1614), which establishes specific requirements for PPE, in particular regarding compliance with the standards EN 455-1 (DSTU EN 455-1:2014) for disposable medical gloves, EN ISO 374-1 (DSTU EN ISO 374-1:2018) for gloves protecting against hazardous chemicals and microorganisms, EN 14683 (DSTU EN 14683:2019+A1:2021) for medical surgical masks, EN 149 (DSTU EN 149:2017) for particulate filtering respirators, EN 14126 (DSTU EN 14126:2008) and EN 13795-1 (DSTU EN 13795-1:2019) for gowns protecting against infectious agents and surgical clothing, as well as EN 166 (DSTU EN 166:2017) for personal eye and face protection (goggles and shields). Considering that the pharmacy chain is the main channel for retail supply of medical gloves for healthcare institutions, outpatient practice and the population, a key chain for providing PPE to both medical workers (especially the private and outpatient sector) and patients themselves, it is relevant to study the actual range of these products for compliance with established regulatory requirements, which is of strategic importance for the safety of patients with non-communicable diseases.

Aim: To conduct a comprehensive analysis of the actual range of key categories of PPE in the pharmacy network of Kyiv using the Tabletki.ua digital platform and assess its compliance with the hygienic criteria of the Order No. 1614 and accessibility in the context of protecting patients with non-communicable diseases.

Materials and methods. The study focused on the assortment of PPE in pharmacies in the city of Kyiv, as presented on the online aggregator Tabletki.ua (analysis date: 19/06/2026). Using content analysis and structural modelling, 4 categories of goods were studied: medical gloves, masks/respirators, disposable medical clothing (gowns), and eye protection. Statistical processing included the calculation of frequencies, percentages and 95% confidence intervals (95% CI) for selected proportions. Results are presented as n (%) and 95% CI where appropriate.

Results. The general analysis showed a pronounced disproportionate representation of different categories of PPE in the pharmaceutical market in the capital. *Medical gloves* formed the most representative sample (419 items). A proportion of products lacked sufficient information for stratification by sterility, material, or powder content and were therefore not included in the corresponding subgroup analyses. Non-sterile examination gloves accounted for 58.2% (95% CI: 53.5-62.9), while sterile surgical gloves represented 35.1% (95% CI: 30.5-39.7) of the assortment. According to the material of manufacture, latex gloves predominated, accounting for 63.5% (95% CI: 58.9-68.1), whereas nitrile gloves constituted 27.4% (95% CI: 23.1-31.7). Powder-free gloves represented 66.6% (95% CI: 62.1-71.1) of the available assortment, compared with 26.7% (95% CI: 22.5-30.9) for powdered gloves. A positive trend towards the prevalence of powder-free models over powdered ones was observed, thereby minimising the risk of allergy in patients with chronic diseases. The price range per pair is from 2.20 UAH (examination nitrile) to 18.00 UAH (surgical sterile latex). *Medical masks and respirators*. The surgical mask category is presented in full; prices range from 1.00 to 1.70 UAH per unit. A positive hygienic indicator is the complete absence (0%) of gauze masks, the use of which is prohibited by Order No. 1614. In the respiratory protection subcategory, 17 specialised items of classes FFP2 and FFP3 were identified. Of these, 41.2% (7/17; 95% CI: 17.8-64.6) were equipped with an exhalation valve, while 58.8% (10/17; 95% CI: 35.4-82.2) were valve-free. It was found that 41.2% of the total number of available respirators

 Creative Commons «Attribution» 4.0

are equipped with an exhalation valve, which makes them unsuitable for use by doctors during bedside procedures for patients with chronic diseases due to the lack of exhalation source control (source control). The cost of valveless high-protection models is 43.80–85.00 UAH. *Protective gowns against infectious agents*. A shortage of retail assortment was identified (only 34 items in the disposable clothing category). Basic products made of SMS nonwoven material with a density of 30–35 g/m² account for 85.3% (29/34; 95% CI: 73.4-97.2) of offers priced at UAH 35.60–65.00. However, specialised combined gowns with laminated spunbond (Type A and Type B, price UAH 69.29–81.55), which have high barrier properties against biological fluids, account for only 14.7% (5/34; 95% CI: 2.8-26.6), a statistically significant shortage ($p<0.001$). *Eye protection*. Goggles and shields are practically absent in the pharmacy chain (<3 single items without a proper hygienic description of the fit density were recorded). A common problem for 91.6% (95% CI: 89.1-94.1) of all product cards on Tabletki.ua is the lack of publicly available marking indicating compliance with profile standards (DSTU EN 455-1:2014, DSTU EN 14683, etc.), which makes it impossible for the consumer to conduct an operational audit of the quality of PPE ($p<0.001$).

Conclusions. 1. The safety of patients with chronic non-communicable diseases directly depends on the availability of certified PPE that prevents comorbid infectious complications. 2. The pharmacy assortment of Kyiv fully meets the primary needs of infection control due to a wide selection of powder-free nitrile gloves (27.4±2.2%) and three-layer masks at a low price threshold (from 1.00 UAH), with the complete elimination of unregulated gauze masks (0%). 3. A statistically significant deficit ($p<0.001$) of specialised hospital protection was identified: laminated gowns protective against infectious agents (14.7%), valveless FFP2/FFP3 respirators and protective goggles, which limits the possibility of rapid deployment of a safe environment at the level of outpatient and home care for patients with chronic diseases. A regulatory obligation is necessary to include DSTU/EN certification data in digital pharmacy product cards.

Key words: Patient Safety, Cross Infection, Noncommunicable Diseases, Personal Protective Equipment, Pharmacies.

DIGITAL MONITORING OF THE FUTURE DOCTORS' READINESS TO PROVIDE INFECTION SAFETY FOR PATIENTS WITH CHRONIC NON-INFECTABLE DISEASES

Blagaia A.V., Vygovska O.V., Lymar L.V., Kucherenko I. I., Burlaka Ie. A.

Bogomolets National Medical University
Kyiv, Ukraine

Introduction. In 2026, World Patient Safety Day is dedicated to an extremely relevant topic - "Safe care for noncommunicable diseases". Patients suffering from chronic noncommunicable diseases (NCDs), such as diabetes mellitus, cardiovascular and oncological pathologies, constitute the most vulnerable group in healthcare institutions. Due to the long course of the disease, immunosuppression, and the need for frequent invasive interventions, they are the main risk group for acquiring infections associated with the provision of medical care (Healthcare-Associated Infections/HAIs). The occurrence of nosocomial infection in such patients sharply worsens the prognosis of the course of the main non-communicable pathology and increases mortality. In this regard, the readiness of future doctors to strictly adhere to sanitary and hygienic infection-control regulations is a fundamental element in the safety of patients with chronic diseases. The use of digital platforms (in particular Kahoot!) allows for rapid assessment of students' knowledge and identification of critical gaps in preparation for creating a safe hospital environment.

Aims. To assess the level of readiness of higher medical education students to ensure infection control as an integral component of safe care for patients with non-communicable diseases using the gamified digital platform Kahoot!; and to implement digital tools in teachers' practise regarding UkrDigiTrans Erasmus+ grant project.

Materials and methods. The pilot study was conducted at the Department of Hygiene and Ecology of the Bogomolets National Medical University from October 2025 to April 2026. The continuous array method covered 147 6th-year students (7 academic groups) who studied the content module "Hygienic Prevention of Diseases Associated with the Provision of Medical Care". For express knowledge control, the interactive Kahoot! A testing system was used, which included 15 profile questions. Using the program's analytical dashboard, a

factorial analysis of the answers (item analysis) was conducted, with clusters allocated to the lowest and highest levels of success. Statistical processing of the results (M±SD) and assessment of the probability of the difference in indicators were carried out using the Student's t-test. The difference was considered statistically significant at $p<0.05$.

Results. The generalised results of digital monitoring (n=147) showed an average success rate of 69.0±7.6% correct answers, with an average score of 8658±1020. A statistically significant difference was observed between the indicators of the most successful (80.7±4.2%) and weakest (60.5±5.1%) groups ($p<0.05$), indicating heterogeneity in the development of safety competencies.

Factor analysis of responses through the lens of patient safety, considering chronic disease, identified two clusters. The first cluster ("high level of assimilation") concerned the theoretical understanding of patient vulnerability and basic algorithms for current environmental protection. The correct answer rate for risk contingents (Q4) was 92.3±2.1%. The average success rate regarding air disinfection methods (Q7), wet cleaning (Q6) and specific prevention (Q14) was 87.7±1.5%.

In contrast, in the second cluster ("engineering and hygienic and calculation knowledge"), necessary for the architectural protection of patients with chronic diseases from cross-infection, a statistically significant decrease in results to 44.8±6.9% was recorded ($p<0.001$ compared to the first cluster). The greatest knowledge deficit was found in questions regarding determining the efficiency coefficient of air sanation in wards (Q13 – 1.6±4.1%), calculating the area of wards for isolating infectious patients (Q1 – 41.8±3.8%) and sanitary and anti-epidemic measures (Q3 – 37.1±3.5%). In weaker groups, the proportion of correct answers regarding the area of the chambers decreased to 20.0±4.0%.

Conclusions. 1. The safety of patients with chronic non-communicable diseases in a hospital directly depends on the ability of medical staff to minimise the risks of comorbid HAIs by adhering to hygiene standards; 2. The Kahoot! digital tool allows the teacher to clearly assess students' knowledge and identify areas of risk in their training; 3. Future specialists have solid knowledge of identifying vulnerable patient groups and performing basic disinfection, but have significant gaps in their understanding of quantitative parameters for air safety and spatial zoning. The analytical data obtained from the dashboard justify implementing applied computational digital cases to eliminate the identified gaps and ensure the concept of safe care for people with chronic pathologies.

Keywords: Patient Safety, Cross Infection, Chronic Disease, Educational Measure, Formative Feedback.

THE PUBLIC'S AWARENESS OF THE EROSIVE EFFECTS OF ALTERNATIVE DIETARY PATTERNS ON TOOTH ENAMEL

Bohachova O.S., Mokriakova M.I., Shapkina-Markovska A.A.

Department of Hygiene and Ecology
Acting Head of Department: Litovchenko O.L., PhD, Associate Professor
Kharkiv National Medical University,
Kharkiv, Ukraine

Introduction: Today, alternative dietary models are gaining increasing popularity – veganism, vegetarianism, raw foodism, fruitarianism, the carnivore diet, as well as various detox practices involving the exclusion of certain food groups or the regular consumption of aggressive food acids. On social media, these approaches are usually presented solely as effective and safe ways to lose weight or "cleanse the body", with no mention of potential side effects. Meanwhile, a sudden change in eating habits can not only trigger disorders of the digestive and cardiovascular systems but also increase the risk of non-carious lesions of the hard tissues of the teeth. The key mechanism behind this effect is an increase in dietary acid load: prolonged contact of the enamel with low-pH acids triggers the chemical demineralisation of hydroxyapatite crystals even without the involvement of cariogenic microflora. This results in progressive erosion of the enamel and dentine, accompanied by loss of the tooth's anatomical shape, aesthetic defects and hyperaesthesia. Since dietary history is not usually taken during a dental appointment, patients with alternative dietary habits are often overlooked by preventive programmes for a long time, which is why our study is relevant.

Objective: To assess the public's awareness of the erosive effects of different dietary patterns on tooth hard tissues and to identify patterns of dietary behaviour and oral hygiene practices.

 Creative Commons «Attribution» 4.0

Materials and methods: An original online questionnaire was developed for the study, consisting of three sections: demographic characteristics (age, gender); dietary habits and the frequency of consumption of foods with erosive potential; and awareness of dental health and contact with a dentist. Literature sources from the PubMed and Scopus databases were also analysed. Statistical analysis of the data was performed using Pearson's χ^2 test and Fisher's exact test; differences were considered statistically significant at $p<0.05$.

Results: A total of 134 individuals participated in the anonymous, voluntary survey: women accounted for 73.1%, and men for 26.9%. In terms of age, the majority were aged 20-30 years (41.8%) and 18-20 years (38.8%), whilst the 30-40 and over-40 age groups each accounted for 9.7%. 87.3% of respondents followed a traditional, mixed diet, whilst 12.7% followed an alternative diet, the vast majority of whom opted for a raw food diet (10.4%). It is particularly noteworthy that dietary habits are linked to the condition of the hard tissues of the teeth. In the group of alternative diet followers, enamel erosion was diagnosed in 14 out of 17 people (82.4%), whereas among those following a traditional diet, it was found in only 4 out of 117 (3.4%); the difference is statistically significant ($\chi^2=72.9$; $p<0.001$). A similar pattern was observed for tooth sensitivity: 15 out of 17 respondents in the first group (88.2%) complained of it, compared with 30 out of 117 in the second (25.6%); the difference is also statistically significant ($\chi^2=23.3$; $p<0.001$).

Regarding dietary habits, 10.4% of respondents consume sweet fizzy drinks and energy drinks daily, and 37.3% consume them several times a week (together, almost half of those surveyed regularly consume these drinks). Vinegar-based dishes are consumed by 17.9% of participants and rarely by 73.1%; 9.7% of respondents use apple cider vinegar as a dietary supplement or detox remedy. Citrus fruits are consumed several times a week or more frequently by 56.0% of respondents.

An analysis of oral hygiene habits revealed a certain imbalance between mechanical tooth cleaning and remineralising protection: 66.4% of respondents use medium-bristle toothbrushes, 17.2% use soft-bristle ones, 12.7% use electric toothbrushes, and 3.7% use hard-bristle ones. At the same time, only 46.3% of respondents use fluoride-containing or calcium phosphate products, 34.3% do not use such products at all, and 19.4% do not know the composition of the products they use. 39.6% of respondents do not rinse their mouths with water after eating acidic foods, while a further 23.1% do so rarely – in total, over 60.0%. 67.2% of respondents are aware that acidic fruits, berries and juices can cause enamel erosion; however, only 49.3% can confidently state the pH level considered safe for enamel, 29.9% have heard of it but cannot recall the figure, and 20.9% are unaware of it altogether.

The most telling finding was the low level of preventive engagement with a dentist: 82.1% of respondents have never discussed their diet with a dentist. The main sources of information on the impact of diet on dental health remain the internet and social media (38.8%), medical literature (34.3%), dentists (20.1%), and friends and relatives (6.7%).

Conclusions: Enamel erosion and tooth sensitivity are significantly more common among individuals with an alternative diet than among those following a traditional diet ($p<0.001$). This is consistent with the hypothesis that dietary acid load plays a leading role in the development of such non-carious lesions. Despite a fairly high level of general awareness regarding the erosive effects of acidic foods (67.2%), the population's practical preventive skills remain inadequate: over 60% of respondents do not take any measures to reduce acidity in the oral cavity after eating, and fewer than half of those surveyed use remineralising agents. Notably, 110 out of 134 respondents (82.1%) had never raised their diet during a dental appointment – precisely the kind of information that could have highlighted the risk of erosion at an early stage. Therefore, taking a dietary history should be included in a standard dental examination, particularly when dealing with patients who follow alternative diets.

Keywords: Tooth Erosion; Dental Enamel; Diet, Food, and Nutrition; Dental Care; Oral Hygiene.

 ISSN 2786-6661

ANALYSIS OF EPIDEMIOLOGICAL SURVEILLANCE IMPLEMENTATION IN THE PUBLIC HEALTH SYSTEM UNDER MARTIAL LAW

Kucher R.I., Ohorodniichuk I.V.

Ukrainian Military Medical Academy
Kyiv, Ukraine

Introduction. In the context of full-scale war in Ukraine, the epidemiological surveillance system experiences critical overloads. The amplification of risk factors has led to an increase in both infectious and non-communicable disease incidence rates; however, the current data collection system is insufficiently adapted to modern challenges.

The monitoring efficiency is compromised by data fragmentation due to several specific factors:

- specifics of military service: Due to the intensity of combat operations, servicemen frequently lack access to medical care and manage illnesses while remaining on duty, resulting in their exclusion from official statistical records.
- barriers for the civilian population: In frontline regions, access to healthcare services is often impeded by the nature of combat operations and the intensity of shelling.

Consequently, the available data do not reflect the actual epidemiological situation. This hinders comprehensive analysis and the development of evidence-based measures aimed at disease prevention and control.

Aim. To analyze the current structure of morbidity among the civilian population and servicemen, taking into account the problematic aspects of the modern epidemiological surveillance system.

Materials and Methods. To achieve the objective, annual reports of the Sanitary and Epidemiological Department of the Medical Forces Command of the Armed Forces of Ukraine, annual reports of the Medical Service of the Ministry of Defense of Ukraine (Form 2/MED) on morbidity for the period of 2022–2024, and reports of the Ministry of Health of Ukraine regarding non-communicable diseases among the civilian population of Ukraine were studied, systematized, and analyzed.

The methods of epidemiological analysis and statistical evaluation were applied to execute the study objectives.

Results. Under full-scale war conditions, the epidemiological surveillance system in Ukraine faces a significant burden. According to the results of the analysis, the situation with cardiovascular diseases stands out prominently within non-communicable pathology among the civilian population. According to the Ministry of Health of Ukraine, between 2022 and 2024, the number of hospitalizations for stroke increased by 11.6%, and hospitalizations due to myocardial infarction rose by 17.3%. These metrics represent only critical cases requiring immediate inpatient care, leading to the conclusion that there is an issue with patient registration at the outpatient stage.

Evaluating the situation among servicemen, a retrospective analysis of infectious morbidity for the first six months of 2025 compared to the same period in 2024 revealed that the rate of acute respiratory infections (ARI) increased by 61%. This trend may be associated with the expansion of total personnel strength and cumulative exhaustion of the troops. Regarding acute intestinal infections (AII), the rate increased by 10%, demonstrating a more stable upward dynamic. Experience shows that given the nature, intensity of combat operations, and specifics of military service, a large proportion of mild infectious diseases (specifically ARI and AII) are endured on duty without seeking medical assistance, and these statistics are entirely omitted from the epidemiological monitoring system. Conversely, the registration rate for tuberculosis cases decreased by 20% compared to the previous year. In the early stages, tuberculosis is typically detected during screenings (medical examinations, chest photofluorography), which are extremely difficult to perform in active combat zones. Thus, only those service members who already present with a distinct clinical presentation or who have been wounded and evacuated—undergoing subsequent advanced medical examination—are captured by the monitoring system.

Conclusions. 1. A significant proportion of the civilian population with arterial hypertension is not captured by the monitoring system until their condition becomes critical. This creates a data gap and further prevents the implementation of high-quality preventive measures to avoid the development of critical states leading to hospitalization. The rising hospitalization rate for urgent conditions serves as a clear validation of this issue.

2. Regarding infectious morbidity among servicemen, it can be hypothesized that such divergent dynamics reflect a deficiency in the current epidemiological surveillance system rather than actual epidemiological

 Creative Commons «Attribution» 4.0

shifts. This occurs against the backdrop of a constantly growing number of personnel, deployments, and rotations (comparable to population migration), as well as increased systemic physical exhaustion under harsh conditions. However, officially registered rates predominantly reflect moderate and severe cases that require medical evacuation.

Keywords: monitoring, prevention, medical evacuation, infectious morbidity, servicemen.

ANALYSIS OF PREHOSPITAL ANTIBIOTIC USE IN WOUNDED SERVICEMEN BASED ON ELECTRONIC PRIMARY MEDICAL CARD (EPMC) DATA

Kyselov S.M., Mykhailyk O.P., Kucher M.O., Stinska T.S., Ivanko O.M.

Ukrainian Military Medical Academy
Kyiv, Ukraine

Introduction. In the context of armed conflict, timely and rational administration of prehospital antibiotic therapy is a critical factor determining the prognosis for wounded servicemen. Infectious complications of combat wounds remain a leading cause of morbidity and mortality among wounded personnel. The choice of the optimal antibiotic, route of administration, and timing of initiation from the moment of injury significantly impact treatment outcomes. Analysis of real-world clinical practice allows for the identification of antibiotic prescribing patterns and the optimization of care protocols.

Aim. To analyze the structure and frequency of antibiotic prescriptions for wounded servicemen at the prehospital stage of medical care using the electronic Primary Medical Card (ePMC) from February 2025 to February 2026.

Materials and Methods. A retrospective analysis of the spectrum of antibiotic prescriptions for wounded servicemen at the prehospital stage was conducted. Statistical data processing was performed using descriptive statistics methods.

Results. The analysis revealed that moxifloxacin was the most frequently prescribed antimicrobial agent at the prehospital stage, used in 67.70% of cases. This is attributed to its broad spectrum of activity, high oral bioavailability, and ease of administration in field environments. Cefazolin ranked second with a utilization rate of 16.75%. Ceftriaxone was prescribed in 8.89% of cases, reflecting its role as a third-generation cephalosporin with a wide spectrum of antimicrobial activity.

Among less frequently utilized drugs, the following were identified: levofloxacin – 1.98%, amoxicillin/clavulanate – 1.75%, amoxicillin – 1.51%, metronidazole – 0.56%, ciprofloxacin – 0.48%, azithromycin – 0.32%, and ertapenem – 0.08%. The minimal percentage of carbapenem (ertapenem) use indicates the restricted deployment of reserve antibiotics at the prehospital stage, which aligns with the principles of rational antibiotic therapy.

Regarding the route of administration, the vast majority of cases (73.3%) involved oral administration, driven by the dominance of moxifloxacin within the prescription framework. The parenteral route was utilized in 26.7% of cases, associated with the use of injectable formulations.

Conclusions. 1. Moxifloxacin is the dominant antimicrobial agent at the prehospital stage of care for wounded servicemen, accounting for 67.70% of all prescriptions due to its ease of oral administration and broad spectrum of action.

2. Cephalosporins (cefazolin and ceftriaxone) collectively account for 25.64% of prescriptions, confirming their vital role in antibiotic prophylaxis for combat wounds.

3. The vast majority of antibiotics are administered orally (73.3%), which corresponds to the tactical conditions of the prehospital stage and ensures feasibility in combat environments.

Prospects for further research lie in conducting a comparative analysis of the efficacy of various antibiotic prophylaxis regimens for combat wounds depending on the nature and localization of injuries, as well as evaluating the impact of early antibiotic administration on the rate of infectious complications at the hospital stage of treatment.

Keywords: antibiotic prophylaxis, moxifloxacin, combat injury, infectious complications.

 ISSN 2786-6661

NOBEL DISCOVERIES AS THE BASIS OF MODERN PATIENT SAFETY IN NON-COMMUNICABLE DISEASES

Mykhailenko D.V., Korshunova A.S., Lekhan V.M., Zaiarskyi M.I.

Scientific supervisors: Honored Worker of Science and Technology of Ukraine,
Professor Lekhan V.M., Associate Professor Zaiarskyi M.I.
Department of Social Medicine, Public Health, and Health Care Management
Head of the Department: Kryachkova L.V., Doctor of Medical Sciences, Professor
Dnipro State Medical University
Dnipro, Ukraine

Introduction. Patient safety is one of the key priorities of the modern healthcare system. According to the World Health Organization, a significant proportion of adverse events in medical practice can be prevented by implementing scientifically sound approaches to the diagnosis, treatment, and prevention of diseases. This problem is of particular importance in the field of non-communicable diseases, which cause more than 70% of all deaths in the world. The development of modern concepts of patient safety has been largely made possible by fundamental discoveries in biology, medicine, and physiology, many of which have earned their discoverers Nobel Prizes. These scientific achievements have laid the foundation for the transition from empirical treatment to personalized medicine, focusing on individual patient characteristics and minimizing the risks of medical interventions.

Aim. To analyze the role of Nobel discoveries in shaping modern approaches to ensuring patient safety in non-communicable diseases and assess their significance for the development of personalized medicine.

Materials and methods. An analytical review of scientific sources, Nobel lectures, and publications dedicated to discoveries in the fields of genetics, molecular biology, cardiology, neuroscience, and immunology was conducted. Methods of historical and scientific analysis, comparison, generalization and systematization of data from the standpoint of evidence-based medicine and the modern concept of patient safety were used.

Review. The history of patient safety is inextricably linked to the evolution of medical knowledge. One of the first fundamental advances in patient safety was the scientific development of immunotherapy in the late 19th and early 20th centuries. The work of the German bacteriologist Emil von Behring on the use of antitoxin sera to treat diphtheria was awarded the first Nobel Prize in Physiology or Medicine in 1901. It pioneered the introduction of evidence-based approaches to disease prevention and treatment.

Significant contributions to the development of safe cardiac care were made by the work of Werner Forsman, André Cournan, and Dickinson. Richards, who developed and introduced the method of cardiac catheterization (1929–1956; Nobel Prize 1956). Further research by Ferid Murad, Robert Furchgott, and Louis Ignarro on the signaling role of nitric oxide in the cardiovascular system (1970–1998; Nobel Prize 1998) contributed to the development of modern approaches to the treatment of cardiovascular diseases. These achievements have improved the methods of diagnosis, prevention, and treatment of cardiovascular pathology, which has contributed to the reduction of mortality and the incidence of complications.

Discoveries in the field of neuroscience were of great importance for improving the safety of pharmacotherapy. The research on the chemical transmission of nerve impulses by Otto Levi and Henry Dale (Nobel Prize 1936), as well as the mechanisms of action of neurotransmitters Bernard Katz, Ulf von Euler, and Julius Axelrod (Nobel Prize 1970) laid the foundation for the development of modern drugs with greater selectivity and a better safety profile. The knowledge gained became the basis for improving the treatment of neurological, psychiatric, and cardiovascular diseases. Modern standards of treatment for heart attacks and strokes are based on these discoveries, ensuring the minimization of side effects through selective effects on the receptor apparatus, which radically reduces the level of disability in patients.

A new stage in the development of medicine began after the establishment of the structure of DNA in 1953 by James Watson, Francis Crick, and Maurice Wilkins, who received the Nobel Prize in 1962. The discovery of the molecular basis of heredity created the prerequisites for the development of genetic diagnostics, disease risk prediction, and pharmacogenetics. In modern clinical practice, this allows taking into account the patient's genetic characteristics when choosing drugs, reducing the risk of ineffective treatment and undesirable drug reactions.

One of the most important discoveries in modern molecular biology was the discovery of microRNAs as regulators of gene expression. In 1993, Victor Ambros and Gary Ruvkun first described this mechanism in

 Creative Commons «Attribution» 4.0

the roundworm nematode *Caenorhabditis elegans*, and in 2024 were awarded the Nobel Prize in Physiology or Medicine. Today, the role of microRNAs in the development of oncological, cardiovascular, and metabolic diseases has been proven. The use of these molecules as biomarkers opens up new opportunities for early diagnosis, prediction of the course of diseases, and assessment of treatment effectiveness, which helps to reduce the number of diagnostic errors and increase the safety of clinical decisions.

The 1960 Nobel Prize in Physiology or Medicine was indeed awarded to Frank Burnett and Peter Medawar for their discovery of acquired immunological tolerance (i.e., the ability of the body to recognize "self" and "foreign" and not to reject transplanted tissues in the early stages of development). In 1995-2025, Shimon Sakaguchi, with Mary E. Brunkow and Fred Ramsdell, made a new fundamental breakthrough in this field, discovering peripheral immune tolerance (Nobel Prize 2025). This became the basis for creating strategies for the body's defense in the treatment of autoimmune diseases, the latest immunotherapy for type 1 diabetes and rheumatoid arthritis, preventing rejection in organ transplantation, and in the fight against cancer.

Modern medicine is increasingly oriented towards the principles of precision medicine, the formation of which took place in the late 20th and early 21st centuries and significantly accelerated after the implementation of the international project "Human Genome". Further development of high-throughput sequencing, molecular biomarkers, bioinformatics, and artificial intelligence has provided the possibility of individualization of prevention, diagnostics, and treatment. This approach allows not only to increase the efficiency of medical care, but also to minimize the risks associated with medical interventions, which is one of the key areas of ensuring patient safety in non-communicable diseases.

Conclusions. Nobel discoveries have become an important scientific basis for the formation of the modern concept of patient safety in non-communicable diseases. Advances in the field of genetics, molecular biology, cardiology and immunology have ensured the transition from empirical medicine to personalized and evidence-based approaches. The use of molecular biomarkers, genetic technologies, targeted therapy and immunotherapy allows for increasing the accuracy of clinical decisions, reducing the frequency of adverse events, and ensuring a higher level of patient safety. Further implementation of achievements in precision medicine, digital technologies, and artificial intelligence creates the prerequisites for the transition from responding to medical errors to preventing them.

Key words: Patient safety; Precision medicine; MicroRNA; Biomarkers; Non-communicable diseases.

POSTPARTUM SEPSIS: RISKS OF DELAYED DIAGNOSIS AND THEIR IMPACT ON PATIENT SAFETY AND QUALITY OF MEDICAL CARE

Paienok O.S.

Department of Obstetrics, Gynecology and Reproductive Medicine
Head of the Department — Semenyna H.B., Doctor of Medical Sciences, Professor
Danylo Halytsky Lviv National Medical University
Lviv, Ukraine

Introduction. Postpartum sepsis remains one of the leading causes of maternal morbidity and mortality despite advances in modern obstetric care. Difficulties in the early recognition of septic complications, the nonspecific nature of clinical manifestations during the postpartum period, as well as delays in appropriate referral and initiation of intensive treatment, pose a particular threat to patient safety. Delayed diagnosis of sepsis may result in the rapid progression of multiple organ dysfunction, septic shock, and fatal outcomes. In the context of patient safety, early identification of clinical signs of infection, adequate postpartum monitoring, and multidisciplinary collaboration at all stages of medical care are of particular importance.

Aim. To analyze the risks of delayed diagnosis of postpartum sepsis and their impact on patient safety and the quality of medical care, as well as the role of early diagnosis and timely referral in preventing severe septic complications.

Materials and methods. A review of contemporary scientific literature, clinical guidelines, and regulatory documents regarding the diagnosis and treatment of postpartum sepsis was conducted. Particular attention was paid to the role of early monitoring, multidisciplinary care, timely referral of high-risk patients, and the principles of infection source control in preventing severe septic complications.

Review. Postpartum sepsis is a potentially life-threatening complication that may rapidly progress to septic shock and multiple organ failure. The risk of severe adverse outcomes increases substantially in cases of delayed diagnosis, underrecognition of early symptoms, inadequate postpartum monitoring, and delayed medical attention. Clinical manifestations of postpartum sepsis are often nonspecific and may include fever, general weakness, tachycardia, dyspnea, pain, signs of systemic intoxication, and hemodynamic instability. In addition, other severe conditions, particularly thrombotic complications, may coexist during the postpartum period, complicating timely clinical interpretation of symptoms and increasing the risk of diagnostic errors.

Important components of patient safety include adequate postpartum surveillance, patient awareness of warning symptoms, early antimicrobial therapy, and multidisciplinary collaboration among obstetricians-gynecologists, intensive care specialists, family physicians, and other healthcare professionals. A fundamentally important component of postpartum sepsis management is timely and adequate elimination of the primary source of infection (source control). In cases of septic metroendometritis, sepsis, or toxic septic shock, when intensive therapy proves ineffective and the uterine source of infection persists, laparotomy with hysterectomy and bilateral salpingectomy may represent a life-saving intervention as a method of radical infection source control. Timely referral of high-risk patients, early intensive treatment, and adequate infection source control contribute to reducing the incidence of severe septic complications, improving treatment outcomes, and enhancing patient safety and quality of medical care.

Conclusions. Postpartum sepsis remains a serious challenge to patient safety and the quality of medical care due to the risk of rapid progression, septic shock, and multiple organ failure. Early recognition of clinical signs of infection, timely diagnosis, appropriate referral of high-risk patients, and early antimicrobial and intensive therapy are essential for preventing severe septic complications and reducing maternal morbidity. At the same time, timely and adequate elimination of the primary source of infection is a fundamentally important prerequisite for the effective management of postpartum sepsis. In cases of generalized infection and failure of conservative treatment, radical surgical intervention, including hysterectomy with bilateral salpingectomy, may represent a life-saving stage of treatment as a method of septic source control. Increased awareness of postpartum infectious complications and adherence to the principles of timely infection source control are important prerequisites for ensuring patient safety and improving the quality of medical care.

Keywords: maternal morbidity, septic shock, postpartum infectious complications, multidisciplinary care, patient referral pathways.

PREVENTION OF OCCUPATIONAL DISEASE IN DENTISTS AS A GUARANTEE OF PATIENT SAFETY

[1]Romaniuk V.V., [2]Usenko S.A., [3]Usenko S.H., [4]Diachenko M.S.

1 – Private higher educational institution «Kyiv Medical University», Kyiv, Ukraine
Acting Head of Department: Usenko S. A., Candidate of Medical Sciences, Associate Professor
2 – Department of Hygiene and Ecology, Kharkiv National Medical University, Kharkiv, Ukraine
3 – Department of Public Health and Health Care Management, Kharkiv National Medical University, Kharkiv, Ukraine
4 – Department of Pediatrics No. 2, Kharkiv National Medical University, Kharkiv, Ukraine

Introduction. Professional adaptation begins at the stage of training in institutions of professional pre-higher and higher education. During this professional route, physical and psychological loads change dynamically, while the level of skill of specialists increases. One of the main components of the healthcare system is the provision of high-quality dental services. Maintaining optimal working conditions at the dental workplace allows specialists to remain in the profession for a long time. The main working postures in this case are standing and sitting. Full utilization of specialized knowledge and professional skills is possible only when maintaining good health and high efficiency of specialists through the application of professional and applied physical training. Dental care is a crucial component of the healthcare system, possessing significant human resources and potential to meet the population's needs for affordable and high-quality treatment. This ensures patient safety both during dental interventions and in the future, improving their quality of life.

 Creative Commons «Attribution» 4.0

Purpose. To identify the occupational profile features of a dental specialist's work, study the ergonomic indicators of dentists' working postures, and develop recommendations to prevent the development of occupational diseases.

Materials and methods. The main professional requirements of the "Dentistry" specialty regarding the psychophysiological characteristics of employees were determined by surveying dentists with 2 to 36 years of work experience. Ergonomic studies were conducted in private dental offices and clinics, based on which graphic diagrams of working postures were created using the photogoniometry method. The development of a complex of professional and applied physical training was based on the potential risks of developing occupational diseases in case of non-compliance with the optimal parameters of sitting and standing working postures.

Results. The research revealed that the work of a dentist involves great responsibility for the patient's life and the quality of dental services. A detailed occupational profile study of the nature of a dentist's work helped establish that the most significant professional requirements include: the ability to perform coordinated movements with both hands, well-developed hand-eye coordination, the ability to make correct decisions in sudden complex situations, the capacity to quickly adapt to changing work objects or environments, and the ability to promptly find and correct one's mistakes. Additionally, maintaining high performance despite the presence of other people, unexpected impressions, or extraneous noise is vital. The dental practice is feasible only with a sufficient development level of professionally significant qualities, including hand-eye coordination, strength and mobility of the nervous system, concentration, span of attention, and color discrimination. By conducting short-term photogoniometric studies at dental workplaces without disrupting the treatment process, we established that modern equipment improves the quality of dental services for the patient. This is also a positive factor for the clinician, who works in more comfortable conditions. However, the sitting position was found to be the most unfavorable, where the dentist's right leg is extended too far forward, leading to an unstable spinal position. There is also a neck deviation from the vertical axis of more than 40° (with a norm of no more than 20°). In the elbow joint, the angle is 45°, which also exceeds optimal values. The standing position is more favorable, as the angles are closer to optimal. Nevertheless, the deviation of the torso from the vertical axis averages more than 30° (with a norm of no more than 20°). We have developed a professional and applied physical training complex aimed at improving the physical fitness of specialists. It is based on an individual approach, regularity, comprehensiveness, gradual progression, professional orientation, motivation, monitoring, and objective assessment. The complex includes aerobic, coordination, and strength exercises, flexibility training (stretching), muscle endurance and posture correction, as well as the stabilization of back, neck, shoulder, and wrist muscles. It also incorporates cardiovascular exercises and fitness activities to reduce body weight, improve health, boost energy and positivity, and reduce stress levels.

Conclusions. Thus, a comprehensive study of the occupational profile characteristics of dental work and working posture diagrams (sitting and standing) allowed us to identify the most critical professional requirements and qualities for long-term, high-quality performance. It was established that deviations from optimal joint angles occur during work, which can be classified as an irrational working posture. Prolonged exposure to such factors may lead to occupational diseases of the musculoskeletal system. To mitigate these negative impacts, it is essential to adhere to basic hygienic requirements for the workplace and posture throughout the professional career, and to perform targeted professional and applied physical training exercises.

DRINKING WATER MONITORING: ASSESSMENT OF SAFETY AND CARCINOGENIC RISKS

Rublevska N.I.

Department of Hygiene, Ecology and Occupational Safety
Head of the Department – Shevchenko O.A., Doctor of Medical Sciences, Professor
Dnipro State Medical University,
Dnipro, Ukraine

Introduction. Providing the population with safe and high-quality drinking water is one of the key objectives of the public health system. Under conditions of intensive anthropogenic pressure, urbanization, and technogenic pollution of water bodies, the issue of controlling the quality of water supplied through centralized

water supply systems becomes particularly important. Most industrial regions of Ukraine rely on surface water sources that are subject to significant organic contamination. During water disinfection by chlorination, disinfection by-products are formed, among which organochlorine compounds, particularly chloroform, are of the greatest hygienic significance.

According to numerous epidemiological studies, long-term exposure to chloroform and other trihalomethanes through drinking water may be associated with an increased risk of malignant neoplasms. Therefore, the organization of systematic social and hygienic monitoring of drinking water quality and assessment of its impact on public health is of particular importance.

Aim. To provide a scientific rationale for approaches to the development of a regional social and hygienic monitoring program for drinking tap water containing organochlorine compounds based on the assessment of its impact on public health under environmentally unfavorable conditions.

Materials and Methods. The study was conducted within the framework of the research project No. 0121U114434 "Scientific Substantiation of a Set of Measures for the Prevention of Health Disorders Caused by Social, Natural, and Technogenic Factors" (2022–2026). The results of laboratory analyses of surface and groundwater sources, as well as drinking tap water, performed during 2012–2022 by the State Institution "Dnipropetrovsk Regional Center for Disease Control and Prevention of the Ministry of Health of Ukraine" were analyzed.

The hygienic assessment was carried out in accordance with the requirements of State Sanitary Rules and Norms (DSanPiN) 2.2.4-171-10 "Hygienic Requirements for Drinking Water Intended for Human Consumption." Sanitary-statistical, correlation, and health risk assessment methods were used to evaluate the impact of drinking water quality on public health.

Results. A hygienic assessment of the water quality of the Dnipro and Inhulets rivers, which are the main sources of centralized water supply in the industrial cities of the region, was performed. It was established that the average biochemical oxygen demand (BOD_5) exceeded regulatory limits by 1.8–1.86 times, while the chemical oxygen demand (COD) in the Dnipro River exceeded the standard by 2.47 times ($p<0.001$). Permanganate oxidizability reached 5.1±0.2 mg O_2/dm^3 for the Dnipro River and 5.3±0.3 mg O_2/dm^3 for the Inhulets River, indicating significant organic contamination of these water sources. Water color also exceeded standard values, reaching 29±2° and 28±2°, respectively.

A comparative analysis of a groundwater source (Mahdalynivka settlement) demonstrated considerably better indicators of organic contamination. Permanganate oxidizability was 3.3±0.2 mg O_2/dm^3, while water color did not exceed 15±1°. Chloroform was not detected in the groundwater source.

An assessment of drinking water quality in the cities of Dnipro, Kamianske, Nikopol, and Zhovti Vody revealed exceedances of hygienic standards for permanganate oxidizability by 1.22–1.74 times. Chloroform concentrations in drinking water ranged from 1.02 to 2.06 times the hygienic standard. No statistically significant differences were observed between chloroform concentrations at the outlet of water treatment plants and within the distribution network ($p>0.05$), indicating stability of chloroform concentrations during water transportation to consumers.

The study demonstrated that the main formation of chloroform occurs during the chlorination stage of water treatment. Chloroform may account for 60–90% of all organochlorine compounds, making it a useful indicator of disinfection by-products and potential health hazards.

An analysis of cancer incidence showed that overall cancer morbidity in cities supplied with chlorinated surface water was 23–45% higher than in the comparison city using non-chlorinated groundwater. Particularly pronounced differences were observed for colon cancer, with incidence rates being 1.93–2.19 times higher than those in the comparison city ($p<0.001$).

Correlation analysis confirmed a statistically significant association between chloroform concentration in drinking water and overall cancer incidence ($r=0.30$; $p=0.016$). A significant relationship was also found between chloroform concentration and colon cancer incidence ($r=0.26$; $p=0.038$).

Carcinogenic risk assessment demonstrated that for the populations of Dnipro and Kamianske, the predicted population risk corresponded to the third risk category according to WHO criteria. For Dnipro, the calculated additional cancer risk amounted to 153 cases per 1 million population, while for Zhovti Vody it reached 97 cases per 1 million population. These findings indicate the necessity of integrating health risk assessment into the social and hygienic drinking water monitoring system.

Analysis of international experience revealed that modern drinking water monitoring systems in the European Union and the United States are based on a risk-oriented approach and include not only water quality control

 Creative Commons «Attribution» 4.0

but also assessment of health impacts, forecasting of potential consequences, and development of management strategies aimed at minimizing risks.

Conclusions. Surface water sources used for centralized water supply are characterized by elevated levels of organic contamination, creating conditions for the formation of organochlorine compounds during chlorination..Drinking water supplied from surface sources demonstrated exceedances of hygienic standards for chloroform content and indicators of organic pollution. Statistically significant correlations were identified between chloroform concentrations in drinking water and cancer incidence, particularly colon cancer. The calculated carcinogenic risks for several industrial cities exceeded recommended levels and may contribute to additional cancer cases within the population.

Key words: drinking water, monitoring, chloroform, organochlorine compounds, carcinogenic risk, cancer incidence, centralized water supply.

THE ROLE AND THE PLACE OF PSYCHOHYGIENIC CORRECTION MEASURES IN THE STRUCTURE OF A COMPREHENSIVE SYSTEM OF PREVENTIVE MEDICINE AT MODERN PERIOD

Serheta I.V., Khrychikov D.O., Marchuk O.V., Dmytryshen P.V.

Educational and Scientific Institute of Public Health, Biology, Disease Control and Prevention, Department of General Hygiene and Ecology
Director of the Institute – Dr. of Medical Sciences, Prof. Serheta I.V., Head of the Department – Ph.D. of Medical Sciences, Assoc. Prof. Bratkova O. Yu.
National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsya
Vinnytsya, Ukraine

Introduction. The processes of development of preventive medicine, which have taken place in recent years, undoubtedly highlight the fact that the modern system of public health protection, and, above all, such its leading preventive links, such as: hygiene of children and adolescents and university hygiene, should be quite clearly oriented towards the priority use of approaches aimed at limiting the adverse impact of educational factors on the health of pupils and students, the widespread use of effective corrective technologies of a health-preserving nature, health services and health promotion the integration of the latter directly into both the educational process and extracurricular activities with the obligatory consideration of the psychophysiological properties and mental traits of the personality of young women and young men who are studying.

Aim. The aim of the scientific work is to establish the role and the place of psychohygienic correction measures in the structure of a comprehensive system of preventive medicine at modern period.

Materials and methods. Scientific research was carried out on the basis of secondary education institutions of the Vinnytsya region and on the basis of National Pirogov Memorial Medical University using a number of hygienic, medical-sociological, psychophysiological, psychodiagnostic and epidemiological methods, methods of expert assessments and statistical analysis too.

Results. Psychohygienic correction measures represent a system of psychophysiological and psychological influences on the personality, aimed at forming positive changes and ensuring favorable restructuring of both personality characteristics in general and individual mental traits of young women and young men, which play a significant role in the occurrence of negative changes and the formation of psychological prerequisites for the development of adverse shifts in the main correlates of mental health based on an in-depth assessment of the properties of temperament, anxiety, character, level of subjective control and mental state of the studied individuals.

In the course of the conducted research, the role and place of psychohygienic correction measures for prenozological changes in the health of pupils and students in the structure of modern preventive technologies were established ($p<0,05$-$0,001$), extremely high efficiency of their application in the practical activities of educational institutions of various levels was revealed ($p<0,001$), a scientifically substantiated concept of psychohygienic influence on the processes of formation, preservation and strengthening of the health of young women and young men was developed, which provides for the implementation of such components as: methodological (formation of a preventively directed methodology for studying mental health), diagnostic

(determination of currently adequate diagnostic approaches to assessing the personality traits of young women and young men), preventive (substantiation of preventive technologies aimed at ensuring the preservation of the mental health of young women and young men based on the implementation of various means of psychohygienic influence on the personality) and prognostic (introduction of a systematic approach to the implementation of the process of predicting mental health) components.

It should be emphasized that the leading practically significant elements of the proposed concept should be considered: carrying out a generalized assessment of the degree of development of individual psychophysiological functions and personality traits of pupils and students and taking into account the leading trends in their formation (stage of hygienic psychodiagnostics), carrying out a thorough correction of the main regime elements of the daily activity of pupils and students (stage of rational organization of daily activity), using psychophysiological (stage of psychophysiological influence) and psychohygienic (stage of actual psychohygienic correction) components.

Finally, the main stages of their interpretation include: establishing the degree of expression of psychophysiological functions and personality traits, assessing the results obtained according to specially created scoring scales, calculating, according to the developed generalized formulas, integral indicators of the success of the course of mental and psychophysiological adaptation and their quantitative assessment, substantiating effective ways of using psychohygienic correction tools (p<0,01-0,001)..

Conclusions. During the conducted scientific research, the role and the place of psychohygienic correction measures the structure of a comprehensive system of preventive medicine in the modern period have been established.

Key words. public health, preventive medicine, health services, health promotion, psychohygienic correction.

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF DIABETES THERAPY

Shchokina K, Tishchenko I.

Pharmacy department
Head of pharmacy department – Doctor of Pharmacy, Professor K. Shchokina
University of Medicine and Social scienses, Kharkiv, Ukraine

Introduction. Diabetes mellitus (DM) is one of the global medical and social problems of the 21st century and is defined by WHO as a non-communicable pandemic. It is predicted that in 2035 the total number of people suffering from DM will reach 600 million people, with more than 90% of them having type II DM. The social significance of DM is also determined by serious complications, such as angiopathy, retinopathy, cardiomyopathy, nephropathy, myocardial infarction, stroke, gangrene of the lower extremities, etc., which lead to early disability and high mortality. Therefore, optimization of DM therapy is one of the urgent medical and social problems of medicine and pharmacology.

Aim. To analyze modern concepts regarding the main pathogenetic links of diabetes mellitus of both types and to identify promising directions of pharmacotherapy of this disease.

Materials and methods. A systematic analysis of modern concepts of understanding the main pathogenetic links of diabetes mellitus was conducted based on data from literature sources. To assess the clinical aspects of the use of drugs, well-known evidence-based medicine databases were used: Cochrane Library, Trip Database, Medline, EMedicine, PubMed, MedlinePlus and others.

Review. It is known that an important role in the pathogenesis of both types of diabetes is played by an imbalance of pro-inflammatory and anti-inflammatory cytokines. According to modern ideas about the pathogenesis of diabetes, one of the leading roles in the development of the disease is played by pro-inflammatory cytokines, such as interleukin-1 (IL-1), IL-6, tumor necrosis factor, etc. Thus, IL-1 is involved in the development of inflammation and the formation of insulin resistance, inhibits insulin secretion, which causes inhibition of glucose utilization by tissues and depression of glycogen formation. Cytokine disorders also play a leading role in the development of complications of diabetes.

Type I and type II diabetes have different pathogenesis. The development of type I diabetes is based on autoimmune damage to β-cells. In the pathogenesis of type II diabetes, the main role is played by the development of insulin resistance and subsequent disruption of insulin secretion by β-cells. However, recent studies have shown that the main links in the mechanism of development of different types of diabetes

 Creative Commons «Attribution» 4.0

are common, namely, an imbalance between glucose and insulin levels, the number and sensitivity of insulin receptors in tissues; activation of free radical oxidation (FRO), which is often accompanied by inhibition or depletion of antioxidant protection of cells; the presence of metabolic disorders, such as, for example, negative changes in lipid and protein metabolism. Another common link in the pathogenesis of diabetes is the activation of apoptosis and destruction of β-cells, which is implemented through a cascade of internal changes involving cysteine proteases with subsequent activation of endonucleases, leading to DNA fragmentation. In general, damage and death of β-cells in the early phase of the immune response is accompanied by an increase in the local concentration of cytokines with a paracrine effect on the immediate environment. Later, an inflammatory reaction develops with the participation of active immunocompetent cells, the secretion of cytokines, activation of proteases, the formation of oxygen radicals, and other immune mediators increases. That is, the death of β-cells in diabetes occurs, presumably, both by the mechanism of necrosis and by the mechanism of apoptosis. Cytokine disorders also play a leading role in the development of complications of diabetes. Since the involvement of pro-inflammatory cytokines in the pathogenesis of both types of diabetes has been proven today, the question arises of substantiating the possibilities of anti-cytokine drugs as one of the promising areas for improving the pathogenetic therapy of diabetes. The results of numerous preclinical and clinical studies indicate that the use of the IL-1 receptor antagonist anakinra in patients with metabolic syndrome (prediabetes stage) increases insulin secretion, against the background of type I diabetes mellitus - increases insulin secretion, reduces the need for insulin, the content of glycosylated hemoglobin, leukocytes and the level of C-reactive protein, in patients with type II diabetes mellitus - improves the first phase of insulin secretion and reduces signs of glucose tolerance. The use of IL-1β-specific antibodies, namely, canakinumab, gevokizumab, as they exhibit antagonism with IL-1β, also has certain prospects for use in diabetology.

Among the main pathogenetic factors that contribute to the development of both types of diabetes and its complications, a special place is given to oxidative stress. Today, activation of BPO processes is considered one of the leading factors in the pathogenesis of a large number of diseases, and oxidative stress is a universal mechanism of cell damage. It is known that β-cells are particularly sensitive to the toxic effects of oxygen free radicals, since the content of antioxidant enzymes in β-cells is on average 10-20 times lower than in the liver, muscles, kidneys, heart, brain and other organs. There are several possible mechanisms for the formation of free radicals in the process of developing insulin-dependent diabetes and its complications. The first is glucose autoxidation, i.e. the ability of glucose to add an oxygen atom to form ketoaldehyde and reactive oxygen species, the second is autoxidative glycosylation or glycooxidation, which results in the formation of labile products of non-enzymatic glycosylation (Schiff bases) and free radicals, the third pathway is the polyol (or sorbitol) pathway of glucose metabolism. Weakening of antioxidant protection and increased electron flow due to increased intracellular glucose metabolism also contribute to the development of oxidative stress. The activity of the sorbitol pathway of glucose metabolism is not regulated by hormones and depends only on the level of glucose in the blood. The polyol pathway of glucose metabolism also leads to microvascular complications, as well as kidney damage. It has been proven that oxidative stress also plays a significant role in the development of type II diabetes and its complications. Maladaptation of antioxidant systems against the background of oxidative stress is one of the components of the development of not only absolute insulin deficiency, but also insulin resistance. Hyperglycemia causes the development of oxidative stress not only in pancreatic cells, but also in others, such as in vascular cells, kidneys, liver, erythrocytes and adipocytes, which leads to damage to insulin signaling and the development of insulin resistance. Therefore, according to the modern concept, autoimmune mechanisms, glucose and lipotoxicity, cytokine imbalance, metabolic disorders, and systemic oxidative stress can be considered important key links in the pathogenesis of β-cell damage in diabetes. The use of antioxidants in the complex therapy of diabetes improves the glycemic profile, helps reduce the severity of micro- and macroangiopathies. As a result, antioxidant therapy should be one of the components of the treatment regimens for patients with diabetes. Therefore, drugs that are able to inhibit the synthesis and activity of pro-inflammatory cytokines, increase survival and normalize the functional activity of pancreatic β-cells, inhibit the development of oxidative stress and the development of inflammatory processes are promising antidiabetic agents.

Conclusions. Analyzing the above-mentioned links in the pathogenesis of diabetes mellitus, it can be assumed that the traditional principles of treatment of this disease should be revised. Treatment should be supplemented with the use of drugs that can simultaneously affect the main pathogenetic links of the disease. Promising directions for the development of pathogenetic therapy of diabetes mellitus of both types are inhibition of the

synthesis and activity of pro-inflammatory cytokines, increasing survival and normalization of the functional activity of β-cells, inhibition of the development of oxidative stress, correction of metabolic disorders.

Key words: diabetes mellitus, cytokines, oxidative stress, metabolic disorders.

ASSOCIATION BETWEEN MASSIVE AIR ATTACKS AND BLOOD PRESSURE-RELATED VISITS IN PRIMARY CARE: A RETROSPECTIVE OBSERVATIONAL STUDY

Shkvarok-Lisovenko A. K., Korost Y. V.

Scientific advisor: associated professor, PhD Korost Y. V.
Department of General Practice (Family Medicine)
Head of the Department: professor, MD Voloshyna I. M.
Bogomolets National Medical University
Kyiv, Ukraine

Introduction. From the 24th of February, 2022, to the 31st of May, 2026, a total of 2188 air raid alerts were recorded in Kyiv. Combined aerial attacks on the capital of Ukraine continued throughout 2026, increasing in frequency and intensity and involving the use of new types of weaponry. These circumstances may adversely affect the health of the civilian population. Elevated blood pressure remains one of the most common reasons for consultations in primary care, both as a newly diagnosed condition and in patients with previously controlled arterial hypertension.

Aim. To assess the association between massive aerial attacks on Kyiv and the dynamics of the patients' visits to the family doctor related to elevated blood pressure between the 1st of August, 2025, and the 1st of June, 2026; to evaluate the growth rate of such visits over the ten-month study period; and to analyze their monthly trends.

Materials and methods. A retrospective observational correlation study with time-series analysis was conducted. The analysis included data from 1197 patients aged 2 months to 89 years who were registered with a single family physician at the University Clinic of Bogomolets National Medical University and whose records were available in the Helsi medical information system between the 1st of August, 2025, and the 31st May, 2026. Of these, 448 (37.4%) were male and 749 (62.6%) were female. Medical records were coded using the International Classification of Primary Care, Second Edition (ICPC-2). Selected diagnoses were further specified according to the International Classification of Diseases, 10th Revision (ICD-10). During the 10-month retrospective observation period, 39 patients (3.3%) were identified under the ICPC-2 episode «K86 Uncomplicated Hypertension», and 34 patients (2.8%) under «K87 Hypertension with Complications». Among all patients with a diagnosis of hypertension, 12 (16.4%) were newly diagnosed during the study period, whereas 61 (83.6%) had been diagnosed with hypertension prior to registration with the family physician. The age of patients with hypertension ranged from 29 to 89 years; 44 (60.3%) were female and 29 (39.7%) were male. Among patients with hypertension, 53 had concomitant chronic conditions, including «T90 Non-Insulin-Dependent Diabetes Mellitus» (40 patients, 54.7%), «L86 Back Syndrome with Radiating Pain» (22 patients, 30.1%), «P01 Anxiety/Nervousness/Tension» (13 patients, 17.8%), «P06 Sleep Disturbance» (7 patients, 9.6%), «R95 Chronic Obstructive Pulmonary Disease» (4 patients, 5.5%), «F92 Cataract» (3 patients, 4.1%), and «T92 Gout» (2 patients, 2.7%). During the observation period, two patients experienced complications associated with poor blood pressure control: one 71-year-old male patient developed a transient ischemic attack, and one 66-year-old female patient experienced an ischemic stroke. Each case accounted for 1.4% of the total hypertensive patient cohort. All patients provided informed consent for the processing of personal data. Data on the number of air raid alerts in Kyiv during the study period were obtained from «Air-alarms.in.ua» monitoring platform. Data regarding large-scale air attacks on Kyiv were obtained from official reports of the Ukrainian Air Force and publicly available monitoring resources. A massive air attack was defined as a coordinated large-scale strike involving a substantial number of weapons systems, ranging from dozens to hundreds of cruise and ballistic missiles as well as loitering munitions (kamikaze drones), launched within a period of up to 12 hours. Statistical analysis was performed using EZR software (EZR.R Commander, Version 2.9-5). The findings should be interpreted with caution due to the single-center design, limited sample size, and inability to establish causal relationships.

 Creative Commons «Attribution» 4.0

Results. Correlation analysis demonstrated a strong positive linear association between the number of visits related to elevated blood pressure and the monthly number of massive air attacks on Kyiv ($r = 0.806$, $p < 0.05$). The coefficient of determination ($R^2 = 0.65$) indicated that approximately 65% of the variability in blood pressure-related visits could be explained by variations in the monthly number of air attacks. During the ten-month observation period, the dynamics of patient visits to a family physician due to elevated blood pressure were uneven and characterized by substantial month-to-month fluctuations. The highest growth rate in visits was observed in January (+440.0% compared with December), whereas the greatest decreases were recorded in December (-72.2%) and April (-61.1%). The highest number of visits was documented in January (27 cases), while the lowest was observed in August (4 cases).

Conclusions. A strong positive correlation was found between the frequency of visits due to elevated blood pressure and the monthly number of massive air attacks on Kyiv ($r = 0.806$, $p < 0.05$). Massive air attacks may represent an important stress-related factor associated with increased healthcare utilization due to elevated blood pressure among adult patients in primary care settings. The potential contribution of seasonal fluctuations in blood pressure control cannot be excluded. Further studies with extended observation periods are required to confirm the observed association and assess its stability over time.

Key words: hypertension, blood pressure, cardiovascular diseases, armed conflicts, primary health care

REGULATORY AND PUBLIC HEALTH FRAMEWORK FOR ELECTROMAGNETIC SAFETY OF MILITARY PERSONNEL IN THE CONTEXT OF OCCUPATIONAL DISEASE PREVENTION

Shvets A.V., Ivanko O.M., Makhniuk V.M.

Ukrainian Military Medical Academy, Kyiv, Ukraine

Introduction. In the context of the digitalization of the security and defense sector and the widespread use of radio communication systems, radar technologies, unmanned systems, and electronic warfare capabilities, the importance of ensuring electromagnetic safety for military personnel is increasing. Prolonged exposure to electromagnetic fields may constitute a risk factor for the development of functional disorders of the nervous, cardiovascular, and other body systems, which necessitates the improvement of regulatory, legal, and public health mechanisms for the prevention of occupational diseases.

Aim. The aim of the study is to analyze the regulatory, legal, and public health governance of electromagnetic safety of military personnel in the context of the prevention of occupational diseases.

Materials and methods. The study is based on an analysis of Ukraine's legislative framework, EU directives and NATO standards. Systematic, comparative legal and logical-legal methods of analysis were employed.

Review. It has been established that the current regulatory framework of Ukraine in the field of electromagnetic safety is primarily based on sanitary norms and standards developed for the civilian population and workers in civilian sectors. The absence of a specialized military regulatory document comprehensively governing the protection of service members from exposure to electromagnetic fields during operational and combat activities has been identified.

The comparative analysis demonstrates that international approaches to electromagnetic safety regulation are based on the requirements of EU Directive 2013/35/EU, ICNIRP (2020) guidelines, IEEE C95.1-2019 standards, and NATO STANAG 2345, which collectively promote a risk-based approach to electromagnetic field exposure assessment, establishment of exposure limits, medical surveillance, and preventive measures.

Conclusions. It has been established that the regulatory framework governing electromagnetic safety in the Ukrainian military environment remains fragmented and is largely based on outdated civilian sanitary and hygiene standards that do not adequately reflect modern conditions of warfare and the widespread use of high-frequency electronic systems. The absence of a dedicated military regulatory framework in Ukraine creates a significant regulatory gap in relation to current international requirements.

The necessity of developing specialized legislation for the protection of personnel from exposure to non-ionizing electromagnetic fields, grounded in a risk-based approach and NATO standards, has been demonstrated. The implementation of this approach will facilitate the interoperability of the Armed Forces of Ukraine with

international defense standards, improve the protection of military personnel, and contribute to the prevention of occupational diseases.

Key words: electromagnetic fields, non-Ionizing, occupational exposure, military personnel, risk assessment, prevention of occupational diseases

DEVELOPMENT OF A STANDARD FOR ASSESSING THE CAPACITY OF REHABILITATION CENTERS AND HOSPITALS IN THE SYSTEM OF SAFE MEDICAL CARE FOR NON-COMMUNICABLE DISEASES UNDER MARTIAL LAW: EXPERIENCE OF UKRAINE, NATO AND EU COUNTRIES

[1]Shvets A.V., [1]Ivanko O.M., [1]Makhniuk V.M., [2]Baieva O.V.

1 – Ukrainian Military Medical Academy, Kyiv, Ukraine
2 – Kyiv Medical University, Kyiv, Ukraine

Introduction. Under martial law in Ukraine, there is an increasing need for an effective and continuous rehabilitation system for military personnel and civilians affected by hostilities and non-communicable diseases. The relevance of this study is determined by the need to harmonize the national regulatory framework with EU legislation and NATO standards, as well as to strengthen intersectoral cooperation in medical, social, and psychological rehabilitation.

Aim. Based on a comparative analysis of the regulatory framework and organizational practices of rehabilitation care in Ukraine, EU and NATO countries, to substantiate the conceptual foundations and criteria for developing a standard for assessing the capacity of rehabilitation centers and hospitals to ensure safe medical care for patients with non-communicable diseases under martial law.

Materials and methods. The study is based on regulatory and legal acts of Ukraine, international EU and NATO documents, as well as legislation of selected NATO member states in the field of rehabilitation. Systemic, comparative legal, structural-functional, and logical-legal methods of analysis were used.

Results. It was found that rehabilitation systems in EU and NATO countries are based on the principles of continuity of care, multidisciplinary approach, and standardized assessment of institutional capacity. Key criteria for assessing the capacity of rehabilitation centers and hospitals were identified, including human resources, material and technical infrastructure, service accessibility, interagency cooperation, and financial sustainability. It was established that, despite progress in implementing the International Classification of Functioning (ICF), early rehabilitation, and digitalization, Ukraine still faces fragmentation of the regulatory framework, workforce shortages, and insufficient coordination. The conceptual foundations for developing a capacity assessment standard for rehabilitation facilities were substantiated based on EU and NATO practices.

Conclusions. The rehabilitation system within the Armed Forces of Ukraine is integrated with civilian healthcare and aligned with NATO standards of continuity of care. Further development requires codification of legislation, strengthened intersectoral cooperation, development of case management, and stable funding. The analysis of Ukraine, NATO, and EU experience demonstrated the feasibility of developing a standard for assessing the capacity of rehabilitation centers and hospitals based on criteria of human resources, material and technical resources, service accessibility, intersectoral cooperation, and financial sustainability. Its implementation will facilitate the harmonization of the national rehabilitation system with NATO and EU standards, ensure the effective functioning of the system under martial law, and improve the quality and safety of rehabilitation care for patients with non-communicable diseases.

Keywords: rehabilitation, capacity assessment, rehabilitation centers, safe medical care, non-communicable diseases, martial law, intersectoral cooperation, NATO, EU.

 Creative Commons «Attribution» 4.0

LIQUID BIOPSY AND EXOSOMAL BIOMARKERS: INNOVATIVE TECHNOLOGIES FOR SAFE AND TIMELY DIAGNOSIS OF NONCOMMUNICABLE DISEASES

Stupchuk M.S., Ph.D., Chebernina I.O.

Department of Clinical Pharmacology, Pathological Anatomy and Social Medicine
Head of Department: Chebernina I.O.
State Institution "Luhansk State Medical University"
Rivne, Ukraine

Introduction. Noncommunicable diseases (NCDs) remain the leading cause of mortality and disability worldwide, accounting for a substantial burden on healthcare systems and society. Early diagnosis and continuous monitoring are crucial for improving clinical outcomes; however, conventional diagnostic approaches, particularly tissue biopsy, are often invasive, associated with procedural risks, and unsuitable for repeated assessments. Against this background, liquid biopsy has emerged as a transformative diagnostic strategy that enables the detection of disease-associated molecular alterations through the analysis of biological fluids. Among the various analytes investigated, exosomes have attracted considerable scientific and clinical interest due to their ability to transport proteins, lipids, messenger RNAs, microRNAs, and other bioactive molecules reflective of the physiological and pathological status of their cells of origin. Consequently, exosome-based diagnostics are increasingly recognized as a promising component of precision medicine and patient-centered healthcare.

Aim. To analyze current evidence regarding the clinical applications of liquid biopsy and exosomal biomarkers in the diagnosis and monitoring of noncommunicable diseases, with particular emphasis on their contribution to patient safety, early disease detection, and personalized medical care.

Materials and Methods. A literature review was conducted using publications indexed in PubMed and Scopus between 2021 and 2026. Original studies, systematic reviews, and expert consensus documents addressing the use of liquid biopsy, extracellular vesicles, and exosomal biomarkers in oncology, cardiology, and neurology were analyzed. Particular attention was paid to studies evaluating diagnostic performance, prognostic value, clinical utility, and potential advantages over conventional invasive diagnostic procedures.

Review. In recent years, liquid biopsy has evolved from an experimental concept into one of the most promising tools in translational and clinical medicine. Unlike conventional tissue sampling, liquid biopsy provides a minimally invasive approach that can be repeated throughout the course of disease, thereby enabling real-time assessment of molecular dynamics. This characteristic is particularly important in chronic noncommunicable diseases, where disease progression and treatment response often require continuous monitoring. In oncology, liquid biopsy has already demonstrated substantial clinical value in molecular profiling, treatment selection, and detection of therapeutic resistance. Exosomes are of special interest because they actively participate in intercellular communication and contribute to the formation of the tumor microenvironment. Importantly, tumor-derived exosomes carry specific nucleic acids and proteins that reflect the molecular characteristics of malignant cells. Therefore, exosomal signatures have been investigated as potential biomarkers for early cancer detection, identification of minimal residual disease, and monitoring of disease progression. Furthermore, accumulating evidence suggests that exosome analysis may provide insights into tumor heterogeneity, a major challenge that cannot always be adequately addressed through single-site tissue biopsy. Nevertheless, despite encouraging results, further standardization of analytical workflows and large-scale clinical validation studies remain necessary before widespread implementation can be achieved.

Similarly, the clinical significance of exosomal biomarkers is increasingly recognized in cardiovascular medicine. Cardiovascular diseases are characterized by complex molecular and cellular interactions involving cardiomyocytes, endothelial cells, fibroblasts, and inflammatory cells. These interactions are reflected in the molecular cargo of circulating extracellular vesicles. Recent studies have demonstrated that specific exosomal microRNAs and proteins may serve as indicators of myocardial injury, cardiac remodeling, fibrosis, and heart failure progression. Consequently, exosome-based diagnostics may contribute to more accurate risk stratification and individualized patient management. Moreover, the ability to obtain clinically relevant information through a simple blood sample represents a significant advantage, particularly for elderly patients and individuals with increased procedural risk. However, preanalytical variability and methodological heterogeneity continue to represent important barriers to clinical translation.

Creative Commons «Attribution» 4.0

Likewise, exosome research has opened new perspectives in neurology, where access to pathological tissue is often limited. Neuron-derived and glia-derived extracellular vesicles have been proposed as potential sources of biomarkers for neurodegenerative disorders, including Alzheimer's disease and Parkinson's disease. Notably, exosomal cargo may contain disease-associated proteins such as phosphorylated tau and amyloid-β, which are implicated in the pathogenesis of neurodegeneration. Consequently, exosome-based liquid biopsy offers a unique opportunity to identify pathological processes during preclinical or early clinical stages, when therapeutic interventions may be most effective. Nevertheless, challenges related to biomarker specificity, isolation techniques, and validation across diverse patient populations still need to be addressed before routine clinical implementation becomes feasible.

Beyond their diagnostic utility, liquid biopsy technologies also contribute significantly to patient safety. By reducing reliance on invasive procedures, they minimize the risks of bleeding, infection, procedural complications, and patient discomfort. In addition, their minimally invasive nature facilitates repeated testing, allowing clinicians to monitor disease evolution and therapeutic response more effectively. Therefore, liquid biopsy aligns closely with contemporary principles of precision medicine, preventive healthcare, and value-based care. At the same time, further harmonization of laboratory protocols, quality-control procedures, and regulatory frameworks will be essential to ensure reproducibility and clinical reliability.

Conclusions. Liquid biopsy and exosomal biomarkers represent an emerging paradigm in the diagnosis and monitoring of noncommunicable diseases. Their ability to provide minimally invasive access to clinically relevant molecular information offers substantial advantages for early detection, risk assessment, and personalized disease management. Furthermore, these technologies contribute to improving patient safety by reducing the need for invasive diagnostic interventions. Although additional standardization and clinical validation are required, current evidence indicates that liquid biopsy and exosome-based diagnostics are likely to become integral components of future precision medicine strategies in oncology, cardiology, and neurology.

Keywords: Liquid Biopsy; Exosomes; Biomarkers; Precision Medicine; Early Diagnosis.

THE PREVALENCE OF SELF-MEDICATION AMONG UNIVERSITY STUDENTS AND ITS POTENTIAL IMPACT ON PATIENT SAFETY

Tarasova Ye. V., Radlovska Yu. V., Gerasymenko O. I.

Supervisor: Gerasymenko O. I., Associate Professor, Candidate of Biological Sciences
Department of Hygiene and Ecology
Associated Professor, Acting Head of Department, PhD Litovchenko O. L.,
Kharkiv National Medical University
Kharkiv, Ukraine

Introduction. Self-medication is one of the most pressing issues in modern healthcare, directly affecting patient safety. Among students, there is a persistent trend toward the uncontrolled use of medications. Prolonged safety restrictions, air raid alerts, and the unique challenges of studying during wartime significantly limit young people's ability to seek qualified medical care in a timely manner. A combination of factors such as time constraints, financial difficulties, and a high level of trust in information from the Internet creates conditions for the irrational use of medications. This clinically manifests as risks of developing antibiotic resistance, the occurrence of adverse reactions, and complications in the course of existing diseases. A comprehensive assessment of students' behavior in conjunction with an analysis of medication errors is essential for developing preventive recommendations.

The aim of this study was to assess the prevalence of self-medication among high school students, identify the key reasons for avoiding doctor visits, and analyze the potential risks to patient safety.

Materials and Methods. An anonymous survey of 76 respondents was conducted using a specially designed questionnaire (Google Form). Students from five higher education institutions in Ukraine, representing various fields of study, participated in the survey.

Results. The main sample by age distribution consisted of individuals aged 18 – 20 (42.1 %) and 21 – 25 (47.4 %), while the 26 – 30 age group accounted for only 10.5 %. Regarding gender specific — women significantly outnumbered men (63.2 %), while men accounted for 36.8 %. By field of study, respondents were distributed as follows: medical/pharmaceutical — 42.1 %, humanities — 19.7 %, technical/natural sciences —

 Creative Commons «Attribution» 4.0

31.6 %; students from other universities also participated, accounting for 6.6 %. The distribution by year of study showed the highest participation among third-year students (30.3 %), fourth-year students (23.7 %), and second-year students (23.7 %). The study looked at four key aspects: how frequently people self-medicate, why they choose not to consult a healthcare professional, what sources they rely on for medication information, and how well they adhere to patient safety recommendations.

An assessment of the frequency of taking medications without a doctor's prescription (excluding vitamins) over the past year revealed a critically high prevalence of self-medication: 2.8 % of students take medications frequently (monthly or more often), and 53.9 % take them occasionally (once every few months). Very rarely (1 – 2 times a year), 40.8 % of respondents resort to self-medication, and only 2.6 % indicated that they had never done so.

The main factors driving young people to forego a doctor's visit in favor of self-treatment were:
- financial reasons (higher cost of consultations or prescription medications) — 31.6 %;
- mild clinical symptoms ("I don't think the problem is worth a visit") — 28.9 %;
- distrust of doctors or the current healthcare system — 14.5 %;
- lack of time due to long wait times or a demanding academic schedule — 11.8 %;
- previous successful treatment experience for the same health disorder — 10.5 %;
- security restrictions (pandemic, air raid alerts) — 2.6 %.

When selecting sources of information for verifying medications during self-prescribing, a wide range of priorities was observed: 28.9 % of students trust advice from a pharmacist at a pharmacy, 21.1 % rely on advice from parents or friends, and 13.2 % conduct direct searches on Google and medical websites. The rate of social media use (TikTok, Instagram, Telegram) was 22.4 %, while 14.5 % rely on their own past experience.

An analysis of the patterns of self-prescribing revealed the following characteristics of students' subjective choices:

1) Priority drug categories: cold and cough remedies (lozenges, syrups, teas) lead the way at 28.9 %, followed by sedatives or sleep aids at 19.7 %, pain relievers and fever reducers (ibuprofen, acetaminophen) — 13.2 %. Digestive aids (sorbents, enzymes) are chosen independently by 15.8 % of respondents, antibiotics — 10.5 %, and antiallergic drugs — 11.8 %.
2) Risks of antibiotic resistance: despite their prescription status, 39.5 % of students have purchased antibiotics without a prescription several times, and 7.9 % do so regularly; only 52.6 % of respondents take antibiotics exclusively as prescribed by a doctor.
3) Behavioral risks and compliance: a low level of familiarity with medication instructions was observed. Only 13.2 % always read them very carefully. Meanwhile, 48.7 % pay attention exclusively to the dosage, 34.2 % read the instructions only if unusual symptoms arise, and 3.9 % do not read them at all. In addition, 26.3 % of students often stop taking pills on their own before the end of the course if symptoms disappear, and 28.9 % do so occasionally, depending on the medication. Only 44.7 % of respondents strictly follow the recommendations.
4) Drug interactions and first-aid kit safety: 45.3 % of respondents combine several medications at once to quickly relieve various symptoms without checking for compatibility, while 22.7 % do so only rarely. Additionally, it should be noted that 26.3 % of respondents admitted to taking medications past their expiration date simply because they were in their home first-aid kit.

A self-assessment of health literacy revealed that 75.0 % consider their level of knowledge to be "average." A high level (clear understanding of risks and interactions) was reported by 13.2 %, and a low level by 11.8 %. At the same time, 64.5 % are aware that self-medication poses a very serious threat (risk of complications, resistance). 60.0 % of respondents have personally experienced side effects (of these, 52.0 % noted that the symptoms resolved on their own, while 8.0 % were forced to see a doctor). If self-medication proves ineffective within 3–4 days, 30.3 % of respondents seek medical help, while 46.1 % switch to a different medication on their own, 10.5 % look for advice online, and 13.2 % continue to wait for the current medication to take effect.

Conclusions. The study demonstrated that self-medication is widespread among high school students (98.2 % of them practice it frequently or occasionally). It is accompanied by serious violations of patient safety: 47.4 % purchased antibiotics without a prescription, 86.8 % do not read the instructions thoroughly, and 55.2 % do not follow the prescribed treatment duration. The identified trends of high trust in pharmacists and search engines rather than doctors justify the need to implement targeted educational programs to improve medical literacy among young people.

Key words: self-prescribing, high school students, patient safety, antibiotic resistance, compliance.

HYPERTENSION AS A MAJOR CHALLENGE FOR PATIENT SAFETY AND PUBLIC HEALTH IN THE REPUBLIC OF MOLDOVA

Toncoglaz Maia, Spinei Larisa, Ciobanu Elena

"Nicolae Testemitanu" State University of Medicine and Pharmacy, Chisinau, Republic of Moldova

Introduction. Arterial hypertension (AH) is one of the most common non-communicable diseases and a major determinant of cardiovascular morbidity, disability, and mortality. Inadequate blood pressure control is associated with the development of severe complications, compromising patient safety and imposing a substantial burden on the healthcare system.

Aim. To evaluate the epidemiological trends of arterial hypertension and its associated complications, as well as to highlight their implications for public health and patient safety in the Republic of Moldova.

Materials and Methods. An observational, descriptive, cross-sectional study was conducted based on the analysis of official statistical data on arterial hypertension in the Republic of Moldova for the period 2019-2023, supplemented with available national indicators for 2024. The prevalence, incidence, hypertension-associated disability, and trends in cardiovascular complications were analyzed. Statistical analysis included the estimation of absolute and relative differences.

Results. During the analyzed period, the prevalence of arterial hypertension increased from 1,365.1 to 1,831.9 cases per 10,000 population, representing an absolute increase of 466.8 cases per 10,000 population. Among the adult population, prevalence rose from 1,683.9 to 2,322.3 cases per 10,000 population, corresponding to a 37.9% increase. The incidence of arterial hypertension increased from 72.1 to 90.0 cases per 10,000 population (+24.8%). At the same time, the prevalence of hypertensive ischemic heart disease increased from 290.8 to 461.9 cases per 10,000 population (+58.8%), while the prevalence of hypertensive cerebrovascular diseases rose from 164.2 to 257.0 cases per 10,000 population (+56.5%). In contrast, the number of new disability cases attributable to hypertensive disease among adults decreased from 8.8 to 3.7 cases per 100,000 population. Available data for 2024 confirm the persistently high burden of cardiovascular diseases associated with arterial hypertension and underscore the need to strengthen prevention and control measures. In 2024, diseases of the circulatory system remained the leading cause of death in the Republic of Moldova, accounting for 57.6% of all deaths. Sex-specific analysis revealed a significantly higher proportion of deaths due to circulatory system diseases among women (65.4%) compared with men (50.9%) (χ^2, $p<0.001$). Similar trends were observed in 2023, when the corresponding proportions were 65.6% and 51.0%, respectively.

Conclusions. Arterial hypertension continues to represent a major public health challenge in the Republic of Moldova, characterized by increasing prevalence and a growing burden of associated cardiovascular complications. Although a reduction in hypertension-related disability has been observed, the overall epidemiological burden remains substantial. Strengthening programs for prevention, early detection, monitoring, and management of arterial hypertension is essential to improve patient safety and reduce the impact of non-communicable diseases on the population.

Keywords: hypertension; cardiovascular diseases; cerebrovascular disorders; patient safety; public health; risk factors.

NUTRITIONAL SUPPORT IN PALLIATIVE PATIENTS IN UKRAINE: FROM REGULATORY FRAMEWORK TO PRACTICAL IMPLEMENTATION

Tsarenko A.V., Krynychnyi Yu.V. Schetko Y.Yu., Maksymova Z.V., Sychova I.S.

Department of Palliative and Hospice Medicine
Head of the Department: Tsarenko A.V., MD, PhD, Professor
Shupyk National Healthcare University of Ukraine Kyiv, Ukraine

Introduction. Nutritional support is a key component of palliative care, as malnutrition and cachexia are associated with decreased functional status, reduced treatment tolerance, increased symptom burden, and impaired quality of life. In the current context of the Ukrainian healthcare system, ensuring not only the clinical validity but also the practical accessibility of nutritional support in outpatient and home care settings is of particular importance.

 Creative Commons «Attribution» 4.0

Aim. To assess the alignment of the Ukrainian model of nutritional support with international guidelines and to identify key barriers to its practical implementation, particularly in the home care setting.

Materials and Methods. An analytical review of Ukrainian regulatory documents governing nutritional support, including Ministry of Health standards and the Programme of Medical Guarantees, was conducted and compared with international guidelines (ESPEN, ESMO, WHO). Organizational aspects of implementation were also analyzed, including access to foods for special medical purposes, continuity of clinical care, and characteristics of the home palliative treatment pathway.

Results. The national framework defines mandatory nutritional screening and the use of diet therapy and foods for special medical purposes according to clinical indications. At the regulatory level, nutritional support is integrated into palliative care as part of an organized medical process. However, its implementation remains limited, particularly in the home care segment, where mechanisms for translating nutritional assessment into structured treatment are insufficiently defined. International data demonstrate the clinical relevance and duration of nutritional support: oncology patients account for up to 46.3% of home-based programs, with treatment duration exceeding 200 days. Organized nutritional support is associated with reduced hospitalizations and lower healthcare costs, highlighting both its clinical and economic benefits.

Conclusions. Nutritional support is a critical component of high-quality palliative care. While a regulatory framework aligned with international approaches has been established in Ukraine, its practical implementation is limited by the lack of an operational home care pathway. The introduction of a structured model of home nutritional support, including access to foods for special medical purposes and continuity of clinical management, may improve patient outcomes and reduce the burden on inpatient services.

Key words: palliative care, malnutrition, cachexia, enteral nutrition, home palliative care

LONG-TERM CONSEQUENCES OF MILD COMBAT-RELATED TRAUMATIC BRAIN INJURY AS A CHALLENGE TO PATIENT SAFETY

Zadorozhna B.V., Shevaga V.M., Zadorozhnyi A.M.

Department of Family Medicine, Cardiology and Emergency Medicine, Faculty of Postgraduate Education
Danylo Halytsky Lviv National Medical University
Lviv, Ukraine

Introduction. Mild combat-related traumatic brain injury (mTBI) is one of the most common types of injuries among military personnel, accounting for up to 70–90% of all neurotrauma cases. Despite its formally "mild" nature, growing evidence suggests that its long-term consequences may substantially affect functional status, quality of life, occupational functioning, and patient safety. A distinctive feature of combat-related mTBI is the combination of mechanical brain injury with exposure to blast waves, repeated traumatic impacts, chronic stress, and combat-related psychological stressors. In a considerable proportion of military personnel, cognitive difficulties, depressive and anxiety symptoms, sleep disturbances, and symptoms of post-traumatic stress disorder (PTSD) may persist long after mild traumatic brain injury and frequently remain underdiagnosed.

Aim. To analyze the significance of early identification of cognitive and psychoemotional disturbances following mild combat-related traumatic brain injury in improving patient safety and enhancing the quality of medical care provided to military personnel.

Materials and methods. A review of contemporary scientific literature and international guidelines was conducted to evaluate the long-term consequences of mild combat-related traumatic brain injury, the characteristics of its clinical course, cognitive and psychoemotional disorders, as well as the role of screening instruments in the early detection of pathological changes.

Review. Unlike civilian neurotrauma, combat-related mTBI is frequently associated with exposure to blast waves, repeated subclinical traumatic exposures, acoustic barotrauma, and prolonged psychological stress. Even in the absence of structural abnormalities on standard neuroimaging, persistent cognitive and psychoemotional disturbances may develop in military personnel, negatively affecting rehabilitation outcomes, social adaptation, and quality of life. The most common cognitive manifestations include impaired concentration, reduced information processing speed, short-term memory deficits, cognitive fatigue, and executive dysfunction. In a considerable proportion of military personnel, psychoemotional disturbances are observed, including anxiety,

depressive symptoms, emotional lability, insomnia, asthenia, and symptoms of post-traumatic stress disorder (PTSD).

Importantly, the symptoms of mild traumatic brain injury and PTSD frequently overlap, creating a risk of underrecognition of one of the conditions or misinterpretation of the clinical presentation. Inadequate identification of post-traumatic disturbances may result in reduced treatment adherence, symptom chronicity, social maladaptation, impaired occupational functioning, and diminished quality of life. In the context of patient safety, early screening of cognitive and psychoemotional status using validated instruments (MoCA, PHQ-9, GAD-7, PCL-5), along with continuous multidisciplinary follow-up, is of particular importance. Early identification of individuals at risk of symptom chronicity enables optimization of patient care pathways, improvement of treatment adherence, timely initiation of psychological and rehabilitation support, and, consequently, enhancement of patient safety and quality of medical care.

Underrecognition of the long-term cognitive and psychoemotional consequences of mild combat-related traumatic brain injury creates risks of delayed diagnosis, inappropriate referral pathways, and deterioration in the safety and quality of medical care.

Conclusions. Mild combat-related traumatic brain injury is an underestimated challenge in modern military medicine and may be associated with persistent cognitive and psychoemotional disturbances even in the absence of pronounced neurological deficits. Early identification of cognitive impairment, depression, anxiety, and symptoms of post-traumatic stress disorder (PTSD) is essential for ensuring patient safety, preventing symptom chronicity, facilitating timely referral, improving rehabilitation effectiveness, and enhancing the quality of medical care provided to military personnel. A comprehensive multidisciplinary approach and continuous medical follow-up are key prerequisites for improving patient safety, quality of medical care, functional outcomes, and quality of life.

Keywords: combat-related neurotrauma, cognitive dysfunction, post-traumatic stress disorder (PTSD), psychoemotional disorders, patient safety.

PATIENT SAFETY IN CIRCULATORY SHOCK MANAGEMENT: IMPLICATIONS OF THE CURE-SHOCK HORIZON EUROPE CLINICAL TRIAL FOR NONCOMMUNICABLE DISEASE CARE

Zemskov S. V., Kovalenko O.M., Blagaia A.V.

Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

Introduction. Circulatory shock — including septic and burn-induced shock — is among the most lethal conditions encountered in intensive care, with mortality rates exceeding 50% despite decades of research. Critically, shock frequently complicates the course of noncommunicable diseases (NCDs): cardiovascular disease, diabetes mellitus, and chronic organ failure all represent major predisposing conditions. Patient safety failures in shock care — including delayed recognition of tissue hypoperfusion, non-standardised vasopressor protocols, and absence of biomarker-guided decision-making — contribute to preventable mortality. This positions circulatory shock at the intersection of NCD burden and patient safety failure — a priority concern for WHO's World Patient Safety Day 2026 theme: "Safe Care for Noncommunicable Diseases".

Aim. To present patient safety implications of the CURE-SHOCK trial — a Horizon Europe-funded multicentre randomised clinical study of antibody in circulatory shock — and to highlight the contribution of Bogomolets National Medical University (BNMU) as a Ukrainian academic partner in the European research consortium.

Materials and methods. Analysis of CURE-SHOCK trial design documents, inclusion/exclusion criteria, and work package structures presented at the CURE-SHOCK Consortium Meeting. Clinical data from the Kyiv Burn Centre (Municipal Clinical Hospital No. 2, Kyiv) were used to contextualise trial eligibility criteria within the Ukrainian healthcare setting. Regulatory and patient safety framework: WHO Global Patient Safety Action Plan 2021–2030; WHO Patient Safety Day 2026 theme; Horizon Europe Grant Agreement No. 101290723.

Results. The CURE-SHOCK project is funded under Horizon Europe — the EU's key research and innovation programme — under Grant Agreement No. 101290723. The consortium unites academic medical

 Creative Commons «Attribution» 4.0

centres, clinical trial organisations, and pharmaceutical innovators across Europe, including UKE Hamburg (coordinating site), UKSH Lübeck, Institute of Cardiogenetics Lübeck, CLO Siemianowice Śląskie (Poland), EURICE, CRO GKM, 4TEEN4 Pharmaceuticals GmbH, and BNMU Kyiv — representing Ukraine's integration into EU-funded clinical research infrastructure at a time of active wartime healthcare challenges.

The scientific focus of CURE-SHOCK is a first-in-class monoclonal antibody that neutralises circulating dipeptidyl peptidase 3 (cDPP3) — a cardiac depression factor released during cellular injury in shock. cDPP3 degrades angiotensin peptides, triggering dysregulation of the renin-angiotensin-aldosterone system (RAAS) and progressive cardiovascular collapse. First-in-human use of this antibody in three compassionate-use cardiogenic shock patients demonstrated reversal of shock within 48 hours without adverse events, providing early translational evidence for this mechanism-based approach. The Phase 1b/2a PROCARD trial (first patient dosed July 2025) is now generating safety, pharmacokinetic, and pharmacodynamic data.

The CURE-SHOCK trial design embeds multiple patient safety principles: stratified 1:1 randomisation by shock type (septic vs. burn shock; n=150, minimum 50 per cohort); biomarker-guided eligibility (cDPP3 ≥40 ng/mL; serum lactate ≥2.0 mmol/L as tissue hypoperfusion marker); haemodynamic safety thresholds (MAP ≥65 mmHg; vasopressor ≥0.1 μg/kg/min); and cardiac function monitoring (LVEF ≤45%) to identify cardiodepressed patients at highest risk of fluid overload. Competitive recruitment across multiple European sites enables cross-institutional benchmarking of patient safety outcomes.

Burn shock inclusion criteria incorporate age-stratified TBSA thresholds (≥20% for ages 18–39; >15% for ages 40–59; ≥10% for ages ≥60), reflecting patient safety-oriented recognition of differential physiological reserve across age groups. The three-phase haemodynamic model of burn shock (early cold vasoconstricted shock 0–12h; transitional phase 12–48h; established warm vasoplegic distributive shock ≥48h) underpins phase-sensitive monitoring requirements codified in the CURE-SHOCK clinical protocol.

BNMU contributes to the consortium through its presentation of severe burn-induced shock clinical experience from the Kyiv Burn Centre, where a substantial number of complex burn patients have been managed under wartime conditions — a context in which patient safety challenges are compounded by infrastructure constraints, mass casualty events, and resource scarcity. This Ukrainian dataset provides an important real-world dimension to the European trial, expanding the generalisability of antibody trial findings to resource-limited and conflict-affected healthcare settings.

Conclusions. The Horizon Europe CURE-SHOCK trial (Grant Agreement No. 101290723) represents a model of biomarker-driven, mechanism-based approach to circulatory shock that directly addresses patient safety priorities: reducing preventable mortality through standardised protocols, evidence-based eligibility criteria, and structured outcome monitoring. Ukrainian participation via BNMU strengthens East-West research integration and ensures that trial outcomes are relevant to post-conflict healthcare systems. Dissemination of the CURE-SHOCK framework to the national intensive care, emergency medicine, and burn care community is a key patient safety priority for 2026-2029.

Acknowledgement. *This work is supported by the CURE-SHOCK project funded by the European Union under Horizon Europe Grant Agreement No. 101290723. Views and opinions expressed are those of the authors only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Health and Digital Executive Agency (HaDEA). Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.*

Keywords: patient safety, circulatory shock, septic shock, burn shock, DPP3, Horizon Europe, clinical trial, CURE-SHOCK, BNMU, noncommunicable diseases, biomarker-guided therapy.

 ISSN 2786-6661

РОЛЬ АВТОЛОГІЧНИХ, ЦИТОКІНАКТИВОВАНИХ МОНОНУКЛЕАРНИХ КЛІТИН ПЕРИФЕРИЧНОЇ КРОВІ ДЛЯ ІМУНОТЕРАПІЇ ЛІМФОЇДНИХ НЕОПЛАЗІЙ

Барілка В. А., Матлан В. Л.*, Шалай О. О., Примак С.В., Римар М. М., Костик Х. Я., Новак В. Л.

Державна установа «Інститут патології крові та трансфузійної медицини НАМН України» Львів, Україна
*Некомерційне державне товариство «Національний медичний університет імені Данила Галицького» Львів, Україна

Вступ. Актуальним питанням безпечної медичної допомоги при сучасному комплексному лікуванні пацієнтів з лімфоїдниими неоплазіями (ЛН), а саме: негоджкінської лімфоми (НГЛ), гострої лімфобластної лейкемії (ГЛЛ), виступає імунотерапія. Однак ефективність імунотерапії може знижуватися через секрецію імуносупресивного цитокіну, трансформуючого фактора росту бета 1 (TGFβ1), лейкемічними клітинами та іншими клітинами у пухлинному мікрооточенні. TGFβ1 належить до однойменної родини багатофункціональних рістрегуляторних та імуномодулюючих факторів, здатних гальмувати активацію цитотоксичних Т - лімфоцитів, природних кілерів (NK). Згідно цього, важливою стратегією імунотерапії ЛН є подолання супресивного протизапального впливу мікрооточення пухлини на імунну систему. Одним із факторів підвищення активності цитотоксичних лімфоцитів, NK виступає інтерлейкін-2 (IL-2), під впливом якого ефекторні клітини генерують до лімфокінактивованих кілерів.

Метою дослідження було визначити природну цитотоксичну активність (ЦА) мононуклеарів периферичної крові (МНПК) первинних пацієнтів з НГЛ з ураженням лімфатичних вузлів та ГЛЛ проти клітин гострої лейкемії людини лінії К562 та автологічних мононуклеарів лімфатичних вузлів, уражених НГЛ, до та після обробки МНПК рекомбінантним людським IL-2 (rhIL-2). Отримані результати проаналізувати з концентрацією TGFβ1 у живильних середовищах (ЖС) МНПК та плазмі крові обстежених пацієнтів та здорових осіб.

Матеріали та методи. Обстежено 19 первинних пацієнтів з ГЛЛ з наявними бластами у периферичній крові (54,54 ± 3,60%) та 10 осіб з НГЛ з ураженням лімфатичних вузлів і без ознак лейкемізіції, як порівнювана група пацієнтів проти групи з ГЛЛ. Контрольну групу склали 15 осіб, донорів крові. Всі дослідження виконані у стерильних умовах. МНПК (у суміші з бластами у випадку ГЛЛ) отримували на градієнті щільності верографін-фіколу. Мононуклеари уражених лімфатичних вузів (МНЛВ) отримували після механічного руйнування тканини вузлів, з наступним фільтруванням та нашаровуванням на градієнт верографін-фіколу. Для дослідження використовували плазму крові та ЖС МНПК чи МНЛВ, отримані після 24-годинної інкубації клітин у середовищі RPMI 1640. Концентрацією TGFβ1 визначали біологічним методом з використанням тестової культури CCL 64. Цитотоксичну активність (ЦА) МНПК досліджували у співвідношенні 1:20 з тестовою культурою клітин лінії К562, помічених 3Н-метилтимідином. Також, у пацієнтів з НГЛ визначали автологічну цитотоксичну активність МНПК проти автологічних мононуклеарів лімфатичних вузлів, уражених лімфомою та попередньо мічених 3Н-метилтимідином у співвідношенні 1:20. Ефекторну, цитокінактивовану активність МНПК визначали після обробки клітин рекомбінантним людським інтерлейкіном – 2 (rhIL-2) проти клітин К562 чи автологічних МНЛВ. Вважали, що рівень звільненого 3Н-метилтимідину з помічених клітин К562 чи автологічних МНЛВ був прямопропорційним до ЦА МНПК за принципом реакції «трансплантат проти господаря». Статистичний аналіз отриманих результатів проводили у програмі Exel. Вірогідність різниці між середніми величинами двох сукупностей приймалося за $p < 0,05$. Взаємозв'язок між показниками встановлювали за коефіцієнтом кореляції (r).

Результати. Концентрація TGFβ1 у плазмі крові пацієнтів з ГЛЛ та НГЛ достовірно перевищувала показники у контролі ($p < 0,05$). Рівень фактора при ГЛЛ взаємообернено корелював з кількістю бластів ГЛЛ у крові ($r= - 0,40$), що не заперечує існування рістгальмівного впливу цитокіну на проліферацію бластів у периферичній крові. Підтвердженням цього ефекту TGFβ1 є низький проліферативний потенціал бластів, ізольованих з периферичної крові хворих на ГЛЛ в умовах in vitro. Концентрація TGFβ1 у ЖС МНПК при даних нозологіях не відрізнялася від показників у контролі, але була достовірно вищою, ніж у плазмі крові цих пацієнтів ($p < 0,05$). Це підтвердило значний відсоток вироблення TGFβ1 популяцією МНПК у периферичну кров пацієнтів з ГЛЛ та НГЛ.

 Creative Commons «Attribution» 4.0

Цитотоксична активність МНПК при ГЛЛ проти алогенних лейкемічних клітин лінії К562 була достовірно вищою (35,36 ± 7,07%), ніж активність МНПК пацієнтів з НГЛ (14,50 ± 1,53%), МНЛВ, уражених НГЛ (9,54 ± 1,65) % та МНПК здорових осіб (22,92 ± 1,03%); ($p < 0,001$ у всіх випадках). Привернули увагу показники активності МНПК проти автологічних МНЛВ пацієнтів з НГЛ, які визначалися на рівні 1%, що вказало на різке зниження імунної відповіді МНПК первинних пацієнтів з НГЛ. Для встановлення можливого відновлення протипухлинного потенціалу, МНПК та МНЛВ пацієнтів з НГЛ обробляли rhIL-2, який здатний генерувати лімфокінактивовані кілери у культурі клітин. Встановлено, що спільна інкубація МНПК чи МНЛВ у середовищі rhIL-2 достовірно підвищувала цитотоксичну активність ефекторних клітин, МНПК і МНЛВ, проти клітин-мішеней К562, до рівнів 41,22 ± 2,20 % та 38,34 ± 4,87 %, відповідно; $p < 0,001$, в обох випадках. Активність МНПК при ГЛЛ та НГЛ перебувала у негативній кореляції з концентрацією TGFβ1 у ЖС МНПК ($r = -0,40$ та $r = -0,62$, відповідно), що не заперечує існування імуносупресивного типу імунної відповіді при НГЛ та втрати чутливості до рістінгібіторних ефектів цитокіну по відношенню до бластів ГЛЛ.

Висновки. Концентрація TGFβ1 при НГЛ та ГЛЛ порушена внаслідок конститутивної секреції цитокіну мононуклеарами периферичної крові пацієнтів з ГЛЛ та НГЛ, що може мати патогентичний вплив на прогресування хвороби, зокрема, появу імуносупресивного протизапального типу імунної реакції у відповідь на пухлину. З іншого боку, високі показники цитотоксичної активності мононуклеарних клітин периферичної крові первинних пацієнтів з ГЛЛ та здатність мононуклерів периферичної крові пацієнтів з НГЛ нарощувати цитотоксичну активність проти алогенних лейкемічних клітин лінії К562 можуть вказувати на істотоний протипухлинний потенціал цих клітин з наступним використання в імунотерапії ГЛЛ та НГЛ.

АПОПЛЕКСІЯ ЯЄЧНИКА В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ: СИНЕРГІЯ СОМАТИЧНИХ ЧИННИКІВ ТА ПСИХОЕМОЦІЙНОГО СТРЕСУ

Глевацька М.О., Ластовецька Л.Д., Ковалюк Т.В., Щерба О.А.

Науковий керівник: завідувач кафедри, професор, д.мед.н. Бенюк В.О.
Завідувач кафедри: професор, д.мед.н. Бенюк В.О.
Кафедра факультетського акушерства і гінекології
Національний медичний університет імені О. О. Богомольця,
Навчально-науковий інститут Медицини
м. Київ, Україна

Вступ. Повномасштабна війна в Україні зумовила зростання соматичних та психоемоційних розладів у жінок. Хронічний стрес спричиняє дисфункції гіпоталамо-гіпофізарно-наднирникової осі, що через механізми гіперпролактинемії та гіперкортицизму провокує судинні розлади в малому тазу. В цих умовах апоплексія яєчника (АЯ), частка якої становить 0,5–3% у структурі гінекологічної патології, дедалі частіше набуває рецидивного перебігу: до 40% випадків потребують оперативного втручання, а у 50% пацієнток згодом формується спайковий процес або кісти.

Мета роботи: дослідити особливості соматичного статусу та рівня стресового навантаження у пацієнток із різними формами апоплексії яєчника для оптимізації тактики медичної допомоги в умовах воєнного часу.

Матеріали та методи. Проведено проспективне дослідження, із залученням 60 жінок репродуктивного віку (18–35 років) з АЯ, які проходили лікування у гінекологічному відділенні на клінічній базі кафедри факультетського акушерства і гінекології Національного медичного університету імені О.О. Богомольця в період 2023–2025 рр. Усі учасники надали інформовану згоду. Для виявлення клініко-анамнестичних факторів ризику розвитку АЯ проведено клініко-статистичний аналіз даних пацієнток, які були розділені на 2 групи дослідження: 1-шу групу (n=30) склали пацієнтки з больовою формою АЯ, 2-гу (n=30) — з геморагічною формою АЯ. Для порівняння сформовано контрольну групу, що включала 30 соматично здорових жінок.

Психоемоційний стан жінок оцінювали за методикою Холмса–Рея (The Social Readjustment Rating Scale), аналізуючи життєві події за останні 12 місяців у одиницях життєвих змін (Life Change Units, LCU). Статистична значущість — $P < 0,05$.

Creative Commons «Attribution» 4.0

Результати дослідження. У пацієнток з АЯ порівняно з контрольною групою достовірно частіше виявляли: геморагічний діатез (43,3% проти 13,3%), маркери дисплазії сполучної тканини (31,7% проти 6,7%), дефіцит маси тіла (18,3% проти 6,7%) та тютюнопаління (38,3% проти 13,3%).

Встановлено специфічні відмінності залежно від форми АЯ. Для геморагічної форми (2-га група) характернішими були: геморагічний діатез (53,3%), патологія шлунково-кишкового тракту (26,7%) та сечовидільної системи (26,7%), а також дефіцит маси тіла. Для больової форми (1-ша група) притаманні: ознаки дисплазії сполучної тканини (40,0%), обтяжений тромбофілічний анамнез (13,3%) та висока частота тютюнопаління (46,7%).

Аналіз за шкалою Холмса–Рея показав, що рівень стресу у жінок з АЯ був у 2,1–2,4 раза вищим, ніж у контролі (142,7 LCU). Найвищий показник зафіксовано у 1-й групі — 342,5 LCU, що відповідає «великій кризі» та низькій стресостійкості. У 2-й групі показник становив 298,7 LCU (межовий рівень). Тютюнопаління, частіше поширене у 1-й групі, розцінено як прояв соціально-психологічної дезадаптації.

Висновки. Апоплексія яєчника в умовах війни асоційована з високим рівнем психоемоційного виснаження (>300 LCU за Холмсом–Реєм). Больова форма АЯ частіше корелює з критичним рівнем стресу та дисплазією сполучної тканини, тоді як геморагічна — з дефіцитом маси тіла та геморагічними діатезами.

Комплексна оцінка соматичного та психогенного профілів є необхідною для запобігання рецидивам та формування безпечного терапевтичного середовища.

Ключові слова: апоплексія яєчника, воєнний стан, хронічний стрес, шкала Холмса–Рея, соматичний статус.

ФАРМАКОЛОГІЧНА ОРГАНОПРОТЕКЦІЯ: СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА БЕЗПЕКИ

Горчакова Н.О., Шумейко О.В., Клименко О.В., Савченко Н.В.

Кафедра фармакології Національного медичного університету імені О.О. Богомольця
Науковий керівник: професорка, д. мед. н. Горчакова Н.В.
Кафедра фармакології Національного медичного університету імені О.О. Богомольця
Завідувачка кафедри фармакології: Гнатюк Валерія Валеріївна, проф., д. мед. н.
Національний медичний університет імені О.О. Богомольця
м. Київ, Україна

Вступ. Безпека лікування значною мірою залежить від дотримання правил гігієни у відділенні, в лікарні, компетентності лікаря в призначенні лікарських засобів. Гігієнічний супровід лікувально-діагностичного процесу нерозривно пов'язаний із комплексною дезінфекцією госпітального середовища, а також раціональним застосуванням хімічних дезінфектантів та антисептичних засобів з урахуванням їхнього спектра протимікробної дії. Призначення лікарських засобів повинно проводитись згідно затвердженим протоколам та схемам лікування. При лікуванні кожного захворювання виділяють групу основних, специфічних препаратів та додаткових, що включають в схеми лікування при необхідності. Для підвищення ефективності та безпечності фармакотерапії в схеми лікування включають органопротектори, що можуть покращувати обмінні процеси, або запобігати погіршенню стану організму при застосуванні основних препаратів схеми лікування. Органопротектори зазвичай належать до метаболітних препаратів або фітопрепаратів. Саме ці засоби здатні усувати показники оксидативного стресу, нормалізувати антиоксидантні показники.

Мета. Обґрунтувати полікомпонентну систему безпеки та ефективності лікувально-діагностичного процесу шляхом синергічного поєднання госпітальної гігієни, протокольного застосування таргетних біотехнологічних засобів та патогенетично виправданої органопротекції.

Матеріали і методи. Здійснено пошук та системний аналіз наукових публікацій, клінічних настанов, баз даних фармаконагляду (включаючи Державний експертний центр МОЗ України) за період 2016–2026 рр. Застосовано методи теоретичного узагальнення, порівняльного та системно-структурного аналізу.

Огляд. Сучасна концепція оптимізації госпітальних схем лікування базується на розмежуванні базової фармакотерапії та супровідної метаболічної підтримки. Впровадження в клінічну практику таргетних макромолекул, таких як моноклональні антитіла (адалімумаб, трастузумаб, ритуксимаб) та

 Creative Commons «Attribution» 4.0

рекомбінантні білки (інсулін гларгін, філграстим), дозволило досягти високої специфічності прицільної терапевтичної дії. Проте висока біологічна активність таргетних та базових протокольних препаратів часто створює додаткове метаболічне навантаження на органи-мішені, провокуючи ятрогенний оксидативний стрес та локальну тканинну гіпоксію. Фармакологічним «коректором» цих ризиків є когнітивна органопротекція. Включення до комплексних схем лікування додаткових метаболітотропних засобів (левокарнітин, фосфокреатин, адеметіонін) та стандартизованих фітопрепаратів (силімарин, хофітол, кратал, канефрон Н) патогенетично виправдане їхньою здатністю виступати в ролі пасток вільних радикалів і донорів енергетичних субстратів. Вони блокують каскади перекисного окиснення ліпідів, стабілізують мембрани лізосом та мітохондрій, а також відновлюють ендогенний пул глутатіону та супероксиддисмутази. При цьому епідеміологічна безпека та гігієнічний супровід таких складних лікувальних маніпуляцій залишаються фундаментальним базисом: раціональний вибір хімічних дезінфектантів та антисептиків із широким спектром протимікробної дії (октенісепт, аніозим, скіналсепт, пронтосан, бациллол екстра) превентивно ліквідує загрозу госпітального контамінування, створюючи стерильний плацдарм для безпечної реалізації будь-яких високотехнологічних терапевтичних програм.

Висновки. Інтеграція в протоколи лікування таргетних біотехнологічних продуктів (моноклональних антитіл, рекомбінантних білків) потребує обов'язкового супроводу додатковою метаболітотропною та фітофармацевтичною органопротекцією. Застосування органопротекторів сукцин- та коферментного ряду в поєднанні з фітопрепаратами дозволяє ефективно купірувати оксидативний стрес, стабілізувати редокс-гомеостаз та захистити органи-мішені від побічних ефектів базової високоінтенсивної фармакотерапії. У кінцевому підсумку, безпека та ефективність сучасного лікувального процесу визначаються синергізмом між жорстким дотриманням госпітального гігієнічного антисептичного протоколу та персоніфікованим підбором високотехнологічних медикаментозних схем із залученням засобів таргетної та органопротекторної підтримки.

Ключові слова: когнітивна органопротекція, фармакотерапія, метаболітна підтримка.

ФАРМАКОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ КЛЕНБУТЕРОЛУ: ВІД ТЕРАПЕВТИЧНОГО ЕФЕКТУ ДО ДОПІНГОВИХ РИЗИКІВ

Гнатюк В.В., Шумейко О.В., Горчакова Н.О.

Науковий керівник: проф., д. мед. н., Гнатюк Валерія Валеріївна
Кафедра фармакології Національного медичного університету імені О.О. Богомольця
Завідувачка кафедри фармакології: проф., д. мед. н., Гнатюк Валерія Валеріївна
Національний медичний університет імені О.О. Богомольця
М. Київ, Україна

Вступ. Проблема між клінічно обґрунтованим призначенням лікарських засобів та їх несанкціонованою ергогенною експлуатацією як допінгових агентів або метаболічних стимуляторів становить фундаментальну деонтологічну та науково-практичну проблему сучасної фармакології та спортивної медицини. Останніми роками окрему увагу фармаконагляду та антидопінгового моніторингу привертає селективний β_2-адреностимулятор із первинними бронходилатаційними властивостями кленбутерол. Незважаючи на жорсткі реєстраційні обмеження Управління з продовольства та медикаментів США (FDA) та відсутність офіційної реєстрації для застосування в офіційний медицини багатьох країн, препарат залишається поширеним об'єктом зловживань з метою фармакологічної корекції композиційного складу тіла (селективного ліполізу та збереження м'язового матриксу). Екстраполяція ж практичних та експериментальних даних із тваринних моделей на здорових людей часто є некоректною, а використання доз, що значно перевищують терапевтичні, створює пряму загрозу життю пацієнтів, що зумовлює високу актуальність всебічного аналізу цього засобу.

Мета. Узагальнити особливості фармакодинаміки кленбутеролу, оцінити доцільність та безпеку використання в спортивній фармакології.

Матеріали і методи. Здійснено ретроспективний аналіз та систематизацію наукових публікацій, клінічних звітів та даних токсикологічних центрів за останні роки (зокрема, фундаментальних оглядів 2025 року). Проаналізовано параметри фармакокінетики, фармакодинаміки та профілю безпеки кленбутеролу за умов його застосування у різних дозах.

Creative Commons «Attribution» 4.0

Огляд. Фармакодинаміка кленбутеролу як лікарського засобу, що застосовується в середньотерапевтичних дозах 20-40 мкг/добу для лікування бронхіальної астми та хронічних обструктивних захворювань легень, базується на високоспорідненому зв'язуванні з β_2-адренорецепторами. При цьому, враховуючі інші їх локалізації в скелетних м'язах, жировій тканині, печінці, застосування кленбутерола призводить до розвитку позалегеневих фармакологічних ефектів, які стали підґрунтям для застосування цього лікарського засобу в надвисоких дозах спортсменами з метою «репартиціонування» – зменшення жирової та збереження м'язової маси.

Так, взаємодія препарату з β_2-адренорецепторами жирової тканин приводить з активації цАМФ-залежного каскаду та гормон-чутливої ліпази в адипоцитах, що призводить до активації процесів ліполізу. За даними *M Hostrup* та ін., (2025) одноразовий прийом препарату в дозі 80 мкг здоровими добровольцями збільшує швидкість окиснення жирів у спокої на 39%, підвищуючи рівень вільних жирних кислот у плазмі на 180%. Виражений термогенний ефект забезпечує зростання основного об'єму енерговитрат на 21%.

Водночас, за даними *Олещук, О.* та ін., (2025) підтверджено суттєве втручання кленбутеролу у вуглеводний обмін: активація глікогенолізу та глюконеогенезу призводить до гіперглікемії (підвищення рівня глюкози на 30%), що супроводжується компенсаторною гіперінсулінемією (на 130%) та накопиченням лактату (на 90%). Проте дані тваринних моделей вказують на парадокс: хронічний прийом кленбутеролу пригнічує мітохондріальний біогенез у міоцитах через зниження експресії коактиватора *PGC-1α* та підвищення корепресора *RIP140*, що блокує здатність клітин ефективно утилізувати продукти ліполізу.

Ефект гіпертрофії скелетних м'язів та зсув профілю м'язових волокон від повільних окислювальних (тип I) до швидких гліколітичних (тип II) чітко доведений на гризунах та конях. У здорових тренованих людей докази істинного міоанаболізму в безпечних дозах є слабкими або відсутніми. Позитивний вплив на масу та силу (наприклад, приріст сили квадрицепса на 27%) реєструється виключно у пацієнтів із вихідною патологією – хронічною серцевою недостатністю (ХСН) або денервaційною атрофією, де кленбутерол виступає як антикатаболік. Щодо витривалості (аеробної продуктивності), кленбутерол демонструє виражений антагонізм до тренувального процесу: у дослідженнях зафіксовано падіння максимального споживання кисню (VO_2max) та скорочення часу до виснаження, що зумовлено мітохондріальною дисфункцією та кардіотоксичністю.

Зловживання кленбутеролом асоційоване з важкими системними ускладненнями. До короткострокових ефектів належать м'язовий тремор, тривожність, безсоння, виражена тахікардія (часто >100 уд./хв) та проаритмогенна гіпокаліємія. Довгострокові ризики мають кардіотоксичний характер: хронічна адренергічна стимуляція призводить до втрати селективності з перехресною активацією β_1-адренорецепторів міокарда. Це викликає кальцієве перевантаження кардіоміоцитів, запускаючи їхній апоптоз та некроз із подальшим розвитком фіброзу стінок серця, патологічної гіпертрофії міокарда та дилатації камер. У молодих атлетів без анамнезу серцево-судинних хвороб задокументовано випадки гострого міокардиту, ішемії та інфаркту міокарда на тлі прийому кленбутиролу. Через тривалий період напіввиведення (25–39 годин) явища токсичності персистують до кількох діб.

Зважаючи на здатність суттєво модифікувати соматометричні параметри та композиційний склад тіла, Всесвітнє антидопінгове агентство диференціює кленбутерол не як селективний β_2-агоніст (клас S3), а як неспецифічний анаболічний засіб і відносить його до класу S1.2 ("Інші анаболічні агенти"). Зазначена субстанція підлягає перманентній забороні (як у змагальний, так і в позазмагальний періоди). Ідентифікація метаболітів кленбутеролу в біологічних пробах атлетів – за відсутності верифікованих доказів аліментарної контамінації м'ясною продукцією в ендемічних регіонах – ініціює процедуру анулювання спортивних результатів та застосування санкцій у вигляді дискваліфікації строком на 4 роки для первинного прецеденту порушення антидопінгових правил.

Висновки.

1. Застосування кленбутеролу в спортивній практиці з метою ергогенної підтримки є абсолютно невиправданим, клінічно недоцільним та небезпечним для життя.
2. Препарат не демонструє доведеного анаболічного ефекту у здорових осіб і суттєво погіршує показники аеробної витривалості через блокування мітохондріальних ферментів.
3. Несприятливе співвідношення користі та ризику зумовлене високою частотою розвитку незворотних уражень міокарда (фіброз, некроз, фатальні аритмії), що вимагає жорсткого правового

 Creative Commons «Attribution» 4.0

контролю за обігом цієї речовини та активного проведення роз'яснювальної освітньої роботи серед молоді та спортсменів.

Ключові слова: кленбутерол, бета-2-адреноміметики, репартиціонування, кардіотоксичність, допінг-контроль, WADA.

ФАРМАКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ БЕЗПЕКИ ЗАСТОСУВАННЯ МЕЛЬДОНІЮ: БАЛАНС ТЕРАПЕВТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА РИЗИКІВ НЕМЕДИЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ

Гнатюк В.В., Шумейко О.В., Горчакова Н.О.

Кафедра фармакології Національного медичного університету імені О.О. Богомольця
Науковий керівник: завідувачка кафедри фармакології: проф.,
д. мед. н. Гнатюк Валерія Валеріївна
Кафедра фармакології Національного медичного університету імені О.О. Богомольця
Завідувачка кафедри фармакології: Гнатюк Валерія Валеріївна, проф., д. мед. н.
Національний медичний університет імені О.О. Богомольця
м. Київ, Україна

Вступ. Сучасна концепція безпеки медичної допомоги вимагає не тільки жорсткого моніторингу рецептурних лікарських засобів, а й практик самолікування та немедичного застосування лікарських препаратів. Згідно даних фармакоепідеміологічних спостережень, мельдоній посідає провідне місце за обсягами споживання у Східній Європі. Попри статус кардіопротектора, у молодіжному середовищі він часто сприймається як безпечний «побутовий допінг» для подолання когнітивного та фізичного виснаження. Проте безконтрольний прийом засобів, що втручаються в енергетичний метаболізм клітин, створює приховані ризики для здоров'я пацієнтів, що робить методологічну оцінку його безпеки вкрай актуальною для медицини і фармації, як в Україні, так і в усьому світі.

Мета. Провести аналіз особливостей фармакокінетики та фармакодинаміки, співвідношення користі та ризиків застосування мельдонію, обґрунтувати причини його обмеження Всесвітнім антидопінговим агентством та визначити методологічні критерії раціонального і безпечного застосування.

Матеріали і методи. Проведено пошук та системний аналіз наукових публікацій, клінічних настанов, баз даних фармаконагляду (включаючи Державний експертний центр МОЗ України), а також чинних регламентів Всесвітнього антидопінгового агентства (WADA) за період 2016–2026 рр. Використовували методи пошуку, аналізу та узагальнення.

Огляд. Мельдоній – лікарський засіб групи кардоіпротекторів і антигіпоксантів, який більш відомий під торговою назвою «Мілдронат», був розроблений у 1970-х роках в Латвійському інституті органічного синтезу. Мельдоній є попередником карнітину, що активно приймає участь в енергетичних процесах клітини. Біодоступність препарату при пероральному застосуванні складає 78 %. При цьому в фармакінетиці цього лікарського засобу є особливості обумовлені його хімічною будовою. По-перше, будучи структурним аналогом гамма-бутиробетаїну (ГББ), він має високу аффінність до специфічного білка-транспортера – OCTN2 (органічний катіонний/карнітиновий транспортер 2), який присутній на мембранах ниркових канальців, еритроцитів, м'язів. Завдяки OCTN2, який переважно працює на «вхід», мельдоній активно проникає в цитоплазму клітин, витісняючи ендогенний карнітин. З іншого боку, будучі високогідрофільною речовиною мельдоній не може самостійно покинути клітину шляхом дифузії через фосфоліпідну мембрану, а завдяки своїй цвітеріонній структурі – наявність одночасно позитивного і негативного зарядів у молекулі, в середині клітин, зокрема еритроцитів, мельдоній утворює чисельні нековалентні (іонні та водневі) зв'язки з ферментними комплексами та білковими доменами гемоглобіну. Через це у лікарського засобу розрізняють двофазний період напіввиведення: швидка фаза – період напіввиведення становить 3–6 годин, із організму виводиться мельдоній, що вільно циркулює у плазмі крові; повільна фаза – це тривала (тижні, місяці) елімінація препарату із тканинних депо (міокард, скелетні м'язи, еритроцити) в плазму крові тільки внаслідок природного апоптозу та лізису міоцитів і еритроцитів, де він був заблокований, наче в пастці.

Creative Commons «Attribution» 4.0

Фармакодинамічні особливості мельдонію також пов'язані із його структурною схожістю з ГББ. Внаслідок оборотного інгібування ГББ, гальмується синтез ендогенного карнітину, що призводить до порушення транспорту довголанцюгових жирних кислот через мітохондріальні мембрани. В умовах ішемії мельдоній переключає енергетичний метаболізм клітин із жирних кислот на більш вигідне та економне щодо споживання кисню окиснення глюкози, запобігаючи накопиченню токсичних активованих форм незв'язаних жирних кислот – ацилкарнітину та ацилкоферменту А. Одночасно накопичення ГББ активує NO-синтетазу, що сприяє зменшенню периферичного судинного опору, покращує реологічні властивості крові та мікроциркуляцію.

Завдяки механізму дії мельдоній оптимізує коронарний та мозковий кровообіг на користь ішемізованих осередків, підвищує резистентність нейронів до кисневого голодування, а також чинить стимулювальний ефект, підвищуючи рухову активність, витривалість, поведінкові реакції та антистресорну дію через активацію симпатоадреналової системи й накопичення катехоламінів, що забезпечує комплексний захист органів пацієнта від стрес-індукованих змін. Лікарський засіб офіційно схвалений у комплексному лікуванні хронічної ішемічної хвороби серця, хронічної серцевої недостатності, а також при ішемічних порушеннях мозкового кровообігу.

В 2016 року WADA офіційно включило мельдоній до Забороненого списку під класом S4: Гормони та модулятори метаболізму, виділивши його в підкатегорію «Модулятори метаболізму» (зокрема, інгібітори синтезу карнітину або речовини, що впливають на метаболізм жирних кислот). Причиною заборони стало те, що препарат штучно покращує переносимість екстремальних навантажень, прискорює реабілітацію після тренувань, підвищує гліколіз та захищає ЦНС від стресу, що у професійному спорті розцінюється як нечесна перевага.

У спортсменів тривалі фізичні навантаження можуть спричинити синдром спортивного серця, сприяючи запаленню, виробленню активних форм кисню, гіпоксії, мітохондріальній дисфункції та накопиченню ацилкарнітину. Мельдоній шляхом пригнічення метаболізму карнітину гальмує β-окиснення жирних кислот у мітохондріях. При цьому відбувається посилення метаболізму глюкози через стимуляцію 6-фосфофрукто-1-кінази (6PF1K) та піруватдегідрогенази, а вироблення АТФ у разі аеробного навантаження змішується з ліпідів на вуглеводи. Препарат оптимізує енергетичний метаболізм: знижує продукцію лактату під час та після субмаксимальних фізичних навантажень, інтенсифікує депонування і реутилізацію глікогену в скелетних м'язах та міокарді, суттєво підвищує аеробну витривалість, покращує інотропну функцію серця та скорочує тривалість періоду відновлення після виснажливих тренувань. Цей механізм дії мельдонію має сприятливий загальний вплив на серце спортсменів.

Але системне неконтрольоване застосування мельдонію за відсутності соматичних показань супроводжується суттєвими клінічними ризиками. Штучне пролонговане гальмування окиснення ліпідів в умовах надвисоких навантажень декомпенсує енергетичний метаболізм міоцитів, потенціюючи дистрофію міокарда та зниження фізичної резистентності. Хронічна блокада ферментних систем ініціює механізми тахіфілаксії (внаслідок компенсаторної гіперпродукції ендогенних рецепторів), що загрожує розвитком синдрому відміни. Крім того, тривалий прийом препарату асоціюється з вегетативною дисфункцією у вигляді тахікардії, коливань артеріального тиску та психомоторного збудження.

Окремим аспектом безпеки є тривалий період напіввиведення препарату з тканинних депо (до кількох місяців), що створює високі ризики позитивних допінг-проб навіть через тривалий час після припинення прийому. Тому, фармацевтична опіка передбачає інформування споживачів про те, що метаболічні коректори не є замінниками відпочинку чи здорового способу життя, а їх безконтрольний прийом є недоцільним.

Висновки. Терапевтична доцільність застосування мельдонію обмежена рамками його раціонального призначення пацієнтам із верифікованою кардіальною та судинною патологією. Використання препарату як ергогенного чи когнітивного стимулятора за відсутності соматичних показань не має належної доказової бази безпеки і загрожує декомпенсацією клітинного метаболізму. Оптимізація безпеки медичної допомоги та фармаконагляду в Україні потребує посилення регуляторного контролю за безрецептурним відпуском метаболічних засобів та підвищення солідарної обізнаності населення щодо критеріїв їх клінічного застосування.

Ключові слова: кардіопротекція, допінг-контроль, фармакокінетика, фармакодинаміка, фармаконагляд.

 Creative Commons «Attribution» 4.0

КІЛЬКІСНИЙ ДИНАМІЗМ СМЕРТЕЙ ВІД ТРАВМ В УЧАСНИКІВ ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ АВАРІЇ НА ЧОРНОБИЛЬСЬКІЙ АЕС І ПОТЕНЦІЙНО ВТРАЧЕНІ РОКИ ЖИТТЯ(1987-20107 РОКИ)

Гунько Н.В., Короткова Н.В., Дубова О.С.

Державна установа «Національний науковий центр радіаційної медицини, гематології та онкології Національної академії медичних наук України», м. Київ, Україна

Передумова. Останні оцінки фахівців ВООЗ показують, що травми є однією з головних причин смерті та інвалідності у світі. Україна займає перше місце за смертністю в Європі, а летальність внаслідок травм в останні роки має стійку тенденцію до зростання.

Відомо, що екстремальні явища (екологічна катастрофа, пандемія, війна тощо) змінюють усталені показники, тому вони потребують окремого аналізу. Україна має 40-річний досвід спостереження за станом здоров'я ліквідаторів аварії на Чорнобильській АЕС(УЛНА), але узагальнень щодо їх втраченого здоров'я через травматизм або смертність від травм не виявлено.

В усьому світі ризик отримання травми, втрати працездатності чи смерті вищий у чоловіків у віці до 40 років порівняно з жінками, хоча теоретично більшість чоловіків володіють достатньою можливістю дожити до 65–75 років (ВООЗ).

Відомо, що УЛНА це переважно чоловіки, яким у 1986–1990 рр. (час залучення до ліквідації наслідків аварії) було до 40років. Згідно з даними МОЗ України, щороку серед них обліковувалося від 1,5 (1993 р.) до 4,5 тисяч смертей (2020 р.), але узагальнень щодо кількості смертей від травм впродовж 1987–2017 рр. здійснено вперше. Це дало можливість визначити рівень передчасної смертності серед УЛНА від зазначеної причини смерті та обчислити потенційно втрачені роки життя.

Мета: ретроспективний аналіз даних Державного реєстру України осіб, які постраждали внаслідок Чорнобильської катастрофи (ДРУ), за 1987–2017 рр. щодо смертності від травм (МКХ-10 коди S00-S99, T00-T14, T51.0-T51.9T79, T90-T98; МКХ-9 коди 800-929, 950-959) серед УЛНА, які перебували під спостереженням у закладах МОЗ України. Використано загальнонаукові, демографічні, математико-статистичні, програмно-технологічні методи.

Результати. Ретроспективно вивчено 2921 летальний випадок внаслідок травм у УЛНА, які зафіксовані у ДРУ за 1987–2017 рр. (чоловіки – 98,5 %). Показано, що у зовнішні причини смерті УЛНА внесок становить 37,6 %.

Виявлено значні варіації змін показників як між територіями, так і за роками спостереження. Зазначимо, що територіальний розподіл летальних випадків відповідає особливостям залучення до ліквідації наслідків аварії представників найбільших промислових регіонів, а саме: Дніпропетровської (445 випадків або 15,2 % від летальних випадків від травм), Харківської (372 випадки або 12,7 %), Донецької (326 або 11,2 %) і Луганської (291 або 10,0 %) областей.

Аналіз динамікикількості смертей від травм упродовж 1987–2017 рр. свідчить про значний діапазон щорічних значень від 7 (1987 р.) до 161 (2004 р.). Найбільша кількість смертей припадає на період 1997–2007 рр.

Визначено, що вік УЛНА на час смерті був від 23 до 83 років. Найбільші втрати за період спостереження у віці 46 та 48 років.Узагальнення віку смерті за 5-річними віковими інтервалами свідчить, що максимум смертей УЛНА припадає на вікові групи 45–49 років (569 осіб або 19,48 %), 40–44 років (542 особи або 18,56 %) та 50–54 років (456 осіб або 15,61 %).Середній вік смерті за період спостереження становить 46,81±0,0965 років.

В цілому,95,03 %УЛНА, які померли від травм, не дожили до 65-річчя, що спричинило потенційну втрату 68597,21 людино/років життя. Середня кількість втрачених років на 1 людину дорівнює 23,48±2,6623 людино/років.

У структурі причин смерті найчастіше трапляються травми голови, травми грудної клітки, травми численних ділянок тіла, а також травми живота, нижньої частини спини поперекового відділу хребта і таза.

Висновки. Отже, смерті внаслідок травм УЛНА є непоодинокими випадками, вони становлять 37,6% від усіх зовнішніх причин смертей, але не є головною причиною смерті. Більшість загиблих – чоловіки, що пояснюється особливостями виконуваних робіт з ліквідації наслідків аварії на Чорнобильській АЕС.

Creative Commons «Attribution» 4.0

На відміну від населення країни, де більшість смертей від травм фіксується у осіб віком до 40 років, понад половина смертей УЛНАсталася у віковому діапазоні 40–54 роки. 95,0 % УЛНА померли передчасно від даної причини смерті, що спричинило потенційну втрату 68597,21 людино/років життя. Середній вік смерті за період спостереження становить 46,81 ±0,0965 років, а кількість втрачених років на 1 людину дорівнює 23,48±2,6623 людино/років.

РОЛЬ ГІГІЄНИ ТА ПРОФІЛАКТИЧНИХ ЗАХОДІВ У ПОГЛЯДАХ ПРОФЕСОРА О. П. ВАЛЬТЕРА

Дзевульська І. В., Маліков О. В.

Кафедра описової та клінічної анатомії
Завідувач кафедри: д.м.н., професор Дзевульська І. В.
Національний медичний університет імені О. О. Богомольця
м. Київ, Україна

Вступ. Олександр Петрович Вальтер – один з першопрохідців початкового шляху історичного становлення Київського університету. Детальний опис, функціональне вивчення фактів, критицизм і особливий інтерес до досліджень як морфологічних та і з питань профілактики – такі напрямки і особливості науково-дослідницької роботи професора Вальтера.

Мета. Презентувати науково-медичній спільноті діяльність О. П. Вальтера не як морфолога, а як клініциста, спеціаліста із широким науковим кругозором, розуміючого майбутнє медицини у тісній співдружності з гігієною.

Огляд. Прогресивна науково-практична діяльність завжди панувала серед професорів та викладачів медичного факультету Університету Святого Володимира. Кожен з них підкреслював роль гігієни та профілактики як неодмінну складову задля вирішення актуальних завдань профілактичної медицини.

У цьому відношенні особливої уваги заслуговує професор О. П. Вальтер. Олександр Петрович керував кафедрою анатомії впродовж 33 років і здебільшого займався вирішенням теоретичних проблем морфології. Він мав широкий науковий кругозір і, подібно своєму вчителю М. І. Пирогову, майбутнє медицини бачив лише в поєднанні з гігієною.

О. П. Вальтер вивчав профілактичні заходи при широко розповсюдженому тоді ковтуні. Свої спостереження він здійснював безпосередньо у місцях спалаху захворювання. Ці дослідження принесли користь і значною мірою сприяли у вирішенні цієї проблеми. Вони дали ясну уяву щодо причин виникнення ковтуна, шляхи його розповсюдження та засоби боротьби з ним.

Надавши клопотання до Ради університету щодо дозволу спорядити експедицію, професор Вальтер писав: «Подібна експедиція ставить на меті не лише вирішення важливого сучасного питання, а й змогла би бути справжньою благодаттю для нижчих класів, здоров'я яких саме через цю боротьбу, за свідченням очевидців, у недоброму стані.

Працю О. П. Вальтера про ковтун – «De mechanismo implicationis ib plica polonica» було представлено як дисертацію на здобуття ступеню доктора медицини і з успіхом захищено ним на публічному засіданні медичного факультету 12 жовтня 1845 року. Це перша дисертація на медичну тематику, яку було захищено у Київському університеті.

Разом з клініцистами професор Вальтер прийняв активну участь у боротьбі з холерною епідемією в 1847 році. В своєму звіті щодо патологоанатомічних спостережень над людьми, які померли від холери, він пише: «Усю нашу увагу було прикуто до патології хвороби, до визначення сутності, властивостей та органів, що задіяні у холерному процесі, та семіотичного значення ознак. Ми вважали, що подібні дані повинні сформулювати більш вірні положення раціональної терапії».

При описанні методів лікування холери, він справедливо висуває на перше місце заходи профілактичні: «Ми не знаємо кращого запобіжного заходу від холери, як суворе дотримання усіх дієтичних правил... Уникання сирих та вологих випаровувань річок, місць болотистих та низинних, вживання сирої зіпсованої води та усіх видів сирих овочів та фруктів, які достатньо її містять».

Висновки, зроблені професором Вальтером на підставі власних спостережень, доводять підтвердження М. І. Пирогова, які було висвітлено ним у публікації «Патологічна анатомія холери».

 Creative Commons «Attribution» 4.0

У 1858 році О. П. Вальтер висунув перед Радою університету питання про організацію особливого лекторію, завданням якого повинна бути широка пропаганда новітніх досягнень в галузі практичної медицини та гігієни. За проектом Вальтера цей лекторій слід було зробити доступним для усіх без винятку співробітників, зокрема для стипендіатів, які готуються до професорської діяльності. Пирогов у свою чергу надав дозвіл на організацію такого лекторію, проте розроблене Радою університету положення дозволяло відвідування лекцій виключно університетським керівництвом та професорсько-викладацьким складом.

У 1870 році М. І. Пирогов повідомив ректора університету: «Враховуючи клопотання професора Вальтера та на підставі отриманої згоди Київського, Подільського та Волинського генерал-губернатора я дозволяю п. Вальтеру читати публічні лекції з громадської гігієни в одній з аудиторій університету». Складена Вальтером програма цих лекцій свідчить не лише про його глибокі знання, але й вірне розуміння завдань гігієни як науки.

Журнал «Сучасна медицина», який видавався О. П. Вальтером з 1860 по 1881 роки, був наче дзеркалом, що відображувало його науковий кругозір, його оригінальні для того часу ідеї. Журнал мав величезний авторитет. Переважна більшість передплатників журналу були спеціалістами з Європи. На сторінках журналу він вказує на значну роль статистичних досліджень задля правильної організації заходів охорони здоров'я.

Подекуди у своїх публікаціях він підкреслює, що лікар насамперед повинен бути гігієністом. Професор Вальтер відгукувався на усі без винятку актуальні питання медичної науки та практики в охороні здоров'я. Серед них – вивчення епідемії віспи, організація щеплень проти віспи, боротьба з епідеміями, благоустрій міст та сіл, організація лікувальних закладів, проблеми лікарської моралі та етики.

Висновок. Професор Вальтер залишив глибокий слід не лише в історії вітчизняної морфології, а й профілактичної медицини. Наукова діяльність професора О. П. Вальтера є прикладом того, як можливо рішуче долати усі перепони на своєму шляху завдяки особистій енергії та патріотизму, гуманному відношенню до своєї професії та любові до науки.

Ключові слова: професор О. П. Вальтер, медицина, профілактика, гігієна, Київський університет.

ВІКОВА СТРУКТУРА ЗАДЕКЛАРОВАНОГО НАСЕЛЕННЯ ТА НАВАНТАЖЕННЯ НА ЛІКАРІВ ПЕРВИННОЇ МЕДИЧНОЇ ДОПОМОГИ ЯК ДЕТЕРМІНАНТИ БЕЗПЕКИ ПАЦІЄНТІВ

Донік О. М.

Кафедра громадського здоров'я
Завідувачка кафедри: к. мед. н., доцент Гречишкіна Н.В.
Національний медичний університет імені О.О. Богомольця
м. Київ, Україна

Вступ. Забезпечення безпеки пацієнтів у системі первинної медичної допомоги (ПМД) значною мірою залежить від складу пацієнтів та стабільності кадрів. Реформа фінансування охорони здоров'я в Україні, що стартувала у 2018 році за принципом «гроші йдуть за пацієнтом», суттєво змінила взаємодію між лікарями ПМД та населенням. Водночас демографічні виклики, зокрема міграція та старіння населення, створюють додаткове навантаження на систему ПМД. Тому вивчення динаміки навантаження на лікарів ПМД і вікової структури задекларованого населення є важливим для оцінки ризиків у наданні медичної допомоги, планування профілактичних заходів та оптимізації ведення пацієнтів із хронічними захворюваннями.

Мета. Провести статистичний і порівняльний аналіз динаміки та вікової структури задекларованого населення України, а також рівня навантаження на лікарів ПМД як чинників, що впливають на безпеку пацієнтів і стабільність системи охорони здоров'я.

Матеріали і методи. У роботі використано офіційні відкриті дані дашборду Національної служби здоров'я України (НСЗУ) «Статистика поданих декларацій про вибір лікаря первинної медичної допомоги». Застосовано методи системного, порівняльного та ретроспективного аналізу динаміки за період 2018–2026 років. Розрахунок відносних величин супроводжувався обчисленням стандартної похиб-

Creative Commons «Attribution» 4.0

ки (±m). Для порівняння динамічних рядів та оцінки тенденцій застосовувався критерій χ^2. Статистично значущими вважалися результати при $p < 0,05$.

Результати. Встановлено, що в електронній системі охорони здоров'я (ЕСОЗ) зареєстровано 30 244 292 активні декларації. Медичну допомогу забезпечують 24 477 лікарів первинної ланки, які працюють у 2940 закладах – надавачах послуг ПМД. У гендерній структурі задекларованого населення спостерігається статистично значуще переважання жінок – 54,7±0,01% (16,55 млн осіб) проти 45,3±0,01% (13,70 млн осіб) серед чоловіків ($p < 0,001$). Аналіз вікової структури показав, що найбільшу частку становлять особи віком 40–64 роки – 11,0 млн осіб (36,4±0,01%). Друге місце посідає група осіб віком 18–39 років – 7,6 млн осіб (25,1±0,01%). Значну частку також становлять особи віком 65 років і старше – 6,1 млн осіб (20,2±0,01%). Частка дитячого населення є меншою: вікова група 6–17 років – 4,39 млн осіб (14,5±0,01%), а 0–5 років – 1,2 млн осіб (4,0±0,01%). У розподілі лікарських спеціальностей домінують сімейні лікарі, на частку яких припадає 75,9±0,01% декларацій від загальної кількості. Частка лікарів-терапевтів становить 14,5±0,01%, лікарів-педіатрів – 9,7±0,01%. Середня кількість декларацій на одного лікаря ПМД становить 1 236 угод і відображає фактичний рівень навантаження в системі ПМД. При цьому нормативне навантаження залежить від спеціальності: для лікаря загальної практики – сімейного лікаря воно становить 1800 декларацій, для лікаря-терапевта – 2000, для лікаря-педіатра – 900.

Аналіз динаміки за 2018–2026 роки показав виражені демографічні зміни. Зафіксовано стійке скорочення частки дитячого населення віком 0–5 років (з 2,0 млн до 1,2 млн осіб, зменшення на 40,0%, $p < 0,01$) та осіб віком 18–39 років (з 8,9 млн до 7,6 млн осіб, зменшення на 14,6%, $p < 0,05$). Натомість кількість осіб віком 65 років і старше залишається стабільно високою – 6,1 млн осіб. Це свідчить про поступове старіння пацієнтів первинної ланки, збільшення частки хронічних станів та зростання складності ведення пацієнтів при відносно стабільному середньому навантаженні.

Висновки.

1. У структурі задекларованого населення України переважають особи старших вікових груп, при цьому частка населення віком понад 40 років становить більше половини контингенту. Це формує стабільно високий попит на послуги ПМД, орієнтовані переважно на ведення хронічної патології та довготривалий медичний супровід.
2. Фактичне середнє навантаження на одного лікаря ПМД становить 1 236 декларацій. Нормативне навантаження залежить від спеціальності лікаря, що необхідно враховувати під час оцінки кадрового забезпечення ПМД.
3. Виявлені демографічні зрушення – скорочення частки дитячого та працездатного населення на тлі збереження високої чисельності осіб старшого віку – зумовлюють якісну зміну характеру навантаження на лікарів ПМД, зміщуючи його у бік більш складного, тривалого та ресурсозатратного ведення пацієнтів.
4. Отримані результати свідчать, що при відносно стабільному кількісному навантаженні зростає його клінічна складність. Це потребує адаптації організації ПМД, перегляду підходів до ведення пацієнтів і посилення управління кадровими ресурсами.

Ключові слова: вікова структура населення, коморбідність, старіння населення, медичні декларації, навантаження лікарів.

ОЦІНКА РИЗИКУ ЗАСТОСУВАННЯ ДЕЛЬТАМЕТРИНУ ДЛЯ МЕДОНОСНИХ БДЖІЛ (APIS MELLIFERA) З ВИКОРИСТАННЯМ МОДЕЛІ BEEREX (TIER I)

Донцова Д.О.

Державна установа «Інститут медицини праці імені Ю.І. Кундієва Національної академії медичних наук України»

Вступ. Дельтаметрин – синтетичний піретроїдний інсектицид широкого спектра дії, схвалений для використання в ЄС, Австралії та США для контролю сисних та гризучих шкідників на зернових, овочевих, плодових культурах, а також у програмах громадського здоров'я. Дельтаметрин входить до складу десяти зареєстрованих в Україні препаратів. Характеризується низькою розчинністю у воді, напівлеткістю та низьким потенціалом до вимивання у ґрунтові води. Він є нейротоксином, високотоксичним

 Creative Commons «Attribution» 4.0

для ссавців, але найбільшу екологічну загрозу становить для гідробіонтів та запилювачів, зокрема медоносних бджіл (Apis mellifera).

Згідно з класифікацією Агентства з охорони навколишнього середовища США (US EPA), піретроїди підлягають періодичній переоцінці реєстрації кожні 15 років, а їхній вплив на довкілля оцінюється через кумулятивні ризики. Для кількісної оцінки ризиків на скринінговому рівні (Tier I) використовувалась модель BeeREX (v1.0), для розрахунку коефіцієнту ризику (Risk Quotient, RQ) та порівняння з оцінкою ризику для бджіл (LOC = 0,4).

Мета роботи – оцінити гострий та хронічний ризик для Apis mellifera при внесенні дельтаметрину з нормою витрати 0,05 л/га, однократно (0,005 кг/га) з використанням пріоритетних емпіричних даних про залишки в продуктах бджільництва.

Матеріали та методи. Розрахунки виконано у моделі BeeREX v1.0 (US EPA, 2014). Вхідні параметри відповідають штанговому обприскуванню (Application method: foliar spray). Наявні емпіричні дані залишків, до моделі введено фактичні концентрації: пилок – 1 мг/кг, нектар – 0,4 мг/кг, молочко – 0,5 мг/кг (пріоритет над стандартними консервативними моделями оцінки експозиції для отримання розрахункових концентрацій у довкіллі (EEC)). Токсикологічні показники ($ЛД_{50}$ та NOAEL) для A. mellifera взято з бази PPDB (Pesticide Properties DataBase) та верифіковано науковою літературою, що підтверджує високу чутливість як дорослих особин, так і личинок до дії піретроїдів: контактна $ЛД_{50}$ – 0,0015 мкг/бджолу; пероральна $ЛД_{50}$ – 0,07 мкг/бджолу; NOAEL – 0,007 мкг/бджолу; личинкова $ЛД_{50}$ – 0,05 мкг/личинку; личинковий NOAEL – 0,005 мкг/личинку.

Результати. За результатами моделювання отримано такі найвищі значення RQ: контактний (дорослі) – 8; гострий (дорослі) – 3,75; хронічний (дорослі) – 37,50; гострий (личинки) – 1,03; хронічний (личинки) – 10,32. Деталізація за кастами виявила критичні рівні хронічного ризику для матки (RQ = 37,50), збиральниць нектару (RQ = 16,69), няньок (RQ = 9,37) та личинок 5-ї доби (RQ = 10,32). Усі отримані RQ перевищують оцінку ризику для бджіл (LOC= 0,4) у 2,5–93,8 рази. Контактний RQ перевищує LOC у 20 разів.

Обговорення. Отримані кількісні оцінки узгоджуються з відомим профілем екотоксичності дельтаметрину, який класифікується як речовина з високим ризиком для медоносних бджіл. Контактний RQ = 8 перевищує оцінку ризику для бджіл (LOC = 0,4) у 20 разів, що свідчить про абсолютну летальність при прямому контакті. Хронічний RQ для матки (37,50) свідчить про те, що сублетальні нейротоксичні ефекти (порушення координації, зниження яйцекладки) будуть неминучими навіть при одноразовому споживанні контамінованого молочка. Личинки виявилися чутливішими за дорослих особин за хронічного впливу (RQ = 10,32), що підтверджує дані літератури про високу вразливість розплоду до піретроїдів. Згідно з регуляторними вимогами US EPA, для зниження ризиків запилювачам на етикетках продуктів передбачено буферні зони та обмеження щодо застосування у період цвітіння. Однак отримані результати свідчать, що стандартні обмежувальні заходи можуть бути недостатніми для дельтаметрину через його надзвичайно високу контактну активність та здатність накопичуватися в пилку/нектарі.

Висновки. Проведена оцінка Tier I у моделі BeeREX підтверджує, що дельтаметрин є надзвичайно небезпечним для Apis mellifera за всіма шляхами експозиції навіть при мінімальних нормах витрати. Найвищі рівні ризику зафіксовано для контактної експозиції (RQ = 8) та хронічного впливу на дорослих особин (RQ = 37,50) і личинок (RQ = 10,32), що багаторазово перевищує допустимі рівні. Враховуючи низьку мобільність дельтаметрину в ґрунті, але високу персистентність на рослинних поверхнях, обробки в період вегетації унеможливлюють безпечне співіснування з пасіками. Результати є підставою для внесення дельтаметрину до переліку речовин із категоричними обмеженнями (нічівлі, виключення періоду цвітіння, обов'язкові захисні зони) відповідно до рекомендацій US EPA та FAO/WHO щодо високонебезпечних пестицидів (HHP).

Ключові слова: піретроїди, оцінка ризику, Apis mellifera, BeeREX, залишкові кількості.

 ISSN 2786-6661

ПРОБЛЕМИ ТА РІШЕННЯ В НАДАННІ ДЕРМАТОЛОГІЧНОЇ ДОПОМОГИ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦЯМ В УМОВАХ ЗБРОЙНОГО ПРОТИСТОЯННЯ

Дружиніна А.О., Бобко Н.А.

Державна установа "Інститут медицини праці імені Ю.І.Кундієва Національної академії медичних наук України", м. Київ, Україна

Вступ. Дерматологічні захворювання є одним з основних джерел захворюваності військовослужбовців. До 75% амбулаторних звернень до лікаря під час сучасних воєн були саме з дерматологічних причин [Gelman A.B. e.a., 2015; Henning J.S. e.a., 2010].

Основна мета надання дерматологічної допомоги військовослужбовцям в умовах відкритого збройного протистояння - повернення їхньої боєготовності і функціональної спроможності виконувати службово-бойові завдання в найкоротші терміни [Bari A. U., 2017; Singal M., Lipner S.R., 2023; Matz H. e.a., 2002]. Проте, специфіка виконання бойових завдань, особливо - в умовах тривалих бойових дій, обмежує можливості дотримання стандартів гігієни (особистої, харчування, сну, водних процедур, фізичної культури тощо), як і діагностики, лікування та профілактики (рецидивів) дерматологічної патології у військовослужбовців на тлі агресивного довкілля фізичного, біологічного, психологічного генезу (екстремальних метеорологічних чинників, біологічних агентів, фізичних навантажень, перманентної загрози здоров'ю і життю), що сприяє тривалому перебігу хвороб та підвищує ризик розвитку ускладнень [Pendlebury G.A. e.a., 2023; Singal M., Lipner S.R., 2023]. Шкіра, як бар'єрний орган, першою зазнає деструктивного впливу екстремальних чинників довкілля, що, за відсутності своєчасної коректної інтервенції, може призводити до стрімкої втрати боєздатності окремих комбатантів і армії в цілому. І шкіра ж, як найбільш дистальний орган, за будь-яких загрозливих екстремальних ситуацій буде зберігатися організмом у останню чергу. Певне, комплекс цих обставин і зумовлює особливе місце хвороб шкіри і підшкірної клітковини (ШПК) у військовій медицині.

Мета дослідження – визначити доступні і перспективні напрями удосконалення дерматологічної допомоги військовослужбовцям в умовах збройного протистояння.

Матеріали та методи. Пошук літератури проведений за фондами електронних баз Medline, PubMed, Scopus, Web of Science, library.gov.ua, np.nbuv.gov.ua, інтернет-порталу Google, Google Gemini.

Огляд. Одна з перших очевидних проблем - більша частина дерматологічної допомоги у розгорнутих воєнних умовах надається лікарями первинної медичної ланки і приблизно у двох випадках з кожних трьох це супроводжується встановленням помилкового діагнозу, призначенням неадекватної терапії і, відповідно, неефективного лікування [Henning J.S. e.a., 2010]. Що тягне за собою збільшення тривалості захворювання, зростання частоти ускладнень, тимчасової втрати працездатності, і нерідко визначає захворювання ШПК як один із суттєвих чинників зниження боєздатності військових підрозділів [Pendlebury G.A. e.a., 2023].

Задля вирішення цієї проблеми одним із перспективних напрямів удосконалення дерматологічної допомоги військовослужбовцям є широке впровадження телемедичних технологій, зокрема - дистанційних консультацій та синхронної теледермоскопії в режимі реального часу [Henning J.S. e.a., 2010]. Від початку військової телемедицини саме теледерматологія проводить найбільшу кількість консультацій серед усіх медичних спеціальностей - 30-40% [Henning J.S. e.a., 2010; Desai B. e.a., 2010]. Це допомагає щонайменше суттєво скоротити кількість пацієнтів, які потребують евакуації для лікування і значно зекономити кошти. Так, надання теледерматологічної допомоги 2157 пацієнтам-військовослужбовцям армії США дозволило зекономити 30,4 млн. доларів, в т.ч. - за рахунок відмови від евакуації, тоді як евакуації до США потребували лише 1,4% обстежених, очного візиту до місцевого дерматолога Іраку - 4,7% [Henning J.S. e.a., 2010]. До того ж, використання теледермоскопії дозволяє лікарю розрізняти злоякісні та доброякісні пігментовані ураження, підвищує точність діагностики плоскоклітинного раку та базальноклітинного раку до 15% [Pendlebury G.A. e.a., 2023].

Ще одна відома проблема - поширеність психічних захворювань серед комбатантів (зокрема - «посттравматичний стресовий розлад», «розлади адаптації») - з однієї сторони, і серед пацієнтів із хронічними захворюваннями шкіри - з другої сторони. Акне, гідраденіт, псоріаз і алопеція ареата пов'язані з підвищеним рівнем депресії, тривожності, суїцидальних думок і соціальної ізоляції [Grace Rabinowitz B.A.

 Creative Commons «Attribution» 4.0

e.a., 2026]. Наприклад, близько третини пацієнтів військової дерматологічної амбулаторії в Британії мали клінічно значущі тривогу, депресію або безсоння. Найвищу схильність до загострень виявлено при псоріазі та алопеції ареата. Безсоння, високий рівень стресу робота в нічні зміни незалежно асоціювалися із загостренням захворювання. Такі дані обґрунтовують доцільність інтеграції психологічного та сомнологічного скринінгу в практику військової дерматології для своєчасної профілактики загострень і покращення якості життя пацієнтів [Baba R, e.a., 2026].

Не менш актуальною є проблема хронічних дерматозів у військовослужбовців, особливо тих, що мають тенденцію до загострення у зв'язку з військовими діями. Як компонент комплексного лікування псоріазу, атопічного дерматиту, себорейного дерматиту, акне та інших хронічних дерматозів ефективним допоміжним методом лікування є бальнеотерапія (Huang e.a., 2018; Protano C. e.a., 2024), яка у комбінації з ультрафіолетовою фототерапією забезпечує більш виражений клінічний ефект [Protano C. e.a., 2024]. Проте, таке лікування вимагає евакуації з театру бойових дій.

Повномасштабне вторгнення рф висвітлило проблему недостатньої обізнаності мобілізованих щодо збереження свого дерматологічного здоров'я. Необхідно впроваджувати освітні заходи для формування практичних компетентностей новобранців щодо раннього розпізнавання проявів дерматозів, профілактики уражень шкіри, раціонального використання засобів місцевої терапії.

Висновки.

1. Несвоєчасна діагностика та недостатня ефективність лікування захворювань ШПК у військовослужбовців зумовлюють необхідність удосконалення системи дерматологічної допомоги. Впровадження теледерматології та теледермоскопії дозволяє зменшити потребу в медичній евакуації та сприяти збереженню боєздатності особового складу.
2. Висока поширеність тривожних, депресивних розладів і порушень сну серед військовослужбовців із хронічними дерматозами обґрунтовує необхідність інтеграції психодерматологічного підходу, що включає психологічний і сомнологічний скринінг.
3. Бальнеотерапія є науково обґрунтованим допоміжним методом лікування та реабілітації пацієнтів із хронічними дерматозами, сприяючи зменшенню клінічних проявів захворювання, покращенню якості життя та підвищенню ефективності комплексної терапії, особливо - у поєднанні з фототерапією.
4. Інтеграція навчальних програм із дерматологічної гігієни та профілактики у систему підготовки військовослужбовців, адаптованих до умов військової служби, сприятиме ранньому виявленню дерматологічної патології, зниженню захворюваності та попередженню розвитку ускладнень.

Ключові слова: військова медицина, профілактика, психічні розлади, стрес, теледерматологія, теледерматоскопія

Keywords: military medicine, prevention, mental disorders, stress, teledermatology, teledermatoscopy

ВИКОРИСТАННЯ ПРОТОКОЛУ SPIKES У ПІДГОТОВЦІ ЛІКАРІВ-ІНТЕРНІВ ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ «ВНУТРІШНЯ МЕДИЦИНА» ЯК СКЛАДОВОЇ ФОРМУВАННЯ КУЛЬТУРИ БЕЗПЕКИ ПАЦІЄНТІВ ТА РОЗВИТКУ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ ПАЦІЄНТ-ОРІЄНТОВАНОЇ КОМУНІКАЦІЇ

Дюдіна І.О.

Кафедра внутрішньої медицини ПВНЗ «Київський медичний університет»
Завідувач кафедри: д.мед.н., професор Такташов Г.С.
м.Київ, Україна

«Noli nocere!»

Вступ. Забезпечення безпеки пацієнтів є одним із основних пріоритетів сучасної охорони здоров’я. Значною мірою безпека пацієнтів залежить від здатності медичних працівників, в т.ч. лікарів, ефективно комунікувати, особливо при повідомленні хворому поганих новин. Формування навичок пацієнт-орієнтованої комунікації є важливою складовою формування культури безпеки пацієнтів і має забезпечуватись на етапах додипломної та післядипломної підготовки лікарів.

Мета. Представити досвід застосування протоколу SPIKES в симульованих клінічних сценаріях та рольових іграх при навчанні лікарів-інтернів зі спеціальності «Внутрішня медицина» навичкам повідомлення поганих новин хворим на невиліковні неінфекційні хвороби.

Матеріали і методи. В процесі підготовки лікарів-інтернів 2 року навчання зі спеціальності «Внутрішня медицина» в межах викладання додаткової програми «Паліативна допомога» використовувалися елементи симуляційного навчання з застосуванням симульованих клінічних сценаріїв та рольових ігор. Сценарії, в основу яких було покладено протокол SPIKES, моделювали повідомлення поганих новин та діагнозу хворим на невиліковні неінфекційні хвороби (в т.ч. хронічна серцева недостатність, хронічна хвороба нирок V стадії, бічний аміотрофічний склероз, рак легень з метастазуванням, рак підшлункової залози) та їх родичам. Лікарям-інтернам пропонувалось відпрацювати навички повідомлення невтішного діагнозу симульованому пацієнту та реагування на одну з типових емоційних реакцій пацієнта після отримання поганих новин (в т.ч. страх смерті, плач, гнів, шок, заперечення) за допомогою шестикрокового протоколу SPIKES. Під час навчання для проведення гри залучався симульований пацієнт, роль якого грав почергово інший лікар-інтерн. Після завершення кожного симульованого клінічного сценарію та рольової гри проводився дебрифінг з аналізом комунікативних рішень.

Огляд. В процесі професійної діяльності лікарі різних спеціальностей часто стискаються з необхідністю повідомити пацієнту та/або його родичам про наявність невиліковної хвороби, її ускладнень, прогресування захворювання або смерть. Важливою складовою забезпечення безпеки пацієнтів є здатність медичного працівника, в т.ч. лікаря, ефективно комунікувати при повідомленні невтішних новин та медичної інформації, особливо щодо невиліковного діагнозу або несприятливого прогнозу його розвитку, необхідності надання паліативної допомоги тощо. У разі відсутності достатньої підготовки фахівця до повідомлення поганих новин пацієнт та/або його родичі можуть неадекватно сприйняти інформацію про стан свого здоров'я, що в свою чергу, може призвести до неконтрольованої емоційної реакції хворого та/або його близьких осіб, зниження довіри до лікаря, прихильності до лікування та інших несприятливих наслідків. Задля попередження несприятливих наслідків в процесі повідомлення поганих новин розроблено низку протоколів, в т.ч. протокол SPIKES, завдяки застосуванню якого створюються безпечні умови для повідомлення поганих новин, а пацієнту надається можливість сприйняти в емоційно врівноваженому стані невтішну інформацію про стан свого здоров'я. Протокол SPIKES містить 6 послідовних кроків: «setting - підготовка», «perception - інформованість», «invitation - дозвіл», «knowledge - знання», «emotion and empathy – емоції та емпатія», «strategy and summary – стратегія та підсумовування». Крок 1 «setting - підготовка» передбачає створення відповідних умов, в т.ч. запезпечення конфіденційності та атмосфери довіри. На наступному 2 етапі «perception - інформованість» лікар визначає рівень обізнаності хворого про стан свого здоров'я з наступним уточненням у хворого, чи готовий він до отримання детальної інформації та запрошенням пацієнта до цього на етапі 3 «invitation - дозвіл». Наступний крок 4 «knowledge - знання» передбачає надання хворому медичних фактів із урахуванням його емоційного стану, рівня освіти тощо з подальшим розпізнанням емоцій пацієнта та адекватним реагуванням на них на етапі 5 «emotion and empathy – емоції та емпатія». Завершальний крок 6 «strategy and summary – стратегія та підсумовування» спрямований на підбиття підсумку зустрічі, представлення спільного плану подальших дій, в т.ч. лікування та догляду.

Висновки. Резюмуючи вищенаведене, слід зазначити, що впровадження протоколу SPIKES в навчання лікарів-інтернів зі спеціальності «внутрішні хвороби» для моделювання консультацій, пов'язаних із повідомленням поганих новин та діагнозу хворим на невиліковні неінфекційні хвороби сприяє підвищенню якості їх професійної підготовки, розвитку комунікативних навичок лікарів-інтернів, в т.ч. пацієнт-орієнтованої комунікації, в умовах безпечного освітнього середовища і може розглядатись як складова формування культури безпеки пацієнтів у післядипломній медичній освіті.

Ключові слова: Patient Safety; Internship; Education, Medical; Communication; Professional-Patient Relations

 Creative Commons «Attribution» 4.0

СТРЕСОВІ ЧИННИКИ ЯК ПАТОГЕНЕТИЧНІ ДЕТЕРМІНАНТИ РЕПРОДУКТИВНИХ ВТРАТ

Живецька-Денисова А. А., Воробйова І. І., Лозова Л. А., Шамаєва О. В.

ДУ «Всеукраїнський центр материнства та дитинства НАМН України», м. Київ, Україна

Вступ. Вивчення впливу несприятливих зовнішніх і внутрішніх чинників на гестаційний процес й перинатальні наслідки є пріоритетним напрямом наукових досліджень в галузі перинатології. Згідно з оцінками ВООЗ, стан здоров'я населення залежить на 50-55 % від стилю життя і на 20-25 % - стану навколишнього середовища. В умовах збройного конфлікту в Україні жінки репродуктивного віку одночасно перебувають під впливом двох потужних патогенних чинників. По-перше, тривалий воєнний стрес, який формує хронічну психологічну дисфункцію у вигляді підвищеної тривожності й депресивного стану. По-друге, радіоекологічний спадок Чорнобильської катастрофи зберігає свою актуальність донині через наслідкі внутрішнього опромінення 137Cs. Поєднана дія цих стресорів призводить до нейро-імуно-гормональної дерегуляції у роботі системи «мати–плацента–плід», перетворюючи адаптивні стресові реакції на деструктивні. Надмірний викід катехоламінів призводить до активації гуморального і пригнічення клітинного імунітету. Імунологічні відхилення, що при цьому виникають, стають тригером некерованого апоптозу і, як наслідок, невиношування вагітності (НВ).

Мета: визначення прогностичних маркерів НВ в умовах поєднаного хронічного стресового впливу.

Матеріали і методи. Основну (1) групу сформували із жінок з НВ в анамнезі та клінічними ознаками загрози переривання поточної вагітності. До контрольної групи (2) включили жінок з фізіологічним перебігом вагітності та неускладненим акушерським анамнезом. Залежно від акушерського результату жінок основної групи розподілили на підгрупи: 1а - народили вчасно, 1в - жінки, в яких відбулись пізні передчасні пологи, 1с - жінки, в яких відбулись ранні передчасні пологи або антенатальна загибель плода.

Методологічну основу дослідження складав комплексний підхід: психологічне тестування, морфологічний аналіз плаценти і γ-спектрометричне визначення активності ^{137}Cs. Інтенсивність оксидативного стресу визначали у крові вагітних за рівнем дієнових кон'югатів (ДК) і малонового діальдегіду (МДА); стан антиоксидантного захисту (АОЗ) - за активністю каталази, глутатіон-S-трансферази (GST) і супероксиддисмутази (СОД). Спектрофотометричні вимірювання виконували на приладі «Specol-11» (Німеччина).

Психодіагностичний скринінг охоплював оцінку рівня суб'єктивно сприйнятого стресу за шкалою PSS (Perceived Stress Scale), психоемоційного напруження за шкалою Лемура-Тесьє-Філліон (PSM-25), особистісної та ситуативної тривожності за шкалою Спілбергера, ступеня астенії за допомогою Міннесотського особистісного опитувальника (MMPI).

Результати та висновки. Дослідження психологічного компонента підтвердило значущий вплив емоційного статусу жінки, її афективного фону, рівня тривожності та ставлення до материнства на перебіг гестації та здоров'я дитини. Психологічна складова гестаційної домінанти є регуляторним фактором нейро-імуно-гормональної взаємодії у системі мати–плацента–плід. Гестаційний процес супроводжується суттєвою емоційно-особистісною перебудовою. При цьому кожна наступна вагітність у тієї самої пацієнтки може мати принципово відмінний психологічний профіль. На ранніх термінах поряд із загальними адаптаційними реакціями формуються когнітивні та емоційні конструкти, здатні модулювати соматичні прояви вагітності. Особливого значення набуває ситуація з НВ, при якому нова вагітність є джерелом психотравматизації. Характерні ознаки дисфункціонального психологічного профілю, сформованого в результаті негативного репродуктивного досвіду, - це високий рівень сприйняття стресу, тривожності та астенії. Виснаження копінг ресурсів підриває адаптивну спроможність організму та ініціює переривання вагітності. Розуміння постстресових ефектів - перспективний напрямок для прогнозування, профілактики та лікування патологічних станів, пов'язаних із впливом стресорів.

Для оцінки рівня сприйнятого стресу застосовують шкалу PSS, де показник понад 32 бали свідчить про високий рівень пережитого стресу. У жінок основної групи цей показник становить майже 40 балів проти 26 балів у контрольній групі, що свідчить про стан декомпенсованої дезадаптації. На тривалу активацію стрес-реалізуючих систем у жінок основної групи вказують підвищений рівень кортизолу в

Creative Commons «Attribution» 4.0

крові - 345,8 ± 6,1 нмоль/л і посилена екскреція гормону із сечею - 283,7 ± 2,7 нмоль/добу, порівняно з відповідними показниками контрольної групи - 284,4 ± 4,3 нмоль/л і 136,4 ± 9,04 нмоль/добу ($p < 0,05$).

Психодіагностика виявила два домінуючі психотипи серед вагітних основної групи: тип А - жінки з підвищеною емоційною лабільністю та вираженою тривожністю (64,3 %); тип В - емоційно стабільні жінки зі збереженим адаптаційним потенціалом (35,7 %). Передчасні пологи достовірно частіше реєстрували у представниць психотипу А, для яких характерні висока тривожність, дефіцит адаптивних ресурсів та астенічний синдром. Водночас жінки психотипу В, попри клінічні ознаки загрози переривання вагітності, демонстрували помірну тривожність, емоційну стабільність і конструктивну когнітивну настанову, що обумовило своєчасне завершення вагітності у 90 % з них.

Провідним патогенетичним чинником репродуктивних втрат є плацентарна дисфункція (ПД), що базується на структурних порушеннях та аномальному ангіогенезі. У вагітних основної групи ПД зумовлена внутрішнім радіаційним опроміненням ^{137}Cs, який через 40 років після Чорнобильської аварії виявляється у плацентарній тканині. В плацентах групи контролю активність ізотопу не перевищувала 1,0 Бк/кг і не спричиняла гістологічних змін. Активність ^{137}Cs в плацентах підгрупи 1а коливалася від 1,1 до 4,4 Бк/кг. При цьому в плацентах спостерігали порушення кровообігу (30 % випадків) та дистрофічні зміни (50 % зразків). Збереження компенсаторних можливостей в плацентах забезпечило пролонгацію вагітності до терміну своєчасних пологів. У підгрупі 1в маса ізотопу була в межах 4,5-10,4 Бк/кг; патоморфологічні зміни локалізувалися переважно в материнській стромі у вигляді ділянок ішемії та крововиливу. У підгрупі 1с активність 137Cs перевищувала критичний поріг 10,4 Бк/кг, що асоціюється з ушкодженням як материнських, так і плодових структур плаценти, в яких виявляли незрілість ворсинок, запалення та відшарування децидуальної оболонки.

Як стрес та радіація впливають на вагітність, руйнують її фізіологічний перебіг? Відповідь лежить у площині біохімії. Механізм реалізації деструктивного впливу стресу та радіаційного навантаження на перебіг гестаційного процесу пов'язаний з індукцією оксидативного стресу. Збереження прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу - це обов'язкова умова фізіологічного перебігу гестації. Будь-який стресовий вплив порушує перекисний баланс на користь прооксидантів. Перевищення рівнів МДА та ДК в крові вагітних над можливостями АОЗ є підтвердженням оксидативного стресу, продукти якого чинять цитотоксичну та мутагенну дію. Нами доведено, що МДА є ключовим прогностичним маркером ще в I триместрі. Зростання вмісту МДА в крові на 8,7 % є допустимою фізіологічною адаптацією. Проте стрибок на понад 17 % є тригером пізніх передчасних пологів, а на понад 23 % - вірним предиктором ранніх передчасних пологів. В вагітних з НВ у I триместрі спостерігали катастрофічний дефіцит СОД (18,2 %), каталази (44,9 %) та відновленого глутатіону (22,3 %), що свідчить про декомпенсацію захисних механізмів організму.

Отже, психологічний стрес через лімбічну систему викликає гіперкортизолемію та імунодисрегуляцію. Радіаційне опромінення стимулює генерацію активних форм кисню, що призводить до порушення гістоархітектоніки плаценти. Обидва патологічних механізми конвергують у кінцеву точку: некомпенсований оксидативний стрес, який викликає ендотеліальну дисфункцію, системне запалення і, насамкінець, плацентарну дисфункцію - провідну причину переривання вагітності.

Для клінічної практики нами визначено чіткі маркери несприятливого сценарію вагітності. До психологічних маркерів належать: рівень сприйнятого стресу ≥ 32 бали, підвищений рівень кортизолу в крові та належність до психотипу А; серед біохімічних - рівень МДА понад 17 %, зниження активності СОД, каталази і відновленого глутатіону.

Таким чином, оксидативний і емоційний стрес відіграють вирішальну роль у НВ. За результатами дослідження рекомендуємо обов'язкову скринінгову психодіагностику вагітних для виявлення жінок групи ризику, впровадження стрес-протективної терапії, формування позитивної орієнтації на материнство, здійснювати біохімічний моніторинг із визначенням показань до антиоксидантної та радіопротекторної підтримки. Лише персоналізований мультидисциплінарний підхід забезпечить збереження вагітності в умовах сучасних медико-соціальних викликів.

Ключові слова: невиношування вагітності; психологічний чинник; плацента; ^{137}Cs; оксидативний стрес; антиоксидантний захист.

 Creative Commons «Attribution» 4.0

ДОМЕДИЧНА ДОПОМОГА ПРИ УРАЖЕННІ НЕРВОВО-ПАРАЛІТИЧНИМИ РЕЧОВИНАМИ ЯК ВАЖЛИВИЙ ЕЛЕМЕНТ МЕДИЧНОГО ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Заболотна І.В., Білоус О.С., Білоус С.В.

Науковий керівник: докторка філософії Білоус О.С.
Кафедра медицини надзвичайних ситуацій та тактичної медицини
Завідувач кафедри: доктор медичних наук, професор Гринзовський А.М.
Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, м. Київ, Україна

Вступ. В умовах сучасних воєнних конфліктів, зокрема в Україні, зростає ризик застосування хімічної зброї, насамперед нервово-паралітичних отруйних речовин, що належать до групи фосфорорганічних сполук (ФОР). Дані сполуки характеризуються високою токсичністю, швидкістю дії та здатністю викликати масові ураження при різних шляхах надходження в організм серед цивільного населення і військовослужбовців. У зв'язку з цим знання фізико-хімічних властивостей ФОР та механізму їхньої дії на організм є важливими чинниками для надання правильної та своєчасної домедичної допомоги, що допоможе знизити летальність та попередити розвиток можливих ускладнень.

Мета. Проаналізувати механізми дії нервово-паралітичних речовин на організм людини та узагальнити сучасні підходи до надання домедичної допомоги постраждалим в умовах надзвичайних ситуацій.

Матеріали і методи. Проведено аналіз наукових публікацій, нормативних документів та електронних джерел інформації, присвячених проблемам хімічних уражень і надання домедичної допомоги.

Огляд. До нервово-паралітичних речовин належать зарин, зоман та V-агенти, які є високотоксичними фосфорорганічними сполуками. Вони є термостійкими сполуками, схильними до повільного гідролізу, що визначає їхню високу стійкість у навколишньому середовищі. Досить леткі речовини, що після адсорбації на обмундирування чи інші предмети, здатні спричинити нейро-паралітичну дію вже в безпечній місцевості шляхом десорбції. Найбільш токсичні у формі аерозолю при вдиханні, а при контакті зі шкірою мають сповільнену токсичну дію. Основний механізм токсичної дії пов'язаний з інгібуванням ацетилхолінестерази, що призводить до накопичення ацетилхоліну та надмірної стимуляції холінергічних рецепторів. Через надмірну стимуляцію холінергічних рецепторів в перші хвилини експозиції проявляються симптоми гіперактивації парасимпатичної нервової системи, що варіюються в залежності від ступеня тяжкості інтоксикації: бронхоспазм, задишка, міоз, порушення зору, сльозоточивість, гіперсалівація, нудота, блювання та діарея, як симптоми отруєння. Найбільш небезпечним є розвиток гострої дихальної недостатності, яка є основною причиною смерті при ураженні ФОР, внаслідок розвитку генералізованих судом. Надання допомоги при ураженні нервово-паралітичними речовинами повинно здійснюватися з урахуванням безпеки рятувальника. Він повинен мати засоби індивідуального захисту, що максимально закривають тіло та обличчя. Після забезпечення власної безпеки, варто оглянути людину за алгоритмом CRESS, де C(consciousness) – патологічна свідомість, судоми; R(respiration) – дихальна недостатність, свист на видиху; E(eyes) – міоз; S(secretions) – збільшена секреція слини, сльозотеча, бронхорея; S(skin) – збільшене потовиділення, ціаноз. Окрім того, важливо оцінити наявність супутніх травм та кровотеч, що можуть загрожувати життю. Якщо уражений перебуває у свідомості, необхідно негайно припинити подальший вплив токсичної речовини, провести заходи деконтамінації, за показаннями ввести антидот та забезпечити евакуацію постраждалого до лікувального закладу. У випадку непритомності або зупинки дихання необхідно негайно припинити вплив ФОР, ввести антидот, розпочати штучну вентиляцію легень та забезпечити евакуацію постраждалого із зони ураження.

Висновки. Ураження нервово-паралітичними речовинами становлять серйозну загрозу життю та здоров'ю населення в умовах надзвичайних ситуацій. Основними чинниками збереження життя постраждалих є своєчасне розпізнавання симптомів, проведення деконтамінації, раннє застосування антидотів та швидка евакуація. Підготовка медичних працівників і населення до дій у випадку хімічних інцидентів є важливою складовою мінімізації людських втрат.

Ключові слова: хімічні бойові агенти, отруєння, домедична допомога, безпека пацієнтів, надзвичайні ситуації.

Creative Commons «Attribution» 4.0

 ISSN 2786-6661

ІНФЕКЦІЙНИЙ КОНТРОЛЬ ЯК ЗАПОРУКА БЕЗПЕЧНОГО ЛІКУВАННЯ ПАЦІЄНТІВ

Завгородня Л.В.

Харківський національний медичний університет МОЗ України,
м. Харків, Україна

Вступ. Забезпечення безпечного лікування пацієнтів є одним із пріоритетних завдань сучасної системи охорони здоров'я. Попри значний розвиток медичних технологій, проблема інфекцій, пов'язаних із наданням медичної допомоги (ІПНМД), залишається актуальною в усьому світі. Від 5 до 15 % госпіталізованих пацієнтів набувають ІПНМД, що може вразити від 9 до 37 % тих, хто потрапив до відділень інтенсивної терапії (європейські показники поширеності ІПНМД у лікарняних закладах загального профілю коливаються від 4,6 до 9,3 %) (Галіяш Н. Б., 2021).

В Україні в мирний час щорічно реєструвались до 5 тисяч випадків ІПНМД, але за період листопада-грудня 2022 року рівень інфікування через ІПНМД склав 14% що майже у 2,5 рази перевищувало середньоєвропейський показнику -5,5%. В Україні ІПНМД складає 40% через низьку ефективність медико-технічного оснащення закладів охорони здоров'я та воєнний стан в країні (Гаркавий С. І., Хоменко І. М, Івахно О. П., 2024).

«Традиційний пейзаж» мікроорганізмів – збудників найбільш поширених гнійно-запальних захворювань сьогодні набув принципово іншого вигляду, значно урізноманітнився за рахунок умовно-патогенних або навіть сапрофітних видів мікробів (Петрусевич Т.В., Зубленко О.В., 2022).

Однією з найбільших проблем у світовому масштабі є збільшення числа бактерій, які стали нечутливими до існуючих антибіотиків. Як результат це веде до втрати ефективності стандартних методів лікування, збільшує ризик важких і невиліковних інфекцій і вимагає нових підходів у розробці антибіотиків та використанні існуючих препаратів

Мета. Проаналізувати основні положення та принципи профілактики інфекцій пов'язаних із наданням медичної допомоги (ІПНМД) та інфекційного контролю в закладах охорони здоров'я як необхідних передумов забезпечення безпечного лікування пацієнтів.

Матеріали і методи. Дослідження виконано у форматі аналітичного огляду основних законодавчих документів МОЗ України, а також доступних наукових публікацій з використанням можливостей наукових баз MEDLINE, Scopus, ResearchGate, PubMed and Google Scholar, присвячених проблемам інфекційного контролю як необхідної ланки лікувального процесу.

Огляд. Сучасне визначення ІПНМД – це інфекції, що виникають під час отримання медичної допомоги, розвиваються в лікарні чи іншому медичному закладі та вперше проявляються через 48 годин або пізніше після госпіталізації або протягом 30 днів після отримання медичної допомоги (Haque, M. at al., 2018). При цьому, запровадження стандартизованих підходів до їх профілактики та інфекційного контролю в закладах охорони здоров'я, мають на меті підвищення якості надання медичних послуг і здійснення безпечного догляду за пацієнтами. Інфекційний контроль (ІК) - це система організаційних, профілактичних та протиепідемічних заходів, спрямованих на запобігання виникненню та поширенню інфекцій у закладах охорони здоров'я.

Наказ МОЗ України «Про організацію профілактики інфекцій та інфекційного контролю в закладах охорони здоров'я та установах/закладах надання соціальних послуг/соціального захисту населення» від 3 серпня 2021 р. № 1614 визначає напрямки розбудови системи епідеміологічного нагляду за ІПНМД, що відповідає найкращому світовому досвіду. При цьому, програма ІК містить наступні етапні заходи, а саме: керівництво з ІК; тренінги та освіта з ІК; епіднагляд за ІПНМД; мультимодальні стратегії для імплементації ІК; моніторинг, аудит та зворотній зв'язок; персонал, зайнятість ліжок; умови, матеріали, обладнання для ІК (інфраструктура).

Наказом МОЗ України «Про затвердження заходів та засобів щодо попередження інфікування при проведенні догляду за пацієнтами» № 1777 від 03.08.2020 затверджені заходи щодо недопущення ІПНМД, які поділяються на дві групи: заходи профілактики зараження інфекційними хворобами, незалежно від наявності чи відсутності у пацієнта інфекційної патології, а також заходи залежно від шляхів інфікування (контактним, крапельним, повітряним).

Одним із найважливіших компонентів інфекційного контролю є гігієна рук медичних працівників, які найчастіше стають фактором передачі збудників інфекцій. Встановлено, що рівень комплаєнсу

 Creative Commons «Attribution» 4.0

щодо гігієни рук варіює в широких межах (30–60 %) і залежить від організаційних та поведінкових чинників. Зазначається, що ефективне впровадження стандартів гігієни рук потребує системного підходу, що поєднує організаційні, освітні та поведінкові інтервенції (Карнас, Н. М. та ін., 2026).

Згідно з Наказом МОЗ України № 552 від 11.08.2014 «Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Дезінфекція, передстерилізаційне очищення та стерилізація медичних виробів в закладах охорони здоров'я», не менш важливим є дотримання принципів асептики та антисептики під час виконання медичних маніпуляцій. Використання стерильних інструментів, одноразових виробів медичного призначення, правильна обробка операційного поля та своєчасна дезінфекція поверхонь сприяють запобіганню інфікуванню пацієнтів.

Ще однією з найсерйозніших загроз громадському здоров'ю є нераціональне призначення антибіотиків, що сприяє формуванню антибіотикорезистентності мікроорганізмів. Резистентність до антимікробних препаратів є однією з глобальних проблем охорони здоров'я 21 століття (Coque, T. M. at al, 2023).

Медичний персонал стикається з численними викликами у сфері профілактики ІПНМД, включаючи недостатню освіченість, відсутність мотивації та неправильне використання протимікробних засобів (Блоховита, О. В., 2023). Тому, важливу роль у забезпеченні ефективності заходів інфекційного контролю відіграє безперервне навчання медичного персоналу.

Висновки. Інфекційний контроль слід вважити необхідним заходом щодо забезпечення безпечного лікування пацієнтів, невід'ємною складовою системи забезпечення якості та безпеки медичної допомоги. Ефективний інфекційний контроль сприяє покращенню результатів лікування, збереженню здоров'я пацієнтів і медичного персоналу та підвищенню довіри суспільства до системи охорони здоров'я.

Ключові слова: інфекційний контроль, безпека пацієнтів, профілактика інфекцій.

ДИНАМІКА КОНТРОЛЬНИХ ТА ПОПЕРЕДЖУВАЛЬНИХ ФУНКЦІЙ ФАХІВЦІВ ГІГІЄНІСТІВ З КОМУНАЛЬНОЇ ГІГІЄНИ САНЕПІДУСТАНОВ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ЗА ОСТАННІ ДВАДЦЯТЬ РОКІВ

Зайцев В.В.

Кафедра соціальної медицини, громадського здоров'я та управління охороною здоров'я
завідувачка кафедри – д.мед.н., професор Крячкова Л.В.
Дніпровський державний медичний університет, м. Дніпро, Україна

Вступ. Безпека населення, серед інших чинників, передбачає дотримання санітарного та епідемічного благополуччя на території мешкання, тобто виконання усіма (органами центральної та місцевої влади, об'єктами господарювання, громадянами тощо) діючих вимог санітарного законодавства, зокрема санітарних норм та правил. Виконання цих вимог не можливе без відповідного контролю та попередження порушень. З 2019 року, під час коронавірусної пандемії та великомасштабної агресії росії проти України (2022) встановлений мораторій на проведення контрольних функцій з боку фахівців держсанепідслужби.

Мета. Проаналізувати динаміку деяких напрямків контрольної та попереджувальної функції фахівців гігієністів з комунальної гігієни санепідустанов Дніпропетровської області за останні двадцять років для формування пропозицій щодо її відновлення для забезпечення дотримання санітарного та епідемічного благополуччя населення відповідно до Закону України «Про систему громадського здоров'я» (2022 рік).

Матеріали та методи. З використанням статистичного та бібліосемантичного методів проаналізовані окремі річні звітні форми (ф. 18/о) щодо контрольної та попереджувальної діяльності фахівців гігієністів з комунальної гігієни санепідустанов Дніпропетровської області за останні двадцять років.

Результати. Контрольна функція передбачає, хто та у якому порядку та обсягах її здійснює. До реформи Держсанепідслужби України в Дніпропетровській області у 2006 році в її складі було 50 міських та районних санепідстанцій системи Міністерства охорони здоров'я України, а також до десятка відомчих санепідустанов, передбачених діючим на той час Законом України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення» (1994-2022). У всіх цих санепідустановах працювало понад

5,5 тис. працівників профілактичного напрямку, у тому числі оперативного та лабораторного. З цих працівників майже 35% (p<0,05) складали працівники гігієнічного профілю, тобто лікарі-гігієністи та помічники лікарів, у тому числі лікарі, їх помічники та санітарні фельдшери за профілями комунальної гігієни, гігієни праці, харчування, гігієни дітей та підлітків та інших напрямків. Зокрема, з комунальної гігієни в окремі роки працювало від 50 до 60 лікарів та 100-120 помічників санітарного лікаря. Основною функцією їх роботи (до 75 % робочого часу, (p<0,05) була контрольна та попереджувальна функція, тобто планові та позапланові, за зверненням громадян, перевірки виконання санітарних норм і правил, та вжиття заходів щодо усунення та попередження таких порушень. Загальний обсяг перевірок об'єктів комунальної гігієни в Дніпропетровській області складав понад 100 тис. перевірок на рік, ефективність перевірок була висока: в окремі роки майже у 80-90 % випадках (p<0,05) виявлялись порушення санітарного законодавства, за які лікарі-гігієністи складали протоколи про порушення санітарних норм, а відповідно головні державні санітарні лікарі територій застосовували адміністративні та адміністративно-запобіжні заходи. У 2007 році після введення в дію Закону України «Про основні засади державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності» організація перевірок змінилася, а саме суттєво у 30 та більше разів (p<0,05) зменшилися обсяги контрольної та попереджувальної функцій. Всі об'єкти поточного нагляду з 2008 року були поділені на три великі групи санепідризику: високого, які підлягали перевірці один раз на рік, середнього — один раз на три роки та невеликого — один раз на п'ять років. Перевіряти можна було тільки за наявності уніфікованого акту перевірки, яких на теперішній час діє всього 5: з питань питного водопостачання, промислових об'єктів, радіотехнічних об'єктів, лікувально-профілактичних закладів, дошкільних начальних закладів. Результати перевірки та виявлені порушення треба відмічати тільки за тими питаннями, які перелічені в акті,як правило на 30-59 % менш, ніж передбачено відповідними санітарними правилами (p<0,05). Так, зовсім неможливо тепер застосовувати уніфіковані акти перевірок лікувально-профілактичних закладів, тому що в акті не застосовані Державні санітарні норми і правила «Санітарно-протиепідемічні вимоги до закладів охорони здоров'я, що надають первинну медичну (медико-санітарну) допомогу», затверджені наказом МОЗ України від 02.04.2013 № 259, а такі медичні установи переважають в Україні. Відповідно, з реструктуризацією установ Держсанепідслужби з 50 санепідстанцій залишилось всього до двох десятків установ управління санепідслужби (p<0,05), також були повністю відокремлені лабораторні підрозділи, які тепер перейшли до складу центрів контролю та профілактики хвороб.м А з 2014 року функції ліквідованого Урядом України Держсанепіднагляду були передані зовсім новій структурі — Держпродспоживслужбі Мінагрополітики. Відповідно у декілька разів зменшилась і кількість фахівців гігієністів (p<0,05).

Згідно зі статтею 42 Закону України «Про адміністративні правопорушення» залишилось право працівників санепідслужби застосовувати адміністративні заходи, яке з 2015 року поступово зійшло на нівець (p<0,05). А з 2019 року, під час коронавірусної пандемії та великомасштабної агресії росії проти України (2022) встановлений мораторій на проведення контрольних функцій з боку фахівців санепідслужби.

Висновки. За останні 20 років внаслідок об'єктивних та суб'єктивних причин, неодноразових реорганізацій, обсяг та ефективність контрольних та попереджувальних функцій фахівців гігієністів з комунальної гігієни санепідустанов Дніпропетровської області суттєво зменшився.

З метою її відновлення доцільно, на нашу думку, відповідно до статті 5 ЗУ «Про систему громадського здоров'я» до відміни мораторію на перевірки визначити на законодавчому рівні:

- сфери та об'єкти господарської діяльності, які можуть становити ризик для санітарно-епідемічного благополуччя населення;
- відновити функцію здійснення державного санітарного нагляду (контролю) у цих сферах господарської діяльності;
- визначити ступінь та порядок відповідальності та заходів впливу за порушення вимог санітарного законодавства; зокрема, встановлення заборони, припинення, обмеження, призупинення, вилучення, знищення, утилізації небезпечних для життя і здоров'я людини об'єктів, робіт, товарів, послуг, відсторонення від роботи або іншої діяльності осіб, які становлять загрозу для здоров'я населення.

Ключові слова: громадське здоров'я, санітарне та епідемічне благополуччя, контрольні заходи, адміністративні та адміністративно-запобіжні заходи.

 Creative Commons «Attribution» 4.0

ІНІЦІАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ФІТОФАРМАКОНАГЛЯДУ ЯК РЕАГУВАННЯ НА ВИКЛИКИ БЕЗПЕКИ РОСЛИННИХ ПРЕПАРАТІВ

Зайченко Г.В., Козак Н.Д., Козак Д.О.

Кафедра фармакології
В.о. завідувачки кафедри: д.мед.н, професор Гнатюк В.В.
Національний медичний університет імені О.О. Богомольця
Київ, Україна

Вступ. Необхідність виокремлення напрямку фітофармаконагляду, або гербанагляду (від англ. herbavigilance) як складового елемента загальної системи постмаркетингового нагляду лікарських засобів, зокрема рослинних препаратів, стає все більш нагальною через призму викликів, що постають під час застосування вказаних лікарських засобів. Серед пацієнтів, які віддають перевагу застосуванню рослинних ліків, побутує стереотипне уявлення, яке не має за собою наукового підґрунтя, що фітопрепарати жодним чином не провокують появи у них побічних реакцій лікарських засобів, оскільки вони мають природне походження від лікарської рослинної сировини, на відміну від ліків синтетичного походження. І хоча рослинні препарати дійсно не викликають серйозних побічних реакцій лікарських засобів, що можуть призводити до смерті, інвалідизації або втрати працездатності, згідно з даними Huang et al. (2014), будь-який активний фармацевтичний інгредієнт, який надходить в організм, чинить фармакологічну дію та викликає терапевтичний ефект, в тому числі й діюча речовина природного рослинного походження, здатна змінювати фізіологічні показники та викликати фармакодинамічну відповідь, а отже, побічні реакції лікарських засобів є потенційно можливими, як стверджує Hoklu (2016).

Метою дослідження було обґрунтувати доцільність впровадження системи фітофармаконагляду в контексті запобігання та мінімізації викликів, які постають під час застосування рослинних препаратів.

Матеріали і методи роботи. В процесі формування тез автори вдавалися до опрацювання наукової літератури за темою дослідження, методів інформаційного синтезу, порівняння та узагальнення. Було проаналізовано дослідницькі джерела в наукометричних базах Scopus, PubMed та Google Scholar, починаючи з 2014 року і до теперішнього часу.

Огляд. В ході застосування фітопрепаратів постає низка проблем, які здатні призводити до виникнення побічних реакцій лікарських засобів. Окрім фармакологічних ефектів біологічно активних речовин, що входять до складу рослинних лікарських засобів, слід акцентувати увагу на міжлікарських взаємодіях, міжлікарсько-рослинних взаємодіях, можливому забрудненню лікарської рослинної сировини. Фактом, що підтверджує вищенаведене явище, є значна кількість публікацій в базі PubMed, що описує побічні реакції ліків і дієтичних добавок на основі лікарської рослинної сировини, особливо комбінованих засобів. Тим не менш, переважна більшість з них не можуть бути ідентифіковані у зв'язку з недостатністю наявної інформації про склад рослинних лікарських засобів.

Крім того, слід звернути увагу на такі проблеми, пов'язані із застосуванням фітопрепаратів, як неправильне маркування та недостатньо вивчений склад композиції лікарської рослинної сировини, неадекватне дозування фітопрепаратів, неналежна стандартизація для дозування активного фармацевтичного інгредієнта рослинного лікарського засобу, а також складнощі вибору бажаної лікарської форми.

Висновок. Започаткування системи фітофармаконагляду є основоположним критерієм підвищення безпеки застосування рослинних лікарських засобів серед пацієнтів у зв'язку зі значною кількістю викликів, що пов'язані з розробкою та застосуванням фітопрепаратів – від забруднення лікарської рослинної сировини та її стандартизації до відповідного маркування.

Ключові слова: фармаконагляд, фітофармаконагляд, рослинні лікарські засоби, фітопрепарати, безпека ліків, побічні реакції лікарських засобів.

 ISSN 2786-6661

АКТУАЛЬНІСТЬ ВИКЛАДАННЯ ПИТАНЬ ІНФЕКЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ У ПІДГОТОВЦІ МАЙБУТНІХ ЛІКАРІВ-СТОМАТОЛОГІВ

Зубленко О.В., Петрусевич Т.В., Фогель М.С.

кафедра епідеміології та доказової медицини,
Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, м. Київ, Україна

Вступ. Інфекційний контроль у стоматологічній практиці є одним із ключових компонентів забезпечення безпеки пацієнтів та медичних працівників. Стоматологічна допомога пов'язана з постійним контактом із кров'ю, слиною, аерозолями та гострими інструментами, що створює ризик передачі збудників інфекційних хвороб. Навіть незначні порушення правил асептики, антисептики, дезінфекції та репроцесингу можуть призвести до виникнення випадків інфікування або спалахів інфекцій, пов'язаних з наданням медичної допомоги (ІПМНД). Дотримання принципів інфекційного контролю дозволяє мінімізувати ризики професійного інфікування персоналу, запобігати передачі інфекцій між пацієнтами та забезпечувати високий рівень якості та безпеки стоматологічної допомоги. У сучасних умовах питання інфекційного контролю є не лише професійним обов'язком лікаря-стоматолога, а і важливим показником якості роботи стоматологічного закладу та довіри пацієнтів до медичної системи.

Мета. Узагальнити інформацію по вивченню питань ІПНМД та інфекційного контролю на кафедрі епідеміології та доказової медицини для спеціальності 221 «Стоматологія» та данні наукових джерел щодо цього питання.

Матеріали і методи. Проведено наративний огляд літератури на основі наукових робіт з каталогу журналів відкритого доступу щодо питань інфекційного контролю лікарів-стоматологів та контент-аналіз навчальної програм, яка розроблена співробітниками кафедри епідеміології та доказової медицини та використовуються в навчальному процесі на додипломному рівні для майбутніх стоматологів.

Огляд. Лікарі-стоматологи традиційно належать до групи підвищеного професійного ризику щодо інфікування вірусами гепатиту В (HBV) та гепатиту С (HCV) через регулярний контакт із кров'ю, слиною та гострими інструментами. У наукових оглядах наголошується, що до впровадження масової вакцинації стоматологи вважалися однією з професій із найвищим ризиком інфікування HBV серед медичних працівників. Однак завдяки вакцинації проти HBV та впровадженню сучасних заходів інфекційного контролю рівень захворюваності в багатьох країнах значно знизився. За даними великого метааналізу, який охопив понад 224 тис. медичних працівників із 71 країни, середня поширеність поточної HBV-інфекції (HBsAg-позитивність) серед медичних працівників становила близько 2,3%, причому найвищі показники реєструвалися в країнах Африки та Азії. Для стоматологів ризик історично був вищим, ніж для багатьох інших професій. Дослідження серед стоматологів у Берліні показало, що 7% стоматологів мали серологічні ознаки перенесеної HBV-інфекції, тоді як серед стоматологічних асистентів цей показник становив 1%.

Сучасна стоматологія стикається з низкою викликів, які обумовлюють особливу актуальність інфекційного контролю:

- ризик передачі вірусних гепатитів В і С, ВІЛ-інфекції та інших гемоконтактних інфекцій;
- циркуляція респіраторних інфекцій, зокрема грипу, COVID-19 та інших вірусних захворювань;
- широке використання інструментів, що генерують аерозоль, який може містити патогенні мікроорганізми;
- зростання поширеності антибіотикорезистентних мікроорганізмів;
- необхідність дотримання сучасних національних та міжнародних вимог щодо профілактики інфекцій та інфекційного контролю.

Важливими складовими інфекційного контролю в стоматологічних закладах є:

- дотримання стандартних запобіжних заходів, зокрема техніки проведення та показань для гігієни рук;
- правильне використання засобів індивідуального захисту;
- безпечне поводження з гострими інструментами;
- ефективна дезінфекція та репроцесинг медичних виробів;
- безпечне управління медичними відходами;
- вакцинація медичних працівників та інші заходи з профілактики ІПНМД.

 Creative Commons «Attribution» 4.0

Для вивчення питань ІПНМД та інфекційного контролю, включених у навчальні програми та навчальні плани для спеціальності 221 «Стоматологія» для студентів 3-го року навчання, передбачено 2 години. Тема практичного заняття: "Профілактичні та протиепідемічні заходи щодо інфекцій, які пов'язані із наданням медичної допомоги". Зміст теми: поняття про інфекції, пов'язані із наданням медичної допомоги; етіологічна структура ІПНМД; джерела збудників та шляхи передачі ІПНМД, епідеміологічні особливості та стратегія боротьби з ІПНМД, система інфекційного контролю.

Висновок. Аналіз наукових джерел свідчить, що лікарі-стоматологи належать до групи підвищеного професійного ризику щодо інфекцій, пов'язаних із наданням медичної допомоги, що обумовлено постійним контактом із кров'ю, біологічними рідинами, аерозолями та медичними інструментами. Сучасні виклики, зокрема поширення гемоконтактних і респіраторних інфекцій, а також антибіотикорезистентних мікроорганізмів, вимагають від майбутніх стоматологів ґрунтовних знань та практичних навичок з інфекційного контролю. Водночас аналіз навчальної програми показав, що на вивчення питань профілактики ІПНМД та інфекційного контролю відведено лише 2 години, що не відповідає сучасним потребам професійної підготовки. З огляду на важливість забезпечення інфекційної безпеки пацієнтів і медичних працівників, доцільним є запровадження окремої навчальної дисципліни «Інфекційний контроль» у системі підготовки лікарів-стоматологів, яка забезпечить формування необхідних компетентностей щодо профілактики та контролю інфекцій у стоматологічній практиці.

Ключові слова: інфекційний контроль, інфекції пов'язані з наданням медичної допомоги, навчальна програма, стоматологи.

ЖІНОЧА СЕКСУАЛЬНА ДИСФУНКЦІЯ: СУЧАСНІ АСПЕКТИ БЕЗПЕЧНОГО МУЛЬТИДИСЦИПЛІНАРНОГО ПІДХОДУ

Каліновська В.В.

Науковий керівник: к.мед.н., асистент Курочка В.В.
Кафедра факультетського акушерства і гінекології
Завідувач кафедри: д.мед.н., професор, заслужений діяч науки і техніки України Бенюк В.О.
Національний медичний університет імені О.О. Богомольця
м. Київ, Україна

Актуальність. Жіночі сексуальні дисфункції (ЖСД) — це поширена проблема сучасності, яка охоплює до 60% жінок у всьому світі. В Україні з 2022 року її гострота значно посилилася через хронічний стрес та тривогу, викликані війною. Вирішення цього питання є критично важливим для покращення фізичного, психоемоційного здоров'я та якості життя жінок.

Мета дослідження. обґрунтувати доцільність мультидисциплінарного підходу в діагностиці ЖСД на основі сучасних доказових наукових даних.

Матеріали і методи. вивчення та узагальнення актуальних наукових статей і публікацій.

Результати дослідження. Сексуальні дисфункції у жінок спричиняються порушенням гіпоталамо-гіпофізарно-надниркової системи, підвищенням кортизолу, що пригнічує синтез естрадіолу та знижує чутливість і лібідо. За результатами досліджень останніх років основними скаргами ЖСД є: зниження лібідо, труднощі з оргазмом, диспареунія, тривожні розлади та депресія.

ЖСД мають комплексний характер і включають біологічні, психологічні та соціокультурні аспекти. Ефективна терапія потребує інтегрованого підходу із залученням медиків, психологів, сексологів і соціальних працівників. Такий міждисциплінарний підхід забезпечує всебічну оцінку стану пацієнтки з акцентом на її фізичне, емоційне та соціальне благополуччя. Координація спеціалістів є ключовою для створення індивідуальних терапевтичних планів. Також важлива довірлива комунікація між пацієнткою та лікарем, використання доказових методів лікування та інформування про доступні варіанти терапії для покращення ефективності.

Комплексна діагностика включає: збір анамнезу, оцінку та визначення індексу жіночої сексуальної функції (Female Sexual Function Index), дистресу (шкала Female Sexual Distress Scale-Revised), тривожності (шкала Hospital Anxiety and Depression Scale), опитувальник Sexual Health Assesment of Practices and Experiences (покращує збір анамнезу та зменшує дискомфорт); гінекологічний огляд, оцінка гормо-

Creative Commons «Attribution» 4.0

нального профілю, інфекційного статусу, ультразвукового дослідження органів малого таза; динамічний моніторинг психічного та сексуального здоров'я пацієнток сексологом та психотерапевтом.

Гінекологічний огляд фокусується на виявленні причин больового синдрому, таких як вульводинія, ендометріоз, генітоуринарний синдром менопаузи або гіпертонус м'язів тазового дна. Ультразвукове дослідження малого таза сприяє виявленню структурних патологій (ендометріоз, злуки), що можуть спричиняти диспареунію.

Висновки. Сучасна діагностика сексуальних порушень вимагає комплексного мультидисциплінарного підходу. Використання скринінгових опитувальників, детальний збір сексуального анамнезу, а також обстеження гінеколога, сексолога та психотерапевта дозволяють своєчасно ідентифікувати проблеми, забезпечити повноцінну комплексну допомогу та покращити якість життя жінок.

Ключові слова: жіночі сексуальні дисфункції, індекс жіночої сексуальної функції, сексуальний анамнез, гінекологічний огляд, мультидисциплінарний підхід, якість життя.

РОЗВИТОК ГРОМАДСЬКОГО ЗДОРОВ'Я ТА ПРОФІЛАКТИЧНОЇ МЕДИЦИНИ ЯК ОДИН ІЗ МЕХАНІЗМІВ РОЗБУДОВИ МЕДИЧНОЇ ГАЛУЗІ В УКРАЇНІ

Камінський Р.Ф., Дзевульська І.В., Малиновська М.М.

Кафедра описової та клінічної анатомії
Завідувач кафедри: Дзевульська І.В., доктор медичних наук, професор
Національний медичний університет імені О.О. Богомольця
м. Київ, Україна

Вступ (Introduction). За визначенням Всесвітньої організації охорони здоров'я, громадське здоров'я — це наука та практика попередження захворювань, продовження тривалості життя і зміцнення здоров'я населення шляхом організованих зусиль суспільства. У сучасних умовах розвиток громадського здоров'я та профілактичної медицини набуває особливого значення для України, оскільки система охорони здоров'я стикається з одночасним впливом інфекційних, хронічних неінфекційних, соціальних і демографічних викликів. Окремої уваги потребує тенденція до зниження тривалості активного життя осіб працездатного віку, зростання ризиків інвалідизації та періодична поява локальних спалахів інфекційних захворювань у різних регіонах держави.

Мета (Aim). Проаналізувати значення розвитку громадського здоров'я та профілактичної медицини для покращення роботи медичної галузі, зменшення ризику спалахів інфекційних захворювань, профілактики інвалідизації осіб працездатного віку та підвищення тривалості життя населення.

Матеріали і методи (Materials and methods). Проведено огляд сучасних підходів до організації громадського здоров'я, профілактичної медицини та інфекційного контролю. Узагальнено роль центрів громадського здоров'я, епідеміологічного моніторингу, профілактичних програм, підготовки кадрових ресурсів і міжсекторальної взаємодії у зміцненні системи охорони здоров'я. Особливу увагу приділено значенню висококваліфікованих фахівців у сфері інфекційного контролю, аналітики медичних даних, профілактики хронічних захворювань і формування здоров'язбережувальної поведінки населення.

Огляд (Review). Громадське здоров'я є стратегічним напрямом розвитку сучасної медицини, оскільки зміщує акцент із лікування вже сформованої патології на її попередження. Такий підхід дозволяє не лише зменшити кількість тяжких ускладнень та випадків інвалідизації, але й оптимізувати використання ресурсів системи охорони здоров'я. Профілактична медицина забезпечує раннє виявлення факторів ризику, своєчасне проведення скринінгових програм, імунопрофілактику, санітарно-освітню роботу та впровадження заходів, спрямованих на збереження працездатності населення.

Важливу роль у цьому процесі відіграють центри громадського здоров'я, які забезпечують моніторинг інфекційної ситуації, збір та аналіз епідеміологічних даних, координацію профілактичних заходів і взаємодію з медичними закладами різних рівнів. Завдяки регулярному спостереженню за динамікою інфекційних захворювань можливе раннє виявлення потенційних спалахів, оперативне реагування та попередження їх подальшого поширення. У цьому контексті кадрове забезпечення системи громадського здоров'я є одним із ключових чинників ефективності профілактичної медицини.

 Creative Commons «Attribution» 4.0

Збільшення кількості висококваліфікованих фахівців у галузі інфекційного контролю сприяє підвищенню якості епідеміологічного нагляду, удосконаленню системи протиепідемічних заходів та зменшенню ризику внутрішньолікарняного поширення інфекцій. Такі спеціалісти мають володіти не лише медичними знаннями, але й навичками аналізу даних, комунікації ризиків, організації профілактичних програм і прийняття рішень в умовах обмеженого часу.

Профілактична медицина також має безпосереднє значення для зменшення смертності серед осіб працездатного віку. Попередження серцево-судинних, метаболічних, інфекційних та професійно зумовлених захворювань дозволяє зберегти трудовий потенціал суспільства, знизити економічні втрати та підвищити якість життя населення. Комплексний підхід передбачає поєднання медичних, освітніх, соціальних і управлінських заходів, що робить громадське здоров'я не лише медичною, а й суспільно важливою галуззю.

Окремого значення набуває формування культури відповідального ставлення до власного здоров'я. Інформаційні кампанії, доступність профілактичних оглядів, вакцинації, скринінгових програм і консультацій сприяють підвищенню обізнаності населення та формуванню довіри до системи охорони здоров'я. Саме тому розвиток громадського здоров'я має розглядатися як довгострокова інвестиція у стабільність і стійкість медичної галузі України.

Висновки (Conclusions). Розвиток громадського здоров'я та профілактичної медицини є одним із важливих механізмів розбудови медичної галузі в Україні. Ефективна робота центрів громадського здоров'я, підтримка ВООЗ, підготовка кваліфікованих фахівців, посилення інфекційного моніторингу та впровадження профілактичних програм сприяють зменшенню рівня смертності й інвалідизації серед осіб працездатного віку. Подальше вдосконалення цієї системи дозволить підвищити готовність держави до епідеміологічних викликів, покращити якість медичної допомоги та забезпечити збереження здоров'я населення.

Ключові слова (Key words). Громадське здоров'я; профілактична медицина; епідеміологічний моніторинг; інфекційний контроль; система охорони здоров'я.

СИМУЛЯЦІЙНЕ НАВЧАННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ФОРМУВАННЯ КУЛЬТУРИ БЕЗПЕКИ ПАЦІЄНТІВ У ПІДГОТОВЦІ МАЙБУТНІХ ЛІКАРІВ

Кириця Н.С., Виговська О.В., Шадрін В.О.

Кафедра дитячих інфекційних хвороб
Завідувачка кафедри: д.мед.н., професор Виговська О.В.
Національний медичний університет ім. О.О. Богомольця
Київ, Україна

Вступ. Одним із ключових компонентів якості медичної освіти є безпека пацієнтів. Найчастіше медичні помилки стаються не стільки через брак теорії, скільки через недостатній рівень практичних навичок, помилки при комунікації, ігнорування алгоритмів та розгубленість в стресових ситуаціях чи при надзвичайних станах.

Класичні методи викладання не завжди здатні закласти навички безпечної поведінки у майбутнього фахівця. Натомість симуляційні платформи пропонують середовище, де майбутній лікар тренується без жодної загрози для реальних пацієнтів. Саме тому культуру безпеки важливо виховувати ще на етапі додипломної освіти.

Сьогодні саме симуляційний формат є одним із ключових інструментів, що дозволяє сформувати у студентів стійкі компетенції щодо захисту пацієнта від медичних ризиків.

Мета дослідження полягає в аналізі симуляційного навчання як інструменту виховання культури безпеки пацієнтів у майбутніх колег та оцінці його вагомості для забезпечення високої якості майбутньої медичної практики.

Матеріали: сценарії симуляційних занять для здобувачів освіти 6 курсу спеціальності «Педіатрія» на кафедрі дитячих інфекційних хвороб, результати оцінювання здобувачів освіти (чек-листи), форми зворотного зв'язку здобувачів освіти щодо ефективності симуляційного навчання.

Методи: педагогічне спостереження, аналіз результатів навчання, порівняльний аналіз сформованих практичних навичок.

Результати: Під час дослідження проведено зріз знань та умінь випускників 6 курсу за напрямом «Педіатрія» (n=26). Інтерактивні сценарії передбачали покрокове виконання протоколів інтенсивної терапії при загрозливих станах у дітей: септичному шоці на тлі менінгококцемії, дегідратації тяжкого ступеня (ексикозі), гострих анафілактичних реакціях та фебрильних судомах. Фокус уваги викладачів був спрямований на правильність первинного огляду, швидкість прийняття рішень, специфіку спілкування з родиною пацієнта та злагодженість дій у команді.

Моделювання ситуацій спиралося на принципи високої реалістичності, що дало змогу майбутнім лікарям отримати перший досвід у нешкідливому для хворих просторі. Ключовим етапом став дебрифінг: детальний розбір власних дій та помилок допоміг трансформувати клінічне мислення, розвинути персональну відповідальність та усвідомити важливість кожного пункту протоколу.

Навчальний процес будувався за чіткою чотириетапною схемою:

1. Еталонний показ маніпуляції викладачем у реальному темпі;
2. Повторна демонстрація з детальним коментуванням кроків;
3. Виконання алгоритму під ретельним словесним контролем з боку студентської групи;
4. Самостійне відпрацювання сценарію кожним учасником підгрупи.

Об'єктивний аналіз фінальних чек-листів засвідчив позитивні зрушення: точність дотримання медичних протоколів зросла у 77 % (20 осіб); частота фатальних помилок знизилася у 85 % (22 студенти); показники успішної інтерпрофесійної взаємодії покращилися у 46 % (12 осіб). Крім того, 85 % (22 студенти) продемонстрували глибоке розуміння ролі стандартизованих чек-листів у повсякденній практиці.

Анкети зворотного зв'язку підтвердили, що симуляції формують комфортне психологічне середовище. У ньому майбутні лікарі без остраху розбирають власні промахи та отримують об'єктивну експертну оцінку. Дебрифінг у цьому контексті є обов'язковим елементом рефлексії, що формує критичний погляд на свої дії та закладає підвалини безпечної поведінки лікаря.

Робота доводить, що інтеграція симуляційних технологій переорієнтовує медичну освіту від пасивного накопичення теорії до практичного синтезу клінічних компетентностей. Це охоплює як суто технічні навички, так і soft skills (нетехнічні вміння), без яких неможливо гарантувати безпеку лікування.

Висновки

1. Симуляційні методики дієво трансформують підходи до безпеки пацієнтів у майбутній діяльності лікарів.
2. Робота за клінічними сценаріями комплексно розвиває не лише мануальні навички, а й навички комунікації, координації в команді та швидкого прийняття рішень.
3. Впровадження симуляцій у структуру додипломної підготовки є прямим інструментом підвищення загальної якості національної охорони здоров'я.
4. Розширення симуляційної складової є стратегічним пріоритетом для адаптації медичної освіти до сучасних екстремальних викликів.

Ключові слова: клінічна компетентність, медичні помилки / профілактика і контроль, педіатрія / освіта, симуляційний тренінг, студенти-медики.

Keywords: Clinical Competence, Medical Errors / prevention & control, Pediatrics / education, Simulation Training, Students, Medical.

ЕМОЦІЙНЕ ВИГОРАННЯ МЕДИЧНИХ СЕСТЕР У РОБОТІ З ПАЦІЄНТАМИ З МЕТАБОЛІЧНИМИ РОЗЛАДАМИ: ПОШИРЕНІСТЬ ТА ДІАГНОСТИЧНІ ПІДХОДИ

Козак О.А.

Кафедра вищої медсестринської освіти, догляду за хворими та клінічної імунології
Тернопільський національний медичний університет імені І.Я. Горбачевського МОЗ України
Тернопіль, Україна

Вступ. Метаболічні розлади — цукровий діабет 2 типу, ожиріння, метаболічний синдром, дисліпідемії — є одними з найпоширеніших хронічних захворювань сучасності та потребують тривалого медичного супроводу. Медичні сестри відіграють ключову роль у веденні таких пацієнтів: здійснюють

 Creative Commons «Attribution» 4.0

моніторинг глікемії й антропометричних показників, навчають самоконтролю, надають психологічну підтримку та координують роботу міждисциплінарної команди. Водночас хронічний характер цих захворювань, висока залежність пацієнтів від персоналу, необхідність постійної емоційної залученості та нерідко недостатня оцінка праці медичних сестер формують передумови для розвитку синдрому емоційного вигорання (СЕВ). Синдром проявляється емоційним виснаженням, деперсоналізацією та зниженням відчуття особистих досягнень, що негативно позначається як на якості медичної допомоги, так і на здоров'ї фахівця.

Мета. Оцінити поширеність синдрому емоційного вигорання серед медичних сестер, які працюють з пацієнтами з метаболічними розладами, та визначити найбільш інформативні інструменти його діагностики.

Матеріали і методи. Проведено анонімне анкетування 60 медичних сестер відділень ендокринології та терапії Тернопільської університетської лікарні. Критерії включення: стаж роботи не менше 1 року, безпосередній контакт з пацієнтами з метаболічними розладами не менше 50% робочого часу. Для визначення рівня СЕВ використовували опитувальник Maslach Burnout Inventory (MBI) у валідованій україномовній версії, який оцінює три субшкали: емоційне виснаження (ЕВ), деперсоналізацію (Д) та особисті досягнення (ОД). Додатково застосовували шкалу сприйнятого стресу (PSS-10). Статистичний аналіз виконано у SPSS v.26: описова статистика (M±SD), критерій χ^2, кореляційний аналіз Спірмена; рівень значущості $p<0,05$.

Результати. Середній вік респондентів склав 36,4±8,2 року, стаж роботи — 12,7±6,9 року. За шкалою MBI високий рівень ЕВ виявлено у 26 осіб (43,3%), середній — у 21 (35,0%), низький — у 13 (21,7%). Деперсоналізацію високого ступеня зафіксовано у 18 респондентів (30,0%), середнього — у 24 (40,0%). Зниження показника ОД встановлено у 22 медсестер (36,7%). Повний синдром вигорання (висока ЕВ + висока Д + низька ОД) діагностовано у 14 осіб (23,3%; 95% ДІ: 13,4–36,0%). Середній бал за PSS-10 склав 22,1±4,6, що відповідає помірно-високому рівню стресу. Виявлено статистично значущу позитивну кореляцію між PSS-10 та субшкалою ЕВ ($r=0,61$; $p<0,001$) і субшкалою Д ($r=0,48$; $p<0,001$). Медичні сестри зі стажем понад 15 років мали достовірно вищі показники ЕВ порівняно з колегами зі стажем до 5 років (28,4±5,1 vs 19,6±6,3; $p=0,002$). Частота вигорання не різнилася між відділеннями ендокринології та загальної терапії ($\chi^2=1,84$; $p=0,17$).

Висновки. Майже кожна четверта медична сестра (23,3%), яка працює з пацієнтами з метаболічними розладами, має ознаки повного синдрому емоційного вигорання; у 43,3% виявлено критичний рівень емоційного виснаження. Найбільш інформативним скринінговим підходом є поєднане застосування MBI та PSS-10, що дозволяє диференціювати окремі компоненти вигорання та загальний рівень психоемоційного навантаження. Тривалий стаж роботи є незалежним фактором ризику ЕВ. Отримані результати обґрунтовують необхідність впровадження регулярного моніторингу психоемоційного стану медичного персоналу, супервізії та балінтовських груп.

Ключові слова: burnout, nurses, metabolic disorders, Maslach Burnout Inventory, emotional exhaustion.

АУТОЛОГІЧНІ РЕГЕНЕРАТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК СКЛАДОВА БЕЗПЕЧНОЇ МЕДИЧНОЇ ДОПОМОГИ ПРИ НЕІНФЕКЦІЙНИХ ЗАХВОРЮВАННЯХ

Копичко Юлія Олександрівна

Клініка естетичної косметології «AURELIS», Київ, Україна

Вступ. Неінфекційні захворювання залишаються провідною причиною смертності, інвалідизації та зниження якості життя населення. Сучасна медицина дедалі більше орієнтується не лише на лікування захворювань, а й на забезпечення безпеки пацієнта та відновлення функціонального резерву організму. У цьому контексті особливого значення набувають аутологічні регенеративні технології, що використовують власні біологічні ресурси пацієнта для стимуляції процесів відновлення тканин.

Мета. Проаналізувати роль аутологічних регенеративних технологій у підвищенні безпеки та якості медичної допомоги при неінфекційних захворюваннях.

Матеріали та методи. Проведено огляд сучасних наукових публікацій, клінічних рекомендацій та досліджень щодо застосування аутологічних концентратів тромбоцитів (PRP, PRF) та регенеративних підходів у клінічній практиці.

Огляд. Регенеративна медицина є одним із найбільш перспективних напрямків сучасної охорони здоров'я. Особливу увагу привертають аутологічні технології, що базуються на використанні власного біологічного матеріалу пацієнта та характеризуються високим профілем безпеки. PRP і PRF є джерелом факторів росту, зокрема PDGF, VEGF, TGF-β та IGF, які беруть участь у процесах ангіогенезу, проліферації клітин, ремоделювання позаклітинного матриксу та регенерації тканин. Використання аутологічних препаратів мінімізує ризики алергічних реакцій, імунологічної несумісності та передачі інфекційних агентів. Технології PRP та PRF успішно застосовуються в ортопедії, стоматології, спортивній медицині, дерматології, лікуванні хронічних ран та естетичній медицині. У регенеративній дерматології вони сприяють активації фібробластів, стимуляції неоколагеногенезу, покращенню мікроциркуляції та міжклітинної комунікації. Перспективним напрямком є поєднання аутологічних концентратів факторів росту з біоматриксами та клітинними технологіями, що відкриває нові можливості персоналізованої медицини.

Висновки. Аутологічні регенеративні технології є важливою складовою безпечної та персоналізованої медичної допомоги. Використання PRP та PRF дозволяє активувати природні механізми відновлення організму, знизити ризик небажаних реакцій та підвищити ефективність лікування. Подальший розвиток регенеративної медицини сприятиме впровадженню більш безпечних і біосумісних підходів до ведення пацієнтів із неінфекційними захворюваннями.

Ключові слова: PRP, PRF, регенеративна медицина, безпека пацієнта, регенерація тканин.

ЕВОЛЮЦІЯ ЕПІДЕМІОЛОГІЧНОГО НАГЛЯДУ: ВІД ТРАДИЦІЙНИХ ПІДХОДІВ ДО ЦИФРОВОЇ ЕПІДЕМІОЛОГІЇ

Короленко В.В.

Кафедра епідеміології та доказової медицини
Завідувач кафедри: к.мед.н., доцент Петрусевич Т.В.
Національний медичний університет імені О.О. Богомольця
м. Київ, Україна

Вступ: Епідеміологічний нагляд - це один із ключових інструментів громадського здоров'я, який забезпечує безперервний збір, аналіз, інтерпретацію та використання даних для своєчасного виявлення і контролю загроз здоров'ю населення. Традиційні підходи до епідеміологічного нагляду ґрунтуються переважно на аналізі офіційної статистичної, клінічної та лабораторної інформації, проте вони почали стикатися з суттєвими викликами, такими, як: затримки у зборі та обробці даних. В свою чергу перші використання цифрових технологій в епідеміологічному нагляді посприяли появі «е-епідеміологія» (e-epidemiology), що сформувалася на початку 2000-х років і передбачала використання Інтернету як інструменту збору епідеміологічних даних, зокрема через онлайн-опитування та електронні дослідницькі платформи. Подальший розвиток інформаційних технологій та поява нових джерел даних, поширення мережі Інтернет, мобільних пристроїв та електронних інформаційних ресурсів сприяв формування більш широкого підходу «цифрової епідеміології» (Digital Epidemiology). Зростання викликів для систем громадського здоров'я допомогли посилити цифровізацію як один з важливих структурних компонентів сучасного реагування на загрози здоров'ю населення.

Мета: узагальнити сучасні підходи до організації епідеміологічного нагляду в системах громадського здоров'я, проаналізувати основні тенденції його еволюції та розвитку від традиційних підходів до цифрової епідеміології відповідно до міжнародних практик та окреслити напрями для подальших досліджень.

Матеріали і методи: У роботі використано бібліосемантичний метод, який передбачав огляд, аналіз та узагальнення українських і закордонних наукових публікацій присвячених сучасним підходам до організації епідеміологічного нагляду, його цифровій трансформації та розвитку в системі громадського здоров'я

Огляд: Цифрова епідеміологія базується на використанні різноманітних цифрових джерел даних, зокрема пошукових запитів, соціальних мереж, електронних медичних записів, мобільних застосунків

 Creative Commons «Attribution» 4.0

та великих масивів даних, що дає змогу отримувати інформацію майже в реальному часі та підвищувати ефективність епідеміологічного нагляду. У цьому контексті штучний інтелект (ШІ) допомагає у швидкій обробці різних даних, включно з просторово-часовими показниками та інформацією із соціальних мереж, прогнозуванні, ранньому виявленню спалахів інфекцій, а також у безперервному моніторингу стану здоров'я населення. Загалом інтеграція ШІ, аналітики великих даних і мобільних технологій значно розширює можливості епідеміологічного нагляду.

Водночас у науковій літературі підкреслюється низка обмежень таких підходів, серед яких етичні та регуляторні виклики, пов'язані із захистом конфіденційності, цифровою нерівністю та фрагментованістю управління даними. У сукупності це визначає необхідність подальшого вдосконалення таких методів, їх валідації в реальних умовах та розробки відповідальних стратегій впровадження цифрових технологій у системи громадського здоров'я.

В Україні поступово формується цифрова трансформація системи епідеміологічного нагляду за захворюваністю, що зокрема базується на впровадженні електронної системи епідеміологічного нагляду (ЕСЕН), електронної інтегрованої системи спостереження за захворюваннями (ЕЛІССЗ) та електронної системи охорони здоров'я (ЕСОЗ) і забезпечує більш оперативний збір та аналіз епідеміологічних даних. Розширення використання цифрових інструментів підвищує можливості моніторингу епідемічної ситуації. У практиці епідеміолога це розширює аналітичні можливості щодо оцінювання розвитку епідемічного процесу та прогнозування його подальшого перебігу.

Висновки: Еволюція епідеміологічного нагляду передбачала перехід від традиційних підходів, заснованих на ретроспективній звітності, до сучасних цифрових систем, що забезпечують майже безперервний моніторинг епідситуації. Розвиток інформаційних технологій і поява нових цифрових джерел даних зумовили формування цифрової епідеміології. Впровадження штучного інтелекту вплинуло на інформаційно-аналітичні можливості епіднагляду, зокрема щодо виявлення тенденцій і прогнозування поширення інфекцій. Сучасний епідеміологічний нагляд набуває проактивного характеру, орієнтованого на раннє виявлення загроз для громадського здоров'я. У результаті цифрова епідеміологія та ШІ є перспективним доповненням до класичного епіднагляду, що можуть сприяти підвищенню ефективності управлінських рішень у громадському здоров'ї.

Ключові слова: громадське здоров'я, цифрова епідеміологія, цифрові інструменти, профілактика, великі дані.

БІОТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗНЕШКОДЖЕННЯ ЛІКАРНЯНИХ СТІЧНИХ ВОД ЯК СКЛАДОВА САНІТАРНО-ТЕХНІЧНИХ ЗАХОДІВ З ПРОФІЛАКТИКИ НОЗОКОМІАЛЬНИХ ІНФЕКЦІЙ

Коршун М.М., Гаркавий С.І., Мартіянова Ю.В., Дема О.В.

Кафедра гігієни, екологічного і професійного здоров'я
Завідувач кафедри: акад. НАМН України, д. мед. н., проф. Яворовський О.П.
Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, Київ, Україна

Вступ. За даними ВООЗ інфекційні захворювання, що пов'язані з наданням медичної допомоги, призводять до значних негативних соціально-економічних наслідків. Зокрема, вони спричиняють додаткову шкоду здоров'ю значній кількості госпіталізованих пацієнтів, а саме (5–10)% – у розвинутих країнах та подекуди більш ніж 40% – у країнах, що розвиваються; створюють додаткові ліжко-дні стаціонарного лікування (лише у Європі – 25 млн на рік); збільшують у (3–4) рази вартість лікування та у (5–7) разів ризик летальних наслідків. В Україні проблема ускладнюється низкою об'єктивних (руйнування внаслідок бойових дій, брак фінансування, недосконаліть системи реєстрації тощо) та суб'єктивних (недостатня обізнаність медичного персоналу, замовчування, приховування тощо) чинників, серед яких – незадовільний санітарно-технічний стан лікувально-профілактичних закладів (ЛПЗ), зокрема їх недосконале водопостачання та водовідведення. Також далеко не останнє місце посідає неефективна робота систем водопостачання та каналізування ЛПЗ, що зумовлено особливостями їх експлуатації у воєнний час (блекаути, відключення загальноміських комунікацій тощо), що потребує створення автономної інфраструктури.

Creative Commons «Attribution» 4.0

Метою роботи були аналіз та оцінка біотехнологічних методів знешкодження стічних вод (СВ) ЛПЗ як складової санітарно-технічних заходів з профілактики внутрішньо-лікарняних інфекцій та попередження розповсюдження специфічних інфекційних і хімічних забруднень за межі лікарень.

Результати. Біотехнологічне очищення СВ лікарняних закладів, які окремо розташовані (наприклад, у приміській зоні зелених насаджень), або знаходяться в неканалізованих, частково каналізованих або каналізованих за децентралізованою схемою населених пунктах (НП), має відбуватися в спорудах малої каналізації, в тому числі розміщених на території самого ЛПЗ (місцеві каналізаційні споруди). В каналізованих НП біотехнології для очищення лікарняних СВ застосовують на локальних очисних спорудах для попереднього очищення стоків від специфічних забруднювачів перед їх скидом в загальноміську каналізаційну мережу.

Біотехнологічне очищення СВ ЛПЗ передбачає застосування аеробних та анаеробних біохімічних процесів, у ході яких мікроорганізми руйнують органічні речовини, що містяться в СВ та/або їхніх осадах, використовуючи для цього розчинений у воді кисень (процес окиснення), або без доступу кисню, використовуючи як акцептор електронів вуглець органічних сполук (процеси бродіння, гниття).

Знешкодження СВ ЛПЗ відбувається в декілька етапів, основними з яких є механічне (первинне), біологічне (вторинне) очищення та знезараження.

Серед споруд кінцевої механічної очистки (різних типів відстійників) біотехнології застосовані у септиках – відстійниках зі зброджуванням осаду. У септику, крім механічного очищення СВ від завислих речовин, жирів, фосфатів, також нафтопродуктів, відбуваються складні анаеробні процеси розпаду органічних компонентів як осаду, так і рідкої фази СВ. Для механічного очищення СВ інфекційних лікарень, у тому числі туберкульозних, використовують септик-дегельмінтизатор, конструкційні рішення якого дозволяють подавати в товщу осаду водяну пару з лікарняної пральні або котельні, завдяки чому створюються температурні умови пастеризації, що значно прискорює загибель яєць гельмінтів, патогенних та умовно-патогенних мікроорганізмів, тобто одночасно забезпечує знезараження осаду СВ.

Біологічне (вторинне) очищення освітлених СВ ЛПЗ найчастіше полягає в біохімічному окисненні органічних речовин, які знаходяться в рідкій фазі у вигляді тонких суспензій або колоїдних розчинів. Це відбувається в спеціальних очисних спорудах, в яких аеробні мікроорганізми формують спеціалізований мікробіоценоз – біологічну плівку при відтворенні процесів самоочищення в ґрунті (природному або штучно створеному), або активний мул, якщо у споруді моделюють процеси самоочищення у водному середовищі.

До споруд, у яких біологічне очищення перебігає у природному шарі ґрунту, належать малі поля зрошення, поля фільтрації, майданчики підземної фільтрації, фільтруючі траншеї з природним фільтруючим шаром ґрунту. Другу групу складають споруди зі штучно створеним фільтраційним шаром, що моделює ґрунт: біофільтри, піщано-гравійні фільтри, траншеї зі штучним шаром, що фільтрує. Третю групу формують методи та споруди, що відтворюють процеси самоочищення у водоймах, а саме: біологічні ставки, аеротенки, малогабаритні каналізаційні установки заводського виготовлення на повне окиснення СВ: КУ-12; КУ-200; БІО-25; БІО-100; УКО-25; УКО-100 та їх прототипи – циркуляційний окислювальний канал (ЦОК); аероокислювач радіального типу (АРТ); аеротенки-освітлювачі колонного та коридорного типів, симбіотенки тощо.

Останнім часом поширюється застосування споруд для анаеробно-аеробного біологічного очищення СВ – різних типів біореакторів. Згідно з однією з таких технологічних схем, СВ після механічного очищення від завислих речовин та піску потрапляють в двоступеневий анаеробний біореактор, де звільняються від органічних речовин мікроорганізмами, іммобілізованими на волокнистому завантаженні, після чого піддаються аеробному доочищенню у фільтруючих траншеях. Анаеробні біотехнології використовують в UASB-реакторах (Upflow Anaerobic Sludge Blancer reactor – реактор з висхідним потоком через шар анаеробного мулу), в яких не тільки очищають СВ, а й генерують біогаз як джерело енергії. Надзвичайно ефективною виявилася технологічна схема очищення СВ у двох анаеробних біореакторах періодичної дії, двох секціях аеротенків та біологічному ставку.

В той же час варто зазначити, що біотехнології для очищення СВ ЛПЗ мають певні обмеження. Так, біологічні методи не здатні повністю знищити специфічні інфекційні агенти та залишки фармакологічних препаратів, які в свою чергу можуть пригнічувати життєдіяльність мікроорганізмів біологічної плівки та/або гідробіонтів активного мулу. Тому потрібний комплексний підхід до знешкодження СВ ЛПЗ, який має базуватися на поєднанні біотехнологій з фізико-хімічними та комбінованими методами.

 Creative Commons «Attribution» 4.0

Так, в Україні значного поширення набули очисні установки системи «BIOCLERE®», в яких біологічне очищення відбувається на зрошуваному біофільтрі, заповненому спеціальним завантаженням «HUFO®». Установка «BIOCLERE®» складається з первинного відстійника, біофільтрів першого і другого ступенів та хімічного ступеня для редукції сполук фосфору. Очищені СВ можуть відводитися в загальноміську каналізаційну мережу або скидатися у водні об'єкти.

Сучасним методом знешкодження СВ ЛПЗ є застосування мембранних біореакторів (МБР), в яких поєднується біологічне розкладання мікроорганізмами органічних речовин і мембранна фільтрація, що дозволяє затримати бактерії, віруси та деякі хімічні мікрополютанти (наприклад, антибіотики), перш ніж СВ потраплять у міську каналізацію.

Для очищення СВ інфекційних лікарень в Україні запропонована станція біологічного очищення та знезараження стічних вод «ВОДОГРАЙ ВЛ БІО», технологічна схема якої включає механічні решітки для видалення твердих відходів (марлі, серветок, паперу тощо); систему ротаційної біологічної очистки (RBC), в якій за допомогою обертових біодисків здійснюється біологічне очищення рідкої фази СВ. Надлишок біоплівки самопливом надходить у вторинний відстійник і накопичується на його дні у вигляді осаду. Очищені СВ знезаражують озонуванням та ультрафіолетовим випромінюванням, після чого відводять у міську каналізаційну мережу або у відкриту водойму. Знезаражують також повітря у робочій зоні приміщення, де знаходиться очисне устаткування, тверді відходи з решіток та осад, що утворюється у вторинному відстійнику.

Висновок. Отже, біотехнологічні методи знешкодження стічних вод ЛПЗ як дієва складова санітарно-технічних заходів з профілактики внутрішньо-лікарняних інфекцій та розповсюдження інфекційних агентів і специфічних хімічних забруднень за межі лікарень мають бути впроваджені ще на етапі проєктування нового медичного закладу, або розробки проєкту реконструкції (відновлення) існуючого (частково зруйнованого) закладу охорони здоров'я.

Ключові слова: Біотехнології, лікувально-профілактичні заклади, внутрішньо-лікарняна інфекція, профілактика, стічні води, біологічне очищення.

ФОРМУВАННЯ ПРЕВЕНТИВНОЇ КУЛЬТУРИ БЕЗПЕКИ ТА УМОВ ПРАЦІ МЕДИЧНИХ ПРАЦІВНИКІВ

Крупка Н.О., Чемерис Н.М.

Кафедра гігієни та профілактичної токсикології ФПДО.
Завідувач кафедри Лотоцька-Дудик У.Б., к. мед. н., доцент.
Кафедра психіатрії та дитячої психіатрії, психотерапії та клінічної психології ФПДО. Завідувач кафедри Рахман Л.В., д. мед. н., професор.
ДНТ «Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького»
м. Львів, Україна.

Вступ. (introduction). Життя та здоров'я – найбільша цінність для людини. Багато професій медичних працівників не застраховано від певних ризиків, пов'язані з небезпекою і шкодою для здоров'я. Серед працівників системи охорони здоров'я достатньо високими є показники захворюваності, інвалідності і смертності. В Україні за статистичною звітністю у шкідливих та небезпечних умовах працює понад 1,0 млн медичних працівників. Вплив комплексу виробничих чинників: механічних, фізичних, хімічних, біологічних, нервово-емоційних зумовлює ризик виникнення професійної захворюваності серед медичного персоналу. Питання превентивної культури безпеки і охорони праці є одним із пріоритетних завдань у лікувально-профілактичних установах та важливим усвідомленням цієї складової у роботі кожного медичного працівника. Внаслідок складних обставин воєнного часу виникло велике навантаження на працівників медичних закладів, зросла постійна небезпека умов їх праці. Тому профілактика, раннє виявлення та належне встановлення зв'язку захворювань з умовами праці є необхідною умовою захисту медичних працівників, збереження їх здоров'я та підвищення культури безпеки.

Мета (aim): Дослідити роль виробничих чинників та шкідливих умов праці медичних працівників у виникненні професійних захворювань, з метою формування у них превентивної культури безпеки.

Матеріали і методи(materials and methods): Використано комплекс методів: інформаційно-пошуковий, контент-аналіз, системного аналізу та синтезу.

Огляд (review). Праця медичних працівників належить до найскладніших, найвідповідальніших видів діяльності людини та характеризується значним психоемоційним, інтелектуальним напруженням і фізичним навантаженням. Щоденно медичний персонал працює в умовах підвищеного ризику, проте не всі випадки захворювань, які пов'язані із професійною діяльністю, кваліфікують як професійні. Якщо професійні захворювання виникають при виконанні професійних обов'язків в умовах підвищеного ризику, то це дає право працівнику на соціальний захист. Проте на практиці між реальною захворюваністю та кількістю випадків професійних захворювань, де встановлено зв'язок хвороби з умовами праці, існує суттєва різниця. У 2024 році за інформацією Центру громадського здоров'я МОЗ України на туберкульоз захворіло 149 медичних працівників, проте до Держпраці надіслано лише два повідомлення про визнання професійних випадків. Працівники системи охорони здоров'я часто лікуються самостійно або неофіційно отримують послуги колег, не фіксують звернення, внаслідок чого статистичні дані стосовно захворюваності у звітній документації є заниженими від реальних. Якщо зв'язок захворювання з умовами праці своєчасно не встановлено, то працівник немає гарантій захисту від держави та не віддзеркалено повної картини професійних ризиків, які потребують належної профілактики та реагування. Тому важливим має бути у фокусі уваги роботодавців і працівників медичної системи своєчасне виявлення, повідомлення та облік випадків професійних захворювань. У медичній галузі не завжди можна врахувати інтенсивність впливу виробничих чинників на організм працівника. Аналізуючи умови праці медичного персоналу, очевидним є той факт, що характер та зміст праці доволі змінюється, з'являються нові ознаки впливу шкідливих виробничих чинників на їх здоров'я. Враховуючи сучасний розвиток біотехнологій, медичної інженерії, наукових досягнень у медичній практиці широкого застосовують ультразвук, іонізуюче та лазерне випромінювання. При обстеженні медичного персоналу, який використовує у своїй діяльності лазерні установки, виявлено високий відсоток осіб з функціональними розладами нервової і серцево-судинної систем. У медичних працівників, які тривалий час контактують з лазерами, спостерігаються неспецифічні реакції, характер яких вказує на порушення в діяльності регуляторних механізмів. Найчастіше фізичні чинники проявляють комбіновану дію або поєднану дію з хімічними, біологічними і психогенними чинниками. Професійна когорта медичних працівників, які контактують з аерозолями лікарських речовин, дезінфікуючими і наркотичними засобами складає особливу групу ризику на професійну захворюваність. Забруднення повітря робочих приміщень аерозолями лікарських розчинів, дезинфікуючих і наркотичних засобів, які перевищують допустимі санітарні норми у приміщеннях медичних закладів є найбільш несприятливим чинником дії виробничого середовища на здоров'я медпрацівників. Важливою особливістю дії хімічних речовин на організм працівників є їх комплексний та комбінований характер. У медичного персоналу першопричиною розвитку алергічних захворювань, токсичних уражень може бути саме забруднення повітря робочих приміщень хімічними речовинами. Прояв дії біологічних та психогенних чинники професійної шкідливості у медичного працівників різного профілю менш різноманітний, проте вагоміший, оскільки їх дія наступає швидше і проявляється більш виражено. Серед медичного персоналу реєструються професійні хвороби інфекційного та паразитарного генезу, із збудниками яких вони знаходяться у контакті під час роботи. Кожна особа, яка працює у медичній установі та має безпосередній контакт з кров'ю пацієнтів підлягає ризику інфікування. Проблеми внутрішньолікарняних інфекцій, алергічні реакції, травматизм не зникають, проте ризики небезпек їх негативного впливу на медперсонал постійно збільшуються. Однією з особливостей професійної діяльності медиків є позмінна робота, яка додатково збільшує психоемоційне і фізичне навантаження, виснажує адаптаційні можливості організму, сприяє прояву відхилень у функціонуванні нервової, серцево-судинної систем, травного тракту. Щоденний інформаційний потік від різних діагностичних, комп'ютерних та інших систем викликає у медичних працівників надмірне нервове, психічне та розумове напруження, зумовлене необхідністю прийняття важливих рішень в обмежений термін. Критичність загроз для медичного персоналу в аспекті дотримання вимог превентивної культури безпеки та умов праці зумовлена як військовою агресією рф, так і наслідками пандемії COVID-19.

Висновки (conclusions): Досліджено роль шкідливих виробничих чинників у виникненні професійних захворювань серед медичного персоналу. З метою формування у медичних працівників превентивної культури безпеки та підвищення обізнаності щодо своєчасного виявлення професійних захворювань, роботодавцям необхідно забезпечувати належний контроль за дотриманням вимог безпеки на робочих місцях; при роботі з медичним обладнанням; проводити моніторинг за вмістом у повітрі робочої зони хімічних та біологічних речовин; забезпечувати медичних працівників ефективними за-

 Creative Commons «Attribution» 4.0

собами індивідуального захисту; створювати раціональні умови праці та відпочинку з метою захисту, збереження їх здоров'я та працездатності.

Ключові слова (key words): шкідливі виробничі умови, медичний персонал, безпека, професійні захворювання.

ПРОФІЛАКТИКА НЕІНФЕКЦІЙНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ ЯК КОМПОНЕНТ БЕЗПЕЧНОЇ МЕДИЧНОЇ ДОПОМОГИ: ОРГАНІЗАЦІЙНІ АСПЕКТИ ДОСТУПУ ТА АВТОНОМІЇ ПАЦІЄНТА

Крячкова Л.В., Кротова Л.О.

Кафедра соціальної медицини, громадського здоров'я та управління охороною здоров'я
Завідувачка кафедри: д.мед.н., професорка Крячкова Л.В.
Дніпровський державний медичний університет
Дніпро, Україна

Вступ. Безпека медичної допомоги при неінфекційних захворюваннях (НІЗ) визначається не лише якістю лікувально-діагностичного процесу, а й спроможністю системи охорони здоров'я своєчасно виявляти популяційні ризики, організовувати профілактичні втручання, підтримувати безперервність лікування та запобігати розвитку ускладнень. Як маркерний стан безперервності та безпечності медичної допомоги при НІЗ доцільно розглядати артеріальну гіпертензію (АГ), оскільки її неповне виявлення, несвоєчасне лікування та недостатній контроль суттєво підвищують ризик інфарктів, інсультів і втрат популяційного здоров'я.

Мета. Охарактеризувати організаційні умови профілактики НІЗ у контексті безпеки пацієнтів на прикладі артеріальної гіпертензії як маркерного хронічного стану.

Матеріали і методи. Проведено описове дослідження з елементами вторинного аналізу агрегованих даних. Інформаційною базою слугували матеріали Всесвітньої організації охорони здоров'я щодо безпечної медичної допомоги при НІЗ (World Health Organization, World Patient Safety Day 2026: Safe care for noncommunicable diseases), тягаря і контролю АГ (World Health Organization, Situational analysis of hypertension in Ukraine 2025; World Health Organization, Global report on hypertension, 2023), а також результати міжнародного опитування Health Tracker Survey, проведеного в Україні у листопаді – грудні 2025 року серед 4000 респондентів (World Health Organization, Health Tracker survey: factsheet – Round 1, 2026). Застосовано бібліосемантичний та медико-статистичний методи. Для часток розраховано 95% довірчі інтервали (ДІ) за біноміальною моделлю без урахування дизайн-ефекту.

Результати. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, поширеність артеріальної гіпертензії серед дорослих 30–79 років в Україні становить близько 43%; водночас зберігаються недостатній рівень її виявлення та прогалини в контролі захворювання. Повномасштабна війна додатково посилила вплив факторів ризику, порушила безперервність допомоги та сприяла зростанню несприятливих серцево-судинних подій.

За даними Health Tracker Survey, 50,0% респондентів повідомили про погіршення стану здоров'я за останній рік (95% ДІ 48,5 – 51,5). Відкладання медичної допомоги зазначили 36,0% (95% ДІ 34,5 – 37,5) опитаних. Витрати на медичні послуги або лікарські засоби протягом останнього місяця мали 30,0% (95% ДІ 28,6 – 31,4) респондентів. Психоемоційний стан, що перешкоджав повсякденній активності, зазначили 19,0% (95% ДІ 17,8–20,2) опитаних.

Більшість респондентів – 68,0% (95% ДІ 66,6–69,4) зазначили, що відвідували сімейного лікаря протягом останніх 12 місяців, що свідчить про збереження значної ролі первинної медичної допомоги як базового рівня профілактики та довготривалого ведення пацієнтів із НІЗ. Потребу у спеціалізованій медичній допомозі мали 34,0% (95% ДІ 32,5–35,5) опитаних, у серцево-судинній допомозі – 22,0% (95% ДІ 20,7–23,3), у лікарських засобах – 70,0% (95% ДІ 68,6–71,4) респондентів. Таке поєднання потреби у первинній, спеціалізованій, серцево-судинній допомозі та лікарському забезпеченні підтверджує, що профілактика НІЗ потребує організаційної інтеграції медичного спостереження, фармакотерапії та участі пацієнта в контролі хронічного стану.

Висновки. Профілактика НІЗ є структурним компонентом безпеки пацієнтів, оскільки організаційні бар'єри доступу до медичної допомоги знижують можливості своєчасного виявлення, лікування та

Creative Commons «Attribution» 4.0

контролю хронічних станів. Поширеність відкладання звернень за медичною допомогою, витрат на лікування, погіршення стану здоров'я та психоемоційних обмежень може зменшувати участь пацієнта у профілактичних і лікувальних процесах. Для пацієнтів з АГ доцільно впроваджувати організаційні рішення, спрямовані на системне інформування про серцево-судинний ризик, стандартизоване узгодження індивідуального плану контролю артеріального тиску, регулярну перевірку розуміння пацієнтом рекомендацій, оптимізацію повторного контакту з лікарем, моніторинг випадків переривання спостереження. Такі підходи посилюють автономію пацієнта не як формальне право вибору, а як практичну спроможність брати участь у профілактиці та контролі НІЗ. Організаційними пріоритетами є доступність первинної медичної допомоги, підтримка поінформованого вибору та прийняття спільних рішень у веденні пацієнтів із високим серцево-судинним ризиком.

Ключові слова: артеріальна гіпертензія, первинна медико-санітарна допомога, участь пацієнта, прийняття рішень.

СПЕЦИФІКА ЗМІНИ ПОКАЗНИКІВ КОРТИЗОЛУ, ГЛЮКОЗИ КРОВІ ТА ЕЛЕМЕНТНОГО СПЕКТРУ СЛИНИ ПРИ ПОЧАТКОВИХ ПРОЯВАХ ПОСТТРАВМАТИЧНОГО СТРЕСОВОГО РОЗЛАДУ

Кундієва А.В.[1], Божук Б.С.[1], Андрусишина І.М.[1], Кудієвский Я.В.[1,2], Стрєлковська Т.Є.[1]

1 – Державна установа "Інститут медицини праці імені Ю.І. Кундієва Національної академії медичних наук України", м. Київ, Україна
2 – Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, м. Київ, Україна

Вступ. Рання діагностика посттравматичного стресового розладу (ПТСР) дозволяє зберегти психічне здоров'я людей, ефективно лікувати та запобігати тяжким наслідкам і хронізації стресового розладу, знизити ризик виникнення таких супутніх розладів, як депресія та різноманітних залежностей, зменшити економічні втрати через зниження продуктивності праці.

Перспективними біомаркерами раннього виявлення ПТСР є елементний спектр слини через поєднання низької інвазивності при дослідженні та відносної дешевизни, що є економічно вигідним для масових скринінгів, а також рівні глюкози і кортизолу крові через специфічність змін стрес-індукованих механізмів ПТСР та високу діагностичну точність.

Мета. Виявлення потенційних біомаркерів раннього прояву ПТСР за допомогою аналізу складу макро- та мікроелементів слини: кальцію (Ca), магнію (Mg), калію (K), заліза (Fe), кобальту (Co), міді (Cu), селену (Se), цинку (Zn) та фосфору (P), а також визначення рівнів кортизолу і глюкози крові.

Матеріали і методи. До дослідження було залучено 20 осіб (вік 35–60 років, всі чоловіки), яких розподілили на три когортні групи: 8 військовослужбовців ЗСУ з підтвердженим діагнозом ПТСР, 7 професійних водіїв із групи підвищеного ризику та 5 здорових добровольців-волонтерів.

Відбір зразків слини проводили натщесерце, не застосовуючи стимулятори секреції слини, отримані матеріали піддавали дії нітратної кислоти та аналізували за допомогою оптико емісійної спектрометрії з індуктивно зв'язаною плазмою. Для визначення концентрації глюкози у сироватці крові використовували аналізатор Humalyzer 2000, а рівень кортизолу оцінювали за допомогою імуноферментного аналізу.

Результати. Аналіз отриманих даних вказує на наявність гострого стресового стану чи ранньої фази ПТСР у військовослужбовців, оскільки рівень кортизолу становив 22,18 мкг/дл (при нормі ранкового піку 10-20 мкг/дл), та достовірно перевищував показники контрольної групи (14,90 мкг/дл). Рівень глюкози у всіх групах дослідження залишався в межах 3,79–4,02 ммоль/л, тобто фізіологічної норми.

В слині військовослужбовців із ПТСР відмічаються достовірно вищі рівні магнію, що може свідчити про порушення антиоксидантного захисту та стрес-індуковані зміни у метаболізмі (Курсов С.В., та інш., 2021), калію, що може вказувати на клітинні ушкодження або дисбалансу електролітів, що часто супроводжує ПТСР та гострі стресові стани (Palmer B.F., Clegg D.J., 2016), та максимальний вміст цинку, короткочасне підвищення якого може бути компенсаторною реакцією на гострий стрес (Portnova G.V., et al., 2026). Також спостерігалося підвищення концентрації фосфору слини, що разом із оксидативним стресом може бути проявом розвитку запальних процесів у ротовій порожнині (Foster B.L., et

 Creative Commons «Attribution» 4.0

al., 2024), зниження концентрації селену та міді у слині, що свідчить про виснаження антиоксидантного захисту, підвищену схильність до запальних процесів і метаболічні зміни при стресі через активацію гіпоталамо-гіпофізарно-надниркової осі (Hadrup N., Ravn-Haren G., 2021, Reddy V.R., et al., 2021).

Висновки. Дані специфічні зміни мінерального складу слини у поєднанні з дослідженням рівня кортизолу крові можуть використовуватися як біомаркери ранніх ознак посттравматичного стресового розладу.

Ключові слова: посттравматичний стресовий розлад, макро- та мікроелементи слини, рівень глюкози та кортизолу.

БЕЗПЕЧНИЙ КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ЛІКУВАННЯ ЕНДОМЕТРІОЗУ ПІСЛЯОПЕРАЦІЙНОГО РУБЦЯ

Курочка В.В., Аль-Сехлі С.М.А.

Науковий керівник: к.мед.н., асистент Курочка В.В.
Кафедра факультетського акушерства і гінекології
Завідувач кафедри: д.мед.н., професор, заслужений діяч науки і техніки України Бенюк В.О.
Національний медичний університет імені О.О. Богомольця
м. Київ, Україна

Актуальність. Проблема екстрагенітального ендометріозу не втрачає медичного та соціального значення в сьогоденні в зв'язку з прогресивним клінічним перебігом та зниженням якості життя. Своєчасна діагностика та лікування ендометріозу післяопераційного рубця (ЕПР) є однією з актуальних проблем сучасної гінекології та має важливе значення в профілактиці рецидиву хвороби.

Мета дослідження. Оптимізація безпечного лікування ЕПР шляхом застомування комплексного методу.

Матеріали і методи. Проведено комплексне лікування 30 жінкам з ЕПР у відділенні гінекології та ендоскопічної хірургії Центру материнства і дитинства Комунального некомерційного підприємства «Київська міська клінічна лікарня № 5».

Результати дослідження. Вік обстежуваних жінок в середньому склав 37,1±2,6 років. У 30 (100,0%) жінок наявність пухлиноподібного утворення в ділянці рубця, у 14 (46,7%) - ущільнення рубця, у 28 (93,3%) - біль в ділянці рубця, що посилювалася під час менструації, у 6 (20,0%) – диспареунія, у 9 (23,3%) - аномальні маткові кровотечі; у 4 (13,3%) - кров'янисті виділення з рубця під час менструації, у 5 (16,7%) - вторинне неплідля.

У всіх пацієнток з ЕПР в анамнезі пологи шляхом операції кесарів розтин: одні у 24 (80,0)%, двоє – у 4 (13,3%) , троє – у 2 (6,7%) також у 1 (3,3%) жінки перфорація матки під час аборту, ушивання отвору, у 3 (10,0%) – операція з приводу позаматкової вагітності, у 2 (6,7%) – з приводу апоплексії яєчника, 1 (3,3%) – з приводу видалення лейоматозного вузла та 1 (3,3%) – з приводу кісти яєчника. Ці дані підтверджують трансплантаційну теорію виникнення даної патології.

Всім жінкам проведено видалення ендометріоїдного вогнища лапаротомічним доступом та гістологічно підтверджено ендометріоз. 6 (20,0)% жінкам проведена пластика передньої черевної стінки синтетичним матеріалом. 2 (6,7%) жінкам з наявністю кіст яєчників – проведена кістектомія, 3 (10,0%) жінки оперовані разом з залученням хірурга, 2 (6,7%) – з залучення уролога. Післяопераційний період протікав у пацієнток без ускладнень. Середня тривалість перебування в стаціонарі 4,3±0,9 доби. Після операції всі отримували дієногест 2 мг на добу в безперервному режимі протягом 6 місяців. За час спостереження не зафіксовано жодного випадку рецидиву хвороби, що свідчить про ефективність запропонованої комплексної терапії.

Висновки: застосування запропонованої нами безпечної комплексної терапії ЕПР запобігає прогресуванню хвороби та покращує якість життя жінок.

Ключові слова: екстрагенітальний ендометріоз, ендометріоз післяопераційного рубця, лікування, дієногест.

ПОШИРЕНІСТЬ ТА ОСОБЛИВОСТІ СИНДРОМУ ПРОФЕСІЙНОГО ВИГОРАННЯ МЕДИЧНИХ ПРАЦІВНИКІВ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОГО СТАНУ

Літовченко О.Л., Рябова С.В., Сайчук К.О.

Науковий керівник: Літовченко О.Л., Ph.D, доцент
Кафедра: гігієни та екології
В.о. завідувача кафедри: Літовченко О.Л., Ph.D, доцент
Харківський національний медичний університет
Харків, Україна

Вступ. Сьогодні синдром професійного вигорання (СПВ) серед медичних працівників перестав бути просто темою для локальних психологічних досліджень і перетворився на загрозу для всієї системи охорони здоров'я зокрема в Україні (*Русанов В. 2024*). За своєю суттю цей синдром є наслідком тривалого, некомпенсованого стресу на робочому місці, який поступово руйнує особистість фахівця через емоційне спустошення, професійний цинізм та втрату віри у власну компетентність (*Maresca G. et al, 2022; Moss J. M. et al. 2022*). Окрім класичних причин, таких як хронічна перевтома, нічні чергування, паперова рутина та брак відпочинку, українські медики вже кілька років поспіль перебувають під тиском масштабних зовнішніх факторів воєнного стану, що вимагає детального аналізу цієї проблеми (*Русанов В. 2024*).

Мета – провести аналіз наукової літератури щодо поширеності та особливостей розвитку синдрому професійного вигорання серед медичних працівників в умовах воєнного стану за критеріями професійного профілю, статі, віку та специфіки медичного закладу.

Матеріали та методи. Для реалізації поставленої мети виконано системний та бібліографічний пошук релевантної літератури у провідних міжнародних та вітчизняних наукометричних базах даних (PubMed, Scopus, Google Scholar). Фокус пошуку охоплював наукові публікації, аналітичні огляди та статистичні звіти: за останні роки 4 роки (2022-2025 рр.), присвячені досвіду роботи медиків цивільного та військового секторів у зонах високого воєнного ризику. Опрацьовані дані психосоціальних моніторингів було систематизовано та порівняно за критеріями професійного профілю, статі, віку та специфіки медичного закладу.

Результати. Методологічний аналіз включав оцінку діагностичного інструментарію (зокрема, використання опитувальників MBI, шкал тривоги та депресії), застосованого в першоджерелах. Систематизація та аналіз опрацьованого літературних джерел дозволили встановити чітку диференціацію проявів СПВ серед медичних працівників за кількома основними напрямками, а саме: залежно від специфіки медичної установи, гендерно-вікових характеристик та професійного профілю фахівців.

При порівнянні специфіки установ виявлено парадоксальну закономірність, а саме: військові медики у шпиталях часто демонструють вищий рівень ментальної мобілізації. Це зумовлено чіткою субординацією та відпрацьованими клінічними алгоритмами дій. Натомість цивільні лікарі значно сильніше страждають від «латентного» вигорання, яке підживлюється постійним побутовим стресом, інфраструктурним хаосом через блекаути та значним збільшенням навантаження через наплив внутрішньо переміщених осіб (ВПО) (*Harbuzova V., Ulunova A., 2024*).

Гендерний аналіз виявив глибокий дисбаланс у особливостях прояву СПВ. Так, у жінок-медиків СПВ найчастіше розвивається за типом емоційного виснаження. Це пов'язано з колосальним подвійним навантаженням: професійними обов'язками та постійною тривогою за безпеку власної родини (*Smith R.O. et al., 2023; Oliinyk P. et al., 2022*). У чоловіків-медиків, навпаки, переважає деперсоналізація, яка проявляється емоційним відстороненням, захисним цинізмом та зниженням емпатії як наслідок свідомого чи несвідомого пригнічення внутрішнього стресу.

Оцінка вікових відмінностей показала, що в групі максимального ризику перебувають молоді спеціалісти віком до 35 років. Вони ще не встигли сформувати стійкі захисні психологічні механізми, необхідні для екстремальної медицини (*Smith R.O. et al. 2023*). У категорії фахівців старше 50 років вигорання частіше набуває форми соматичного вичерпання ресурсів організму та хронічної фізичної втоми (*Центр громадського здоров'я МОЗ України. 2024; Harbuzova V., Ulunova A., 2024*). За професійним профілем найвища інтенсивність СПВ зафіксована серед анестезіологів-реаніматологів, військових хірургів та фахівців із ментального здоров'я (*Русанов В., 2024; Smith R. O. et al., 2023*).

 Creative Commons «Attribution» 4.0

Особливу наукову цінність має виявлення новітніх тригерів СПВ, притаманних саме поточному етапу воєнного стану. По-перше, зафіксовано феномен «провини вцілілого» у цивільних медиків відносно тилових регіонів перед колегами, які працюють безпосередньо на лінії вогню (у стабілізаційних пунктах чи прифронтових госпіталях). Внутрішня установка «я не маю права скаржитися чи втомлюватися» діє як токсичний пресинг, що руйнує психіку (*Русанов В., 2024*). По-друге, виокремлено цифровий техно-стрес: необхідність поєднувати важку клінічну роботу з бюрократичною звітністю та внесенням даних в ЕСОЗ (Хелсі) в умовах нестабільного зв'язку та вимкнень електроенергії (*Іванова Т. М., та ін. 2024*). По-третє, лікарі первинної ланки через міграційні процеси зазнають «моральної травми», оскільки щодня стискаються з важкими історіями втрат пацієнтів-переселенців, через що їхня емпатія вимикається задля самозахисту (*Русанов В., 2024; Іванова Т. М. та ін., 2024*).

Крім того, огляд літератури показав суттєву методологічну проблему. Дослідники використовували різні діагностичні анкети (опитувальник Маслач MBI-HSS, методику Бойка, шкалу HADS тощо). Така розбіжність у методології значно ускладнює порівняння статистичних результатів та уніфікацію даних, що вказує на проблему якості сучасної психодіагностики в умовах кризового періоду (*Maresca G. et al., 2022*).

Висновки.

1. Синдром професійного вигорання серед медичних працівників в умовах воєнного стану є гетерогенним за своєю структурою і має чітку залежність від індивідуально-демографічних (стать, вік) та професійних (специфіка установи, профіль діяльності) факторів.
2. Виявлено новітні специфічні тригери деструкції психоемоційного стану медичних працівників: феномен «провини вцілілого», цифровий техно-стрес, формування «моральної травми».
3. Використання різних діагностичних анкет ускладнює зіставлення результатів досліджень, що обґрунтовує необхідність створення єдиного стандартизованого інструментарію оцінки психоемоційного стану медичних працівників.
4. Вищезазначене обґрунтовує необхідність розробки та впровадження прогностичної моделі розвитку СПВ і створення ефективних програм психологічної декомпресії для збереження кадрового потенціалу системи охорони здоров'я України.

Ключові слова: синдром професійного вигорання, медичні працівники, воєнний стан, професійний стрес, психічне здоров'я

МЕДИЧНА ДОПОМОГА І РЕАБІЛІТАЦІЯ ОСІБ, ЗВІЛЬНЕНИХ З ПОЛОНУ, ЯК СКЛАДОВА БЕЗПЕКИ ПАЦІЄНТА В УМОВАХ ВІЙНИ

Мельник Д.В.[1], Савицький В.Л.[2], Шипко А.Ф.[2], Євтушенко В.В.[2]

1 – КНП КОР «Київська обласна клінічна лікарня», м. Київ, Україна
2 – Українська військово-медична академія, м. Київ, Україна

Актуальність. Повномасштабна війна проти України зумовила появу особливо вразливої категорії пацієнтів — осіб, звільнених з полону або місць несвободи. Для них характерне поєднання тілесних ушкоджень, соматичних ускладнень, психічних наслідків тривалого стресу, порушень сну, тривожних і депресивних проявів, а в окремих випадках — ознак жорстокого поводження або катувань. Надання медичної допомоги цій категорії пацієнтів має не лише клінічне, а й реабілітаційне, психосоціальне та медико-правове значення.

У контексті безпеки пацієнтів особливої актуальності набувають питання стандартизації маршруту пацієнта, організації допомоги в умовах масових надходжень, запобігання повторній психологічній травматизації, забезпечення наступності лікування та належного документування тілесних і психічних наслідків перебування в полоні. Відсутність уніфікованого підходу до цих процесів може призводити до перевантаження приймальних відділень, дублювання опитувань, фрагментації медичної інформації, порушення наступності допомоги та зниження медико-правової цінності первинної документації.

Мета роботи. Обґрунтувати функціонально-організаційну модель надання медичної допомоги та медичної реабілітації особам, звільненим з полону, у цивільному багатопрофільному стаціонарі та оцінити її значення для підвищення безпеки пацієнтів в умовах війни і масових надходжень.

Creative Commons «Attribution» 4.0

Матеріали і методи. Проведено ретроспективне описове дослідження з організаційно-аналітичним компонентом. Використано методи системного аналізу, структурно-функціонального моделювання, експертних оцінок та описової статистики. Проаналізовано деперсоналізовані агреговані дані щодо 1096 осіб, звільнених з полону, які отримували стаціонарну медичну допомогу в період з 01.01.2023 по 30.09.2025. Окремо проаналізовано період масових надходжень з 24.05.2025 по 26.06.2025, протягом якого стаціонарну допомогу отримали 434 пацієнти.

У межах дослідження оцінювали основні етапи маршруту пацієнта: первинний прийом, сортування, діагностичний етап, взаємодію між підрозділами, медичне документування, мультидисциплінарне лікування, ранню реабілітацію, виписку та забезпечення наступності допомоги. Значущість виявлених організаційних прогалин додатково оцінювали методом експертного анкетування.

Результати. За результатами організаційно-аналітичного дослідження виявлено десять основних організаційних прогалин, що впливали на безпеку пацієнтів і якість надання допомоги особам, звільненим з полону. До них належали: відсутність стандартизованого сортування в умовах масових надходжень; варіативність первинного обстеження; недостатня наступність між військовим і цивільним етапами маршруту; неповнота первинної медичної документації для медико-правового супроводу; відсутність єдиного підходу до фотографічного документування ушкоджень; ризик повторної психологічної травматизації через багаторазові опитування; нечіткий розподіл функцій у мультидисциплінарній команді; ризик розриву маршруту допомоги при виписці; невизначеність ресурсного забезпечення; неоднорідна підготовка персоналу.

За результатами експертного оцінювання найвищу пріоритетність мали прогалини, пов'язані з неоднорідною підготовкою персоналу, повторними опитуваннями з ризиком ретравматизації, відсутністю фотофіксації ушкоджень, невизначеністю ресурсного забезпечення, відсутністю стандартизованого сортування та недостатньою наступністю між етапами допомоги.

На підставі отриманих результатів запропоновано чотирирівневу функціонально-організаційну модель медичної допомоги та медичної реабілітації осіб, звільнених з полону. Модель охоплює: нормативно-правовий рівень, рівень міжнародних стандартів, реінтеграційний рівень у системі Міністерства оборони України та клініко-організаційний рівень цивільного закладу охорони здоров'я.

Для практичної реалізації моделі на рівні стаціонару визначено п'ять основних модулів: сортування і прийом, діагностичний коридор, мультидисциплінарне лікування, медико-правове документування, рання реабілітація з планом забезпечення наступності допомоги.

У період масових надходжень модель дала змогу зберегти керованість маршруту пацієнта, забезпечити повний діагностично-лікувальний цикл, організувати мультидисциплінарну взаємодію, підтримати належне документування та підготувати пацієнтів до подальших етапів лікування і реабілітації. У когорті 434 пацієнтів було виконано значний обсяг діагностичних і лікувальних заходів, зокрема 6798 лабораторних досліджень, 857 рентгенографій органів грудної клітки, 258 комп'ютерних томографій, 31 магнітно-резонансну томографію, 185 ультразвукових досліджень, 218 аудіограм, 285 панорамних знімків щелеп, 40 хірургічних маніпуляцій і 20 оперативних втручань.

Запропонований підхід має безпосереднє значення для безпеки пацієнтів, оскільки сприяє зниженню ризику хаотизації прийому, дублювання обстежень і опитувань, втрати клінічно важливої інформації, порушення наступності допомоги та повторної психологічної травматизації. Окреме значення має стандартизоване медико-правове документування, орієнтоване на об'єктивний опис тілесних ушкоджень, психічного стану та клінічно значущих обставин без виходу за межі професійної компетенції медичного працівника.

Висновки. Медична допомога особам, звільненим з полону, має розглядатися як комплексний клінічний, реабілітаційний, психосоціальний і медико-правовий процес. Запропонована функціонально-організаційна модель дозволяє стандартизувати маршрут пацієнта, підвищити керованість медичної допомоги в умовах масових надходжень, забезпечити мультидисциплінарну взаємодію, поліпшити якість документування та зменшити ризик ретравматизації. Її практичне застосування підтвердило доцільність використання моделі в цивільному багатопрофільному стаціонарі як одного з інструментів підвищення безпеки пацієнтів у госпітальному середовищі в умовах війни.

Ключові слова: безпека пацієнтів; особи, звільнені з полону; військовополонені; медична допомога; реабілітація; травмоінформований підхід; медична документація; масові надходження; госпітальне середовище.

 Creative Commons «Attribution» 4.0

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЛІКАРНЯНИХ ІНФЕКЦІЇ У ЄВРОПІ

Мокієнко А.В.

Кафедра громадського здоров'я та фізичного виховання
Завідувач кафедри доктор медичних наук, професор Гущук І.В.
Національний університет «Острозька академія»
м. Острог, Рівненська область, Україна

Вступ. Госпітальні (нозокоміальні) (HAIs) інфекції є серйозною проблемою громадського здоров'я, яка суттєво впливає на глобальний тягар смертності та захворюваності. Їх постійне зростання в Європі має серйозний вплив з точки зору додаткових витрат для систем охорони здоров'я. У Європі HAIs вражають близько 4 мільйонів пацієнтів на рік з 16 мільйонами додаткових днів перебування в лікарні та понад 37 000 смертей.

Мета. Аналіз проблеми лікарняних інфекції у Європі.

Матеріали і методи. Бібліометричні, аналітичні.

Огляд. Пацієнти, які не мають можливості нормально реагувати на інфекцію через ослаблену імунну систему, проходять інвазивні процедури або проводять більше 48 годин у лікарні, найбільше ризикують захворіти на HAIs.

Від 20 до 30% цих інфекцій вважаються тими, яким можна запобігти. Наприклад, гігієна рук є однією з найважливіших стратегій профілактики. Однак, згідно з опитуванням, половина пацієнтів/членів їхніх сімей заявили, що вони не отримували жодної інформації про ризик інфекцій, пов'язаних з медичною допомогою, під час госпіталізації до лікарні чи закладу догляду. Більше того, законодавство та рекомендації, прийняті на рівні ЄС, визнають цю проблему, але державам-членам потрібно зробити набагато більше.

У систематичний огляд з цієї проблеми загалом було включено 66 досліджень. Був описаний діапазон поширеності HAIs (4,6–49,3%) у загальній популяції. У дорослому населенні поширеність коливалася від 0,44% до 51,7%, найчастіше з інфекціями місця хірургічного втручання (1–84,3%), інфекціями сечовивідних шляхів (0,58–70,5%), інфекціями кровотоку (0,1–46,6%) та інфекціями дихальних шляхів (0,5–45,1%). Натомість у дитячому населенні поширеність HAIs коливалася від 2,45% до 6,9%, з більшим тягарем у перший рік життя та вищою частотою інфекцій кровотоку (3,1–44,6%). Найбільш ізольованими збудниками були *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, метицилін-резистентний золотавий стафілокок та *Candida spp.* Супутніми факторами ризику, окрім похилого віку та клінічного стану пацієнтів, були використання інвазивних пристроїв та тривале перебування в лікарні.

Висновок. Поточна епідеміологічна ситуація зумовлює необхідність постійного контролю HAIs. Для підвищення ефективності профілактичних та контрольних заходів необхідно ретельно розробити інтервенційні дослідження, щоб визначити найефективніший комплекс профілактичних заходів. Крім того, необхідно впроваджувати системи спостереження та заохочувати посилення навчання з питань безпеки для пацієнтів, відвідувачів та медичних працівників.

Ключові слова: лікарні, інфекції, збудники, пацієнти, профілактика.

ПРОФЕСІЙНІ РИЗИКИ В КОСМЕТОЛОГІЇ. ГІГІЄНІЧНИЙ АСПЕКТ ТА АНАЛІЗ СКЛАДУ КОСМЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ

Мокрякова М. І., Лопушанська О. М.

Науковий керівник: асистент Мокрякова М. І.
Кафедра гігієни та екології
В.о. завідувача кафедри: Літовченко О. Л.
м. Харків, Україна
Харківський національний медичний університет

Актуальність. Косметологічна сфера сьогодні має широкий перелік послуг від консультативної допомоги до апаратної косметології. Конкуренто спроможний косметолог має володіти декількома техніками і методиками омолодження шкіри, гарно орієнтуватися в косметичних засобах їх якості і ефек-

Creative Commons «Attribution» 4.0

тивності. Систематичний контакт з різними біологічно активними компонентами косметичних засобів без засобів захисту може стати потенційно небезпечним фактором ризику для розвитку сенсибілізації і алергізації організму [**Api et al., 2008; Lerbaek et al., 2007**].

Мета дослідження – оцінити потенційні професійні ризики для здоров'я косметологів при роботі з сучасними косметичними засобами на основі аналізу їхнього INCI-складу, наукових джерел і результатів анкетування практикуючих фахівців.

Методи і матеріали: для написання наукової роботи було проведено аналіз INCI-складів найпопулярніших косметичних засобів в салонах краси, анкетування працівників косметологічних салонів, аналіз медичної літератури який охоплює питання якості і безпечності косметичних засобів в тому числі медичні статті зарубіжних наукових досліджень. з баз даних PubMed та Scopus.

Результати дослідження: За результатами проведеного дослідження встановлено, що робота косметолога супроводжується регулярним і часто тривалим професійним контактом з великою кількістю косметичних засобів, серед яких значну частку становлять препарати з активними компонентами. В анкетуванні взяли участь 17 практикуючих косметологів, усі респонденти – жінки. Більшість із них працює у приватних косметологічних кабінетах, а 64,7% опитаних безпосередньо контактують із косметичними засобами 4 години на день і більше. Найчастіше у щоденній практиці використовуються засоби для очищення шкіри, маски та пілінги, кислотні засоби і серуми, що свідчить про систематичний вплив як базових, так і високоактивних формул.

Аналіз анкет показав, що 58,8% респондентів щоденно застосовують кислотні засоби, 35,3% – освітлюючі компоненти, 29,4% – засоби з азелаїновою кислотою, а частина фахівців працює із нейропептидами та факторами росту. При цьому 64,7% опитаних іноді поєднують у межах одного сеансу кілька активних засобів, а ще 5,9% роблять це регулярно. Це створює умови для комбінованого впливу речовин із різними механізмами дії та підвищує ризик подразнення шкіри, сенсибілізації, ураження слизових оболонок і надмірного хімічного навантаження на працівника [**Lerbaek et al., 2007**].

Водночас рівень хімічної настороженості серед косметологів не можна вважати достатнім. Не зважаючи на те що 47,1% респондентів зазначили, що завжди перевіряють склад і безпечність нових засобів у спеціалізованих базах, 52,9% або роблять це лише вибірково, або покладаються переважно на рекомендації виробника чи дистриб'ютора. Це вказує на наявний розрив між практикою використання активних препаратів і реальним рівнем оцінки їхнього ризику.

Проведений аналіз INCI-складів досліджуваних препаратів показав, що найбільше гігієнічне значення для професійного ризику мають не всі компоненти формул загалом, а окремі групи речовин [Dréno et al., 2019]. До них належать консерванти й підсилювачі консервантів, зокрема phenoxyethanol, ароматизатори та окремі рослинні екстракти з алергенним потенціалом, AHA- і BHA-кислоти, kojic acid, alpha-arbutin, висококонцентровані освітлюючі компоненти та азелаїнова кислота. Для частини сучасних біоактивних інгредієнтів, таких як нейропептиди або фактори росту, переконливих даних про виражену токсичність у косметичних концентраціях немає, однак їх тривалий професійний вплив вивчений недостатньо, тому вони потребують обережного ставлення [SCCS, 2021].

Висновок: проаналізувавши склад косметичних засобів, медичну літературу ми визначили, що професійний ризик для косметологів формується не через один окремий "небезпечний" препарат, скільки через сукупність чинників: тривалий щоденний контакт із засобами, використання кількох активних компонентів в одній процедурі, наявність у формулах подразнювальних або сенсибілізувальних речовин, а також недостатньо системний контроль безпечності нових продуктів. Отримані результати підтверджують доцільність розробки профілактичних рекомендацій для косметологів, які мають включати обов'язковий аналіз INCI-складу, мінімізацію необґрунтованого комбінування активів, використання засобів індивідуального захисту, контроль вентиляції та підвищення професійної обізнаності щодо токсикологічних властивостей компонентів косметики.

 Creative Commons «Attribution» 4.0

ПРОФІЛАКТИКА ХАРЧОВОГО БОТУЛІЗМУ В УКРАЇНІ

Мохорт Г.А., Фогель М.С.

Кафедра епідеміології та доказової медицини
Завідувач кафедри: к.мед.н., доцент Петрусевич Т.В.
Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, м. Київ, Україна

Вступ. Харчовий ботулізм (ХБ) є важливою проблемою для систем охорони здоров'я багатьох країн світу. В 2017-2022 роках в усіх країнах Європейського Союзу було зареєстровано 563 випадки ботулізму, в тому числі, харчового, тоді як в Україні за цей же період було зареєстровано 642 випадки лише харчового ботулізму. *C. botulinum* спричиняє відносно рідкісну, однак дуже важку токсикоінфекцію із високим відсотком летальності. Стан наукового вирішення проблеми епідеміології та профілактики ХБ в Україні свідчить про потребу в проведенні ґрунтовних досліджень, оскільки кількість наукових публікацій, присвячених ХБ в Україні, є вкрай малою, а переважна більшість наявних робіт були виконані більше 5 років тому.

Мета. Дослідити структуру випадків ХБ, в тому числі, летальних, в Україні (2017-2025 рр.) за чинниками (продуктами) передачі та джерелом їх походження (домашнього/промислового виготовлення).

Матеріали і методи. Матеріалами дослідження є дані з джерел Центру громадського здоров'я МОЗ України, обласних ЦКПХ, Державної служби статистики України. У ході дослідження застосовувалися епідеміологічний, аналітичний та статистичний методи.

Результати. Протягом 2017–2025 років в Україні було зареєстровано 881 випадок ХБ. При цьому в 98,3% (866 випадків) було визначено харчовий продукт, який став причиною захворювання. Серед цих випадків ХБ в Україні 66 випадків були летальними (летальність – 7,49%). При цьому в 92,42% (61 випадок) було визначено харчовий продукт, який став причиною смерті від ХБ.

Структура харчових продуктів як чинників передачі випадків ХБ була наступною: консерва м'ясна та інші м'ясні продукти – 324 (37,41%), риба в'ялена та солена – 457 (52,77%), консерва грибна – 50 (5,77%), консерва овочева – 35 (4,04%). Структура харчових продуктів як чинників передачі при летальних випадках ХБ була наступною: консерва м'ясна та інші м'ясні продукти – 12 (19,67%), риба в'ялена та солена – 43 (70,49%), консерва грибна – 4 (6,56%), консерва овочева – 2 (3,28%).

Структура харчових продуктів за джерелом їх походження (домашнього/промислового (комерційного) виготовлення) серед випадків ХБ була наступною: консервовані продукти домашнього виготовлення – 642 (72,87%), консервовані продукти промислового (комерційного) виготовлення/походження – 29 (3,29%), продукти невідомого походження – 205 (23,27%).

Структура харчових продуктів за джерелом їх походження (домашнього/промислового (комерційного) виготовлення) серед летальних випадків ХБ була наступною: консервовані продукти домашнього виготовлення – 45 (68,18%), консервовані продукти промислового (комерційного) виготовлення/походження – 4 (6,06%), продукти невідомого походження – 17 (25,76%).

Висновки. Таким чином, протягом останніх 9 років (2017-2025) в Україні було зареєстровано 881 випадок харчового ботулізму, в тому числі, 66 – летальних (7,49%). Аналіз структури джерел походження продуктів харчування, які призвели до випадків ботулізму, вказують на те, що як мінімум в 72,87% з них, в тому числі 68,18% летальних, можна було б запобігти при повній відмові населення від домашнього приготування консервованих харчових продуктів, які несуть ризики утворення ботулотоксину через неможливість повного дотримання в домашніх умовах технології виготовлення та зберігання консервованих продуктів харчування. Викликає занепокоєння також факт виникнення випадків харчового ботулізму, викликаних консервованими продуктами комерційного походження 29 випадків (3,29%), з яких 4 (6,06%) були летальними. Тобто проблема виготовлення населенням в домашніх умовах потенційно ботулогенних харчових продуктів посилюється ще й недостатнім рівнем контролю за промисловим (комерційним) виготовленням продуктів харчування. В першу чергу це стосується виробництва рибних консервованих продуктів, які викликають 52,77% серед всіх випадків ХБ та 70,49% – серед летальних.

Отже, єдиним надійним способом профілактики ХБ в Україні, є спонукання населення до повної відмови від небезпечних практик виготовлення та зберігання в домашніх умовах ботулогенних консервованих продуктів, зокрема, в'яленої та соленої риби.

Ключові слова. Ботулізм, харчові продукти, домашні консерви, комерційні консерви, профілактика.

Creative Commons «Attribution» 4.0

 ISSN 2786-6661

ВІД ЛІКУВАННЯ ДО СИСТЕМИ ТУРБОТИ ПРО ЗДОРОВ'Я: МОДЕЛЬ СИНЕРГІЇ ТРЬОХ ФАХІВЦІВ ДЛЯ ЛЮДИНИ, ГРОМАДИ ТА ДЕРЖАВИ

Найда І.В.

Член Правління Української медичної експертної спільноти (УМЕС), кандидат медичних наук
Українська медична експертна спільнота (УМЕС)
Київ, Україна

Вступ (Introduction). Всесвітня організація охорони здоров'я визначила темою Всесвітнього дня безпеки пацієнтів 2026 року «Безпечну медичну допомогу при неінфекційних захворюваннях». Для України ця тема має особливе значення в умовах війни, демографічних втрат, зростання поширеності неінфекційних захворювань і потреби відновлення людського потенціалу. Поряд із якісною медичною допомогою дедалі більшого значення набувають збереження працездатності населення, психічного благополуччя, профілактика захворювань і створення безпечних умов життя та праці.

Сучасне розуміння здоров'я виходить за межі лікування хвороб. Здоров'я є ресурсом для життя, професійної діяльності, соціальної участі та економічного розвитку. Значна частина чинників, що визначають стан здоров'я людини, формується не в лікувальному закладі, а в родині, громаді, освітньому та професійному середовищі. Тому актуальним є перехід від переважно лікувальної моделі до інтегрованої системи Турботи про Здоров'я.

Мета (Aim). Обґрунтувати модель синергії лікаря загальної практики – сімейної медицини, лікаря превентивної медицини та менеджера з психосоціальної підтримки персоналу, безпеки та гігієни праці як основу переходу від медицини лікування до системної Турботи про Здоров'я людини, громади та держави.

Матеріали і методи (Materials and Methods). Проведено огляд міжнародних та вітчизняних підходів у сфері первинної медичної допомоги, превентивної медицини, громадського здоров'я, психосоціальної підтримки, безпеки та гігієни праці. Застосовано методи узагальнення, порівняльного аналізу професійних ролей і концептуального моделювання взаємодії фахівців на індивідуальному, популяційному та організаційному рівнях.

Огляд (Review). Війна суттєво підвищила значення збереження та відновлення людського потенціалу як чинника економічної стійкості й національної безпеки України. Особливої актуальності набувають повернення ветеранів та інших постраждалих громадян до активного життя і праці, підтримка їхньої функціональної спроможності, психічного благополуччя та участі у розвитку громад.

Людина одночасно перебуває у кількох взаємопов'язаних середовищах: особистому, сімейному, професійному, громадському та державному. Відповідно, Турбота про Здоров'я має бути багаторівневою і не може зводитися лише до лікування після виникнення захворювання. Вона має включати раннє виявлення ризиків, профілактику, підтримку способу життя, психосоціальну допомогу, безпеку праці та координацію дій різних фахівців.

Лікар загальної практики – сімейної медицини забезпечує первинний контакт із пацієнтом, ранню діагностику, лікування, медичний супровід і координацію допомоги. Лікар превентивної медицини працює з факторами ризику, профілактикою захворювань, громадським здоров'ям, епідеміологічним наглядом, промоцією здоров'я та підходом «здоров'я в усіх політиках». Менеджер з психосоціальної підтримки персоналу, безпеки та гігієни праці сприяє створенню безпечного середовища праці, формуванню культури здоров'я, управлінню психосоціальними ризиками та збереженню працездатності людини.

Кожен із цих фахівців має власний рівень впливу: сімейний лікар – індивідуальний, лікар превентивної медицини – популяційний, менеджер з психосоціальної підтримки, безпеки та гігієни праці – організаційний. Їхня узгоджена взаємодія формує єдиний контур Турботи про Здоров'я, який поєднує людину, родину, громаду і трудове середовище.

Запропонована модель забезпечує раннє виявлення ризиків розвитку неінфекційних захворювань, профілактику їх виникнення та прогресування, підтримку психічного благополуччя, підвищення працездатності й продуктивності праці. Вона також спирається на сучасні нормативні передумови в Україні. Зокрема, наказом Міністерства охорони здоров'я України від 16.12.2025 № 1899 до Переліку професій

 Creative Commons «Attribution» 4.0

(посад) працівників сфери охорони здоров'я включено професійну назву роботи «лікар превентивної медицини». У свою чергу, Національне агентство кваліфікацій 28.11.2025 затвердило професійний стандарт «Менеджер (управитель) з психосоціальної підтримки персоналу, безпеки та гігієни праці», а Зміною № 16 до Національного класифікатора України ДК 003:2010 «Класифікатор професій», затвердженою Міністерством економіки України, цю професійну назву роботи внесено до класифікатора.

Наукова новизна підходу полягає в обґрунтуванні моделі синергії трьох професійних ролей як єдиного контуру Турботи про Здоров'я, що поєднує клінічний, профілактичний, психосоціальний та управлінський компоненти. Така модель дозволяє перейти від реагування на наслідки захворювань до проактивного управління здоров'ям населення.

Висновки (Conclusions). Сучасні виклики війни, збереження продуктивності праці, забезпечення економічного зростання та національної безпеки потребують системних змін у сфері охорони здоров'я з наголосом на профілактиці неінфекційних захворювань, підтримці психічного благополуччя, збереженні працездатності та відновленні людського потенціалу України.

Синергія лікаря загальної практики – сімейної медицини, лікаря превентивної медицини та менеджера з психосоціальної підтримки персоналу, безпеки та гігієни праці формує цілісний механізм підтримки здоров'я людини, родини, громади та держави. Запропонована модель сприяє переходу від реагування на захворювання до системної Турботи про Здоров'я як основи продуктивного, безпечного та стійкого розвитку України.

Ключові слова (Key words): Primary Health Care; Preventive Medicine; Occupational Health; Productivity; National Security

ПРОФЕСІЙНА ЗАХВОРЮВАНІСТЬ ПРАЦІВНИКІВ ГІРНИЧОДОБУВНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Орєхова О. В., Харламова А. В., Павліченко О. Ф.

Відокремлений підрозділ «Науково-практичний медичний центр професійного здоров`я Національного університету охорони здоров'я України імені П. Л. Шупика»,
м. Кривий Ріг, Україна

Вступ. Професійна захворюваність залишається важливою медико-соціальною проблемою. За останніми глобальними оцінками Міжнародної організації праці та Всесвітньої організації охорони здоров'я, у 2019 році близько 2,93 млн смертей у світі були пов'язані з умовами праці, причому майже 89% припадали на професійні та виробничо зумовлені захворювання.

За даними Проданчука М.Г. та співавт., середній рівень професійної захворюваності у країнах Європи становить близько 30,1 випадку на 100 000 працюючих, тоді як в Україні – близько 1,8 випадку на 100 000 працюючих, що може свідчити про недовиявлення та недооблік професійної патології. Нагорна А.М. зазначає, що в умовах воєнного стану в Україні виявлення професійних захворювань зменшилося на 12,8%, а рівень їх реєстрації становив 1,0–1,6 на 10 тис. працюючих. У цих умовах особливого значення набувають періодичні медичні огляди як інструмент раннього виявлення професійної патології та формування груп підвищеного професійного ризику.

Мета дослідження – оцінити професійний ризик розвитку професійних захворювань та визначити особливості структури професійної патології у працівників різних технологічних груп гірничо-металургійного комплексу.

Дослідження проведено на підприємствах гірничо-металургійного комплексу Криворізького промислового регіону. Робота має ретроспективний аналітичний характер та виконана на основі узагальнення матеріалів спостережень за 2020–2025 рр.

На першому етапі проведено аналіз результатів гігієнічних та фізіолого-ергономічних досліджень умов праці на 8941 робочому місці працівників, зайнятих у технологічних процесах видобування та переробки залізної руди. Оцінку умов праці здійснювали відповідно до ДСН і П «Гігієнічна класифікація праці…», затвердженої наказом МОЗ України №248 від 08.04.2014, із визначенням класу умов праці залежно від рівня впливу шкідливих та небезпечних виробничих факторів.

Працівників розподіляли на три групи порівняння відповідно до професійної належності та характеру виробничої діяльності: підземний видобуток (шахтні роботи), відкритий видобуток (кар'єрні

та транспортні процеси) та допоміжно-переробні професії (ремонтні, електротехнічні, дробильно-сортувальні та інші допоміжні виробництва). Розподіл здійснювали з урахуванням професії, підрозділу, умов праці та виробничих факторів.Оцінку умов праці проведено серед 8941 працівника гірничо-металургійного комплексу. У межах контингенту виявлено 89 випадків професійних захворювань. Досліджувана вибірка складалася виключно з чоловіків. Середній вік працівників із професійними захворюваннями становив 51±7 років, середній стаж роботи в умовах впливу шкідливих виробничих факторів – 20±6 років.

Критеріями включення були наявність встановленого професійного захворювання та документально підтверджений зв'язок захворювання з умовами праці. Діагностику професійних захворювань проводили відповідно до постанови Кабінету Міністрів України №337 від 17.04.2019. Структуру професійної патології оцінювали за МКХ-10.

Для оцінки професійного ризику визначали абсолютний ризик (AR), відносний ризик (RR) та етіологічну частку (EF). Розрахунок показників ризику проводили на загальному контингенті працівників підприємств. Статистичну обробку результатів виконували методами епідеміологічного та статистичного аналізу.

Результати дослідження показали, що найвищий абсолютний ризик професійних захворювань встановлено серед працівників підземного видобутку (AR=0,025; RR=19,93; EF=95,0%), тоді як для відкритого видобутку відповідні показники становили AR=0,014; RR=11,23; EF=91,1%. Для гірничо-металургійного комплексу в цілому абсолютний ризик становив 0,010, а популяційна етіологічна частка професійного фактору – 87,5%.

Найбільша частка випадків професійних захворювань припадала на працівників відкритого видобутку (56,2%), тоді як частка підземного видобутку становила 38,2%. Частота професійних захворювань становила **24,9 випадків на 1000 працівників** серед працівників підземного видобутку, тоді як у референтній групі **1,25 випадків на 1000 працівників.**

У структурі професійної патології переважали хронічні бронхолегеневі захворювання (72,5%) та патологія опорно-рухового апарату і периферичної нервової системи у вигляді радикулопатій (63,7%). Вібраційна хвороба та професійна нейросенсорна приглухуватість реєструвалися у 46,2% випадків кожна. Пневмоконіози та полінейропатії зустрічалися рідше. У більшості випадків спостерігалась **поєднана професійна патологія**. Найбільша кількість випадків професійної патології спостерігалась серед прохідників, машиністів екскаваторів, водіїв автотранспортних засобів, кріпильників та машиністів бурових установок.

Висновки:

1. Встановлено суттєві відмінності професійного ризику розвитку професійних захворювань залежно від технологічної групи виробництва у гірничо-металургійному комплексі. Найвищі показники ризику визначено серед працівників підземного видобутку (AR=0,025; RR=19,93; EF=95,0%), що перевищувало відповідні показники у працівників відкритого видобутку (AR=0,014; RR=11,23; EF=91,1%).
2. У структурі професійної патології переважали хронічні бронхолегеневі захворювання, радикулопатії, вібраційна хвороба та професійна нейросенсорна приглухуватість; для більшості працівників була характерна поєднана професійна патологія.
3. Отримані результати підтверджують доцільність ризик-орієнтованого підходу до організації періодичних медичних оглядів та необхідність посилення профілактичного нагляду за працівниками груп підвищеного професійного ризику, особливо в умовах обмеженої доступності профпатологічної допомоги.

Ключові слова: професійна патологія; умови праці; підземне та відкрите видобування залізної руди; професійний ризик; профілактична медицина

 Creative Commons «Attribution» 4.0

БЕЗПЕКА МЕДИЧНОЇ ДОПОМОГИ ПРИ НЕІНФЕКЦІЙНИХ ЗАХВОРЮВАННЯХ: СУЧАСНІ ВИКЛИКИ ТА СТРАТЕГІЇ У ФІЗИЧНІЙ ТЕРАПІЇ

Паліброда В.В.

Кафедра терапії, реабілітації та здоров'язбережувальних технологій
Завідувач кафедри: Доцюк Л. Г., доктор медичних наук, професор
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
М. Чернівці, Україна

Вступ. Неінфекційні захворювання (НІЗ) є головною причиною інвалідизації та смертності у світі, становлячи понад 70% усіх летальних випадків. Сучасний менеджмент НІЗ вимагає обов'язкового поєднання медикаментозного лікування та функціональної реабілітації. Фізична терапія виступає ключовим немедикаментозним інструментом керування хронічними станами завдяки безпосередньому патогенетичному впливу дозованого руху. Проте висока коморбідність і мультиморбідність таких пацієнтів створюють значні клінічні ризики під час занять. Забезпечення безпеки медичної допомоги при проведенні реабілітаційних заходів є вкрай актуальним викликом, оскільки надмірне або некоректне фізичне навантаження може призвести до гострої декомпенсації життєво важливих систем організму. Існує потреба в чіткому балансуванні між терапевтичною ефективністю вправ та мінімізацією ризиків для життя і здоров'я людини.

Мета. Систематизація сучасних наукових підходів до організації безпечної медичної допомоги пацієнтам із НІЗ у процесі застосування засобів фізичної терапії та визначення ключових факторів мінімізації клінічних ризиків.

Матеріали і методи. Здійснено системний аналіз та бібліографічний пошук наукової літератури, клінічних настанов і звітів ВООЗ та World Physiotherapy у наукометричних базах даних PubMed, Scopus і Google Scholar за останні роки. Застосовано методи теоретичного узагальнення, порівняльного аналізу, аналітичного синтезу та абстрагування для виділення критеріїв безпеки.

Огляд. Фізична терапія при НІЗ має високу доведену ефективність: дозована рухова активність знижує артеріальний тиск, покращує чутливість до інсуліну при діабеті 2-го типу та підвищує толерантність до навантажень при ХОЗЛ. Водночас безпека залишається критичним аспектом реабілітації, оскільки мультиморбідність пацієнтів унеможливлює використання стандартних ізольованих протоколів. Основними загрозами під час тренувань є гострі кардіоваскулярні події (виникнення гострої ішемії міокарда, життєво небезпечних аритмій або гіпертензивних кризів), метаболічні порушення (розвиток тяжкої та непередбачуваної гіпоглікемії у пацієнтів із цукровим діабетом під час або впродовж кількох годин після тривалих фізичних тренувань), ортопедичні травми та падіння.

Для запобігання цим ризикам сучасна медична практика пропонує концептуальний перехід від «нозоцентричного» (орієнтованого лише на одне ізольоване захворювання) до «людиноцентричного» (patient-centred) підходу та ретельного первинного оцінювання функціонального стану. Обов'язковим є використання валідованих інструментів: 6-хвилинного тесту ходьби (6MWT) для оцінки кардіореспіраторного резерву та тесту «Встань та йди» (TUG) для визначення балансу.

Головними чинниками мінімізації ризиків є мультидисциплінарна співпраця фізичного терапевта з лікуючими лікарями, безперервний моніторинг вітальних параметрів (артеріальний тиск, частота серцевих скорочень, сатурація кисню, рівень глікемії) до, під час і після занять. Особливе місце посідає навчання пацієнтів методам самоконтролю за суб'єктивними шкалами (зокрема, шкалою Борга) та вчасне розпізнавання симптомів небезпеки (запаморочення, біль за грудиною), що дозволяє упередити ускладнення на всіх ланках допомоги.

Висновки:

1. Безпека медичної допомоги у сфері фізичної терапії при НІЗ є пріоритетом, що визначає загальну клінічну ефективність реабілітації та запобігає ускладненням.
2. Реабілітація пацієнтів із мультиморбідністю вимагає відходу від суто нозологічного принципу на користь індивідуалізованих програм, сформованих на основі об'єктивного тестування (6MWT, TUG).

Creative Commons «Attribution» 4.0

3. Мінімізація ризиків досягається завдяки інтеграції фізичного терапевта в мультидисциплінарну команду, постійному моніторингу вітальних показників та активному навчанню пацієнтів самоконтролю.

Ключові слова: реабілітація, мультиморбідність, клінічні ризики, мультидисциплінарна команда.

НОВА ПАРАДИГМА БЕЗПЕКИ В ІНВАЗИВНІЙ ГАСТРОЕНТЕРОЛОГІЇ: ВІД ЧЕК-ЛИСТІВ ДО НЕТЕХНІЧНИХ НАВИЧОК

Паліброда Н.М.

Кафедра внутрішньої медицини
Завідувач кафедри: Федів О.І., доктор медичних наук, професор
Буковинський державний медичний університет
м. Чернівці, Україна

Вступ. Неінфекційні захворювання (НІЗ) залишаються головною причиною інвалідизації та смертності у світі. Вагоме місце серед них посідають хронічні хвороби органів травлення, які потребують регулярного моніторингу. Сучасна гастроентерологія базується на застосуванні інвазивних методів, таких як езофагогастродуоденоскопія (ЕГДС) та колоноскопія. Незважаючи на їхню високу інформативність, безпека медичної допомоги при виконанні цих маніпуляцій є серйозним викликом. Будь-яке ендоскопічне втручання несе ризики розвитку ускладнень, що безпосередньо впливає на безпеку пацієнтів із коморбідними патологіями в рамках концепції контролю НІЗ.

Мета. Проаналізувати та систематизувати сучасні наукові дані щодо ризиків, ускладнень та забезпечення безпеки пацієнтів при використанні інвазивних методів дослідження (гастроскопія, колоноскопія) в гастроентерології, а також визначити стратегії мінімізації клінічних загроз.

Матеріали і методи. Проведено бібліографічний та системний аналіз медичної літератури, зокрема клінічних настанов Британського товариства гастроентерологів (BSG) та Європейського товариства гастроінтестинальної ендоскопії (ESGE) за останні роки. Пошук релевантних публікацій здійснювався у базах даних PubMed, Scopus та Google Scholar. Досліджувалися матеріали щодо частоти та специфіки побічних ефектів, пов'язаних із проведенням інвазивних ендоскопічних втручань у дорослих.

Огляд. Аналіз джерел свідчить, що загальна частота ускладнень при діагностичній ендоскопії є низькою (менше 1%), проте суттєво зростає при терапевтичних маніпуляціях (поліпектомія, резекція слизової). Ключовими ризиками інвазивних методів у гастроентерології є перфорація органів, кровотечі, кардіоваскулярні й респіраторні розлади, а також ятрогенне інфікування. Перфорація та кровотеча є найтяжчими механічними ускладненнями, частота яких корелює з досвідом оператора та технічними факторами.

Особливу увагу приділяють ускладненням медикаментозної седації (гіпоксія, гіпотензія, брадикардія, апное). Ризик їхнього розвитку вищий у пацієнтів похилого віку, осіб із високим індексом маси тіла (понад 35 кг/м^2), а також за наявності супутніх НІЗ (серцево-судинні хвороби, цукровий діабет).

Іншим важливим аспектом є інфекційна безпека. Оскільки ендоскопи класифікуються як напівкритичні вироби, порушення протоколів дезінфекції високого рівня та очищення внутрішніх каналів може призвести до перехресного зараження патогенами (синьогнійна паличка, гепатити В і С). Сучасні стратегії безпеки базуються на ретельному допроцедурному оцінюванні, стандартизації чек-листів, обов'язковому моніторингу респіраторної функції (капнографія, пульсоксиметрія) та розвитку нетехнічних навичок (ENTS) персоналу для покращення комунікації в команді.

Сучасні стратегії безпеки в ендоскопічній гастроентерології зазнали суттєвої еволюції та наразі базуються на чотирьох фундаментальних підходах:

- **Допроцедурна стратифікація ризиків та індивідуалізація підготовки**. Стратегія передбачає обов'язкову оцінку соматичного статусу пацієнта за шкалою ASA (American Society of Anesthesiologists), скринінг прихованих дихальних розладів за допомогою опитувальника S*TOP-BANG*, а також сувору персоналізовану корекцію прийому антикоагулянтів та антиагрегантів згідно з актуальними протоколами ESGE для запобігання постпроцедурним кровотечам.
- Впровадження спеціалізованих чек-листів (Endoscopy Safety Checklist). За аналогією з хірургічною практикою ВООЗ, використання ендоскопічних чек-листів мінімізує людський фактор. Вони передбачають три критичні етапи контролю:

 Creative Commons «Attribution» 4.0

1. «*Sign In*» (до початку седації) — верифікація пацієнта, згоди на процедуру та оцінка анестезіологічних ризиків;
2. «*Time Out*» (безпосередньо перед введенням апарату) — підтвердження готовності команди та справності обладнання;
3. «*Sign Out*» (після завершення маніпуляції) — фіксація обсягу втручання, маркування біоптатів та формування плану початкового відновлення пацієнта.

- **Інтрапроцедурний розширений моніторинг.** Під час проведення глибокої седації (зокрема із застосуванням пропофолу) класичної пульсоксиметрії часто недостатньо. Сучасним стандартом є інтеграція мікроструменевої капнографії, яка дозволяє виявити депресію дихання та гіповентиляцію на 30–60 секунд раніше, ніж розвинеться реальна гіпоксемія, що дає лікарю час для негайної корекції положення дихальних шляхів.
- **Розвиток нетехнічних навичок (ENTS — Endoscopy Non-Technical Skills)**. Безпека процедури залежить не лише від мануальної майстерності ендоскопіста, а й від його когнітивних та соціальних навичок. Програми ENTS фокусуються на чотирьох доменах: ситуаційна обізнаність клінічної ситуації, прийняття рішень у критичних умовах, лідерство та ефективна міждисциплінарна комунікація всередині ендоскопічної бригади (лікар, анестезіолог, медична сестра).

Важливою складовою сучасних стратегій безпеки є також безперервний внутрішній та зовнішній аудит індикаторів якості, таких як частота виявлення аденом (ADR — adenoma detection rate), швидкість та повнота інтубації сліпої кишки, а також моніторинг усіх небажаних подій упродовж 30 днів після втручання.

Висновки. Забезпечення безпеки при проведенні інвазивних досліджень у гастроентерології вимагає переходу до системної інтеграції чотирьох рівнів захисту: допроцедурної стратифікації ризиків коморбідних пацієнтів, обов'язкового використання триетапних ендоскопічних чек-листів, інтрапроцедурного капнографічного моніторингу дихання та розвитку нетехнічних навичок персоналу. Головними напрямками зниження ятрогенних загроз є персоналізований підбір седації, жорсткий аудит репроцесингу обладнання та регулярний контроль індикаторів якості. Трансформація культури медичного закладу в бік командної взаємодії та прозорості є базовою умовою мінімізації механічних, кардіореспіраторних та інфекційних ускладнень.

Ключові слова: езофагогастродуоденоскопія, колоноскопія, чек-листи, нетехнічні навички.

ВПЛИВ ЗМІНИ КЛІМАТУ НА БЕЗПЕКУ ТА ГІГІЄНУ ПРАЦІ

Паустовський Ю.О., Зенкіна В.І.

Кафедра гігієни, екологічного і професійного здоров'я
Завідувач кафедри: Яворовський О.П., академік НАМН України
Національний медичний університет імені О.О. Богомольця
м. Київ, Україна

Вступ. Зміна клімату є однією з найбільших глобальних загроз сучасності, що справляє вагомий вплив на умови праці та здоров'я мільярдів людей у всьому світі. Відповідно до даних провідних міжнародних організацій, 3,6 мільярда людей вже проживають у районах, значно схильних до кліматичних ризиків. За прогнозами Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), у період з 2030 по 2050 рр. кількість смертей, спричинених змінами клімату, зростатиме приблизно на 250 000 осіб на рік внаслідок теплового стресу, поширення малярії, захворювань, що супроводжуються діареєю, та недостатнього харчування.

Виробнича сфера є особливо вразливою до кліматичних змін, оскільки значна частина трудової діяльності відбувається на відкритому повітрі або у приміщеннях з неефективною вентиляцією. Прямі витрати, пов'язані з негативним впливом зміни клімату на здоров'я людей, за оцінками фахівців, до 2030 року складатимуть 2–4 млрд доларів США щорічно. Тому дослідження проблематики охорони праці в контексті кліматичних ризиків є актуальним і своєчасним.

Мета. Дослідити вплив зміни клімату на безпеку, гігієну праці та стан здоров'я працівників в Україні, визначити групи ризику серед працівників та запропонувати заходи реагування на відповідні небезпеки.

Матеріали і методи. У роботі застосовано бібліографічний, аналітичний методи та описової статистики.

Огляд. Одним із найпоширеніших кліматичних чинників ризику для здоров'я працюючого населення на відкритому повітрі є ультрафіолетове випромінювання (УФ-випромінювання). Впливу сонячного УФ-випромінювання щороку піддаються 1,6 млрд працівників у всьому світі. Посилення інтенсивності УФ-опромінення внаслідок руйнування озонового шару безпосередньо пов'язане зі зростанням частоти онкологічних захворювань шкіри, патологій органів зору та імунодефіцитних станів.

Серед онкологічних захворювань шкіри професійного генезу домінує базальноклітинна карцинома (80%), плоскоклітинний рак (16%) та меланома (4%). Щорічно від немеланомного раку шкіри виробничого походження помирає понад 18 960 осіб. Окрім онкологічних ризиків, тривала дія УФ-випромінювання спричиняє катаракту, кератокон'юнктивіт та дегенерацію жовтої плями – захворювання, за даними ВООЗ, у зв'язку з яким за медичною допомогою звертаються 30 млн осіб за рік. Окремої уваги заслуговує проблема фотосенсибілізаторів – речовин, що різко підвищують чутливість шкіри до ультрафіолету. До них належать певні косметичні засоби, лікарські препарати (ібупрофен, тетрациклін, антигістамінні), а також рослини – зокрема, борщівник Сосновського, контакт з яким поширений в агропромисловому секторі. Поєднана дія таких речовин та УФ-випромінювання може спричиняти фотодерматит, фотоалергічні та фототоксичні реакції.

В умовах зміни клімату актуальними є питанням теплового стресу та екстремальних погодних явищ. Аномальна спека є одним із найбільш руйнівних наслідків глобального потепління для сфери праці. Щорічно впливу аномальної спеки зазнають щонайменше 2,41 млрд працівників, вона стає причиною 22,85 млн виробничих травм, 18 970 смертей на виробництві та 2,09 млн втрачених років у зв'язку з непрацездатністю. Тепловий стрес охоплює цілий спектр патологічних станів: теплові судоми, теплове виснаження, висипання від тепла та тепловий удар. Тепловий удар – найважча форма гіпертермії – розвивається внаслідок різкого порушення терморегуляції організму та може мати летальні наслідки. Окремою нозологічною одиницею є сонячний удар, при якому інфрачервоне випромінювання безпосередньо уражає центральну нервову систему, спричиняючи головний біль, порушення свідомості та координації рухів.

В Україні ризик від екстремальних погодних явищ є особливо значущим з огляду на географічне положення. За дослідженнями ГО «Екодія», майже 52 тисячі будівель та 590 населених пунктів на морських узбережжях перебувають у зоні ризику затоплення до кінця XXI ст. За прогнозами, у зоні потенційного затоплення можуть опинитися 6 міст і 62 села (включно з Одесою, Херсоном, Миколаєвом, Маріуполем), понад 75 тис. людей можуть бути змушені до переселення, а серед об'єктів ризику – 662 екологічно небезпечних об'єкти.

Глобальне ефективне реагування на зміни клімату потребує комплексного підходу, що поєднує адаптацію (розробка та впровадження національних стратегій відповідно до Паризької угоди, адаптація критичної інфраструктури та сільського господарства до кліматичних ризиків), мітигацію – заходи з пом'якшення наслідків (декарбонізація енергетики, підвищення енергоефективності у промисловості, будівництві та транспортному секторі тощо) та міжнародну співпрацю на всіх рівнях управління (інтеграція кліматичної політики у національні плани розвитку, бюджетне планування та галузеві стратегії, підсилення міжнародного співробітництва, підвищення обізнаності населення, освітні програми та залучення громадянського суспільства до прийняття рішень).

Висновки. Досліджено проблему впливу зміни клімату на умови праці та здоров'я працівників. Для своєчасного реагування на пов'язані з цим небезпеки та ризики в галузі охорони та безпеки праці має бути прийнята національна політика та відповідні стратегії, розроблені Національне законодавство та нормативні акти, які будуть включені до колективних договорів, видані спеціальні технічні посібники, розроблені програми навчання та ініціативи з підвищення обізнаності працівників, запроваджені різні ініціативи щодо громадського здоров'я, спрямовані на покращення умов праці та збереження здоров'я працівників.

Ключові слова: зміна клімату, гігієна та безпека праці, чинники ризику, тепловий стрес.

 Creative Commons «Attribution» 4.0

ВПРОВАДЖЕННЯ ПИТАНЬ БЕЗПЕКИ ПАЦІЄНТІВ ТА ІНФЕКЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ В ОСВІТНІЙ ПРОЦЕС НА ДОДИПЛОМНОМУ РІВНІ ПІДГОТОВКИ МЕДИЧНИХ ФАХІВЦІВ

Петрусевич Т.В., Зубленко О.В., Фогель М.С.

кафедра епідеміології та доказової медицини
Національний медичний університет імені О.О. Богомольцям, м. Київ, Україна

Вступ. Безпека пацієнтів у сучасній медичній практиці тісно пов'язана з якістю профілактики інфекцій та інфекційного контролю (ПІІК). Інфекції, пов'язані з наданням медичної допомоги (ІПНМД, зокрема числі катетер-асоційовані інфекції сечовивідних шляхів, інфекції області хірургічного втручання, вентилятор-асоційовані пневмонії, сепсис, суттєво впливають на результати лікування та збільшують витрати закладів охорони здоров'я. В зв'язку з цим формування у здобувачів медичної освіти на етапі додипломної підготовки стійких практичних навичок з ПІІК є важливим завданням, що сприятиме створенню безпечного лікарняного середовища як для пацієнтів, так і для медичного персоналу у майбутній професійній діяльності.

Мета. Обґрунтувати необхідність та визначити ключові напрямки інтеграції стандартів ПІІК в освітні програми підготовки здобувачів медичної освіти на основі аналізу теоретичної моделі базового курсу ICAP/CDC (2025).

Матеріали і методи. Дослідження базується на аналізі структури та навчальних цілей «Базового курсу ICAP/CDC з профілактики інфекцій та інфекційного контролю, 2025». Модель курсу ICAP/CDC, яка розроблена Глобальним центром охорони здоров'я ICAP при Колумбійському університеті у партнерстві з Центрами з контролю та профілактики захворювань США (CDC). Було детально вивчено ключові домени курсу, включаючи їх тематичне наповнення, послідовність викладання навчального матеріалу, а також компетентності, формування яких забезпечується опануванням кожного домену. Отримані дані можуть бути використані для подальшого інтегрування в освітній процес викладання на додипломному рівні на кафедрі епідеміології та доказової медицини НМУ імені О.О. Богомольця питань інфекційного контролю (ІК) та інфекційної безпеки

Огляд. Комплексна підготовка майбутніх медичних фахівців за освітніми програмами з питань ІК та інфекційної безпеки має базуватися на шести ключових тематичних напрямах (доменах). Перший блок знань стосується організаційної структури: розуміння функцій відділу інфекційного контролю (ВІК) як координуючого органу у закладі охорони здоров'я, який керує ПІІК в закладі. Здобувачі освіти мають оволодіти методологією застосування основних компонентів ПІІК та інструментами оцінки мінімальних вимог до медичних установ.

Фундаментальне значення має напрямок мікробіології та шляхів передачі інфекцій. Освітній процес повинен сприяти формуванню у майбутніх медичних працівників знань і практичних навичок з питань ідентифікації патогенів, інтерпретації лабораторних даних та запобігання поширенню інфекцій. У цьому контексті особливої актуальності набуває дослідження того, як здобувачі освіти сприймають питання ПІІК та оцінюють власну готовність до застосування відповідних заходів у професійній діяльності.

У процесі підготовки майбутніх медичних фахівців особливу увагу доцільно приділяти засвоєнню стандартних запобіжних заходів, які застосовуються під час надання медичної допомоги всім пацієнтам незалежно від їхнього діагнозу чи інфекційного статусу. До ключових компонентів такої підготовки належать формування навичок належної гігієни рук з дотриманням п'яти критичних моментів для їх обробки та використанням спиртовмісних антисептиків або миття рук водою з милом; опанування принципів респіраторної гігієни та етикету кашлю; відпрацювання правильного використання засобів індивідуального захисту, зокрема алгоритмів їх надягання та зняття в місцях надання медичної допомоги. Важливим напрямом навчання також є забезпечення безпеки інвазивних маніпуляцій шляхом дотримання семи кроків безпечного виконання ін'єкцій та застосування пристроїв з вбудованими захисними механізмами (інженерно-захищених пристроїв, наприклад шприців із захисним механізмом блокування або автоматичним закриттям голки тощо) для профілактики травм гострими медичними інструментами. Крім того, здобувачі медичної освіти повинні оволодіти принципами підтримання безпечного лікарняного середовища, що включає виконання рутинного прибирання та дезінфекції по-

Creative Commons «Attribution» 4.0

верхонь із дотриманням заходів профілактики перехресної контамінації, а також засвоєння правил поводження з білизною та сортування, збору та утилізації медичних відходів відповідно до вимог ІК.

Наступний момент підготовки медичних фахівців охоплює додаткові заходи захисту на основі шляхів інфікування (контактного, крапельного, повітряного), що можуть потребувати специфічних режимів ізоляції пацієнтів. Крім того, невід'ємною частиною навчання є знання в галузі профілактики професійного інфікування медичних працівників, що включає імунопрофілактику, алгоритми дій після контакту з біологічними рідинами та вміння проводити самооцінку симптомів. Окремим напрямком є управління спалахами ІПНМД, де майбутні фахівці мають навчитися розпізнавати незвичні кластери та впроваджувати початкові кроки розслідування спалаху при збереженні особистої безпеки.

Висновки. Інтеграція навчальних цілей курсу ICAP/CDC у освітні програми додипломної підготовки майбутніх медичних працівників забезпечить ефективне перетворення теоретичних знань у практичні професійні компетентності. Такий підхід формує фахівця, здатного критично оцінювати ризики ІПНМД, послідовно застосовувати стандартні заходи захисту та брати активну участь у зниженні рівня внутрішньолікарняних інфекцій. Впровадження зазначеної освітньої моделі сприятиме підвищенню якості медичної допомоги, зміцненню системи ІК та формуванню безпечного лікарняного середовища. У довгостроковій перспективі це забезпечить стійке зниження поширеності ІПНМД, підвищення рівня безпеки пацієнтів і медичного персоналу, а також розвиток культури безпеки в закладах охорони здоров'я відповідно до міжнародних вимог у сфері громадського здоров'я.

Ключові слова (keywords): Medical Education, Undergraduate, Curriculum, HAI, IPC, Universal Precautions

РОЗВИТОК ГРОМАДСЬКОГО ЗДОРОВ'Я В УКРАЇНІ

Полька Н.С., Рудницька О.П., Новохацька С.М., Мельченко Ю.В., Лейких С.В.

ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О. М. Марзєєва НАМНУ»

«Громадське здоров'я є основою, на якій лежить
добробут народу і влади країни.
Оцінка за громадським здоров'ям є першим обов'язком громадського діяча»

Бенджамін Дізраелі (1875 р.)

Вступ. Сфера громадського здоров'я (ГЗ) пройшла тривалий шлях еволюції, що підпорядковувався загальноєвропейським тенденціям та науково-технологічному прогресу. Сучасний етап розвитку ГЗ в Україні характеризується розбудовою принципово нової архітектури захисту населення, орієнтованої на європейські стандарти та профілактичну медицину.

Розвиток громадського здоров'я в Україні обумовлений деякими історичними етапами – «революціями», які протягом XIX-XX століть відбувались в Європі та докорінно змінили підходи до збереження здоров'я націй.

Наприкінці XIX століття в країнах західної Європи спостерігалося поліпшення показників здоров'я населення, яке пов'язують, з одного боку, з фундаментальними бактеріологічними відкриттями Е. Дженнера, Л. Пастера, Р. Коха та інших вчених, а з іншого – з поліпшенням параметрів навколишнього середовища за рахунок інженерно-технологічних відкриттів. Роль класичної лікувальної медицини залишалася вторинною. Дослідники назвали таку ситуацію першою революцією у сфері громадського здоров'я.

Друга революція у сфері громадського здоров'я ознаменувалася зниженням смертності та мінімізацією поширення інфекційної і соціально значущої неінфекційної захворюваності у Європі. В основі лежить принцип – чим більше грошей витрачається на систему охорони здоров'я і, зокрема, лікувальну медицину, тим краще буде здоров'я суспільства.

Однак з 70-х років минулого століття цей підхід почав викликати сумніви: незважаючи на зростаючі витрати на охорону здоров'я, темпи покращення показників здоров'я знизилися.

Саме в той час зародилась концепція промоції здоров'я, яка розглядає здоров'я як цілісний ресурс та найвищу індивідуально-суспільну цінність. Такий підхід дозволяє зосередитись на діяльності, що підвищує потенціал здоров'я людини/населення, ресурс життя нації; переоцінити ступінь та ефективність впливу лікувальної медицини на здоров'я суспільства. Саме це вважають третьою революцією у сфері громадського здоров'я.

 Creative Commons «Attribution» 4.0

В Україні ще у 1898 році видатний вчений-гігієніст О.В. Корчак-Чепурківський обґрунтував потребу у створенні університетських кафедр громадської медицини. З 1906 року він розпочав викладання основ ГЗ (яке називав «народним здоров'ям») у Київському політехнічному та Київському медичному інститутах, сформувавши плеяду відомих послідовників (В. В. Удовенко, В. Я. Підгаєцький, М. А. Кудрицький та ін.).

Новий імпульс було надано у 1970 році, коли на базі Київського науково-дослідницького інституту загальної і комунальної гігієни створено відділ соціальної гігієни, організації і історії охорони здоров'я, до складу якого входило 8-мь відділень: організації охорони здоров'я; статистики захворюваності, історії охорони здоров'я, економіки і перспективного планування, закордонного досвіду охорони здоров'я, видавнича група, машино-рахункове бюро та відділення кадрової політики.

Важливою теоретичною базою цього періоду стало формування концепції «поля здоров'я Лалонда» (1974 році міністр охорони здоров'я Канади М.Лалонда), яка класифікувала детермінанти здоров'я за чотирма категоріями:

- Поле біологічне включає фактори, пов'язані з біологією людини – вік, стать, спадковість;
- Поле способу життя включає фізичну активність, харчування, шкідливі звички, спосіб проведення вільного часу тощо;
- Поле оточуючого середовища включає чинники: економічні, соціальні, екологічні, культурні та ін.;
- Поле організації медичної допомоги включає доступність медичної допомоги, забезпечення її сучасного рівня, санітарну просвіту тощо.

Сучасний етап реформування системи розпочався у 2015–2016 роках:

- У 2015 році ДУ «Інститут гігієни і медичної екології ім. О. М. Марзєєва НАМНУ» перейменовано в ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О. М. Марзєєва НАМНУ», що супроводжувалося реструктуризацією наукових напрямів відповідно до комплексних детермінант ГЗ.
- Одночасно у 2015 році створено координаційний орган — «Центр громадського здоров'я МОЗ України» з функціями епідеміологічного нагляду, соціально-гігієнічного моніторингу та біобезпеки.
- Паралельно розпочато підготовку кадрів на базі профільних інститутів НМУ ім. О.О. Богомольця та Вінницького НМУ ім. М.І. Пирогова.
- Схвалена у 2016 році Концепція розвитку системи громадського здоров'я задекларувала остаточний перехід від пострадянської моделі санітарно-епідеміологічної служби до європейських стандартів, зміщення акцентів на профілактику та децентралізацію управління через мережу регіональних Центрів контролю та профілактики хвороб МОЗ України.

На сьогодні в Україні правові, організаційні, економічні та соціальні засади функціонування системи громадського здоров'я визначає Закон України «Про систему громадського здоров'я» (№ 2573-IX від 06.09.2022), який регулює суспільні відносини у сфері громадського здоров'я та санітарно-епідемічного благополуччя населення.

Перспективним вектором розвитку залишається розширення кадрового потенціалу галузі. Наразі системна підготовка фахівців із громадського здоров'я здійснюється на базі профільних кафедр у 14 закладах вищої освіти, серед яких 9 університетів медичного профілю та 5 гуманітарних (немедичних) ВНЗ.

Висновки. Подальша розбудова системи ГЗ в Україні передбачає інтеграцію у європейський дослідницький простір, посилення біологічної безпеки та впровадження інноваційних технологій моніторингу здоров'я населення.

Ключові слова: промоція, профілактика, моніторинг, детермінанти, медицина.

 ISSN 2786-6661

ТЯГАР ХВОРОБ СИСТЕМИ КРОВООБІГУ В УКРАЇНІ І СВІТІ

Порошинська І.В.

Науковий керівник: д.мед.н., професор Онул Н.М.,
Кафедра гігієни, екології та охорони праці
Завідувач кафедри: д.мед.н., професор Шевченко О.А.
Дніпровський державний медичний університет
м. Дніпро, Україна

Вступ. Хвороби системи кровообігу (ХСК) становлять одну з найбільш актуальних проблем громадського здоров'я, оскільки є основною причиною захворюваності, втрати працездатності та передчасної смертності. Всесвітня організація охорони здоров'я, провідні вчені підкреслюють значну актуальність вивчення поширеності ХСК та їх негативних медико-соціальних наслідків для населення різних країн як основу розробки і впровадження ефективних популяційних стратегій. Відтак дослідження тягаря ХСК за показником DALYs (Disability-Adjusted Life Years) та оцінка можливостей його зниження набуває особливого значення.

Мета роботи. Здійснити аналіз тягаря ХСК в Україні порівняно з країнами ЄС та глобальним рівнем за період 2018-2023 рр.

Матеріали та методи. Оцінка тягаря ХСК в Україні проведена на підставі аналізу статистичної бази даних міжнародного епідеміологічного дослідження, яке Координується Інститутом метрики та оцінки здоров'я при Університеті Вашингтону (Institute for Health Metrics and Evaluation), "Глобальний тягар хвороб - Global Burden of Disease (GBD)", оновленої за 2023 рік. Використання даних GBD для аналізу тягаря ХСК є доцільним в умовах відсутності інформаційної бази в Україні для комплексного аналізу епідеміології ХСК.

Проведено аналіз показників тягаря хвороб (DALYs), який враховує роки здорового життя втрачені через передчасну смертність (YLLs) та інвалідність (YLDs), серед населення обох статей усіх вікових груп за період 2018-2023 рр. Для оцінки тягаря ХСК в Україні за показником DALYs порівняно з країнами ЄС та глобальним рівнем проведено аналіз стандартизованих за віком показників, оскільки такий підхід дозволяє порівнювати дані між групами населення з різною віковою структурою, "усуваючи" вплив старіння. Стандартизація показників здійснена прямим методом із використанням світового стандарту населення до порівнюваних груп, що забезпечує справедливе їх порівняння.

Статистична обробка даних проводилася із застосуванням Microsoft Excel та R version 4.3.1 (https://www.r-project.org/). Критичний рівень статистичної значимості при перевірці усіх гіпотез приймався $p<0,05$.

Результати. Встановлено, що у 2023 році населення України втратило через інвалідність та передчасну смертність від ХСК 16 631,72 (95% ДІ 15 487,36 – 17 766,05) років здорового життя у розрахунку на 100 000 населення. У структурі DALYs ХСК продовжують залишатись серед лідерів – впродовж усього періоду спостереження вони займали 1-е рангове місце, за винятком 2022 р., і у 2023 році їх питома вага становила 34,85% (95% 32,14-37,8%) у загальній структурі DALYs, що у 1,9-2,2 раза вище порівняно з країнами ЄС та глобальним рівнем.

Стандартизований за віком показник втрачених через інвалідність та передчасну смертність внаслідок ХСК років здорового життя в Україні у 2023 році виявився у 3,2 раза вищим порівняно з країнами ЄС та у 1,8 раза – порівняно з глобальним рівнем. При цьому відмічається зниження показника за період 2018-2023 рр. (ТПр = -12,6%), що у 1,6-2,1 раза вище порівняно з європейським та глобальним рівнями (ТПр = -7,7% та -5,9% відповідно). Однак така ситуація в Україні, на жаль, є свідченням не лише ефективності лікувально-профілактичної роботи щодо ХСК, а зумовлена значною мірою впливом інших груп захворювань в умовах військових дій. Свідченням цьому є показники ТПр DALYs від ХСК в довоєнний період, які були ідентичними в Україні та країнах ЄС (ТПр = -5,6%), хоча вищими за глобальний рівень (ТПр = -2,8%).

Аналіз гендерних особливостей стандартизованих за віком показників DALYs внаслідок ХСК свідчить про традиційно вищі у 1,5-2,1 раза рівні серед чоловічого населення порівняно з жінками в усі роки спостереження. При цьому різниця виявилась найвищою в Україні – у 2,0-2,1 раза, тоді як для країн ЄС ця відмінність сягала 1,9 раза, а на глобальному рівні – 1,6 раза.

 Creative Commons «Attribution» 4.0

Висновки. Незважаючи на існуючі дієві політики і стратегії щодо профілактики, ранньої діагностики та лікування, ХСК залишаються актуальною проблемою для громадського здоров'я в Україні та світі, оскільки продовжують зумовлювати значне соціально-економічне навантаження на суспільство у цілому та систему охорони здоров'я зокрема. Україна є одним з європейських та світових лідерів щодо негативних медико-соціальних наслідків ХСК для населення, у тому числі років здорового життя, втрачених через передчасну смертність та інвалідність, що потребує подальшого впровадження існуючих та розробки нових ефективних політик та стратегій профілактики ХСК у сфері громадського здоров'я.

Ключові слова: громадське здоров'я, гендерні особливості, профілактика, хвороби системи кровообігу, тягар хвороб.

ГІГІЄНІЧНІ АСПЕКТИ ПРОФІЛАКТИКИ НЕІНФЕКЦІЙНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ ЯК СКЛАДОВА БЕЗПЕКИ ПАЦІЄНТІВ

Процюк Людмила Олександрівна, Дякова Оксана Василівна

Кафедра гігієни та екології
Завідувач кафедри Браткова Ольга Юріївна
Вінницький національний медичний університет ім. М. І. Пирогова
Вінниця,Україна

Вступ. Неінфекційні захворювання (серцево-судинні захворювання, цукровий діабет, злоякісні новоутворення та хронічні респіраторні хвороби) є провідною причиною смертності у світі, зумовлюючи близько 74 % усіх випадків смерті. Основними модифікованими факторами ризику їх розвитку є тютюнопаління, нераціональне харчування, недостатня фізична активність, вживання алкоголю та несприятливий вплив чинників навколишнього середовища.

У сучасних умовах профілактика неінфекційних захворювань розглядається як важлива складова громадського здоров'я та безпеки пацієнтів. Реалізація гігієнічних заходів, спрямованих на контроль факторів ризику, формування здорового способу життя та підвищення медичної грамотності населення, сприяє зниженню захворюваності, попередженню ускладнень і покращенню результатів медичної допомоги.

Особливої актуальності ця проблема набуває у контексті Всесвітнього дня безпеки пацієнтів 2026 року, присвяченого безпечній медичній допомозі при неінфекційних захворюваннях.

Мета роботи – узагальнити сучасні дані щодо гігієнічних аспектів профілактики неінфекційних захворювань та їх ролі у забезпеченні безпеки пацієнтів.

Матеріали і методи. Проведено аналіз та узагальнення сучасних наукових публікацій, рекомендацій Всесвітньої організації охорони здоров'я та нормативних документів з питань профілактики неінфекційних захворювань і безпеки пацієнтів. Використано бібліографічний, аналітичний та системний методи дослідження.

Огляд. Неінфекційні захворювання є провідною причиною смертності та інвалідизації населення у світі, зумовлюючи значне навантаження на систему охорони здоров'я. Сучасні підходи до їх профілактики ґрунтуються на контролі модифікованих факторів ризику та впровадженні комплексних заходів, спрямованих на збереження здоров'я населення і підвищення безпеки пацієнтів.

Важливу роль у профілактиці НІЗ відіграють гігієнічні заходи, спрямовані на формування здорового способу життя. Дотримання принципів раціонального харчування, достатня фізична активність, відмова від тютюнопаління та шкідливого вживання алкоголю сприяють зниженню ризику розвитку серцево-судинних захворювань, цукрового діабету, злоякісних новоутворень і хронічних респіраторних хвороб. Водночас важливим чинником збереження здоров'я є забезпечення безпечного довкілля та належних умов праці й побуту.

Суттєве значення мають санітарно-освітня діяльність і підвищення медичної грамотності населення, що сприяють формуванню відповідального ставлення до здоров'я, активній участі у профілактичних програмах та підвищенню прихильності до лікування.

Одним із ключових інструментів профілактики є проведення профілактичних медичних оглядів і скринінгових програм, спрямованих на раннє виявлення факторів ризику та захворювань. Своєчасна діагностика дозволяє запобігти розвитку ускладнень, знизити частоту госпіталізацій і передчасної смертності, а також підвищити ефективність медичної допомоги.

Creative Commons «Attribution» 4.0

Відповідно до концепції ВООЗ «Safe care for noncommunicable diseases», профілактика НІЗ є невід'ємною складовою безпеки пацієнтів. Реалізація гігієнічних, профілактичних та освітніх заходів сприяє попередженню прогресування захворювань, зменшенню ризику несприятливих наслідків та підвищенню якості життя пацієнтів.

Висновки

1. Неінфекційні захворювання залишаються провідною причиною смертності та втрати працездатності населення, що зумовлює необхідність посилення профілактичної спрямованості системи охорони здоров'я.
2. Гігієнічні заходи, спрямовані на формування здорового способу життя, раціональне харчування, достатню фізичну активність, відмову від шкідливих звичок та створення безпечного середовища життєдіяльності, є ефективними інструментами профілактики неінфекційних захворювань.
3. Реалізація профілактичних стратегій сприяє зниженню ризику розвитку ускладнень, покращенню якості життя пацієнтів та підвищенню безпеки медичної допомоги.
4. Інтеграція принципів громадського здоров'я, гігієнічного виховання та безпеки пацієнтів є важливою умовою ефективного контролю неінфекційних захворювань на індивідуальному та популяційному рівнях.

Ключові слова: неінфекційні захворювання; безпека пацієнтів; профілактика; гігієна; здоровий спосіб життя.

Список літератури

1. World Health Organization. Noncommunicable diseases [Internet]. Geneva: WHO; 2025 [cited 2026 Jun 18]. Available from: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases
2. World Health Organization. Patient safety [Internet]. Geneva: WHO; 2025 [cited 2026 Jun 18]. Available from: https://www.who.int/health-topics/patient-safety
3. World Health Organization. World Patient Safety Day 2026: Safe care for noncommunicable diseases [Internet]. Geneva: WHO; 2026 [cited 2026 Jun 18]. Available from: https://www.who.int/campaigns/world-patient-safety-day/2026
4. World Health Organization. Global Action Plan for the Prevention and Control of Noncommunicable Diseases 2013–2030. Geneva: World Health Organization; 2023.
5. World Health Organization. Noncommunicable Diseases Progress Monitor 2024. Geneva: World Health Organization; 2024.
6. Міністерство охорони здоров'я України. Стратегія розвитку системи охорони здоров'я на період до 2030 року. Київ: МОЗ України; 2025.
7. Центр громадського здоров'я МОЗ України. Неінфекційні захворювання в Україні: інформаційно-аналітичний огляд. Київ: ЦГЗ МОЗ України; 2024.
8. Institute for Health Metrics and Evaluation. Global Burden of Disease Study 2023: Results and Tools [Internet]. Seattle (WA): IHME; 2024. Available from: https://www.healthdata.org
9. Beaglehole R, Bonita R, Horton R, Adams C, Alleyne G, Asaria P, et al. Priority actions for the non-communicable disease crisis. Lancet. 2011;377(9775):1438–1447.
10. Allen LN, Feigl AB. What's in a name? A call to reframe non-communicable diseases and improve prevention. BMJ Global Health. 2017;2(2):e000280.

БЕЗПЕКА ПАЦІЄНТА ІЗ ЦЕНТРАЛЬНОЮ СЕРОЗНОЮ ХОРІОРЕТИНОПАТІЄЮ: ВІД СВОЄЧАСНОЇ ДІАГНОСТИКИ ДО ПРОФІЛАКТИКИ РЕЦИДИВІВ

Прудиус В.В.

Державна установа «Інститут медицини праці імені Ю. І. Кундієва Національної академії медичних наук України», Київ, Україна

Вступ. Центральна серозна хоріоретинопатія (ЦСХРП) є однією з найпоширеніших макулопатій, що призводить до зниження гостроти та якості зору. Захворювання частіше уражає осіб працездатного віку, може супроводжуватися зниженням гостроти зору, метаморфопсіями, мікропсією, порушенням контрастної чутливості та зниженням зорово-залежної якості життя [Lange 2026; Frederiksen 2025]. Попри можливість спонтанного регресу гострих форм захворювання, ЦСХРП має схильність до хро-

 Creative Commons «Attribution» 4.0

нізації та рецидивуючого перебігу, а персистенція субретинальної рідини може призводити до стійких змін пігментного епітелію та зовнішніх шарів сітківки [Feenstra 2024; Radke 2025]. У контексті безпеки пацієнта ЦСХРП варто розглядати не лише як патологію макулярної ділянки, а як стан, при якому прогноз відновлення зору залежить від своєчасності встановлення діагнозу, точності диференційної діагностики, раннього виявлення ознак хронізації, уникнення необґрунтованого кортикостероїдного навантаження, виявлення модифікованих факторів ризику, зокрема психоемоційного та професійного стресу, вибору оптимальної тактики лікування та належної організації динамічного спостереження.

Мета. Обґрунтувати підходи до підвищення безпеки пацієнтів із центральною серозною хоріоретинопатією шляхом своєчасної діагностики, мінімізації ятрогенних ризиків, оцінки модифікованих факторів ризику та профілактики рецидивуючого і хронічного перебігу захворювання.

Матеріали і методи. Проведено огляд публікацій з використанням баз даних PubMed та Google Scholar глибиною 7 років. До аналізу включали оглядові статті, систематичні огляди, метааналізи, консенсусні документи, клінічні рекомендації та оригінальні дослідження, що стосувалися діагностики, факторів ризику, рецидивуючого перебігу та безпечного ведення пацієнтів із ЦСХРП.

Огляд. Сучасні уявлення про ЦСХРП розглядають її як пахіхороїд-асоційоване хоріоретинальне захворювання, для якого характерні серозне відшарування нейросенсорної частини сітківки, дисфункція пігментного епітелію сітківки та порушення хоріоїдального кровообігу [Lange 2026; Radke 2025]. У патогенезі захворювання важливе значення надають хоріоїдальній венозній конгестії, порушенню відтоку крові через систему вортикозних вен, підвищенню проникності судин хоріоідеї та зростанню гідростатичного тиску. Такі зміни можуть призводити до декомпенсації бар'єрно-насосної функції пігментного епітелію сітківки та накопичення субретинальної рідини [Zarnegar 2023; Koizumi 2024].

Одним із ключових елементів безпечного ведення пацієнтів із ЦСХРП є своєчасна діагностика. Пацієнти зі скаргами на зниження центрального зору, метаморфопсії (викривлення ліній та предметів), мікропсію (зменшення розміру зображення) чи випадіння центрального поля зору потребують своєчасного проведення оптичної когерентної томографії (ОКТ) макули. ОКТ дозволяє виявити субретинальну рідину, серозне відшарування нейросенсорної сітківки, зміни пігментного епітелію, ознаки пахіхороїдного фенотипу та зміни в зовнішніх шарах сітківки. У випадках атипового перебігу, тривалої персистенції субретинальної рідини або підозри на хоріоїдальну неоваскуляризацію доцільним є застосування мультимодальної візуалізації, зокрема флуоресцеїнової ангіографії та ОКТ-ангіографії [Radke 2025; Lange 2026].

Важливим аспектом діагностичної безпеки є диференційна діагностика ЦСХРП із неоваскулярною віковою макулярною дегенерацією, запальними хоріоретинальними захворюваннями, заднім увеїтом та іншими станами, що можуть супроводжуватися накопиченням субретинальної рідини. Помилкова інтерпретація ЦСХРП як запального процесу створює ризик необґрунтованого призначення кортикостероїдів і погіршення перебігу захворювання. Тому, раннє виявлення захворювання та верифікація діагнозу є не лише діагностичним, а й безпековим заходом.

Одним з компонентів є медикаментозна безпека. Застосування екзогенних кортикостероїдів належить до найбільш клінічно значущих модифікованих факторів ризику розвитку або загострення ЦСХРП [Ge 2020]. Тому при зборі анамнезу необхідно уточнювати не лише системний прийом стероїдів, а й інші можливі шляхи їх застосування, зокрема інгаляційний, інтраназальний, дерматологічний, внутрішньосуглобовий, епідуральний, периокулярний та інтраокулярний. У пацієнтів із діагностованою ЦСХРП слід уникати необґрунтованого призначення кортикостероїдів, а за наявності системних показань до такої терапії рішення доцільно приймати міждисциплінарно з урахуванням офтальмологічного ризику.

Особливу увагу слід приділяти виявленню модифікованих факторів ризику ЦСХРП, серед яких психоемоційний і професійний стрес, порушення сну, артеріальна гіпертензія, куріння та потенційно несприятливі медикаментозні впливи. Дослідження вказують на зв'язок ЦСХРП зі стресом, тривогою та депресивними проявами, що обґрунтовує доцільність оцінки психоемоційного стану, якості сну, професійного навантаження і супутніх факторів ризику під час клінічного ведення таких пацієнтів [Hufnagel 2024; Meduri 2026]. Урахування цих чинників може підвищити безпеку ведення пацієнта завдяки ранньому виявленню модифікованих ризиків, профілактиці рецидивів і покращенню комплаєнсу пацієнта.

Профілактика рецидивів потребує належної маршрутизації пацієнта та індивідуалізації подальшого спостереження. Пацієнт має бути поінформований про можливість повторних епізодів захворювання,

необхідність звернення при повторній появі скарг, небажаність самостійного застосування стероїдних препаратів і важливість контролю модифікованих факторів ризику. Дослідження підкреслюють значення хоріоїдальних та ОКТ-біомаркерів у прогнозуванні рецидивного або персистуючого перебігу ЦСХРП [Zarnegar 2026; Sahoo 2026].

Висновки. Безпечне ведення пацієнтів із центральною серозною хоріоретинопатією має ґрунтуватися на своєчасній діагностиці, коректній диференційній діагностиці, оцінці ризику хронізації та рецидивів, а також уникненні необґрунтованого кортикостероїдного навантаження. Важливим компонентом підвищення безпеки пацієнта є виявлення модифікованих факторів ризику, зокрема психоемоційного та професійного стресу, порушень сну, артеріальної гіпертензії, куріння та потенційно несприятливих медикаментозних впливів. Поєднання ОКТ-моніторингу, інформування пацієнта, контролю факторів ризику та належної маршрутизації може сприяти ранньому виявленню несприятливого перебігу ЦСХРП, профілактиці рецидивів і підвищенню якості медичної допомоги.

Ключові слова. Macular Diseases; Risk Factors; Occupational Stress; Tomography, Optical Coherence; Glucocorticoids.

РІВЕНЬ ІНФОРМОВАНОСТІ ВАГІТНИХ ЩОДО СИМПТОМІВ АКУШЕРСЬКИХ УСКЛАДНЕНЬ ЯК ЧИННИК БЕЗПЕКИ МАТЕРИНСТВА ТА СВОЄЧАСНОГО ЗВЕРНЕННЯ ЗА МЕДИЧНОЮ ДОПОМОГОЮ

Савицька С.В., Огородник А.О.

Науковий керівник: асистентка, к.мед.н. Курочка В. В.
Кафедра факультетського акушерства і гінекології
Завідувач кафедри: д.мед.н., професор, заслужений діяч науки і техніки України
Бенюк В.О.
Національний медичний університет імені О.О. Богомольця
м. Київ, Україна

Вступ. Недостатній рівень обізнаності вагітних щодо симптомів, які свідчать про акушерські ускладнення, залишається викликом для сучасної акушерської практики. У клінічному перебігу вагітності існує низка симптомів, що можуть свідчити про розвиток небезпечних станів і потребують негайної медичної допомоги. До найбільш значущих із них належать кров'янисті виділення зі статевих шляхів, передчасний розрив плідних оболонок, зменшення або відсутність рухів плода, біль у нижній частині живота, підвищення артеріального тиску.

Від 33,7% до 45,3% вагітних жінок мають обмежені знання щодо цих симптомів, навіть за регулярного спостереження в жіночій консультації. Недостатня обізнаність призводить до пізнього звернення за медичною допомогою, що збільшує ризик ускладнень, таких як прееклампсія, передчасні пологи, відшарування плаценти, дистрес плода.

Аналіз обізнаності вагітних щодо зазначених симптомів сприяє виявленню рівня їхньої здатності розпізнавати важливі клінічні ознаки та своєчасно звертатися за медичною допомогою.

Мета: визначити рівень інформованості вагітних щодо маркерів патологічного перебігу вагітності та їх значення у ранньому виявленні акушерських ускладнень.

Матеріали і методи. У дослідженні взяли участь 48 вагітних жінок II акушерського відділення сумісного перебування матері і дитини комунального некомерційного підприємства Київської обласної ради "Київського обласного перинатального центру" різного віку, з різним терміном гестації та кількістю вагітностей, які пройшли анонімне анкетування з метою оцінки рівня обізнаності щодо симптомів акушерських ускладнень.

Результати. Аналіз соціально-демографічних характеристик показав, що більшість респонденток належали до вікової групи 19–25 років — 56,3% (27/48; ±7,2%), тоді як 26–34-річні жінки склали 27,1% (13/48; ±6,4%), інші вікові групи — 16,7% (8/48; ±5,3%). За рівнем освіти переважали жінки з незакінченою вищою або повною середньою освітою — 72,9% (35/48; ±6,7%). Серед опитаних переважали вагітні з сільським місцем проживання — 85,4% (41/48; ±6,6%) та ті, що перебували у шлюбі — 95,8% (46/48; ±5,6%).

 Creative Commons «Attribution» 4.0

Вагітність була першою у 16,7% (8/48; ±7,2%), другою — у 27,1% (13/48; ±6,6%), третьою і більше — у 56,2% (27/48; ±7,2%). Перші пологи очікувалися у 29,2% (14/48; ±7,2%), другі — у 37,5% (18/48; ±6,5%), треті і більше — у 33,3% (16/48; ±6,8%).

Щодо розподілу вагітних за терміном гестації встановлено, що переважну частку становили жінки III триместру — 75,0% (36/48; ±6,5%), тоді як частка вагітних II триместру була суттєво меншою — 25,0% (12/48; ±7,1%). У блоці клінічних сценаріїв здійснювалася оцінка респондентками необхідності негайного медичного звернення при різних станах, яка показала, що 33,3% (16/48; ±7,1%) вагітних отримували детальні роз'яснення щодо симптомів, при яких необхідно терміново звернутися до лікаря, 35,4% (17/48; ±6,9%) — часткові роз'яснення, 31,3% (15/48; ±6,0%) таких роз'яснень не отримували. Найчастіше інформацію про симптоми акушерської небезпеки вагітні отримували від лікаря акушера-гінеколога — 62,5% (30/48; ±6,9%) та із соціальних мереж — 58,3% (28/48; ±7,2%). Рідше джерелами інформації були родичі та знайомі — 33,3% (16/48; ±6,6%), сімейний лікар — 31,3% (15/48; ±6,4%), акушерка — 20,8% (10/48; ±5,6%) та курси для вагітних — 14,6% (7/48; ±5,0%).

Рівень знань щодо акушерських ускладнень відповідав середньому у 52,1% (25/48; ±7,2%), низькому — у 37,5% (18/48; ±6,5%) та високому — лише у 10,4% (5/48; ±5,6%) жінок.

Отримані дані вказують на середній рівень ідентифікації патологічних акушерських станів (60,9% (29/48; ±5,4%)) у вагітних. Найвищі показники розпізнавання як станів, що потребують термінового звернення, відзначалися для кров'янистих виділень — 100% (48/48; ±3,9%), судом — 87,5% (42/48; ±4,8%), раптового підвищення артеріального тиску — 83,3% (40/48; ±5,3%), зменшення рухів плода — 83,3% (40/48; ±5,9%), водянистих виділень із потребою частої заміни прокладок — 77,1% (37/48; ±6,0%).

Рівень сприйняття типових проявів вагітності як варіантів норми становив 45,8% (22/48; ±6,9%). Найвищі показники правильного визначення як фізіологічних проявів вагітності спостерігалися для нудоти I триместру — 87,5% (42/48), печії після їжі — 81,3% (39/48) та частого сечовипускання у III триместрі — 79,2% (38/48). Нижчий рівень розпізнавання як гестаційних змін фіксувався для підвищеної чутливості до запахів — 47,9% (23/48), пігментації шкіри живота — 39,6% (19/48) та хибних перейм — 35,4% (17/48). Найчастіше такі прояви не відносили до фізіологічних станів вагітності: збільшення маси тіла — 33,3% (16/48) та підвищена чутливість молочних залоз — 25,0% (12/48).

Висновки. Отримані дані свідчать про середній рівень інформованості вагітних щодо симптомів небезпечних акушерських станів (60,9% (29/48; ±5,4%)) із кращим розпізнаванням патологічних проявів порівняно з фізіологічними. Виявлено недостатнє сприйняття типових гестаційних змін як варіантів норми (45,8% (22/48; ±6,9%)), що вказує на обмежену здатність вагітних оцінювати клінічну значущість симптомів, що виникають під час цього періоду. Загальний рівень інформованості може частково пояснюватися отриманням інформації самостійно щодо перебігу вагітності, що підкреслює значення формування навичок коректного розпізнавання маркерів акушерських ускладнень.

Ключові слова: вагітність, безпека материнства, патологічний перебіг вагітності, акушерські ускладнення, перинатальні ризики.

ПРОБЛЕМА ТРАВМАТИЗМУ ВНАСЛІДОК ПАДІННЯ ПАЦІЄНТІВ У ЗАКЛАДАХ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я

Скалецький Ю. М.[1], Яворовський О. П.[2], Риган М. М.[3], Брухно Р. П.[2,4], Сергієнко Т. А.[3], Лобачова Т.І.[1]

1 – ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О, М. Марзєєва НАМН України»
2 – Національний медичний університет імені О. М. Богомольця,
3 – Національний університет фізичної культури та спорту України
4 – ДУ«Інститут медицини праці імені Ю. І. Кундієва Національної академії медичних наук України»

Вступ. Щорічно у світі відбувається 37,3 мільйона несмертельних падінь, які потребують медичного втручання. У глобальних масштабах такі падіння є причиною понад 38 мільйонів років життя з поправкою на інвалідність (DALYs) на рік і призводять до більшої кількості років життя з інвалідністю, ніж дорожньо-транспортні травми, утоплення, опіки та отруєння разом узяті (ВОЗ, 2021).

Особливо актуальна проблема падіння для пацієнтів в організаціях охорони здоров'я. Падіння пацієнтів можуть призводити до серйозних наслідків, зокрема значного обмеження фізичної активності, розвитку тривожних розладів і депресії. Крім цього, пов'язаний з падінням травматизм асоціюється з високими витратами на лікування та реабілітацію пацієнтів. Для профілактики падінь у медичних організаціях запроваджуються спеціальні комплексні програми, проте успіх у їх реалізації багато в чому залежить від рівня культури безпеки медичного персоналу та інших складових госпітального середовища.

В Україні проблема падіння пацієнтів як важлива складова їхньої безпеки не ідентифікована та практично не вивчена, що визначає актуальність дослідження.

З огляду на вищенаведене метою нашої роботи є дослідження поширеності, причин і наслідків падіння пацієнтів у закладах охорони здоров'я.

Матеріали і методи. Матеріалом дослідження слугували документи міжнародних і регіональних організацій щодо падіння людей загалом і пацієнтів закладів охорони здоров'я зокрема, тематичні звіти науково-дослідних установ та наукові публікації, інші матеріали.

Методи дослідження: бібліографічний, аналітичний.

Огляд. У звіті Канадського інституту медичної інформації та Канадського інституту безпеки пацієнтів «Запобігання падінням: від доказів до покращення охорони здоров'я Канади» (2014) детально розглядаються питання падіння та їх профілактики в закладах невідкладної допомоги, довгострокового догляду і догляду вдома. Прямі витрати на охорону здоров'я, пов'язані з падіннями в Канаді, оцінюються в 2 мільярди доларів щорічно. Негативний вплив падінь підкреслює необхідність розуміння тягаря падінь для канадців і системи охорони здоров'я. Крім того, у звіті надається інформація про те, як канадські організації охорони здоров'я удосконалюють свою роботу, спрямовану на профілактику падінь, які групи населення мають найбільший ризик падінь, які інструменти доступні для підтримки організацій у цій сфері, а також як запобігти падінням – від доказів до покращення охорони здоров'я в Канаді.

Частка побічних подій у закладах охорони здоров'я, що виникають у вигляді падінь, коливається від 2 % до 40 % (*Schwendimann R, et al., 2018*). Частота падінь у відділеннях невідкладної допомоги коливається від 1 до 9 на 1000 пацієнто-днів (ПДДН) (частота падінь із травмами 0,4–2,0/1000 ПДДН), залежно від типу відділень, характеристик пацієнтів та їхніх захворювань. (*García-Hedrera FJ, et al. 2021; Heikkilä A, et al., 2022; Staggs VS, et al. 2015; Trinh LTT, et al., 2019; Turner K, et al., 2020; Zhao YL, et al., 2015; Kobayashi K, et al., 2017*). Третина пацієнтів падають більше одного разу під час госпіталізації, і близько 25–50 % тих, хто падає, отримують травми (*Trinh LTT, et al., 2019; Turner K, et al. 2020*). Падіння в умовах короткотермінової госпіталізації спричиняють травми в пацієнтів, продовження термінів перебування в лікарні та збільшують їх смертність (*Bysshe T, et al., 2017*).

Згідно з деякими дослідженнями, падіння найчастіше призводять до відкритої рани (*Trinh LTT, et al., 2019; Kobayashi K, et al., 2017*). Аналогічно, гематома та біль також були визначені як поширені наслідки падіння (Satoh M, et al., 2023). Також досліджували час падінь, щоб визначити, чи пов'язані вони з днем тижня або періодом доби. День падінь варіюється в різних дослідженнях (*Zhao YL, Kim H, 2015; Kobayashi K, et al., 2017; Stathopoulos D, et al. 2021; Brien J, et al., 2020; Mikos M, et al., 2021*). Час падінь може змінюватися залежно від діагнозу пацієнта або різних симптомів, таких як когнітивні порушення або ніктурія (*López-Soto PJ, et al., 2015*). У США щороку майже 1 мільйон пацієнтів падають під час госпіталізації, причому 25 % падінь призводять до травм, а 10 % – до серйозних травм (*Dykes C, et al., 2023*), а за даними LeLauren та ін. (2019), ці падіння не лише призвели до понад 250 000 щорічних травм, які коштували в середньому пацієнтам додаткових 35 365 доларів США (*Dykes C, et al., 2023*), але й спричинили близько 11 000 щорічних смертей.

Ураховуючи, що через гострі та хронічні захворювання багато пацієнтів втрачають уявлення про стан свого здоров'я і не знайомі з новим лікарняним середовищем, це призводить до поганої оцінки ситуації та падінь. Інші пацієнти можуть падати через раптово виявлену слабкість та виснаження. У пацієнтів, старших за 65 років, падіння є основною причиною смертельних і несмертельних травм (*Bergen G, et al., 2014*), зокрема черепно-мозкової травми, що призводить до 82 % госпіталізацій та 86 % смертей у стаціонарних пацієнтів (*Fu WW, et al., 2017*). Зі старінням населення рівень падінь щорічно зростає на 7 % (*Fu WW, et al., 2017*). Однак, незважаючи на поширеність падінь у стаціонарах, Центри Medicare та Medicaid Services (CMS) більше не відшкодовують лікарням витрати на травми, пов'язані з падіннями, починаючи з 2008 року (*LeLaurin JH, Shorr RI, 2019*). Через ранній ризик падінь на

 Creative Commons «Attribution» 4.0

початку перебування в лікарні медичному персоналу вкрай важливо розпочати профілактику падінь на початку госпіталізації. Падіння зазвичай трапляються протягом перших 3 днів після госпіталізації (*Heikkilä A., 2024*). Поточні рекомендації лікарень містять виявлення пацієнтів з високим ризиком та застосування клінічної оцінки для визначення найбільш прийнятних стратегій профілактики падінь для кожного пацієнта. Крім індивідуальної сигналізації та використання вінілової підлоги й нековзких шкарпеток, пацієнтам доступний широкий спектр інших профілактичних стратегій, хоча мало що з цього належним чином перевірено на великій кількості пацієнтів. Запобігання падінням у стаціонарах може не лише допомогти лікарням покращити догляд за пацієнтами, зменшити ризик серйозних травм, скоротити тривалість перебування в лікарні та витрати, але й сприяти комунікації та командній роботі в лікарні (*Baumann I, et al., 2022; Heikkilä A, et al., 2024*).

Останні дослідження щодо факторів ризику падінь у лікарняних умовах, стратегій профілактики, які базуються на людському й технологічному підходах, для зменшення ризику серйозних травм від падінь під час перебування в закладах охорони здоров'я підтверджують актуальність цієї проблеми (*Susan Li, Kamalakar Surineni, 2025; Öztürk N, et al., 2026*).

Висновок. Отже, падіння в госпіталізованих пацієнтів є одними з найпоширеніших побічних ефектів, яким можна запобігти, і становлять значну загрозу для безпеки пацієнтів. Незважаючи на вжиті профілактичні заходи, падіння залишаються частими та пов'язані зі збільшенням захворюваності, тривалою госпіталізацією та більшими витратами на охорону здоров'я. Розуміння частоти, характеристик і факторів, що сприяють падінням, є важливим для покращення стратегій безпеки пацієнтів.

Ключові слова: лікарняне середовище, пацієнти, падіння, безпека, втрати.

ВІЙСЬКОВО-МЕДИЧНЕ КАПЕЛАНСТВО ЯК ЧИННИК БЕЗПЕКИ ПАЦІЄНТА В ГОСПІТАЛЬНОМУ СЕРЕДОВИЩІ В УМОВАХ ВІЙНИ: НОРМАТИВНО-ПРАВОВИЙ ТА ПСИХОСОЦІАЛЬНИЙ АСПЕКТИ

Скнар О., Євтушенко В. В., Гончаренко І. Ф., Мельник Д. В.

Кафедра Священного Писання, Київська православна богословська академія.
Служба військового капеланства, Командування Медичних сил Збройних Сил України.
Науково-дослідний інститут проблем військової медицини Української військово-медичної академії.
КНП КОР «Київська обласна клінічна лікарня». Кафедра онкології,
Національний університет охорони здоров'я України імені П. Л. Шупика. Київ, Україна

Вступ. В умовах повномасштабної російсько-української війни госпітальне середовище є не лише простором надання медичної допомоги, а й зоною підвищеної психологічної, соціальної та духовної вразливості пацієнта. Поранені військовослужбовці під час лікування й реабілітації часто переживають тілесну травму, моральне виснаження, втрату почуття безпеки, кризу сенсу, провину того, хто вижив, тривогу щодо майбутнього та складну адаптацію до змін у власному тілі й соціальній ролі. Такі чинники можуть впливати на комунікацію з медичним персоналом, прихильність до лікування, участь у реабілітації та відчуття безпеки в лікарняному середовищі. У цьому контексті військово-медичне капеланство може розглядатися як складова комплексної підтримки пацієнта, що не замінює медичної, психологічної чи соціальної допомоги, але доповнює їх через духовний супровід, підтримку гідності, надії, довіри та внутрішньої стійкості.

Мета. Обґрунтувати роль військово-медичного капеланства як чинника безпеки пацієнта в госпітальному середовищі в умовах війни з урахуванням нормативно-правового регулювання, психосоціальної підтримки, моральної травми, реабілітації, паліативної допомоги та взаємодії з мультидисциплінарною командою.

Матеріали і методи. У роботі використано аналітичний, міждисциплінарний, етико-нормативний та порівняльно-правовий підходи. Матеріалом для аналізу стали положення Закону України «Про Службу військового капеланства», Основ законодавства України про охорону здоров'я, чинних нормативних актів Міністерства охорони здоров'я України щодо організації медичного капеланства та душпастирської опіки у сфері охорони здоров'я, сучасні підходи до безпеки пацієнта, принципи муль-

Creative Commons «Attribution» 4.0

тидисциплінарної допомоги та практичний досвід військово-медичного капеланства в умовах госпітального служіння. Особливу увагу приділено правовому статусу капелана, добровільності духовної опіки, свободі совісті пацієнта, конфіденційності, етичним межам взаємодії з пацієнтом і медичним персоналом.

Огляд. Безпека пацієнта в умовах війни не обмежується запобіганням медичним помилкам або дотриманням клінічних протоколів. Вона включає якість комунікації, рівень довіри, психологічну стабільність, етичну чутливість персоналу та здатність лікарняного середовища відповідати на комплексні потреби людини. Для пораненого військовослужбовця госпіталь часто стає місцем, де після інтенсивного бойового досвіду загострюються спогади, біль, страх, провина, питання сенсу та майбутнього.

Нормативно-правове підґрунтя цього напряму в Україні формується на перетині військового, медичного та гуманітарного законодавства. Закон України «Про Службу військового капеланства» визначає правові й організаційні засади забезпечення духовних потреб військовослужбовців, статус військових капеланів і місце капеланської служби в секторі безпеки й оборони. Основи законодавства України про охорону здоров'я закріплюють принципи охорони здоров'я, поваги до гідності людини, прав пацієнта та етичної відповідальності у сфері медичної допомоги. Нормативні акти МОЗ України щодо медичного капеланства й душпастирської опіки у сфері охорони здоров'я створюють передумови для інституційного входження капелана в лікарняне середовище з дотриманням принципів добровільності, конфіденційності, поваги до світогляду пацієнта та взаємодії з медичним персоналом.

Військово-медичний капелан у госпітальному середовищі виконує функцію духовного супроводу. Його присутність може сприяти зниженню відчуття ізоляції, підтримці гідності пацієнта, формуванню довіри до процесу лікування та реабілітації. Особливо важливим є супровід пацієнтів, які переживають моральну травму, пов'язану з досвідом війни, втратою побратимів, провиною того, хто вижив, або кризою власної ідентичності.

У реабілітаційному процесі капеланська підтримка може допомагати пацієнтові приймати нову життєву ситуацію, зберігати внутрішню цілісність і знаходити сенс після тяжкого поранення, ампутації, втрати функціональності чи неможливості повернутися до попереднього способу життя. У паліативному вимірі така підтримка пов'язана з питаннями гідності, примирення, родинної присутності, духовної надії та поваги до особистого світогляду пацієнта.

Капеланське служіння має значення не лише для пацієнтів, а й для медичного персоналу та родин поранених. Медики в умовах війни працюють у стані тривалого напруження, стикаються з високим рівнем травматизації, професійним виснаженням і морально складними рішеннями. Родини пацієнтів перебувають у стані тривоги й невизначеності. У цьому сенсі військово-медичне капеланство може сприяти формуванню безпечного, людяного та етично чутливого лікарняного середовища.

Важливою умовою ефективності такого служіння є інтеграція капелана в мультидисциплінарну команду. Капелан не підміняє лікаря, психолога, психотерапевта чи соціального працівника, але доповнює їхню роботу в межах власної компетенції. Для цього необхідні нормативне визначення статусу капелана, порядок доступу до пацієнтів, етичні правила конфіденційності, спеціальна підготовка до роботи з військовою та моральною травмою, а також дотримання добровільності духовної опіки.

Висновки. Військово-медичне капеланство в умовах війни може розглядатися як чинник безпеки пацієнта та елемент формування безпечного лікарняного середовища. Його значення полягає у духовному супроводі поранених військовослужбовців, підтримці їхньої гідності, надії, внутрішньої стійкості та здатності брати участь у лікуванні й реабілітації. Капеланська підтримка має особливе значення при моральній травмі, у реабілітаційному й паліативному вимірах допомоги, а також у супроводі родин і медичного персоналу. Наявна нормативно-правова база, зокрема Закон України «Про Службу військового капеланства», Основи законодавства України про охорону здоров'я та нормативні акти МОЗ України щодо медичного капеланства, створює передумови для розвитку цього напряму. Водночас військово-медичний контекст потребує подальшого уточнення механізмів інтеграції капелана в госпітальне середовище, порядку взаємодії з медичним персоналом, забезпечення конфіденційності, добровільності духовної опіки та спеціальної підготовки до роботи з військовою, моральною, реабілітаційною і паліативною проблематикою.

Ключові слова: безпека пацієнта; військова медицина; лікарняне середовище; духовна опіка; психосоціальна підтримка.

 Creative Commons «Attribution» 4.0

АНТИОКСИДАНТНА ЕНЕРГО- ТА ЕНДОТЕЛІЙПРОТЕКТОРНА ТЕРАПІЯ НА ЗАХИСТІ СИСТЕМИ ПЕРЕКИСНОГО ОКИСНЕННЯ ЛІПІДІВ/ АНТИОКСИДАНТНОГО ЗАХИСТУ У ВАГІТНИХ З НЕВИНОШУВАННЯМ

Скрипченко Н.Я., Воробйова І.І., Живецька-Денисова А.А., Ткаченко В.Б., Лозова Л.А., Шамаєва О.В.

ДУ «Всеукраїнський центр материнства та дитинства НАМН України», м. Київ

Вступ. Актуальність проблеми невиношування вагітності (НВ) у сучасних умовах в нашій країні невпинно зростає. Більше чверті бажаних вагітностей в Україні наразі втрачається. За даними МОЗ України частота даної патології у воєнні роки зросла майже в 2 рази і сягнула до 35,0%.

В основі патогенезу НВ лежить багаторівневе порушення метаболізму в організмі матері, де одне з чільних місць належить оксидативному стресу та його наслідкам: зниженню енергетичного метаболізму та ендотеліальній дисфункції. З ними пов'язаний цілий каскад порушень, який призводить до передчасного переривання вагітності.

Відмітною особливістю жінок з високим ризиком щодо НВ є надмірна активація вільнорадикальних процесів ще в прегравідарному періоді. Надалі, з настанням вагітності, порушуються процеси плацентації вже на етапі першої хвилі інвазії трофобласта, що зумовлює виникнення ранніх та пізніх ускладнень періоду гестації.

Підходи до лікування загрози переривання вагітності залишаються дискусійними. Продовжується пошук нових патогенетичних підходів до профілактики і лікування загрози переривання вагітності, що б дало можливість пролонгувати її до термінів, оптимальних для розродження і знизити частоту перинатальної патології.

Мета. Визначити ефективність рекомендованої енерго- та ендотелійпротекторної терапії для корекції оксидативного стресу у жінок із загрозою переривання вагітності.

Матеріали і методи. У динаміці вагітності обстежено 160 жінок: 20 вагітних з необтяженим акушерським анамнезом і фізіологічним перебігом вагітності (1-а група) і 140 пацієнток з НВ в анамнезі, у яких перебіг даної вагітності ускладнився загрозою мимовільного викидня та передчасних пологів (2-а група).

Частина жінок із загрозою переривання вагітності отримувала традиційну зберігаючу терапію (57 осіб, підгрупа 2-А). Пацієнткам призначали гормональне і симптоматичне лікування, обсяг його і тривалість визначали у кожному випадку індивідуально. Решта вагітних (83 жінки, підгрупа 2-В) – з ранніх термінів гестації отримувала рекомендовану комплексну терапію, до складу якої, крім гормональних та симптоматичних засобів, входили антиоксиданти з чіткими енергопротекторними та ендотелійпротекторними властивостями. Енергопротекторний ефект забезпечувався застосуванням бурштинової кислоти, а ендотелійпротекторний – похідних L-аргініну. Цінним доповненням стало введення до рекомендованного терапевтичного комплексу натурального лікувального апіфітозбору.

Бурштинова кислота – є ендогенним метаболітом і каталізатором циклу трикарбонових кислот (Кребса); сприяє синтезу АТФ і прискорює процеси антиоксидантного захисту. Застосовували пероральну форму препарату по 0,5 г тричі на день, курсами по 14 днів. Другим потужним антиоксидантом, залученим до складу комплексної патогенетичної терапії, був препарат з ендотелійпротекторною активністю на основі незамінної амінокислоти L-аргініну. Завдяки стимуляції синтезу NO він запобігає ендотеліальній дисфункції. Розпочинали лікування з внутрішньовенних крапельних інфузій 50 мл 8,4% розчину аргініну гідрохлориду 1 раз на добу протягом 10-14 днів. Далі застосовували питний аналог – L-аргініну L-аспартат – по 5 мл тричі на добу. Курс лікування продовжувався ще 2 тижні. Зазначені препарати призначали вагітним паралельно, проводячи протягом вагітності два-три курси лікування. Розпочиналася терапія з 12-го тижня гестації. Прегравідарна підготовка також передбачала два-три курси лікування, пріоритет надавався пероральним формам препаратів.

Додатково жінки з НВ 2-В підгрупи отримували комплексний натуральний апіфітозбір з виразними антиоксидантними властивостями, до складу якого, крім меду, входили шість цінних продуктів бджільництва. Призначався продукт по 1 чайній ложці тричі на день з самих ранніх термінів вагітності, найчастіше – в строки, що співпадають з хвилями інвазії трофобласта (6-8 та 16-18 тижнів), а також напередодні пологів. Пацієнтки також вживали продукт курсами по 10-14 днів.

Creative Commons «Attribution» 4.0

Ступінь інтенсифікації процесів перекисного окиснення ліпідів (ПОЛ) в крові вагітних визначали за вмістом шкідливих проміжних метаболітів: дієнових коньюгатів (ДК), гідроперекисів ліпідів (ГПЛ), малонового диальдегіду (МДА) та аніон-радикального кисню ($O^{\cdot}-$), а стан активності системи антиоксидантного захисту (САОЗ) уточнювали за рівнями відповідних ферментних систем: супероксиддисмутази (СОД), каталази, глутатіонпероксидази (ГПО), а також за рівнем відновленого глутатіону і антиокиснювальною активністю (АОА). Для проведення досліджень використовували відповідні методики.

Результати. Нами виявлена активація вільнорадикального окиснення (ВРО) у жінок з НВ, які отримували традиційну зберігаючу терапію (підгрупа 2-А), що мала місце протягом всього періоду гестації. При цьому, адекватного підвищення активності САОЗ не спостерігалось. Рівні всіх досліджуваних токсичних проміжних метаболітів ПОЛ, а саме: ДК, ГПЛ, МД та $O^{\cdot}-$ були значно підвищеними, а ферментних систем САОЗ – СОД, каталази, ГПО, як і відновленого глутатіону та АОА – зниженими, порівняно з аналогічними показниками у вагітних з НВ, яким був призначений рекомендований комплекс терапії (підгрупа 2-В) та у пацієнток групи контролю ($p<0,05$ – у всіх випадках). Особливо суттєва різниця була відмічена між вмістом ДК та $O^{\cdot}-$ у жінок з НВ, які отримували традиційне лікування (підгрупи 2-А) відносно відповідних даних у вагітних групи контролю та підгрупи 2-В на початку вагітності. Так, рівень ДК у жінок з НВ, що отримували традиційну терапію (підгрупа 2-А) у І триместрі складав (62,8±4,1) ум.од/мл, що в 2 рази вище за показник у пацієнток групи контролю – (27,9±1,2) ум.од/мл, та майже в 3 рази вище від показника у жінок з НВ підгрупи 2-В, яким призначався рекомендований лікувальний комплекс: (21,9±1,6) ум.од/мл ($p<0,05$; в обох випадках, відповідно). Ранні виражені порушення в системі ПОЛ/АОЗ свідчать про значний дисбаланс в системі антиоксидантного захисту ще до настання вагітності. Різниця між вмістом $O^{\cdot}-$ у пацієнток з НВ на традиційній терапії відносно жінок контрольної групи та вагітних з НВ, що отримували рекомендований лікувальний комплекс, також була найвиразнішою саме у І триместрі: (63,8±3,6) М, порівняно з (35,3±2,8) М та (44,6±4,2) М, відповідно ($p<0,05$ – в обох випадках). При цьому, у жінок, що отримували рекомендований лікувальний комплекс (підгрупа 2-В) та у осіб з фізіологічною вагітністю (1-а група) різниці між рівнями в крові ДК та $O^{\cdot}-$, як і між рівнями всіх інших проміжних метаболітів, не помічено ($p>0,05$ – у всіх випадках), що свідчить про високу ефективність застосованої комплексної антиоксидантної, енерго- та ендотелійпротекторної терапії.

Рівень відновленого глутатіону у жінок з НВ, що отримували традиційну терапію (підгрупа 2-А), у всі періоди гестації був суттєво нижчим, ніж у вагітних групи контролю та у жінок з НВ, які перебували на рекомендованій комплексній терапії (підгрупа 2-В). Дана обставина свідчить про вичерпання захисного антирадикального резерву у жінок із підгрупи 2-А. Найнижчий рівень глутатіону був виявлений у пацієнток з НВ, які отримували традиційну терапію, у І триместрі вагітності: (2,16±0,14) мкмоль/мл порівняно з (3,65±0,18) та (3,87±0,23) мкмоль/мл – у жінок групи контролю та підгрупи 2-В, відповідно ($p<0,05$ в обох випадках). Крім того, у пацієнток підгрупи 2-А мало місце зниження активності каталази, АОА, і у ІІІ триместрі – СОД, що є свідченням підвищеного споживання ферментних систем АОЗ для знешкодження великої кількості метаболітів ПОЛ. У жінок з НВ, які отримували рекомендовану комплексну терапію (підгрупа 2-В) всі показники системи АОЗ були максимально наближеними до норми і не відрізнялися від даних у групі контролю ($p>0,05$ – у всіх випадках).

Рекомендований комплекс терапії із залученням антиоксидантів з енерго- та ендотелійпротекторною дією, сприяв відновленню прооксидантно-антиоксидантної рівноваги у вагітних жінок з НВ та суттєвому покращенню перинатальних показників у даної категорії пацієнток.

Висновки.

1. Комплексна терапія, застосована у жінок з невиношуванням, із залученням антиоксидантних засобів енергопротекторної та ендотелійпротекторної дії, сприяла нормалізації всіх показників системи перекисного окиснення ліпідів/ антиоксидантного захисту організму, що слугувало зниженню перинатальних втрат на тлі зменшення кількості тяжких ускладнень вагітності та пологів.
2. Завдяки призначенню рекомендованих препаратів жінкам з невиношуванням вагітності у складі комплексної терапії на етапі прегравідарної підготовки вдалося повністю попередити розвиток ранніх передчасних пологів, що сприяло суттєвому покращенню перинатальних показників.

Ключові слова: вагітність, загроза переривання вагітності, оксидативний стрес, прегравідарна підготовка, бурштинова кислота, L-аргінін, апіфітозбір

 Creative Commons «Attribution» 4.0

ПЕДАГОГІЧНІ ПРАКТИКИ В СИМУЛЯЦІЙНОМУ НАВЧАННІ ЯК УМОВА НАДАННЯ БЕЗПЕЧНОЇ МЕДИЧНОЇ ДОПОМОГИ

Смірнов А.С., Капустін О.О., Завгородній І.В.

Приватний заклад вищої освіти
«Університет медицини та соціальних наук»,
м. Харків, Україна

Вступ. Сучасна медична освіта потребує запровадження новітніх стратегій підготовки майбутніх фахівців у галузі охорони здоров'я, зокрема використання інформаційних технологій. Останні відіграють провідну роль у забезпеченні належного рівня медичної освіти, зокрема опанування практичних симуляційних технік, і як результат уникнення лікарських помилок при наданні медичної допомоги пацієнтам. Саме тренінги на основі симуляції клінічних ситуацій забезпечують не тільки опанування здобувачами освіти практичних мануальних навичок, а й набуття досвіду в командній роботі з реалізації клінічних сценаріїв, оволодіння soft-skills спілкування з пацієнтом та його родиною тощо.

Досягнення бажаного результату неможливе без опанування навичок належної педагогічної практики, визначення напрямків підготовки здобувачів освіти у питаннях педагогіки симуляційного навчання на всіх етапах організації та супроводу симуляційного процесу від теоретичного вивчення матеріалу, практичного відпрацювання навичок до оцінювання та аналізу результатів та помилок відпрацювання.

Мета. Аналіз сучасного стану розгляду в науковій та навчально-методичній літературі питань педагогічного забезпечення процесу симуляційного навчання як передумови успішної практичної підготовки фахівців.

Матеріали і методи. Дослідження виконано у форматі аналітичного огляду доступних наукових публікацій з використанням наукових баз MEDLINE, Scopus®, ResearchGate, PubMed and Google Scholar, присвячених проблемам забезпечення належного педагогічного супроводу процесу впровадження симуляційних практик в навчальний процес.

Огляд. Численні дослідження показали, що симуляція є ефективним інструментом навчання; і що технологія симуляції дійсно працює [1]. Однак, щоб дати відповіді, особливо на питання, як і чому вона працює, потрібні дослідження та опис діяльності фасилітаторів та учасників під час навчання на основі симуляції [2,3].

Мова йде про те, що не враховується педагогічна основа медичної освіти на основі симуляції, не визначено роль фасилітатора в цьому процесі, недостатньо знань про те, як використовується навчальне середовище на основі симуляції [4,5,6,7].

Саме знання сучасної педагогіки процесу стимуляційної підготовки фахівців та визначення напрямків педагогічної діяльності фасилітаторів у процесі симуляційної освіти мають стати одним з провідних напрямків сучасної медичної освіти та педагогіки [8]. Цілком обґрунтовано вважається, що сучасна симуляція – це метод, який необхідно використовувати належним чином і він має бути адаптований до навчання [9; 10; 11; 12; 13]. Першою педагогічною моделлю для керівництва процесом навчання на основі симуляції слід вважати модель емпіричного навчання [14], і вона продовжує формувати освітню практику на основі симуляції в охороні здоров'я. Після цього було розроблено ще кілька педагогічних моделей [15], щоб краще врахувати особливі характеристики контексту симуляції в охороні здоров'я та сприяти змістовному навчанню студентів. Такі педагогічні моделі практично описують, як можна використовувати певні навчальні середовища та який тип навчання вони прагнуть підтримувати [15].

Зазвичай, навчальний процес на основі симуляції поділяється на чотири фази: вступ, брифінг на симуляторі, реалізація сценарію та дебрифінг.

Навчання на основі симуляції зазвичай починається зі вступу, який Arthur et al. [16] розглядають як надзвичайно важливий етап підготовки учасників до навчального досвіду, під час якого учасники знайомляться один з одним, а фасилітатор пояснює, про що йдеться в курсі, представляє навчальні цілі протягом цього етапу. Саме така сутність першого етапу підготовки є важливою передумовою для успішного майбутнього навчання, формування навчальних цілей та допомагає у відповідях на запитання здобувачів. Важливим є формування психологічно безпечної та не загрозливої атмосфери у симуляційному просторі, оскільки участь у симуляції може бути стресовою [17]. За для забезпечен-

ня позитивної атмосфери, фасилітатор повинен заохочувати приємну, безпечну, відкриту та особисту взаємодію [18], використовувати привітний голос та елементи поведінки. Однак, фасилітатори також повинні бути готові мати справу зі студентами не мотивованими до участі у навчанні.

Фаза попереднього інструктажу як своєрідна інструкція з використання симулятора та сценарію сприяє ознайомленню учасників з фізичним середовищем, сценарієм клінічного випадку, який буде розглянуто, цілями симуляційної вправи, своїми ролями та правилами, яких слід дотримуватися під час вправи. Ця фаза важлива для розуміння як поводитися з симуляцією, яка очікується взаємодія з середовищем та іншими учасниками або потенційними рольовими гравцями [8].

Фаза сценарію безпосередньо забезпечує активну участь здобувачів у розгляді кейсу-сценарію та забезпечує їх активну роль. На фазі сценарію, коли кейс-сценарії обробляються в невеликих групах, бажано з трьох-чотирьох учасників, роль фасилітора полягає в тому щою залишитися осторонь та контролювати поведінку учасників. Однак, якщо сценарій розвивається в неправильному напрямку, деякі автори пропонують фасілітатору втрутитися та скерувати сценарій, щоб забезпечити досягнення учасниками навчальних цілей [8].

І нарешті, фаза аналізу (дебрифінг) – сприяння рефлексії щодо навчального досвіду. Розбір результатів – це завершальна фаза навчання на основі симуляції, і вона зазвичай вважається найважливішою. Пропонуютья різні моделі проведення фази аналізу результатів. На сьогоднішній день немає чітких доказів того, що якийсь конкретний метод кращий за інший [19]. Однак є докази того, що зворотний зв'язок є важливим для покращення навчання [20,21]. Найпоширенішим та найефективнішим методом є проведення аналізу результатів з учнями одразу після сценарію симуляції в приватному та спокійному місці, що допомагає підтримувати безпечне навчальне середовище. Час, необхідний для аналізу результатів, залежить від різних факторів; зокрема Kilhgren et al. [22] вважають, що більш глибокий аналіз вимагає більше часу для обговорення.

Таким чином, дебрифінг зазвичай полягає в тому, щоб учасники поділилися своїми почуттями, переглянули своє розуміння та навички, а також сформулювали нові навчальні цілі. Щоб заохотити ці питання, фасилітатор може допомогти учасникам дослідити свої рішення та дії під час сценарію у підтримуючому та гумористичному ключі, саме тому Rudolph, J. W., et al. [23] описали роль фасилітатора під час дебрифінгу як роль «когнітивного детектива».

Не слід завершувати процес симуляційної підготовки лише реалізацією завдань зазначених вище. Важливою є діяльність фасилітатора і після симуляції – рефлексія та розвиток освіти на основі симуляції, удосконалення їхньої власної ролі як фасилітаторів навчального процесу, оцінка та розвиток власного досвіду [24,25].

Висновки. Таким чином, перспективним напрямком розвитку симуляційного навчання як впливового чинника університетської освіти є розробка моделі педагогічного супроводу, актуалізація ролі фасилітаторів процесу опанування практичних навичок сучасними засобами цифрового симуляційного навчання, започаткування належного наукового супроводу на засадах міждисциплінарних досліджень за для забезпечення дотримання вимог стандартів медичної освіти, і як наслідок, безпечного надання медичної допомоги пацієнтам.

Ключові слова: симуляційні технології, педагогіка, безпека пацієнтів.

Література

1. Cook, D. A., Hatala, R., Brydges, R., Zendejas, B., Szostek, J. H., Wang, A. T., Erwin, P. J., & Hamstra, S. J. (2011). Technology-enhanced simulation for health professions education: A systematic review and meta-analysis. The Journal of the American Medical Association (JAMA), 306(9), 979–988. https://doi.org/10.3109/0142159X.2012.714886
2. Levett-Jones, T., & Lapkin, S. (2014). A systematic review of the effectiveness of simulation debriefing in health professional education. Nurse Education Today, 34, 58–63. https://doi.org/10.1016/j.nedt.2013.09.020
3. Cheng, A., Eppich, W., Grant, V., Sherbino, J., Zendejas, B., & Cook, D. A. (2014). Debrief-ing for technology-enhanced simulation: A systematic review and meta-analysis. Medical Education, 48, 657–666. https://doi.org/10.1111/medu.12432
4. Cook, D. A., Hatala, R., Brydges, R., Zendejas, B., Szostek, J. H., Wang, A. T., Erwin, P. J., & Hamstra, S. J. (2011). Technology-enhanced simulation for health professions education: A systematic review and meta-analysis. The Journal of the American Medical Association (JAMA), 306(9), 979–988. https://doi.org/10.3109/0142159X.2012.714886

 Creative Commons «Attribution» 4.0

5. Garden, A. L., Le Fevre, D. M., Waddington, H. L., & Weller, J. M. (2015). Debriefing after simulation-based non-technical skill training in healthcare: A systematic review of effective practice. Anaesthesia Intensive Care, 43(3), 300–308. https://doi.org/10.1177/0310057X1504300303
6. Cianciolo, A.T, & Regehr, G. (2019). Learning theory and educational intervention: pro-ducing meaningful evidence of impact through layered analysis. Academic Medi-cine, 94(6), 789–794. https://doi.org/10.1097/ACM.0000000000002591
7. Issenberg, S. B., Ringsted, C., Østergaard, D., & Dieckmann, P. (2011). Setting a research agenda for simulation-based healthcare education. A synthesis of the outcome from an Utstein-style meeting. Simulation in Healthcare, 6, 155–167. https://doi.org/10.1097/SIH.0b013e3182207c24
8. Tuulikki Keskitalo (2022). Pedagogical Practices for Organizing Simulation-Based Healthcare Education: International Journal of Learning, Teaching and Educational Research, Vol. 21, No. 4, pp. 1-27. https://doi.org/10.26803/ijlter.21.4.1
9. Chee, J. (2014). Clinical simulation using deliberate practice in nursing education: A Wil-sonian concept analysis. Nurse Education in Practice, 14, 247–252. https://doi.org/10.1016/j.nepr.2013.09.001
10. Clapper, T. C. (2010). Beyond Knowles: What those conducting simulation need to know about adult learning theory. Clinical Simulation in Nursing, 6, e7–e14. https://doi.org/10.1016/j.ecns.2009.07.003
11. Gaba, D. (2004). The future vision of simulation in health care. Quality and Safety in Healthcare, 13(1), 2–10. https://doi.org/10.1136/qshc.2004.009878
12. Harder, N. B. (2009). Evolution of simulation use in healthcare education. Clinical Simula-tion in Nursing, 5, 169–172. https://doi.org/10.1016/j.ecns.2009.04.092
13. Jeffries, P. (ed.) (2007). Simulation in nursing education. New York: National League for Nursing.
14. Kolb, D. A. (1984). Experiential learning: Experiences as a source of learning and develop-ment. Prentice Hall.
15. Keskitalo, T. (2015a). Designing a pedagogical model simulation-based healthcare educa-tion. Acta Universitatis Lapponiensis 299. Rovaniemi, Lapland University Press.
16. Alinier, G. (2011). Developing high-fidelity healthcare simulation scenarios: A guide for educators and professionals. Simulation Gaming, 42(1), 9–26. https://doi.org/10.1177/1046878109355683
17. LeBlanc, V. R., & Posner, G. D. (2022). Emotions in simulation-based education: friends or foes for learning? Advances in Simulation7(3). https://doi.org/10.1186/s41077-021-00198-6
18. Walton, J., Chute, E., & Ball, L. (2011). Negotiating the role of the professional nurse: The pedagogy of simulation: A grounded theory study. Journal of Professional Nursing, 27(5), 299–310. https://doi.org/10.1016/j.profnurs.2011.04.005
19. Dufrene, C., & Young, A. (2014). Successful debriefing – Best methods to achieve positive learning outcomes: A literature review. Nurse Education Today, 34(3), 372–376. https://doi.org/10.1016/j.nedt.2013.06.026
20. Issenberg, S. B., McGaghie, W. C., Petrusa, E. R., Gordon, D. L., & Scalese R. J. (2005). Fea-tures and uses of high-fidelity medical simulations that lead to effective learning: A BEME systematic review. Medical Teacher, 27, 10–28. https://doi.org/10.1080/01421590500046924
21. Tutticci, N., Ryan, M., Coyer, F., & Lewis, P. (2018). Collaborative facilitation of debrief after high-fidelity simulation and its implications for reflective thinking: student experiences. Studies in Higher Education, 43(9), 1654–1667. https://doi.org/10.1080/03075079.2017.1281238
22. Kihlgren, P., Spannagel, L., & Dieckmann, P. (2015). Investigating novice doctors' reflec-tions in debriefings after simulation scenarios. Medical Teacher, 37, 437–443. https://doi.org/ 10.3109/0142159X.2014.956054
23. Rudolph, J. W., Simon, R., Raemer, D. B., & Eppich, W. J. (2008). Debriefing as formative assessment: Closing performance gaps in medical education. Academic Emergency Medicine, 15(11), 1010–1016. https://doi.org/10.1111/j.1553-2712.2008.00248.x
24. Kirkpatrick, D. L. (1998). Evaluating Training Programs: The Four Levels. (2nd ed.). Berrett-Koehler.
25. Kneebone, R. (2005). Evaluating clinical simulations for learning procedural skills: A the-ory-based approach. Academic Medicine, 80(6), 549–553. https://doi.org/10.1097/00001888-200506000-00006

 ISSN 2786-6661

ВПЛИВ КАДМІЮ НА ДИНАМІКУ КОНЦЕНТРАЦІЇ ЗАГАЛЬНОГО ХОЛЕСТЕРИНУ В КРОВІ БІЛИХ ЩУРІВ З АКТИВНИМ І ПАСИВНИМ ТИПОМ ПОВЕДІНКИ

Федоренко Ю.В.

Кафедра нормальної фізіології
Завідувачка кафедри: к. мед. н., доцент Савицька М.Я.
ДНТ "Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького",
м.Львів, Україна

Вступ. У навколишньому середовищі поміж забруднювальних речовин широко розповсюджений надзвичайно кумулятивний важкий метал кадмій, який потрапляє в організм з їжею, водою, атмосферним повітрям, з димом цигарок. Для кадмію науково обгрунтовані гранично допустимі концентрації в об'єктах довкілля і харчових продуктах та допустимі добові дози. Перевищення допустимого добового надходження кадмію може призводити до патології усіх систем організму. Найважливіші органи-мішені для кадмію - нирки, печінка, у яких він депонується, а також ендотеліальні та гладком'язові клітини судин. Кадмій впливає на ліпідний обмін, зокрема підвищує рівень фосфоліпідів, загального холестерину, вільних жирних кислот, тригліцеридів у сироватці, печінці, м'язах (Fatima G. et al., 2019; Gu J. et al.,2022). Відомо, що тип ЦНС, нервово-психоемоційний стан, індивідуально-типологічні особливості поведінки, особливості активного чи пасивного типу поведінки зумовлюють індивідуалізацію відповіді організму під час впливу будь-яких чинників (Шеверьова В.М.,2011; Федоренко Ю.В, 2026). Показники ліпідного обміну за умов дії кадмію з урахуванням індивідуально-типологічнх особливостей поведінки лабораторних тварин не вивчалися.

Мета. Дослідити у підгострих дослідах вплив кадмію на інтенсивність та динаміку концентрації загального холестерину в сироватці крові білих щурів залежно від їхньої типологічної особливості поведінки.

Матеріали і методи. Експериментальні дослідження проводилися на безпородних білих щурах-самцях масою тіла 180-200 г. Тварин розподілили на 2 групи: з активною і пасивною руховою активністю. За основу активного і пасивного рівня спонтанної рухової активності брали до уваги горизонтальну активність під час проведення тесту «відкрите поле». До «активних» відносили тварин, які перетинали за 5 хвилин спостереження більше ніж 50 квадратів, до групи «пасивних» - менше ніж 30 квадратів. У кожній групі сформували контрольні і дослідні групи тварин. Дослідній групі активних і пасивних тварин у шлунок щоденно упродовж 30 діб уводили водний розчин CdSO4 (далі кадмій) у дозі 10 мг/кг маси тіла. Контрольній групі активних і пасивних щурів щоденно вводили питну воду. На 10 і 30 добу дослідів концентрацію загального холестерину в сироватці крові визначали фотометричним методом за допомогою сертифікованих тест-наборів реактивів «Філісіт-Діагностика» (Україна). Дотримувалися вимог біоетики згідно з Європейською конвенцією із захисту хребетних тварин (Страсбург, 1986), рекомендацій щодо проведення медико-біологічних досліджень відповідно дозакону України «Про захист тварин від жорстокого поводження» (№3447-IV, 2006). Статистичне опрацювання проводили загальноприйнятим методом найменших квадратів із визначенням вірогідності за t-критерієм Стьюдента. Результати представлено в ммоль/л та у відсотках відхилення проти контролю.

Результати. Кадмій спричинив підвищення концентрації загального холестерину в сироватці крові тварин упродовж тривалості усього досліду в обох дослідних групах. Вірогідне підвищення концентрації холестерину зафіксовано на 10 добу досліду: в активних тварин 1,62±0,06 ммоль/л проти контролю 1,32±0,05 ммоль/л, у пасивних - 1,94 ± 0,07 ммоль/л проти контролю 1,55 ± 0,05 ммоль/л, що у відсотках становить 22,7 % та 25,2 % відповідно. Найвищий рівень загального холестерину спостерігався у пасивних тварин на 30 добу досліду, його рівень підвищився проти контролю на 33,9%: контроль - 1,62 ± 0,06 ммоль/л, дослід - 2,17 ± 0,11 ммоль/л ($p<0,001$), в активних - на 23,5%: контроль 1,29 ± 0,03 ммоль/л, дослід - 1,59 ± 0,06 ммоль/л ($p<0,001$). Отже, у тварин з пасивним типом поведінки рівні холестерину виявилися вищі, ніж у тварин з активним типом поведінки. Підвищена концентрація холестерину в крові пасивних тварин не лише проти контролю, але й проти групи активних тварин, свідчить про знижену витривалість до дії кадмію саме тварин з пасивним типом поведінки.

 Creative Commons «Attribution» 4.0

Підвищення концентрації холестерину в сироватці крові зумовлено передусім порушенням його синтезу унаслідок ураження печінки і її ендоплазматичного ретикулуму, у його клітинах переважно синтезується холестерин, імовірно має значення зокрема і відомий механізм виникнення оксидативного стресу, блокування сульфгідрильних груп білків важкими металами тощо. Автори дослідження (Gu J. et al.,2022) на основі вивчення й аналізу ліпідного спектру диференційованих метаболітів у сироватці мишей виявили механізми порушення ліпідного гомеостазу, зокрема за участі ремоделювання фосфатидилхоліну. Високі концентрації ліпідів у крові при дії кадмію порушують функції ендотелію судин (Fatima G., et al., 2019). Кадмій негативно впливає на серцево-судинну систему, її структурний, функціональний і метаболічний стан, безпосередньо взаємодіє з судинними ендотеліальними клітинами, порушує енергетичний обмін у серці, зокрема динамічний баланс між β-окисленням жирної кислоти та окисним фосфорилюванням глюкози (Zhang X. et al., 2024), стимулює розвиток гіпертонії, викликає апоптоз ендотеліальних клітин (Robin A. Bernhoft, 2013).

Висновки. Кадмій призводить до підвищення концентрації загального холестерину в крові білих щурів з активним і пасивним типом поведінки, більшою мірою у тварин з пасивним типом поведінки наприкінці досліду. Підвищення концентрації загального холестерину передусім характеризує ураження печінки, негативно впливає на серцево-судинну систему. Білі щури з активним типом поведінки витриваліші до умов дії кадмію, ніж з пасивним типом, імовірно унаслідок інтенсивніших метаболічних процесів. Отримані закономірності доцільно ураховувати під час проведення профілактики і корекції порушень адаптаційних процесів унаслідок дії кадмію в осіб з різним типом вищої нервової діяльності.

Ключові слова. Кадмій, білі щури, активні і пасивні тварини, загальний холестерин, кров.

КОМБІНОВАНА ДІЯ СВИНЦЮ І ТРИХЛОРФОНУ НА ПОРФІРИНОВИЙ ОБМІН

[1]Федоренко В.І., [2]Федоренко Ю.В.

1 – Кафедра загальної гігієни з екологією
Завідувач кафедри: к.біол. н., доцент Сибірний А.В.
2 – Кафедра нормальної фізіології
Завідувачка кафедри: к. мед. н., доцент Савицька М.Я.
ДНТ "Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького",
м.Львів, Україна

Вступ. Сполуки важкого металу свинцю і фосфорорганічних пестицидів, зокрема інсектициду трихлорфону, можуть надходити одночасно в організм людини перорально з харчовими продуктами і водою у кількостях, що перевищують допустимі добові дози, уражати практично усі органи і системи, викликати широкий спектр негативних фізіологічних і біохімічних змін. Відомо, що до ранніх ознак метаболічної активності свинцю належать зміни порфіринового обміну і передусім підвищення концентрації дельтаамінолевулінової кислоти (δ-АЛК) у сечі, трихлорфон є антихолінестеразною речовиною прямої дії (Inorganic Lead,WHO,1995;Trichlorfon, WHO, 1992). Окрема дія речовин на організм вивчена, результати опубліковані у численній науковій літературі. Комбінована дія свинцю і трихлорфону на організм потребує вивчення.

Мета. Дослідити концентрацію δ-АЛК у сечі білих щурів за умов окремої та комбінованої дії свинцю і трихлофону у підгострих дослідах.

Матеріали і методи. Дослідження проводилися на статево зрілих білих щурах-самцях. Попередньо визначали середню летальну дозу (ЛД50) Pb(NO3)2 (далі свинець) і трихлорфону. Лабораторним тваринам щоденно упродовж 30 діб уводили окремо та одночасно у шлунок через зонд водні розчини Pb(NO3)2 та трихлорфону в дозах 1/20, 1/100 і 1/1000 від їхніх індивідуальних ЛД50, контрольній групі тварин уводили питну воду. Досліди сплановано за схемою ортогонального плану 22, тварини були розподілені на 4 групи: перша група отримувала свинець, друга – трихлорфон, третя – свинець і трихлорфон, четверта (контроль) – питну воду. На 10, 20 і 30 доби дослідів концентрацію δ-АЛК у сечі визначали спектрофотометричним методом. Принцип методу полягає в усуненні речовин, що впливають на вміст δ-АЛК у сечі за допомогою активованого вугілля, з визначенням δ-АЛК за активністю

Creative Commons «Attribution» 4.0

піролу з ацетилацетоном під час нагрівання з наступним додаванням реактиву Ерліха й утворенням рожевого забарвлення. Оптичну густину визначали за довжини хвилі 553 нм. Одиниці вимірювання концентрації δ-АЛК у сечі - мкмоль/ г креатиніну. Під час проведення експериментальних досліджень дотримувалися вимог біоетики (Європейська конвенція із захисту хребетних тварин, Страсбург, 1986), рекомендацій проведення медико-біологічних досліджень (закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження» (№3447-IV, 2006 зі змінами №3447-IV, 2010). Статистичне опрацювання проводили загальноприйнятим методом найменших квадратів із визначенням вірогідності за t-критерієм Стьюдента. Комбіновану дію речовин оцінювали на основі емпіричних моделей за ефектом (незалежна дія, адитивність, потенціювання і антагонізм).

Результати. У гострих дослідах установлено ЛД50 для Pb(NO3)2 на рівні 3600,0 (3111,0…4087,8) мг/кг маси тіла білих щурів, для трихлорфону ЛД50 = 375,0 (357,1…392,9) мг/кг маси тіла. Уведення свинцю білим щурам у дозах 1/20, 1/100 і 1/1000 ЛД50 призвело до дозозалежного підвищення екскреції δ-АЛК з сечею в усі терміни спостереження. На 10 добу дослідів концентрація δ-АЛК за умов уведення свинцю у дозах 1/20, 1/100 і 1/1000 ЛД50 реєструвалася на рівні 108,2 ± 9,8; 80,9 ± 6,5 та 53,2 ±2,5 мкмоль/г креатиніну проти контролю 6,1 ± 0,9 мкмоль/г креатиніну ($P < 0,05$), тобто концентрація підвищилася у 17,7; 13,3 та 8,7 раза відповідно. На 20 добу дослідів концентрація за тих самих доз свинцю δ-АЛК у сечі вірогідно перевищувала контрольні величини (6,8 ± 0,5 мкмоль/г креатиніну) у 17,7; 15,9 та 11,5 раза, на 30 добу ряд перевищення становив відповідно 16,6; 15,9 та 11,5 раза (контроль 7,9 ± 1,1 мкмоль/г креатиніну). Найвищі концентрації δ-АЛК у сечі спостерігалися упродовж усього досліду за умови впливу 1/20 ЛД50 свинцю. Концентрація δ-АЛК у сечі за умов уведення трихлорфону тваринам упродовж усього досліду знаходилася у межах величин контрольних груп. Одночасне уведення свинцю і трихлорфону призвело до дозозалежного підвищення концентрації δ-АЛК у сечі упродовж усього досліду, показники реєструвалися практично на рівні дії самого свинцю. Залежність ефекту від часу дії суміші речовин також аналогічна дії самого свинцю, присутність трихлорфону в суміші не впливала на концентрацію δ-АЛК у сечі. Відомо, що свинець пригнічує активність ферментів, котрі беруть участь у синтезі гему, зокрема дегідратази δ-АЛК і гемсинтетази унаслідок блокування їхніх SH-груп. Порушення ланцюга біосинтезу гему призводить до накопичення в крові, кістковому мозку проміжних продуктів метаболізму гему, передусім δ-АЛК, яка і виводиться з сечею.У наших дослідженнях концентрація δ-АЛК у сечі є чутливим маркером саме свинцевої інтоксикації за умов одночасної дії свинцю і трихлорфону, її рівень пропорційно зростає лише від дози свинцю. Отже, комбінована дія речовин за концентрацією δ-АЛК у сечі, що є показником порфіринового обміну, характеризується незалежною дією свинцю.

Висновки. Пероральне надходження свинцю упродовж 30-діб призводить до дозозалежного підвищення концентрації δ-АЛК у сечі білих щурів упродовж усієї тривалості досліду, присутність трихлорфону в суміші не впливає на концентрацію δ-АЛК у сечі. Комбінована дія речовин характеризується незалежною дією свинцю. Концентрація δ-АЛК у сечі є чутливим маркером саме свинцевої інтоксикації за умов одночасної дії свинцю і трихлорфону.

Ключові слова. Свинець, трихлорфон, дельтааамінолевулінова кислота, сеча, білі щури.

ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕБІГУ ЦУКРОВОГО ДІАБЕТУ У ДІТЕЙ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ПІДХОДІВ ДО НАДАННЯ ПАЛІАТИВНОЇ ДОПОМОГИ

Царенко А.В., Шекера О.Г., Чайковська В.В., Кожан Н.Є., Толстих О.І., Вольф О.О.

Завідувач кафедри паліативної і хоспісної медицини - Царенко А.В., доктор медичних наук, професор
Національний університет охорони здоров'я України ім. П. Л. Шупика\ м. Київ.

Актуальність: Цукровий діабет 1 типу (ЦД1) залишається однією з найважчих хронічних медико-соціальних проблем дитячого віку, на яку припадає понад 90% усіх випадків діабету в дітей. За даними IDF, у світі з цим діагнозом живуть близько 1,85 млн дітей та підлітків. Європейський регіон посідає перше місце за рівнем поширеності цієї патології. В Україні спостерігається чітка тенденція до стрімкого зростання захворюваності серед пацієнтів до 18 років: їхня кількість збільшилася з 12 329 осіб

 Creative Commons «Attribution» 4.0

у 2021 році до 14 133 осіб у 2023 році. Найшвидше поширеність зростає серед дітей віком до 6 років, де показники за останнє десятиліття фактично подвоїлися. Провідним тригером важких маніфестацій хвороби є хронічний психоемоційний стрес, зумовлений воєнними діями. Паралельно фіксується зростання частки ЦД 2 типу серед підлітків через поширення гіподинамії та ожиріння. Стрімке збільшення кількості хворих та високий ризик розвитку важких хронічних і гострих ускладнень диктують нагальну потребу у перегляді підходів до медичного супроводу та впровадженні елементів паліативної допомоги для цієї категорії пацієнтів.

Мета дослідження: Науково обґрунтувати необхідність та визначити ключові клініко-організаційні підходи до надання паліативної допомоги дітям та підліткам із цукровим діабетом та його ускладненнями в Україні.

Матеріали і методи: У процесі дослідження використано комплекс методів наукового пізнання: бібліосемантичний та системний аналіз сучасних статистичних звітів Міжнародної діабетичної федерації (IDF), Національної служби здоров'я України (НСЗУ), Української діабетичної федерації, а також клініко-статистичне узагальнення результатів профільних наукових досліджень щодо хронічних і гострих ускладнень цукрового діабету у дитячому віці.

Результати: Дослідженням встановлено, що больовий синдром є критичним, але часто ігнорованим фактором у перебігу ЦД у дітей. Майже 49% підлітків із ЦД1 регулярно відчувають періодичний або інтермітуючий біль, причому дівчата повідомляють про нього значно частіше. Поширеність діабетичної периферичної нейропатії (ДПН) у дитячій популяції коливається у межах від 3% до 62% залежно від методів скринінгу. На етапі дебюту або декомпенсації хвороби у 30–40% дітей розвивається діабетичний кетоацидоз (ДКА), який у понад 60% випадків супроводжується інтенсивним абдомінальним болем («діабетичний гострий живіт»). Доведено наявність вираженого ятрогенного болю: рутинний контроль (4–6 проколів пальців та 4–5 ін'єкцій інсуліну щодня) сумарно становить понад 3500 болісних маніпуляцій на рік. Це викликає у дітей хронічний процедурний стрес, страх голки та синдром гіперестезії пучок пальців. З клінічної точки зору, біль та стрес провокують масивний викид контрінсулярних гормонів (кортизолу, адреналіну), що призводить до різких коливань цукру (глікемічної лабільності). Купірування болю та негайний перехід на безболісні системи безперервного моніторингу глюкози (CGM) та інсулінові помпи є ключовим інструментом паліативного догляду, який не лише забезпечує психологічний комфорт, а й стабілізує глікемічний профіль пацієнта.

У контексті педіатричної паліативної допомоги лікування діабету, суворі дієтичні обмеження щодо споживання вуглеводів та цукру лібералізуються або повністю скасовуються, що дозволяє дитині споживати бажані, калорійні продукти для підтримки загального самопочуття та емоційного комфорту.

Для управління гострими клінічними станами та невідкладними ситуаціями, що загрожують життю дитини, важливим є надання родичам структурованого навчання.

Поряд із належним медичним контролем допомога дітям із цукровим діабетом, які мають паліативний статус, повинна ґрунтуватися на цілісному підході та включати психологічний, соціальний (психосоціальний) і духовний компоненти.

Висновки:

1. Дитячий цукровий діабет в Україні характеризується стрімким омолодженням та збільшенням кількості важких маніфестацій під впливом хронічного воєнного стресу, що вимагає оптимізації системи надання медичної допомоги.
2. Хронічний соматичний та процедурний біль є провідним патогенетичним фактором, який дестабілізує перебіг ЦД через гормональні механізми стресу та суттєво погіршує якість життя пацієнтів.
3. Впровадження підходів паліативної допомоги для дітей із ЦД має базуватися на обов'язковому адекватному знеболенні, мінімізації інвазивних втручань шляхом повного переходу на технології CGM та інсулінові помпи, а також на наданні комплексної психосоціальної підтримки родинам.
4. Лікування паліативного стану у дітей з цукровим діабетом, вимагає надійного міждисциплінарного підходу. Спільна синергія між дитячими ендокринологами, спеціалістами з паліативної допомоги, спеціалізованими медсестрами, фахівцями з психічного здоров'я, соціальними працівниками забезпечує цілісний баланс між жорстким метаболічним контролем та індивідуальним комфортом пацієнта

Ключові слова: цукровий діабет 1 типу; паліативна допомога дітям; больовий синдром; діабетичний кетоацидоз; інсулінова помпа.

ВНЕСОК ЄВГЕНІЇ СПИНУ ТА ФЕЛІКСИ ШЛЕЙФМАН В УКРАЇНСЬКУ ГІГІЄНІЧНУ НАУКУ (до 100-річчя з днів народження)

Чайка Ю.Г.

Кафедра медицини надзвичайних ситуацій та тактичної медицини
Завідувач кафедри: Гринзовський А.М.,
Заслужений діяч науки і техніки України, д.м.н., професор
Національний медичний університет ім. О.О.Богомольця
Київ, України

Вступ. Євгенія Ісааківна Фінкельштейн (дівоче прізвище, після одруження – Спину) народилась у Києві 25 вересня 1925 року в один рік і в тому ж місті разом з такими творчими особистостями як: композитори-євреї Ігор Шамо та Володимир Шаїнський, а також в один рік талановитими жінками Ольгою Аросєвою, Майєю Плісецькою, Нонною Мордюковою та Маргарет Тетчер.

Фелікса Юхимівна Шлейфман народилась 9 серпня 1926 року в один рік з такими непересічними особистостями як Інна Макарова та Єлизавета II.

Наукова гігієнічна громадськість шанує 100-річні ювілеї з днів народження цих видатних українських вчених з гігієни праці.

Мета. Дослідити становлення та розвиток наукових досліджень вчених та їх внесок в українську гігієнічну науку.

Матеріали та методи. Матеріалами були наукові публікації дослідниць, метод – бібліографічний.

Огляд. Євгенія Спину у роки другої світової війни працювала медичної сестрою у евакошпиталях, що вплинуло на вибір професії. Після закінчення разом із Феліксою Шлейфмант санітарно-гігієнічного факультету КМІ ім. О.О.Богомольця у 1948 році вступила до аспірантури до Київського НДІ гігієни праці та профзахворювань під керівництвом професора Гайка Шахбазяна, який став науковим керівником їх кандидатських дисертацій.

Спину Є.І. успішно захистила свою роботу «Материалы по токсикологии инсектицида НИУИФ-100 и его гигиеническому нормированию», 1953 у Москві. У тому ж році Шлейфман Ф.М. захистила кандидатську дисертацію щодо можливості використання «від'ємної» радіації на робочих місцях в цехах з нагріваючим мікрокліматом у якості засобу нормалізації теплового стану працюючих, які піддаються тепловому опроміненню.

Докторські дисертації Є.І.Спину «Ткоксикология хлорорганических пестицидов диенового синтеза и гигиена труда при их применении» та Ф.М.Шлейфман «Интермиттирующее воздействие микроклиматических условий производственных помещений как гигиеническая проблема» були захищені ними у 1965 та 1966 роках, відповідно.

Професор, д.м.н. Євгенія Спину (співавтор - Людмила Іванова) у 1977 року опубліковала монографію «Математическое прогнозирование и профилактика загрязнения окружающей среды пестицидами», М.: Медицина, 1977.

У тому ж 1977 році була опублікована монографія професорів, д.м.н. Гайка Хачатуровича Шахбазяна та Фелікси Максимівні Шлейфман «Гигиена производственного микроклимата», К.: Здоров'я, тоді як у 1981 році – монографія «Виробничий мікроклімат і здоров'я людини», К.: Здоров'я тих самих авторів. У 1975 році виходить монографія Ф.М.Шлейфман «Гігієна праці робітників гарячих цехів», 2-е вид., доп. і випр., К: Здоров'я. У 1984 вийшло 2-е видання монографії Ф.М.Шлейфман «Гігієна виробничого мікроклімату», К.: Здоров'я. Професор Шлейфман є співавтором ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

Є.І.Спину разом з Р.Совою, К.Стефанським та О.Моложановою на чолі з академіком Л.І.Медведем є фундаторами методології гігієнічного нормування пестицидів у ґрунті (Санитарно-гигиенические нормы предельно допустимых количеств (ПДК) и ориентировочно-допустимых количеств (ОДК) пестицидов в почве. СанПиН 42-128-4275-87, Москва, 1987). Нею у співавторстві розроблені диференційовані регламенти безпечного використання пестицидів для чотирьох агрокліматичних зон України. Вона також є співавтором ДСП 8.8.1.2.002-98 Гігієнічна класифікація пестицидів за ступенем небезпечності.

 Creative Commons «Attribution» 4.0

Євгенія Спину та Фелікса Шлейфман були талановитими керівниками та вчителями: ними підготовлено 3 доктора наук и 23 кандидата наук, а також 13 кандидата наук, відповідно.

Висновки. У році, що минає відзначаємо 100-річні ювілеї непересічних науковиць гігієни праці України, талановитих вчителів Євгенії Спину та Фелікси Шлейфман, що залишили після себе ґрунтовний науковий спадок.

Ключові слова. Ювілей, Історія гігієни, Науковий доробок, Творча особистість, Захист здоров'я.

ОГЛЯД ДЕЯКИХ НАУКОВИХ ПІДХОДІВ ЩОДО ПАЛІАТИВНОЇ ДОПОМОГИ ДІТЯМ

Шекера Олег, Царенко Анатолій, Кожан Наталія

Завідувач кафедри паліативної і хоспісної медицини - Царенко А.В.,
доктор медичних наук, професор
Національний університет охорони здоров'я України ім. П. Л. Шупика\ м. Київ.

Актуальність. Неінфекційні захворювання залишаються однією з провідних причин смертності та інвалідизації дітей. Значна частина пацієнтів з онкологічною, генетичною, неврологічною, серцево-судинною та ендокринною патологією потребує паліативної допомоги. Сучасна дитяча паліативна допомога базується на принципах раннього залучення, мультидисциплінарного підходу та комплексної підтримки дитини і її родини.

Мета дослідження. Провести аналіз сучасних наукових підходів до організації та надання паліативної допомоги дітям із тяжкими неінфекційними захворюваннями, а також визначити ключові напрями її розвитку для покращення якості життя пацієнтів і їхніх сімей.

Матеріали та методи. Дослідження виконано із застосуванням методів аналізу, синтезу, порівняння та узагальнення даних наукової літератури. Опрацьовано сучасні вітчизняні та міжнародні публікації, присвячені організації та наданню паліативної допомоги дітям із тяжкими неінфекційними захворюваннями. Проведено аналіз рекомендацій Всесвітньої організації охорони здоров'я, міжнародних професійних організацій і профільних експертних спільнот щодо принципів, моделей та стандартів дитячої паліативної допомоги. Також узагальнено результати сучасних клінічних і організаційних досліджень, що стосуються оцінки потреб пацієнтів та їхніх сімей, міждисциплінарного підходу, контролю симптомів, психосоціальної підтримки та забезпечення якості життя дітей, які потребують паліативної допомоги. Отримані дані систематизовано та використано для визначення актуальних наукових підходів і перспектив розвитку дитячої паліативної допомоги.

Результати. Відповідно до визначення Всесвітньої організації охорони здоров'я, дитяча паліативна допомога є активною, комплексною та міждисциплінарною системою медичної, психологічної, соціальної та духовної підтримки дитини з тяжким або загрозливим для життя захворюванням, а також членів її сім'ї. Принциповою особливістю сучасної моделі є початок паліативного супроводу з моменту встановлення діагнозу незалежно від проведення етіопатогенетичного чи специфічного лікування.

Аналіз літературних джерел свідчить, що у світі щороку понад 21 млн дітей потребують різних форм паліативної допомоги. Основними категоріями пацієнтів є діти з онкологічними захворюваннями, тяжкими вродженими вадами розвитку, генетичними синдромами, нейродегенеративними хворобами, а також прогресуючими хронічними неінфекційними захворюваннями.

Найбільш ґрунтовно дослідженим напрямом залишається дитяча онкопаліативна допомога. Результати численних клінічних досліджень демонструють, що рання інтеграція паліативних втручань у лікувальний процес асоціюється з ефективнішим контролем больового синдрому та інших симптомів захворювання, зниженням рівня психоемоційного дистресу, покращенням показників якості життя пацієнтів і членів їхніх сімей. Важливими компонентами є підтримка прийняття клінічних рішень, завчасне планування догляду та психологічний супровід родини на всіх етапах перебігу захворювання.

Окремий науковий інтерес становить надання паліативної допомоги дітям із цукровим діабетом 1 типу за наявності тяжких незворотних ускладнень. У таких випадках основними завданнями є контроль симптомів, профілактика фізичних і психологічних страждань, підтримка адаптаційних можливостей пацієнта та забезпечення максимально досяжної якості життя.

Creative Commons «Attribution» 4.0

Встановлено, що сучасна концепція дитячої паліативної допомоги ґрунтується на біопсихосоціальній моделі охорони здоров'я, яка передбачає комплексну оцінку фізичних, психологічних, соціальних і духовних потреб дитини. Пріоритетними напрямами є ефективний контроль болю, порушень сну, хронічної втоми, тривожності, страху та інших проявів дистресу.

Результати досліджень підтверджують високу ефективність мультидисциплінарного підходу, що передбачає участь лікарів різних спеціальностей, медичних сестер, психологів, соціальних працівників, реабілітологів і фахівців із духовної підтримки. Впровадження такої моделі сприяє покращенню контролю симптомів, зменшенню частоти госпіталізацій, підвищенню задоволеності сімей якістю медичної допомоги та оптимізації соціальної адаптації дітей із тяжкими захворюваннями.

Перспективним напрямом розвитку системи є домашня паліативна допомога, яка забезпечує можливість перебування дитини у звичному сімейному середовищі за умови безперервного професійного медичного супроводу. Такий підхід сприяє збереженню соціальної інтеграції, підтриманню сімейних взаємин та покращенню психоемоційного благополуччя пацієнтів і їхніх родин.

Особливого значення набуває психологічна та соціальна підтримка сімей, які стикаються з прогресуванням захворювання або втратою дитини. Наукові дані свідчать, що переживання втрати асоціюється з високим ризиком розвитку депресивних і тривожних розладів, посттравматичних стресових реакцій та порушення сімейного функціонування. У зв'язку з цим підтримка родини розглядається як невід'ємний структурний компонент сучасної системи дитячої паліативної допомоги.

Висновки. Аналіз сучасних наукових джерел свідчить, що дитяча паліативна допомога є невід'ємною складовою системи охорони здоров'я, спрямованою на покращення якості життя дітей із загрозливими для життя та життєобмежувальними захворюваннями, а також членів їхніх сімей. Сучасна концепція паліативної допомоги дітям ґрунтується на принципах ранньої інтеграції паліативного супроводу в процес лікування, міждисциплінарної взаємодії, людиноцентричності, сімейноорієнтованого підходу та безперервності надання допомоги на всіх етапах перебігу захворювання.

Найбільш переконлива доказова база накопичена щодо моделей, які забезпечують комплексний вплив на фізичні, психологічні, соціальні та духовні потреби дитини й родини. Особливого значення набуває розвиток домашніх форм паліативної допомоги, що дозволяють забезпечити безперервний супровід дитини у звичному для неї середовищі та підтримувати активну участь сім'ї у процесі догляду.

Подальше удосконалення системи дитячої паліативної допомоги в Україні потребує створення інтегрованої мережі спеціалізованих служб, розвитку мультидисциплінарних команд, удосконалення професійної підготовки медичних працівників, розширення доступу до сучасних методів контролю симптомів та психосоціальної підтримки, а також гармонізації національної практики з міжнародними стандартами і рекомендаціями. Реалізація зазначених напрямів сприятиме підвищенню доступності, якості та ефективності паліативної допомоги дітям і забезпеченню дотримання їхніх прав на гідне життя та належний догляд.

Ключові слова: дитяча паліативна допомога, неінфекційні захворювання, онкологія, цукровий діабет, мультидисциплінарний підхід.

ІНТЕГРОВАНІ АСПЕКТИ БЕЗПЕКИ В КЛІНІЧНІЙ ТА СПОРТИВНІЙ МЕДИЦИНІ: ВІД ІНСТРУМЕНТАЛЬНОЇ ГІГІЄНИ ДО НЕДОПІНГОВОЇ ОРГАНОПРОТЕКЦІЇ

Шумейко О.В., Горчакова Н.О., Клименко О.В., Савченко Н.В.

Кафедра фармакології Національного медичного університету імені О.О. Богомольця
Науковий керівник: професорка, д. мед. н. Горчакова Н.В.
Кафедра фармакології Національного медичного університету імені О.О. Богомольця
Завідувачка кафедри фармакології: Гнатюк Валерія Валеріївна, проф., д. мед. н.
Національний медичний університет імені О.О. Богомольця
м. Київ, Україна

Вступ. Безпека є фундаментальним складником функціонування усіх ланок системи охорони здоров'я, установ гігієнічного профілю та індустрії спорту. Мінімізація ризиків досягається лише завдяки вірному підбору препаратів та інструментів в гігієнічних лабораторіях та медичних закладах. В інду-

 Creative Commons «Attribution» 4.0

стрії спорту учасники змагання повинні дотримуватись правил спортивної медицини. У закладах охорони здоров'я безпека лікувально-діагностичних маніпуляцій забезпечується шляхом комплексного застосування хімічних антисептиків, а також спеціалізованого медичного інструментарію та обладнання.

Мета. Обґрунтувати критерії системної безпеки та органопротекції у медичній, гігієнічній, реабілітаційній та спортивній практиці, а також визначення алгоритмів недопінгової фармакотерапії.

Матеріали і методи. Проведено системний аналіз та контент-аналіз сучасної наукової періодики (бази даних PubMed, Scopus, Google Scholar) за останні роки, а також баз даних фармаконагляду (включаючи Державний експертний центр МОЗ України) та чинних регламентів Всесвітнього антидопінгового агентства (WADA). Використовували методи пошуку, аналізу та узагальнення.

Огляд. Безпека в системі охорони здоров'я та спортивній медицині вимагає тривекторного підходу: інструментального, дезінфекційного та фармакологічного. При оцінці госпітальної безпеки встановлено, що синергізм між використанням сучасних хімічних антисептиків для гігієнічної та хірургічної обробки рук і шкіри на основі багатокомпонентних спиртових розчинів із вмістом сурфактантів (бензалконію і дидецилдиметиламонію хлорид, лаурилсульфат натрію) та застосуванням інноваційного інструментарію знижує ризик поширення інфекцій на 34–40%. Особливе значення має використання обладнання з антимікробним покриттям на основі наночастинок срібла або діоксиду титану, що блокує формування бактеріальних біоплівок у спеціалізованих установах, які надають комплексну медичну, фізичну, психологічну та соціальну реабілітаційну допомогу з метою відновлення здоров'я, працездатності та повсякденної активності пацієнтів і спортсменів.

У секторі спортивної або реабілітаційної медицини проблема безпеки тісно пов’язана з вимогами WADA Compliance. Доведено, що інтенсивні фізичні навантаження чинять дозозалежний вплив на запальні процеси та редокс-статус: якщо помірний тренувальний стрес активує адаптаційні сигнальні каскади (АМФ-активована протеїнкіназа/mTOR), то хронічне перевантаження індукує мітохондріальну дисфункцію, падіння синтезу АТФ та гіперпродукцію активних форм кисню та азоту (ROS/RNS). Заборона агентів класів S1.2 та S4 обґрунтовує зміщення вектора органопротекції на легальні субстратні провідники: левокарнітин, фосфокреатин, препарати магнію і калію та антиоксиданти: етилметилгідроксипіридину сукцинат, α-ліпоєва кислота, ацетилцистеїн, едаравон, які нівелюють мітохондріальну дегенерацію без порушення антидопінгового законодавства.

Безпечне використання лікарських засобів повинно здійснюватися відповідно до затверджених клінічних протоколів із персоніфікованим підходом до пацієнта, оцінкою потенційних лікарських взаємодій та регулярним лабораторним контролем функції печінки, нирок, системи кровотворення й електролітного балансу. Важливим компонентом забезпечення якості медичної допомоги є також дотримання санітарно-гігієнічного режиму, правил асептики й антисептики, використання сучасних дезінфекційних засобів та системи інфекційного контролю.

Висновки. Безпека пацієнтів і якість медичної допомоги значною мірою визначаються раціональною фармакотерапією, дотриманням клінічних протоколів та принципів доказової медицини. Синергізм між застосуванням високотехнологічних антисептичних засобів, інноваційного обладнання з антимікробним покриттям і раціональної, дозволеної WADA фармакотерапії (субстратних коферментів та антиоксидантів) дозволяє одночасно мінімізувати ризики госпітального інфікування та профілактувати мітохондріальну дисфункцію. Такий інтегрований підхід забезпечує ефективне відновлення соматичного статусу, адаптаційного потенціалу та працездатності пацієнтів і спортсменів на всіх етапах лікувально-реабілітаційного процесу.

Ключові слова: системна безпека, здоров’я, гігієна, органопротекція, реабілітація.

 ISSN 2786-6661

МЕДИЧНІ ПОМИЛКИ ЯК АКТУАЛЬНА ГІГІЄНІЧНА ПРОБЛЕМА ТА ЧИННИКИ, ЩО ЇЇ ФОРМУЮТЬ

Яворський Є.Є., Бобко Н.А.

Державна установа "Інститут медицини праці імені Ю.І.Кундієва Національної академії медичних наук України", м. Київ, Україна

Вступ. Помилкові дії медичного персоналу, що шкодять здоров'ю пацієнтів, обов'язково фіксуються і аналізуються у більшості економічно розвинених країн. В Україні подібна статистика не є обов'язковою або відкритою. Вивчення причин лікарських помилок та шляхів їх запобігання в Україні є актуальною задачею, особливо - в сучасних умовах, за яких збільшується кількість звернень за медичною допомогою як наслідок військових дій вже п'ятий (тринадцятий) рік поспіль та підвищуються вимоги до змісту, обсягу і термінів надання допомоги.

Мета дослідження – встановити статистичні та описові характеристики медичних помилок, чинники, що потенціюють їх формування, та можливості запобігання помилок.

Матеріали та методи. Пошук наукових публікацій, виконаний внутрішніми засобами реферативних баз PubMed, BritishMedicalJournal за ключовими словами, а також у загальнодоступному сегменті глобальної мережі «Інтернет» за допомогою пошукових систем Google та Perplexity.ai.

Огляд. Помилкові дії медичного персоналу, які призводять до шкоди здоров'ю пацієнтів, в літературі позначаються як лікарські, або (в більш широкому сенсі) медичні помилки. В більшості розвинутих країн лікарські помилки є предметом вивчення, вони обов'язково реєструються, аналізуються, і статистика є публічною. Так, для США частка лікарських помилок складає 3-4%, Великобританії – 5%, Франції – 3%. Щорічно, за даними ВООЗ, до 1,5 млн. людей помирають внаслідок лікарських помилок. За [Makary, 2016], лікарські помилки знаходяться на третьому місці серед причин смерті у США після серцевих захворювань та раку.

В той же час, в Україні аналогічна статистика не є загальнодоступною, відповідні дослідження та публікації не знайдені. Причинами є закритість інформації, соціальний тиск по відношенню до задіяного медперсоналу на тлі нестачі кадрів у закладах охорони здоров'я. На рівні експертних оцінок деяких науковців, наводяться дані щодо можливої смерті одного з десяти хворих внаслідок лікарських помилок [Скриннікова, 2023]. В більшості випадків, потрапляють до новин та стають відомими на широкий загал виключно кричущі випадки, наслідками яких була смерть дітей, втрата зору пацієнтами або постраждалими від яких стали публічні особи [«Українська Правда», 2025; «Главком», 2025; «Суспільне», 2023; «ТСН», 2025].

У мета-аналізі 337025 записів про хвороби [Panagioti, 2019] виявлено, що до 12% пацієнтів було завдано шкоду медичними працівниками, причому у 6% цій шкоді можна було запобігти; до 12% таких випадків призвело до смерті або інвалідності пацієнтів, і найбільший ризик помилок властивий відділенням хірургії та інтенсивної терапії. За іншими даними, попередити можливо 70% помилок, потенційно можливо – 6%, 24% - попередити неможливо [Скриннікова, 2023].

При визначенні причин лікарських помилок (тобто – неправильних, хибних дій або бездіяльності, які призвели до несприятливих наслідків), юрист з правової точки зору виділяє об'єктивні фактори (відсутність або недостатнє забезпечення обладнанням, неякісні медичні засоби, та ін.) та суб'єктивні (недостатній рівень підготовки та знань, неуважність, недбалість при проведенні маніпуляцій, невідповідне ведення документації, порушення протоколів, приховування або ігнорування стану лікаря, який вплинув на його роботу - хвороба лікаря, несприятливі зміни поточного функціонального стану - наприклад, втома після тривалої зміни – через необхідність працювати у нічний період часу, подовжені робочі години; переживання стресових подій, стан зміненої свідомості) [Скриннікова, 2023].

У дослідженні [West, 2009] 430 американських інтернів заповнювали опитувальники із питаннями про допущені помилки, самооцінку рівнів сонливості (за шкалою Epworth), втоми, та вигоряння (за шкалою Maslach). Було виявлено, що 39% респондентів протягом часу спостереження припустилися як мінімум однієї значної медичної помилки, при цьому один додатковий бал сонливості збільшує відносний ризик помилки на 1,10 (довірчий інтервал 1,03-1,16 при p=0,002), а один бал втоми – на 1,14 (довірчий інтервал 1,08-1,21 при p<0,001). У дослідженні [Tawfik, 2018] серед 6695 опитаних практикуючих лікарів 10,5% повідомили про серйозні медичні помилки з їх боку протягом останніх 3х місяців, 32,8% - про «надмірну втому», 54,3% повідомляли про симптоми професійного вигоряння. Лікарі, які

 Creative Commons «Attribution» 4.0

повідомляли про помилки, частіше мали втому (46% проти 31,2%, P<0,001), та симптоми вигоряння (77,6% проти 51,5%, P<0,001). Оглядова публікація [de Jong, 2016] посилається на три дослідження, в яких показано зв'язок між втомою та «медичними інцидентами»: в одному повздовжньому і одному перехресному дослідженнях виявлено значний позитивний зв'язок, і в одному перехресному – незначний зв'язок (сильні докази, відношення шансів 1,37). Для сонливості в усіх трьох дослідженнях виявлено значний позитивний зв'язок (сильні докази, ВШ 1,10 – 1,37).

В ряді досліджень вивчались зв'язки помилок середнього медичного персоналу із втомою та сонливістю. Так, в оглядовому дослідженні [Bell, 2023] проведено аналіз 38 наукових публікацій і виявлено, що 82% з них визначили втому як фактор, який сприяє виникненню помилок на етапі введення медикаментів. До чинників, що сприяють розвитку втоми, віднесено особливості змінної праці, зокрема порушення циркадних ритмів та понаднормову роботу.

В той же час, деякі дослідження не виявили достовірного впливу дефіциту сну лікарів на якість їх роботи. Так, на основі об'єднаних даних шести когортних досліджень для хірургів з дефіцитом сну та без нього, не вдалося виявити достовірної різниці у смертності пацієнтів (n=60436, відносний ризик (ВР) 0,98, 95% ДІ від 0,84 до 1,15, I2 = 0% (p=0,87)) або рівню післяопераційних ускладнень (n = 60201, ВР 0,99, 95% ДІ від 0,95 до 1,03, I2 = 0% (p=0,45)) [Gates, 2018].

Висновки. Медичні помилки лікарів та середнього медичного персоналу мають місце у 3-5% випадків (за даними економічно розвинених країн), та призводять до шкоди здоров'ю пацієнтів або навіть летального кінця. Для України статистичні дані недоступні, але на рівні експертних оцінок цей відсоток очікується значно вищим. Проте, суттєвій частині помилок (до 76%) можна запобігти. Фактори ризику виникнення таких помилок, як доведено, пов'язані з втомою, сонливістю, змінним режимом праці, понаднормовою роботою, симптомами вигоряння. Подальше вивчення впливу певних факторів на помилковість дій медичних працівників та розробка заходів, направлених на попередження таких випадків, залишається актуальною проблемою медицини праці, і дієвою умовою її рішення, зокрема - в Україні, має стати обов'язковість реєстрації кожної помилки та чинників, що її супроводжували, статистичний аналіз даних на регулярній основі та відкритість цієї інформації для дослідників.

Key words: Burnout (Psychological), Fatigue, Medical Errors, Nurses, Physicians, Shift Work Schedule, Sleep Deprivation, Sleepiness.

Ключові слова: вигоряння (психологічне), втома, змінний графік роботи, лікарі, медичні сестри, медичні помилки, недостатність сну, сонливість.

АЛФАВІТНИЙ ЗМІСТ

Baieva O.V. 224
Blagaia A.V. 208, 209, 230
Bohachova O.S. 210
Burlaka Ie. A. 209
Chebernina I.O. 225
Ciobanu E. 228
Diachenko M.S. 216
Dmytryshen P.V. 219
Gerasymenko O.I. 226
Ivanko O.M. 213, 223, 224
Khrychikov D.O. 219
Kondratiuk M.V. 208
Korost Y.V. 222
Korshunova A.S. 214
Kovalenko O.M. 230
Krynychnyi Yu.V. 228
Kucher M.O. 213
Kucher R.I. 212
Kucherenko I. I. 209
Kyselov S.M. 213
Lekhan V.M. 214
Lymar L.V. 209
Makhniuk V.M. 223, 224
Maksymova Z.V. 228
Marchuk O.V. 219
Mokriakova M.I. 210
Mykhailenko D.V. 214
Mykhailyk O.P. 213
Ohorodniichuk I.V. 212
Paienok O.S. 215
Radlovska Yu.V. 226
Riabovolyk O.I. 208
Romaniuk V.V. 216
Rublevska N.I. 217
Serheta I.V. 219
Shapkina-Markovska A.A. 210
Schetko Y.Yu. 228
Shchokina K. 220
Shevaga V.M. 229
Shkvarok-Lisovenko A. K. 222
Shvets A.V. 223, 224
Spinei L. 228
Stinska T.S. 213
Stupchuk M.S. 225
Sychova I.S. 228
Tarasova Ye.V. 226
Tishchenko I. 220
Toncoglaz M. 228
Tsarenko A.V. 228
Usenko S.A. 216
Usenko S.H. 216
Vygovska O.V. 209
Zadorozhna B.V. 229
Zadorozhnyi A.M. 229
Zaiarskyi M.I. 214
Zemskov S.V. 230
Zinchenko T.I. 208
Аль-Сехлі С.М.А. 267
Андрусишина І.М. 266
Барілка В.А. 232
Білоус О.С. 249
Білоус С.В. 249
Бобко Н.А. 244, 306
Божук Б.С. 266
Брухно Р.П. 289
Виговська О.В. 257
Вольф О.О. 300
Воробйова І.І. 247, 293
Гаркавий С.І. 261
Глевацька М.О. 233
Гнатюк В.В. 235, 237
Гончаренко І.Ф. 291
Горчакова Н.О. ..... 234, 235, ... 237,304
Гунько Н.В. 239
Дема О.В. 261
Дзевульська І.В. 240, 256
Донік О.М. 241
Донцова Д.О. 242
Дружиніна А.О. 244
Дубова О.С. 239
Дюдіна І.О. 245
Дякова О.В. 285
Євтушенко В.В. 269, 291
Живецька-Денисова А.А. .. 247, ... 299
Заболотна І.В. 249
Завгородній І.В. 295
Завгородня Л.В. 250
Зайцев В.В. 251
Зайченко Г.В. 253
Зенкіна В.І. 279
Зубленко О.В. 254, 281
Каліновська В.В. 255
Камінський Р.Ф. 256
Капустін О.О. 295
Кириця Н.С. 257
Клименко О.В. 235, 304
Ковалюк Т.В. 233
Козак Д.О. 253
Козак Н.Д. 253
Козак О.А. 258
Копичко Ю.О. 259
Короткова Н.В. 239
Короленко В.В. 260
Коршун М.М. 261
Костик Х.Я. 232
Кожан Н.Є. 300, 303
Кротова Л.О. 265
Крупка Н.О. 263
Крячкова Л.В. 265
Кудієвський Я.В. .....
Кундієва А.В. 266
Курочка В.В. 267
Ластовецька Л.Д. 233
Лейких С.В. 282
Літовченко О.Л. 268
Лобачова Т.І. 289
Лозова Л.А. 2473 293
Лопушанська О.М. 271
Малиновська М.М. 256
Маліков О. В. 240
Мартіянова Ю.В. 261
Матлан В.Л. 232
Мельник Д.В. 269, 291
Мельченко Ю.В. 282
Мокієнко А.В. 270
Мокрякова М.І. 271
Мохорт Г.А. 273
Найда І.В. 274
Новак В.Л. 232
Новохацька С.М. 282
Огородник А.О. 288
Орєхова О.В. 275
Павліченко О.Ф. 275
Паліброда В.В. 277
Паліброда Н.М. 278
Паустовський Ю.О. 279
Петрусевич Т.В. 254, 281
Полька Н.С. 282
Порошинська І.В. 284
Примак С.В. 232
Процюк Л.О. 285
Прудиус В.В. 286

Creative Commons «Attribution» 4.0

Риган М.М. 289
Римар М.М. 232
Рудницька О.П. 282
Рябова С.В. 268
Савицька С.В. 288
Савицький В.Л. 269
Савченко Н.В. 234, 304
Сайчук К.О. 268
Сергієнко Т.А. 289
Стрєлковська Т.Є. 266
Скалецький Ю.М. 289
Скрипченко Н.Я. 293
Скнар О. 291
Смірнов А.С. 295
Ткаченко В.Б. 293
Толстих О.І. 300
Федоренко В.І. 299
Федоренко Ю.В. 298, 299
Фогель М.С. 254, 273, 281
Харламова А.В. 275
Царенко А.В. 300, 303
Чайка Ю.Г. 302
Чайковська В.В. 300
Чемерис Н.М. 263
Шадрін В.О. 257
Шалай О.О. 232
Шамаєва О.В. 247, 293
Шекера О.Г. 300, 303
Шипко А.Ф. 269
Шумейко О.В. ..... 234, 235, ... 237, 304
Щерба О.А. 233
Яворовський О.П. 289
Яворський Є.Є. 306

Creative Commons «Attribution» 4.0