



Травма

www.mif-ua.com

25
років

Том 26, № 5, 2025

ЦЕНТР ЛІКУВАННЯ СКОЛІОЗУ



AKSAMED
КЛІНІКА СУЧАСНОЇ НЕВРОЛОГІЇ

(044) 390 0055
AKSIMED.UA

Ліцензія МОЗ України: серія АГ № 599054 від 21.11.2011 р.

САМОЛІКУВАННЯ МОЖЕ БУТИ ШКІДЛИВИМ ДЛЯ ВАШОГО ЗДОРОВ'Я

**Міністерство охорони здоров'я України
Донецький національний медичний університет
Науково-дослідний інститут травматології та ортопедії
Асоціація ортопедів-травматологів України**

**Ministry of Health Service of Ukraine
Donetsk National Medical University
Research and Development Institute of Traumatology and Orthopedics
Association of Traumatologist and Orthopedists of Ukraine**

Травма

TRAUMA

Travma

**Спеціалізований рецензований науково-практичний журнал
Заснований у січні 2000 року
Періодичність виходу 6 разів на рік**

Том 26, № 5, 2025

**Specialized reviewed practical scientific journal
Founded in January 2000
Periodicity 6 numbers per year**

Volume 26, № 5, 2025

Включений в наукометричні і спеціалізовані бази даних

Scopus,

**НБУ ім. В.І. Вернадського, «Україніка наукова», «Наукова періодика України»,
Ulrichsweb Global Serials Directory, CrossRef, WorldCat, Google Scholar, ICMJE, SHERPA/RoMEO, BASE,
NLM-catalog, NLM-Locator Plus, EBSCO, OUCI**



Травма

Travma

Спеціалізований рецензований
науково-практичний журнал

Том 26, № 5, 2025

ISSN 1608-1706 (print),
ISSN 2307-1397 (online)



Засновник журналу:
Донецький національний медичний
університет

Адреса редакції:
E-mail: medredactor.vdz@gmail.com
(Тема: До редакції журналу «Травма»)
Телефон: +38 (067) 325-10-26
www.mif-ua.com, https://trauma-journal.com

Електронні адреси для звертань
З питань публікації статей
fedorklimovitskiy@gmail.com
medredactor.vdz@gmail.com

З питань розміщення реклами
та інформації про лікарські засоби
v_iliyna@ukr.net

Журнал внесено до переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук. Наказ МОН України від 26.11.2020 № 1471. Категорія Б.

Рекомендовано до друку та до поширення через мережу Інтернет вченою радою Донецького національного медичного університету, протокол № 10 від 23.10.2025 р.

Реєстрація: ідентифікатор медіа R30-05649. Рішення Національної ради України з питань телебачення та радіомовлення № 3279 від 05.12.2024. Адреса, за якою здійснюється редакційний контроль: Україна, м. Кропивницький, вул. Ю. Коваленка, буд. 4а

Українською та англійською мовами

Формат: 60x84/8. Ум. друк. арк. 12,21.
Тираж 8000 прим. Зам. 2025-trauma-128.

Видавець Заславський О.Ю.
zaslavsky@i.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 2128 від 13.05.2005

Друк: ТОВ «Ландпресс»

Головний редактор

Климовицький Федір Володимирович
(Лиман, Україна)

Заступник головного редактора

Чорний Володимир Сергійович
(Київ, Україна)

Відповідальний секретар

Гузовська М.Д. (Краматорськ, Україна)

Редакційна колегія

Бондаренко С.Є. (Харків, Україна),
Бур'янов О.А. (Київ, Україна),
Головач І.Ю. (Київ, Україна),
Зазірний І.М. (Київ, Україна),
Страфун С.С. (Київ, Україна),
Тяжелов О.А. (Харків, Україна),
Філіпенко В.А. (Харків, Україна),
Чернишова О.Є. (Краматорськ, Україна),
Hagen Schmal (Фрайбург-ім-Брайсгау,
Німеччина),
Robert Smigielski (Варшава, Польща),
Francesco Benazzo (Павія, Італія)

Редакційна рада

Анкін М.Л. (Київ, Україна),
Головаха М.Л. (Запоріжжя, Україна),
Гур'єв С.О. (Київ, Україна),
Климовицький Р.В. (Лиман, Україна),
Король С.О. (Київ, Україна),
Левицький А.Ф. (Київ, Україна),
Піонтковський В.К. (Рівне, Україна),
Сулима В.С. (Івано-Франківськ, Україна),
Сухін Ю.В. (Одеса, Україна),
Філь А.Ю. (Львів, Україна),
Ярмолюк Ю.О. (Київ, Україна)

Редакція не завжди поділяє думку автора публікації. Відповідальність за вірогідність фактів, власних імен та іншої інформації, використаної в публікації, несе автор. Передрук та інше відтворення в якій-небудь формі в цілому або частково статей, ілюстрацій або інших матеріалів дозволені тільки при попередній письмовій згоді редакції та з обов'язковим посиланням на джерело. Усі права захищені.

© Донецький національний медичний університет, 2025
© НДІ травматології та ортопедії Донецького національного медичного університету, 2025
© Заславський О.Ю., 2025

Травма

Travma

Specialized reviewed
practical scientific journal

Volume 26, № 5, 2025

ISSN 1608-1706 (print),
ISSN 2307-1397 (online)



Founder:
**Donetsk National Medical
University**

Editorial office address:
E-mail: medredactor.vdz@gmail.com
(Subject: Editorial board of the «Trauma» Journal)
Tel.: +38 (067) 325-10-26
www.mif-ua.com, <https://trauma-journal.com>

Correspondence addresses
Editorial office address
fedorklimovitskiy@gmail.com
medredactor.vdz@gmail.com

**Advertising and Drug
Promotion Department**
v_iliyna@ukr.net

The journal is included in the list of scientific periodicals of Ukraine, which can publish the results of dissertations on competition of the scientific degrees of doctor and candidate of sciences. Order of the MES of Ukraine dated 26.11.2020 No. 1471. Category B

Recommended for publication and distribution over the Internet by the scientific council of the Donetsk National Medical University, protocol No. 10 dated 23.10.2025

Registration: Media identifier R30-05649. Decision of the National Council of Ukraine on Television and Radio Broadcasting No. 3279 dated December 5, 2024. The address at which the editorial control is carried out: Ukraine, Kropyvnytskyi, Yu. Kovalenka st., 4a

In Ukrainian and English

Folio: 60x84/8. Printer's sheet 12,21.
Circulation 8000. Order 2025-trauma-128.

Publisher Zaslavsky O.Yu.
zaslavsky@i.ua
Publishing entity certificate
ДК № 2128 dated 13.05.2005

Print: Landpress Ltd.

Editor-in-Chief

Klymovytsky Fedir

(Lyman, Ukraine)

Deputy Editor-in-Chief

Chorny Volodymyr

(Kyiv, Ukraine)

Executive Secretary

Huzovska Maria (Kramatorsk, Ukraine)

Editorial Board

Bondarenko S.Y. (Kharkiv, Ukraine),
Burianov O.A. (Kyiv, Ukraine),
Golovach I.Yu. (Kyiv, Ukraine),
Zazirny I.M. (Kyiv, Ukraine),
Strafun S.S. (Kyiv, Ukraine),
Tyazhelov Olexiy (Kharkiv, Ukraine),
Filipenko V.A. (Kharkiv, Ukraine),
Chernyshova O.Y. (Kramatorsk, Ukraine),
Hagen Schmal (Freiburg im Breisgau, Germany),
Robert Smigielski (Warszawa, Poland),
Francesco Benazzo (Pavia, Italia)

Editorial Council

Ankin M.L. (Kyiv, Ukraine),
Golovaha M.L. (Zaporizhzhia, Ukraine),
Guryev S.O. (Kyiv, Ukraine),
Klymovytsky R.V. (Lyman, Ukraine),
Korol S.O. (Kyiv, Ukraine),
Levitsky A.F. (Kyiv, Ukraine),
Piontkovsky V.K. (Rivne, Ukraine),
Sulyma V.S. (Ivano-Frankivsk, Ukraine),
Sukhin Y.V. (Odesa, Ukraine),
Fil A.Y. (Lviv, Ukraine),
Yarmoliuk Y.O. (Kyiv, Ukraine)

The editorial board not always shares the author's opinion. The author is responsible for the significance of the facts, proper names and other information used in the paper. No part of this publication, pictures or other materials may be reproduced or transmitted in any form or by any means without permission in writing form with reference to the original. All rights reserved.

© Donetsk National Medical University, 2025
© Research and Development Institute of Traumatology and Orthopedics of Donetsk National Medical University, 2025
© Zaslavsky O.Yu., 2025

Зміст

Оригінальні дослідження

- Герасименко С.І., Гужевський І.В.,
Герасименко А.С., Бабко А.М.,
Полулях Д.М., Ярош Д.С., Громадський В.В.
Особливості перебігу післяопераційного
періоду у військовослужбовців
при небойових ушкодженнях хряща
та менісків колінного суглоба 6
- Попелнуха А., Дмитрієв Д.
Прогнозування хронічного болю
після тяжких ран за допомогою штучного
інтелекту: пілотне відкрите дослідження.... 14
- Лоскутов О.Є., Олійник О.Є., Лоскутов О.О.,
Синегубов Д.А., Кисілевський Д.О.
Медикаментозна корекція набряку
у пацієнтів після тотального
ендопротезування колінного суглоба 20
- Бондаренко С.Є., Ватаманіца Д.Б.,
Карпінська О.Д., Козлова Т.В., Бузницький Р.І.
Аналіз функціонального стану пацієнтів
з переломами кульшової западини
після ендопротезування в різні терміни
після травми..... 26
- Рушай А.К., Кучин Ю.Л.
Однотимчасне лікування дефектів
великогомілкової кістки та дефектів м'яких
тканин з використанням дистракційного
остеогенезу 35
- Боскіна М.Г., Пелипенко О.В.
Морфологічні особливості синовіальної
оболонки при травматичних ушкодженнях
колінного суглоба у пацієнтів
із метаболічними порушеннями 40
- Сокрут М.В., Климовицький Ф.В.,
Сокрут В.М., Литвинова О.В.,
Сокрут О.П., Муллахметов А.Г.
Гомеокінетична класифікація міопатій 49

Contents

Original Researches

- S.I. Gerasymenko, I.V. Huzhevskiy,
A.S. Gerasymenko, A.M. Babko,
D.M. Poluliah, D.S. Yarosh, V.V. Hromadskiy
Features of the postoperative period
in military personnel
with non-combat injuries
of the knee joint cartilage and menisci 6
- A. Popelnukha, D. Dmytriiev
AI-driven prediction
of chronic pain after severe wounds:
a pilot open-label study 14
- O.E. Loskutov, O.E. Oliynyk, O.O. Loskutov,
D.A. Sinigubov, D.O. Kysilevskiy
Drug correction of edema
in patients after total knee
arthroplasty 20
- S.Ye. Bondarenko, D.B. Vatamanitsa,
O.D. Karpinska, T.V. Kozlova, R.I. Buznytskyi
Analysis of the functional state
of patients with acetabular fractures
after arthroplasty at various times
after injury 26
- A.K. Rushai, Y.L. Kuchyn
Simultaneous treatment
of tibial defects and soft tissue
defects using distraction
osteogenesis 35
- M.H. Boskina, O.V. Pelypenko
Morphological features
of synovial membrane
in traumatic knee injuries
in patients with metabolic disorders..... 40
- M.V. Sokrut, F.V. Klymovytskyi,
V.M. Sokrut, O.V. Lytvynova,
O.P. Sokrut, A.G. Mullakhmetov
Homeokinetic classification of myopathy 49

Чорна В.В., Хлєстова С.С.,
Гринзовський А.М., Калашченко С.І.,
Коцур О.С., Рибінський М.В.

Вплив повномасштабної війни на динаміку
захворюваності та стан громадського
здоров'я в Україні 58

Нехлопочин О.С., Орешкович Д.,
Вербов В.В.

Еволюція хірургічної стабілізації
травматичних ушкоджень
грудопоперекового відділу хребта:
біомеханічний і клінічний погляд 70

Бондаренко С.Є., Висоцький О.В.

Сучасний підхід до профілактики венозних
тромбоемболічних ускладнень у хворих
до та після операції ендопротезування
кульшового суглоба 81

Гур'єв С.О., Кушнір В.А.,
Гаріян С.В., Цибульський О.С.

Клініко-анатомічна структура дефектів
довгих кісток у віковому аспекті 89

Огляд

Карпінська О.Д., Дацок О.М.,
Палкін Б.В., Пенделя А.А.

Штучний інтелект у медичних наукових
дослідженнях 96

Ювілеї

Вітаємо з ювілеєм! 103

Вітаємо з ювілеєм! 105

V.V. Chorna, S.S. Khlietova,
A.M. Hrynzovskyi, S.I. Kalashchenko,
O.S. Kotsur, M.V. Rybinskyi

The impact of full-scale war
on disease dynamics
and public health in Ukraine 58

O.S. Nekhlopochny, D. Orešković,
V.V. Verbov

Evolution of surgical stabilization
techniques for thoracolumbar
spine injuries: a biomechanical
and clinical perspective 70

S.Ye. Bondarenko¹, O.V. Vysotskyi

Modern approach to the prevention
of venous thromboembolic
complications in patients before
and after hip arthroplasty 81

S.O. Guryev, V.A. Kushnir,
S.V. Hariyan, O.S. Tsybulsky

Clinical and anatomical structure of long
bone defects in terms of age aspect 89

Reviews

O.D. Karpinska, O.M. Datsok,
B.V. Palkin, A.A. Pendelya

Artificial intelligence
in medical research 96

Jubilee

Happy anniversary! 103

Happy anniversary! 105

Герасименко С.І., Гужевський І.В., Герасименко А.С., Бабко А.М., Полулях Д.М.,
Ярош Д.С., Громадський В.В.

Державна установа «Інститут травматології та ортопедії НАМН України», м. Київ, Україна

Особливості перебігу післяопераційного періоду у військовослужбовців при небойових ушкодженнях хряща та менісків колінного суглоба

Резюме. Мета дослідження: оцінити особливості перебігу післяопераційного періоду у військовослужбовців з небойовими ушкодженнями внутрішньосуглобових структур колінного суглоба. **Матеріали та методи.** Проведено аналіз 52 артроскопічних втручань у 21 військовослужбовця (група А) та 31 цивільної особи (група Б). Оцінка функціонального стану здійснювалась за шкалами KSS, BASI, тестом Ловетта та гоніометрією. Встановлено, що військовослужбовці мали більш тяжкі ушкодження хряща (Outerbridge 3–4-го ступеня), гірші показники KSS у старших вікових групах та нижчий відсоток результатів категорії «чудово» порівняно з цивільними пацієнтами. **Результати.** В обох групах відмічене вірогідне поліпшення післяопераційних показників, особливо у зменшенні болю та відновленні амплітуди рухів. **Висновки.** Результати свідчать про необхідність розширення спектра реабілітаційних заходів та застосування регенеративних технологій у військових для оптимізації відновлення функції колінного суглоба.

Ключові слова: колінний суглоб; військовослужбовці; артроскопія; хондромаліяція; меніск; післяопераційний період; Knee Society Score

Вступ

Відомо, що військовослужбовців, особливо професійних, слід розглядати як елітних спортсменів, оскільки їх місія пов'язана з суворими фізичними вимогами, часто протягом багаторічної кар'єри [1–3]. Численні дослідження продемонстрували, що серед цієї унікальної групи населення частота травм колінних суглобів (КС) у 10 разів вища, ніж серед населення загалом, та становить 49 % усіх ушкоджень опорно-рухового апарату [3–6], що є одним з чинників погіршення боєздатності війська. Крім того, надмірні навантаження на КС при виконанні бойових та небойових завдань не тільки є самостійним чинником болю КС, а й можуть призводити до болю через загострення наявного остеоартриту колінного суглоба, який у військових, які займалися військово-тактичним спортом, становить 16,7 на 1000 для жінок та 12,7 на 1000 для чоловіків [7–9].

Слід враховувати, що більшість закритих травм КС при інтенсивних фізичних навантаженнях, зокрема у військовослужбовців, — це поєднання дії ротаційної та прямої вертикальної сили, внаслідок чого не тільки пошкоджуються окремі внутрішньосуглобові анатомічні структури, а й руйнуються різні шари хряща у вертикальному напрямку [10]. Такі стани складно діагностувати своєчасно навіть у цивільних, а якщо їх запізно помітити, то може розвинутися більш серйозне ураження хряща до утворення тріщин, що потім переростає в дефект на всю товщину хряща з необхідністю більш агресивного і тривалого лікування, та можлива інвалідизація військовослужбовців. Пацієнти, які звертаються до ортопеда через біль у суглобах після незначних травм або без явного травматичного анамнезу, найчастіше проходять обстеження на МРТ [11]. Якщо на МРТ нічого не виявлено, пацієнтам зазвичай призначають фізіотерапію, а при неефективності достат-



Рисунок 1. Діаграма розподілу хворих за типами ушкодження

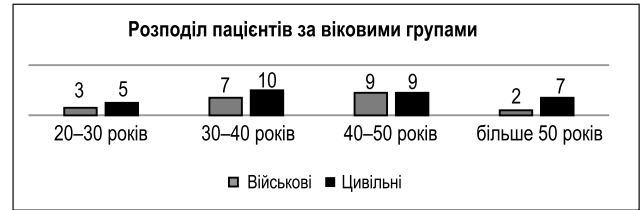


Рисунок 2. Діаграма розподілу пацієнтів за віковими групами

ньо тривалого лікування наступним кроком є артроскопія, навіть якщо МРТ не виявляє явної патології [12, 13]. Безумовно, від вихідного стану суглобового хряща (СХ) буде залежати перебіг післяопераційного періоду та його тривалість. Оскільки СХ має обмежені регенеративні можливості та на сьогодні жодна технологія повністю не відповідає вимогам щодо ефективного відновлення СХ [14–17], актуальною залишається потреба у вивченні особливостей клінічних проявів, перебігу післяопераційного періоду, визначенні термінів та обсягів відновного лікування військовослужбовців з ушкодженням внутрішньосуглобових структур колінного суглоба.

Мета роботи: оцінити особливості перебігу післяопераційного періоду у військовослужбовців з наслідками небойових травматичних ушкоджень внутрішньосуглобових структур колінного суглоба.

Матеріал та методи

Проведено клінічні спостереження 21 хворого військовослужбовця з небойовими травматичними ушкодженнями внутрішньосуглобових структур КС (досліджувана група) та 31 цивільного хворого з ушкодженнями внутрішньосуглобових структур КС (контрольна група). За цей час виконано 52 артроскопічних втручання, з них 44 хворим з ушкодженням менісків та хондромалією; 5 хворим з ушкодженням передньої хрестоподібної зв'язки (ПХЗ) (рис. 1); 3 хворим після артроскопічного лікування у подальшому було виконано тотальне ендопротезування колінного суглоба. Вік пацієнтів коливався від 21 до 57 років (середній вік 36 ± 15 років) (рис. 2).

Отримані нами дані оцінювали за допомогою шкали Knee Society Score, яка ґрунтується на оцінці стану КС та його функції (додаток А, онлайн-калькулятор

шкали за посиланням <https://orthotoolkit.com/knee-society-score/>): за відсутності патологічних змін КС оцінюється в 100 балів, за наявності патологічних змін у КС кількість балів зменшується. Результат вважається чудовим, якщо кількість балів коливається від 100 до 85, хорошим — від 84 до 70, помірним — від 69 до 60 та незадовільним при менше ніж 60. Зазначену шкалу можна зіставити з загальноприйнятою системою оцінки результатів (добре, задовільно, незадовільно):

— добрий результат — хворий не відчуває болю як у спокої, так і при навантаженні, може бути незначний біль під час тривалої ходьби, кінцівка опороздатна, можлива ходьба без додаткової опори або з опорою на палицю під час тривалої ходьби, накульгування відсутнє, вісь кінцівки правильна, суглоб стабільний, обсяг рухів у колінному суглобі — 100° і більше (розгинання — 180° , згинання до кута 80° і більше), що відповідає 100–85 балам;

— задовільний результат — періодичний біль у спокої і під час помірної ходьби на невелику відстань, користування додатковою опорою на палицю за межами квартири, кінцівка опороздатна, порушення осі кінцівки не перевищує 10° у фронтальній площині, обсяг рухів у колінному суглобі обмежений від 100 до 70° (розгинання — 180° – 170° , згинання — до кута 100° – 80°), що відповідає 84–60 балам;

— незадовільний результат — наявність постійного болю в спокої, який збільшується при навантаженні, хворий постійно користується додатковою опорою під час ходьби, особливо сходами; відхилення осі у фронтальній площині більше ніж на 10° , наявність згинальної контрактури більше 10° , обсяг рухів у колінному суглобі менше 70° , що відповідає 59 балам і менше.

Магнітно-резонансну томографію виконували на апараті при індукції магнітного поля не нижче 1,5 Тл

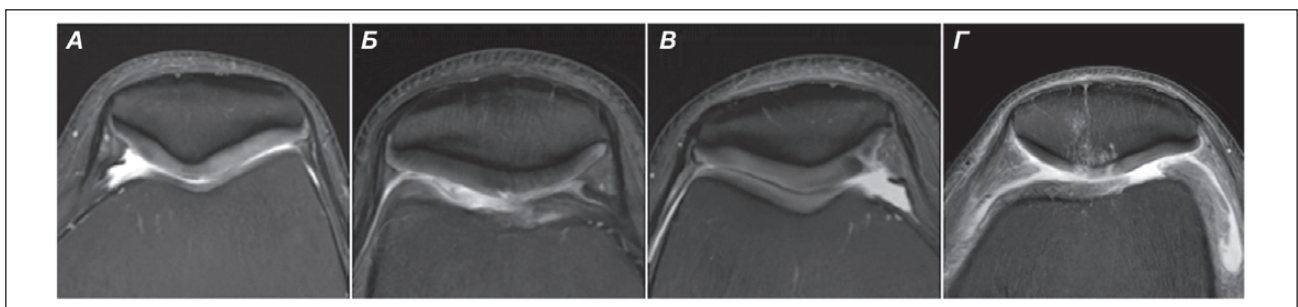


Рисунок 3. Фрагмент МРТ колінного суглоба. Хондромалія за Outerbridge: А — 1-го ступеня; Б — 2-го ступеня; В — 3-го ступеня; Г — 4-го ступеня

з використанням спеціальної поверхневої котушки для колінного суглоба в сагітальній, корональній та аксіальній проєкціях. З метою оцінки стану СХ користувались градацією хондромалії за Outerbridge (рис. 3), при цьому отримані результати порівнювали з візуальними даними, отриманими під час артроскопії КС.

Пацієнтам обох груп виконувалася діагностично-лікувальна артроскопія ураженого КС.

Статистична обробка даних здійснювалася в програмі Statistica 12.0. Враховуючи ненормальний розподіл даних, який оцінювали методом Шапіро — Уїлка, для попарного порівняння груп використовували ранговий метод Вілкоксона, для пошуку кореляцій застосовували кореляційний аналіз Спірмена, для оцінки різниці в розподілі частот використовували хі-квадрат Пірсона. Вірогідною вважалася різниця між групами при досягненні рівня значущості $p < 0,05$.

Результати та обговорення

У післяопераційному періоді серед військовослужбовців відмічається поліпшення амплітуди рухів у групі зі значними обмеженнями рухів, зростання кількості військовослужбовців у групі з помірними обмеженнями рухів, відбувається поліпшення результатів гоніометрії з переходом у попередню групу за обмеженням рухів, що свідчить про позитивний вплив хірургічного втручання на відновлення обсягу рухів у КС (табл. 1).

Аналогічна тенденція спостерігалась і в групі цивільних (табл. 2).

У групі військовослужбовців проведено кореляційний аналіз за Спірменом показників залежно від віку із обмеженням рухів за результатами гоніометрії. Пацієнти старших вікових груп мали вірогідний зв'язок між віком та ступенем обмеження рухів ($r = 0,53$; $p < 0,05$). Пацієнти групи військовослужбовців мали вірогідно відмінні результати за даними тесту Вілкоксона

($p\text{-value} = 0,011719$) та за Т-тестом ($t = 2,9$; $p = 0,07$) у післяопераційному періоді.

У групі цивільних проведено кореляційний аналіз за Спірменом показників залежності віку із обмеженням рухів за результатами гоніометрії. Пацієнти старших вікових груп мали вірогідний зв'язок між віком та ступенем обмеження рухів ($r = 0,46$; $p < 0,05$). Пацієнти групи цивільних мали вірогідно відмінні результати за даними тесту Вілкоксона ($p\text{-value} = 0,017961$) та за Т-тестом ($t = 2,76$; $p = 0,07$) у післяопераційному періоді.

У групі військовослужбовців проведено кореляційний аналіз за Спірменом показників залежності результатів мануального м'язового тесту Ловетта від віку (табл. 3).

Кореляційний аналіз за Спірменом показників віку із результатами мануального м'язового тесту Ловетта також проведений у контрольній групі (табл. 4).

У пацієнтів усіх вікових груп не виявлено вірогідного зв'язку між віком та показниками за тестом Ловетта ($r = 0,02$; $p > 0,05$). Пацієнти групи військовослужбовців мали вірогідно відмінні результати за даними тесту Вілкоксона ($p\text{-value} = 0,010594$) та за Т-тестом ($t = 2,5$; $p = 0,02$) у післяопераційному періоді.

У групі військовослужбовців проведено кореляційний аналіз за Спірменом показників залежності віку із показниками за ВАШ. У пацієнтів усіх вікових груп не виявлено вірогідного зв'язку між віком та показниками за ВАШ ($r = 0,27$; $p > 0,05$). Військовослужбовці мали вірогідно відмінні результати за даними тесту Вілкоксона ($p\text{-value} = 0,000196$) та за Т-тестом ($t = 6,5$; $p = 0,000002$) у післяопераційному періоді. У групі цивільних пацієнтів усіх вікових груп не виявлено вірогідного зв'язку між віком та показниками за ВАШ ($r = 0,27$; $p > 0,05$). Пацієнти групи цивільних мали вірогідно відмінні результати за даними тесту Вілкоксона ($p\text{-value} = 0,000074$) та за Т-тестом ($t = 5,6$; $p = 0,000002$) у післяопераційному періоді.

Таблиця 1. Результати гоніометрії у групі військовослужбовців, $n = 21$

Вікова група, років	20–30	30–40	40–50	> 50	20–30	30–40	40–50	> 50
Обмеження рухів	До операції, n (%)				Після операції, n (%)			
Незначне	3 (14,3)	5 (23,8)	6 (28,6)	–	3 (14,3)	7 (33,6)	8 (38,4)	2 (9,6)
Помірне	–	1 (4,8)	2 (9,6)	1 (4,8)	–	–	1 (4,8)	–
Значне	–	1 (4,8)	1 (4,8)	1 (4,8)	–	–	–	–

Таблиця 2. Результати гоніометрії у групі цивільних, $n = 31$

Вікова група, років	20–30	30–40	40–50	> 50	20–30	30–40	40–50	> 50
Обмеження рухів	До операції, n (%)				Після операції, n (%)			
Незначне	5 (16)	3 (9,6)	2 (6,4)	3 (9,6)	5 (16)	7 (22,4)	5 (16)	6 (19,2)
Помірне	–	7 (22,4)	2 (6,4)	2 (6,4)	–	3 (9,6)	2 (3,2)	1 (3,2)
Значне	–	–	5 (16)	3 (9,6)	–	–	2 (3,2)	–

Результати оцінки за ВАШ свідчать про позитивну динаміку у зменшенні болю після операцій, особливо у групі цивільних, серед яких значна частина не відмічає больових відчуттів. У пацієнтів з групи військових спостерігається зменшення больового синдрому в післяопераційному періоді, проте практично у всієї групи залишається больовий синдром різної інтенсивності. Наведені результати можуть вказувати на потребу в додаткових лікувальних заходах з метою стимуляції репаративних процесів у цієї групи хворих.

При оцінці за схемою KSS пацієнтів з групи цивільних спостерігались значні поліпшення за результатами тесту у категорії «чудово». За даними пацієнтів з групи військових, отримано більше задовільних оцінок, але також відмічається зменшення незадовільних результатів після операції. Основним результатом є те, що в обох групах демонструються поліпшення у післяопераційному періоді, хоча цивільні пацієнти мають більш значні результати в категорії «чудово». Це може свідчити про різну специфіку відновлення військових та цивільних осіб (табл. 5, 6).

Таблиця 3. Результати проведеного мануального м'язового тестування у групі військовослужбовців, n = 21

Вікова група, років	20–30	30–40	40–50	> 50	20–30	30–40	40–50	> 50
Сила м'язів	До операції, n (%)				Після операції, n (%)			
M5	2 (9,6)	5 (23,8)	6 (28,6)	1 (4,8)	2 (9,6)	–	1 (4,8)	–
M4	1 (4,8)	2 (9,6)	3 (14,3)	1 (4,8)	1 (4,8)	7 (33,6)	3 (14,3)	–
M3	–	–	–	–	–	–	5 (23,8)	2 (9,6)
M2	–	–	–	–	–	–	–	–
M1	–	–	–	–	–	–	–	–

Таблиця 4. Результати проведеного мануального м'язового тестування у групі цивільних, n = 31

Вікова група, років	20–30	30–40	40–50	> 50	20–30	30–40	40–50	> 50
Сила м'язів	До операції, n (%)				Після операції, n (%)			
M5	5 (16)	6 (19,2)	9 (28,8)	1 (3,2)	4 (12,8)	7 (22,8)	6 (19,2)	–
M4	–	4 (12,8)	1 (3,2)	1 (3,2)	1 (3,2)	3 (9,6)	4 (12,8)	2 (6,4)
M3	–	–	–	–	–	–	–	–
M2	–	–	–	–	–	–	–	–
M1	–	–	–	–	–	–	–	–

Таблиця 5. Оцінка військовослужбовців за Knee Society Score, n = 21

Вікова група, років	20–30	30–40	40–50	> 50	20–30	30–40	40–50	> 50
Стан за KSS (частина 1)	До операції, n (%)				Після операції, n (%)			
Чудовий	–	–	–	–	2 (9,6)	3 (14,3)	1 (4,8)	–
Хороший	2 (9,6)	3 (14,3)	2 (9,6)	–	1 (4,8)	4 (19,2)	3 (14,3)	–
Задовільний	1 (4,8)	4 (19,2)	4 (19,2)	1 (4,8)	–	–	5 (24)	1 (4,8)
Незадовільний	–	–	3 (14,3)	1 (4,8)	–	–	–	1 (4,8)

Таблиця 6. Оцінка цивільних за Knee Society Score, n = 31

Вікова група, років	20–30	30–40	40–50	> 50	20–30	30–40	40–50	> 50
Стан за KSS (частина 1)	До операції, n (%)				Після операції, n (%)			
Чудовий	–	–	–	–	5 (16)	6 (19,2)	2 (6,4)	–
Хороший	4 (12,8)	7 (22,4)	5 (16)	3 (9,6)	–	3 (9,6)	5 (16)	5 (16)
Задовільний	1 (3,2)	3 (9,6)	4 (12,8)	4 (12,8)	–	1 (3,2)	2 (6,4)	2 (6,4)
Незадовільний	–	–	–	–	–	–	–	–

При проведенні кореляційного аналізу за Спірменом показників залежності віку із показниками шкали KSS у військовослужбовців всіх вікових груп виявлено вірогідний обернений зв'язок між віком та показниками шкали KSS ($r = -0,52$; $p < 0,05$). Пацієнти групи військовослужбовців мали вірогідно відмінні результати за даними тесту Вілкоксона ($p\text{-value} = 0,0004$) та за Т-тестом ($t = -6,6$; $p = 0,000002$) у післяопераційному періоді.

Серед цивільних у всіх вікових групах не виявлено вірогідного оберненого зв'язку між віком та показниками шкали KSS ($r = -0,26$; $p > 0,05$). Пацієнти групи цивільних мали вірогідно відмінні результати за даними тесту Вілкоксона ($p\text{-value} = 0,000008$) та за Т-тестом ($t = -7,5$; $p = 0,000002$) у післяопераційному періоді.

При порівнянні пов'язаних вибірок до та після операції показники вірогідно відрізняються у досліджуваній та контрольній групах за даними тесту Вілкоксона та Т-тестом. За критерієм гоніометрії отримано вірогідний

результат ($p\text{-value} = 0,011719$; $t = 2,9$; $p = 0,07$) у групі дослідження та у контрольній групі ($p\text{-value} = 0,05062$; $t = 3,5$; $p = 0,001$). За тестом Ловетта отримано вірогідний результат ($p\text{-value} = 0,010594$; $t = 2,5$; $p = 0,02$) у групі дослідження та у контрольній групі ($p\text{-value} = 0,05062$; $t = 3,5$; $p = 0,001$). За критерієм ВАШ отримано вірогідний результат ($p\text{-value} = 0,000196$; $t = 6,5$; $p = 0,000002$) у групі дослідження та у контрольній групі ($p\text{-value} = 0,000074$; $t = 5,6$; $p = 0,000002$). За критерієм KSS отримано вірогідний результат ($p\text{-value} = 0,0004$; $t = -6,6$; $p = 0,000002$) у досліджуваній групі та у контрольній групі ($p\text{-value} = 0,000008$; $t = -7,5$; $p = 0,000002$).

Для пошуку кореляцій використовувався ранговий метод Спірмена. Вірогідний зв'язок за групами позначений жирним шрифтом (табл. 7–9).

При пошуку зв'язків виявлена вірогідна кореляція між показниками віку пацієнтів та показниками ВАШ у досліджуваних групах. Вірогідна кореляція між показника-

Таблиця 7. Результати Spearman Rank Order Correlations (base in base) для обох груп

Показники	Spearman Rank Order Correlations (base in base)				
	Вік	ВАШ, бали	Гоніометрія (обмеження), бали	KSS, бали	Тест Ловетта
Вік					
ВАШ, бали	0,343829				
Гоніометрія (обмеження), бали	0,148830	0,229031			
KSS, бали	0,502271	-0,293146	-0,530202		
Тест Ловетта	-0,334065	-0,046742	-0,107472	0,466073	

Таблиця 8. Результати Spearman Rank Order Correlations (base in base) для контрольної групи

Показники	Spearman Rank Order Correlations (base in base)			
	ВАШ, бали	Гоніометрія (обмеження), бали	KSS, бали	Тест Ловетта
Досліджувана група				
Хондромаліяція	0,186367	-0,408182	-0,159922	0,188432
Контрольна група				
Хондромаліяція	0,028903	-0,036079	-0,201875	-0,442330

Таблиця 9. Результати Spearman Rank Order Correlations (base in base) кореляції пошкодження внутрішньосуглобових структур в обох групах

Показники	Spearman Rank Order Correlations (base in base)				
	Вік	ВАШ, бали	Гоніометрія (обмеження), бали	KSS, бали	Тест Ловетта
Вік					
ВАШ, бали	0,446604				
Гоніометрія (обмеження), бали	0,503842	0,269328			
KSS, бали	0,461122	-0,137747	-0,691072		
Тест Ловетта	-0,296892	0,092008	-0,294608	0,353522	

Таблиця 10. Розподіл пацієнтів за класифікацією Outerbridge до та після оперативного втручання

Ступінь за Outerbridge	Військові, n = 21		Цивільні, n = 31	
	До операції (за даними МРТ)	Після операції	До операції (за даними МРТ)	Після операції
Без хондромалії	7	7	11	11
1-й ступінь	–	–	–	–
2-й ступінь	7	7	17	17
3-й ступінь	5	5	2	2
4-й ступінь	2	2	1	1

ми віку та обмеження рухів відмічається в обох групах пацієнтів. Вірогідна обернена кореляція між показниками ВАШ та результатами за KSS відмічається в обох групах пацієнтів ($r = -0,29$; $p < 0,05$).

Вірогідна обернена кореляція між показниками гоніометрії та результатами за KSS відмічається в обох групах пацієнтів ($r = -0,53$; $p < 0,05$). Вірогідна кореляція між показниками тесту Ловетта та результатами за KSS відмічається в обох групах пацієнтів ($r = 0,46$; $p < 0,05$).

Вік пацієнтів мав вірогідну обернену кореляцію з функціональним станом суглоба за шкалою KSS у групі військовослужбовців ($r = -0,52$; $p < 0,05$), а обернена кореляція у контрольній групі відсутня ($r = -0,26$; $p < 0,05$). У військовослужбовців усіх вікових груп не виявлений вірогідний обернений зв'язок між віком та показниками гоніометрії ($r = 0,18$; $p > 0,05$), а також між віком та показниками шкали KSS ($r = 0,18$; $p > 0,05$).

У групі цивільних серед пацієнтів усіх вікових груп не виявлено вірогідного оберненого зв'язку між віком та показниками шкали KSS ($r = -0,20$; $p > 0,05$), але виявлено вірогідний обернений зв'язок між віком та показниками ВАШ ($r = -0,44$; $p < 0,05$).

За даними МРТ серед військовослужбовців порівняно з цивільними особами спостерігалась більша кількість пацієнтів із пошкодженням СХ 3–4-го ступеня за Outerbridge та відповідність інтраопераційних знахідок даним МРТ (табл. 10).

У групі порівняння також спостерігається хондромалія, проте більшість пацієнтів мала нижчі ступені пошкодження хряща (2-й ступінь за Outerbridge).

Висновки

- 1. Незалежно від віку у військовослужбовців з небойовими ураженнями колінного суглоба спостерігаються тяжчі ушкодження суглобового хряща, ніж у цивільних, що є найбільш імовірною причиною меншої кількості функціональних результатів у категорії «чудово».
- 2. У військовослужбовців з небойовими ураженнями колінного суглоба виявлена обернена залежність між віком та показниками шкали KSS, тобто чим більший вік військовослужбовців, тим гірші показники KSS.
- 3. В обох групах спостерігається поліпшення у післяопераційному періоді, хоча цивільні пацієнти мають більшу кількість функціональних результатів у категорії «чудово», що також може свідчити про різну специфіку відновлення функції КС у військових та цивільних осіб.
- 4. Менша кількість функціональних результатів у категорії «чудово» у військовослужбовців при небойових ушкодженнях хряща та менісків колінного суглоба є підставою для розширення діапазону лікувальних заходів та термінів відновного лікування у післяопераційному періоді за рахунок сучасних регенеративних технологій.

Додаток А. Knee Society Score

Частина 1. Оцінка колінного суглоба	Частина 2. Оцінка функції
Біль Немає (50) Помірний/епізодичний (45) Помірний (тільки сходи) (40) Помірний (ходьба та сходи) (30) Помірний (час від часу) (20) Помірний (постійний) (10) Високий (0)	Ходьба Необмежена (50) > 10 кварталів (40) 5–10 кварталів (30) < 5 кварталів (20) Домашній режим (10) Неможлива (0)

Закінчення додатка А

Загальний діапазон згинання			Ходьба сходами
0–5 (1) 6–10 (2) 11–15 (3) 16–20 (4) 21–25 (5) 26–30 (6) 31–35 (7) 36–40 (8) 41–45 (9)	46–50 (10) 51–55 (11) 56–60 (12) 61–65 (13) 66–70 (14) 71–75 (15) 76–80 (16) 81–85 (17) 86–90 (18)	91–95 (19) 96–100 (20) 101–105 (21) 106–110 (22) 111–115 (23) 116–120 (24) 121–125 (25)	Спуск/підйом у нормі (50) Підйом з поручнями (40) Спуск/підйом з поручнями (30) Підйом з поручнями/спуск неможливий (15) Неможлива (0)
Згинальна контрактура (за наявності) 5–10 (–2) 10–15 (–5) 16–20 (–10) > 20 (–15)	Стабільність (максимальний рух у будь-якому положенні) Передньозадній (мм) < 5 (10) 5–10 (5) 10+ (0) Медіолатеральний (мм) < 5 (15) 6–9 (10) 10–14 (5)	Допоміжні засоби для ходьби, що використовуються Не використовуються (0) Використання палиці/тростини (–5) Дві палиці/тростини (–10) Милиці або ходунки (–20)	
Вісь (варус і вальгус)			Остаточна оцінка колінного суглоба за KSS
0 (–15) 1 (–12) 2 (–9) 3 (–6) 4 (–3) 5–10 (0)	11 (–3) 12 (–6) 13 (–9) 14 (–12) 15 (–15) Більше 15 (–20)		Відмінно (80–100) Добре (70–79) Задовільно (60–69) Погано (< 60)

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів та власної фінансової зацікавленості при підготовці даної статті.

Список літератури

1. Hill OT, Bulathsinhala L, Scofield DE, Haley TF, Bernasek TL. Risk Factors for Soft Tissue Knee Injuries in Active Duty U.S. Army Soldiers, 2000–2005. *Military Medicine*. 2013;178(6):676-682. <https://doi.org/10.7205/MILMED-D-13-00049>.
2. Lovalekar M, et al. Musculoskeletal injuries in military personnel — Descriptive epidemiology, risk factor identification, and prevention. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2021;24(10):963-969. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2021.03.016>.
3. Sammito S, Hadzic V, Karakolis T, Kelly KR, Proctor SP, Stephens A, et al. Risk factors for musculoskeletal injuries in the military: a qualitative systematic review of the literature from the past two decades and a new prioritizing injury model. *Mil Med Res*. 2021 Dec 10;8(1):66. doi: 10.1186/s40779-021-00357-w. PMID: 34886915; PMCID: PMC8662851.
4. Haley CA, Posner MA. Knee Injuries in the Military. *J Knee Surg*. 2019 Feb;32(2):117. doi: 10.1055/s-0038-1677014. Epub 2019 Feb 5. PMID: 30722081.
5. Donohue MA, Zhou L, Haley CA. Meniscus Injuries in the Military Athlete. *J Knee Surg*. 2019 Feb;32(2):123-126. doi: 10.1055/s-0038-1676959. Epub 2019 Jan 10. PMID: 30630210.
6. Talbot LA, Brede E, Price MN, et al. Self-Managed Strength Training for Active Duty Military with a Knee Inju-

ry: A Randomized Controlled Pilot Trial. *Military Medicine*. 2019 Jul-Aug;184(7-8):e174-e183. <https://doi.org/10.1093/milmed/usv347>.

7. Smith BE, Selfe J, Thacker D, Hendrick P, Bateman M, Moffatt S, et al. Incidence and prevalence of patellofemoral pain: a systematic review and meta-analysis. *PLoS ONE*. 2018;13:e0190892. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190892>.
8. D'Ambrosi C, Cazzaniga D, Bresciani E, Clarke J. Anterior Knee Pain: State of the Art. *Sports Med-Open*. 2022;8:98. <https://doi.org/10.1186/s40798-022-00488-x>.
9. Golightly YM, Shiue KY, Nocera M, Guermazi A, Cantrell J, Renner JB, et al. Association of Traumatic Knee Injury With Radiographic Evidence of Knee Osteoarthritis in Military Officers. *Arthritis Care Res*. 2023;75:1744-1751. <https://doi.org/10.1002/acr.25072>.
10. Robson K, Pope R, Orr R. Incidence and Risk Factors for Acute Articular Cartilage Tears in Military and Other Occupational Settings: A Systematic Review. *Healthcare (Basel)*. 2024 Mar 6;12(5):595. doi: 10.3390/healthcare12050595. PMID: 38470706; PMCID: PMC10931416.
11. Chien A, Weaver JS, Kinne E, Omar I. Magnetic resonance imaging of the knee. *Pol J Radiol*. 2020 Sep 11;85:e509-e531. doi: 10.5114/pjr.2020.99415. PMID: 33101555; PMCID: PMC7571514.
12. Mansour M, Abboud Y, Alhaffar MAA, Souliman O, Haffar M, Mustafa Y, et al. Chondral delamination of the knee and its management: a case report and review article. *BMC Surg*. 2022 Aug 29;22(1):325. doi: 10.1186/s12893-022-01775-w. PMID: 36038865; PMCID: PMC9422128.

13. Bump JM, Lewis L. Patellofemoral Syndrome. 2023 Feb 13. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. 2024 Jan—. PMID: 32491589.

14. Roseti L, Cavallo C, Desando G, D'Alessandro M, Grigolo B. Forty Years of the Use of Cells for Cartilage Regeneration: The Research Side. *Pharmaceutics*. 2024 Dec 22;16(12):1622. doi: 10.3390/pharmaceutics16121622. PMID: 39771600; PMCID: PMC11677864.

15. Brittberg M. Treatment of knee cartilage lesions in 2024: From hyaluronic acid to regenerative medicine. *J Exp Orthop*. 2024 Apr 2;11(2):e12016. doi: 10.1002/jeo2.12016. PMID: 38572391; PMCID: PMC10985633.

16. Rivero-Santana A, Torrente-Jiménez RS, Perestelo-Pérez L, Torres-Castaño A, Ramos-García V, Bilbao A, et al. Effectiveness of a decision aid for patients with knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. *Osteoarthritis Cartilage*. 2021 Sep;29(9):1265-1274.

17. Im GI, Henrotin Y. Regenerative medicine for early osteoarthritis. *Ther Adv Musculoskelet Dis*. 2023 Sep 6;15:1759720X231194813. doi: 10.1177/1759720X231194813. PMID: 37694184; PMCID: PMC10486218.

Отримано/Received 01.07.2025

Рецензовано/Revised 08.08.2025

Прийнято до друку/Accepted 20.08.2025

Information about authors

S.I. Gerasymenko, MD, PhD, DSc, Professor, Head of the Department of Joint Diseases in Adults, SI "Institute of Traumatology and Orthopedics of the NAMS of Ukraine", Kyiv, Ukraine; <https://orcid.org/0000-0002-6378-1196>

I.V. Huzhevskiy, PhD in Medicine, Senior Researcher of the Department of Joint Diseases in Adults, SI "Institute of Traumatology and Orthopedics of the NAMS of Ukraine", Kyiv, Ukraine; <https://orcid.org/0000-0002-0265-2876>

A.M. Babko, MD, PhD, DSc, Senior Researcher of the Department of Joint Diseases in Adults, SI "Institute of Traumatology and Orthopedics of the NAMS of Ukraine", Kyiv, Ukraine; <https://orcid.org/0000-0001-5919-5429>

A.S. Gerasymenko, MD, PhD, DSc, Senior Researcher of the Department of Joint Diseases in Adults, SI "Institute of Traumatology and Orthopedics of the NAMS of Ukraine", Kyiv, Ukraine; <https://orcid.org/0003-4895-499X>

D.M. Poluliah, MD, PhD, Researcher of the Department of Joint Diseases in Adults, SI "Institute of Traumatology and Orthopedics of the NAMS of Ukraine", Kyiv, Ukraine; <https://orcid.org/0000-0002-8895-6917>

D.S. Yarosh, PhD-student, Department of Joint Diseases in Adults, SI "Institute of Traumatology and Orthopedics of the NAMS of Ukraine", Kyiv, Ukraine; e-mail: antiga911@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0007-0456-4136>

V.V. Hromadskyi, PhD-student, Department of Joint Diseases in Adults, SI "Institute of Traumatology and Orthopedics of the NAMS of Ukraine", Kyiv, Ukraine; <https://orcid.org/0000-0002-4399-4741>

S.I. Gerasymenko, I.V. Huzhevskiy, A.S. Gerasymenko, A.M. Babko, D.M. Poluliah, D.S. Yarosh, V.V. Hromadskyi
State Institution "Institute of Traumatology and Orthopedics of the NAMS of Ukraine", Kyiv, Ukraine

Features of the postoperative period in military personnel with non-combat injuries of the knee joint cartilage and menisci

Abstract. Background. The purpose of this study was to evaluate the characteristics of the postoperative period in military personnel with non-combat injuries of the intra-articular structures of the knee joint. **Materials and methods.** A total of 52 arthroscopic procedures were analyzed in 21 military personnel (group A) and 31 civilians (group B). Functional outcomes were assessed using the Knee Society Score, visual analogue scale, Lovett muscle test, and goniometry. Military personnel demonstrated more severe cartilage lesions (Outerbridge grade 3–4), poorer Knee Society Score

outcomes in older age groups, and fewer "excellent" results compared to civilians. **Results.** Both groups showed significant postoperative improvement, particularly in pain reduction and range of motion recovery. **Conclusions.** These findings highlight the need for broader rehabilitation strategies and the use of regenerative technologies in the military population to optimize functional recovery of the knee joint.

Keywords: knee joint; military personnel; arthroscopy; chondromalacia; meniscus; postoperative period; Knee Society Score

A. Popelnukha, D. Dmytriiev

Vinnytsia National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsia, Ukraine

Center for the Treatment and Rehabilitation of Chronic Pain "Prometheus", Vinnytsia, Ukraine

AI-driven prediction of chronic pain after severe wounds: a pilot open-label study

Abstract. Background. Severe traumatic wounds, particularly in military settings, are frequently complicated by chronic, neuropathic, and phantom limb pain. Early prediction of pain trajectories remains a clinical challenge. Advances in artificial intelligence (AI) enable integration of wound imaging, microbiology, and pharmacological data into predictive models. We developed and tested an AI-driven platform for the prediction of chronic and neuropathic pain after severe wounds. **Materials and methods.** A prospective observational study of 311 Ukrainian military patients with severe limb injuries (including 139 amputees) was conducted in 2022–2025. Clinical, demographic, and microbiological data were collected alongside serial wound photographs. The platform processed wound images to assess healing dynamics, identify infection-related risk, and compute the probability of chronic, neuropathic, and phantom pain. Pain outcomes were assessed at 3 and 6 months using the Numeric Rating Scale (NRS) and the DN4 questionnaire. **Results.** At 6 months, chronic pain was present in 42 % of patients, neuropathic pain in 29 %, and phantom pain in 24 % of amputees. Independent predictors of neuropathic pain included wound infection (odds ratio (OR) 2.1, 95% confidence interval (CI) 1.4–3.2), delayed wound healing (> 8 weeks) (OR 2.7, 95% CI 1.8–4.0), high baseline pain intensity (NRS $\geq$ 7) (OR 1.9, 95% CI 1.2–3.0), and exposure to neurotoxic antibiotics (OR 1.8, 95% CI 1.1–2.9). The platform achieved a sensitivity of 78 %, specificity of 74 %, and AUC of 0.81. **Conclusions.** Infection, delayed healing, and neurotoxic drug exposure are major predictors of chronic and neuropathic pain after severe wounds. The AI platform provides accurate, clinically relevant risk prediction and may support personalized pain prevention and rehabilitation in military trauma care.

Keywords: chronic pain; neuropathic pain; phantom limb pain; artificial intelligence; wound healing; military trauma; prediction model

Introduction

Severe traumatic wounds are a major clinical and social problem, particularly in the context of modern warfare. Injuries sustained in combat often involve high-energy mechanisms such as blast trauma, ballistic damage, and crush injuries [1]. These lesions are frequently complicated by extensive tissue loss, amputations, and severe infections [2–4]. While advances in trauma surgery and intensive care have improved survival rates, long-term outcomes remain dominated by chronic pain syndromes. Chronic pain, neuropathic pain, and phantom limb pain substantially limit functional recovery, impair quality of life, and increase the risk of long-term disability among injured service members [5]. Reported prevalence of chronic pain after amputation ranges from 40

to 80 %, with phantom limb pain affecting up to two-thirds of amputees [6–8]. Neuropathic pain is particularly debilitating, associated with sensory disturbances, dysesthesia, and reduced tolerance to prosthetic use [9–12]. For military personnel, these syndromes are not only personal health issues but also barriers to reintegration, rehabilitation, and continued service [13]. Despite extensive research, the ability to predict which patients will develop persistent or neuropathic pain remains limited [14]. Traditional clinical risk factors — including severity of tissue damage, extent of nerve injury, and early pain intensity — have been identified, but they often lack precision and fail to provide actionable guidance for individualized prevention strategies [15–17]. Recent years have seen growing interest in the application of **artificial intelli-**

gence (AI) in trauma and rehabilitation medicine. AI-based image analysis has demonstrated utility in wound assessment, infection detection, and healing prediction. However, the extension of AI toward **pain prediction** remains underexplored. The integration of multimodal data such as wound photographs, microbiological results, and pharmacological exposures offers a novel approach to forecasting pain trajectories. The AI platform was developed as a digital solution to bridge this gap. It combines wound image analysis with infection risk assessment and incorporates a pharmacovigilance module that identifies potentially neurotoxic antibiotics or adjuvants. Based on these data, the system estimates the probability of chronic, neuropathic, and phantom pain development [18]. The algorithm follows a simple but clinically intuitive workflow.

The Ukrainian military context presents a unique and urgent setting for testing such digital innovations. Since 2022, thousands of service members have sustained severe limb injuries, many complicated by infections and delayed wound healing. The burden of chronic and neuropathic pain in this population is unprecedented, creating a critical need for predictive tools to support evidence-based rehabilitation.

The purpose of this prospective observational study was twofold: to identify independent predictors of chronic, neuropathic, and phantom pain after severe traumatic limb injuries in Ukrainian military patients and to evaluate the clinical utility of the AI platform for early pain risk prediction based on wound photographs and clinical data.

Materials and methods

Study design and setting

This was a single-center, pilot study conducted at the Vinnytsia Regional Clinical Hospital between March 2022 and March 2025. The study protocol was approved by the institutional ethics committee, and all participants provided written informed consent. The investigation was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki.

We enrolled 311 consecutive Ukrainian military patients admitted with severe limb injuries (both upper and lower extremities). Eligible patients were aged ≥ 18 years, had sustained traumatic wounds requiring surgical intervention, and were able to provide informed consent.

Inclusion criteria

- Severe traumatic wound of an upper or lower limb (blast, ballistic, crush, or mixed injury).
- Hospital admission within 14 days after trauma.

- Availability of at least one wound photograph at baseline.
- Follow-up feasible at 3 and 6 months.

Exclusion criteria

- Pre-existing chronic pain syndromes unrelated to trauma.
- Major psychiatric or cognitive impairment precluding reliable reporting.
- Terminal illness with expected survival < 6 months.

Data collection

At baseline, the following data were collected:

- demographics: age, sex, service status, smoking and alcohol history;
- injury characteristics: mechanism, anatomical site, amputation level (if applicable), Injury Severity Score;
- microbiology: wound swab or tissue cultures with resistance profiling;
- medication exposure: antibiotics and analgesics, with classification of neurotoxic agents;
- wound photography: standardized digital photographs taken at baseline, 2 weeks, and monthly until closure or up to 6 months (Fig. 1).

Pain outcomes were measured at 3 and 6 months:

- **chronic pain**: defined as Numeric Rating Scale (NRS) ≥ 4 persisting above 3 months;
- **neuropathic pain**: diagnosed with Douleur Neuropathique 4 (DN4) questionnaire (cut-off $\geq 4/10$);
- **phantom limb pain**: assessed in amputees with a validated phantom pain questionnaire.

For illustration, we describe a representative patient case with serial wound images processed by AI platform (Fig. 2). It demonstrates the predictive trajectory of AI analysis compared to clinical outcomes. The **primary outcome** was development of chronic or neuropathic pain at 6 months. The **secondary outcome** was phantom limb pain in amputees.

Ethical considerations

The study protocol was approved by the Institutional Ethics Committee of the Vinnytsia National Pirogov Memorial Medical University. Written informed consent was obtained from all patients and clinicians (Protocol No. 7/072025). The trial was registered at the Ukrainian Institute of Scientific and Technical Expertise and Information under number 0125U002777.

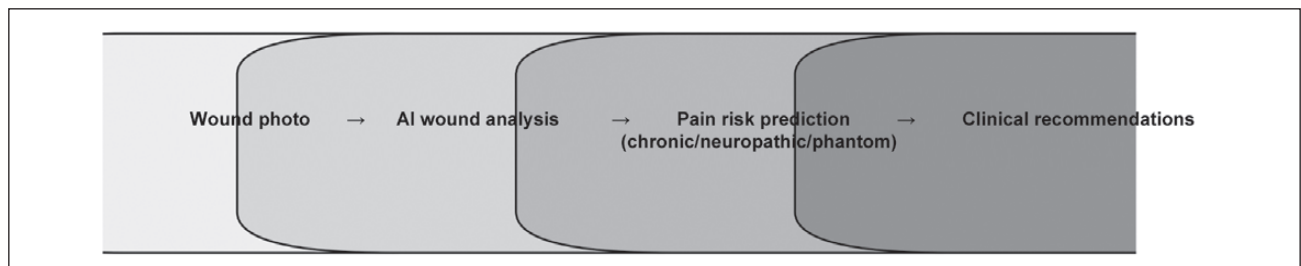


Figure 1. Workflow of the AI-based prediction model

Statistical analysis

Continuous variables were presented as mean $\pm$ standard deviation; categorical variables as percentages. Group comparisons were performed using χ^2 tests (categorical) or t-tests (continuous). Logistic regression identified independent predictors of chronic/neuropathic pain. Variables with $p < 0.1$ in univariate analysis were entered into multivariate models. Odds ratios (ORs) with 95% confidence intervals (CIs) were reported. Statistical analyses were performed using SPSS v28 (IBM, Chicago, USA). A p -value < 0.05 was considered statistically significant.

Results

Baseline characteristics of Ukrainian military patients with severe limb injuries are given in Table 1. Variables include age, sex, type of injury, infection status, antibiotic exposure, initial pain intensity, wound healing dynamics, and follow-up completion.

Of 311 patients enrolled, 289 (93 %) completed the 6-month follow-up.

- **Chronic pain (NRS ≥ 4 at 6 months):** 121/289 (42 %).
- **Neuropathic pain (DN4 ≥ 4):** 83/289 (29 %).
- **Phantom limb pain (amputees only):** 34/139 (24 %).

At 3 months, 38 % reported chronic pain and 25 % neuropathic pain, indicating persistence and progression in a subset of patients.

Independent predictors of pain. Univariate analysis identified wound infection, delayed healing, high baseline pain intensity, and exposure to neurotoxic antibiotics as significant risk factors (Table 2). These were confirmed in multivariate logistic regression.

Wound infection, delayed wound healing (> 8 weeks), high baseline pain intensity (NRS ≥ 7), and exposure to neurotoxic antibiotics were significant independent predictors of chronic and neuropathic pain.

AI validation. The AI platform produced probability scores for chronic, neuropathic, and phantom pain for each patient at baseline.

For neuropathic pain prediction, sensitivity was 78 %, specificity was 74 %, PPV was 65 %, NPV was 83 %.

For phantom pain prediction in amputees, AUC was 0.77, high risk was correctly identified in 25/34 patients (74 %).

AI predictions correlated strongly with observed outcomes (Pearson $r = 0.62$, $p < 0.001$).

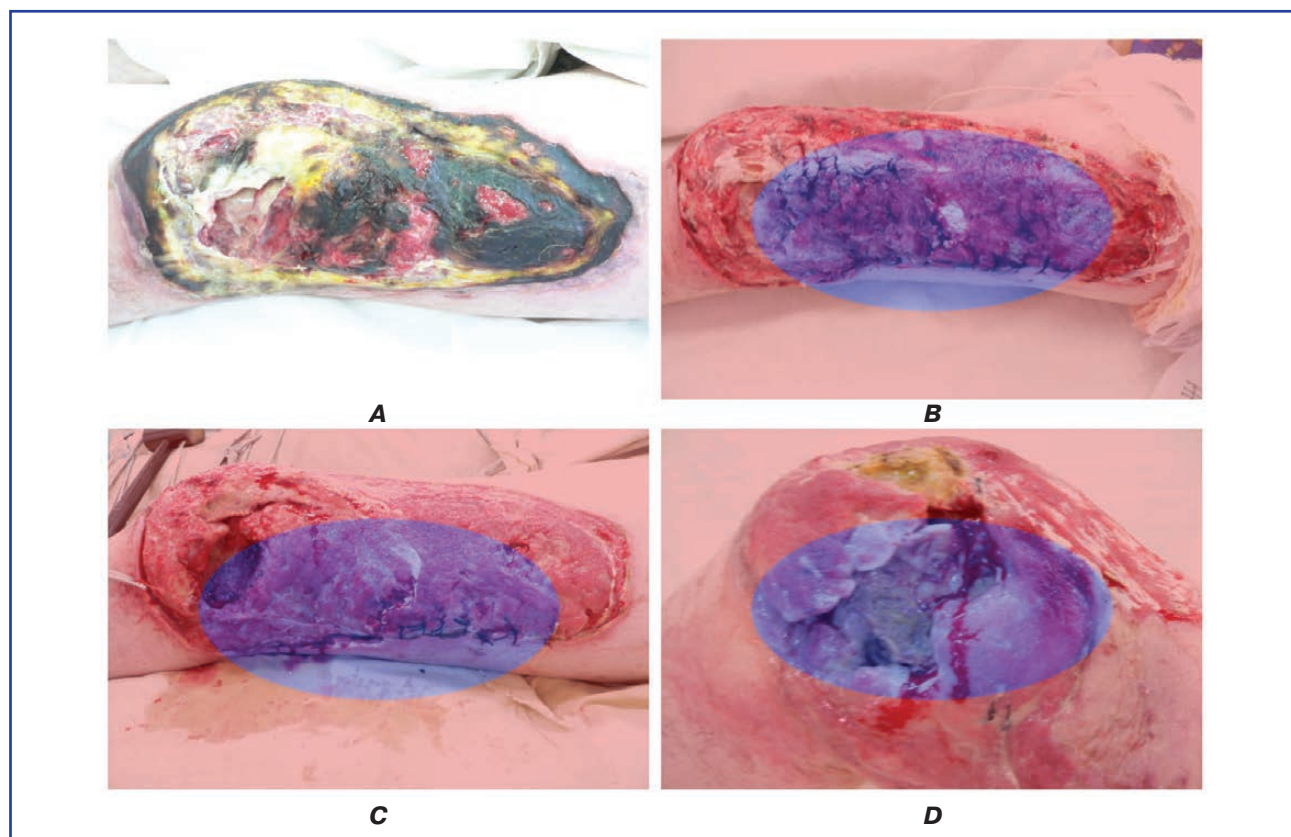


Figure 2. AI-driven wound analysis and pain risk prediction using the platform: A — the initial appearance of a traumatic transtibial amputation wound with extensive soft tissue loss and necrosis; B — AI-based segmentation with a heatmap overlay, highlighting the infected and necrotic region (estimated wound area 64 cm); C — the algorithm's risk prediction output, indicating a 65 % probability of neuropathic pain and 42 % probability of phantom pain; D — the clinical outcome at 3 months, the patient reported severe burning dysesthesia in the amputated limb (DN4 score 6/10) and phantom sensations, confirming the AI prediction

Discussion

This prospective study of 311 Ukrainian military patients with severe limb injuries provides important insights into predictors of chronic and neuropathic pain after traumatic wounds, while also validating an AI-driven platform for early risk assessment. The incidence of chronic pain (42 %), neuropathic pain (29 %), and phantom limb pain (24 % of amputees) was consistent with previously reported rates in both civilian and combat-related trauma populations [18]. Our findings confirm that wound infection, delayed healing, high baseline pain intensity, and exposure to neurotoxic antibiotics are independent predictors of pain outcomes. Importantly, the platform demonstrated robust accuracy in predicting neuropathic and phantom pain, with an AUC of 0.81 and sensitivity of 78 %.

Predictors of chronic and neuropathic pain. The association between wound infection and pain outcomes has been reported in prior studies of surgical and traumatic wounds [19]. Infection may prolong tissue inflammation, impair nerve regeneration, and increase central sensitization, all of which contribute to chronic pain development [20]. Our findings reinforce infection as a modifiable pre-

dictor, highlighting the importance of aggressive infection control in trauma care. Delayed wound healing (> 8 weeks) also emerged as a strong predictor of chronic pain. Prolonged healing likely reflects persistent inflammation, repeated surgical interventions, and secondary complications such as dehiscence or necrosis [21]. These processes increase nociceptive input to the central nervous system, predisposing to pain chronification. High baseline pain intensity (NRS $\geq$ 7) was another independent risk factor [22]. This is consistent with the concept of “acute pain trajectories”, where severe early pain predicts chronic pain through mechanisms of central sensitization and maladaptive neuroplasticity. Patients reporting higher pain scores soon after injury may require closer monitoring and preventive analgesic strategies. Finally, exposure to neurotoxic antibiotics — including linezolid, metronidazole, and aminoglycosides — was associated with increased neuropathic pain risk. Although essential for infection management, these drugs are known to cause peripheral neuropathy with prolonged use [23–25]. Our study is among the first to quantify their contribution to pain outcomes in trauma populations, emphasizing the need for careful risk-benefit assessment. Previous research has identified predictors of chronic and neuropathic pain, including psychological distress, amputation level, and severity of nerve injury. However, most studies have relied on retrospective or questionnaire-based assessments. Our study adds novel evidence by integrating AI image analysis with clinical predictors in a prospective cohort of military patients. Comparable wound AI platforms (e.g., Tissue Analytics, Swift Medical) focus primarily on healing trajectories and infection detection. Few, if any, extend their scope to pain prediction. Strengths of this study include its prospective design, relatively large sample size for a military trauma cohort, and integration of real-world wound photographs with clinical data. The single-center design ensured consistent data collection, while the use of validated pain measures (NRS, DN4) increased reliability. In summary, our study confirms that infection, delayed healing, high baseline pain, and neurotoxic drug exposure are key predictors of pain after severe wounds. The AI platform provides accurate, clinically interpretable predictions that may guide early preventive strategies. This represents a significant step forward in the integration of AI into pain medicine and trauma rehabilitation, with particular relevance for military healthcare systems.

Table 1. Demographic and clinical characteristics of the study cohort (n = 311)

Characteristic	Value
Mean age (years)	33.4 $\pm$ 6.8
Sex (male)	96 % (298/311)
Type of injury	
— Amputation	139 (45 %)
— Complex fracture + soft tissue loss	109 (35 %)
— Severe limb trauma, non-amputated	63 (20 %)
Infection at baseline	118 (38 %)
Neurotoxic antibiotic exposure	85 (27 %)
High baseline pain (NRS $\geq$ 7)	142 (46 %)
Delayed wound healing (> 8 weeks)	101 (32 %)
Follow-up at 6 months completed	289 (93 %)

Table 2. Independent predictors of chronic and neuropathic pain (multivariate logistic regression, n = 289)

Predictor	OR	95% CI	p-value
Wound infection	2.1	1.4–3.2	< 0.001
Delayed wound healing > 8 weeks	2.7	1.8–4.0	< 0.001
High baseline pain (NRS $\geq$ 7)	1.9	1.2–3.0	0.005
Neurotoxic antibiotic exposure	1.8	1.1–2.9	0.014

Notes: model performance: AUC = 0.81, sensitivity 78 %, specificity 74 %.

Conclusions

This pilot study of 311 Ukrainian military patients with severe limb injuries identified wound infection, delayed healing, high baseline pain intensity, and exposure to neurotoxic antibiotics as independent predictors of chronic and neuropathic pain. Phantom limb pain affected nearly one-quarter of amputees. These findings underscore the potential of AI-driven tools to transform trauma care and rehabilitation by shifting the focus from reactive treatment to proactive prevention of chronic pain.

References

1. Dmytriiev D, Garland EL. Chronic pain during 60 days of war: the impact of the Russian war on Ukrainian patients. *J Public Health (Berlin)*. 2024. doi: 10.1007/s10389-024-02243-w.
2. Woo K. The chronic wound-related pain model: holistic assessment and person-centered treatment. *Clin Geriatr Med*. 2024;40(3):501-514. doi: 10.1016/j.cger.2023.12.01.
3. Frescos N. Assessment of pain in chronic wounds: a survey of Australian health care practitioners. *Int Wound J*. 2018;15(6):943-949. doi: 10.1111/iwj.12951.
4. Battle C, Baker E, Dmytriiev D. Predictors of chronic pain, chronic opioid use and neuropathic pain in Ukrainian military patients with isolated thoracic injuries sustained during the Russia Ukraine conflict: a single centre prospective observational study. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2025;51:237. doi: 10.1007/s00068-025-02914-7.
5. Ksenchyna K, Ksenchyn O, Nazarchuk O, Dmytriiev D. The role of microbial wound contamination in chronic pain development in patients with injuries. *Emerg Med*. 2024;20(5):400-408. doi: 10.22141/2224-0586.20.5.2024.1740.
6. Serena TE, Yaakov RA, Aslam S, Aslam RS. Preventing, minimizing, and managing pain in patients with chronic wounds: challenges and solutions. *Chronic Wound Care Manag Res*. 2016;3:85-90. doi: 10.2147/cwcms.s85463.
7. Renner R, Erfurt-Berge C. Depression and quality of life in patients with chronic wounds: ways to measure their influence and their effect on daily life. *Chronic Wound Care Manag Res*. 2017;4:143-151. doi: 10.2147/cwcms.s124917.
8. Dobrovanov O, Dmytriiev D, Prochotsky A, Vidiscak M, Furkova K. Pain in COVID 19: quis est culpa? *Electron J Gen Med*. 2023;20(1):em435. doi: 10.29333/ejgm/12672.
9. Wung SF. Human factors and technology in the ICU. *Crit Care Nurs Clin North Am*. 2018;30(2). doi: 10.1016/j.cnc.2018.03.001.
10. Waller RG, Wright MC, Segall N, et al. Novel displays of patient information in critical care settings: a systematic review. *J Am Med Inform Assoc*. 2019;26(5):479-489. doi: 10.1093/jamia/ocy193.
11. Tegegne BA, Lema GF, Fentie DY, Bizuneh YB. Severity of wound-related pain and associated factors among patients who underwent wound management at teaching and referral hospital, Northwest Ethiopia. *J Pain Res*. 2020;13:2543-2551. doi: 10.2147/jpr.s276449.
12. Dobrovanov O, Dmytriiev D, Prochotsky A, Vidiscak M, Furkova K. Chronic pain in post COVID syndrome. *Bratisl Med J*. 2023;124(2):97-103. doi: 10.4149/bl_2023_014.
13. Ksenchyna K, Dmytriiev D, Volanskyi K, et al. Early post trauma wound microbiota and its association with pain outcomes and mental health in combat related extremity injuries: a prospective analysis. *Front Pain Res*. 2025;6. doi: 10.3389/fpain.2025.1564994.
14. Freedman G, Entero H, Brem H. Practical treatment of pain in patients with chronic wounds: pathogenesis-guided management. *Am J Surg*. 2004;188(1A Suppl):31-35. doi: 10.1016/s0002-9610(03)00289-7.
15. Buch VH, Ahmed I, Maruthappu M. Artificial intelligence in medicine: current trends and future possibilities. *Br J Gen Pract*. 2018;68(668):143-144. doi: 10.3399/bjgp.18x695213.
16. Cabral BP, Braga LAM, Conte Filho CG, et al. Future use of AI in diagnostic medicine: 2 wave cross sectional survey study. *J Med Internet Res*. 2025;27:e53892. doi: 10.2196/53892.
17. Salomon I, Olivier S. Artificial intelligence in medicine: advantages and disadvantages for today and the future. *Int J Surg Open*. 2024;62(4):471-473. doi: 10.1097/10.000000000000133.
18. Popelnukha A, Dmytriiev D. Rapid Pain Assessment Tool avatar self pain report: a new objective method for adequate pain diagnosis? Pilot study. *Emerg Med*. 2025;21(4):394-397. doi: 10.22141/2224-0586.21.4.2025.1887.
19. Roy TK, Uniyal A, Akhilesh, Tiwari V. Multifactorial pathways in burn injury-induced chronic pain: novel targets and their pharmacological modulation. *Mol Biol Rep*. 2022;49(12):12121-12132. doi: 10.1007/s11033-022-07748-9.
20. Bi Y, Ye Y, Zhu Y, Ma J, Zhang X, Liu B. The effect of ketamine on acute and chronic wound pain in patients undergoing breast surgery: a meta-analysis and systematic review. *Pain Pract*. 2021;21(3):316-332. doi: 10.1111/papr.12961.
21. Ong Sio LC, Hom B, Garg S, Abd-Elsayed A. Mechanism of action of peripheral nerve stimulation for chronic pain: a narrative review. *Int J Mol Sci*. 2023;24(5):4540. doi: 10.3390/ijms24054540.
22. Healy CR, Gethin G, Pandit A, Finn DP. Chronic wound-related pain, wound healing and the therapeutic potential of cannabinoids and endocannabinoid system modulation. *Biomed Pharmacother*. 2023;168:115714. doi: 10.1016/j.biopha.2023.115714.
23. Andleeb A, Khan H, Andleeb A, Khan M, Tariq M. Advances in chronic wound management: from conventional treatment to novel therapies and biological dressings. *Crit Rev Biomed Eng*. 2024;52(5):29-62. doi: 10.1615/critrevbiomed-eng.2024053066.
24. Kuchyn I, Horoshko V. Chronic pain in patients with gunshot wounds. *BMC Anesthesiol*. 2023;23(1):47. doi: 10.1186/s12871-023-02005-3.
25. Galdino-Júnior H, Martins de Oliveira Segundo E, Gomes Malaquias S, Vinaud MC, et al. Effect of heated saline solution on pain intensity, wound bed temperature, and comfort during chronic wound dressing changes: crossover randomized clinical trial. *Adv Skin Wound Care*. 2024;37(5):1-8. doi: 10.1097/asw.000000000000137.

Received 30.06.2025

Revised 05.08.2025

Accepted 17.08.2025

Information about authors

Dmytro Dmytriiev, MD, DSc, PhD, MBA, Vinnytsia National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsia, Ukraine; Center for the Treatment and Rehabilitation of Chronic Pain "Prometheus", Vinnytsia, Ukraine; <https://orcid.org/0000-0001-6067-681X>

Andrii Popelnukha, Vinnytsia National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsia, Ukraine; Center for the Treatment and Rehabilitation of Chronic Pain "Prometheus", Vinnytsia, Ukraine; <https://orcid.org/0009-0000-9808-6890>

Conflict of interest and funding information. Authors declare the absence of any conflicts of interest and own financial interests that might be construed to influence the results or interpretation of the manuscript.

Authors' contribution. Dmytro Dmytriiev — research design, research concept, writing text, analysis of the obtained data, software development; Andrii Popelnukha — collection and processing of materials, software development, writing text.

Попелнуха А., Дмитрієв Д.

Вінницький національний медичний університет імені М.І. Пирогова, м. Вінниця, Україна

Центр лікування та реабілітації хронічного болю «Прометей», м. Вінниця, Україна

Прогнозування хронічного болю після тяжких ран за допомогою штучного інтелекту: пілотне відкрите дослідження

Резюме. Актуальність. Тяжкі травматичні рани, особливо у військових умовах, часто ускладнюються розвитком хронічного, нейропатичного та фантомного болю. Раннє прогнозування больових синдромів залишається клінічною проблемою. Використання технологій штучного інтелекту (ШІ) відкриває нові можливості для інтеграції аналізу фотографій ран, мікробіологічних знахідок і даних щодо впливу медикаментів у прогностичні моделі. **Мета:** оцінити предиктори розвитку хронічного та нейропатичного болю після тяжких ран і перевірити точність платформи штучного інтелекту в прогнозуванні больових синдромів у військових. **Матеріали та методи.** Проспективне одноцентрове дослідження включало 311 військовослужбовців України з тяжкими ушкодженнями кінцівок (139 ампутацій). Збирали клінічні й демографічні дані, проводили мікробіологічні дослідження, аналізували серійні фото ран. У платформі використано штучний інтелект для сегментації ран, оцінки інфекції та прогнозування ризику розвитку хронічного, нейропатичного й фантомного

болю. Результати аналізували через 3 і 6 місяців за шкалою NRS та опитувальником DN4. **Результати.** Через 6 місяців хронічний біль виявили у 42 % пацієнтів з ампутаціями, нейропатичний — у 29 %, фантомний — у 24 %. Незалежними предикторами були: інфекція рани (OR 2,1; 95% ДІ 1,4–3,2), затримка загоєння > 8 тижнів (OR 2,7; 95% ДІ 1,8–4,0), високий початковий рівень болю (NRS $\geq$ 7) (OR 1,9; 95% ДІ 1,2–3,0) і призначення нейротоксичних антибіотиків (OR 1,8; 95% ДІ 1,1–2,9). Платформа показала чутливість 78 %, специфічність 74 % та AUC 0,81. **Висновки.** Інфекція, затримка загоєння і прийом нейротоксичних препаратів є ключовими факторами ризику розвитку хронічного й нейропатичного болю після тяжких ран. Використання ШІ-платформи забезпечує клінічно значуще прогнозування ризику й може поліпшити персоналізоване лікування та реабілітацію військових.

Ключові слова: хронічний біль; нейропатичний біль; фантомний біль; штучний інтелект; загоєння ран; військова травма; прогностична модель

Лоскутов О.Є.¹, Олійник О.Є.¹, Лоскутов О.О.², Синегубов Д.А.¹, Кисілевський Д.О.¹

¹Дніпровський державний медичний університет, м. Дніпро, Україна

²Київський медичний університет, м. Київ, Україна

Медикаментозна корекція набряку у пацієнтів після тотального ендопротезування колінного суглоба

Резюме. Актуальність. Ефективним методом лікування тяжких форм гонартрозу на сьогодні є операція тотального ендопротезування. Поєднання клінічних симптомів гонартрозу та хронічної венозної недостатності відзначається більшою вираженістю больового синдрому, функціональних порушень, зниженням якості життя та розвитком вираженого набряку м'яких тканин гомілки в післяопераційному періоді. **Мета** дослідження: вивчити динаміку післяопераційного набряку гомілки у хворих після тотального ендопротезування колінного суглоба при використанні комбінації 150 мг троксерутину та 1,5 мг карбазохрому у вигляді внутрішньом'язових ін'єкцій. **Матеріали та методи.** Проведено обстеження 24 пацієнтів (7 чоловіків, 17 жінок), яким виконано тотальне ендопротезування колінного суглоба. Середній вік пацієнтів становив $64,20 \pm 5,68$ року. Пацієнтам призначалася комбінація 150 мг троксерутину та 1,5 мг карбазохрому (3 мл) внутрішньом'язово 1 раз на день протягом 10 днів після операції. Динаміку набряку м'яких тканин гомілки досліджували за допомогою методики визначення динамічного показника набряку. Отримано інтегральний кількісний показник для визначення динаміки набряку. **Результати.** У післяопераційному періоді виявлено зростання набряку гомілки з 2-ї доби після операції. Максимальне значення спостерігалось на 4-й день, а з 5-ї доби значення динамічного показника набряку починали зменшуватися та на 11-ту добу досягали негативних цифр, що вказувало на зменшення набряку гомілки. Вимірювання довжин окружності на різних рівнях гомілки показало, що максимальний розвиток набряку відбувався на 4-й день після операції. З 5-го дня окружність гомілки зменшувалася, на 9-й день після операції наближалася до передопераційних показників, що також вказувало на зменшення набряку. **Висновки.** Використання комбінації 150 мг троксерутину та 1,5 мг карбазохрому (3 мл) внутрішньом'язово в післяопераційному періоді у пацієнтів після тотального ендопротезування колінного суглоба дозволяє ефективно знизити прояви набряку гомілки, що сприяє зниженню інтенсивності больового синдрому, більш швидкому відновленню функції колінного суглоба та оперованої кінцівки, а також поліпшує результати лікування та якість життя пацієнтів. Комбінація 150 мг троксерутину та 1,5 мг карбазохрому може широко використовуватися у сучасній клінічній практиці після всіх ортопедичних операцій, зокрема ендопротезування колінного суглоба, при травмах і набряках різноманітного походження.

Ключові слова: гонартроз; ендопротезування колінного суглоба; післяопераційний набряк; комбінація троксерутину та карбазохрому

Вступ

Дегенеративні захворювання колінного суглоба є одними з найбільш поширених уражень опорно-рухової системи серед осіб середнього та похилого віку. Близько 14 мільйонів людей у США мають симптоматичний остеоартроз колінного суглоба, більше половини з них молодші 65 років [10]. Останні 20 років відбу-

вається збільшення кількості пацієнтів з гонартрозом [13, 16]. Прогресування симптомів гонартрозу, зокрема больового синдрому та функціональних порушень, призводить до зниження якості життя та підвищення рівня інвалідності. Ефективним методом лікування тяжких форм гонартрозу на сьогодні є операція тотального ендопротезування [13, 21–25]. Щорічно кількість

Таблиця 1. Розподіл пацієнтів, яким виконувалася операція тотального ендопротезування колінного суглоба, за статтю та віком

Пацієнти/вік	51–60	61–70	71 і старше	Всього
Чоловіки	2	3	2	7
Жінки	5	10	2	17
Разом	7	13	4	24

ендопротезувань колінного суглоба збільшується, і, за прогнозами, в США у 2030 році кількість таких операцій зросте до 3,5 мільйона за рік [24, 25], а на сьогодні ендопротезування колінного суглоба за частотою займає друге місце після операції з видалення катаракти [14]. Клінічні симптоми гонартрозу часто поєднуються з проявами хронічної венозної недостатності (ХВН) та варикозної хвороби [2, 9, 11], що відзначається у 58 % спостережень [5]. Гонартроз та ХВН мають спільні фактори ризику, такі як вік, надлишкова вага та тривале стояння у вертикальному положенні. Деякі дослідження показали, що венозний застій та механізм запалення при ХВН можуть призводити до тканинної анексії, що призводить до пошкодження субхондрального шару кістки та суглобового хряща та прогресування остеоартрозу [5, 7, 9, 11]. У пацієнтів з поєднанням гонартрозу та ХВН відзначається більша вираженість больового синдрому, функціональних порушень та зниження якості життя [2, 5, 7, 11]. Також набряк після ендопротезування може виникати у зв'язку з пошкодженням тканин під час операції, що призводить до виходу рідини та посилення проникності капілярів, а також порушень у роботі лімфатичної системи. У зв'язку з цим призначення лікарських засобів, які мають капіляростабілізуючу, венотонізуючу та ангіопротекторну дію, пацієнтам після ендопротезування колінного суглоба є патогенетично виправданим.

Мета: вивчити динаміку післяопераційного набряку гомілки у хворих після тотального ендопротезування колінного суглоба при використанні комбінації 150 мг троксерутину та 1,5 мг карбазохрому (ТРК) у вигляді внутрішньом'язових ін'єкцій.

Матеріали та методи

Було проведено обстеження 24 пацієнтів (7 чоловіків, 17 жінок), які проходили лікування в ортопедичному відділенні на клінічній базі кафедри травматології та ортопедії Дніпровського державного медичного університету. Критеріями включення у дослідження були: наявність первинного гонартрозу III–IV ст. за класифікацією Келгрена — Лоуренса, показання до тотального ендопротезування колінного суглоба, згода пацієнтів на участь у дослідженні. Середній вік пацієнтів становив $64,20 \pm 5,68$ року, середній вік чоловіків був $66,25 \pm 6,90$ року, середній вік жінок — $63,2 \pm 4,4$ року (табл. 1).

Для виключення можливого тромбозу глибоких вен всім пацієнтам перед операцією проводилося ультразвукове дослідження вен нижніх кінцівок. Пацієнтам

виконувалася операція тотального цементного ендопротезування колінного суглоба (25 операцій, одному хворому виконано двостороннє двохетапне ендопротезування з інтервалом 5 місяців). На правому колінному суглобі виконано 11 операцій, на лівому — 14. Пацієнтам призначалася комбінація 150 мг троксерутину та 1,5 мг карбазохрому (3 мл) внутрішньом'язово 1 раз на добу протягом 10 днів після операції.

ТРК належить до капіляростабілізуючих засобів і використовується при лікуванні судинних захворювань та геморагічних синдромів при підвищеній слабкості стінок капілярів. ТРК чинить протизапальну та антиоксидантну дію, пригнічує гіалуронідазу, запобігає окисненню гіалуронової, аскорбінової кислоти та адреналіну, пригнічує перекисне окиснення ліпідів. Троксерутин, також відомий як вітамін Р4, є біофлавоноїдом, який зменшує підвищену проникність і ламкість капілярів і запобігає пошкодженню базальної мембрани ендотеліальних клітин. Крім цього, він чинить антиоксидантну, мембраностабілізуючу, антигеморагічну, протизапальну, венотонізуючу дію, зменшує набряк, поліпшує трофіку, мікроциркуляцію та мікросудинну перфузію та полегшує інші симптоми, пов'язані з венозною недостатністю або порушенням відтоку лімфатичної рідини. Також посилює ангіопротекторну дію вітаміну С та виконує й активує синтез гіалуронової кислоти (мукополісахариду, що відповідає за міцність стінок судин). Крім того, зменшує вивільнення гістаміну — потужного вазодилататора та пронабрякового агента.

Карбазохром є продуктом окиснення адреналіну без симпатоміметичної активності. Він чинить локальну судинозвужувальну дію на дрібні судини, що призводить до зменшення тривалості кровотечі. Цей ефект досягається без підвищення кров'яного тиску та впливу на серцево-судинну діяльність. Також встановлено, що карбазохром впливає на проникність і міцність капілярів та на тонус і звуження судин. Застосування комбінації троксерутину та карбазохрому обґрунтовується взаємним посиленням фармакологічних і терапевтичних ефектів з метою гемостазу та вазопротекції [1, 3].

Післяопераційний набряк визначається як накопичення рідини в інтерстиціальній тканині після операції, причому його тяжкість пропорційна ступеню пошкодження тканин. Зазвичай він досягає піку приблизно через 72 години після операції та може негативно вплинути як на місце операції, так і на клінічний стан пацієнта [29].

При описанні патогенезу набряку слід відзначити, що підвищена проникність судин сприяє екстравазації рідини в позаклітинні тканинні простори. Значна частина рідини витісняється в підшкірну клітковину [27, 24]. Розсічення тканин при операції призводить до порушення функції ендотеліальних клітин. Чим більше розмір хірургічного доступу, тим більше пошкоджень зазнають клітинні структури, що призводить до тривалого стану набряку. Якщо набряк нижніх кінцівок існував до хірургічного втручання, він зазвичай посилюється після операції, що подовжує одужання та потенційно збільшує ризик ускладнень. Лімфатичні судини відіграють ключову роль у видаленні багатоклітинних білків рідини з тканин і швидко розширюються до кількох разів від свого нормального калібру на ранній стадії запалення, збільшуючи загальну швидкість лімфоток [4, 6, 23, 26, 27]. Порушення судинної перфузії на мікросудинному рівні призводить не лише до накопичення підшкірної рідини в тканинах, але й до накопичення прозапальних речовин, що пояснюється безперервною активацією ноцицепторів та пов'язаними з нею патофізіологічними станами, включаючи сенсibilізацію центральної нервової системи та нейрозапалення [4, 6, 23, 26, 27]. Набряк та пов'язаний з ним лімфатичний стаз лімфосудин підшкірної клітковини безпосередньо сприяють гострому післяопераційному болю та відіграють певну роль у виникненні хронічних больових станів. Набряк та біль, пов'язані з процедурами ендопротезування суглобів, є найчастішими скаргами пацієнтів у післяопераційному періоді [12, 17]. Хронічний набряк тканин призводить до клітинної гіпоксії, що може призвести до інфекцій місця хірургічного втручання, розходження швів, утворення келоїдного рубця та контрактури суглобів [8, 24].

Динаміку набряку м'яких тканин гомілки досліджували за допомогою методики визначення динамічного показника набряку (ДПН). Для цього проводили вимірювання окружності гомілки оперованої кінцівки за допомогою сантиметрової стрічки одночасно в чотирьох ділянках (рівень середини надколінка, литковий м'яз, середня третина гомілки, рівень кісточок гомілковостопного суглоба). Дослідження проводили перед операцією, а також протягом 14 днів після операції. Рівні вимірювання окружностей позначали маркером, щоб кожного дня заміри виконувалися на одному рівні. Суму окружностей гомілки кожного дня після операції порівнювали з вихідними передопераційними параметрами. Це надало можливість отримати інтегральний кількісний показник для визначення динаміки набряку. Визначали ДПН за формулою:

$$\text{ДПН}_x = \Sigma C_x - \Sigma C_0 \times 100,$$

де ΣC_0 — сума вихідної довжини окружності; ΣC_x — сума довжини окружності в момент x .

У літературі відзначено, що подібне вимірювання окружності на різних рівнях за допомогою сантиметрової стрічки після тотального ендопротезування колінного суглоба вважається надійним методом оцінки післяопераційного набряку або ступеня м'язової гіпотрофії [13, 18, 20, 28].

Результати та обговорення

Дослідження динамічного показника набряку в післяопераційному періоді виявило зростання набряку гомілки з 2-ї доби після операції. Максимальне значення ДПН відмічалось на 4-й день після операції, а з 5-ї доби показники ДПН починали зменшуватися та на

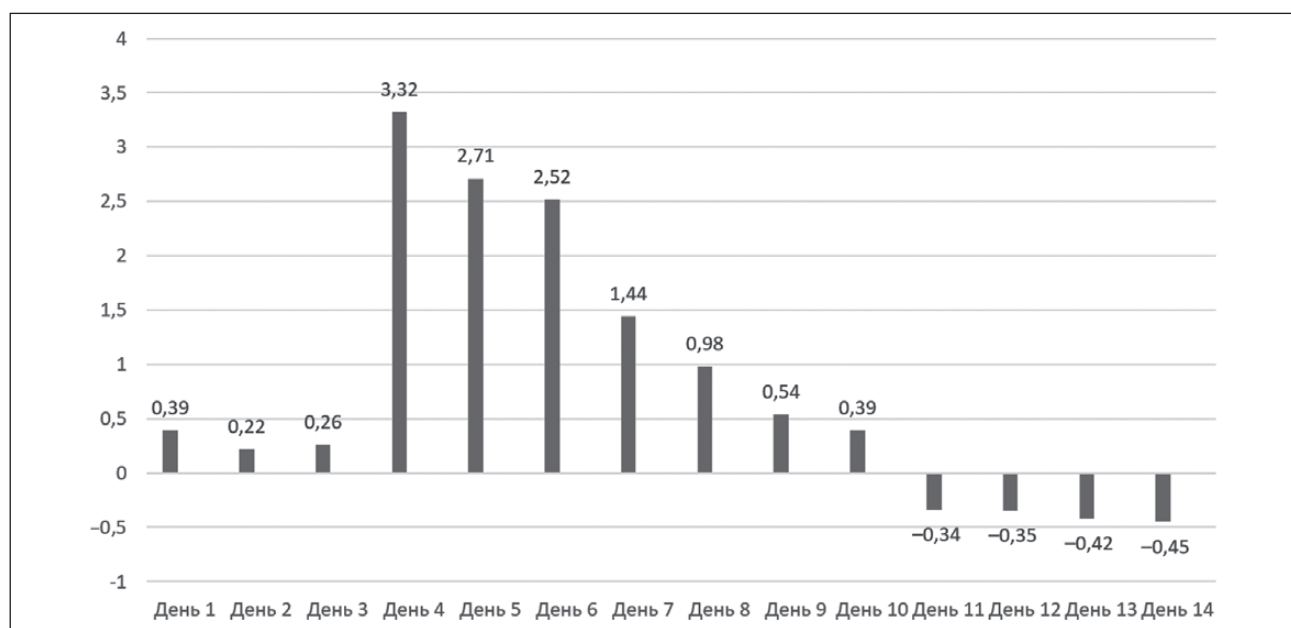


Рисунок 1. Динаміка показника набряку у пацієнтів після тотального ендопротезування колінного суглоба, які приймали комбінацію 150 мг троксерутину та 1,5 мг карбазохрому у вигляді внутрішньом'язових ін'єкцій

11-ту добу досягали негативних цифр, що вказувало на зменшення ознак набряку гомілки (рис. 1).

Вимірювання довжин окружності на різних рівнях гомілки показало, що максимальний розвиток набряку відбувався на 4-й день після операції. Починаючи з 5-го дня окружність гомілки зменшувалася та на 9-й день після операції наближалася до передопераційних показників. Потім відбувалося подальше зниження показників окружності гомілки, що вказує на поступове зменшення набряку (рис. 2).

Усі пацієнти на другий день після операції починали ходити з дозованим навантаженням на оперовану кінцівку, використовуючи милиці або ходунки. Відновлення рухів в оперованому колінному суглобі проводилося під наглядом спеціаліста з фізичної терапії. З першого дня після операції використовували мотопшину для збільшення об'єму пасивних рухів. Для запобігання тромбоемболічним ускладненням хворим призначалися низькомолекулярні гепарини та еластичне бинтування кінцівок. Також хворим проводилася стандартна антибіотикопрофілактика. Пацієнти оглядалися після операції в динаміці щодо можливих геморагічних ускладнень у ділянці післяопераційної рани. Спостереження за групою відібраних хворих не виявило клінічно значущих ознак підшкірних гематом і кровотеч з рани. Таким чином, призначення ТРК у післяопераційному періоді ефективно запобігає розвитку геморагічних ускладнень у ділянці хірургічного доступу. Зменшення набряку сприяє усуненню больового синдрому та створює умови для більш швидкого відновлення функції оперованого колінного суглоба в післяопераційному періоді.

Отримані в ході дослідження результати щодо динаміки післяопераційного набряку ми порівняли з дани-

ми літератури. Ү.-Н. Рѹа (2015) вивчав післяопераційний набряк у хворих після ендопротезування колінного суглоба за допомогою технології біоелектричного імпедансу. Він встановив, що в перший день після операції набряк збільшується на 35 % порівняно з передопераційними даними. Поступово набряк зменшувався, однак на 90-й день після операції він був на 11 % більшим, ніж перед операцією [19]. В.І. Loyd et al. (2020) при вивченні післяопераційного набряку у пацієнтів після тотального ендопротезування колінного суглоба також використовували метод біоелектричного імпедансу. Їм вдалося встановити, що набряк м'яких тканин гомілки збільшується щоденно на 10 % протягом перших 3 днів після операції, а пік набряку спостерігається через 6–8 днів після операції і поступово зменшується протягом 7 тижнів [15]. За нашими даними, пік післяопераційного набряку спостерігався на 4-ту добу після операції, потім він починав знижуватися, і на 11-й день параметри окружності гомілки та ДПН були нижчими, ніж показники перед операцією. На нашу думку, отримані дані ілюструють ефект дії ТРК як капіляростабілізуючого та вазопротекторного засобу.

Висновки

1. Використання ТРК в післяопераційному періоді у пацієнтів після тотального ендопротезування колінного суглоба дозволяє ефективно знизити прояви набряку гомілки, що сприяє зниженню інтенсивності больового синдрому, більш швидкому відновленню функції колінного суглоба та оперованої кінцівки, а також в цілому поліпшує результати лікування та якість життя пацієнтів. ТРК як венотонічний, капіляротонічний, гемостатичний та антиексудативний протинабряковий препарат може широко використовуватися у сучасній

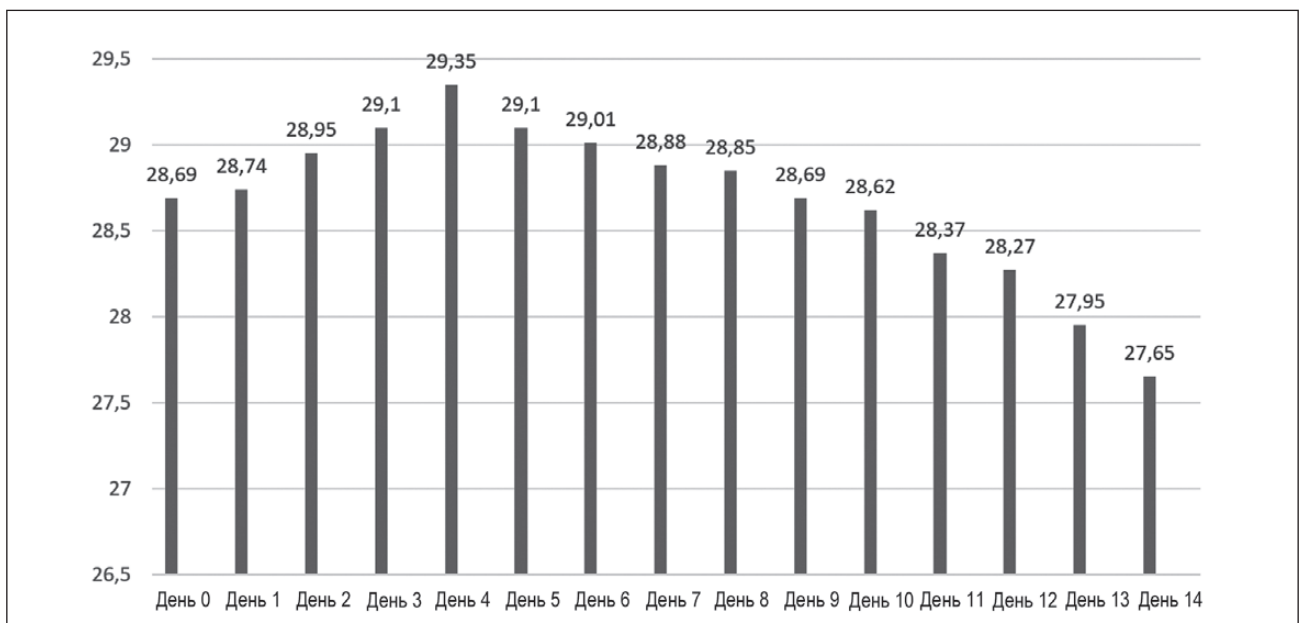


Рисунок 2. Динаміка окружності гомілки (см) у пацієнтів після тотального ендопротезування колінного суглоба, які приймали комбінацію 150 мг троксерутину та 1,5 мг карбазохрому у вигляді внутрішньом'язових ін'єкцій

клінічній практиці у пацієнтів після всіх ортопедичних операцій, зокрема ендопротезування колінного суглоба, при травмах і набряках різноманітного походження.

2. Вважаємо за можливе в передопераційну підготовку включати додатково ТРК як профілактику можливого набряку в післяопераційному періоді, а також патогенетично обґрунтоване його використання на етапі консервативного лікування остеоартрозів на тлі ХВН як етіологічного фактора з метою мінімізації показань для оперативного втручання.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів та власної фінансової зацікавленості при підготовці даної статті.

Список літератури

1. Трищинська М.А., Кононов О.Е. Патогенетично обумовлені підходи до діагностики й лікування полінейропатії. Міжнародний неврологічний журнал. 2020;16(8):62-67.
2. Al-Omari WRS. The Association between Osteoarthritis of the Knee Joint and Chronic Venous Insufficiency of the Legs. *Bahrain Medical Bulletin*. 2012;34(1).
3. Andrievskaya S, Bessmertnaya A, Andrievsky A, Krotenko V. Comorbidity Problems in Cardiology, Variations, Potential of Therapy. *Recipe*. 2020;23(5):872-885.
4. Azhar SH, Hwee YL, Bien-Keem T, Angeli V. The Unresolved Pathophysiology of Lymphedema. *Frontiers in Physiology*. 2020;11(137). <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00137>.
5. Bagic S, Duche MN, Sahin G, Ozer C, Karabiber M, Erdogan C. Coexistence of venous insufficiency and knee osteoarthritis in postmenopausal women and its effect on pain and function. *The Pain Clinic*. 2005;17(1):101-105. Published online: 05 Sep 2013. <https://doi.org/10.1163/1568569053421636>.
6. Brown S, Dayan JH, Kataru RP, Mehrara BJ. The Vicious Circle of Stasis, Inflammation, and Fibrosis in Lymphedema. *Plastic & Reconstructive Surgery*. 2023;151(2):330e-41. <https://doi.org/10.1097/prs.0000000000009866>.
7. Cao TN, Nguyen CT, Nguyen MD. The association between chronic venous disease and knee osteoarthritis European Review for Medical and Pharmacological Sciences. 2023;27:2899-2907.
8. Cheuy VA, Foran JRH, Paxton RJ, Bade MJ, Zeni JA, Stevens-Lapsley JE. Arthrofibrosis Associated With Total Knee Arthroplasty. *The Journal of Arthroplasty*. 2017;32(8):2604-11. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2017.02.005>.
9. Güneş S, Şehim K, Cüneyt K, Gökmen D, Küçükdevci AA. Is there a relationship between venous insufficiency and knee osteoarthritis? *Turk J Phys Med Rehab*. 2020;66(1):40-46. doi: 10.5606/tftrd.2020.5110.
10. Deshpande BR, Katz JN, Solomon DH, Yelin EH, Hunter DJ, Messier SP, et al. Number of persons with symptomatic knee osteoarthritis in the US: impact of race and ethnicity, age, sex, and obesity *Arthritis Care Res. Arthritis Care Res (Hoboken)*. 2016;68:1743-1750.
11. Ekti H, Toktas H, Yesil H, Kaya F. Assessment of lower extremity venous insufficiency and lipedema and their association with knee symptoms, functions, and quality of life in patients with knee osteoarthritis. *Phlebology: The Journal of Venous Disease*. 2024;39(4):251-258.
12. Kelly MP, Prentice HA, Wang W, Fasig BH, et al. Reasons for Ninety-Day Emergency Visits and Readmissions After Elective Total Joint Arthroplasty: Results From a US Integrated Healthcare System. *The Journal of Arthroplasty*. 2018;33(7):2075-81. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2018.02.010>.
13. Li Ka Yau, Fu Henry, Cheung Man Hong, Cheung Amy, Chan Wai, Kwan Vincent, et al. Swelling assessment after total knee arthroplasty. *Journal of Orthopaedic Surgery*. 2022;30(3):1-10. <https://doi.org/10.1177/10225536221127668>.
14. Liddle AD, Pegg EC, Pandit H. Knee replacement for osteoarthritis. *Maturitas*. 2013;75(2):131-136. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2013.03.005>.
15. Loyd BJ, Kittelson AJ, Forster J, Stackhouse S, Stevens-Lapsley J. Development of a reference chart to monitor postoperative swelling following total knee arthroplasty. *Disabil Rehabil*. 2020 Jun;42(12):1767-1774. doi: 10.1080/09638288.2018.1534005. Epub 2019 Jan 22.
16. Nguyen US, Zhang Y, Zhu Y, Niu J, Zhang B, Felson DT. Increasing prevalence of knee pain and symptomatic knee osteoarthritis: survey and cohort data. *Ann Intern Med*. 2011;155:725-732.
17. Papakostidis C, Giannoudis PV, Watson JT, Zura R, Steen RG. Serious Adverse Events and 30-Day Hospital Readmission Rate Following Elective Total Knee Arthroplasty: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. 2021;16(1):236. <https://doi.org/10.1186/s13018-021-02358-w>.
18. Pichonnaz C, Bassin J-P, Lécureux E, Currat D, Jolles BM. Bioimpedance spectroscopy for swelling evaluation following total knee arthroplasty: a validation study *BMC Musculoskelet Disord*. 2015;25(16):100. doi: 10.1186/s12891-015-0559-5.
19. Pua Y-H. The Time Course of Knee Swelling Post Total Knee Arthroplasty and Its Associations with Quadriceps Strength and Gait Speed. *The Journal of Arthroplasty*. 2015;30(7):1215-19. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2015.02.010>.
20. Sitzia J. Volume measurement in lymphoedema treatment: examination of formulae. *Eur J Cancer Care (Engl)*. 1995;4(1):11-6. doi: 10.1111/j.1365-2354.1995.tb00047.x.
21. Skou ST, Roos EM, Laursen MB, Rathleff MS, Arendt-Nielsen L, et al. A Randomized, Controlled Trial of Total Knee Replacement. *The New England Journal of Medicine*. 2015;373(17):1597-1606. doi: 10.1056/NEJMoa1505467.
22. Skou ST, Roos EM, Laursen MB, Rathleff MS, Arendt-Nielsen L, et al. Total knee replacement and non-surgical treatment of knee osteoarthritis: 2-year outcome from two parallel randomized controlled trials. *Osteoarthritis and Cartilage*. 2018;26(9):1170-1180. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2018.04.014>.
23. Schwager S, Detmar M. Inflammation and Lymphatic Function. *Frontiers in Immunology*. 2019 Feb;10:308. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2019.00308>.
24. Wickline A, Cole W, Melin M, Ehmann S, Aviles F, Bradt J. Mitigating the Post-Operative Swelling Tsunami in Total Knee Arthroplasty: A Call to Action. *Journal of Orthopaedic Experience & Innovation*. 2023;4(2). <https://doi.org/10.60118/001c.77444>.
25. Steinhaus ME, Christ AB, Cross MB. Total Knee Arthroplasty for Knee Osteoarthritis: Support for a Foregone Conclusion.

sion? *The Musculoskeletal Journal of Hospital for Special Surgery*. 2017;13:207-210. doi: 10.1007/s11420-017-9558-4.

26. Sung C, Wang S, Hsu J, Yu R, Wong AK. Current Understanding of Pathological Mechanisms of Lymphedema. *Advances in Wound Care*. 2022;11(7):361-73. <https://doi.org/10.1089/wound.2021.0041>.

27. Tuckey B, Srbely J, Rigney G, Vythilingam M, Shah J. Impaired Lymphatic Drainage and Interstitial Inflammatory Stasis in Chronic Musculoskeletal and Idiopathic Pain Syndromes: Exploring a Novel Mechanism. *Frontiers in Pain Research*. 2021 Aug;2:691740. <https://doi.org/10.3389/fpain.2021.691740>.

28. Yang L, Wu B-Y, Wan C, Li H-W, Bian W-W, Ruan H. Indicators and medical tests to identify lower limb swelling causes after total knee arthroplasty: a Delphi study with multidisciplinary experts. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. 2023;18(1):573. <https://doi.org/10.1186/s13018-023-03980-6>.

29. Elsevier (n.d.). Postoperative edema — an overview. *ScienceDirect*. <https://www.sciencedirect.com/topics/medicine-and-dentistry/postoperative-edema>.

Отримано/Received 11.08.2025

Рецензовано/Revised 28.09.2025

Прийнято до друку/Accepted 02.10.2025

Information about authors

Oleksandr Loskutov, Academician of NAMSU, MD, DSc, PhD, Professor, Department of Traumatology and Orthopedics, Dnipro State Medical University, Dnipro, Ukraine; e-mail: LoskutovAE@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0003-0579-5642>

Oleksandr Oliynyk, MD, DSc, PhD, Professor, Acting Head of the Department of Traumatology and Orthopedics, Dnipro State Medical University, Dnipro, Ukraine; e-mail: alex66oleynik@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-0382-2590>

Oleg Loskutov, MD, DSc, PhD, Associate Professor at the Department of Surgery Diseases 2, Kyiv Medical University, Kyiv, Ukraine; e-mail: Uafaas12@gmail.com

Dmytro Sinegubov, PhD in Medicine, Associate Professor at the Department of Traumatology and Orthopedics, Dnipro State Medical University, Dnipro, Ukraine; e-mail: sinegubovda@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0003-2724-5588>

Dmytro Kysilevskyi, PhD in Medicine, Associate Professor at the Department of Surgery and Urology, Dnipro State Medical University, Dnipro, Ukraine; e-mail: drkis_md@i.ua; <https://orcid.org/0000-0002-1514-1493>

Conflicts of interests. Authors declare the absence of any conflicts of interests and own financial interest that might be construed to influence the results or interpretation of the manuscript.

O.E. Loskutov¹, O.E. Oliynyk¹, O.O. Loskutov², D.A. Sinegubov¹, D.O. Kysilevskyi¹

¹Dnipro State Medical University, Dnipro, Ukraine

²Kyiv Medical University, Kyiv, Ukraine

Drug correction of edema in patients after total knee arthroplasty

Abstract. Background. Total knee arthroplasty is an effective method of treating severe forms of gonarthrosis for today. The combination of clinical symptoms of gonarthrosis and chronic venous insufficiency is characterized by a greater severity of pain syndrome, functional disorders and a decrease in the quality of life and the development of pronounced edema of the soft tissues of the lower leg in the postoperative period. The purpose of the study was to investigate the dynamics of postoperative edema of the lower leg in patients after total knee arthroplasty when using a combination of 150 mg troxerutin and 1.5 mg carbazochrome administered as intramuscular injections. **Materials and methods.** Twenty-four patients (7 men, 17 women) who underwent total knee arthroplasty were examined. Their average age was 64.20 ± 5.68 years. The patients were prescribed the combination of 150 mg troxerutin and 1.5 mg carbazochrome (3 ml) intramuscularly once a day for 10 days after surgery. The dynamics of edema of the soft tissues of the lower leg was studied using the dynamic edema index. An integral quantitative index was obtained to determine the dynamics of edema as well. **Results.** In the postoperative period, there was an increase in the lower leg edema from the second day after surgery. The maximum value was observed

on the fourth day, and from the fifth day, the dynamic edema index began to decrease and reached negative numbers on the eleventh day, which indicated a decrease in the lower leg edema. Measurement of circumference at different levels of the lower leg showed that the maximum development of edema occurred on the fourth day after surgery. From the fifth day, the lower leg circumference decreased, and on the ninth day after surgery, it achieved preoperative values, which also indicated a decrease in edema. **Conclusions.** The use of intramuscular combination of 150 mg troxerutin and 1.5 mg carbazochrome (3 ml) in the postoperative period in patients after total knee arthroplasty allows to reduce effectively the manifestations of the lower leg edema, which contributes to a decrease in the intensity of pain syndrome, a faster restoration of the function of the knee joint and the operated limb, as well as improves treatment outcomes and the quality of life of patients. The combination of 150 mg troxerutin and 1.5 mg carbazochrome can be widely used in modern clinical practice after all orthopedic surgeries, in particular, knee arthroplasty, for injuries and edema of various origins.

Keywords: gonarthrosis; knee arthroplasty; postoperative edema; combination of troxerutin and carbazochrome

DOI: <https://doi.org/10.22141/1608-1706.5.26.2025.1042>Бондаренко С.Є.¹, Ватаманіца Д.Б.¹, Карпінська О.Д.¹, Козлова Т.В.², Бузницький Р.І.³¹ДУ «Інститут патології хребта та суглобів імені професора М.І. Ситенка НАМН України»,

м. Харків, Україна

²Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, м. Харків, Україна³Харківський національний медичний університет, м. Харків, Україна

Аналіз функціонального стану пацієнтів з переломами кульшової западини після ендопротезування в різні терміни після травми

Резюме. Актуальність. У ретроспективному когортному дослідженні проаналізовано функціональний стан пацієнтів з переломами кульшової западини після ендопротезування в різні терміни після травми.

Матеріали та методи. За Merle d'Aubigné Hip Score було оцінено функціональний стан 4 груп пацієнтів: у I групі (n = 28) протезування проводили у перші 2 роки після травми у зв'язку з ускладненням метало-остеосинтезу зони перелому; у II групі (n = 18) протезування виконали у період від 2 до 10 років через ускладнення після остеосинтезу, переважно у вигляді розвитку дегенеративних змін кульшового суглоба; пацієнти III групи (n = 8) перенесли протезування кульшового суглоба через 10 і більше років, основною причиною були вікові дегенеративні захворювання; до IV групи (n = 8) віднесені пацієнти, яким ендопротезування було зроблено одразу після травми. Порівняння між групами виконували за допомогою медіанного тесту для k-вибірок. Порівняння станів до та після ендопротезування проводили методом рангового критерію Wilcoxon (W, p). **Результати.** Проведення комбінованого ендопротезування у найближчі терміни після травми (IV група) дає відмінні результати, у пацієнтів практично не відмічається біль, поліпшується мобільність суглоба та здатність ходити. Пацієнти, у яких виникли ускладнення остеосинтезу у вигляді рецидиву вивиху, анкілоз або значне обмеження рухів, незрощення перелому (I група), потребували комбінованого ендопротезування кульшового суглоба. Через те, що стан суглоба у цих пацієнтів оцінювався як поганий, результати ендопротезування також були не найкращими. Пацієнти II та III груп потребували ендопротезування кульшового суглоба переважно через розвиток вторинних дегенеративних змін, тобто їхній стан до артропластики можна порівняти зі станом звичайних пацієнтів з коксартрозом і асептичним артрозом. Результат ендопротезування пацієнтів II групи переважно залежав від стану кульшової западини, тобто її здатності тримати навантаження, деяким пацієнтам було проведено комбіноване ендопротезування зі встановленням чашки. У III групі результати лікування перелому можна вважати гарними, тому ендопротезування кульшового суглоба через 10 і більше років після травми не потребувало особливих підходів. **Висновки.** За даними проведеного дослідження було доведено, що ендопротезування кульшового суглоба у пацієнтів з переломом кульшової западини у найближчі часи після травми сприяє швидкому одужанню пацієнтів без розвитку ускладнень. Артропластика, яка викликана ускладненням металоостеосинтезу, призводить до зниження функціональності суглоба порівняно з раннім ендопротезуванням.

Ключові слова: перелом кульшової западини; ендопротезування; ускладнення

© «Травма» / «Trauma» («Травма»), 2025

© Видавець Заславський О.Ю. / Publisher Zaslavsky O.Yu., 2025

Для кореспонденції: Карпінська Олена Дмитрівна, науковий співробітник, лабораторія біомеханіки, ДУ «Інститут патології хребта та суглобів імені професора М.І. Ситенка НАМН України», вул. Григорія Сковороди, 80, м. Харків, 61024, Україна; e-mail: helen.karpinska@gmail.com; тел.: +380 (99) 486-34-63, +380 (57) 725-14-74

For correspondence: Olena D. Karpinska, Research Fellow, Biomechanics Laboratory, Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology of NAMSU, Hryhoriya Skovorody st., 80, Kharkiv, 61024, Ukraine; e-mail: helen.karpinska@gmail.com; phone: +380 (99) 486-34-63, +380 (57) 725-14-74

Full list of authors information is available at the end of the article.

Вступ

Ендопротезування кульшового суглоба є одним з найефективніших оперативних втручань у сучасній ортопедії, що дозволяє відновити втрачену через різноманітні причини функцію кульшового суглоба [1].

Ортопедична спільнота на сьогодні з пересторогою ставиться до ендопротезування при переломах кульшової западини в гострий період травми. Здебільшого ендопротезування виконується після консолідації перелому на фоні розвитку вторинних змін суглоба, що унеможливають безболісне функціонування суглоба [2]. Ендопротезування в гострий період травми дозволяє заощадити час, необхідний для повноцінного відновлення функції кульшового суглоба, уникаючи низки етапних оперативних втручань, що зазвичай передують ендопротезуванню. Дискусійними залишаються певні технічні аспекти ендопротезування, зокрема стабільне встановлення ацетабулярного компонента ендопротеза за наявності перелому кульшової западини [3, 4]. Контroversійність безпосередньо ендопротезування в гострий період травми в сукупності з низкою парамедичних, соціальних факторів призводить до спорадичної реалізації такого одноетапного підходу та певного дефіциту пацієнтів [5]. Саме тому аналіз результатів лікування пацієнтів з переломами кульшової западини, до яких застосовувались різні лікувальні тактики, на матеріалі, який вдалося накопичити в ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І. Ситенка НАМН України» за останні 17 років, становить неабиякий дослідницький інтерес [4].

Мета: проаналізувати і порівняти функціональний стан пацієнтів з переломами кульшової западини після ендопротезування в різні терміни після травми.

Матеріали та методи

Досліджено медичну документацію 62 пацієнтів з переломами кульшової западини з архіву ДУ «ІПХС ім. проф. М.І. Ситенка НАМН України», які в період з 2006 до 2023 р. лікувались з приводу переломів кульшової западини в результаті травм або їх наслідків та ускладнень. З дослідження були виключені пацієнти з патологічними переломами кульшової западини, що виникли на фоні остеопорозу або пухлин. Слід зазначити, що первинне лікування більшості пацієнтів здійснювалося в інших установах в різні терміни після травми.

Пацієнти були поділені на 4 групи за термінами ендопротезування кульшового суглоба після первинної травми [6].

До I групи (n = 28) увійшли пацієнти, яким було проведено ендопротезування у перші 2 роки після травми через ускладнення остеосинтезу, такі як незрощення, рецидиви вивиху, анкілози тощо, тобто ускладнення, які неможливо було усунути без заміни суглоба.

До II групи (n = 18) потрапили пацієнти, які мали ускладнення після остеосинтезу переважно у вигляді розвитку дегенеративних змін кульшового суглоба і яким було проведено ендопротезування в період від 2 до 10 років після травми. У цю групу потрапили пацієнти, у яких ознаки руйнування суглоба були діагностовані у ранній (до 2 років) період, але ендопротезування виконувалося пізніше.

До III групи (n = 8) віднесли пацієнтів, яким ендопротезування суглоба було проведено через 10 і більше років після травми. Основною причиною є дегенеративні захворювання — коксартроз або асептичний некроз, який розвився з віком. Для цих пацієнтів результати остеосинтезу після перелому кульшової западини можна вважати позитивними.

До IV групи віднесені пацієнти, яким ендопротезування було зроблено одразу після травми з одночасним проведенням металоостеосинтезу (МОС) перелому (n = 8).

Вік пацієнтів на момент травми був від 20 до 63 років, в середньому $42,0 \pm 11,7$ року.

На кожному етапі спостереження було оцінено функціональний стан пацієнтів за Merle d'Aubigné Hip Score [7] за параметрами «біль», «мобільність суглоба», «здатність ходити» та за сумою балів. Визначали стан пацієнтів перед ендопротезуванням та через 12 місяців після нього. Для I, II, III груп оцінку проводили двічі — до та після ендопротезування, порівняння з IV групою здійснювали тільки за результатами після ендопротезування через неможливість провести оцінювання стану пацієнта.

Порівняння між групами виконували за допомогою медіанного тесту для k-вибірок. Медіанний тест позначається як χ^2 , оскільки він базується на χ^2 -статистиці для порівняння кількості значень, що лежать вище або нижче загальної медіани (χ^2 , p). Порівняння станів до та після ендопротезування проводили методом рангового критерію Wilcoxon (W, p) [8].

Таблиця 1. Результати порівняння за параметром «біль» до та після ендопротезування за опитувальником Merle d'Aubigné Hip Score (Me)

Група (n)	Біль		
	До	Після	W; p
I (28)	1,0	3,0	4,671; 0,001
II (18)	3,0	4,0	4,001; 0,001
III (8)	2,5	4,0	2,598; 0,009
IV (8)	–	5,0	–
χ^2 ; p	37,410; 0,001	44,870; 0,001	–

Результати

Результати аналізу функціонального стану пацієнтів з переломами кульшової западини за параметром «біль» наведено в табл. 1.

Як показано в табл. 1, найгірший результат оцінки болю був у I групі, тобто у тих, кому було проведено ендопротезування після невдалого остеосинтезу перелому кульшової западини. Оцінка болю у II та III групах була статистично ($p = 0,220$) однаковою, що підтверджено результатом медіанного тесту з визначенням однорідних підгруп (табл. 2). Як було зазначено вище, у період перед ендопротезуванням пацієнтів IV групи не оцінювали через тяжкий стан і неможливість проведення тесту. Після ендопротезування біль значущо ($p < 0,01$) знизився у всіх пацієнтів, у I, II та III групах результат оцінки був на межі статистичної значущості ($p = 0,05$) (табл. 2).

Графічно розподіл даних за оцінкою болю наведено на рис. 1.

За загальним результатом можна стверджувати, що після ендопротезування у пацієнтів відмічається зменшення больового синдрому. Якщо до лікування загаль-

на медіана болю оцінювалась як $Me = 2$, то після оцінка болю збільшилась до $Me = 4$.

Результати аналізу функціонального стану пацієнтів з переломами кульшової западини за параметром «мобільність суглоба» наведені в табл. 3.

За оцінкою стану суглобів у пацієнтів до лікування найгірший стан спостерігали в I групі, тобто у пацієнтів діагностували або стан анкілозу, або значне обмеження рухливості кульшового суглоба, що у більшості випадків стало підґрунтям для ендопротезування. У II групі пацієнтів стан суглоба статистично був близьким ($p = 0,070$) до I групи (табл. 4), хоча медіана оцінки була вище ($Me = 2$). У III групі оцінка мобільності значущо ($\alpha = 0,05$) була вищою. Мобільність суглоба після ендопротезування статистично значущо поліпшилася ($p < 0,01$).

Значущо ($\alpha = 0,05$) кращі результати після ендопротезування кульшового суглоба були в III та IV групах. Пацієнти I та II груп мали гірші результати.

Графічно розподіл оцінок мобільності суглоба до та після ендопротезування наведено на рис. 2

За даними, представленими на діаграмі (рис. 2), можна бачити, що до лікування у пацієнтів I та II груп оцін-

Таблиця 2. Результати порівняння груп за параметром «біль» до та після лікування за медіанним критерієм для k-вибірок

Група (n)	Біль (однорідні підгрупи) ($\alpha = 0,05$)			
	До лікування		Після лікування	
	1	2	1	2
I (28)	1,0	–	3,0	–
II (18)	–	2,5	4,0	–
III (8)	–	3,0	4,0	–
IV (8)	–	–	–	5,0
χ^2 ; p	–	1,507; 0,220	4,992; 0,050	–

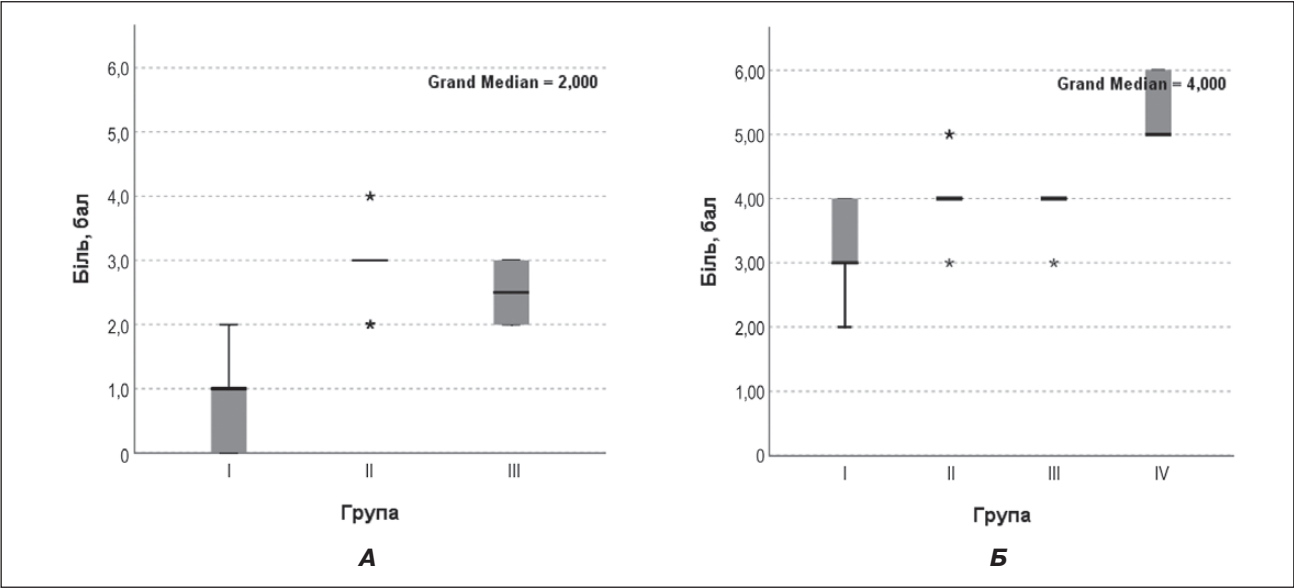


Рисунок 1. Коробчасті діаграми розподілу оцінок болю за Merle d'Aubigné Hip Score: А — до ендопротезування; Б — після ендопротезування

ки сягали 0 балів, що свідчить про відсутність рухливості суглоба, тоді як у III групі мінімальна оцінка становила 3 бали, що свідчить про обмеження рухливості суглоба. Зміщення медіан від 1 бала в I групі пацієнтів до 4 балів у III групі свідчить про кращий початковий стан суглоба.

Після ендопротезування спостерігається поліпшення рухливості суглоба. Треба відмітити, що при однаковій медіані в III та IV групах ($Me = 5$) у IV групі був менший розкид результату, тобто більше наближення до кращого результату.

Результати аналізу функціонального стану пацієнтів з переломами кульшової западини за параметром «здатність ходити» наведені в табл. 5.

Як і у попередніх тестах за Merle d'Aubigné Hip Score, найгірші показники були в I групі пацієнтів, тобто у них була обмежена здатність пересування. У пацієнтів II та III груп оцінки були однакові і становили в середньому 3 бали, тобто вони пересувалися з палицею, різниця в оцінці здатності пересування між I групою і сукупністю II та III груп значуща на рівні $\alpha = 0,05$. Піс-

Таблиця 3. Результати порівняння за параметром «мобільність суглобів» до та після ендопротезування за опитувальником Merle d'Aubigné Hip Score (Me)

Група (n)	Мобільність суглоба		
	До	Після	W; p
I (28)	1,0	3,0	4,591; 0,001
II (18)	2,0	4,0	3,830; 0,001
III (8)	4,0	5,0	2,828; 0,005
IV (8)	–	5,0	–
χ^2 ; p	47,057; 0,001	34,327; 0,001	–

Таблиця 4. Результати порівняння груп за параметром «мобільність суглобів» до та після лікування за медіанним критерієм для k-вибірок

Група (n)	Мобільність суглоба (однорідні підгрупи) ($\alpha = 0,05$)			
	До лікування		Після лікування	
	1	2	1	2
I (28)	1,0	–	3,0	–
II (18)	2,0	–	4,0	–
III (8)	–	4,0	–	5,0
IV (8)	–	–	–	5,0
χ^2 ; p	3,286; 0,070	–	1,755; 0,185	–

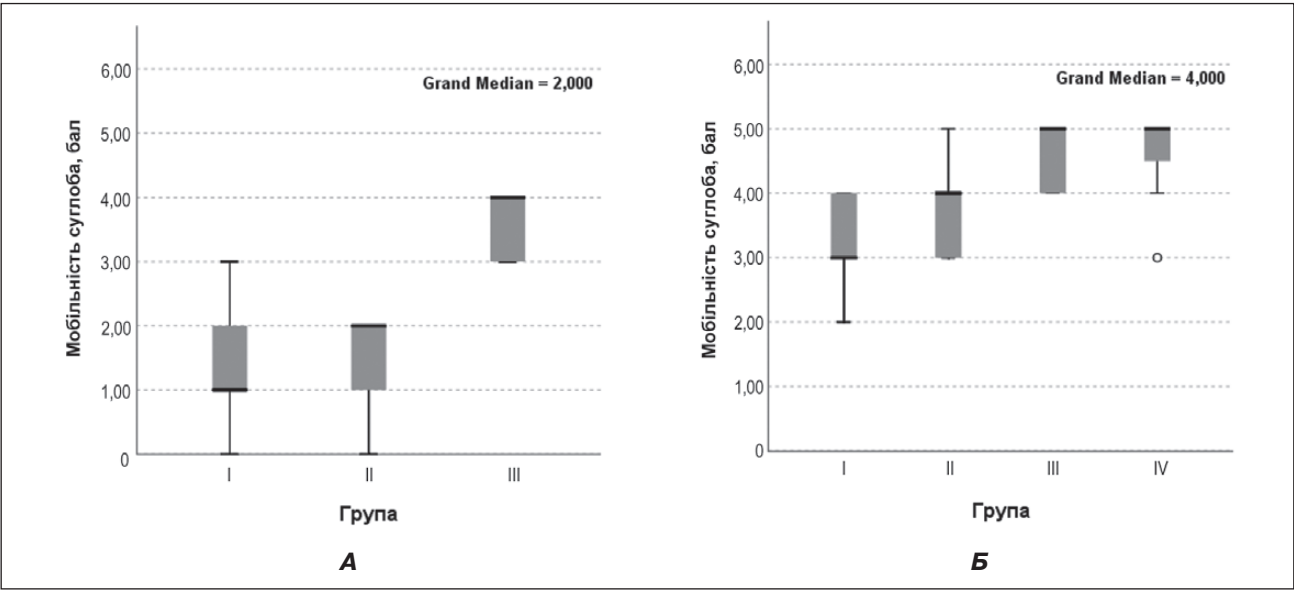


Рисунок 2. Коробчасті діаграми розподілу оцінок мобільності суглоба за Merle d'Aubigné Hip Score: А – до ендопротезування; Б – після ендопротезування

ля ендопротезування оцінка здатності ходиби значущо ($p < 0,01$) поліпшилася у всіх групах пацієнтів, хоча остаточний результат в I, II та III групах значущо був гіршим, ніж у IV групі (табл. 6).

Графічно результати оцінки здатності ходити наведено на рис. 3.

Як показано на діаграмі (рис. 3), до лікування в середньому у пацієнтів відмічали дуже низку здатність пересування з генеральною медіаною в 1 бал, а в II та III групах оцінка була вища, ніж в I групі. Після лікування загальний стан поліпшився у всіх пацієнтів, що

підтверджено рівнем головної медіани в 4 бали. Видно, що середній результат у перших трьох групах лежить на межі від 3 до 4 балів, а в IV групі сягнув 6 балів зі значною варіацією в 5 балів.

Сумарну оцінку за шкалою функціональності наведено в табл. 7.

За результатами аналізу (табл. 7) визначено, що до лікування загальна сума балів між групами значущо ($p = 0,001$) відрізнялась, що також підтверджено апостеріорним медіанним тестом (табл. 8). Відповідно і після ендопротезування кульшового суглоба розподіл резуль-

Таблиця 5. Результати порівняння за параметром «здатність ходити» до та після ендопротезування за опитувальником Merle d'Aubigné Hip Score (Me)

Група (n)	Здатність ходити		
	До	Після	W; p
I (28)	1,0	3,0	4,719; 0,001
II (18)	3,0	4,0	4,066; 0,001
III (8)	3,0	4,0	2,828; 0,005
IV (8)	–	6,0	–
χ^2 ; p	54,0; 0,001	53,264; 0,001	–

Таблиця 6. Результати порівняння груп за параметром «здатність ходити» до та після лікування за медіанним критерієм для k-вибірок

Група (n)	Здатність ходити (однорідні підгрупи) ($\alpha = 0,05$)			
	До лікування		Після лікування	
	1	2	1	2
I (28)	1,0	–	3,0	–
II (18)	–	3,0	4,0	–
III (8)	–	3,0	4,0	–
IV (8)	–	–	–	6,0

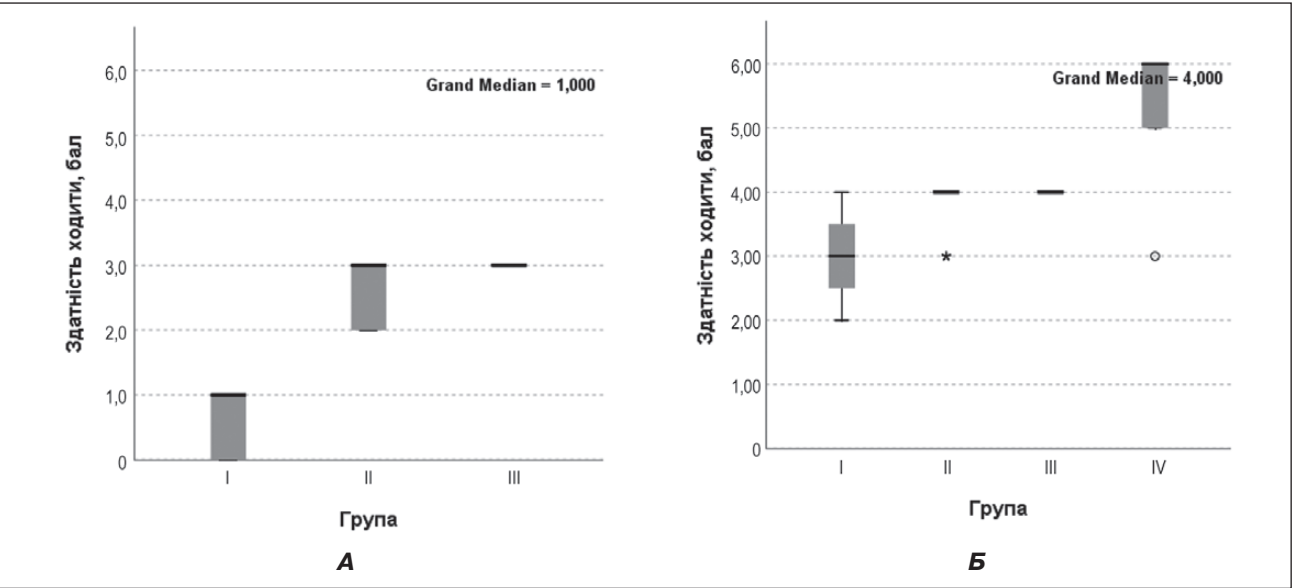


Рисунок 3. Коробчасті діаграми розподілу оцінок здатності ходити за Merle d'Aubigné Hip Score: А — до ендопротезування; Б — після ендопротезування

тату між групами статистично значущо ($p = 0,001$) був різним. Поліпшення стану суглоба відмічали у всіх групах.

Найгірший результат лікування спостерігали в I групі зі середнім значенням $Me = 10$, результат на рівні $\alpha = 0,05$ був гіршим, ніж у групах II та III, різниця між якими не значуща ($p = 0,059$). Найкращі, майже максимально можливі результати були в IV групі пацієнтів з середнім значенням $Me = 16$.

Графічно розподіл сумарної оцінки Merle d'Aubigné Hip Score наведено на рис. 4.

Як показано на діаграмі (рис. 4), до лікування загальний стан пацієнтів оцінювали в середньому на 5,5 бала, що оцінюється як поганий результат і є підставою для ендопротезування кульшового суглоба. Після лікування відмічено поліпшення стану до середньої оцінки $Me = 11$, що оцінюється як дуже гарний стан, але переважно за рахунок результатів III та IV груп. Ендопротезування пацієнтів I та II груп у середньому дає непогані результати, хоча у I групі можна спостерігати результат на рівні 6 балів (незадовільний).

Таблиця 7. Результати порівняння загальної суми балів за опитувальником Merle d'Aubigné Hip Score до та після ендопротезування (Me)

Група (n)	Сума балів		
	До	Після	W; p
I (28)	3,0	10,0	4,652; 0,001
II (18)	7,0	11,0	3,859; 0,001
III (8)	9,0	12,5	2,598; 0,009
IV (8)	–	16,0	–
χ^2 ; p	50,04; 0,001	39,492; 0,001	–

Таблиця 8. Результати порівняння груп за загальною сумою балів до та після лікування за медіанним критерієм для k-вибірок

Група (n)	Сума балів (однорідні підгрупи) ($\alpha = 0,05$)					
	До лікування			Після лікування		
	1	2	3	1	2	3
I (28)	3,0	–	–	10,0	–	–
II (18)	–	7,0	–	–	11,0	–
III (8)	–	–	9,0	–	12,5	–
IV (8)	–	–	–	–	–	16,0
χ^2 ; p	–	–	–	–	4,719; 0,059	–

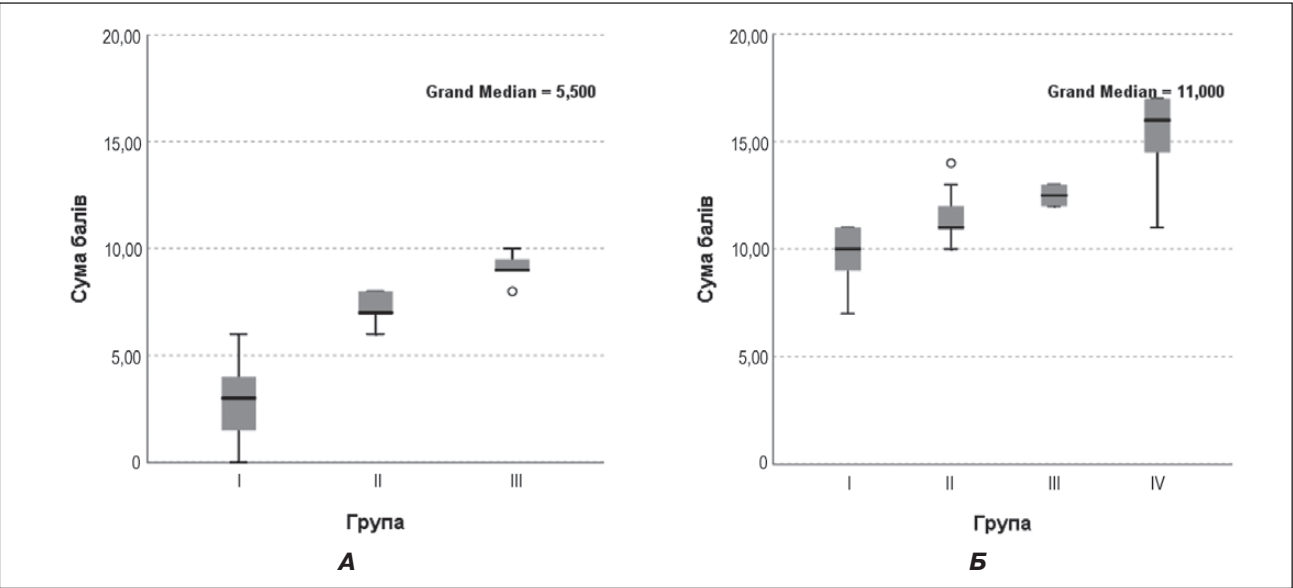


Рисунок 4. Коробчасті діаграми розподілу сумарної оцінки за Merle d'Aubigné Hip Score: А – до ендопротезування; Б – після ендопротезування

Обговорення

Проведений аналіз результатів ендопротезування кульшового суглоба у пацієнтів, які в анамнезі мали перелом кульшової западини у різні терміни до артропластики, довів, що виконання комбінованого ендопротезування у найближчі терміни після травми дає відмінні результати. У період 12 місяців після заміни суглоба у пацієнтів практично не відмічається біль, поліпшується мобільність суглоба та здатність ходити.

Пацієнти, в яких виникли ускладнення остеосинтезу у вигляді рецидиву вивиху, анкілозу або значного обмеження рухів, незрощення перелому, потребували комбінованого ендопротезування кульшового суглоба. Оскільки стан суглоба у цих пацієнтів оцінювався як поганий, результати ендопротезування також були не найкращими.

Пацієнти II та III груп потребували ендопротезування кульшового суглоба переважно через розвиток вторинних дегенеративних змін, тобто їх стан до артропластики можна порівняти зі станом звичайних пацієнтів з коксартрозом і асептичним артрозом. Результат ендопротезування пацієнтів II групи переважно залежав від стану кульшової западини, тобто її здатності тримати навантаження. Деяким пацієнтам було проведене комбіноване ендопротезування зі встановленням чашки. У III групі результати лікування перелому можна вважати гарними, тому ендопротезування кульшового суглоба через 10 і більше років після травми не потребувало особливих підходів.

Результати аналізу клінічного матеріалу узгоджуються з результатами проведеного раніше математичного моделювання, яке висвітлює переваги раннього ендопротезування в комбінації з елементами МОС внаслідок переломів кульшової западини [9, 10].

У систематичному огляді з метааналізом S. Esmaciли зі співавторами [11] вивчали фактори ризику щодо несприятливих результатів лікування переломів кульшової западини, які призводять до подальшої необхідності тотального ендопротезування. Дослідники визначили основні показники, які можуть впливати на результат попереднього МОС. Зокрема, це вік: у пацієнтів молодшого віку репозиція переломів частіше веде до сприятливих результатів, тоді як у пацієнтів старше 60 років частіше розвиваються стани, які потребують ендопротезування [12, 13].

У дослідженні N. Lundin зі співавторами [14] проаналізовані ризики повторних операцій після переломів кульшової западини. Було визначено, що рівень ускладнень після операції з приводу перелому кульшової западини був високим, а хірургічне лікування з первинною тотальною артропластикою кульшової западини було пов'язане зі зниженим ризиком повторної операції.

У ретроспективному аналізі К. Mohanty зі співавторами [15] розглянуто 7 випадків незрощення кульшової западини внаслідок високоенергетичних травм (ДТП). Діагноз незрощення було встановлено в середньому через 5,8 місяця з моменту первинної травми, незважаючи на повторні операції для зрощення переломів, 5 пацієнтів потребували тотальної заміни суглоба.

Результати проведеного короткого огляду літератури узгоджуються з нашим дослідженням. Отже, первинне ендопротезування у найближчі терміни після травми зменшує ризик віддалених ускладнень. При ускладненнях первинного МОС перелому кульшової западини пацієнти краще переносять ендопротезування, ніж повторні операції, пов'язані з фіксацією перелому. Все ж таки перелом кульшової западини призводить до травматизації поверхонь хряща, що прискорює розвиток дегенеративних процесів, особливо у пацієнтів старшого віку.

Висновки

За даними проведеного дослідження було доведено, що ендопротезування кульшового суглоба у пацієнтів з переломом кульшової западини у найближчий час після травми сприяє швидкому одужанню пацієнтів без розвитку ускладнень. Артропластика, яка викликана ускладненнями МОС, призводить до зниження функціональності суглоба порівняно з раннім ендопротезуванням.

Результати віддаленої (більше 5 років) заміни суглоба у пацієнтів мало залежать від впливу травми кульшової западини і більше пов'язані з захворюваннями суглобів, які розвиваються з віком.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів та власної фінансової зацікавленості при підготовці даної статті.

Внесок авторів. Бондаренко С.Є. — критичний огляд, остаточне затвердження статті; Ватаманіца Д.Б. — концепція та дизайн роботи, збір та аналіз даних, написання статті; Карпінська О.Д. — відповідальність за статистичний аналіз, написання статті; Козлова Т.В. — концепція та дизайн роботи, критичний огляд; Бузницький Р.І. — збір та аналіз даних, відповідальність за статистичний аналіз.

Список літератури

1. Melhem E, Riouallon G, Habboubi K, Gabbas M, Jouffroy P. Epidemiology of pelvic and acetabular fractures in France. *OTSR*. 2020;106(5):831-839. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2019.11.019>.
2. Nicol GM, Sanders EB, Kim PR, Beaulé PE, Gofton WT, Grammatopoulos G. Outcomes of Total Hip Arthroplasty After Acetabular Open Reduction and Internal Fixation in the Elderly-Acute vs Delayed Total Hip Arthroplasty. *The Journal of arthroplasty*. 2021;36(2):605-611. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2020.08.022>.
3. Kim JW, Herbert B, Hao J, Min W, Ziran BH, Maufrey C. Acetabular fractures in elderly patients: a comparative study of low-energy versus high-energy injuries. *International orthopaedics*. 2015;39(6):1175-1179. <https://doi.org/10.1007/s00264-015-2711-0>.
4. Жигун А.І. Наслідки переломів кульшової западини: прогнозування, діагностика, лікування (клініко-експериментальне дослідження): дис. ... д-ра мед. наук. Харків. 2010. 307 с.

5. Ziran N, Soles G, Matta JM. Outcomes after surgical treatment of acetabular fractures: A review. *Patient Safety in Surgery*. 2019;13:16. <https://doi.org/10.1186/s13037-019-0196-2>.
6. Ватаманіца Д., Бондаренко С., Скорик І., Козлова Т., Карпінська О., Карпінський М. Аналіз ризиків виникнення ускладнень після металоостеосинтезу з приводу переломів вертлюжної западини. *Травма*. 2025;26(2):80-4. doi: 10.22141/1608-1706.2.26.2025.1004.
7. Ugino FK, Righetti CM, Alves DP, Guimarães RP, Honda EK, Ono NK. Evaluation of the reliability of the modified Merle d'Aubigné and Postel Method. *Acta Ortopédica Brasileira*. 2012;20(4):213-217. <https://doi.org/10.1590/S1413-78522012000400004>.
8. Everitt BS, Skrondal A. *The Cambridge dictionary of statistics* (3rd ed.). Cambridge University Press. 2006. 432 p.
9. Вирва О.Є., Ватаманіца Д.Б., Карпінський М.Ю., Яресько О.В. Математичне моделювання деформацій кульшової западини після переломів типу 62-B1.3 за класифікацією АО/ASIF та ендопротезування в комбінації з остеосинтезом. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 2022;3-4:39-44. <https://doi.org/10.15674/0030-598720223-439-44>.
10. Вирва О.Є., Ватаманіца Д.Б., Карпінський М.Ю., Яресько О.В. Перелом вертлюгової западини типу 62-B1.3 (АО/ASIF). *Напружено-деформований стан системи «ендопротез — таз» (частина друга)*. *Травма*. 2023;24(1):6-14. <https://doi.org/10.22141/1608-1706.1.24.2023.925>.
11. Esmaeili S, Shaker F, Ghaseminejad-Raeini A, Baghchi M, Sajadi SM, Shafiei SH. Risk factors for acetabular fracture treatment failure: a systematic review and meta-analysis. *BMC musculoskeletal disorders*. 2024;25(1):976. <https://doi.org/10.1186/s12891-024-08114-5>.
12. Khoshbin A, Hoit G, Henry PDG, Paterson JM, Huang A, Atrey A, et al. Risk of Total Hip Arthroplasty After Acetabular Fracture Fixation: The Importance of Age. *The Journal of arthroplasty*. 2021;36(9):3194-3199.e1. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2021.04.025>.
13. Rollmann MF, Holstein JH, Pohlemann T, Herath SC, Histing T, Braun BJ, et al. Predictors for secondary hip osteoarthritis after acetabular fractures — a pelvic registry study. *International orthopaedics*. 2019;43(9):2167-2173. <https://doi.org/10.1007/s00264-018-4169-3>.
14. Lundin N, Berg HE, Enocson A. Complications after surgical treatment of acetabular fractures: a 5-year follow-up of 229 patients. *European journal of orthopaedic surgery & traumatology*. 2023;33(4):1245-1253. <https://doi.org/10.1007/s00590-022-03284-1>.
15. Mohanty K, Taha W, Powell JN. Non-union of acetabular fractures. *Injury*. 2004;35(8):787-790. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2003.11.022>.

Отримано/Received 06.09.2025

Рецензовано/Revised 19.09.2025

Прийнято до друку/Accepted 17.10.2025

Information about authors

Stanislav Ye. Bondarenko, MD, DSc, PhD, Professor, Director of the Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology of NAMSU, Kharkiv, Ukraine; e-mail: bondarenke@gmail.com; phone/fax: +380 (57) 725-14-00; <https://orcid.org/0000-0003-2463-5919>

Dmytro B. Vatamanitsa, PhD-student at the Department of Bone Oncology, Physician at the Department of Emergency Traumatology and Reconstructive Surgery, Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology of NAMSU, Kharkiv, Ukraine; e-mail: dmitryvatamanica@gmail.com; phone: +380 (66) 158-89-82; <https://orcid.org/0000-0002-0713-3303>

Olena D. Karpinska, Research Fellow, Biomechanics Laboratory, Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology of NAMSU, Kharkiv, Ukraine; e-mail: helen.karpinska@gmail.com; phone: +380 (99) 486-34-63, +380 (57) 725-14-74; <https://orcid.org/0000-0002-1482-7733>

Tetiana V. Kozlova, PhD in Medicine, Associate Professor, Department of General Surgery, Anesthesiology and Palliative Medicine, V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine; e-mail: wladislavovna54@gmail.com; phone: +380 (57) 707-52-55; <https://orcid.org/0000-0003-0432-6967>

Ruslan I. Buznytskyi, PhD in Medicine, Associate Professor, Department of Traumatology and Orthopedics, Physical and Rehabilitation Medicine, Postgraduate Education Institute, Kharkiv National Medical University, Kharkiv, Ukraine; e-mail: ruslan3buz@gmail.com; phone: +380 (50) 605-62-30; <https://orcid.org/0009-0009-4545-1001>

Conflicts of interests. Authors declare the absence of any conflicts of interests and own financial interest that might be construed to influence the results or interpretation of the manuscript.

Authors' contribution. S.Ye. Bondarenko — critical review, final approval of the article; D.B. Vatamanitsa — concept and design of the work, data collection and analysis, article writing; O.D. Karpinska — responsibility for statistical analysis, writing of the article; T.V. Kozlova — concept and design of the work, critical review; R.I. Buznytskyi — data collection and analysis, responsibility for statistical analysis.

S.Ye. Bondarenko¹, D.B. Vatamanitsa¹, O.D. Karpinska¹, T.V. Kozlova², R.I. Buznytskyi³

¹Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology of NAMSU, Kharkiv, Ukraine

²V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine

³Kharkiv National Medical University, Kharkiv, Ukraine

Analysis of the functional state of patients with acetabular fractures after arthroplasty at various times after injury

Abstract. Background. A retrospective cohort study analyzed the functional state of patients with acetabular fractures after arthroplasty at different times after injury. **Materials and methods.** The functional state of 4 groups of patients was assessed using the Merle d'Aubigné Hip Score: group I (n = 28) underwent arthroplasty in the first 2 years after the injury due to complications of osteosynthesis of the fracture zone, group II (n = 18) had arthroplasty in the period from 2 to 10 years due to complications after osteosynthesis,

mainly in the form of degenerative changes in the hip joint, group III (n = 8) underwent hip arthroplasty after 10 or more years, with the main reason being age-related degenerative diseases; group IV (n = 8) included patients who underwent arthroplasty immediately after the injury. Comparisons between groups were performed using the median test for k-samples. Comparisons of states before and after arthroplasty were performed using the Wilcoxon rank criterion (W, p). **Results.** Combined hip arthroplasty in the imme-

diate post-traumatic period (group IV) gives excellent results, the patients have practically no pain, joint mobility and walking ability improve. Patients who had complications of osteosynthesis in the form of recurrent dislocation, ankylosis or significant limitation of movements, non-union of the fracture (group I) required combined hip arthroplasty. Since the condition of the joint in these patients was assessed as poor, the results of the arthroplasty were also not the best. Patients in groups II and III required hip arthroplasty mainly due to the development of secondary degenerative changes, i.e. their condition before arthroplasty can be compared to the condition of ordinary patients with coxarthrosis and aseptic arthrosis. The result of arthroplasty in group II mainly depended

on the condition of the acetabulum, i.e. its ability to hold the load, some patients underwent combined arthroplasty with the installation of a cup. In group III, the outcome of fracture treatment can be considered good, therefore, hip arthroplasty 10 or more years after the injury did not require special approaches. **Conclusions.** According to the data of the conducted study, it was proven that hip arthroplasty shortly after the injury in patients with acetabular fracture contributes to the rapid recovery without the development of complications. Arthroplasty caused by a complication of osteosynthesis leads to a decrease in the joint functionality compared to early arthroplasty.

Keywords: acetabular fracture; arthroplasty; complications

УДК 616.718.5-089.84

Рушай А.К., Кучин Ю.Л.

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

Одночасне лікування дефектів великогомілкової кістки та дефектів м'яких тканин з використанням дистракційного остеогенезу

Резюме. Актуальність. Сегментарні дефекти великогомілкової кістки з інфікованими дефектами м'яких тканин є складними випадками в ортопедичній хірургії. Сучасні підходи включають кісткову пластику, як-от автогенний або вільний судинний фібулярний трансплантат, компресійно-дистракційний остеогенез, індукована мембрана (техніка Маскалет). Усі ці методи мають свої недоліки. **Мета роботи:** поліпшення результатів лікування дефектів великогомілкової кістки та дефектів м'яких тканин з використанням дистракційного остеогенезу на основі проведення системного аналізу причин розвитку ускладнень, виявлення недоліків загальноприйнятих методів; запропонування комплексного лікування і загальна оцінка клінічних ефектів. **Матеріали та методи.** Було відібрано 17 потерпілих з інфікованими дефектами ($5,21 \pm 0,24$ см) великогомілкової кістки і м'яких тканин гомілки, у лікуванні яких застосовувалася запропонована технологія білокального остеосинтезу кільцевими фіксаторами (КФ). Проведення білокального остеосинтезу було складовою частиною комплексного лікування інфікованих кістково-м'якотканинних дефектів. Компресійно-дистракційне транспортування досягалося механічно шляхом приєднання сегментарного фрагмента за допомогою кільцевого спицестрижневого фіксатора зі спицями, проведеними у різних площинах і на різних рівнях. Після демонтажу КФ накладалася система напівжорсткої функціональної фіксації пов'язкою Scotchcast/Softcast. Проводився багатоетапний дебридмент, використання ВАК-терапії. Больовий синдром при проведенні втручань вів до поглиблення судинних порушень. З метою їх профілактики ми проводили мультимодальне періопераційне знеболювання. **Результати.** Дистракційний метод дозволяв здійснити заміщення інфікованого дефекту великогомілкової кістки, м'яких тканин шляхом механічного зменшення розміру дефекту і поліпшення судинного кровопостачання. Комплексна терапія (мультимодальне періопераційне знеболювання із застосуванням Дексалгіну®, інфулгану, перидуральної анестезії маркаїном, антибактеріальна терапія, етапний дебридмент, ВАК-терапія, напівжорсткі пов'язки) дозволила досягти непоганих результатів. З огляду на тяжкість ураження ми вважаємо такий результат обнадійливим. **Висновки.** Метод компресійно-дистракційного остеогенезу за допомогою КФ довів свою ефективність у лікуванні незрощених кісток із сегментарними дефектами великогомілкової кістки й інфікованими дефектами м'яких тканин. Важливою складовою лікування порушень у м'яких тканинах є консервативна терапія, зокрема проведення мультимодального періопераційного знеболювання з Дексалгіном®.

Ключові слова: дистракційний остеогенез; дефект кістки та м'яких тканин

Вступ

Сегментарні дефекти великогомілкової кістки з інфікованими дефектами м'яких тканин є складними випадками в ортопедичній хірургії. Зазвичай незрощення великогомілкової кістки пов'язане з типом травми та її тяжкістю, а також ступенем від-

шарування періосту та м'яких тканин, розвитком інфекції.

З клінічної та економічної точки зору ці патологічні утворення залишаються великою проблемою. Незважаючи на потребу в доказовій базі прийняття рішень, досі бракує консенсусу навіть щодо їх визначень. Так-

© «Травма» / «Trauma» («Травма»), 2025

© Видавець Заславський О.Ю. / Publisher Zaslavsky O.Yu., 2025

Для кореспонденції: Рушай Анатолій Кирилович, доктор медичних наук, професор, кафедра хірургії, анестезіології та інтенсивної терапії, Інститут післядипломної освіти, Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, бульв. Тараса Шевченка, 13, м. Київ, 01601, Україна; e-mail: Anatoliyrushay@gmail.com; tel.: +380 (97) 359-53-34

For correspondence: Anatoliy Rushay, MD, DSc, PhD, Professor, Department of Surgery, Anesthesiology and Intensive Care, Postgraduate Education Institute, Bogomolets National Medical University, Taras Shevchenko boulevard, 13, Kyiv, 01601, Ukraine; e-mail: Anatoliyrushay@gmail.com; phone: +380 (97) 359-53-34

Full list of authors information is available at the end of the article.

тика лікування здебільшого базується на індивідуальному підході. Сучасні підходи включають кісткову пластику, як-от автогенний або вільний судинний фібулярний трансплантат, компресійно-дистракційний остеогенез, індукована мембрана (техніка Маскалет (Masquelet)). Також проводяться деякі дослідження та розробки в галузі тканинної інженерії [1–4]. Але всі ці методи мають свої недоліки, як-от болісність донорської ділянки, стресові переломи зони пластики, а також обмеження залежно від розміру кісткового дефекту. Крім того, жодна з них не в змозі одночасно усунути всі ускладнення, спричинені основною патологією, як-от дефекти м'яких тканин, контрактури суміжних суглобів тощо.

Мета роботи: поліпшення результатів лікування дефектів великогомілкової кістки й дефектів м'яких тканин з використанням distraкційного остеогенезу на основі проведення системного аналізу причин розвитку ускладнень, виявлення недоліків загальноприйнятих методів; запропонування комплексного лікування і загальна оцінка клінічних ефектів.

Завдання:

1. Виявити порушення при інфікованих дефектах великогомілкової кістки та дефектах м'яких тканин.
2. За результатами аналізу запропонувати поліпшення лікувальної тактики, оцінити клінічну ефективність поліпшень.

Матеріали та методи

Критеріям включення відповідали 17 пацієнтів з інфікованими дефектами ($5,21 \pm 0,24$ см) великогомілкової кістки і м'яких тканин гомілки, у лікуванні яких застосовувалася технологія білокального остеосинтезу кільцевими фіксаторами (КФ). Чоловіків було 12, жінок — 5. Середній вік становив $43,10 \pm 0,24$ року. За оцінкою системою Non-Union Scoring System, усі випадки потребували складної комплексної спеціалізованої медичної допомоги з можливим позитивним результатом (кількість балів від 51 до 75). Проведен-

ня білокального остеосинтезу було складовою частиною комплексного лікування інфікованих кістково-м'якотканинних дефектів. Важливими частинами його були:

— компресійно-дистракційний остеогенез — це методика спонтанного утворення васкуляризованої кістки під час подовження реконструктивної процедури навіть у межах інфікованих м'якотканинних дефектів. Методика використовує природну здатність кістки до регенерації при проведенні distraкції кісткових уламків;

— кортикотомія, яку виконували у здоровій кістці на деякій відстані від місця дефекту, щоб створити вільний сегмент живої кістки («транспорт») за запропонованою малотравматичною технікою [5], який далі транспортується до місця дефекту.

Під час цього процесу спостерігається утворення нової васкуляризованої кістки між кортикотомічними поверхнями. Процес формування кістки в distraкційній щілині відбувається гістологічно подібно до внутрішньомембранної осифікації [6, 7]. Дані наших досліджень свідчать, що дефекти великогомілкової кістки та м'яких тканин супроводжуються розвитком судинних порушень за типом венозної недостатності [8]. Проведення distraкційного остеогенезу супроводжується поліпшенням васкуляризації м'яких тканин.

Компресійно-дистракційне транспортування досягалося механічно шляхом приєднання сегментарного фрагмента за допомогою кільцевого спицестрижневого фіксатора зі спицями, проведеними у різних площинах і на різних рівнях (рис. 1).

В експерименті ми доказали, що такі конструктивні удосконалення максимально підвищують жорсткісні характеристики КФ і дозволяють уникнути багатьох недоліків і ускладнень [9]. Після демонтажу КФ накладася система напівжорсткої функціональної фіксації пов'язкою Scotchcast/Softcast (рис. 2).

Застосування змінного методу фіксації забезпечувало можливості функціонального використання кінців-

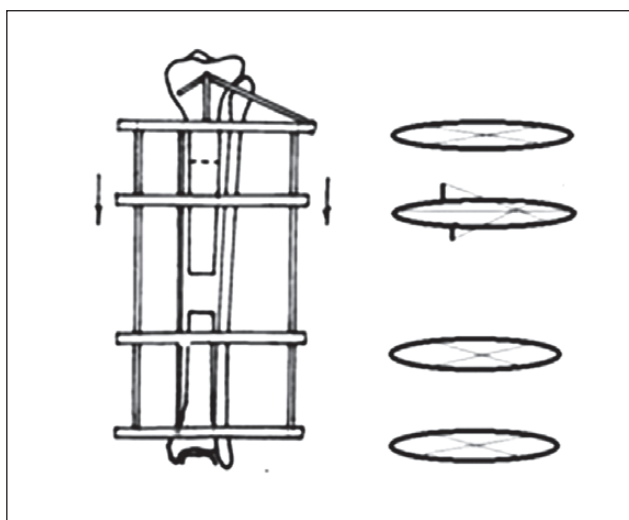


Рисунок 1. Схема конструкції КФ



Рисунок 2. Схема системи напівжорсткої функціональної фіксації пов'язкою Scotchcast/Softcast



Рисунок 3. Хворий С., 47 років. Післятравматичний інфікований дефект великогомілкової кістки та м'яких тканин правої гомілки. Етапи лікування і отриманий функціональний результат

ки з повноцінним осьовим навантаженням без ризику деформації дистракційного регенерату.

Дистракційний метод був не єдиним в оптимізації лікування інфікованих дефектів м'яких тканин. Проводився багатоетапний дебридмент, використання пов'язок зі створенням негативного атмосферного тиску — ВАК-терапія, або вакуумна терапія ран (Vacuum-Assisted Closure).

Реконструктивні втручання потенційно можуть погіршити стан тканин сегмента. Так, больовий синдром веде до поглиблення судинних порушень. З метою їх профілактики ми проводили мультимодальне періопераційне знеболювання. Воно складалася з Дексалгіну®, інфулгану, перидуральної анестезії маркаїном. Дексалгін® внутрішньом'язово вводили перед втручанням з метою премедикації; ін'єкції повторювали через 12 годин упродовж 3 днів з метою мінімізації використання опіодних препаратів у премедикації і найближчому післяопераційному періоді. Застосування у періопераційному мультимодальному знеболюванні безпечного нестероїдного протизапального препарату Дексалгін® з вираженою знеболювальною дією в комбінації з розчином парацетамолу (інфулган) дозволило мінімізувати використання опіодних препаратів у післяопераційному періоді (призначалися лише 3 хворим), що теж вплинуло на функціональні результати.

У хворих клінічно оцінювали розвиток післяопераційного больового синдрому на підставі показників інтенсивності болю за візуально-аналоговою шкалою протягом 48 годин.

Антибактеріальна терапія здійснювалася препаратами, які були активні до більшості збудників, виявлених у відділенні чи в індивідуальному посіві. Перевагу віддавали сульбактамним препаратам і фторхінолонам.

Отримані результати лікування постраждалих з інфікованими дефектами великогомілкової кістки і м'яких тканин гомілки з використанням КФ в білокальному

режимі оцінювалися за шкалою функціональної активності нижньої кінцівки The Lower Extremity Functional Scale (LEFS), а також довготривалістю досягнутого ефекту.

Результати

Дистракційний метод КФ дозволяв здійснити заміщення інфікованого дефекту великогомілкової кістки, м'яких тканин шляхом механічного зменшення розміру дефекту і поліпшення судинного кровопостачання. Комплексна терапія (мультимодальне періопераційне знеболювання із застосуванням Дексалгіну®, інфулгану, перидуральної анестезії маркаїном, антибактеріальна терапія, етапний дебридмент, ВАК-терапія, напівжорсткі пов'язки) дозволила досягти непоганих результатів. Наводимо приклад клінічного випадку (рис. 3).

Спицестрижневі апарати монтувалися на суцільних штангах. У кільці, яким здійснювалося низведення остеотомованого сегмента, проводилися спиці на виносах для запобігання його закиданню. Напівзакрита остеотомія проводилася віялоподібно долотом з поперекового розрізу до 2 см, з утворенням скалкового перелому.

Застосування у періопераційному мультимодальному знеболюванні безпечного нестероїдного протизапального препарату Дексалгін® з вираженою знеболювальною дією в комбінації з розчином парацетамолу (інфулган) було достатнім, дозволило мінімізувати використання опіодних препаратів у післяопераційному періоді (призначалися лише 3 хворим), що теж вплинуло на функціональні результати. Через 12 годин після початку операції біль оцінювався пацієнтами як терпимий ($6,75 \pm 0,80$ бала). З ослабленням дії спинномозкової анестезії основним напрямком знеболювання було пригнічення декскетопрофеном трансдукції (ноцицептивної рецепції), трансмісії (передачі ноцицеп-

тивної інформації в інтегративні центри центральної нервової системи) і меншою мірою — модуляції (пресинаптичного гальмування). Через 12 годин після початку операції дія спинномозкової анестезії практично припинялася, а больова імпульсація була значною. Знеболювання забезпечувалося дією Дексалгіну® (пригнічення механізмів як центрального, так і периферичного генезу болю). Через 24 і 48 годин після втручання ($3,05 \pm 0,70$ і $2,15 \pm 0,60$ бала відповідно) біль був слабо виражений і легко переносився хворими.

Отриманий результат білокального остеосинтезу слід вважати обнадійливим. Методика потребує подальшого вивчення. Були отримані такі результати лікування постраждалих з незрощеннями кісток гомілки з використанням КФ у білокальному режимі за шкалою LEFS: незадовільна оцінка — в 1 випадку (6,2 %); задовільні результати — у 7 спостереженнях (43,8 %); добрими результати були визнані в 7 випадках (43,8 %), а відмінними — в 1 (6,2 %). З огляду на тяжкість ураження ми вважаємо такий результат обнадійливим. Зважаючи на невелику кількість спостережень, слід у подальшому дослідити ефективність запропонованого комплексного лікування.

Висновки

1. Метод компресійно-дистракційного остеогенезу за допомогою КФ довів свою ефективність у лікуванні незрощених кісток із сегментарними дефектами великогомілкової кістки й інфікованими дефектами м'яких тканин.

2. Важливою складовою лікування порушень у м'яких тканинах є консервативна терапія, зокрема проведення мультимодального періопераційного знеболювання з Дексалгіном®.

Список літератури

1. Baida M, Rushay A, Martynchuk O. Clinical case of treatment of septic defect of bone and soft tissues of the lower leg. *Ukrainian Scientific Medical Youth Journal*. 2025;144(1):125-127. [https://doi.org/10.32345/USMJ.1\(144\).2024.125-127](https://doi.org/10.32345/USMJ.1(144).2024.125-127).

2. Рушай А.К., Байда М.В., Мартинчук О.О. Використання антизгортальних препаратів у комплексному лікуванні незрощень кісток гомілки. *Медицина України*. 2022;18(4):57-65. <https://doi.org/10.32345/2664-4738.4.2022.09>.

3. Dujardyn J. Treatment of delayed union or non-union of the tibial shaft with partial fibulectomy and an Ilizarov frame. *Acta Orthop Belg*. 2007;7(3):630-6342.

4. Cuthbert RJ, Jones E, Sanjurjo-Rodríguez C, Lotfy A, Ganguly P, Churchman SM, et al. Regulation of Angiogenesis Discriminates Tissue Resident MSCs from Effective and Defective Osteogenic Environments. *Journal of Clinical Medicine*. 2020;9(6):1628. <https://doi.org/10.3390/jcm9061628>.

5. Рушай А.К., Погоріляк А.Й., Варін В.В., Борзих О.В. Патент № 62162. Україна, МПК А61К 31/00, А61Р 19/00. *Опубл.*: 15.12.2003. <http://uapatents.com/2-62162-sposib-osteotomi-pri-plastici-kistkovikh-defektiv-dovgikh-kistok-kin-civok-za-ilizarovim.html>.

6. Chaudhary MM, Jain S, Pragadeeswaran V, Lakshani PH. Infected lower tibial nonunions without bone grafting — Reliable union using the Ilizarov technique. *Journal of Limb Lengthening & Reconstruction*. 2015;1(1):21-28. <https://doi.org/10.4103/2455-3719.168745>.

7. Рушай А.К., Кучин Ю.Л. Удосконалення у комплексному лікуванні незрощень кісток гомілки з використанням кільцевих фіксаторів. *Медицина України*. 2025;21(1):3-11. <https://doi.org/10.32345/2664-4738.1.2025.01>.

8. Рушай А.К. Кільцеві фіксатори як основний метод при відкритих переломах гомілки. *Травма*. 2025;26(2):19-22. <http://www.mif-ua.com/archive/article/54485>.

9. Рушай А.К., Жагдаль А.А., Мартинчук О.О., Байда М.В. Мультимодальне знеболювання як складова частина лікувального комплексу у хворих із незрощеннями кісток гомілки в періопераційному періоді. *Медицина невідкладних станів*. 2020;16(6):46-49. <https://doi.org/10.22141/2224-0586.16.6.2020.216508>.

Отримано/Received 04.09.2025

Рецензовано/Revised 16.10.2025

Прийнято до друку/Accepted 20.10.2025

Information about authors

Anatoliy Rushay, MD, DSc, PhD, Professor, Department of Surgery, Anesthesiology and Intensive Care, Postgraduate Education Institute, Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine; e-mail: Anatoliyrushay@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-9530-2321>

Iurii Kuchyn, MD, DSc, PhD, Corresponding Member of NAMSU, Professor at the Department of Surgery, Anesthesiology and Intensive Care, Director of the Postgraduate Education Institute, Rector of the Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine; e-mail: kuchyn2@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-9667-1911>

A.K. Rushay, Y.L. Kuchyn
Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

Simultaneous treatment of tibial defects and soft tissue defects using distraction osteogenesis

Abstract. Background. Segmental tibial defects with infected soft tissue defects are challenging cases to be addressed in orthopedic surgery. Current approaches include bone grafting, such as autogenous or free vascularized fibular graft, compression-distraction osteogenesis, and induced membrane (Masquelet technique). All these methods have drawbacks. The purpose of the work is to improve treatment outcomes in tibial defects and soft tissue defects

using distraction osteogenesis based on a systematic analysis of the causes of complications, identification of the shortcomings of conventional methods, proposal of comprehensive treatment and overall assessment of clinical effects. **Materials and methods.** Seventeen victims with infected defects (5.21 ± 0.24 cm) of the tibia and soft tissues of the lower leg were treated using the technology of bilocal osteosynthesis with ring fixators. Bilocal osteosynthesis was

an integral part of comprehensive treatment for infected bone and soft tissue defects. Compression-distraction transport was achieved mechanically by attaching a segmental fragment using a ring spoke-rod fixator with spokes in different planes and at different levels. After dismantling the fixator, a semi-rigid functional fixation system was applied with a Scotchcast/Softcast bandage. Multistage debridement was performed, as well as vacuum-assisted closure. The pain syndrome during the interventions led to a deepening of vascular disorders. In order to prevent them, we performed multimodal perioperative analgesia. **Results.** The distraction method allowed for replacement of the infected tibial and soft tissue defect by mechanical reduction of the defect size and improvement of vas-

cular supply. Comprehensive therapy (multimodal perioperative pain relief with Dexalgin®, infulgan, peridural anesthesia with marcaine, antibacterial therapy, staged debridement, vacuum-assisted closure, semi-rigid dressings) allowed to achieve good results. Given the severity of the lesion, we consider this result encouraging.

Conclusions. The method of compression-distraction osteogenesis using a ring fixator has proven to be effective in the treatment of non-unions with segmental tibial defects and infected soft tissue defects. An important component of the treatment for soft tissue disorders is conservative therapy, in particular, multimodal perioperative analgesia with Dexalgin®.

Keywords: distraction osteogenesis; bone and soft tissue defect

Боскіна М.Г., Пелипенко О.В.

Полтавський державний медичний університет, м. Полтава, Україна

Морфологічні особливості синовіальної оболонки при травматичних ушкодженнях колінного суглоба у пацієнтів із метаболічними порушеннями

Резюме. Актуальність. Травматичні ушкодження колінного суглоба у пацієнтів з метаболічною коморбідністю становлять клінічну проблему через порушені процеси загоєння та запальні реакції. Синовіальна оболонка відіграє ключову роль у посттравматичному запаленні, проте морфологічні зміни у пацієнтів із метаболічними порушеннями залишаються недостатньо охарактеризованими. **Мета:** визначити морфологічні особливості синовіальної оболонки за шкалою Krenn при травматичних ушкодженнях колінного суглоба у пацієнтів із метаболічною коморбідністю та оцінити їх зв'язок із клініко-лабораторними показниками. **Матеріали та методи.** Проспективне когортне дослідження включало 86 пацієнтів, яким було проведено артроскопічні втручання з приводу травматичних ушкоджень колінного суглоба (січень 2020 — грудень 2024 р.) у КП «ПОКЛ ім. М.В. Скліфосовського ПОР». Пацієнти розподілені на три групи: I група (n = 36) — без коморбідності, II група (n = 29) — з метаболічними порушеннями (цукровий діабет 2-го типу та/або ожиріння), III група (n = 21) — з метаболічними та судинними порушеннями (додатково артеріальна гіпертензія). Біопсію синовіальної оболонки оцінювали за шкалою Krenn (0–9 балів), що включає оцінку запальної інфільтрації, стромальної активації та гіперплазії синовіальної оболонки. Статистичний аналіз: тест Краскела — Волліса, кореляція Спірмена, логістична регресія. **Результати.** Медіана загального бала за Krenn становила: група I — 2,0 (IQR 1–4), група II — 5,0 (IQR 4–6), група III — 7,0 (IQR 6–8) (p < 0,001). Високий ступінь синовіту (за Krenn ≥ 5) виявлено у 13,9 % пацієнтів групи I, 72,4 % групи II та 95,2 % групи III. Встановлено сильну позитивну кореляцію між балом за Krenn та СРБ (r = 0,68, p < 0,001), ШОЕ (r = 0,62, p < 0,001), ІМТ (r = 0,54, p < 0,001). Незалежними предикторами високого бала за Krenn були: підвищений СРБ (OR = 4,56, 95% CI 1,87–11,13), наявність ЦД2 (OR = 3,84, 95% CI 1,52–9,71), ожиріння (OR = 3,12, 95% CI 1,44–6,78). **Висновки.** Метаболічна коморбідність асоціюється з вираженими морфологічними змінами синовіальної оболонки, що характеризуються переходом від дегенеративного до запального фенотипу та є морфологічним обґрунтуванням для диференційованого хірургічного підходу в цій категорії пацієнтів.

Ключові слова: артроскопія; синовіт; запалення; шкала Krenn; метаболічні порушення; цукровий діабет; ожиріння

Вступ

Травматичні ушкодження колінного суглоба є значущою медико-соціальною проблемою і становлять до 25 % усіх звернень з приводу патології опорно-рухового апарату [1]. За даними глобального дослідження тягаря хвороб (Global Burden of Disease Study), остеоартрит колінного суглоба вражає 374,74 мільйона

людей у світі [2–4]. Важливо відзначити, що у 50 % пацієнтів з діагностованими ушкодженнями передньої хрестоподібної зв'язки (ПХЗ) або меніска остеоартрит розвивається протягом 10–20 років після травми [5].

В Україні точні епідеміологічні дані щодо травматичних ушкоджень колінного суглоба обмежені через

відсутність централізованого реєстру травм. Проте, з огляду на світові тенденції, за яких травми передньої хрестоподібної зв'язки та менісків становлять відповідно 0,3 та 0,7 випадку на 1000 населення на рік [6], можна припустити значний відсоток цієї патології. Артроскопічні втручання стали золотим стандартом діагностики та лікування внутрішньосуглобових ушкоджень і дозволяють мінімізувати операційну травму та скоротити терміни реабілітації [7].

Синовіальна оболонка відіграє ключову роль у патофізіології травматичних ушкоджень суглоба. Після травми в синовії розвивається каскад запальних реакцій, що характеризується активацією резидентних макрофагів, підвищеною продукцією прозапальних медіаторів та проліферацією синовіоцитів [8]. Sanchez-Lopez та співавтори (2022) продемонстрували, що синовіальне запалення при остеоартриті відіграє ключову роль у прогресуванні захворювання [9]. Хронічний синовіт призводить до підвищеної продукції матричних металопротеїназ (ММП-1, ММП-3, ММП-13), які руйнують позаклітинний матрикс хряща, та прозапальних цитокінів (IL-1 β , TNF- α , IL-6), що підтримують запальний процес [10, 11].

Останнє десятиліття ознаменувалося зміною парадигми розуміння ролі метаболічних факторів у патогенезі суглобових захворювань. У концепції «метаболічного остеоартриту», яка запропонована Berenbaum (2013) та розвинута в подальших дослідженнях, зазначається, що системні метаболічні порушення можуть безпосередньо впливати на гомеостаз суглобових тканин [12]. Wei та співавтори (2023) у своєму систематичному огляді підкреслили важливість метаболічних факторів як нової перспективи для розуміння патологічних механізмів остеоартриту [13]. Жирова тканина, особливо вісцеральна, є активним ендокринним органом, що продукує численні біоактивні молекули — адипокіни. Collins та співавтори (2021) в експериментальному дослідженні показали, що адипокіни (лептин, резистин, вісфатин) можуть безпосередньо активувати синовіальні фібробласти та макрофаги, індукуючи продукцію прозапальних медіаторів навіть за відсутності механічної травми [14].

Цукровий діабет 2-го типу (ЦД2) асоціюється з порушенням репаративних процесів у суглобі через кілька механізмів. По-перше, хронічна гіперглікемія призводить до накопичення кінцевих продуктів глікозилювання (AGEs), які через взаємодію з RAGE-рецепторами на синовіоцитах активують NF- κ B сигнальний шлях, посилюючи запалення [15]. По-друге, інсулінорезистентність порушує анаболічні процеси в хондроцитах та синовіоцитах, знижуючи синтез протеогліканів та колагену [16]. Wang та співавтори (2015) продемонстрували важливість метаболічно-індукованого запалення в патогенезі остеоартриту [17].

Артеріальна гіпертензія, яка часто супроводжує метаболічні порушення, додатково погіршує мікроциркуляцію в синовіальній оболонці. Порушення пер-

фузії призводить до локальної гіпоксії, що стимулює експресію HIF-1 α (гіпоксія-індукований фактор) та VEGF (васкулоендотеліальний фактор росту) і сприяє патологічному ангиогенезу та фіброзу синовії [18]. Mobasheri та співавтори (2017) показали, що комбінація метаболічних та судинних порушень створює порочне коло, де системне запалення посилює локальні дегенеративні процеси, а локальне запалення підтримує системну запальну відповідь [19].

Незважаючи на зростаючу кількість доказів впливу метаболічної коморбідності на перебіг суглобової патології, залишається недостатньо вивченим питання морфологічних змін синовіальної оболонки при травматичних ушкодженнях коліна у цієї категорії пацієнтів. Більшість досліджень фокусуються на первинному остеоартриті або ревматичних захворюваннях, тоді як посттравматичний синовіт на тлі метаболічних порушень вивчений фрагментарно [20].

Шкала Krenn, розроблена у 2002 році німецькою робочою групою з патології суглобів та валідована у великому мультицентровому дослідженні 2017 року, стала стандартизованим інструментом для гістопатологічної оцінки синовіту [13, 21]. Вона дозволяє диференціювати дегенеративні зміни (бал ≤ 3) від запальних (бал ≥ 5) з чутливістю 77 % та специфічністю 86 % [22]. Перевагами шкали є її простота, висока відтворюваність (міжекспертна узгодженість $\kappa > 0,75$) та можливість кількісної оцінки змін для моніторингу динаміки [23]. Проте застосування шкали Krenn для оцінки синовіту при травматичних ушкодженнях у пацієнтів з метаболічною коморбідністю досі не було предметом систематичного вивчення.

Розуміння морфологічних особливостей синовіальної оболонки у пацієнтів із метаболічними порушеннями має важливе практичне значення. По-перше, це може дозволити прогнозувати перебіг післяопераційного періоду та ризик розвитку ускладнень. По-друге, об'єктивізація ступеня синовіту може стати основою для персоналізації хірургічної тактики та вибору оптимального об'єму синовектомії. По-третє, виявлення зв'язку між системними метаболічними факторами та локальним запаленням відкриває перспективи для розробки комплексних лікувальних стратегій, що включають не лише хірургічне втручання, але й корекцію метаболічних порушень [24–26].

Мета дослідження: визначити морфологічні особливості синовіальної оболонки за шкалою Krenn при травматичних ушкодженнях колінного суглоба у пацієнтів із метаболічною коморбідністю та оцінити їх зв'язок із клініко-лабораторними показниками.

Матеріали та методи

Проведено проспективне когортне дослідження, що включало 86 пацієнтів віком від 18 років, яким було виконано артроскопічні втручання з приводу травматичних ушкоджень колінного суглоба в період із січня 2020 по грудень 2024 року на базі ортопедо-травматологічного відділення КП «ПОКЛ ім. М.В. Скліфосовського ПОР».

Критерії включення:

- вік старше 18 років;
- травматичне ушкодження колінного суглоба (розриви менісків, ушкодження передньої/задньої хрестоподібної зв'язки, наявність вільних внутрішньосуглобових тіл);
- показання до артроскопічного втручання;
- письмова інформована згода на участь у дослідженні.

Критерії виключення:

- ревматичні захворювання в анамнезі;
- попередні операції на колінному суглобі;
- гнійно-запальні процеси;
- онкологічні захворювання;
- системний прийом кортикостероїдів або імуносупресивної терапії.

Пацієнти були розподілені на три групи залежно від коморбідного статусу:

- **група I** (n = 36, 41,9 %) — пацієнти без метаболічних та судинних порушень (контрольна група);
- **група II** (n = 29, 33,7 %) — пацієнти з метаболічними порушеннями (ЦД2 та/або ожиріння з ІМТ ≥ 30 кг/м²);
- **група III** (n = 21, 24,4 %) — пацієнти з метаболічними та судинними порушеннями (ЦД2 та/або ожиріння + артеріальна гіпертензія (АГ)).

Усім пацієнтам було проведено: збір анамнезу з уточненням коморбідної патології; антропометричні вимірювання (зріст, маса тіла, розрахунок ІМТ); лабораторні дослідження (загальний аналіз крові з визначенням ШОЕ, С-реактивний білок (СРБ), глюкоза крові натще, глікований гемоглобін (HbA1c) для частини пацієнтів з ЦД2); МРТ колінного суглоба для верифікації діагнозу.

Артроскопічна техніка

Діагностично-лікувальну артроскопію виконували з використанням стандартних передньолатерального та передньомедіального портів, у деяких випадках — задньомедіального та задньолатерального портів. Операції виконувались однією бригадою хірургів (оперуючий хірург та асистент), які керувались загальноприйнятими підходами до об'єму втручання, знаючи про коморбідність пацієнтів.

Проводили ретельну діагностичну ревізію суглоба з візуальною оцінкою ступеня синовіту за модифікованою шкалою Ayal:

- **мінімальний синовіт** (0–1 бал): тонкі прозорі ворсини, дрібна судинна сітка;
- **помірний синовіт** (2 бали): проліферація непрозорих ворсин, помірна васкуляризація;
- **виражений синовіт** (3–4 бали): гіпертрофічні гіперемовані ворсини, виражена васкуляризація.

На основі макроскопічної оцінки визначали об'єм синовектомії:

- мінімальна (видалення лише найбільш змінених ділянок);
- розширена (видалення 50–70 % патологічної синовії);

— субтотальна (максимально можливе видалення).

Виконувались необхідні лікувальні заходи: синовектомія, резекція/шов ушкодженої ділянки меніска, видалення вільних хондромних тіл, пластика передньої/задньої хрестоподібної зв'язок.

Гістопатологічне дослідження

Зразки синовіальної тканини для біопсії брали перед синовектомією як мінімум із шести ділянок суглоба, як-от супрапателарний заворот, верхньолатеральний та верхньомедіальний завороти, міжвиросткова ділянка, передній та задній компартменти. Отриманий матеріал фіксували у 10% розчині нейтрального формаліну з наступним виготовленням гістологічних препаратів за стандартними методиками. Зрізи забарвлювали гематоксиліном і еозинном.

Мікроскопічне дослідження проводили на світловому мікроскопі MICROmed XS-3320 (Ningbo Shengheng Optics and Electronics Co., Китай) з використанням окуляра $\times 10$ та об'єктивів $\times 10$, $\times 20$, $\times 40$. Фотодокументацію виконували цифровою фотокамерою Camera Eyepiece Ver 1.3 при збільшенні $\times 100$, $\times 200$, $\times 400$.

Морфологічну оцінку проводили два незалежні патологи, які не мали доступу до клінічних даних, за шкалою Krenn:

1. Запальна інфільтрація (0–3 бали):

- 0 — відсутня або поодинокі лімфоцити;
- 1 — легка дифузна інфільтрація;
- 2 — помірна інфільтрація, поодинокі лімфоїдні агрегати;
- 3 — виражена інфільтрація, множинні лімфоїдні фокули.

2. Стромальна активація (0–3 бали):

- 0 — відсутня;
- 1 — легка (поодинокі активовані фібробласти);
- 2 — помірна (дифузна активація);
- 3 — виражена (грануляційна тканина).

3. Гіперплазія синовіальної оболонки (0–3 бали):

- 0 — 1–2 клітинні шари;
- 1 — 3–4 клітинні шари;
- 2 — 5–6 клітинних шарів;
- 3 — > 6 клітинних шарів.

Статистичний аналіз

Статистичну обробку проводили в програмі XLSTAT 2021 Perpetual (Addinsoft, Франція). Нормальність розподілу перевіряли за критерієм Шапіро — Вілка. Оскільки більшість показників мали ненормальний розподіл, використовували непараметричні методи.

Кількісні дані наведені як медіана (Me) та інтерквартильний розмах (IQR, 25–75-й перцентилі) або середнє $\pm$ стандартне відхилення ($M \pm SD$) для нормально розподілених даних. Категоріальні змінні наведені як абсолютні числа та відсотки.

Для порівняння трьох груп використовували тест Краскала — Волліса з post-hoc аналізом за Данном з корекцією Бонферроні. Парні порівняння проводили

за U-критерієм Манна — Вітні. Кореляційний аналіз виконували за Спірменом. Для всіх тестів рівень статистичної значущості встановлено як $p < 0,05$.

Етичні аспекти

Дослідження схвалене комісією з питань біомедичної етики та виконане в рамках науково-дослідної роботи кафедри хірургії № 3 «Вікові аспекти етапного надання допомоги ортопедо-травматологічним хворим з коморбідною патологією», 2022–2026 рр. (номер держреєстрації 0122U002528). Усі пацієнти підписали інформовану згоду на участь у дослідженні та використання біологічного матеріалу.

Результати

Групи були порівнянними за статевим розподілом ($p = 0,487$), але відрізнялися за віком та антропометричними показниками (табл. 1).

Табл. 1 демонструє очікувані демографічні відмінності між групами: пацієнти з коморбідністю були старшими (медіана 57 років у групі III) та мали вищий ІМТ (медіана 33,2 кг/м²). Розподіл за статтю був однорідним. Усі пацієнти групи III мали поєднання метаболічних та судинних порушень, що відображає типовий кластер метаболічного синдрому.

Найчастішим типом травми був розрив меніска — 52 (60,5 %) випадки, ушкодження ПХЗ — 13 (15,1 %), комбіновані травми — 17 (19,8 %), вільні внутрішньо-

суглобові тіла — 4 (4,7 %). Розподіл типів травм між групами не відрізнявся ($p = 0,342$).

Лабораторні маркери запалення

Пацієнти з метаболічною коморбідністю мали вірогідно вищі рівні системних маркерів запалення (табл. 2).

Лабораторні маркери демонструють градієнт системного запалення: від мінімального у групі I до вираженого у групі III. Рівень СРБ у групі III (9,2 мг/л) майже в 4 рази перевищував показники контрольної групи, що відповідає стану хронічного запалення низької інтенсивності. Підвищення ШОЕ та лейкоцитозу підтверджує системний характер запальної відповіді.

Гістопатологічний аналіз виявив вірогідні відмінності між групами за всіма компонентами шкали Krenn (табл. 3).

Морфологічні дані чітко демонструють перехід від дегенеративного до запального фенотипу синовіту зі збільшенням метаболічного навантаження. У групі I медіана загального бала 2 відповідає мінімальним дегенеративним змінам, тоді як у групі III медіана 7 свідчить про виражене хронічне запалення. Усі три компоненти шкали показують паралельне зростання, що вказує на комплексний характер морфологічних змін.

Розподіл пацієнтів за ступенем синовіту:

— низький ступінь (за Krenn ≤ 3): група I — 27 (75,0 %), група II — 3 (10,3 %), група III — 0 (0 %);

— високий ступінь (за Krenn ≥ 5): група I — 5 (13,9 %), група II — 21 (72,4 %), група III — 20 (95,2 %).

Таблиця 1. Базові характеристики досліджуваних груп

Показник	Група I (n = 36)	Група II (n = 29)	Група III (n = 21)	p-value
Вік, роки	34,5 (28–41)	47,0 (42–52)*	57,0 (52–61)*†	< 0,001
Чоловіки, n (%)	23 (63,9)	17 (58,6)	11 (52,4)	0,487
ІМТ, кг/м²	23,1 (21,2–24,5)	29,8 (28,1–31,4)*	33,2 (31,0–35,4)*†	< 0,001
ЦД2, n (%)	0 (0)	17 (58,6)	17 (81,0)	< 0,001
АГ, n (%)	0 (0)	0 (0)	21 (100)	< 0,001

Примітки: тут і далі: дані наведені як Me (IQR) або n (%); * — $p < 0,05$ vs група I; † — $p < 0,05$ vs група II.

Таблиця 2. Лабораторні показники запалення

Показник	Група I (n = 36)	Група II (n = 29)	Група III (n = 21)	p-value
СРБ, мг/л	2,4 (1,5–3,2)	5,8 (4,1–7,5)*	9,2 (6,8–12,1)*†	< 0,001
ШОЕ, мм/год	9 (6–12)	17 (13–21)*	24 (19–29)*†	< 0,001
Лейкоцити, $\times 10^9$ /л	6,2 (5,4–7,1)	7,8 (6,9–8,7)*	8,9 (7,8–10,1)*†	< 0,001

Таблиця 3. Морфологічні показники за шкалою Krenn

Компонент	Група I (n = 36)	Група II (n = 29)	Група III (n = 21)	p-value
Запальна інфільтрація	1 (0–1)	2 (1–2)*	2 (2–3)*†	< 0,001
Стромальна активація	1 (0–1)	2 (1–2)*	2 (2–3)*†	< 0,001
Гіперплазія синовіальної оболонки	0 (0–1)	1 (1–2)*	2 (1–2)*†	< 0,001
Загальний бал	2 (1–4)	5 (4–6)*	7 (6–8)*†	< 0,001

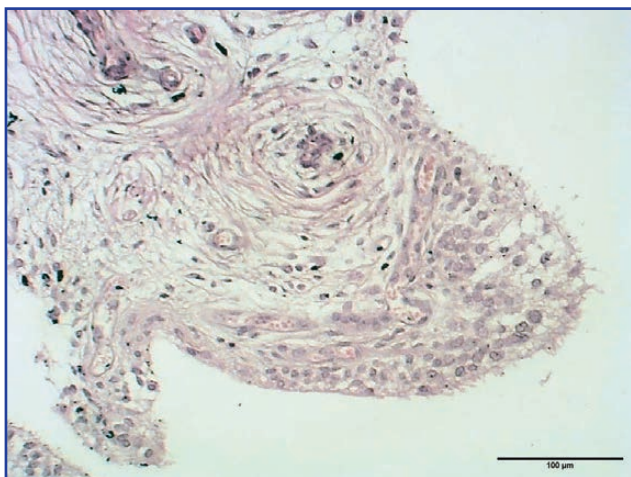


Рисунок 1. Синовіальна оболонка: синовіт високого ступеня (за Krenn 6 балів)

Примітки: оболонка потовщена до $\approx 5-6$ шарів; помірна дифузна лімфоцитарна інфільтрація без сформованих фолікулів; дифузна стромальна активація (за Krenn: інфільтрація — 2, строма — 2, синовіальна оболонка — 2; сумарно — 6). H&E, $\times 200$; масштаб 100 μm .

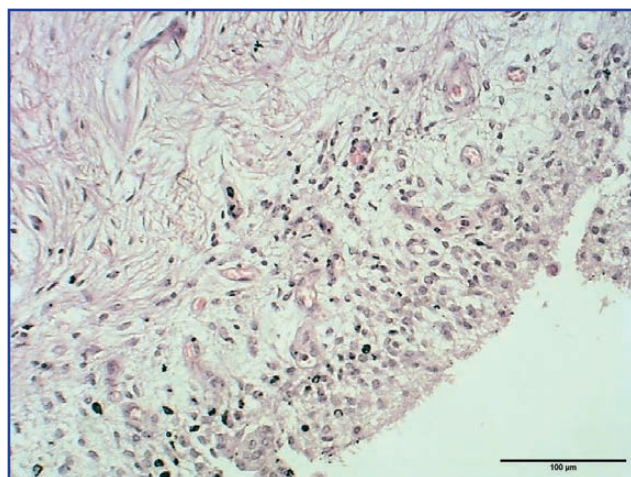


Рисунок 2. Синовіальна оболонка: синовіт високого ступеня (за Krenn 6 балів)

Примітки: гіперплазія синовіальної оболонки до $\approx 5-6$ шарів; помірна дифузна лімфоцитарна інфільтрація з поодинокими агрегатами; стромальна активація з посиленням фіброblastичної проліферації (за Krenn: інфільтрація — 2, строма — 2, синовіальна оболонка — 2; сумарно — 6). H&E, $\times 200$; масштаб 100 μm .

Кореляційний аналіз

Виявлено статистично значущі кореляції між загальним балом за Krenn та клініко-лабораторними показниками (табл. 4).

Таблиця 4. Кореляції загального бала за Krenn з клінічними показниками

Показник	Коефіцієнт кореляції (r)	p-value
СРБ	0,68	< 0,001
ШОЕ	0,62	< 0,001
ІМТ	0,54	< 0,001
Вік	0,47	< 0,001

Кореляційний аналіз підтверджує тісний зв'язок між локальними гістологічними змінами та системними факторами. Найсильніша кореляція з СРБ ($r = 0,68$) підкреслює роль системного запалення як рушійної сили локального синовіту. Помірна кореляція з ІМТ та віком вказує на багатофакторний характер патогенезу.

Аналіз відповідності макроскопічної та гістологічної оцінки

Проведено аналіз відповідності між візуальною артроскопічною оцінкою (гіперемія, гіпертрофія ворсин, васкуляризація) та сумарним балом за Krenn. Виявлено помірну загальну кореляцію ($r = 0,64$, $p < 0,001$) між точністю візуальної оцінки та визначенням гістологічних змін. При аналізі по групах кореляція становила: група I — $r = 0,58$, група II — $r = 0,69$, група

III — $r = 0,72$, що може свідчити про більш виражені та однорідні макроскопічні зміни при метаболічній коморбідності.

Ілюстративні клінічні випадки морфологічних змін

Для демонстрації характерних гістопатологічних змін наводимо два репрезентативні випадки пацієнтів із синовітом високого ступеня.

Клінічний випадок 1. Пацієнтка К., 52 роки, група II. ІМТ 31,2 $\text{кг}/\text{м}^2$, ЦД2 протягом 6 років (HbA1c 7,8 %), без артеріальної гіпертензії. Звернулася з приводу розриву медіального меніска. Лабораторні показники: СРБ 6,2 $\text{мг}/\text{л}$, ШОЕ 19 $\text{мм}/\text{год}$. При гістологічному дослідженні виявлено синовіт високого ступеня (за Krenn 6 балів): синовіальна оболонка потовщена до 5–6 клітинних шарів, помірна дифузна лімфоцитарна інфільтрація без сформованих фолікулів, дифузна стромальна активація з проліферацією фіброblastів (рис. 1). Морфологічні зміни відображають хронічне запалення на тлі метаболічних порушень, що характеризується переважанням проліферативних процесів над ексудативними.

Клінічний випадок 2. Пацієнт М., 58 років, група III. ІМТ 34,1 $\text{кг}/\text{м}^2$, ЦД2 протягом 9 років (HbA1c 8,3 %), артеріальна гіпертензія II ст. Госпіталізований після комбінованої травми (розрив медіального та латерального меніска, часткове ушкодження ПХЗ). Лабораторні показники: СРБ 10,4 $\text{мг}/\text{л}$, ШОЕ 26 $\text{мм}/\text{год}$. Гістологічна картина демонструє синовіт високого ступеня (за Krenn 6 балів) із вираженою гіперплазією синовіальної

Таблиця 5. Незалежні предиктори високого бала за Krenn (≥ 5)

Фактор	OR (95% CI)	p-value
Наявність ЦД2	3,84 (1,52–9,71)	0,004
ІМТ ≥ 30 кг/м ²	3,12 (1,44–6,78)	0,003
СРБ > 5 мг/л	4,56 (1,87–11,13)	$< 0,001$
Вік > 50 років	2,28 (1,05–4,95)	0,037

оболонки до 5–6 шарів, помірною дифузною лімфоцитарною інфільтрацією з поодинокими агрегатами та інтенсивною стромальною активацією (рис. 2). Наявність лімфоїдних агрегатів свідчить про більш виражену імунну відповідь, що може бути пов'язано з тривалим перебігом системного запалення на тлі поєднаної метаболічно-судинної патології.

Обидва випадки ілюструють типові морфологічні зміни у пацієнтів із метаболічною коморбідністю: переважання проліферативно-інфільтративних процесів над дегенеративними, що відрізняє їх від змін у контрольній групі, у якій домінували мінімальна клітинна інфільтрація та фіброз без значної гіперплазії синовіальної оболонки.

Предиктори вираженості морфологічних змін

Для визначення незалежних факторів, асоційованих з високим балом за Krenn (≥ 5), проведено множинну логістичну регресію (табл. 5).

Регресійний аналіз ідентифікує ключові модифіковані фактори ризику. Найвищий показник OR для СРБ (4,56) підтверджує, що контроль системного запалення може бути терапевтичною мішенню. ЦД2 та ожиріння є незалежними предикторами, що обґрунтовує необхідність їх корекції в комплексному лікуванні.

Модель показала хорошу дискримінаційну здатність (C-статистика = 0,854, 95% CI 0,771–0,937). Найсильнішим предиктором був підвищений рівень СРБ (OR = 4,56), що підкреслює роль системного запалення.

Коефіцієнт каппа Коена для узгодженості між двома патологами становив 0,82 (95% CI 0,74–0,90), що свідчить про високий рівень узгодженості оцінки за шкалою Krenn.

Обговорення

Наше дослідження демонструє, що метаболічна коморбідність суттєво впливає на морфологічні характеристики синовіальної оболонки при травматичних ушкодженнях колінного суглоба. Пацієнти з ЦД2 та ожирінням мали вірогідно вищі бали за шкалою Krenn, що свідчить про більш виражене запалення синовіальної оболонки порівняно з пацієнтами без коморбідності.

Медіана загального бала за Krenn у групі I становила 2,0, що відповідає дегенеративним змінам, тоді як у

групах II та III медіани становили 5,0 та 7,0 відповідно, що характерно для запального процесу. Ці результати узгоджуються з даними Sellam та Berenbaum [9], які показали, що метаболічні фактори сприяють розвитку «метаболічного остеоартриту» через системне запалення низької інтенсивності [13].

Важливо відзначити, що всі три компоненти шкали Krenn були підвищені у пацієнтів з коморбідністю. Найбільші відмінності спостерігалися в ступені запальної інфільтрації та стромальної активації, що може пояснюватися хронічною активацією макрофагів та фібробластів під впливом метаболічних факторів [13]. У групі I переважали мінімальні зміни з незначною клітинною інфільтрацією, тоді як у групі III спостерігалась виражена лімфоцитарна інфільтрація з формуванням лімфоїдних фолікулів та значна проліферація синовіоцитів.

Сильна кореляція між балом за Krenn та рівнями СРБ ($r = 0,68$) і ШОЕ ($r = 0,62$) підтверджує зв'язок між локальним синовітом та системним запаленням. Це узгоджується з концепцією *inflammaging* — хронічного запалення, асоційованого з метаболічними порушеннями [27]. Наші дані свідчать, що системне запалення низької інтенсивності, характерне для метаболічного синдрому, може посилювати локальну запальну відповідь у синовіальній оболонці після травми.

Аналіз відповідності між макроскопічною артроскопічною оцінкою та гістологічними змінами показав помірну кореляцію ($r = 0,64$), що відповідає даним Ayrat та співавторів [28] про обмежену точність візуальної оцінки. Цікаво, що кореляція поліпшувалась у пацієнтів з коморбідністю (від $r = 0,58$ у групі I до $r = 0,72$ у групі III), що може свідчити про більш виражені та однорідні макроскопічні зміни при системному запаленні.

Логістичний регресійний аналіз показав, що наявність ЦД2 підвищує шанси високого бала за Krenn майже в 4 рази (OR = 3,84). Це узгоджується з даними про роль гіперглікемії в активації прозапальних сигнальних шляхів, зокрема NF- κ B та NLRP3-інфламасоми [29]. Ожиріння (ІМТ ≥ 30 кг/м²) також було незалежним предиктором (OR = 3,12), що підтверджує роль адипокінів у патогенезі суглобового запалення [30].

Виявлені морфологічні зміни можуть бути зумовлені сукупною дією кількох механізмів. По-перше, метаболічне запалення: адипоцити секретують прозапальні

цитокини (лептин, резистин, вісфатин), які активують синовіальні макрофаги та фібробласти, підсилюючи локальну продукцію медіаторів. По-друге, гіперглікемія сприяє утворенню кінцевих продуктів глікозилювання (AGEs), що зв'язуються з RAGE-рецепторами на синовіоцитах і запускають запальні сигнальні шляхи. По-третє, оксидативний стрес при метаболічних порушеннях призводить до накопичення активних форм кисню та ушкодження синовіальної тканини, підтримуючи запалення. Нарешті, судинні порушення при артеріальній гіпертензії погіршують мікроциркуляцію, посилюють гіпоксію синовії й таким чином підживлюють запальний процес.

Отримані результати мають безпосереднє практичне значення. Пацієнти з метаболічною коморбідністю характеризуються підвищеним ризиком вираженого синовіту, що слід брати до уваги під час передопераційної стратифікації та вибору тактики лікування. Виявлений морфологічний патерн за шкалою Krenn слугує підґрунтям для диференційованого хірургічного підходу залежно від коморбідного статусу, а також може використовуватися як маркер прогнозування перебігу післяопераційного періоду: високі значення за Krenn асоціюються з імовірністю менш сприятливого відновлення та потребою в більш інтенсивній реабілітації. Окремо варто підкреслити потенційну користь модифікації факторів ризику — насамперед корекції метаболічних порушень, що здатна зменшувати вираженість синовіту й поліпшувати результати лікування.

Інтерпретацію висновків слід здійснювати з урахуванням кількох обмежень. По-перше, вибірка є відносно невеликою, зокрема у групі ІІІ ($n = 21$), що знижує статистичну потужність для окремих порівнянь. По-друге, відсутнє довгострокове спостереження за функціональними наслідками, тож прогностичні висновки потребують підтвердження у проспективних дослідженнях з віддаленими кінцевими точками. По-третє, у цій роботі не оцінювався можливий вплив супутньої медикаментозної терапії (зокрема, метформіну та статинів) на морфологічні зміни. Нарешті, варіювалися час від травми до операції та тривалість коморбідної патології, що потенційно могло впливати на ступінь синовіту. У сукупності ці фактори можуть обмежувати генералізацію результатів і потребують подальшої валідації.

Висновки

1. Метаболічна коморбідність (цукровий діабет 2-го типу, ожиріння, артеріальна гіпертензія) асоціюється з вираженими морфологічними змінами синовіальної оболонки при травматичних ушкодженнях колінного суглоба, що характеризуються переходом від дегенеративного до запального фенотипу.

2. У 72,4 % пацієнтів групи ІІ та 95,2 % групи ІІІ виявлено високий ступінь синовіту (за Krenn ≥ 5 балів) порівняно з 13,9 % у контрольній групі, що свідчить про системний вплив метаболічних порушень на синовіальну тканину.

3. Гістологічні зміни за шкалою Krenn сильно корелювали з маркерами системного запалення (СРБ: $r = 0,68$, ШОЕ: $r = 0,62$), що підтверджує патогенетичний зв'язок між метаболічними порушеннями та локальним синовітом.

4. Найсильнішими предикторами високого бала за Krenn були підвищений рівень СРБ (OR = 4,56), наявність ЦД2 (OR = 3,84) та ожиріння (OR = 3,12), що підкреслює роль системного запалення та метаболічних факторів.

5. Отримані дані є морфологічним обґрунтуванням для розробки диференційованого підходу до хірургічного лікування пацієнтів з травмами колінного суглоба на тлі метаболічної коморбідності.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів та власної фінансової зацікавленості при підготовці даної статті.

Внесок авторів. Боскіна М.Г. — методологія, дослідження, збір та аналіз даних, написання оригінального тексту, візуалізація; Пелипенко О.В. — науковий нагляд, методологія, валідація, редагування тексту.

Список літератури

- Haas R., Gorelik A., Busija L., O'Connor D., Pearce C., Mazza D., Buchbinder R. Prevalence and characteristics of musculoskeletal complaints in primary care: an analysis from the population level and analysis reporting (POLAR) database. *BMC Prim Care*. 2023. Vol. 24. № 1. P. 40. doi: 10.1186/s12875-023-01976-z.
- Diseases G.B.D., Injuries C. Global burden of 369 diseases and injuries in 204 countries and territories, 1990-2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *Lancet*. 2020. Vol. 396. № 10258. P. 1204-1222. doi: 10.1016/S0140-6736(20)30925-9.
- Long H., Liu Q., Yin H., Wang K., Diao N., Zhang Y., Lin J., Guo A. Prevalence Trends of Site-Specific Osteoarthritis From 1990 to 2019: Findings from the Global Burden of Disease Study 2019. *Arthritis Rheumatol*. 2022. Vol. 74. № 7. P. 1172-1183. doi: 10.1002/art.42089.
- Collaborators G.B.D.O. Global, regional, and national burden of osteoarthritis, 1990-2020 and projections to 2050: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *Lancet Rheumatol*. 2023. Vol. 5. № 9. P. e508-e522. doi: 10.1016/S2665-9913(23)00163-7.
- Lohmander L.S., Englund P.M., Dahl L.L., Roos E.M. The long-term consequence of anterior cruciate ligament and meniscus injuries: osteoarthritis. *Am J Sports Med*. 2007. Vol. 35. № 10. P. 1756-69. doi: 10.1177/0363546507307396.
- Nielsen A.B., Yde J. Epidemiology of acute knee injuries: a prospective hospital investigation. *J Trauma*. 1991. Vol. 31. № 12. P. 1644-8. doi: 10.1097/00005373-199112000-00014.
- Rathod V., Shrivastav S., Gharipinde M.R. Knee Arthroscopy in the Era of Precision Medicine: A Comprehensive Review of Tailored Approaches and Emerging Technologies. *Cureus*. 2024. Vol. 16. № 10. P. e70932. doi: 10.7759/cureus.70932.
- Scanzello P.R. Role of low-grade inflammation in osteoarthritis. *Curr Opin Rheumatol*. 2017. Vol. 29. № 1. P. 79-85. doi: 10.1097/BOR.0000000000000353.

9. Sanchez-Lopez E., Coras R., Torres A., Lane N.E., Guma M. Synovial inflammation in osteoarthritis progression. *Nat Rev Rheumatol.* 2022. Vol. 18. № 5. P. 258-275. doi: 10.1038/s41584-022-00749-9.
10. Olivetto E., Trisolino G., Belluzzi E., Lazzaro A., Strazari A., Pozzuoli A., et al. Macroscopic Synovial Inflammation Correlates with Symptoms and Cartilage Lesions in Patients Undergoing Arthroscopic Partial Meniscectomy: A Clinical Study. *Journal of Clinical Medicine.* 2022. Vol. 11. № 15. P. 4330. doi: 10.3390/jcm11154330.
11. Daghestani H.N., Kraus V.B. Inflammatory biomarkers in osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage.* 2015. Vol. 23. № 11. P. 1890-6. doi: 10.1016/j.joca.2015.02.009.
12. Berenbaum F. Osteoarthritis as an inflammatory disease (osteoarthritis is not osteoarthritis!). *Osteoarthritis Cartilage.* 2013. Vol. 21. № 1. P. 16-21. doi: 10.1016/j.joca.2012.11.012.
13. Wei G., Lu K., Umar M., Zhu Z., Lu W.W., Speakman J.R., et al. Risk of metabolic abnormalities in osteoarthritis: a new perspective to understand its pathological mechanisms. *Bone Res.* 2023. Vol. 11. № 1. P. 63. doi: 10.1038/s41413-023-00301-9.
14. Collins K.H., Lenz K.L., Pollitt E.N., Ferguson D., Hutson I., Springer L.E., et al. Adipose tissue is a critical regulator of osteoarthritis. *Proc Natl Acad Sci USA.* 2021. Vol. 118. № 1. doi: 10.1073/pnas.2021096118.
15. Rosa S.P., Goncalves J., Judas F., Mobasheri A., Lopes P., Mendes A.F. Impaired glucose transporter-1 degradation and increased glucose transport and oxidative stress in response to high glucose in chondrocytes from osteoarthritic versus normal human cartilage. *Arthritis Res Ther.* 2009. Vol. 11. № 3. P. R80. doi: 10.1186/ar2713.
16. Griffin T.M., Huffman K.M. Editorial: Insulin Resistance: Releasing the Brakes on Synovial Inflammation and Osteoarthritis? *Arthritis Rheumatol.* 2016. Vol. 68. № 6. P. 1330-3. doi: 10.1002/art.39586.
17. Wang X., Hunter D., Xu J., Ding P. Metabolic triggered inflammation in osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage.* 2015. Vol. 23. № 1. P. 22-30. doi: 10.1016/j.joca.2014.10.002.
18. Findlay D.M. Vascular pathology and osteoarthritis. *Rheumatology (Oxford).* 2007. Vol. 46. № 12. P. 1763-8. doi: 10.1093/rheumatology/kem191.
19. Mobasheri A., Rayman M.P., Gualillo O., Sellam J., van der Kraan P., Fearon U. The role of metabolism in the pathogenesis of osteoarthritis. *Nat Rev Rheumatol.* 2017. Vol. 13. № 5. P. 302-311. doi: 10.1038/nrrheum.2017.50.
20. Francisco V., Perez T., Pino J., Lopez V., Franco E., Alonso A., et al. Biomechanics, obesity, and osteoarthritis. The role of adipokines: When the levee breaks. *J Orthop Res.* 2018. Vol. 36. № 2. P. 594-604. doi: 10.1002/jor.23788.
21. Sampath S.J.P., Venkatesan V., Ghosh S., Kotikalapudi N. Obesity, Metabolic Syndrome, and Osteoarthritis — An Updated Review. *Curr Obes Rep.* 2023. Vol. 12. № 3. P. 308-331. doi: 10.1007/s13679-023-00520-5.
22. Krenn V., Morawietz L., Burmester G.R., Kinne R.W., Mueller-Ladner U., Muller B., et al. Synovitis score: discrimination between chronic low-grade and high-grade synovitis. *Histopathology.* 2006. Vol. 49. № 4. P. 358-64. doi: 10.1111/j.1365-2559.2006.02508.x.
23. Krenn V., Perino G., Ruther W., Krenn V.T., Huber M., Huggle T., et al. 15 years of the histopathological synovitis score, further development and review: A diagnostic score for rheumatology and orthopaedics. *Pathol Res Pract.* 2017. Vol. 213. № 8. P. 874-881. doi: 10.1016/j.prp.2017.05.005.
24. Pelypenko O.V., Shepitko V.I. Morphological Features of Components and Functional Parameters of Synovial Shell of Rats. *World of Medicine and Biology.* 2018. Vol. 14. № 65. doi: 10.26724/2079-8334-2018-3-65-176-178.
25. Mamontova T.V., Mykytiuk M.V., Bobrova N.O., Kutsenko L.O., Vesnina L.E., Kaidashev I.P. The anti-inflammatory effect of fullerene C60 on adjuvant arthritis in rats. *Fiziologichnyi zhurnal.* 2013. Vol. 59. № 3. P. 102-110. doi: 10.15407/fz59.03.102.
26. Urban H., Little P.B. The role of fat and inflammation in the pathogenesis and management of osteoarthritis. *Rheumatology (Oxford).* 2018. Vol. 57. Suppl. 4. P. iv10-iv21. doi: 10.1093/rheumatology/kex399.
27. Savchenko L.G., Dytar N.I., Selikhova L.G., Kaidasheva E.I., Shlykova O.A., Vesnina L.E., et al. Liraglutide exerts an anti-inflammatory action in obese patients with type 2 diabetes. *Rom J Intern Med.* 2019. Vol. 57. № 3. P. 233-240. doi: 10.2478/rjim-2019-0003.
28. Ayral X., Pickering E.H., Woodworth T.G., Mackillop N., Dougados M. Synovitis: a potential predictive factor of structural progression of medial tibiofemoral knee osteoarthritis — results of a 1 year longitudinal arthroscopic study in 422 patients. *Osteoarthritis Cartilage.* 2005. Vol. 13. № 5. P. 361-7. doi: 10.1016/j.joca.2005.01.005.
29. Guo Q., Jin Y., Chen X., Ye X., Shen X., Lin M., et al. NF-kappaB in biology and targeted therapy: new insights and translational implications. *Signal Transduct Target Ther.* 2024. Vol. 9. № 1. P. 53. doi: 10.1038/s41392-024-01757-9.
30. Economou A., Mallia I., Fioravanti A., Gentileschi S., Nacaci F., Bellando Randone S., et al. The Role of Adipokines between Genders in the Pathogenesis of Osteoarthritis. *Int J Mol Sci.* 2024. Vol. 25. № 19. doi: 10.3390/ijms251910865.

Отримано/Received 15.08.2025

Рецензовано/Revised 11.09.2025

Прийнято до друку/Accepted 26.09.2025

Information about authors

Mariia H. Boskina, PhD-student, Department of Surgery 3, Poltava State Medical University, Poltava, Ukraine; e-mail: mariya.boskina@gmail.com; phone: +380 (66) 749-24-92; <https://orcid.org/0000-0002-0409-6682>

Oleksandr V. Pelypenko, PhD in Medicine, Associate Professor, Department of Surgery 3, Poltava State Medical University, Poltava, Ukraine; e-mail: ovpelypenko@ukr.net; phone: +380 (95) 741-04-37; <https://orcid.org/0000-0002-9010-3163>

Conflicts of interests. Authors declare the absence of any conflicts of interests and own financial interest that might be construed to influence the results or interpretation of the manuscript.

Authors' contribution. M.H. Boskina — methodology, research, data collection and analysis, original text writing, visualization; O.V. Pelypenko — scientific supervision, methodology, validation, text editing.

M.H. Boskina, O.V. Pelypenko
Poltava State Medical University, Poltava, Ukraine

Morphological features of synovial membrane in traumatic knee injuries in patients with metabolic disorders

Abstract. Background. Traumatic knee injuries in patients with metabolic comorbidities present a clinical challenge due to altered healing processes and inflammatory responses. The synovial membrane plays a crucial role in post-traumatic inflammation, yet morphological changes in metabolically compromised patients remain poorly characterized. This study aimed to determine morphological features of synovium using Krenn score in traumatic knee injuries among patients with metabolic comorbidity and evaluate their correlation with clinical-laboratory parameters. **Materials and methods.** A prospective cohort study included 86 patients undergoing arthroscopic surgery for traumatic knee injuries (January 2020 — December 2024) at the Poltava Regional Clinical Hospital named after M.V. Sklifosovskyi of the Poltava Regional Council. Patients were stratified into three groups: group I (n = 36) without comorbidity, group II (n = 29) with metabolic disorders (type 2 diabetes and/or obesity), group III (n = 21) with metabolic and vascular disorders (additional hypertension). Synovial biopsies were evaluated with Krenn score (0–9 points) assessing inflammatory infiltration, stromal activation, and synovial hyperplasia. Statistical

analysis employed Kruskal-Wallis test, Spearman correlation, and logistic regression. **Results.** Median Krenn scores differed significantly: group I — 2.0 (interquartile range (IQR) 1–4), group II — 5.0 (IQR 4–6), group III — 7.0 (IQR 6–8) ($p < 0.001$). High-grade synovitis (Krenn ≥ 5) was present in 13.9 % of patients of group I, 72.4 % of group II, and 95.2 % of group III. Strong positive correlations existed between Krenn score and C-reactive protein ($r = 0.68$, $p < 0.001$), erythrocyte sedimentation rate ($r = 0.62$, $p < 0.001$), and body mass index ($r = 0.54$, $p < 0.001$). Elevated C-reactive protein (odds ratio (OR) = 4.56, 95% confidence interval (CI) 1.87–11.13), diabetes presence (OR = 3.84, 95% CI 1.52–9.71), and obesity (OR = 3.12, 95% CI 1.44–6.78) were independent predictors of high Krenn scores. **Conclusions.** Metabolic comorbidity is associated with pronounced synovial morphological changes characterized by transition from degenerative to inflammatory phenotype, providing morphological basis for differentiated surgical approaches in this patient population.

Keywords: arthroscopy; synovitis; inflammation; Krenn score; metabolic disorders; type 2 diabetes; obesity

Сокрут М.В.¹, Климовицький Ф.В.¹, Сокрут В.М.¹, Литвинова О.В.¹, Сокрут О.П.¹,
Муллахметов А.Г.²

¹Донецький національний медичний університет, м. Лиман, Україна

²МРЦ «Драйв-Медікал», м. Кропивницький, Україна

Гомеокінетична класифікація міопатій

Резюме. Актуальність. Поширеність різних форм вродженої та набутої міопатії зростає у різних країнах. Показники тільки вродженої міопатії коливаються від 0,08 до 2,76 на 100 000 населення. Діагностика патології м'язової системи включає м'язово-мануальне тестування для оцінки їх сили (0–5 балів) з подальшим визначенням патогенезу міопатії, середню затримку діагностики якої пов'язують з бар'єрами первинної ланки та клінічними причинами затримки, відсутністю якісного обстеження пацієнта й низьким рівнем обізнаності серед лікарів. Класифікація за даними біопсії поступається сучасній генетиці, важливо оцінити внесок кожного підтипу в коморбідність при мультисиндромних станах (включаючи автономну дисфункцію). Порушення вегетативної регуляції, параметрів гомеокінезу мають важливе значення в патогенезі міопатії. **Метою дослідження** було визначити клініко-патогенетичні форми міопатії, розробити класифікацію з урахуванням «вегетативного паспорта» і запропонувати реабілітаційну тактику. **Матеріали та методи.** Базові результати для класифікації отримані сучасними методами дослідження на клінічних кафедрах: травматології та ортопедії; сімейної, реабілітаційної та спортивної медицини Донецького національного медичного університету (ЦНІЛ). 52 пацієнти з міопатією, поєднаною з ревматоїдним артритом (серопозитивна та серонегативна форми), були поділені на дві групи згідно з даними спектрального аналізу серцевого ритму та автоматизованого визначення параметрів гомеокінезу і «вегетативного паспорта». Для визначення форми коморбідності досліджували рівень внутрішньоклітинного кальцію в крові та волосі, який визначався методом спектрального аналізу волосся. Оцінку збалансованості параметрів гомеокінезу проводили за індексами їх рівноваги: біологічних амінів; окиснювальних систем; вмісту катаболічних і анаболічних гормонів; кортизолу та інсуліну; активності кислих та лужних фосфатаз, які визначали за співвідношенням нормованих величин. **Результати.** Проведені дослідження дали змогу визначити інформативні показники «вегетативного паспорта» пацієнта, визначити ваготонічний та симпатотонічний гомеокінез. Ваготонічний гомеокінез та кальційдефіцитна коморбідність формують патогенез гіпотонічної серопозитивної міопатії, поєднаної з серопозитивним ревматоїдним артритом, алкалозним менопаузальним синдромом (МПС) з абсолютною естрогеновою недостатністю; інсулінорезистентним синдромом хронічної гіперглікемії (СХГ) та ацетилюючою серотоніндефіцитною тривожно-депресивною соматогенією через запуск автоімунної агресії. Симпатотонічний гомеокінез, кальцінадлишкова коморбідність лежать в основі «спастичної» серонегативної міопатії, поєднаної з серонегативним ревматоїдним артритом, ацидозним МПС з відносною естрогеновою недостатністю; інсулінодефіцитним СХГ та адренергічними серотонін-надлишковими паніко-фобічними реакціями через окисне та кальцієве пошкодження. **Висновки.** Проведена клініко-патогенетична паралель міопатії дала змогу виділити її форми: дисневротичну, дисгормональну, дисімунну, дисметаболічну, дисциркуляторну та диселементозну; розробити і винести на обговорення гомеокінетичну/патогенетичну класифікацію міопатії на базі «вегетативного паспорта», порушення параметрів гомеокінезу і форми коморбідності. З огляду на гомеокінетичну класифікацію міопатії розроблені клінічні тести визначення «вегетативного паспорта», форми соматогенії і типових клінічних синдромів, що дає змогу встановити реабілітаційний діагноз та проводити дихальну гімнастику.

Ключові слова: міопатія; класифікація; міастенія; м'язово-тонічний синдром; спастичний синдром; синдром тремтіння; синдром Паркінсона; коморбідність; гомеокінез; «вегетативний паспорт»; соматогенії; дихальні практики

Поширеність різних форм вродженої та набутої міопатії у різних країнах зростає, що потребує розробки нових методів діагностики та посилення ролі медичної реабілітації [1]. Показники тільки вродженої міопатії коливаються від 0,08 до 2,76 на 100 000 населення. Сучасні підходи до молекулярної діагностики нервово-м'язових захворювань включають такі аспекти, як вибір панелі генів (NGS), вікно виявлення варіантів VUS, з'єднання генотипу-фенотипу для біопсії та візуалізації [2]. Затримка діагностики ідіопатичної міопатії (IM) становить приблизно 28 місяців, що пов'язують із відсутністю якісного обстеження пацієнтів на первинній ланці та низьким рівнем обізнаності серед лікарів [3]. Часто діагностика патології м'язової системи включає тільки м'язово-мануальне тестування (MMT) без подальшого визначення патогенезу міопатії. Для покращення результатів лікування потрібна системна організація ранньої діагностики [4] та розроблення класифікації міопатій за даними біопсії, біомаркерів з урахуванням «вегетативного паспорта», порушення параметрів гомеостазу, форми коморбідності [5]. Міопатія є типовим клінічним синдромом, який відображає дисадаптацію опорно-рухової системи і проявляється проксимальною м'язовою слабкістю, втому, дисфагією, шкірними ознаками (heliotrope rash, папули Готтрона), тремтінням, камптокормією. Міопатія часто поєднується з різними клінічними синдромами: суглобовим, слизово-шкірним, синдромом артеріальної гіпертензії, астматичним, синдромом хронічної гіперглікемії, менопаузальним, що суттєво впливає на прогноз та перебіг захворювання [6]. М'язово-тонічні ефекти (спазм/тремор) є клінічними проявами як самої міопатії, так і вегетативної дисфункції [7]. При м'язовій вродженій міопатії (версія в гені MYBPC1) нічний тремор має міогенну природу на рівні саркомера [8]. Часто постуральний тремор рук у пацієнтів виникає як перший симптом, а м'язова слабкість — пізніше. На підтвердження діагнозу було знайдено два нові варіанти MYH2. Біопсія м'язів показала зменшення частки м'язових волокон типу 2A, що підкреслює міогенну причину тремору в диференційній діагностиці [9]. При хворобі Паркінсона з патологічною позою з вимушеним нахилом тулуба вперед (камптокормія) початок деформації спини з'являється перед розвитком типових рухових симптомів. У цьому випадку діагноз міофібрилярної міопатії підтверджується біопсією та генетичним аналізом. Патологія м'язів може замаскуватися під рухові прояви паркінсонізму [10].

У формуванні дисневротичної міопатії важливу роль відіграє нервова система. Виділяють різні форми захворювань нервово-м'язового переходу (NMJ), які клінічно та електрофізіологічно нагадують міопатію. До групи дисневротичних міопатій належать вроджені та набуті її форми, включаючи Miastenia, LEMS та інші синдроми. Запропоновані алгоритми обстеження (RNS, SFEMG) для більш точної їх диференціації [11]. Виділені етапи клінічної тяжкості міопатії з урахуванням їхніх морфологічних та функціональних параметрів [12]. Проведена оцінка ролі вегетативної дисфунк-

ції при міопатіях з використанням стандартизованих шкал. Відмічено високу частоту ортостатичної гіпотензії, порушення потовиділення, шлунково-кишкову дисфункцію та серцево-судинні прояви, що суттєво погіршують якість життя пацієнтів. S. Alonso et al. рекомендують включити клінічні алгоритми оцінки автономної нервової системи (ANS) у пацієнтів із м'язовою дистрофією [13]. Досліджено функції вегетативної нервової системи у пацієнтів із фасціоскапулогумеральною м'язовою дистрофією (FSHD). Відхилення в симпатико-парасимпатичному балансі підтверджені показниками варіабельності серцевих скорочень. Інформативним показником порушення вегетативної регуляції виявився індекс симпатовагусної рівноваги [14, 15]. Міопатію слід розглядати з позицій вегетомеокінетичної теорії патології В.М. Сокрута [1]. Ca^{2+} , Na^{+} , K^{+} , Cl^{-} та водні канали відіграють ключову роль у підтримці та відновленні градієнтів іонів у тканинах [16]. Виділяють кальційдефіцитну (на тлі остеопорозу) і кальційнадлишкову (при атеросклерозі) коморбідності [1]. Форму коморбідності визначають за рівнем внутрішньоклітинного кальцію у волосі [1]. М'язово-тонічні ефекти формують Ca^{2+} , Mg^{+} , K^{+} , Cl^{-} . Експериментальні дослідження на моделі миші з міотонічною дистрофією типу 1 (DM1) показали, що розлади сплайсингу в каналах CaV1.1 та ClC1 викликають слабкість м'язів, міотонію та дихальні розлади. Інтеграція порушень обох каналів ($\text{Ca}^{2+}/\text{Cl}^{-}$ біканалопатія) була особливо патогенною [17]. Використання верапамілу в стандартизованих дозах підвищило виживання, силу м'язів, знизило міотонію та покращило дихальну функцію. Результати підтверджують терапевтичну роль блокаторів кальцію при спастичних формах міопатії, пов'язаних з іонними каналами [18]. При гіперкальціємічній міопатії з тяжкою м'язовою слабкістю на тлі папілярного раку щитоподібної залози спостерігали спастичні прояви. Необхідно враховувати порушення балансу електролітів при диселементозних міопатіях, які формують тремор, атонію або спастичні прояви [19, 20]. У людей з постінсультним парезом структурні зміни (зменшення довжини м'язового волокна та потовщення м'язів литки) та спастичний м'язовий тонус значно впливають на швидкість ходьби та силу активного руху. «Спастико-тонічна міопатія» є незалежною патологією м'язів, яка потребує диференційних підходів до реабілітації для відновлення активної функції [21]. Прихована ідіопатична запальна міопатія (PM, DM тощо) часто спостерігається при інфаркті міокарда, венозній тромбоемболії, що потребує магнітно-резонансної томографії серця при підозрі на субклінічний міокардит [22]. Показано високу чутливість та специфічність деяких мікро-РНК при гіпертрофії міокарда, що підтверджує їх діагностичне значення [21, 22]. Підвищений вміст внутрішньоклітинного кальцію на тлі симпатотонії спричиняє спазм, а гіперкаліємія при ваготонії формує тремор і атонію. Електролітний дисбаланс визначається «вегетативним паспортом»; у симпатотоніків виникають проблеми з кальцієвими каналами, у ваготоніків — з K^{+} - Na^{+} . Ключовим пара-

метром здоров'я та хвороби є гомеокінез, який оцінюють за індексами рівноваги системи-антисистеми: нормованого вмісту катаболічних та анаболічних гормонів (ІРКАГ), активності кислоти та лужної фосфатази (ІКЛФ) [1]. На системному рівні функціонування гомеокінезу підтримується нервовою, ендокринною, імунною та метаболічною системами. На органному рівні важливими є активність міоцитів та її співвідношення з обсягом стромального каркасу, щільність і сенситивність рецепторів, а також стан мікроциркуляції (дисциркуляторний синдром). Оптимальну активність ферментів, гормонів, нервову провідність забезпечують універсальні месенджери (кальцій, циклічні нуклеотиди), біоеlementи, що складають електролітний «портрет» людини і лежать в основі біодиселементозів [1]. Дисбаланс макрофагів посилює запалення та пошкодження м'язових волокон через механізми окисного стресу на тлі симпатотонії. Вплив на макрофаги (через рецептори, шляхи активації ПОЛ) є перспективним підходом до терапії міопатій [23]. Посилення ваготонії на ранніх стадіях міопатії призводить до її прогресування через включення кишково-мозкової осі та запуск механізмів автоімунної агресії у м'язах [23]. У пацієнтів з міопатією, пов'язаною з анти-SRP, спостерігається виражена проксимальна м'язова слабкість (нижніх кінцівок), підвищення рівня КФК, інтерстиціальне ураження легень з наявністю дихальних симптомів, що значно збільшує ризик несприятливого результату [24]. Тривале використання колхіцину (подавляє активність макрофагів) викликає проксимальну м'язову слабкість та підвищення рівня креатинкінази. У більшості випадків симптоми зникають протягом 3 тижнів після відміни препарату. При антисинтетазному синдромі встановлено прогресуючу проксимальну м'язову слабкість, міалгію, феномен Рейно, інтерстиціальну хворобу легень з порушенням дихання, характерні симптоми ураження шкіри, позитивні антитіла (anti-Jo-1) та ознаки запальної міопатії. Ефективною виявилась терапія глюкокортикоїдами та мікофенолатом, що підкреслює важливість всебічної діагностики дисімунної міопатії та встановлення її зв'язку з автоімунними порушеннями. У патогенезі ідіопатичної запальної міопатії (ІЗМ) слід звернути увагу на імунні тригери (віруси, NPV), роль генетичної схильності (HLA-гени) та ключове значення міозит-специфічних автоантитіл (MSA) — анти-Jo-1, анти-HMGCR, анти-SRP тощо — не лише як біомаркерів, але й як потенційних учасників патогенетичних процесів через активацію Т-клітин та ER-стрес [24]. Зменшення маси скелетних м'язів (SMM) при астмі значно збільшує ризик загострення та зменшує контроль над захворюванням [25]. При ревматоїдному артриті (РА), поєднаному з міопатією, виділяють серонегативну та серопозитивну форми. Часто запальна міопатія поєднується з міастенією та іншими автоімунними патологіями (системними та неврологічними), на що вказують серологічні та електрофізіологічні результати дослідження. Міастенія може бути замаскована під міопатію через наявність м'язової слабкості, а правильна оцінка серонегативних форм, NMJ-тестів та

автоантитіл надзвичайно важливі для точної діагностики [26]. Активація макрофагів та молекулярних шляхів, таких як cGAS STING, посилює запалення, що викликає ураження м'язових волокон. Потенційними терапевтичними цілями є інгібітори NLRP3, блокатори CASP 1 та модулятори різних типів імунних клітин [27].

Форма міопатії значною мірою залежить від параметрів гомеокінезу і часто пов'язана з ендокринними порушеннями (дисгормональна міопатія). Патогенез, клініку та підходи до лікування міопатії на тлі тиреотоксикозу, гіпотиреозу, хвороби Кушинга, діабету та інших гормональних станів слід розглядати через необхідність ендокринологічного обстеження пацієнтів із м'язовою слабкістю [28]. Скелетно-м'язовий синдром менопаузи у жінок включає втрату м'язової маси та сили, саркопенію, зменшення щільності кісток, артралгії та прогресування остеоартрозу [29, 30]. Жінки з ранньою хірургічною менопаузою мали значно більшу частоту розладів м'язів та саркопенії порівняно з тими, хто пройшов природну менопаузу. Виділяють менопаузальний синдром з абсолютною та відносною естрогеновою недостатністю. Різний гормональний профіль залежно від домінування синтетичних або катаболічних гормонів при ендокринній патології формує відповідні форми міопатії з розвитком м'язової слабкості та дисфункції [31]. При синдромі хронічної гіперглікемії та пов'язаних з ним ендокринних розладах (ожирінні, інсулінорезистентності) порушується здатність до регенерації м'язової тканини, виникає електролітний дисбаланс, що змінює активність м'язових та фіброаденогенних клітин, мітохондріальну функцію та посилює хронічне запалення [32].

Дисметаболічну міопатію викликають порушення метаболізму вуглеводів, ліпідів та мітохондріальні патології, при яких особливу увагу приділяють підходам до персоналізованої терапії, включаючи дієтичні стратегії, фізичні навантаження, ферментозамісну та генну терапію. При дисметаболічних міопатіях важливо визначити кислото-лужний баланс пацієнта, що вивчено недостатньо. Доказано важливе значення вітаміну D в обміні фосфору, кальцію, його вплив на рівень імунітету, силу м'язів, настрій та якість життя пацієнтів. Але збільшення споживання кальцію пов'язане з підвищеним ризиком цукрового діабету 2, що обумовлює обережне використання добавок кальцію при метаболічних розладах [33] та визначення форми коморбідності. Асоціації між певними метаболітами (наприклад, левуліновою кислотою) та показниками BMD підкреслюють важливість мікробіотів як потенційного діагностичного та терапевтичного фактора остеопорозу [34]. Мікози шкіри, остеопороз частіше спостерігаються у ваготоніків, схильних до алкалозу середовища і активації лужних фосфатаз.

При поєднанні міопатії із соматогеніями важливу роль відіграють ліганди — молекули, які контактують з рецепторами, викликаючи біологічну реакцію або блокуючи їх (гормони або серотонін-ендогенний ліганд для 5-HT-рецепторів). При депресії часто спостерігається відсутність серотоніну або знижена чут-

ливість рецепторів [1]. Дефіцит ліганду або надлишок/нечутливість (дисбаланс) призводять до виникнення патології (депресія, тривожність, вегетативна дестабілізація). Перехресна взаємодія нейромедіаторів та рецепторів регулює баланс збудження та гальмування у нейронних мережах, його порушення пов'язані з різними неврологічними розладами. Дисбаланс між гілками вегетативної нервової системи створює вегетативний «портрет» (симпатотонію чи ваготонію), інформативним показником якого є індекс симпатовагусної рівноваги (ІСВР) за даними спектрального аналізу ЕКГ [1]. «Вегетативний паспорт» та клінічну форму соматогенії визначають за тестами В.М. Сокрута [1] та індексом рівноваги вмісту серотоніну й гістаміну в крові (ІРБА) при біохімічному дослідженні крові [1]. Форму коморбідності встановлюють за вмістом внутрішньоклітинного кальцію у волоссі [35]. Вона уточнює «вегетативний паспорт», корелює з показником симпатовагусної рівноваги, показує векторність порушення параметрів гомеокінезу та схильність до адренергічних серотонін-надлишкових паніко-фобічних чи ацетилхолінових серотоніндефіцитних тривожно-депресивних соматогеній. Різні механізми пошкодження в органах пов'язують з «вегетативним паспортом» пацієнта: у ваготоніків домінує автоімунна агресія, а у симпатотоніків — окисний стрес [1].

Ваготонічні чи симпатотонічні параметри гомеокінезу формують кальційдефіцитну (остеопороз) чи кальційнадлишкову (атеросклероз) коморбідність та запускають, відповідно, механізми пошкодження клітин через автоімунну агресію чи окисний стрес. Для систематизації запропонована гомеокінетична класифікація міопатії. Слід зазначити, що сучасні підходи до класифікації ІЗМ ґрунтуються на клінічній картині з урахуванням специфічних автоантитіл та патогенезу. Поділ на підтипи DM, IMNM, ASS, sIBM, OM з урахуванням ролі автоантитіл (анти-Jo-1 тощо) важливий для формування прогнозу захворювання, реакції на лікування [36], але потребує лабораторної діагностики. Розрізняють підтипи міопатій з урахуванням характеристик перебігу, серологічних маркерів та гістологічних характеристик, що сприяє більш точному діагнозу та індивідуалізованому підходу до лікування [37]. Фенотиповий підхід до класифікації міопатії враховує ознаки вегетативної дисфункції, симптоми та автономні профілі різних форм, включаючи мітохондріальні, метаболічні та запальні варіанти [38]. На основі проведених раніше досліджень запропонована гомеокінетична класифікація міопатій як типового клінічного синдрому на базі «вегетативного паспорта», форми коморбідності та гомеокінезу [39]. Оцінку збалансованості параметрів гомеокінезу (системи-антисистеми) проводили з позицій «реабілітаційного дуалізму» за індексами їх рівноваги: біологічних амінів (ІРБА); окиснювальних систем (ІРОС); вмісту катаболічних і анаболічних гормонів (ІРКАГ), активності кислих та лужних фосфатаз (ІРКЛФ), які визначали за співвідношенням нормованих величин [1]. При значенні ІРКАГ < 1,0 та ІКЛФ < 1,0 визначають домінування анаболіч-

них гормонів, залужене середовище, активацію лужних фосфатаз та схильність до остеопорозу при кальційдефіцитній коморбідності, а ІРБА < 1,0 вказували на автоімунну агресію. Значення ІРКАГ > 1,0 та ІРОС > 1,0 відображало посилення катаболізму і механізми пошкодження через окисний стрес. Проведені дослідження дали змогу визначити інформативні показники «вегетативного паспорта» пацієнта, визначити ваготонічний та симпатотонічний гомеокінез, форму міопатії та коморбідності. Симпатотоніки (основний медіатор — норадреналін) схильні до кальційнадлишкової коморбідності (атеросклероз), адренергічних, серотонін-надлишкових паніко-фобічних соматогеній, домінування катаболічних гормонів, ацидозу та імунodefіцитних станів, що підтверджують результати спектрального аналізу серцевого ритму, психологічне тестування та індекси рівноваги параметрів гомеокінезу [1]. Розвиваються «ішемічні» окисні пошкодження в серцево-судинній та м'язовій системах на тлі атеросклерозу («серонегативна спастична міопатія»). Ваготоніки (основний медіатор — ацетилхолін) схильні до кальційдефіцитної коморбідності (остеопороз), поєднаної з ацетилхоліновими, серотоніндефіцитними тривожно-депресивними соматогеніями, домінуванням анаболічних гормонів, алергією, алкалозом, які запускають механізми автоімунної агресії і порушення венозного відтоку з формуванням «серопозитивної гіпотонічної міопатії». Отримані закономірності й тісний кореляційний зв'язок параметрів різних форм міопатії з «вегетативним паспортом» підтверджували «вегетогомеокінетичну теорію патології», яка відображала еволюцію концепції стресу, формування дисадаптації [1].

Інформативними виявилися показники кальцію у волоссі, які рекомендовані для визначення «вегетативного паспорта» і патогенетичної форми міопатії. Запропонована кальційдефіцитна та кальційнадлишкова коморбідність дала змогу об'єднати типові клінічні синдроми з єдиним патогенезом і виділити відповідно «гіпотонічну» та «спастичну» міопатію. При домінуючій симпатотонії пошкодження м'язів відбувається через механізми окисного стресу і кальцієвого апоптозу, а при ваготонії спостерігають запуск автоімунної агресії [1].

Розроблена гомеокінетична класифікація міопатій згідно з «вегетативним паспортом», яка є основою клініко-реабілітаційно-функціонального діагнозу:

1. За етіологічними ознаками:

1.1. Первинна генотипова міопатія.

1.2. Вторинна фенотипова міопатія: екзогенна (біологічна, інфекційна, вірусна, мікозна, хімічна, фізична АГ) та ендогенна (порушення параметрів гомеокінезу).

2. Залежно від порушень на системному рівні регуляції гомеокінезу за індексами рівноваги системи-антисистеми:

2.1. Дисневротична міопатія (патологія нервово-м'язового переходу, поєднана з психо- і соматогенією):

2.1.1. Ваготонічна ацетилхолінова, трофотропна міопатія/міастенія на тлі серотоніндефіцитних, тривожно-депресивних соматогеній, після геморагічного інсульту (депресивні стани, ІРБА < 1,0);

2.1.2. Симпатотонічна адренергічна, ерготропна міопатія/міастенія на тлі серотонін-надлишкових маніакально-паніко-фобічних реакцій, після ішемічного інсульту, інфаркту міокарда (істерія, фобії, ІРБА > 1,0).

2.2. Дисгормональна міопатія:

2.2.1. Гормоно-анаболічна (стреслімітуюча) міопатія, поєднана з інсулінорезистентним СХГ та МПС із абсолютною естрогеновою недостатністю на тлі прихованої недостатності надниркових залоз, гіпотиреозу й дисоваріальних розладів тощо (ІРКАГ < 1,0);

2.2.2. Гормоно-катаболічна (стресіндукуюча) міопатія, поєднана з інсулінодефіцитним СХГ, тиреотоксикозом та МПС з відносною естрогеновою недостатністю тощо (ІРКАГ > 1,0).

2.3. Дисімунна міопатія:

2.3.1. Алергічна серопозитивна міопатія на тлі ваготонії, колагенозів, аутоімунних дермо- й артропатій (індекс чутливості імунної системи (ІЧІС) < 1,0);

2.3.2. Імунодефіцитна серонегативна міопатія із симпатотонічним астматичним синдромом (ІЧІС > 1,0).

2.4. Дисметаболічна міопатія:

2.4.1. Алкалозна, трофотропна, кальційдефіцитна (на тлі остеопорозу, мікозів) міопатія (ІРКЛФ < 1,0; ІРОС < 1,0), поєднана з дисметаболічними алкалозними артро- й дермопатіями, остеопорозом;

2.4.2. Ацидозна, ерготропна, кальційнадлишкова (на тлі атеросклерозу) міопатія, поєднана з дисметаболічними ацидозними артро- й дермопатіями, атеросклерозом (ІРКЛФ > 1,0; ІРОС > 1,0).

3. Органний рівень гомеокінезу: патологія опорно-рухового апарату з провідними синдромами органної недостатності та порушеннями кровотоку:

3.1. Дисциркуляторна міопатія при порушенні кровообігу й мікроциркуляції:

3.1.1. Міопатія, поєднана з об'ємзалежною АГ, порушенням венозного відтоку («застійні» м'язи на тлі варикозної хвороби, остеопорозу);

3.1.2. Міопатія, поєднана з гіперангіотензиновою симпатоадреналовою АГ, порушенням артеріального притоку («ішемічні» м'язи на тлі атеросклерозу). Міопатія є типовим клінічним синдромом і трапляється як в формі самостійного захворювання (при генних порушеннях), так і є коморбідним станом при патології внутрішніх органів.

3.2. Міопатія при патології серцево-судинної системи та нирок:

3.2.1. Ваготонічна гіпотонічна серопозитивна міопатія на тлі остеопорозу і «застійних» органів при запуску механізмів аутоімунної агресії (ІРОС < 1,0);

3.2.2. Симпатотонічна спастична серонегативна міопатія на тлі атеросклерозу та «ішемічних» органів з включенням механізмів окисного стресу і кальцієвого апоптозу (ІРОС > 1,0);

3.2.3. Неопластична міопатія (пухлини м'язів). Недостатність функції органів (НФ_{0-4}) дає змогу виявити ступінь адаптації (субкомпенсація (адаптаційний синдром); декомпенсація (дисадаптаційний синдром)).

4. Клітинний рівень гомеокінезу: міопатія/м'язовотонічні ефекти на тлі диселементозів:

4.1. Диселементозна міопатія:

4.1.1. Ваготонічна диселементозна гіпотонічна міопатія на тлі кальційдефіцитної коморбідності (остеопороз) — дефіцит Ca, Fe, Si, I, Zn, Cr, Li, Co і надлишок K, Mg, Na, V, Mo, Ni, Mn, Cu, Se;

4.1.2. Симпатотонічна диселементозна спастична міопатія на тлі кальційнадлишкової коморбідності (атеросклероз) — надлишок Ca, Fe, Si, I, Zn, Cr, Li, Co і дефіцит K, Mg, Na, V, Mo, Ni, Mn, Cu, Se.

Диселементоз не тільки запускає розвиток м'язовотонічних ефектів, а й є проявом патології м'язової системи.

За клінічним перебігом: фаза загострення та ремісії

1. Інтермітуючий, персистуючий легкий перебіг міопатії.

2. Помірно персистуючий середньої тяжкості міопатії.

3. Тяжка персистуюча форма міопатії, ускладнена синдромами органної недостатності (дихальна, ДЕП, ниркова недостатність).

За ступенем адаптації та функціональної недостатності серцево-судинної системи НФ_{0-4} :

1. ФК-0 — немає порушень функції.

2. ФК-1 — є легкі порушення функції (не більше 25 %).

3. ФК-2 — помірне порушення функції (від 25 до 50 %, без ускладнень).

4. ФК-3 — значне порушення функції із синдромами органної недостатності (від 51 до 75 %), яке не компенсується або слабо компенсується.

5. ФК-4 — різко виражене і повне (понад 75 %, ускладнене інсультом, інфарктом міокарда тощо) порушення функції, що не компенсується.

Міопатія є типовим клінічним порушенням, яке відображає дисадаптацію опорно-рухової системи, що вимагає проведення клініко-патогенетичних паралелей. Сучасні погляди на розвиток міопатії свідчать про високий ступінь взаємозв'язку між станом центральної нервової системи (в тому числі вегетативної), ендокринною регуляцією, імунітетом, метаболізмом та морфофункціональним станом опорно-рухової системи, що підтверджує «вегетогомеокінетичну теорію патології» і диктує потребу розглядати патогенез міопатії з урахуванням «вегетативного паспорта», форми гомеокінезу та коморбідності. Важлива координувана робота центральних і місцевих механізмів підтримки м'язового тону. Ключова роль у підтримці та відновленні градієнтів іонів в тканинах, що важливо для тону м'язів, відводиться Ca^{2+} , Na^{+} , K^{+} , Cl^{-} та водним каналам [16]. Вегетативна дисфункція порушує взаємодію каналів, стан нервово-м'язового переходу. У ваготоніків виникають проблеми з функціонуванням K^{+} - Na^{+} -каналів, у симпатотоніків — проблеми з Ca^{2+} -каналами, що пов'язують з домінуванням, відповідно, ацетилхоліну і норадреналіну. Свій вклад в електролітний дисбаланс робить підвищений вміст неактивного інсуліну у ваготоніків при наявності інсулінорезистентності, що підвищує рівень внутрішньоклітинного K^{+} , формуючи алкалоз [1]. На тлі ваготонії розвивається гіпотонічна серопозитивна форма

міопатії, поєднаної саме з серопозитивним РА, які становлять опорно-рухову систему, при симпатотонії визначають спастичну серонегативну кальційнадлишкову міопатію, що потребує індивідуального підходу в реабілітації з урахуванням «вегетативного паспорту» пацієнта та механізмів пошкодження. Визначення «вегетативного паспорту», механізму патогенезу фено- та ендотипів міопатії, ключових біомаркерів дали змогу встановити порушення параметрів гомеокінезу, розробити класифікацію та техніку гомеокінетичного дихання за Муллахметовим — Сокрутом [40]. Диференційний підхід у реабілітації пацієнтів з міопатією слід застосовувати з урахуванням механізмів пошкодження тканин/клітин через автоімунну агресію чи окисний стрес, «кальцієвий апоптоз» [1], які лежать в основі різних фенотипів міопатії. Для оцінки вегетативної дисфункції інформативним виявився індекс симпатовагусної рівноваги, що дає змогу рекомендувати його для встановлення форми міопатії. У ваготоніків гіпотонічна серопозитивна форма РА і міопатії часто поєднується з об'ємзалежною АГ; МПС з абсолютною естрогеновою недостатністю у жінок; інсулінорезистентним СХГ; ацетилхоліновою серотонідефіцитною тривожно-депресивною соматогенією. У симпатотоніків спастична серонегативна форма РА і міопатії спостерігається при симпатoadреналовій АГ; МПС із відносною естрогеновою недостатністю; інсулінодефіцитному СХГ та адренергічних серотонін-надлишкових паніко-фобічних реакціях, що визначає необхідність індивідуального лікування. Ваготонія формує схильність до остеопорозу (кальційдефіцитна коморбідність) за рахунок активації лужних фосфатаз, а симпатотонія визначає схильність до атеросклерозу, через закишене середовище й активацію кислих фосфатаз, що потребує відповідних підходів з призначення препаратів кальцію. Виявлені закономірності й взаємозв'язки параметрів гомеокінезу дали змогу виділяти дисневротичну, дисгормональну, дисімунну, дисметаболічну, дисциркуляторну та диселементозну міопатію [1]. Важлива роль запалення і макрофагів у патогенезі міопатій з DM/PM та РА диктує використання інгібіторів JAK (тофацитиніб, барицитиніб, руксолітиніб). Середнє зниження CDASI (індекс активності дерматоміозиту) становило до –20 балів [41]. Всебічна програма стаціонарної реабілітації пацієнтів з SRP-міопатією (кінезіотерапія, дихальні вправи, біомеханічна адаптація, терапевтична технологія) спрямована на відновлення м'язової сили, обсягу рухів та повсякденної діяльності. Протягом 4 тижнів активної терапії пацієнти досягали значного поліпшення за шкалою FIM та відновлювали незалежність для ADL [42]. Гомеокінетична класифікація міопатії з урахуванням «вегетативного паспорту» і форми коморбідності лежить в основі інноваційних тестів з їх визначення, що дає змогу встановити реабілітаційний діагноз та передбачити реабілітаційну тактику. Запропонована техніка гомеокінетичного дихання за Муллахметовим — Сокрутом реалізує свій вплив через оптимізацію параметрів гомеокінезу [40]. Тренування дихальних м'язів значно покращує їхню силу та витривалість, дихальну

функцію (FVC, MIP/MER) та якість життя у пацієнтів з міопатією та іншими нервово-м'язовими патологіями. Дихальна гімнастика — безпечний, але ефективний метод реабілітації при міопатичних синдромах [43]. Восьмитижнева програма тренувань дихальних м'язів вдома у пацієнтів з міопатією покращила максимальний тиск вдиху (від $43,0 \pm 15,9$ до $47,0 \pm 16,6$ см H_2O , $p = 0,019$) без ефекту плацебо [44].

Висновки

1. У патогенезі міопатії важливу роль відіграє «вегетативний паспорт», порушення параметрів гомеокінезу та коморбідність. Ваготонічний гомеокінез та кальційдефіцитна коморбідність формують патогенез гіпотонічної серопозитивної міопатії, поєднаної з серопозитивним ревматоїдним артритом, алкалозним менопаузальним синдромом (МПС) з абсолютною естрогеновою недостатністю; інсулінорезистентним синдромом хронічної гіперглікемії та ацетилхоліновою серотонідефіцитною тривожно-депресивною соматогенією через запуск автоімунної агресії. Симпатотонічний гомеокінез, кальційнадлишкова коморбідність лежать в основі «спастичної» серонегативної міопатії, поєднаної з серонегативним ревматоїдним артритом, ацидозним МПС з відносною естрогеновою недостатністю; інсулінодефіцитним СХГ та адренергічними серотонін-надлишковими паніко-фобічними реакціями через окисне та кальцієве пошкодження.

2. Проведена клініко-патогенетична паралель міопатії дала змогу виділити її форми: дисневротичну, дисгормональну, дисімунну, дисметаболічну, дисциркуляторну та диселементозну; розробити гомеокінетичну класифікацію міопатії на базі «вегетативного паспорту», порушення параметрів гомеокінезу і форми коморбідності. З огляду на гомеокінетичну класифікацію міопатії розроблені клінічні тести визначення «вегетативного паспорту», форми соматогенії і типових клінічних синдромів, що дає змогу встановити реабілітаційний діагноз та проводити дихальну гімнастику.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів та власної фінансової зацікавленості при підготовці даної статті.

Внесок авторів. Сокрут М.В. — концептуалізація, методологія, література, робота з AI; Климовицький Ф.В. — перевірка, написання, рецензування та редагування; Сокрут В.М. — дослідження, формальний аналіз, візуалізація, курація даних; Литвинова О.В. — ведення, написання, початковий проєкт; Сокрут О.П. — написання, рецензування та редагування, адміністрування проєкту; Муллахметов А.Г. — програмне забезпечення, формальний аналіз.

Список літератури

1. Сокрут М.В., Гоженко А.І., Климовицький Ф.В., Сокрут В.М., Сокрут О.П., Попов В.М. та ін. *Порушення параметрів гомеокінезу при патології суглобів та їх ендотренуванні*. Львів: Магнолія, 2006; 2024. 310 с.

2. Ng KWP, Jin M, Karas T, et al. Using gene panels in the diagnosis of neuromuscular disorders: pitfalls and practical advice. *Neuromuscul Disord.* 2022;32(6):774-85. doi: 10.1016/j.nmd.2022.03.005.
3. Namsrai T, Parkinson A, Chalmers A, Lowe C, Cook M, Desborough J, et al. Diagnostic delay of myositis: an integrated systematic review. *Orphanet J Rare Dis.* 2022;17:420. doi: 10.1186/s13023-022-02570-9.
4. Huang K, Bi F-F, Yang H. A systematic review and meta-analysis of the prevalence of congenital myopathy. *Front Neurol.* 2021;12:761636. doi: 10.3389/fneur.2021.761636.
5. Conticini E, Dourado E, Bottazzi F, Cardelli C, Bruno L, Diomedì M, et al. Idiopathic inflammatory myopathies: one year in review 2024. *Clin Exp Rheumatol.* 2025;43(2):167-77. doi: 10.55563/clinexprheumatol/vizkja.
6. Tang Q, Xie X, He J, Li F, Chen J, Mao N, et al. Clinical characteristics of idiopathic inflammatory myopathies related to anti-SRP: a single-center experience. *Sci Rep.* 2024;14:25788. doi: 10.1038/s41598-024-74940-1.
7. El-Wahsh S. Neuromuscular junction disorders: mimics and chameleons. *Pract Neurol.* 2024;24(6):467-76. doi: 10.1136/pn-2024-004148.
8. Leduc-Pessah H, Smith IC, Kernohan KD, et al. Congenital tremor and myopathy secondary to novel MYBPC1 variant. *J Neurol Sci.* 2024;457:122864. doi: 10.1016/j.jns.2023.122864.
9. Liao X, Li Q, Yang H, Sun Q. A case of a patient with MYH2-associated myopathy presenting with a chief complaint of hand tremor. *Tremor Other Hyperkinet Mov (N Y).* 2024;14:50. doi: 10.5334/tohm.932.
10. Petry-Schmelzer JN, Abicht A, Barbe MT, Wunderlich G. Myofibrillar myopathy: a rare but important differential diagnosis of camptocormia in a patient with Parkinson's disease. *Neurol Res Pract.* 2023;5:26. doi: 10.1186/s42466-023-00250-y.
11. Pradines M, Jabouille F, Fontenas E, Baba Aissa I, Gault-Colas C, Baude M, et al. Does spastic myopathy determine active movement and ambulation speed in chronic spastic paresis? A cross-sectional study on plantar flexors. *PLoS One.* 2024;19(10):e0310969. doi: 10.1371/journal.pone.0310969.
12. Zhun X, Sian V, Johari M, Katayama S, Okhavan A, Harald P, et al. Revealing myopathy spectrum: integrating transcriptional and clinical features of human skeletal muscle in diverse diseases. *Commun Biol.* 2024;7:438. doi: 10.1038/s42003-024-06143-3.
13. Alonso S, et al. Autonomic symptoms are frequent in myotonic dystrophy type 1: a multicenter cohort study. *Neuromuscul Disord.* 2022;32(7):631-9. doi: 10.1016/j.nmd.2022.05.012.
14. Barcelos I, Machado M, Pereira C, Salazar AP, da Silva AMV, da Silva C, et al. Evaluation of autonomic nervous system function in individuals with facioscapulohumeral muscular dystrophy. *Muscle Nerve.* 2021;64(6):613-20. doi: 10.1002/mus.27336.
15. Huang Y, Wang Y. Vago-sympathetic index in health and disease: implications for clinical practice. *Clin Auton Res.* 2022;32(2):101-10. doi: 10.1007/s10286-021-00863-1.
16. Mai K, Maverakis E, Li J, Zhao M. Maintaining and restoring gradients of ions in the epidermis: the role of ion and water channels in acute cutaneous wound healing. *Adv Wound Care (New Rochelle).* 2023;12(12):696-709. doi: 10.1089/wound.2022.0128.
17. Cisco LA, Sipple MT, Edwards KM, Thornton CA, Lueck JD. Verapamil mitigates chloride and calcium bi-channelopathy in a myotonic dystrophy mouse model. *J Clin Invest.* 2024;134(1):e173576. doi: 10.1172/JCI173576.
18. Felder RA, Gildea JJ, Xu P, Yue W, Carey RM, Jose PA. Inverse salt sensitivity of blood pressure: mechanisms and potential relevance for prevention of cardiovascular disease. *Curr Hypertens Rep.* 2022;24(9):361-74. doi: 10.1007/s11906-022-01201-9.
19. Du Y, Qi X, Zhang L, Yang Y, Chen T. Calcium influx-induced lytic cell death disrupts skin immune homeostasis. *Cell Discov.* 2023;9:124. doi: 10.1038/s41421-023-00623-2.
20. Huq MR, Hossain A, Hannan MA, Anwar MB, Khan AM. Proximal myopathy with hypercalcemic crisis and papillary carcinoma of the thyroid in a 38-year-old female. *Cureus.* 2021;13(12):e20700. doi: 10.7759/cureus.20700.
21. McEwan T, Bhambra J, Liew D, Robinson PC. Systematic review of colchicine neuromyopathy: risk factors, duration and resolution. *Semin Arthritis Rheum.* 2022;58(4):152150. doi: 10.1016/j.semarthrit.2022.152150.
22. Bellocchi C. The interplay between autonomic nervous system and innate immunity in systemic autoimmune diseases. *Int J Mol Sci.* 2022;23(5):2449. doi: 10.3390/ijms23052449.
23. Lehrer PM, et al. Heart rate variability biofeedback improves emotional and physical health and performance: a systematic review and meta-analysis. *Appl Psychophysiol Biofeedback.* 2020;45(3):109-29. doi: 10.1007/s10484-020-09466-z.
24. Anand S, Sivakumar S. Dysimmune myopathy due to antisynthetase syndrome. *Neurol India.* 2023;71(2):404-5. doi: 10.4103/0028-3886.375387.
25. Zhang S, Zhang X, Deng K, Wang C, Wood LG, Wan H, Liu L, Wang J, Zhang L, Liu Y, et al. Reduced skeletal muscle mass is associated with an increased risk of asthma control and exacerbation. *J Clin Med.* 2022;11(23):7241. doi: 10.3390/jcm11237241.
26. Zhu Y, Wang B, Hao Y, Zhu R. Clinical features of myasthenia gravis with neurological and systemic autoimmune diseases: a review. *Front Immunol.* 2023;14:1223322. doi: 10.3389/fimmu.2023.1223322.
27. Wu Y, Luo J, Duan L. Pathogenic mechanisms of disease in idiopathic inflammatory myopathies: autoantibodies as clues. *Front Immunol.* 2024;15:1439807. doi: 10.3389/fimmu.2024.1439807.
28. Shah DN, Miller R, Shin SC, Greene DN. Myopathies of endocrine origin: a review for physicians. *Dis Mon.* 2024;70(1):101628. doi: 10.1016/j.disamonth.2023.101628.
29. Wright VJ, Schwartzman JD, Itinoche R, Wittstein J. The musculoskeletal syndrome of menopause: a review of muscle and bone effects. *Climacteric.* 2024;27(5):466-472. doi: 10.1080/13697137.2024.2380363.
30. Musai J, Mammen AL, Pinal-Fernandez I. Recent updates on the pathogenesis of inflammatory myopathies. *Curr Rheumatol Rep.* 2024;26(12):421-430. doi: 10.1007/s11926-024-01164-7.
31. Vallejo MS, et al. Association of muscle disorders in late postmenopausal women according to the type of experienced menopause. *Menopause.* 2024;31(11). doi: 10.1097/GME.0000000000002367.

32. Espino-Gonzalez E, Dalbram E, Mounier R, Gondin J, Farup J, Jessen N, Treebak JT, et al. Impaired skeletal muscle regeneration in diabetes: from cellular and molecular mechanisms to novel treatments. *Cell Metab.* 2024;36(6):1204-16. doi: 10.1016/j.cmet.2024.02.014.
33. Urtizberea JA, Laforêt P, Ogier de Baulny H, Wahbi K, Romero NB. Metabolic myopathies in the era of next-generation sequencing. *Genes (Basel).* 2023;14(5):10954. doi: 10.3390/genes14050954.
34. Li Z, Rui S, Zhang J, et al. Macrophage involvement in idiopathic inflammatory myopathy: pathogenesis and therapeutic implications. *J Inflamm.* 2024;21:15. doi: 10.1186/s12950-024-00422-w.
35. Сокрут М.В. Елементоз при патології суглобів та ендопротезуванні: монографія. Слов'янськ: Друкарський двір; 2021. 218 с.
36. Park YB, Kim DS, Kang M, Shin JH. Clinicopathological reclassification of idiopathic inflammatory myopathy based on serologic and phenotypic correlation. *J Clin Neurol.* 2024;20(1):67-77. doi: 10.3988/jcn.2022.0432.
37. Shah M, Shinjo SK, Day J, Gupta L. Cardiovascular manifestations in idiopathic inflammatory myopathies. *Clin Rheumatol.* 2023;42(10):2557-65. doi: 10.1007/s10067-023-06599-4.
38. Wali S, Shell R, Shah H, Giffin N, Ramachandran S, Hofer M. Myopathies and autonomic dysfunction: a phenotypic framework for classification. *Muscle Nerve.* 2023;68(3):320-9. doi: 10.1002/mus.27840.
39. Сокрут В.М. Клінічний тест визначення форми соматогенії. Available from: <https://sokrut.com/somatogenytest2>.
40. Муллахметов А.Г., Сокрут М.В., Сокрут О.П., Литвинова О.В. Дихальна гімнастика для студентів в залежності від їх вегетативного паспорту. *Світ наукових досліджень: матеріали XXXIII Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції*; 2025, червень 24–25; Тернопіль. Тернопіль: Вид-во Світу наукових досліджень; 2025. С. 66-76.
41. Ma C, Liu M, Cheng Y, Wang X, Zhao Y, Wang K, Wang W. Therapeutic efficacy and safety of JAK inhibitors in treating polymyositis/dermatomyositis: a single-arm systemic meta-analysis. *Front Immunol.* 2024;15:1382728. doi: 10.3389/fimmu.2024.1382728.
42. Nicole CS, et al. Inpatient rehabilitation and functional outcome of a case of anti-SRP immune-mediated necrotizing myopathy. *J Rehabil Med Clin Pract.* 2024;6:e22-e29. doi: 10.2340/jrmcp.v6.11497626.
43. Cacciante L, Molfetta L, et al. The use of respiratory muscle training in patients with neuromuscular disorders: RCT analysis. *Muscle Nerve.* 2022;66(2):214-20. doi: 10.1002/mus.27564.
44. Van Kleef ESB, Pisters MF, Drost G, van der Ploeg AT, Badrising UA, Wokke JH, et al. Inspiratory muscle training in nemaline myopathy: a pilot controlled study. *J Neuromuscul Dis.* 2023;10(2):257-65. doi: 10.3233/JND-221665.

Отримано/Received 03.08.2025

Рецензовано/Revised 12.09.2025

Прийнято до друку/Accepted 20.09.2025

Information about authors

M.V. Sokrut, Donetsk National Medical University, Lyman, Ukraine; e-mail: nikolaisokrut@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0001-5702-1406>
 F.V. Klymovytskyi, Fedir Klymovytskyi, MD, DSc, PhD, Donetsk National Medical University, Lyman, Ukraine; e-mail: klimovitskiyfedor@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-0566-5808>
 V.M. Sokrut, Donetsk National Medical University, Lyman, Ukraine; e-mail: v.m.sokrut@dnmu.edu.ua; <https://orcid.org/0000-0002-1430-1758>
 O.V. Lytvynova, Donetsk National Medical University, Lyman, Ukraine; e-mail: lencha77@me.com; <https://orcid.org/0009-0000-3601-5624>
 O.P. Sokrut, Donetsk National Medical University, Lyman, Ukraine; e-mail: sokrutolga@gmail.com
 A.G. Mullakhmetov, Medical Center "Drive Medicine", Kropyvnytskyi, Ukraine; e-mail: noastma@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0000-4101-6023>

Conflicts of interests. Authors declare the absence of any conflicts of interests and own financial interest that might be construed to influence the results or interpretation of the manuscript.

Authors' contribution. M.V. Sokrut — conceptualization, methodology, literature, work with AI; F.V. Klymovytskyi — proofreading, reviewing and editing; V.M. Sokrut — research, formal analysis, visualization, data curation; O.V. Lytvynova — management, writing, initial project; O.P. Sokrut — writing, reviewing and editing, project administration; A.G. Mullakhmetov — software, formal analysis.

M.V. Sokrut¹, F.V. Klymovytskyi¹, V.M. Sokrut¹, O.V. Lytvynova¹, O.P. Sokrut¹, A.G. Mullakhmetov²

¹Donetsk National Medical University, Lyman, Ukraine

²Medical Center "Drive Medical", Kropyvnytskyi, Ukraine

Homeokinetic classification of myopathy

Abstract. Background. The prevalence of various forms of congenital and acquired myopathy is increasing in different countries. The incidence of congenital myopathy alone ranges from 0.08 to 2.76 per 100,000 population. The diagnosis of muscular pathology includes muscle manual testing to assess their strength (0–5 points) with subsequent determination of myopathy pathogenesis, the average delay in diagnosis of which is associated with primary care barriers and clinical reasons for the delay, the lack of high-quality patient examination and low level of awareness among doctors. Classification by biopsy results is inferior to modern genetics, it is important to assess the contribution of each subtype to comorbidity in multi-syndromic conditions (including autonomic dysfunction). Violations of autonomic regulation, homeokinesis parameters are important in myopathy pathogenesis. The purpose was to determine the clinical and pathogenetic forms of myopathy, to develop a

classification taking into account the "autonomic passport" and to propose rehabilitation measures. **Material and methods.** The basic results for the classification were obtained by using modern investigation methods at the following clinical departments: trauma and orthopedics; family, rehabilitation and sports medicine of Donetsk National Medical University (CRL). Fifty-two patients with myopathy combined with rheumatoid arthritis (seropositive and seronegative forms) were divided into two groups according to the data of spectral analysis of the heart rate variability and automated determination of homeokinesis parameters and the "autonomic passport". To determine the form of comorbidity, the level of intracellular calcium in the blood and hair was studied by the method of hair spectral analysis. Homeokinesis parameters were assessed using their balance indices: biological amines; oxidative systems; content of catabolic and anabolic hormones; cortisol and insulin; acid and

alkaline phosphatases activity, which were determined by the ratio of normalized values. **Results.** The conducted investigation allowed determining informative indicators of the patient's "autonomic passport", to evaluate vagotonic and sympathotonic homeokinesis. Vagotonic homeokinesis and calcium-deficient comorbidity form the pathogenesis of hypotonic seropositive myopathy combined with seropositive rheumatoid arthritis, alkalosis menopausal syndrome with absolute estrogen deficiency; insulin-resistant chronic hyperglycemia syndrome and acetylcholine serotonin-deficient anxiety-depressive somatogeny due to the launch of autoimmune aggression. Sympathotonic homeokinesis, calcium-excessive comorbidity underlie "spastic" seronegative myopathy combined with seronegative rheumatoid arthritis, acidotic menopausal syndrome with relative estrogen deficiency; insulin-deficient chronic hyperglycemia syndrome and adrenergic serotonin-excessive panic-

phobic reactions due to oxidative and calcium damage. **Conclusions.** The conducted clinical and pathogenetic comparison of myopathy allowed distinguishing its forms: dysneurotic, dyshormonal, dysimmune, dysmetabolic, dyscirculatory and diselementosis; to develop and submit for discussion a homeokinetic/pathogenetic classification of myopathy based on the "autonomic passport", violations of homeokinesis parameters and forms of comorbidity. Given the homeokinetic classification of myopathy, clinical tests were developed to determine the "autonomic passport", the form of somatogenies, and typical clinical syndromes, which allows for a rehabilitation diagnosis and breathing exercises.

Keywords: myopathy; classification; myasthenia; myotonic syndrome; spastic syndrome; tremor syndrome; Parkinson's syndrome; comorbidity; homeokinesis; "autonomic passport"; somatogeny; breathing exercises

V.V. Chorna¹, S.S. Khliestova¹, A.M. Hrynzovskyi², S.I. Kalashchenko², O.S. Kotsur³,
M.V. Rybinskyi¹

¹Vinnitsia National Pirogov Memorial Medical University, Vinnitsia, Ukraine

²Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

³Municipal Health Center, Lubawa, Warmia-Masuria Voivodeship, Republic of Poland

The impact of full-scale war on disease dynamics and public health in Ukraine

Abstract. Background. The article provides a comparative analysis on the incidence and prevalence of diseases among the population of Ukraine during the full-scale war. According to data from the World Health Organization, the prolonged war in our country has caused significant degradation of the healthcare system, especially in the eastern and southern regions. This is due to extensive damage to medical infrastructure, the outflow of qualified medical personnel, and the deterioration of demographic indicators — a decline in birth rates and an increase in mortality and morbidity. Of particular concern is an increase in cases of both infectious and non-infectious diseases, which requires urgent adaptation of the healthcare system to the conditions of martial law and post-war recovery. The purpose was to identify and analyze morbidity indicators among the Ukrainian population during full-scale war, study health determinants, and develop preventive measures to address this problem. **Materials and methods.** The study used materials from the State Statistics Service of Ukraine and the Medical Statistics Center of the Ministry of Health of Ukraine for 2022–2023. The work employed content analysis of domestic and foreign scientific sources, bibliosemantic, analytical, and statistical research methods. **Conclusions.** In view of the above, the formation of effective state and regional policies in the field of reproductive health is a critically necessary step for preserving Ukraine's demographic potential, ensuring its sustainable development in the future, and the creation of multisectoral preventive measures targeting vulnerable groups is critically important for preserving and strengthening the health of the nation.

Keywords: morbidity; full-scale war; intersectoral approach; healthcare facilities; health determinants; disease prevention

Introduction

The full-scale military invasion of Ukraine by the Russian Federation caused large-scale demographic shifts, including significant migration of the population to European Union countries. A large proportion of those who left Ukraine were medical workers, which significantly complicated access to medical services in regions directly adjacent to the active combat zone. This dynamic had a negative impact on both the volume and quality of medical care provided in frontline areas [1].

According to data from the World Health Organization (WHO), as of 2022, the war has caused significant degradation of the healthcare system in the eastern and southern regions of Ukraine, due to both damage to medical infra-

structure and the outflow of qualified personnel. The Ministry of Health of Ukraine also emphasizes that the emigration of medical professionals has significantly exceeded pre-war levels, especially among primary care specialists, and that the shortage of personnel in wartime conditions complicates the implementation of basic medical care programs in the healthcare sector [1, 2].

The full-scale invasion of Ukraine by the Russian Federation has caused a massive humanitarian crisis that has affected all areas of life. Significant human losses, destruction of civilian infrastructure and healthcare systems, as well as threats to security have led to the mass displacement of civilians both within the country and beyond its borders.

According to the Office of the United Nations High Commissioner for Refugees, as of February 2023, more than 8 million Ukrainian citizens had found refuge in European countries, of whom approximately 4.8 million were officially registered as temporarily protected people. Most of them — 86.0 % — were women and children, which indicates the vulnerability of these categories to the consequences of the conflict and the need for targeted social and psychological support [3, 4].

Internal displacement of the population has reached significant proportions. According to data from the National Social Service of Ukraine, at the beginning of 2023, the number of internally displaced people reached approximately 4.9 million. Most of them (over 70 %) came from the eastern regions of Ukraine, which were affected by intense fighting, and another 14 % came from the southern regions. The geography of displacement shows the migration burden on the western regions of the country, where a significant part of humanitarian and medical aid is concentrated [5].

The war also had a significant impact on the functioning of the healthcare system. With the start of full-scale hostilities in 2022, a decrease in morbidity rates was recorded in almost all nosological categories. This is due to limited access to medical services for the population following damage or destruction of healthcare facilities, forced migration, and the prioritization of survival over health issues. However, already in 2023, there was an increase in morbidity rates, which is likely due to the gradual resumption of medical facilities, adaptation to martial law conditions, and the return of the population to their usual pattern of seeking medical care. During the full-scale war, 1,984 medical facilities were damaged and 301 of them were completely destroyed. By the beginning of 2025, 964 medical facilities had been completely or partially restored (of which 594 were completely restored and 370 were partially restored) [6, 7].

These trends point to the need to integrate public health strategies into emergency response systems. They also highlight the importance of a cross-sectoral approach that includes medical, social, and psychological interventions to support both displaced populations and the communities that host them.

Since the quality of medical care directly correlates with the level of qualified medical personnel in the healthcare system, the problem of staff shortages, which has been observed in Ukraine during the recent years of full-scale war, is of particular importance. The reduction in the number of permanent positions for doctors and nursing staff, as well as the decline in the actual number of medical workers, the growing gap between the number of permanent positions and occupied positions combined with an aging population and the outflow of young people from the medical field threatens to further worsen the staffing potential of Ukrainian healthcare system [8, 9].

Changes in the demographic structure of the population, in particular the decline in the proportion of young people and the general aging of medical personnel, greatly complicate the renewal of the workforce. These processes are exacerbated by the labor migration of medical specialists, low motivation, and professional burnout among healthcare workers [10].

In the context of epidemic surveillance, it should be noted that the epidemic process of infectious diseases in Ukraine in recent years has been characterized by the presence of both sporadic cases and group diseases and outbreaks, which has complicated the situation in certain regions [1].

As in previous years, acute respiratory viral infections, including influenza, as well as viral hepatitis, acute intestinal infections (AII), tuberculosis (TB), and diseases controlled by specific immunoprophylaxis (e.g., measles, whooping cough), indicate the need to strengthen immunoprophylaxis programs and increase vaccination coverage [1, 11].

Thus, the shortage of medical personnel combined with the high infectious load on the healthcare system requires comprehensive solutions that involve not only improving the level of professional training and motivation of medical workers, but also reforming staffing policies, taking into account demographic challenges and the epidemiological situation [12, 13].

Among the key epidemiological trends, a steady increase in the incidence of malignant neoplasms, particularly in the southeastern regions of Ukraine, deserves special attention. According to data from the National Cancer Registry of Ukraine, these regions have elevated levels of both primary incidence and overall cancer mortality, indicating a potential regional imbalance in access to preventive, therapeutic, and diagnostic services and a sharp deterioration in the environment [1, 2].

Thus, the data presented underscore the relevance of scientific analysis of disease prevention issues and the need to strengthen primary prevention and early detection measures, with a particular focus on regional and gender aspects.

Purpose. To identify and analyze morbidity rates among the Ukrainian population during full-scale war, analyze health determinants, and develop preventive measures to address this problem.

Materials and methods

The study used materials from the State Statistics Service of Ukraine and the Medical Statistics Center of the Ministry of Health of Ukraine for 2022–2023. The work employed content analysis of domestic and foreign scientific sources, bibliosemantic, analytical, and statistical research methods.

Data availability. The datasets used and/or analyzed in the current study are open to the corresponding author upon reasonable request.

Results and discussion

The full-scale war that has been ongoing in Ukraine since 2022 has had profound and multifaceted consequences for the physical and mental health of the population. Military actions have led to a significant increase in morbidity, particularly chronic, psychosomatic, and stress-induced disorders. The deterioration of living conditions, forced displacement of the population, loss of access to quality medical care, shortage of medicines, and destruction of medical infrastructure have significantly complicated the provision of medical services in both frontline and rear regions of the country [14].

According to the WHO data, as a result of the hostilities, millions of Ukrainians have limited or completely lost access to basic medical services, including primary healthcare. The burden of mental disorders is growing particularly rapidly: it is expected that one in five Ukrainians will need psychological or psychiatric help [15, 16].

In addition, war contributes to the exacerbation of non-communicable diseases, such as cardiovascular, endocrine, and oncological pathologies, due to chronic stress and disruptions in treatment and diagnosis. All these factors place an additional burden on the healthcare system, which operates in conditions of constant instability and limited resources [17].

Thus, the war in Ukraine has led to a transformation of the country's epidemiological profile, threatening not only the current but also the long-term health of the nation. The situation requires a systematic response from state and international structures aimed at supporting the medical system, ensuring continuity of treatment, and implementing mental health programs.

At the current stage of demographic development, Ukraine has one of the lowest birth rates among European countries. Although the general trends in reproductive behavior in Ukrainian society are consistent with pan-European trends, the dynamics of birth rates in Ukraine are characterized by high variability and instability. This indicates not so much a gradual transformation of the fertility model as a sensitive reaction of the demographic system to external shocks — primarily social upheavals, political instability, economic crises and military conflicts [18].

The problem has become particularly acute in the context of the full-scale war that began in 2022. Military actions have not only worsened the overall socio-economic situation, but also led to a significant deterioration in medical and demographic indicators. There has been a further decline in the birth rate, an increase in reproductive losses, and an intensification of demographic aging trends (UNFPA Ukraine, 2023). In this context, the demographic

crisis in Ukraine is not only a consequence of long-term structural transformations, but also an indicator of the critical state of public health, which had developed even before the war and has worsened as a result of the armed conflict [19, 20].

The current situation with fertility in Ukraine requires a comprehensive analysis not only from the point of view of demographic science, but also in terms of medical and social policy, with an emphasis on strengthening reproductive health, stabilizing the social environment, and forming long-term strategies for demographic recovery (Fig. 1).

Ukraine's demographic dynamics for 2000–2024 show a steady trend of depopulation, which is due to a number of socio-economic, political, and medical-biological factors. One of the main threats to national security and sustainable development of the state is the decline in birth rates and the deterioration of the reproductive health of the population [21, 22].

Over the past decade, the birth rate in Ukraine has fallen by 40.0 %, which is a critical indicator in the context of natural population reproduction. To ensure simple reproduction of generations, the total fertility rate must be at least 2.13–2.15. However, in 2021, this indicator was only 1.1, and according to Ukrainian demographers, it fell to 0.8 in 2023, showing a deep demographic crisis [23, 24].

One of the determining factors in the deterioration of reproductive health is the full-scale war waged by the Russian Federation against Ukraine, which has led to the loss of homes, mass migration, disruption of access to medical services, stress factors, etc. Women's reproductive health is also significantly affected by artificial termination of pregnancy, which can lead to complications and affect fertility, the course of future pregnancies, and childbirth [19, 25].

At the same time, it is worth noting the positive trend in reducing the number of abortions in Ukraine thanks to the implementation of programs to prevent unplanned pregnancies. Thus, the total number of abortions decreased from 81,448 in 2018 to 44,943 in 2022, and the abortion

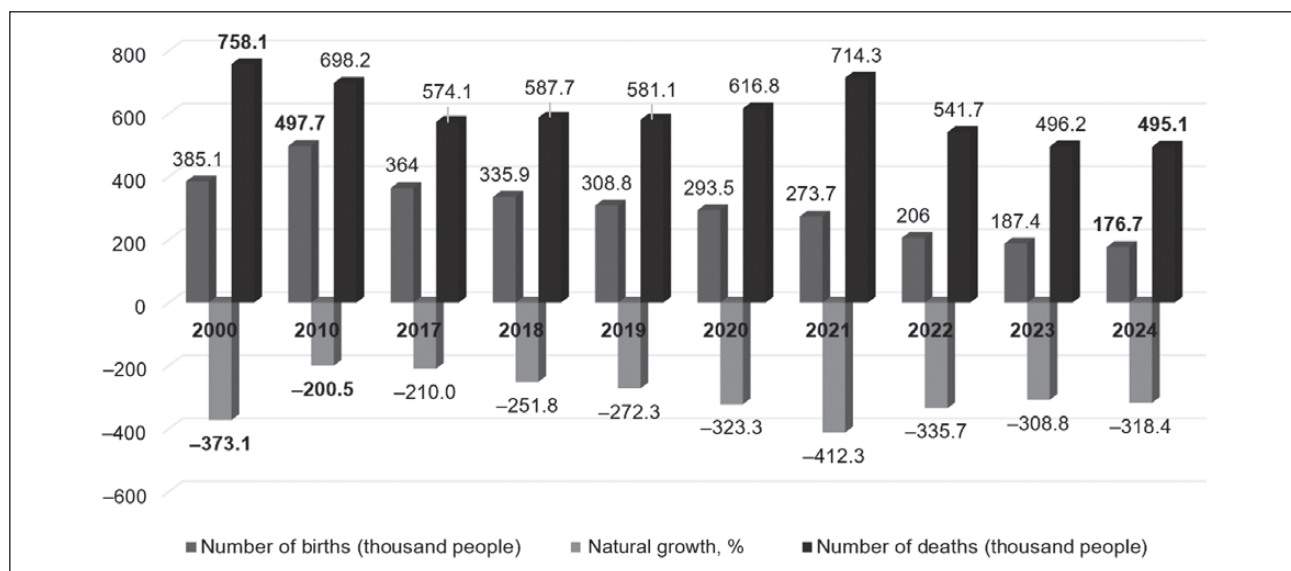


Figure 1. Birth and death rates (per 100,000 population) and natural growth (2000–2024)

rate among women of childbearing age decreased from 8.1 to 4.3 % [1].

The birth rate in Ukraine has been declining since 2010, but the war has significantly exacerbated this crisis, making it impossible for a significant part of the population to exercise their reproductive rights. In this regard, it is necessary to develop and implement multilevel measures aimed at protecting and restoring the reproductive health of the population — both at the state level (through policy documents) and at the sectoral and intersectoral levels (organizational and managerial measures, integration of services into the healthcare system).

In this context, the Global Strategy for Women's, Children's and Adolescents' Health for the period up to 2030, approved by the WHO, should serve as a strategic guideline. Its key objectives are to ensure universal access to healthcare, education, and reproductive rights, as well as comprehensive support for adolescents in reaching their full potential in adulthood. The strategy aims to integrate services for all population groups, including vulnerable ones, and supports a people-centered approach [26].

Over the past decades, Ukraine has seen an unfavorable trend in overall mortality rates, which have deteriorated significantly since the 2010s. This trend has become particularly acute in the context of the Russian Federation's armed aggression, which has been ongoing since 2014, as well as a result of the COVID-19 pandemic in 2020–2021, which caused an additional wave of mortality among the population [27, 28].

Mortality from non-communicable chronic diseases, particularly cardiovascular ones, remains one of the main challenges for public health in Ukraine today. Among them, coronary heart disease (CHD) is particularly prevalent, accounting for the largest share of cardiovascular mortality. Ukraine ranks among the highest in Europe in terms of mortality from CHD, which is several times higher than similar indicators in Western European countries [9, 29].

A distinctive feature of mortality from CHD is its rapid increase after the age of 20, reaching peak levels in working-age and elderly people, significantly exceeding mortality from other cerebrovascular diseases (strokes, transient ischemic attacks, etc.) in similar age groups. This pattern indicates an unsatisfactory situation with regard to the prevention, early detection, and treatment of the main risk factors for CHD, which are dominated by hypertension, hypercholesterolemia, low physical activity, smoking, excessive body weight, and stress factors, including war [30, 31].

With this in mind, systemic public policy measures aimed at reducing the burden of cardiovascular disease through the modernization of medical care, the development of cardiovascular prevention programs, and the improvement of socioeconomic determinants of public health remain relevant.

An analysis of statistical data for 2022–2024 shows an increase in infectious disease rates in Ukraine, largely due to military actions, deteriorating living conditions, population displacement, limited access to medical care, disruptions in the public health system, and reduced effectiveness of sanitary and epidemiological surveillance due to the inability to monitor the environment in combat zones.

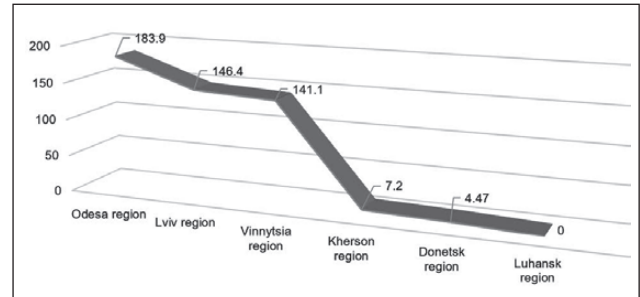


Figure 2. Incidence rates of All and foodborne toxic infections in 2023 (per 100,000 population)

In 2023, the incidence of infectious diseases among the population of Ukraine increased by 2.73 % compared to 2022: the total rate was 13,148.90 cases per 100,000 population, while in 2022, this rate was 12,668.97 per 100,000 [1].

The highest growth rates were recorded among acute upper respiratory tract infections. In particular, in the Kyiv region, these diseases accounted for 26,307.6 per 100,000 population in 2023, which is 44.1 % higher than in 2022. In the Zhytomyr region, this figure reached 23,400.47 per 100,000 population (an increase of 20.1 %) [1].

A significant proportion of infectious diseases are AII, in particular those caused by unidentified pathogens, as well as foodborne toxic infections with an inaccurately determined etiological factor. In 2023, 28,703 cases of this group of diseases were registered (70.01 % per 100,000 population), which is 24.63 % higher than in 2022 (23,031 cases, or 55.61 % per 100,000) [1].

The highest incidence rates of foodborne infections and foodborne toxic infections in 2023 were recorded in the following regions (Fig. 2):

- Odessa region — 183.9 per 100,000 population;
- Lviv region — 146.4;
- Vinnytsia region — 141.1.

In contrast, the lowest rates were recorded in the frontline regions:

- Luhansk region — 0.00 per 100,000 population;
- Donetsk region — 4.74;
- Kherson region — 7.2.

This trend can be explained by the partial or complete cessation of epidemiological surveillance, limited collection of statistical data, and the destruction of medical infrastructure in areas of active combat operations [20].

In 2023, Ukraine recorded 21,701 cases of enteritis, colitis, gastroenteritis, and foodborne toxic infections caused by other identified pathogens, which is 52.93 cases per 100,000 people. For comparison, in 2022, this figure was 18,484 cases (44.63 per 100,000 population), indicating a 17.40 % increase in morbidity over the year.

The highest incidence rates for this group of acute intestinal infections in 2023 were recorded in the Khmelnytskyi (124.67 per 100,000 population), Kyiv (92.33), and Lviv (91.19) regions. In contrast, the lowest incidence rates were recorded in regions directly adjacent to the active combat zone, namely the Luhansk (0.00), Kherson (5.60), and Donetsk (13.34). This trend is likely related to limited access to

medical care and disruption of the epidemiological surveillance system in the context of armed conflict [1].

It is worth highlighting trends of specific nosological forms in the structure of acute intestinal infections. Thus, in 2023, there was a significant decrease in the incidence of rotavirus infection: 3,000 cases (7.32 per 100,000 population) compared to 5,581 in 2022 (13.48 per 100,000), which corresponds to a decrease rate of 46.25 %. This decline is likely due to a combination of factors, including restrictions on social contact, changes in the diagnostic system, and possibly increased immunity among children as a result of vaccination [1, 32].

A decrease in morbidity was also observed for shigellosis: from 223 cases (0.54 per 100,000) in 2022 to 192 cases (0.47 per 100,000) in 2023, representing a decrease of 13.90 %. At the same time, the most alarming trend was for salmonellosis: 4,412 cases (10.76 per 100,000 population) were registered in 2023 compared to 3,195 cases (7.71 per 100,000) in 2022, which corresponds to an increase of 38.09 %. This requires further analysis of the causes, including violations of sanitary control, non-compliance with food storage conditions, and a probable increase in the number of outbreaks in households and organized groups [1].

Parasitic infections constitute an important group of infectious diseases that have a significant impact on public health, especially in military personnel. Among them, helminthiasis, particularly ascariasis and enterobiasis, occupy a special place, remaining the most common parasitic infections in Ukraine [1].

In 2022, the incidence of ascariasis in Ukraine was 36.85 cases per 100,000 population, and in 2023, this figure increased to 40.56, representing an increase of 8.94 %. Epidemiological analysis indicates regional differences in the prevalence of ascariasis: the highest rates were recorded in the western and central regions, in particular the Ivano-Frankivsk (201.64 in 2022 and 223.19 in 2023), Ternopil (148.25 and 131.87, respectively), Lviv (110.91 and 133.75), and Vinnytsia regions (107.16 and 123.73) [1].

In contrast, the lowest incidence rates were observed in frontline regions, which is likely due to both reduced access to medical care and insufficient diagnosis in wartime conditions. In particular, in 2023, no cases of ascariasis were recorded in the Luhansk and Kherson regions, while in the Zaporizhzhia, Donetsk, Kirovohrad, and Mykolaiv regions, the rates were 0.31, 0.37, 1.67, and 1.74 per 100,000 population, respectively [1].

As for enterobiasis, the second most common helminthiasis in Ukraine, there was also an upward trend in the incidence in 2022–2023. The overall increase was 14.12 %. The highest rates in both years were recorded in the Volyn (59.34 and 69.90), Ternopil (59.18 and 69.12), and Vinnytsia (50.20 and 55.11) regions [1].

Similar to the dynamics of ascariasis, the lowest levels of enterobiasis were recorded in 2023 in the Luhansk (0 cases), Donetsk (1.04), and Kherson (1.70) regions, which also correlates with the geography of hostilities [1].

Thus, analysis of helminthiasis incidence in Ukraine shows clear territorial polarization with a predominance of incidence in rear regions. At the same time, in areas of ac-

tive combat operations, there is likely to be both underreporting and an objective decrease in the registration of cases due to limited access to epidemiological monitoring.

Among the parasitic diseases registered in Ukraine, scabies is of particular epidemiological significance, as it is highly contagious and spreads rapidly in crowded living conditions. During 2022–2023, Ukraine saw a clear upward trend in scabies incidence, with a 28.6 % increase in 2023 compared to the previous year. The highest rates were recorded in the Odesa (25.51 per 100,000 population), Volyn (22.48), and Zakarpattia (21.50) regions. At the same time, the lowest values or complete absence of registered cases were noted in the Luhansk (0 cases), Kherson (0.60), and Donetsk (0.17) regions [1].

An analysis of the incidence of other infectious diseases, particularly salmonella (except typhoid and paratyphoid fever), rotavirus enteritis, leptospirosis, whooping cough, scarlet fever, Lyme disease, viral hepatitis, mumps, and infectious mononucleosis, showed that in 2023, the rates ranged from 1.1 to 25.0 cases per 100,000 population. Other infections had even lower rates, not exceeding 1.0 per 100,000 [1].

The regional distribution of incidence for most mentioned nosologies shows a pattern typical of war: the highest rates are recorded in rear regions, where there are better conditions for diagnosis and epidemiological surveillance, while in frontline regions the rates are significantly lower, which is probably due not only to the lower availability of medical care, but also to disruptions in the epidemiological surveillance system [1].

In 2022–2023, some particularly dangerous infectious diseases weren't registered in Ukraine at all. For example, there were no cases of anthrax, Legionnaires' disease, ornithosis, rickettsiosis (including Brill's disease and spotted fever), acute poliomyelitis, congenital rubella syndrome, or carriage of toxigenic strains of diphtheria, cholera, typhoid and paratyphoid fever, malaria parasites.

During 2022, there were no reported cases of cholera, paratyphoid fever (A, B, C, and unspecified), or paracough. However, in 2023, isolated cases of the following dangerous diseases were recorded: cholera (1), typhoid fever (1), paratyphoid A, B, C, and unspecified fever (1), tularemia (1), brucellosis (2), tetanus (6), diphtheria (1), paratyphoid fever (4), rabies (1), tick-borne viral encephalitis (1), hemorrhagic fever with renal syndrome (3), rubella (11), malaria (10), and meningitis caused by *H. influenzae* (2). These data indicate that a certain level of epidemiological well-being has been maintained with regard to a number of particularly dangerous infections. However, the registration of even isolated cases requires increased attention from the public health system, in particular with regard to vaccination, sanitary and epidemiological surveillance, and preparedness to respond to potential outbreaks [1, 33].

For the first time in the last decade, a case of cholera was registered in Ukraine in the summer of 2023 in the Zaporizhzhia region in a child born in 2012. This fact indicates the potential risks of recirculation of pathogens of particularly dangerous infections in the context of destabilization of the sanitary and epidemiological situation in regions affected by hostilities.

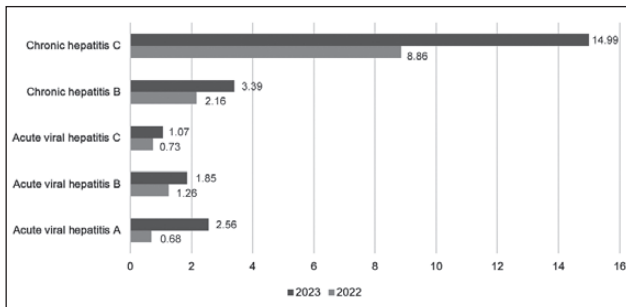


Figure 3. Incidence rates of acute and chronic hepatitis A, B, and C for 2022–2023 (per 100,000 population)

Although most zoonotic infections are not widespread among the population of Ukraine or the world, they remain a serious threat to public health due to potential for rapid spread, complications, and high hospitalization rates. Of particular concern is an increase in the incidence of Lyme disease, the most common zoonosis in recent years. In 2023 compared to 2022, the incidence of this infection increased by 26.74 % [1, 34, 35].

The geographical distribution of Lyme disease cases indicates a clear distinction between regions: the highest rates are recorded in relatively safe, rear areas — Poltava, Sumy, Cherkasy, Kyiv, and Vinnytsia. At the same time, the lowest incidence rates are characteristic of regions directly affected by hostilities or located near the frontline — Luhansk, Kherson, Odesa, and Donetsk. This trend can be explained both by reduced access to medical care and diagnostics in wartime conditions and by possible underreporting of cases in areas of active combat [1].

Thus, zoonotic infections, in particular Lyme disease and cholera, require increased attention from the Ukrainian public health system, especially in the context of military aggression, poor sanitary conditions, and environmental degradation.

The issue of viral hepatitis in Ukraine has remained relevant in recent years. According to official data from the State Statistics Service of Ukraine, there was a significant increase in the incidence of viral hepatitis in 2022–2023. The overall rate for all forms of viral hepatitis increased from 13.94 cases per 100,000 population in 2022 to 24.26 in 2023, representing a rise of 72.23 %.

In particular, the incidence rate of acute viral hepatitis A (dirty hands disease) increased from 0.68 to 2.56 cases per 100,000 population (+274 %). The incidence of acute viral hepatitis B increased from 1.26 to 1.85 per 100,000 population (+46.8 %), and acute viral hepatitis C — from 0.73 to 1.07 cases (+46.6 %) (Fig. 3).

The incidence of chronic viral hepatitis also shows an upward trend: it increased overall from 11.11 to 18.53 cases per 100,000 population (+66.8 %). In particular, chronic hepatitis B was registered with a frequency of 2.16 in 2022 and 3.39 in 2023 (+57 %), and chronic hepatitis C — 8.86 and 14.99 cases (+69 %), respectively (Fig. 3) [1].

These data indicate the need to strengthen preventive measures, monitoring, and improve the system of early di-

agnosis of viral hepatitis in all regions of Ukraine, especially in the context of acute outbreaks of hepatitis A and a steady increase in chronic forms of the disease [1].

According to estimates by the WHO, the incidence of TB in Ukraine in 2022 was about 90 cases per 100,000 population. However, routine surveillance data show a significantly lower rate — 45.1 cases per 100,000 in 2022 and 48.4 in 2023. This indicates that approximately 45.0 % of TB cases remain undetected or unregistered [1].

Between 2018 and 2023, the incidence of tuberculosis in Ukraine decreased by 22.3 %, from 62.3 cases per 100,000 in 2018 to 48.4 in 2023. The average annual decline in the incidence for 2013–2023 is approximately 4.0 %, which is slightly lower than the average for the WHO European Region (5.0 %) [1, 20].

A sharp decline in the detection and registration of TB cases in 2020 was associated with a significant burden on the healthcare system and limited access to medical services for the population due to the COVID-19 pandemic [36, 37].

In 2023, the incidence of TB, including new cases and relapses, was 48.4 cases per 100,000 population, which is 7.3 % higher than in 2022, when the rate was 45.1 per 100,000 [1].

The regional distribution of morbidity clearly illustrates the impact of military operations on the availability of medical services to the population. This is particularly noticeable in areas where part of the territory was under temporary occupation. The highest TB incidence rates are recorded in the Dnipropetrovsk (86.1), Kirovohrad (92.1), and Odesa (99.6) regions. In contrast, the lowest levels are observed in the Kherson (15.2) and Donetsk (16.1) regions [1].

Changes in tuberculosis incidence vary by region and are influenced by a number of factors, the most significant of which is the impact of the military conflict. Although Dnipropetrovsk region is among the leaders in terms of incidence, there is a downward trend compared to the previous year. Similarly, in the Kherson region, there has been a significant decrease in the incidence of 47.0 %, which is likely due to the temporary occupation, subsequent de-occupation of territories, and active migration processes.

At the same time, in the Mykolaiv, Sumy, Kharkiv, and Khmelnytskyi regions, as well as in the city of Kyiv, there has been a significant increase in TB incidence — more than 30.0 % compared to 2022, which may indicate complicated epidemiological situation due to disruptions in medical care and the socio-economic consequences of the war [1].

Thus, the military conflict in Ukraine has a significant impact on the dynamics of TB incidence, highlighting the need to strengthen the epidemiological surveillance and medical support systems in the affected regions.

In 2023, Ukraine saw a significant increase in tuberculosis incidence among children aged 0–14 years — by 40.5 % compared to 2022. The incidence rate among children is 10.4 per 100,000 population, and the absolute number of cases increased from 450 to 639. The share of childhood cases in the overall structure increased from 2.4 % in 2022 to 3.2 % in 2023, which is below the WHO recommendation of 5.0–10.0 %.

An increase in childhood incidence is closely linked to the deterioration of the epidemic situation among adults

who are the main source of infection. The overall incidence rate in the country in 2023 reached 48.4 per 100,000 population, placing Ukraine in fourth place in the European region. The Russian Federation's military aggression has significantly exacerbated negative trends, affecting the availability of medical services and TB control [1, 20].

To effectively curb the growth of morbidity, it is necessary to strengthen measures to detect TB among the adult population, as well as to use modern diagnostic methods that facilitate early detection of cases among children.

From 1996 to 2023, Ukraine has been experiencing a concentrated stage of the human immunodeficiency virus (HIV) epidemic characterized by the presence of certain population groups with elevated seroprevalence rates (> 5 %).

However, in a number of regions, particularly the Dnipropetrovsk, Donetsk, Kirovohrad, Mykolaiv, Odesa, and Kherson, there are signs of a mixed-type epidemic forming, as evidenced by HIV prevalence rates among pregnant women exceeding 1.0 % according to epidemiological monitoring data, as well as high infection rates in key population groups according to the results of biobehavioral studies [1, 38, 39].

Key populations with high HIV infection rates include:

- individuals who had sex with HIV-infected people, including heterosexual (7.81 %) and homosexual (11.89 %) contacts;

- active injecting drug users, among whom seroprevalence is approximately 4.7 % [1, 40].

According to data of 2023, HIV seroprevalence among pregnant women tested for the first time, regardless of gestational age, was 0.17 %, which is below the critical threshold of 1.0 % characteristic of mixed epidemics.

The full-scale aggression of the Russian Federation against Ukraine led to a significant deterioration in the availability of HIV prevention, diagnosis, and treatment services, especially in the southeastern regions of the country. The destruction of medical infrastructure, the occupation of part of the territory, and mass internal displacement of the population have created significant challenges for the healthcare system and the formation of new regional characteristics of medical service provision [41].

The negative dynamics of the HIV/AIDS epidemic in Ukraine in 2022–2023 is confirmed by an 11.3 % increase in the number of new AIDS cases, an 11.9 % increase in AIDS mortality, and a 14.0 % increase in AIDS mortality per 100,000 population [1].

According to data of 2023, the highest prevalence of HIV infection was recorded in the Odesa (1,110.1 per 100,000 population), Dnipropetrovsk (957.9), Mykolaiv (745.8) regions, and in Kyiv (645.2). The total number of people living with HIV registered remained stable at 157,435. However, there was a decrease in the number of HIV cases registered in certain regions, such as the Kherson (–9.5 %), Sumy (–9.0 %), Luhansk (–7.0 %), Donetsk (–5.6 %), and Odesa (–5.5 %) regions, which may be related to difficulties in accessing medical care and internal migration [1].

Thus, despite the difficult socio-political conditions, the epidemiological process of HIV infection in Ukraine does

not show any profound changes in the nature of the epidemic, such as an increase in the incidence, delayed diagnosis, or increased mortality. However, the negative dynamics of key statistical indicators in 2023 is largely due to the direct consequences of Russian military aggression and the destabilization of the healthcare system [42].

Healthcare-associated infections (HAIs) are one of the most pressing health issues worldwide, especially in the context of military operations, which increase the risks of their occurrence and spread in Ukraine, given the unprecedented challenges caused by the armed conflict. These problems are becoming particularly relevant.

According to official statistics, infections associated with surgical interventions dominated in the structure of HAIs until 2020. The results of a pilot study on the point prevalence of HAIs in multidisciplinary hospitals of Ukraine in 2021 confirmed that surgical site infections remain the most common, accounting for 33.7 % of the total number of HAIs [43, 44].

In 2022, 621 cases of surgical site infections were officially registered in Ukraine, of which 36.0 % were in children under the age of 17. The structure of HAIs included 25.6 % of infections in specific perinatal conditions and 22.4 % of infections resulting from surgical and therapeutic interventions (Ministry of Health of Ukraine, 2023). In 2023, 582 cases of HAIs were recorded, of which 31.79 % were among children under 17 years of age. Among them, 20.1 % were perinatal infections, 17.53 % were infections during pregnancy, childbirth, and the postpartum period, 14.26 % were infections associated with surgical and therapeutic interventions, and 10.82 % were respiratory infections [1].

The low level of official registration of HAIs in 2022–2023 is likely due to the insufficient readiness of healthcare facilities to monitor and prevent them in a state of martial law. This highlights the need to strengthen epidemiological surveillance and optimize the infection control system.

Military actions have significantly increased the number of patients with complex injuries — gunshot, mine-blast and others, leading to a high risk of wound infections, surgical site infections and sepsis, which are the leading causes of increased mortality. Of particular concern is the growing resistance to antimicrobial drugs of pathogens isolated from wounds sustained in the field, which complicates therapeutic strategies.

According to the results of our research among military personnel undergoing treatment, the dominant pathogens causing gunshot wounds were *Acinetobacter* spp. (36.0 %), which is characterized by a high level of antibiotic resistance and pronounced adhesive properties, and *Klebsiella pneumoniae* (21.0 %). This is a conditionally pathogenic bacterium that demonstrates increased resistance to β -lactam antibiotics and other groups of antimicrobial drugs. *Pseudomonas aeruginosa* (15.0 %) and *Escherichia coli* (9.0 %) were also detected, which are characterized by their ability to form biofilms and resistance to standard antibiotic therapy. Less common but clinically significant were *Enterococcus* spp. (6.0 %), *Enterobacter* spp. (6.0 %), and *Proteus mirabilis* (5.0 %). The frequency of detection of Gram-positive mi-

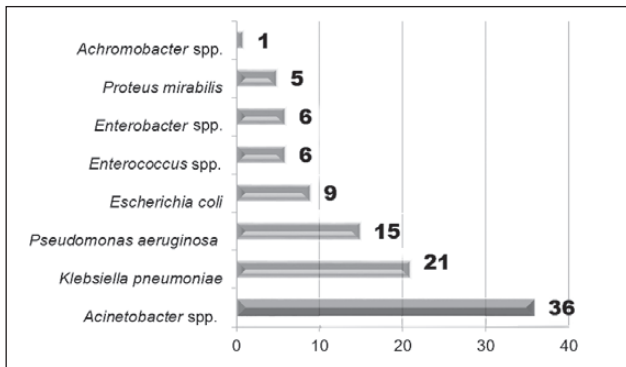


Figure 4. Specific weight of the microbial spectrum of pathogens in combat injuries of military personnel, %

croorganisms (*Staphylococcus* spp., *Achromobacter* spp.) was low — 1.0 % (Fig. 4) [45].

In view of the above, priority measures to counteract the development of infectious complications in the treatment of wounds and combat antimicrobial resistance should include:

- systematic bacteriological examination of patients arriving at healthcare facilities from evacuation points;
- identification of the pathogen and determination of its sensitivity to antimicrobial drugs;
- introduction of rational etiotropic therapy based on the data obtained;
- restriction of unjustified and excessive use of antibiotics;
- development and implementation of infection control and prevention measures in healthcare facilities.

These measures will facilitate timely clinical decision-making, reduce the risk of complications, improve treatment outcomes, and minimize the spread of resistant strains.

With the outbreak of full-scale war in Ukraine, there has been a significant increase in the prevalence of mental disorders among both the civilian population and military personnel.

In particular, there has been an increase in the frequency of post-traumatic stress disorder, depression, and anxiety. According to data from the Ministry of Health of Ukraine and international organizations, approximately 30.0–40.0 % of military personnel may require psychiatric or psychological support [46].

Between 2021 and 2023, there was a 4.3 % decrease in the overall incidence of diseases associated with the use of all groups of psychoactive substances from 55.9 cases per 100,000 population in 2021 to 53.5 in 2023. At the same time, the rate of decline in prevalence was even higher, at 13.6 % (from 1,224.2 to 1,057.4 per 100,000 population). However, compared to 2022, the incidence rate increased by 7.4 % (from 49.8 to 53.5 per 100,000 population), although the overall prevalence continued to decline by 5.5 % (from 1,119.3 to 1,057.4 per 100,000 population) [1].

In 2023, some regions of Ukraine, particularly the Dnipropetrovsk region, saw a significant increase in the number of cases of acute psychotic disorders caused by alcohol con-

sumption (alcoholic psychosis). The proportion of people over the age of 36 among those under supervision for mental disorders resulting from the use of psychoactive substances remains significant — 53,053 (58.4 % of them due to opioid use). This age group consistently predominates in the structure of patients in 2021–2023.

Despite this, the proportion of young people (aged 15–35) with similar pathologies remains high — in 2023, it was 43.7 %, with opioid use also predominating. These data indicate a long-term trend of young people becoming involved in psychoactive substance use, which poses a threat to the future mental health of the population [1].

In terms of the dynamics of treatment coverage for patients with mental disorders associated with psychoactive substance use, there was a 4.9 % decrease in the proportion of outpatient treatment (from 76.8 to 71.9 %) between 2021 and 2023, with a simultaneous increase in inpatient treatment by the same percentage (from 23.2 to 28.1 %). Among all patients who received treatment, the largest share was people over 36 years of age — 74.0 %, the 15–35 age group accounted for 26.0 %, and children aged 0–17 — only 0.01 % [1].

Cancer remains one of the most pressing medical and social problems of our time. According to the WHO projections, if the current rate of increase in the incidence continues, by 2030 the number of new cancer cases will reach 27 million, and mortality will exceed 17 million people. The total number of people living with cancer will exceed 75 million [28].

According to official statistics, the incidence of cancer in Ukraine varies significantly across different regions. The Kirovohrad region deserves special attention, as it consistently ranks first in terms of the incidence of malignant neoplasms, with 466.7 cases per 100,000 population. One of the key reasons for this epidemiological situation is the geographical location of the region within the Ukrainian crystalline shield, which is characterized by elevated natural radiation levels. In particular, Kirovohrad has the largest uranium ore deposits in Europe, which causes an excessive concentration of radon in groundwater — 10 times higher than in the Zakarpattia region. The radiation load in the region exceeds that of the Chernivtsi region by more than 7 times.

For comparison, in the Odesa, Rivne, and Zakarpattia regions, the incidence rate corresponds to the national average. The lowest rates are observed in the Chernivtsi region (212 cases per 100,000 population), which is partly explained by favorable environmental conditions, developed recreational infrastructure, and the absence of industrial facilities with high levels of harmful emissions. At the same time, a full analysis of the situation in the Donetsk, Luhansk, Zaporizhzhia, Kherson, and partly Kharkiv regions is complicated by the temporary occupation of part of the territories and the disruption of the medical statistics collection system.

The gender structure of cancer incidence in Ukraine is generally in line with global trends. In addition, statistics show a significantly higher growth rate of both morbidity and mortality from cancer among men compared to women. Such a gender disparity may indicate an insuf-

ficient level of timely treatment of men in healthcare facilities, especially in the early stages of the pathological process. According to researchers, gender differences in healthcare seeking are common and often associated with lower levels of awareness, social stereotypes, and behavioral barriers [47, 48].

Among men, lung (21.7 %), colorectal (13.4 %), prostate (9.9 %), and gastric cancer (9.1 %) account for the largest share of deaths. Together with pancreatic, bladder, kidney, pharyngeal, and oral cancers, these nosologies cause about 46 % of all deaths. In women, the most common cancers are breast (29.7 %), uterine (15.4 %), cervical (9.8 %), and ovarian (5.5 %), and other localizations account for 39.6 % of all malignant tumors [1].

The analysis of the health determinants in the population of Ukraine has identified the key factors affecting the health in the context of war:

1. Socio-economic: reduced income, loss of jobs, housing, access to quality food.
2. Environmental: destruction of infrastructure, environmental pollution, restricted access to clean water.
3. Organizational: displacement of population, destruction of medical facilities, shortage of staff, overload of the healthcare system.
4. Behavioral: increased tobacco smoking, alcohol consumption, and physical inactivity.
5. Psychosocial: chronic stress, loss of social ties, anxiety, uncertainty about the future.

To reduce the negative impact of the war on public health, it is advisable to implement a set of preventive measures:

- Psychosocial support: scaling up psychological assistance programs, including mobile teams (mental health and psychosocial support), training primary healthcare workers in basic skills to identify post-traumatic stress disorder and anxiety disorders.
- Strengthening the primary healthcare system: ensuring continuous access to treatment, developing telemedicine.
- Infection control: resumption of immunization campaigns, strengthening of epidemiological monitoring, and public health education.
- Ensuring a continuous supply of medicines and medical supplies in the combat zones and among internally displaced people.
- Involving communities in prevention work: conducting educational campaigns on healthy lifestyles, self-help and mutual assistance.

Thus, an increase in the number of cases registered in 2023 is due to a number of factors, including:

- 1) large-scale armed aggression of the Russian Federation against Ukraine, which led to the destruction of infrastructure, including medical and epidemic protection services;
- 2) significant migration processes of the population, lack of information on the morbidity in the temporarily occupied territories of Ukraine since 2014, as well as the lack of complete statistics on the morbidity of the population living in the territories where active hostilities have been conducted since 2022;
- 3) an increase in the number of injuries related to active hostilities, as well as self-medication of patients due to the

financial insolvency of some of them and insufficient access to medical care, etc;

4) the spread of resistant flora between healthcare facilities when transporting the wounded through medical evacuation routes in Ukraine will soon become a serious problem with regional and global implications;

5) the problem of illicit trafficking and use of narcotic and psychotropic substances remains relevant, poses serious challenges and requires a comprehensive approach to overcome negative trends;

6) high incidence of gynecologic oncology, including due to unfavorable environmental impact, especially the impact of military weapons, equipment, socio-economic changes, hereditary predisposition, etc.

Conclusions

1. In view of the above, the development of effective national and regional reproductive health policies is a critical step to preserve Ukraine's demographic potential and ensure its sustainable development in the future.

2. The full-scale war in Ukraine has led to a profound transformation of the epidemiological profile of the population, which requires a systemic response in the form of multisectoral preventive measures targeting vulnerable groups, and is critical to preserve and strengthen the health of the nation.

3. Solving these problems requires the development of targeted screening programs, public education campaigns, and improved efficiency of healthcare at the community level.

Prospects for further research: aimed at continuing the study of the morbidity of the population of Ukraine, monitoring, which should be a priority in the healthcare system and the development of preventive measures.

References

1. *Annual report on the state of health of the population of Ukraine and the epidemic situation for 2023*. Kyiv: Ministry of Health of Ukraine; 2024. 78 p. Available from: <https://moz.gov.ua/storage/uploads/386da5b2-66ed-4e85-932c-d9828ba76a7a/%D0%A9%D0%BE%D1%80%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9-%D0%B7%D0%B2%D1%96%D1%82-%D0%B7%D0%B0-2023-%D1%80%D1%96%D0%BA.pdf>.
2. *World Health Organization. Ukraine emergency situation report*. 2022. Available from: <https://www.who.int>.
3. *UNHCR. Ukraine situation regional refugee response plan*. United Nations High Commissioner for Refugees. 2023. Available from: <https://data.unhcr.org/en/documents/details/106833>.
4. *IOM. Ukraine internal displacement report — general population survey*. International Organization for Migration. 2023. Available from: https://dtm.iom.int/sites/g/files/tmz-bdl1461/files/reports/IOM_Gen%20Pop_R15_IDP_.pdf.
5. *Ministry of Social Policy of Ukraine. Official statistics on IDPs*. 2023. Available from: <https://niss.gov.ua/news/komentari-ekspertiv/vnutrishni-vymusheni-peremishchennya-obsyayhy-problemy-ta-sposoby-yikh>.
6. *World Health Organization. Health crisis in Ukraine: situation report*. 2022. Available from: <https://www.who.int/>

europe/emergencies/situations/ukraine-emergency/situation-reports-(ukraine-specific).

7. Nearly 1,000 medical facilities have been restored in Ukraine during the full-scale war. 24 March 2025. Available from: <https://moz.gov.ua/uk/blizko-1000-ob-yektiv-med-ichnih-zakladiv-vidnovleno-v-ukrayini-protyagom-povno-masshtabnoyi-vijni>.

8. Volosovets O, Zabolotko V, Volosovets A. Staffing in the healthcare sector in Ukraine and worldwide: current challenges. *Ukrainian Medical News*. 2023;1:20-26. doi: 10.32471/umv.2709-6432.84.57.

9. OECD. *Health at a Glance: Europe 2023 — State of Health in the EU Cycle*. OECD Publishing; 2023. Available from: <https://www.oecd.org/health/>.

10. Contemporary medical and demographic problems in Ukraine and ways to solve them: collective monograph. Ed. by Myroniuk IS, Slabkyi HO. Uzhhorod: UzhNU Publishing House “Hoverla”; 2025. 208 p.

11. World Health Organization. *Immunization coverage and challenges in Eastern Europe*. 2023. Available from: <https://www.who.int>.

12. Chorna VV. Motivation and work capacity of mental health professionals as a predictor of their psychological well-being. *Environment and Health*. 2020;4(97):53-62. doi: 10.32402/dovkil2020.04.053.

13. Chorna VV. Healthcare reform to strengthen the mental health of the Ukrainian population and the experience of EU countries. *Reports of Vinnytsia National Medical University*. 2020;24(3):447-456. doi: 10.31393/reports-vnmedical-2020-24(3)-11.

14. Protecting and supporting the mental health of Ukrainians under martial law: challenges and responses: monograph; ed. by Kremen VG, Panok VG, Maksymenko SD, et al. Kyiv; 2024. 188 p. doi: 10.32405/978-617-7118-51-9-2024-188.

15. World Health Organization. *Ukraine emergency: health situation report*. 2023. Available from: <https://www.who.int>.

16. Charlson FJ, van Ommeren M, Flaxman A, Cornett J, Whiteford HA, Saxena S. New WHO prevalence estimates of mental disorders in conflict settings: a systematic review and meta-analysis. *Lancet*. 2019;394(10194):240-248. doi: 10.1016/s0140-6736(19)30934-1.

17. Horton R. Offline: the health crisis in Ukraine is only beginning. *Lancet*. 2022;399(10332):747. doi: 10.1016/s0140-6736(22)00461-3.

18. Bykova A, Manzhelij D. Current preconditions for external labour migration of Ukrainians. *Economic Space*. 2024;189:371-377. doi: 10.32782/2224-6282/189-65.

19. UNFPA Ukraine. *Impact of war on reproductive health and demographics in Ukraine*. United Nations Population Fund. 2023. Available from: <https://www.unfpa.org/data/transparency-portal/unfpa-ukraine>.

20. World Health Organization. *Health system in crisis: Ukraine emergency situation report*. 2023. Available from: <https://www.who.int/emergencies/situations-reports/ukraine-emergency>.

21. Tsyvgyun IA. *Threats to Ukraine's demographic security: monograph*. Kamianets-Podilskyi: PDU Publishing House; 2022. 228 p.

22. Demchenko K. Demographic and social security in Ukraine as interrelated elements of national security. *Economy and Society*. 2022;46:12. doi: 10.32782/2524-0072/2022-46-12.

23. Comprehensive demographic forecast for Ukraine for the period up to 2050; ed. by Libanova EM. Kyiv: Ukrainian Centre for Social Reforms; 2006. 138 p.

24. Drozač MI. Demographic prospects for Ukraine. *Scientific Works of the Interregional Academy of Personnel Management. Economic Sciences*. 2023;4(71):82-87. doi: 10.32689/2523-4536/71-11.

25. World Health Organization. *Abortion care guideline*. Geneva: World Health Organization; 2021. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK578942/>.

26. World Health Organization. *Global strategy for women's, children's and adolescents' health (2016–2030)*. Geneva: World Health Organization; 2015. Available from: https://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA76/A76_5-en.pdf.

27. Sergeeva TA, Zadorozhna VI, Bugayenko NS. Features of the epidemic process of hepatitis in Ukraine during the COVID-19 epidemic and martial law. *Infectious Diseases*. 2024;2(116):13-29. doi: 10.11603/1681-2727.2024.2.14609.

28. World Health Organization. *Global health sector strategies on, respectively, HIV, viral hepatitis and sexually transmitted infections for the period 2022–2030*. Geneva: World Health Organization; 2022. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240053779>.

29. OECD. *Health at a Glance: Europe 2024*. Paris: OECD Publishing; 2024. Available from: https://www.oecd.org/en/publications/health-at-a-glance-europe-2024_b3704e14-en.html.

30. Kovtun GI, Orlova NM. Mortality from cardiovascular diseases in Ukraine: medical and statistical analysis of its dynamics and regional characteristics in 2010–2020. *Reports of Vinnytsia National Medical University*. 2023;27(1):110-118. doi: 10.31393/reports-vnmedical-2023-27(1)-21.

31. Terenda NO, Boitsova OV, Slesarchuk DY, Terenda OA. The impact of countries' economic development levels on mortality from cardiovascular disease. *Bulletin of Social Hygiene and Healthcare Organisation of Ukraine*. 2024;4(102):5-11. doi: 10.11603/1681-2786.2024.4.15207.

32. World Health Organization. *Rotavirus vaccines: WHO position paper — January 2021*. *Weekly Epidemiological Record*. 2021;96(5):49-64. Available from: <https://www.who.int/teams/immunization-vaccines-and-biologicals/policies/position-papers/rotavirus>.

33. Order of the Ministry of Health of Ukraine No. 1724 dated 09.10.2024 “On approval of the list of particularly dangerous infectious diseases”. Available from: <https://moz.gov.ua/uk/decrees/nakaz-moz-ukrayini-vid-09-10-2024-1724-prozatverdzhennya-pereliku-osoblivo-nebezpechnih-nebezpechnih-infekcijnih-hvorob>.

34. Topluoglu S, Taylan-Ozkan A, Alp E. Impact of wars and natural disasters on emerging and re-emerging infectious diseases. *Front Public Health*. 2023;11:1215929. doi: 10.3389/fpubh.2023.1215929.

35. David SD, Eriksson A. Association between conflict intensity and health outcomes in contemporary conflicts, while accounting for the vulnerability and functioning of healthcare services. *Confl Health*. 2025;19(1):14. doi: 10.1186/s13031-025-00654-4.

36. Cilloni L, Fu H, Vesga JF, Arinaminpathy N. The potential impact of the COVID-19 pandemic on the tuberculosis epidemic: a modelling analysis. *EClinicalMedicine*. 2020;28:100603. doi: 10.1016/j.eclinm.2020.100603.
37. Falzon D, Zignol M, Bastard M, Floyd K, Kasaeva T. The impact of the COVID-19 pandemic on the global tuberculosis epidemic. *Front Immunol*. 2023;14:1234785. doi: 10.3389/fimmu.2023.1234785.
38. Stover J, Glaubius R, Teng Y, Ghys PD. Modeling the epidemiological impact of the UNAIDS 2025 targets to end AIDS as a public health threat by 2030. *PLoS Med*. 2021;18(10):e1003831. doi: 10.1371/journal.pmed.1003831.
39. Van Schalkwyk C, Mahy M, Johnson LF, Imai-Eaton JW. Updated data and methods for the 2023 UNAIDS HIV estimates. *J Acquir Immune Defic Syndr*. 2024;95(1S):e1-e4. doi: 10.1097/qai.0000000000003344.
40. Vasylyev M, Skrzat-Klapaczyńska A, Bernardino JJ, Rokx C; European AIDS Clinical Society (EACS) Young Investigators (YING). Unified European support framework to sustain the HIV cascade of care for people living with HIV including in displaced populations of war-struck Ukraine. *Lancet HIV*. 2022;9(6):e438-e448. doi: 10.1016/s2352-3018(22)00125-4.
41. Ukraine Country Operational Plan 2023 (COP23) Strategic Direction Summary (SDS). Available from: <https://www.prepwatch.org/wp-content/uploads/2024/06/Ukraine-Strategic-Direction-Summary-2023.pdf>.
42. UNAIDS Ukraine Country Report 2024. Two years on: UNAIDS supports Ukraine's commitment to the HIV response. Available from: https://www.unaids.org/sites/default/files/media_asset/Ukraine-SitRep.pdf.
43. Chorna VV. The importance of creating a safe hospital environment in the prevention of infectious diseases associated with the provision of medical care. *Odesa Medical Journal*. 2023;1(182):18-23. doi: 10.32782/2226-2008-2023-1-3.
44. Chorna VV, Kolomiets VV, Angelska VYu, Polyarus VV, Tymchuk EV. Meta-analysis of the structure of combat trauma, wound infection during military conflicts, and social and psychological protection of the injured. *Prospects and Innovations in Science*. 2025;1(47):2562-2579. doi: 10.52058/2786-4952-2025-1(47)-2562-2579.
45. Chorna VV, Savichan KV, Bozhytska OM, Nestero-va SYu, Kolomiets VV; International Science Group. Structuring features and consequences of combat trauma, infectious complications of wounds and rehabilitation period of servicemen depending on various factors. In: *Modern ways of developing medicine, biology and psychology as methods of protecting humans: collective monograph*. Boston: Primedia eLaunch; 2025. 80-106, 200-206. doi: 10.46299/iscg.2025.mono.med.1.5.1.
46. Chorna V, Antomonov M, Kolomiets V, Syrota H, Syrota M, Pavlenko N. Psychological consequences of war as a real threat to young people with post-traumatic stress disorder. *Eur J Clin Exp Med*. 2025;23(1):135-140. doi: 10.15584/ejcem.2025.1.20.
47. World Health Organization. *Cancer prevention and control in the context of an integrated approach*. Geneva: World Health Organization; 2022.
48. Siegel RL, Miller KD, Wagle NS, Jemal A. *Cancer statistics, 2023*. *CA Cancer J Clin*. 2023;73(1):17-48. doi: 10.3322/caac.21763.

Received 07.06.2025

Revised 06.07.2025

Accepted 27.07.2025

Information about authors

Valentyna Chorna, MD, DSc, PhD, Captain of the Medical Service of Reserve, Associate Professor, Department of Disaster Medicine and Military Medicine, Vinnytsia National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsia, Ukraine; e-mail: valentina.chorna65@gmail.com; phone: +380 (67) 919-40-38; <https://orcid.org/0000-0002-9525-0613>

Svitlana Khlietsova, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor in the Department of Medical Biology, Vinnytsia National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsia, Ukraine; e-mail: lana231279@gmail.com; phone: +38 (068) 554-35-94; <https://orcid.org/0000-0001-7888-2427>

Anatolii Hrynzovskyi, MD, DSc, PhD, Captain of the Medical Service of Reserve, Associate Professor, Head of the Department of Emergency Medicine and Tactical Medicine, Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine; e-mail: grin_am@ukr.net; phone: +380 (50) 387-64-26; <https://orcid.org/0000-0002-8391-5294>

Svitlana Kalashchenko, PhD, Associate Professor of the Department of Emergency Medicine and Tactical Medicine, Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine; e-mail: svitlana.kalashchenko@gmail.com; phone: +380 (63) 978-80-04; <https://orcid.org/0000-0002-9942-7607>

Olena Kotsur, Primary Care Physician, Municipal Health Center in Lubawa, Lubawa, Warmia-Masuria Voivodeship, Republic of Poland; e-mail: kotsurolena@gmail.com; phone: +380 (97) 210-66-70; <https://orcid.org/0009-0009-7501-5593>

Maksym Rybinskyi, Associate Professor at the Department of Traumatology and Orthopaedics of the Vinnytsia National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsia, Ukraine; e-mail: restful88@gmail.com; phone: +380 (93) 919-68-86; <https://orcid.org/0009-0002-1617-8332>

Conflicts of interests. Authors declare the absence of any conflicts of interests and own financial interest that might be construed to influence the results or interpretation of the manuscript.

Funding information. This study received no external funding.

Authors' contributions. Chorna V.V. — concept and design of the study, data collection and analysis, responsibility for statistical analysis, writing the article, critical review, final approval of the article; Khlietsova S.S., Kalashchenko S.I., Kotsur O.S. — concept and design of the study, critical review, final approval of the article; Hrynzovskyi A.M. — concept and design of the study, data collection and analysis; Rybinskyi M.V. — responsibility for statistical analysis, critical review, final approval of the article.

Чорна В.В.¹, Хлєстова С.С.¹, Гринзовський А.М.², Калашченко С.І.², Коцур О.С.³, Рибінський М.В.¹

¹Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова, м. Вінниця, Україна

²Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, м. Київ, Україна

³Міський центр медичної допомоги, м. Любава, Вармінсько-Мазурське воєводство, Республіка Польща

Вплив повномасштабної війни на динаміку захворюваності та стан громадського здоров'я в Україні

Резюме. Актуальність. У статті проведений порівняльний аналіз частоти й поширеності захворювань в Україні під час повномасштабної війни. Згідно з даними Всесвітньої організації

охорони здоров'я, довготривала війна в нашій країні спричинила суттєву деградацію системи охорони здоров'я, особливо в східних та південних регіонах. Це пов'язано з масштабними

пошкодженнями медичної інфраструктури, відтоком кваліфікованих медичних працівників, а також із погіршенням демографічних показників — зменшення народжуваності, підвищенням рівня смертності та захворюваності. Особливе занепокоєння викликає зростання випадків як інфекційних, так і неінфекційних хвороб, що вимагає невідкладної адаптації системи охорони здоров'я до умов воєнного стану й післявоєнного відновлення. **Мета:** визначити та проаналізувати показники захворюваності в Україні під час повномасштабної війни, вивчити детермінанти здоров'я та розробити заходи профілактики щодо цієї проблеми. **Матеріали та методи.** У дослідженні були використані дані Державної служби статистики України та матеріали Центру медичної статистики МОЗ України за період

2022–2023 рр. Проведено контент-аналіз вітчизняних та зарубіжних наукових джерел, також у роботі застосовано бібліосемантичний, аналітичний і статистичний методи. **Висновки.** З огляду на вищезазначене формування ефективної державної та регіональної політики у сфері репродуктивного здоров'я є необхідним кроком для збереження демографічного потенціалу України та забезпечення її сталого розвитку в майбутньому. Створення мультисекторальних профілактичних заходів, орієнтованих на вразливі групи, є критично важливим для збереження та зміцнення здоров'я нації.

Ключові слова: захворюваність; повномасштабна війна; міжсекторальний підхід; заклади охорони здоров'я; детермінанти здоров'я; профілактика захворювань

Нехлопочин О.С.¹, Орешкович Д.², Вербов В.В.¹

¹ДУ «Інститут нейрохірургії ім. акад. А.П. Ромоданова НАМН України», м. Київ, Україна

²Відділення нейрохірургії, клінічна лікарня «Дубрава», м. Загреб, Хорватія

Еволюція хірургічної стабілізації травматичних ушкоджень грудопоперекового відділу хребта: біомеханічний і клінічний погляд

Резюме. Актуальність. Травматичні ушкодження грудопоперекового відділу хребта супроводжуються високим ризиком неврологічних ускладнень та потребують стабільної хірургічної фіксації. Історія розвитку методів стабілізації відображає прогрес у розумінні біомеханіки, вдосконалення імплантатів і трансформацію клінічної практики. **Мета:** систематизувати ключові етапи еволюції хірургічних методів стабілізації при травмах грудопоперекового відділу хребта з акцентом на біомеханічні принципи, впровадження нових конструкцій та зміну пріоритетів у виборі доступу. **Матеріали та методи.** Проведено пошук літератури в базах даних PubMed, Scopus, Web of Science та Google Scholar з 1890 до 2024 рр. В огляд залучено публікації, у яких описано розвиток хірургічних технік, типи фіксаційних систем і принципи їх застосування залежно від клінічних завдань. **Результати.** Виділено та охарактеризовано основні етапи еволюції методів стабілізації. Початковий період (1890–1950-ті роки): задокументовано впровадження дрютові фіксації (Hadra), кістково-спондилодезу (Albee, Hibbs), перших передніх доступів (Lane, Moore) та фрагментарних гвинтових технік (Boucher). Ера задньої інструментальної фіксації (1950–1980-ті роки): розробка стрижнів Harrington, адаптація їх для травм, упровадження сегментарної дрютової фіксації (Luque), поява систем із гачками та дротом, формування багаторівневої задньої стабілізації. Розвиток передніх методів (1970–1990-ті роки): створення гвинтово-тросової (Dwyer) і стрижневих (Zielke, Kaneda) конструкцій, упровадження передньої корпектомії з фіксацією, поява вентральних пластин. Сучасний етап (з 1990-х років): значне поширення транспедикулярних гвинтових систем (Roy-Camille, AO, VSP, CD), які дають змогу крізь задній доступ контролювати всі три опорні колони, мінімізуючи потребу в передніх втручаннях. Розроблено малоінвазивні техніки, зокрема черезшкірну фіксацію та латеральний доступ для кейджів. **Висновки.** Еволюція хірургічних підходів демонструє перехід від примітивних методів до біомеханічно обґрунтованої стандартизованої стабілізації. Транспедикулярна фіксація посіла провідне місце завдяки універсальності, міцності та малоінвазивності. Передні доступи застосовують обмежено — за неможливості ефективного декомпресії або опорної реконструкції ззаду. Історичний аналіз дає змогу усвідомлено обирати оптимальний метод фіксації з урахуванням анатомічних, біомеханічних та клінічних особливостей травми.

Ключові слова: травма хребта; грудопоперековий відділ; хірургічна стабілізація; транспедикулярна фіксація; передній доступ; історія спінальної хірургії; еволюція методів; біомеханіка хребта

Вступ

Травматичні ушкодження грудопоперекового відділу є актуальною проблемою сучасної вертеб্রології, що зумовлено їх відносно високою частотою в структурі всіх переломів хребта, великим ризиком тяжких, насамперед неврологічних ускладнень і тривалою непраце-

здатністю постраждалих. Історично підходи до лікування таких травм зазнали суттєвої еволюції — від консервативних методів, таких як витягування, гіпсова іммобілізація та тривалий постільний режим, до сучасних високотехнологічних хірургічних втручань, що забезпечують первинно стабільний спондилодез і ранню мобілізацію.

Незважаючи на значні досягнення, вибір оптимального хірургічного підходу залишається актуальним питанням, що значною мірою залежить від клінічних та біомеханічних умов, технік, яким віддають перевагу хірурги, матеріально-технічного забезпечення та традицій, що існують у лікувальному закладі. Історичний аналіз розвитку хірургічних методик, що демонструє еволюцію біомеханічних принципів стабілізації травматично ушкодженого хребетно-рухового сегмента груднопоперекового відділу, дасть змогу хірургам критичніше оцінити існуючі методи, а також визначити перспективні напрями для подальшого їх вдосконалення.

Метою історичного огляду є систематичний аналіз основних етапів розвитку хірургічних підходів до лікування травм груднопоперекового відділу хребта, виявлення ключових біомеханічних принципів, що впливають на вибір методики, а також оцінка історичного значення цих досягнень для сучасної вертебрології.

Стратегія пошуку літератури

Пошук літературних джерел здійснено в електронних базах даних PubMed, Scopus, Web of Science та Google Scholar. Проведено аналіз публікацій, починаючи від найраніших доступних записів (1890) до квітня 2024 р. Використовували такі ключові слова, як *thoracolumbar trauma, spine fracture, historical review, biomechanical evolution, posterior fixation, anterior stabilization, transpedicular fixation*, а також назви історично значущих систем (*Harrington rod, Kaneda device, Roy-Camille pedicle screw* тощо), виявлених на етапі первинного аналізу. Додаткові джерела отримано зі списків літератури ключових статей та оглядів.

Результати

Отримані в результаті аналізу та хронологічної систематизації дані дали змогу виявити низку ключових етапів еволюції хірургічних методів стабілізації травматичних ушкоджень груднопоперекового відділу хребта, що відображують як рівень розвитку хірургічних технологій у відповідний період, так і існуючі тоді уявлення про біомеханіку, які визначали розробку, вибір та подальше вдосконалення цих методик.

Початковий період (1890–1950-ті роки)

Одним із основоположників сучасної хірургічної стабілізації травматичних ушкоджень хребта можна вважати В.Е. Nagra, який у 1891 р. виконав першу задокументовану внутрішню фіксацію перелому хребта, з'єднавши дротом остисті відростки при нестабільній травмі шийного відділу [1]. Він використовував срібний дріт, проведений вісімкою навколо відростків хребців С6–С7, що забезпечило іммобілізацію. Спочатку цю техніку застосовували при хворобі Потта, але досить швидко адаптували для травматології [2]. Такий підхід переконливо продемонстрував, що внутрішні системи фіксації можуть ефективно стабілізувати хребет навіть без досягнення вторинного стабільного спондилодезу.

Початок XX ст. характеризується першими спробами використання трансплантатів кісток для стабілізації патологічно зміненого або травмованого хребта. У 1911 р. F.H. Albee і R. Hibbs незалежно один від одного запропонували задній спондилодез для лікування деформацій (наприклад, кіфозу при хворобі Потта). Albee застосовував кістковий автотрансплантат із великогомілкової кістки, що стало першою задокументованою спробою досягнення істинного спондилодезу в США [3]. R. Hibbs виконував багаторівневий спондилодез шляхом декортікації задніх структур хребта з подальшою трансплантацією кісткових фрагментів для забезпечення їхнього зрощення [4]. Ці методи, які виконують без металевих імплантатів (за винятком дроту), спрямовані на запобігання прогресуванню деформацій. Незабаром їх почали застосовувати для усунення нестабільності внаслідок травматичних ушкоджень.

У публікаціях 1930-х років (наприклад, Hibbs et al., 1931) задній спондилодез поєднували з тривалою гіпсовою іммобілізацією (гіпсові пов'язки turnbuckle або пов'язки Risser) для підтримки правильного положення до настання консолидації [5]. До середини XX ст. основні зусилля були спрямовані на спроби підсилити або замінити кісткові трансплантати внутрішніми фіксаторами для досягнення негайної стабільності. У 1944 р. D. King описав спосіб внутрішньої фіксації люмбосакрального відділу хребта з використанням пластин і гвинтів, що фіксують за фасеткові суглоби [6].

У 1948 р. судинні хірурги J.D. Lane та E.S. Moore розробили трансперитонеальний передній доступ до поперекового відділу хребта для видалення міжхребцевих дисків і подальшого спондилодезу. Це був один із перших описаних передніх доступів до поперекового відділу [7]. Хоча метод Lane і Moore призначений для лікування дегенеративних захворювань, їхня робота заклала підґрунтя для передніх хірургічних доступів, які пізніше застосовували в травматології.

Щодо задніх доступів важливим етапом стала розроблена Н.Н. Boucher (1959) методика встановлення гвинтів безпосередньо в тіла хребців для досягнення міцнішої фіксації. Він вводив довгі гвинти під кутом крізь пластинку дуги в ніжку та тіло хребця для підсилення поперекового спондилодезу. Методика Н.Н. Boucher вважається раннім описом транспедиклярної фіксації, що значно підвищила стабільність порівняно з «поверхневими» надостистими трансплантатами або фасетковою фіксацією [8]. Ці розробки сприяли подальшому розвитку сегментарної інструментальної стабілізації хребта.

Система Харрінгтона та революція задньої інструментальної стабілізації (1950–1970-ті роки)

Розвитку методів повноцінної внутрішньої фіксації хребта сприяли роботи P.R. Harrington. Через велику кількість випадків сколіозу, спричиненого поліомієлітом, у 1955 р. він розробив систему дистракційних

стрижнів і гачків, призначену для корекції та підтримки осі хребта до кісткового зрощення. Свої ключові результати він опублікував у 1962 р., започаткувавши сучасну епоху інструментальної фіксації хребта [9]. Harrington rod був жорстким сталевим стрижнем із механізмом покрової дистракції та парними гачками, які закріплювали на крайніх хребцях деформації. Хоча спочатку система була призначена для корекції сколіозу, Harrington rod забезпечив перший надійний спосіб внутрішньої стабілізації та корекції хребта. Незабаром ця методика була адаптована до інших патологічних станів, зокрема травм.

У 1960-х роках нестабільні переломи грудопояркового відділу хребта зазвичай лікували тривалим постільним режимом або гіпсовою іммобілізацією, але результати часто були незадовільними (деформація, що прогресувала, неврологічний дефіцит) [10]. P.R. Harrington і F. Holdsworth провели дослідження, спрямовані на розробку внутрішньої фіксації [11]. До кінця 1960-х років стрижні Харрінгтона використовували для фіксації репозиції при переломах грудопояркового відділу [12]. P.R. Harrington і H.S. Tullos у 1969 р. навіть експериментували з введенням гвинтів, розташованих на кінцях стрижня, в ніжки хребців для поліпшення фіксації (рання «гібридна» конструкція Harrington) [13], що стало початком ери транспедиккулярних гвинтів.

Використання Harrington rods при грудопоярковій травмі набуло популярності в 1970-ті роки [14]. Клінічні серії, опубліковані в цей період, показали, що задня дистракційна інструментальна фіксація в поєднанні зі спондилодезом ефективно стабілізувала тяжкі грудопояркові переломи та переломовивихи, поліпшуючи анатомічне положення та неврологічні наслідки порівняно з нехірургічним лікуванням. J.R. Flesch та співавт. (1977) повідомляли про ефективну хірургічну корекцію нестабільних ушкоджень грудопояркового відділу хребта із застосуванням стрижнів Харрінгтона та задньобічного спондилодезу, констатуючи досягнення ефективної первинної стабілізації [10].

Однак подальші дослідження виявили значні обмеження методу Harrington. Конструкція забезпечувала лише дві точки фіксації (на верхньому і нижньому полюсах), а основний механізм її дії полягав у дистракції задніх елементів, що нерідко призводило до втрати нормального поперекового лордозу з формуванням характерної деформації («плоска спина»). Також спостерігалися часті випадки зміщення гачків або поломки стрижнів [5]. Після хірургічної корекції пацієнтам, як і раніше, були потрібні гіпсові пов'язки або корсети, оскільки стрижень без проміжної сегментарної фіксації не забезпечував повної нерухомості хребта. Біомеханічно ця конструкція ефективно протидіяла лише згинанню, але погано контролювала ротаційні рухи та практично не перешкоджала розгинанню [15]. Ці недоліки зумовили появу нових досконаліших методів.

Для підвищення жорсткості конструкції було запропоновано модифікації системи Harrington. Так, напри-

кінці 1970-х років Е. Luque розробив нову методику сегментарної стабілізації хребта з використанням субламінарної дротяної фіксації та контурованих Г-подібних стрижнів. У 1977 р. він повідомив, що застосування субламінарних дротяних стяжок, проведених навколо пластинок дуг кожного сегмента та закріплених до двох паралельних стрижнів, забезпечує ефективну багаторівневу стабілізацію хребта і не потребує післяопераційної гіпсової іммобілізації [16]. Спочатку методику Е. Luque застосовували переважно для корекції деформацій, але незабаром травматологи адаптували її, використовуючи дротяні фіксатори для підсилення коротких стрижнів Харрінгтона при переломах хребта, створюючи проміжні точки фіксації та значно підвищуючи загальну жорсткість конструкції [17].

У 1978 р. М. Norf та інші дослідники розробили системи з гачками і стрижнями (наприклад, рама Kluger), які забезпечували сегментарне кріплення за рахунок кількох гачків [18]. Ці інновації ознаменували перехід від довгих дистракційних конструкцій до сегментарної задньої фіксації, що суттєво підвищило стабільність. За рахунок фіксації кожного хребця (дротом, гачками, пізніше гвинтами) отримано можливість виконання тривимірної реконструкції ушкодженого хребта, що часто дає змогу відмовитися від зовнішньої іммобілізації.

Впровадження передніх доступів (1960–1980-ті роки)

Паралельно з розвитком задніх методів стабілізації наприкінці 1960-х років відбулася важлива зміна парадигми, пов'язана з впровадженням передніх хірургічних доступів до хребта. Передній доступ забезпечував прямий підхід до тіл хребців і міжхребцевих дисків — структур, що найчастіше ушкоджуються під час вибухових переломів, — і давав змогу виконувати безпосередню декомпресію хребтового каналу. Однак історично передні доступи спочатку розробляли для лікування спінальних інфекцій (наприклад, установка автотрансплантатів при хворобі Потта, запропонована A.R. Hodgson у 1950-х роках) [19]. Поширення цих підходів на лікування травм пов'язане із прогресом у хірургії деформацій хребта.

У 1969 р. австралійський хірург A.F. Dwyer створив першу систему передньої внутрішньої фіксації хребта. Інструментарій A.F. Dwyer був розроблений для корекції сколіозу, але в його основі лежали принципи, які згодом виявилися застосовними і в травматології. Запропонований A.F. Dwyer пристрій складався з гвинтів, які вводили в тіла хребців на опуклому боці деформації та з'єднували міцним гнучким тросом, що натягувався із зусиллям [20, 21]. Стискаючи конвексний бік сколіотичної деформації, трос спричиняв певне його зменшення, а одночасне розсічення зв'язок давало змогу конкавному боку подовжитися, що забезпечувало корекцію деформації [22]. Незважаючи на те, що методику спочатку застосовували для корекції сколіозів, підхід A.F. Dwyer продемонстрував, що гвинти в тілах хребців та передній натяг здатні ефективно ста-

білізувати хребет. Система забезпечувала хорошу корекцію грудопоперекового сколіозу, хоча частота псевдоартрозів за відсутності задньої фіксації залишалася досить високою [23].

Розвиваючи концепцію A.F. Dwyer, у середині 1970-х років німецький хірург K. Zielke вдосконалив передню фіксацію. У 1975 р. він представив систему *Ventrale Derotations-Spondylodese (VDS)* — передню конструкцію з гвинтами та стрижнем, що поліпшило метод фіксації A.F. Dwyer. Імплантат K. Zielke містив нарізні стрижні замість тросів, а також гвинти та гайки, які давали змогу виконувати компресію, деротацію та певною мірою регулювати ступінь [24]. За рахунок дорсального розташування гвинтів у тілі хребця метод K. Zielke знижував ризик розвитку ятрогенного кіфозу та поліпшував тривимірну корекцію деформації. Систему VDS широко застосовують при лікуванні поперекового та грудопоперекового сколіозу, вона дає змогу використовувати меншу кількість сегментів, ніж при задніх стрижневих системах. Ці розробки в хірургії сколіозу заклали основу для використання передніх доступів при грудопоперековій травмі. Однак за результатами тривалішого спостереження частота руйнування імплантатів і незрошень при застосуванні передньої фіксації на значній відстані без додаткової задньої стабілізації була відносно високою [23].

Кінець 1970-х років характеризується активним застосуванням передньої декомпресії в хірургічному лікуванні при вибухових переломах, що супроводжуються компресією спинного мозку. Роботи таких хірургів, як H.N. Bohlman, популяризували ідею виконання торакальних або торакоабдомінальних доступів для корпектомії та декомпресії невральних структур із використанням трансплантата для заміщення дефекту та досягнення консолидації. Спочатку такі втручання проводили без центральних пластин, а для підтримки передньої колони застосовували трикортикальний трансплантат клубової або маломілкової кістки [25]. Через ризик зміщення трансплантатів, як і раніше, використовували задню фіксацію або тривалу іммобілізацію для досягнення стабільності.

Відсутність спеціалізованих систем для надійної вентральної фіксації трансплантатів спричинила появу нової хвилі інновацій. На початку 1980-х років група AO (*Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen*) розробила вентральні пластини, такі як AO DC-plate (динамічна компресія) та передня пластина для грудопоперекового відділу хребта [26]. Однак перші пластини не мали гвинтів, які блокуються, що знижувало жорсткість фіксації та призводило до розхитування гвинтів і рецидивів кіфозу [27].

A.D. Kostuik та співавт. приблизно в цей же час створили передню систему на основі гвинтів та стрижнів (пластина Kostuik), а P. Yuan спільно з групою AO Spine розробив передню грудопоперекову пластину [28]. Ці конструкції поступово модифікувалися, але зберігалася проблема ослаблення гвинтів та недостатньої здатності до корекції деформації при використанні таких систем.

У середині 1980-х років з'явилися дві значущі розробки систем для вентральної стабілізації грудопоперекового відділу хребта. У Північній Америці B. Dunn представив жорстку пластину з одним стрижнем, а майже одночасно в Японії K. Kaneda розробив систему з двома стрижнями [29, 30]. Dunn plate забезпечувала ефективну негайну стабільність, але високий загальний профіль системи став причиною рідкісних, але катастрофічних ушкоджень аорти [31]. У Kaneda device (система Канеда), представленому в 1984 р., на кожному рівні використано подвійні гвинти, з'єднані двома стрижнями, що забезпечувало міцну фіксацію і низький профіль конструкції [32].

Приблизно в цей час група K. Zielke адаптувала систему VDS (Slot-Zielke) для корекції травматичних ушкоджень [33]. Однак навіть ці поліпшені пристрої часто потребували додаткової задньої фіксації [34]. Наприкінці 1980-х років багато хірургів почали виконувати комбіновані (360°) підходи при тяжких травмах, але незабаром було запропоновано нові задні методики, які стали надійною альтернативою комбінованих операцій. Впровадження передніх методів фіксації при травматичних ушкодженнях грудопоперекового відділу хребта було зумовлено не необхідністю виконання декомпресії лише переднім доступом, як це характерно для запальних та онкологічних уражень, а відсутністю на той період систем, здатних забезпечити адекватну стабілізацію хребта із заднього доступу після повноцінної декомпресії.

Передній та задній доступи: порівняльна ефективність і зміна тенденцій

У 1980–1990-х роках тривала дискусія щодо оптимального хірургічного підходу до лікування травматичних ушкоджень грудопоперекового відділу хребта. Предметом суперечок були переваги та недоліки передніх і задніх доступів та їхніх комбінацій. Історичний аналіз демонструє поступове формування своєрідного консенсусу: задні доступи вважали кращим методом у тих випадках, коли основним завданням втручання була стабілізація, тоді як передні доступи рекомендували використовувати переважно за потреби виконання прямої декомпресії хребтового каналу та відновлення опорної функції передньої опорної колони [15].

Ранні порівняльні дослідження відображували формальний розподіл підходів. Так, фундаментальна концепція «трьох колон» Denis, що ґрунтується на класифікації переломів за ушкодженням передньої, середньої та задньої опорних колон, припускала, що поєднані ураження передньої та середньої опорних колон, типові для вибухових переломів, потребують не лише задньої стабілізації, а й додаткової передньої реконструкції [35]. Хірурги, які дотримувалися концепції Denis, найчастіше виконували передню декомпресію хребтового каналу і спондилодез при тяжких вибухових переломах [36]. Позиції переднього доступу значно зміцнилися після публікації багатоцентрового дослідження H.N. Bohlman, в якому були продемонстровані

сприятливіші неврологічні наслідки в пацієнтів після виконання корпектомії та кісткової пластики переднім доступом [37].

Наприкінці 1980-х років відбувалося активне вдосконалення систем задньої фіксації: хірурги почали віддавати перевагу задньому доступу при лікуванні більшості травматичних ушкоджень груднопоперекового відділу. Поява транспедикулярних гвинтових систем дала змогу виконувати стабілізацію всіх опорних колон із використанням ізольованого заднього доступу. Транспедикулярні гвинтово-стрижневі конструкції значно перевершували гачки Харрінгтона за механічною жорсткістю та надійністю фіксації, забезпечуючи фіксацію хребта й корекцію його осі в усіх площинах [38, 39]. На підставі накопиченого клінічного досвіду зроблено висновки, що в більшості випадків короткосегментарна транспедикулярна фіксація забезпечувала біомеханічну жорсткість, близьку до нормальної, та сприяла максимально швидкій мобілізації пацієнта [40]. Перші широко використовувані транспедикулярні системи (пластина Roy-Camille (уперше використана в 1970 р., набула поширення в 1980-ті роки), а також внутрішня фіксація AO (Dick/Magerl, наприкінці 1980-х років), пластини VSP Стифі (1986), стрижневі системи Cotrel-Dubousset (1980-ті роки)) показали відмінні результати стабілізації переломів лише за допомогою заднього втручання [5].

Група R. Roy-Camille у Франції продемонструвала, що сагітально орієнтовані транспедикулярні гвинти з пластинами можуть забезпечити внутрішню стабілізацію травматичних ушкоджень поперекового відділу [41]. Система Fixateur interne Dick та фіксатори AO із гвинтами Шанца підтвердили високу універсальність при ушкодженнях на груднопоперековому рівні, даючи змогу виконувати тимчасову фіксацію без кісткової пластики з видаленням імплантатів після досягнення консолідації [42, 43].

На початку 1990-х років клінічні дослідження досить переконливо демонстрували, що задня короткосегментарна транспедикулярна фіксація ефективна при більшості переломів груднопоперекового відділу, які не супроводжуються грубим неврологічним дефіцитом та/або значним звуженням хребтового каналу [44]. Для визначення необхідності переднього доступу було розроблено нові критерії. Класифікація McCormack (Load Sharing Classification, 1994) давала змогу кількісно оцінити ступінь фрагментації тіла хребця та компресії каналу: високі бали вказували на доцільність виконання передньої реконструкції, щоб уникнути неспроможності імплантатів [45]. На практиці це означало, що лише найтяжчі вибухові переломи підлягали передній реконструкції, тоді як інші лікували заднім доступом.

До кінця 1990-х років ретроспективні порівняльні дослідження дали змогу встановити, що рутинні комбіновані (передньозадні) втручання були зайвими в багатьох випадках. Декілька досліджень II та III рівня, опубліковані в 1995–2000 рр., не виявили суттєвих відмінностей у регресі неврологічної дисфункції чи стабільності досягнутого інтраопераційно сагіталь-

ного балансу між задньою та циркулярною стабілізацією при використанні сучасних транспедикулярних систем. Комбіновані втручання характеризувалися більшою тривалістю операції та частотою ускладнень. Наприклад, S.I. Esses та співавт. (1990) показали, що якісна задня репозиція та фіксація при багатьох вибухових переломах давала порівнянні з передніми втручаннями результати при меншій кількості ускладнень [44]. A.J. Ghanayem і T.A. Zdeblick (1997) також зазначили, що передня фіксація ефективна, але додавання задньої стабілізації значно поліпшувало стабільність при тяжких травмах. Тому вони рекомендували використовувати передній доступ переважно при значній вентральній компресії нервових структур або вираженому дефекті передньої колони, які неможливо усунути заднім доступом [46].

Роль передньої фіксації знижувалася в міру вдосконалення транспедикулярних систем. Частота втручань, які виконують вентральним доступом, досягла піка в 1980–1990-х роках, а потім поступово знижувалася. У 2000-х роках численні серії та метааналізи підтвердили, що в більшості випадків для груднопоперекових переломів достатньо заднього підходу (часто малоінвазивного) для виконання декомпресії (ламінектомії або транспедикулярної корпектомії), репозиції та стабілізації [47]. Метааналізи, проведені недавно, підтверджують, що задня фіксація краща для більшості пацієнтів, оскільки забезпечує коротші терміни госпіталізації та порівнянні неврологічні результати, за винятком особливих ситуацій [48].

Сучасні передні доступи переважно резервують для випадків вентральної компресії, яку неможна усунути із задньобічного доступу [49]. Однак і в таких ситуаціях багато дослідників віддають перевагу не ізольованій вентральній фіксації пластиною, а виконанню одноступінчастої 360° стабілізації, за якої задня транспедикулярна фіксація доповнюється установкою переднього кейджа крізь малоінвазивний латеральний доступ [50].

Перехід до транспедикулярної фіксації (1970–1990-ті роки)

Розробка та впровадження транспедикулярної гвинтової фіксації стала одним з найбільш значущих досягнень у хірургії травм хребта, що фундаментально змінило дискусію між прихильниками переднього і заднього доступів. Як зазначено вище, початок було закладено гвинтовою технікою Boucher у 1950-х роках. Пізніше ця ідея була суттєво розширена R. Roy-Camille. У 1970 р. він уперше встановив гвинти крізь ніжки хребців поперекового відділу хребта, з'єднані короткою пластиною, створивши перший істинний внутрішній фіксатор, що дає змогу негайно стабілізувати хреботно-руховий сегмент. Його стаття, опублікована спочатку французькою, а в 1986 р. англійською, стала підґрунтям для наступних транспедикулярних систем [41].

Протягом десятиліття й інші автори представили свої розробки: R. Louis у Франції розробив пластину з парними гвинтами для поперекового відділу (пластина

Louis, 1986) [51]; F. Magerl у Швейцарії в 1982 р. створив зовнішній скелетний фіксатор для хребта (гвинти крізь ніжки хребців, з'єднані зовнішньою штангою). Ця концепція незабаром трансформувалася у внутрішній фіксатор (*fixateur interne*) [51]; A. Steffee в США розробив систему VSP (*Variable Screw Placement*) — пластину з прорізами та фіксувальними гвинтами, представлену в 1986 р. [52].

До кінця 1980-х років сегментарні транспедикулярні гвинтово-стрижневі системи, такі як інструментарій Cotel-Dubousset (CD), були адаптовані з хірургії сколіозу до травматологічної практики, що давало змогу виконувати стабілізацію від верхньогрудного відділу хребта до крижів [53, 54]. Ці системи забезпечували повноцінну репозицію переломів, відновлення лордозу та кіфозу й гарантували досить жорстку фіксацію для ранньої мобілізації пацієнтів без зовнішніх корсетів. Клінічні дослідження 1990-х років продемонстрували, що транспедикулярні конструкції давали змогу досягти вищих показників кісткової консолідації та кращого збереження осі порівняно з раніше використовуваними гачковими або дротяними методами (частота зрощень збільшилася з близько 65 % при ізолюванні кісткової пластики до більш ніж 90 % при використанні транспедикулярних гвинтів у деяких серіях) [55, 56].

З біомеханічного погляду, транспедикулярна гвинтова техніка дала змогу при виконанні лише ізолюваного заднього доступу впливати на всі три опорні колони хребта. До її появи задня стабілізація давала змогу зафіксувати лише задні елементи, опосередковано впливаючи на структури передньої колони. Із впровадженням транспедикулярних гвинтів і стрижнів стала доступна дистракція та компресія передньої та середньої колон, непряма декомпресія — вправлення дислокованих у канал фрагментів за допомогою лігаментотаксису, а також виконання транспедикулярної кісткової пластики або корпектомії. У результаті один хірургічний доступ міг забезпечити те, що раніше потребувало виконання передньої декомпресії з подальшою задньою стабілізацією. Це підтверджували роботи Р.С. McAfee і співавт. (1982), які описали «нестабільний вибуховий перелом» і спочатку рекомендували передній доступ для декомпресії хребтового каналу [57]. Проте вже наприкінці 1980-х років ті самі дослідники почали застосовувати короткосегментарну транспедикулярну фіксацію із задньою декомпресією як альтернативу в деяких випадках травматичного ушкодження груднопоперекового відділу [58, 59].

Іншим важливим чинником в еволюції хірургічних підходів стало формальне визначення клінічної нестабільності хребта, запропоноване А.А. White та М.М. Panjabi в 1978 р. Хоча спочатку розроблена концепція не стосувалася лише травм, вона надала об'єктивні критерії для визначення необхідності хірургічної стабілізації [60]. Автори визначили нестабільність як клінічно значущу деформацію під впливом фізіологічного навантаження, що сприяло

впровадженню інструментальної фіксації за наявності вираженої ангуляції або зсуву. Водночас конструктивне поліпшення імплантатів призвело до агресивнішої хірургічної стабілізації переломів, для яких раніше консервативна тактика вважалася кращою. Крім того, згадана теорія «трьох колон» F. Denis (1983) вплинула на стратегію прийняття рішень, рекомендуючи хірургічну стабілізацію при ушкодженні двох із трьох колон [35], що стало науково аргументованою підставою для використання хірургічних методик у тих випадках, при яких раніше застосовували консервативну терапію з гіпсовими корсетами. Таким чином, загальною тенденцією стало використання ранньої хірургічної стабілізації нестабільних ушкоджень груднопоперекового відділу хребта завдяки підвищенню безпечності та ефективності імплантатів [61].

Наприкінці ХХ ст. протистояння між переднім і заднім доступами вирішилося на користь зручності та ефективності: при більшості гострих травм перевагу віддавали задній транспедикулярній фіксації (часто із задньобічним спондилодезом), а передній доступ використовували для специфічних анатомічних або неврологічних показань [62, 63]. Важливим досягненням стали малоінвазивна черезшкірна фіксація і торакоскопічна вентральна хірургія, впроваджені в 1990-х роках, які дали змогу зменшити травматичність доступу [64]. Наприклад, торакоскопічна корпектомія та установка пластини давали змогу уникати великих торакоабдомінальних розрізів, але їх використання залишається технічно складним і обмеженим через високі вимоги до матеріально-технічної бази й підготовки персоналу [65]. Сучасніші розробки — телескопічні кейджі та поліпшені остеобіологічні матеріали остаточно змістили баланс у бік заднього чи комбінованого підходу при травмах [66].

Узагальнений огляд історичного розвитку та клінічного впровадження різних хірургічних методик представлений в табл. 1.

Обговорення

В історичному огляді зроблена спроба висвітлити ключові моменти еволюції хірургічних підходів до лікування травм груднопоперекового відділу хребта з акцентом на біомеханічних та клінічних інноваціях, що сформували сучасні хірургічні практики. Упродовж більш ніж 100 років методики стабілізації хребта розвинулися від найпростіших способів задньої фіксації до складних технологій транспедикулярної інструментальної стабілізації. Цьому сприяли біомеханічні дослідження, технологічні досягнення та накопичений клінічний досвід.

Ранні спроби стабілізації хребта, як-от методика дротяної фіксації Hadra і роботи Albee зі спондилодезу, заклали фундаментальні концепції іммобілізації хребта. Ці перші підходи підкреслили значущість досягнення стабільності хребта й запобігання прогресуванню деформацій — принципи, які продовжували визначати подальші розробки. Однак біомеханічні обмеження ранніх методик, насамперед недостатня стійкість до

ротаційних та згинальних навантажень, зумовили потребу в подальшій інновації.

Важливим кроком стала поява стрижнів Харрінгтона, які забезпечили перший надійний метод внутрішньої задньої фіксації хребта. Створена для корекції сколіотичних деформацій система Харрінгтона була успішно адаптована для лікування травм хребта, довівши ефективність і універсальність. Однак незабаром стали очевидними її біомеханічні недоліки — переважно дистракційний механізм стабілізації та відсутність сегментарного контролю, що зумовило розробку сегментарних методів, таких як субламінарне проведення Luque й системи на основі гачків. Ці методики дали змогу здійснювати багаторівневу сегментарну фіксацію, суттєво поліпшивши контроль рухів хребта в трьох площинах та підвищивши загальну біомеханічну стабільність конструкції.

Паралельний розвиток передніх хірургічних підходів, ініційований роботами таких хірургів, як A.F. Dwyer та K. Zielke, відкрив нові перспективи в лікуванні травм

хребта за рахунок прямої маніпуляції на тілах хребців і можливості ефективнішої декомпресії хребтового каналу. Незважаючи на значний внесок передніх систем у розуміння біомеханіки стабілізації хребта, їхнє клінічне застосування обмежувалося великою травматичністю, тривалістю операцій і ризиком судинних ускладнень.

Найбільш значним перетворенням у хірургічному лікуванні травм груднопоперекового відділу стали розробка та широке впровадження транспедикулярної фіксації. Перші експерименти Roy-Camille з транспедикулярними гвинтами забезпечили біомеханічно оптимальний контроль усіх трьох опорних колон хребта через задній доступ. Це досягнення кардинально змінило хірургічні пріоритети, зробивши задні транспедикулярні системи методом стабілізації, що домінує. Біомеханічні переваги транспедикулярних конструкцій — висока жорсткість, сегментарний контроль і можливість негайної стабілізації — сприяли їхньому значному поширенню. Подальші клінічні досліджен-

Таблиця 1. Еволюція методів та методик хірургічної стабілізації груднопоперекового відділу хребта

Роки	Задні доступи	Передні доступи
1891	Дротова фіксація за Hadra (за остисті відростки)	
1911	Кістковий спондилодез за Albee та Hibbs	
1959	Ранні трансламінарі/транспедикулярні гвинти Boucher	
1955–1962	Стрижні Harrington (спочатку для лікування сколіозу)	
Кінець 1960-х	Адаптація стрижнів Harrington для травм	
1969	Гібридна система Harrington-Tullos (перші розробки транспедикулярних гвинтів)	Передня система Dwyer (спочатку для сколіозу)
1975		Передня гвинтово-стрижнева система Zielke (VDS)
1977	Система субламінарної дротової фіксації Luque	
1978	Сегментарні системи на гачках (Kluger)	
Кінець 1970-х		Передня корпектомія з кістковим трансплантатом (Bohlman)
1970–1980-ті	Транспедикулярна система Roy-Camille	
1986	Транспедикулярні гвинти Steffee VSP	Передні пластини АО
Кінець 1980-х	Транспедикулярна гвинтова система Cotrel-Dubousset	Передня двострижнева система Kaneda (1984)
Кінець 1980-х	Транспедикулярні гвинти АО Fixateur Interne (Dick/Magerl)	Передня система Slot-Zielke (наприкінці 1980-х — на початку 1990-х)
1980–1990-ті		Комбінована передньозадня фіксація (360°)
З 1990-х	Домінування транспедикулярних гвинтових систем	
З 2000-х	Короткосегментарна транспедикулярна фіксація стає стандартом	Малоінвазивна передня корпектомія та кейджі
З 2000-х	Черезшкірна транспедикулярна фіксація	
З 2000-х	Транспедикулярні гвинти з аугментацією	

ня підтвердили ефективність короткосегментарної транспедикулярної фіксації, продемонструвавши порівнянні або кращі клінічні результати порівняно з передніми або комбінованими підходами за меншої хірургічної травми.

Незважаючи на загальне зниження частоти застосування, передні підходи зберігають своє значення в сучасній хірургії хребта, залишаючись основними методами при тяжких ушкодженнях передньої опірної колони, виражених стійких деформаціях, а також при нетравматичних ураженнях, особливо пухлинної природи, коли дотримання онкологічних принципів абластики є не менш важливим, ніж радикальність видалення патологічного вогнища.

Таким чином, еволюція хірургічних методик свідчить про тенденцію до використання малоінвазивних, біомеханічно обґрунтованих підходів. Передні втручання застосовують обмежено та суворо вибірково, а не як рутинні процедури.

У травматології груднопоперекового відділу хребта еволюція методів фіксації відбувалася паралельно зі змінами класифікацій ушкоджень, відображуючи прогрес наукового розуміння патологічних механізмів та біомеханіки травм.

Описовий період (1920-ті — середина 1960-х років): перші класифікаційні схеми (Böhler, Watson-Jones, Platt, Nicoll) мали переважно описовий характер, групуючи ушкодження на основі їхніх рентгенологічних ознак або передбачуваного механізму травми, але без кількісної оцінки стабільності хребта та прогнозу клінічного результату. У таких умовах хірургічні методи лікування обмежувалися технічно доступними засобами: гіперекстензією на рамі Девіса, гіпсовим корсетом, дротяною фіксацією Hadra і дистракційними стрижнями Harrington, які застосовують для грубого відновлення осі хребта. Фактично вибір методу стабілізації був зумовлений наявністю доступних інструментів і технічними можливостями хірурга, а не чітко визначеною біомеханічною потребою.

Біомеханічний етап (кінець 1960-х — 1990-ті рр.): із появою та поширенням біомеханічних концепцій двох і трьохопорних колон хребта (Kelly & Whitesides, Denis) та фундаментальної монографії A.A. White і M.M. Panjabi відбувся перехід від описового підходу до класифікацій з оцінкою стабільності ушкоджень. Увага була сфокусована на необхідності стабілізації переважно ушкодженої передньосередньої колони, що обґрунтувало активне впровадження передніх хірургічних доступів та відповідних інструментальних систем: гвинтово-тросової системи Dwyer, стрижневих конструкцій Zielke, жорсткої пластини та двострижневої системи Kaneda. Класифікації цього періоду (Denis, McAfee, Ferguson-Allen) фактично сприяли застосуванню передніх підходів, незважаючи на їхню високу інвазивність, значну крововтрату та частоту ускладнень, оскільки це вважалося біомеханічно виправданим.

Сучасний клінічно орієнтований етап (з 2000-х років): розвиток доказової медицини, збільшення кількості рандомізованих досліджень та поява цифрових

систем оцінки ушкоджень (Load-Sharing classification, TLIS/TLICS, AO Spine Classification 2013) продемонстрували важливість трьох основних чинників: морфології ушкодження, цілісності заднього зв'язкового комплексу та неврологічного статусу пацієнта. Це сприяло збалансованішому підходу до вибору методу фіксації: у більшості випадків нестабільних переломів є достатньою задня транспедикулярна фіксація, короткосегментарна або подовжена, а передній хірургічний доступ резервується переважно для ситуацій із вираженим вентральним дефектом або компресією хребтового каналу, яку неможливо усунути із заднього доступу. Сучасні класифікації є лаконічнішими та чітко прив'язаними до лікувального алгоритму, тоді як вибір хірургічного методу ґрунтується на клінічній доцільності, а не лише на біомеханічних принципах.

Огляд має низку обмежень, зумовлених його описовим характером та використанням доступних історичних матеріалів та публікацій, що може призвести до ненавмисного пропускання менш задокументованих чи регіональних інновацій. Якісний аналіз, незважаючи на повноту, не дає змоги провести суворий кількісний метааналіз історичних тенденцій чи клінічних результатів.

Висновки

Еволюція підходів до лікування травм груднопоперекового відділу хребта демонструє зв'язок між біомеханічними дослідженнями, технологічними інноваціями та клінічним прагматизмом. Сучасне домінування транспедикулярної фіксації свідчить про успішну інтеграцію історичного досвіду із сучасними біомеханічними принципами, створюючи основу для подальших хірургічних досягнень.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів та власної фінансової зацікавленості при підготовці даної статті.

Інформація про фінансування. Робота є фрагментом науково-дослідної роботи «Дослідити механізми та розробити комплекс лікувальних заходів для зменшення інвалідизації та покращення якості життя хворих з хребетно-спинномозковою травмою», державний реєстраційний номер 0119U000110.

Список літератури

1. Hadra BE. Wiring the spinous processes in potts disease. *JBJS*. 1891;s1-4(1):206-210.
2. Virk S, Qureshi S, Sandhu H. History of Spinal Fusion: Where We Came from and Where We Are Going. *HSS J*. 2020;16(2):137-142. doi: 10.1007/s11420-020-09747-7, PMID: 32523481.
3. Albee FH. Transplantation of a Portion of the Tibia into the Spine for Pott's Disease. *Journal of the American Medical Association*. 1911;LVII(11):885-886. doi: 10.1001/jama.1911.04260090107012.
4. Hibbs RA. An Operation for Progressive Spinal Deformities. *Clinical Orthopaedics and Related Research* (1976-2007). 1964;35:4-8.

5. Mamdouhi T, Wang V, Echevarria AC, Katz A, Morris M, Zavurov G, Verma R. A Comprehensive Review of the Historical Description of Spine Surgery and Its Evolution. *Cureus*. 2024;16(2):e54461. doi: 10.7759/cureus.54461, PMID: 38510905.
6. King D. Internal fixation for lumbosacral fusion. *J Bone Joint Surg Am*. 1948;30A(3):560-565. PMID: 18109577.
7. Lane JD, Jr., Moore ES, Jr. Transperitoneal Approach to the Intervertebral Disc in the Lumbar Area. *Ann Surg*. 1948;127(3):537-551. doi: 10.1097/00000658-194803000-00013, PMID: 17859098.
8. Boucher HH. A method of spinal fusion. *J Bone Joint Surg Br*. 1959;41-B(2):248-259. doi: 10.1302/0301-620X.41B2.248, PMID: 13641310.
9. Harrington PR. Treatment of scoliosis. Correction and internal fixation by spine instrumentation. *J Bone Joint Surg Am*. 1962;44-A:591-610. PMID: 14036052.
10. Flesch JR, Leider LL, Erickson DL, Chou SN, Bradford DS. Harrington instrumentation and spine fusion for unstable fractures and fracture-dislocations of the thoracic and lumbar spine. *J Bone Joint Surg Am*. 1977;59(2):143-153. PMID: 845197.
11. Thakur JD, Wild E, Menger R, Hefner M, Adeeb N, Kalakoti P, Nanda A. George Chance and Frank Holdsworth: Understanding Spinal Instability and the Evolution of Modern Spine Injury Classification Systems. *Neurosurgery*. 2020;86(6):E509-E516. doi: 10.1093/neuros/nyaa081, PMID: 32297640.
12. Cotler JM, Vernace JV, Michalski JA. The use of Harrington rods in thoracolumbar fractures. *Orthop Clin North Am*. 1986;17(1):87-103. PMID: 3945486.
13. Desai SK, Brayton A, Chua VB, Luerssen TG, Jea A. The lasting legacy of Paul Randall Harrington to pediatric spine surgery: historical vignette. *J Neurosurg Spine*. 2013;18(2):170-177. doi: 10.3171/2012.11.SPINE12979, PMID: 23216320.
14. Dekutoski MB, Conlan ES, Saliccioli GG. Spinal mobility and deformity after Harrington rod stabilization and limited arthrodesis of thoracolumbar fractures. *J Bone Joint Surg Am*. 1993;75(2):168-176. doi: 10.2106/00004623-199302000-00003, PMID: 8423177.
15. Thalgott JS, Kabins MB, Timlin M, Fritts K, Giuffre JM. Four year experience with the AO Anterior Thoracolumbar Locking Plate. *Spinal Cord*. 1997;35(5):286-291. doi: 10.1038/sj.sc.3100399, PMID: 9160452.
16. Canavese F, Rousset M, Le Gledic B, Samba A, Dimeglio A. Surgical advances in the treatment of neuromuscular scoliosis. *World J Orthop*. 2014;5(2):124-133. doi: 10.5312/wjo.v5.i2.124, PMID: 24829875.
17. Esenkaya İ, Elgin MA, Türkmen İM, Abbasoğlu A, Gürkaynak G. Harri-Luque Method in Surgical Treatment of the Thoracolumbar Spine Fractures. *Journal of Turkish Spinal Surgery*. 1997;8(2):47-50.
18. Sandvoss G, Feldmann H. Kluger's "fixateur interne" for spinal instability. *Neurosurg Rev*. 1991;14(2):119-125. doi: 10.1007/BF00313035, PMID: 1870717.
19. Hodgson AR, Stock FE. Anterior spinal fusion a preliminary communication on the radical treatment of Pott's disease and Pott's paraplegia. *The British journal of surgery*. 1956;44(185):266-275. doi: 10.1002/bjs.18004418508, PMID: 13383153.
20. Dwyer AF, Newton NC, Sherwood AA. An anterior approach to scoliosis. A preliminary report. *Clin Orthop Relat Res*. 1969;62:192-202. PMID: 5774835.
21. Dwyer AF. Anterior instrumentation for scoliosis. *Isr J Med Sci*. 1973;9(6):805-812. PMID: 4724290.
22. Hsu LC, Zucherman J, Tang SC, Leong JC. Dwyer instrumentation in the treatment of adolescent idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Br*. 1982;64(5):536-541. doi: 10.1302/0301-620X.64B5.7142261, PMID: 7142261.
23. Gopinathan P. Anterior scoliosis surgery the state of art procedure. *Journal of orthopaedics*. 2015;12(2):63-65. doi: 10.1016/j.jor.2015.04.001, PMID: 25972705.
24. Hammerberg KW, Rodts MF, DeWald RL. Zielke instrumentation. *Orthopedics*. 1988;11(10):1365-1371. doi: 10.3928/0147-7447-19881001-05, PMID: 3226985.
25. Bohlman HH, Eismont FJ. Surgical techniques of anterior decompression and fusion for spinal cord injuries. *Clin Orthop Relat Res*. 1981(154):57-67. PMID: 7471590.
26. Thalgott JS, LaRocca H, Aebi M, Dwyer AP, Razza BE. Reconstruction of the lumbar spine using AO DCP plate internal fixation. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1989;14(1):91-95. doi: 10.1097/00007632-198901000-00018, PMID: 2913675.
27. Wilson JA, Bowen S, Branch CL, Jr., Meredith JW. Review of 31 cases of anterior thoracolumbar fixation with the anterior thoracolumbar locking plate system. *Neurosurg Focus*. 1999;7(1):e1. doi: 10.3171/foc.1999.7.1.3, PMID: 16918232.
28. Kostuik JP. Anterior fixation for burst fractures of the thoracic and lumbar spine with or without neurological involvement. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1988;13(3):286-293. doi: 10.1097/00007632-198803000-00011, PMID: 2455351.
29. Sudo H, Ito M, Kaneda K, Shono Y, Abumi K. Long-term outcomes of anterior dual-rod instrumentation for thoracolumbar and lumbar curves in adolescent idiopathic scoliosis: a twelve to twenty-three-year follow-up study. *J Bone Joint Surg Am*. 2013;95(8):e49. doi: 10.2106/JBJS.L.00781, PMID: 23595075.
30. Shimamoto N, Kotani Y, Shono Y, Kadoya K, Abumi K, Minami A, Kaneda K. Static and dynamic analysis of five anterior instrumentation systems for thoracolumbar scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2003;28(15):1678-1685. doi: 10.1097/01.BRS.0000083171.63233.74, PMID: 12897491.
31. Kakkos SK, Shepard AD. Delayed presentation of aortic injury by pedicle screws: report of two cases and review of the literature. *Journal of vascular surgery*. 2008;47(5):1074-1082. doi: 10.1016/j.jvs.2007.11.005, PMID: 18242939.
32. Kaneda K, Abumi K, Fujiya M. Burst fractures with neurologic deficits of the thoracolumbar-lumbar spine. Results of anterior decompression and stabilization with anterior instrumentation. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1984;9(8):788-795. doi: 10.1097/00007632-198411000-00004, PMID: 6528292.
33. Been HD. Anterior decompression and stabilization of thoracolumbar burst fractures by the use of the Slot-Zielke device. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1991;16(1):70-77. doi: 10.1097/00007632-199101000-00013, PMID: 2003240.
34. Van Loon JL, Slot GH, Pavlov PW. Anterior instrumentation of the spine in thoracic and thoracolumbar fractures: the single rod versus the double rod Slot-Zielke device. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1996;21(6):734-740. doi: 10.1097/00007632-199603150-00015, PMID: 8882697.

35. Denis F. The three column spine and its significance in the classification of acute thoracolumbar spinal injuries. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1983;8(8):817-831. doi: 10.1097/00007632-198311000-00003, PMID: 6670016.
36. Denis F, Armstrong GW, Searls K, Matta L. Acute thoracolumbar burst fractures in the absence of neurologic deficit. A comparison between operative and nonoperative treatment. *Clin Orthop Relat Res*. 1984(189):142-149. PMID: 6478691.
37. McAfee PC, Bohlman HH, Yuan HA. Anterior decompression of traumatic thoracolumbar fractures with incomplete neurological deficit using a retroperitoneal approach. *J Bone Joint Surg Am*. 1985;67(1):89-104. PMID: 3881448.
38. Kabins MB, Weinstein JN. The history of vertebral screw and pedicle screw fixation. *The Iowa orthopaedic journal*. 1991;11:127.
39. McCormick J, Aebi M, Toby D, Arlet V. Pedicle screw instrumentation and spinal deformities: have we gone too far? *Eur Spine J*. 2013;22 Suppl 2(Suppl 2):S216-224. doi: 10.1007/s00586-012-2300-5, PMID: 22531899.
40. Bolesta MJ, Caron T, Chinthakunta SR, Vazifeh PN, Khalil S. Pedicle screw instrumentation of thoracolumbar burst fractures: Biomechanical evaluation of screw configuration with pedicle screws at the level of the fracture. *International journal of spine surgery*. 2012;6:200-205. doi: 10.1016/j.ijsp.2012.09.002, PMID: 25694892.
41. Roy-Camille R, Saillant G, Mazel C. Internal fixation of the lumbar spine with pedicle screw plating. *Clin Orthop Relat Res*. 1986(203):7-17. PMID: 3955999.
42. Dick W. The "fixateur interne" as a versatile implant for spine surgery. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1987;12(9):882-900. doi: 10.1097/00007632-198711000-00009, PMID: 3441835.
43. Esses SI. The AO spinal internal fixator. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1989;14(4):373-378. doi: 10.1097/00007632-198904000-00005, PMID: 2718039.
44. Esses SI, Botsford DJ, Kostuik JP. Evaluation of surgical treatment for burst fractures. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1990;15(7):667-673. doi: 10.1097/00007632-199007000-00010, PMID: 2218713.
45. McCormack T, Karaikovic E, Gaines RW. The load sharing classification of spine fractures. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1994;19(15):1741-1744. doi: 10.1097/00007632-199408000-00014, PMID: 7973969.
46. Ghanayem AJ, Zdeblick TA. Anterior instrumentation in the management of thoracolumbar burst fractures. *Clin Orthop Relat Res*. 1997(335):89-100. PMID: 9020209.
47. Bloemers F, Jug M, Nau C, Komadina R, Pape HC, Wendt K. Thoracolumbar injuries: operative treatment: indications, techniques, timing and implant removal. *Current practice. European journal of trauma and emergency surgery: official publication of the European Trauma Society*. 2024;50(5):1959-1968. doi: 10.1007/s00068-024-02602-y, PMID: 39190064.
48. Roblesgil-Medrano A, Tellez-Garcia E, Bueno-Gutierrez LC, Villarreal-Espinosa JB, Galindo-Garza CA, Rodriguez-Barreda JR, et al. Thoracolumbar Burst Fractures: A Systematic Review and Meta-Analysis on the Anterior and Posterior Approaches. *Spine surgery and related research*. 2022;6(2):99-108. doi: 10.22603/ssrr.2021-0122, PMID: 35478987.
49. Kirkpatrick JS. Thoracolumbar fracture management: anterior approach. *J Am Acad Orthop Surg*. 2003;11(5):355-363. doi: 10.5435/00124635-200309000-00008, PMID: 14565757.
50. Sin E-G, Kim H-W, Lee C-Y, Ha H-G, Jung C-K. Results of Combined 360-Degree Fusion versus Posterior Fixation Alone for Thoracolumbar Burst Fractures. *Korean journal of neurotrauma*. 2013;9(2). doi: 10.13004/kjnt.2013.9.2.52.
51. Louis R. Fusion of the Lumbar and Sacral Spine by Internal Fixation with Screw Plates. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 1986;203:18-33. PMID: 00003086-198602000-00004.
52. Steffee AD, Biscup RS, Sitkowski DJ. Segmental spine plates with pedicle screw fixation. A new internal fixation device for disorders of the lumbar and thoracolumbar spine. *Clin Orthop Relat Res*. 1986(203):45-53. PMID: 3955996.
53. McBride GG. Cotrel-Dubousset rods in spinal fractures. *Spinal Cord*. 1989;27(6):440-449. doi: 10.1038/sc.1989.70.
54. Benli IT, Tandoğan NR, Kiş M, Tuzuner M, Mumcu EF, Akalin S, Çitak M. Cotrel-Dubousset instrumentation in the treatment of unstable thoracic and lumbar spine fractures. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*. 1994;113(2):86-92. doi: 10.1007/BF00572912.
55. Ishida K, Aota Y, Mitsugi N, Kuniya T, Morii T, Kawai T, et al. Spondylolysis repair using a pedicle screw hook or claw-hook system. A comparison of bone fusion rates. *Spine surgery and related research*. 2018;2(2):135-139. doi: 10.22603/ssrr.2017-0011, PMID: 31440659.
56. Boos N, Webb JK. Pedicle screw fixation in spinal disorders: a European view. *Eur Spine J*. 1997;6(1):2-18. doi: 10.1007/bf01676569, PMID: 9093822.
57. McAfee PC, Yuan HA, Lasda NA. The unstable burst fracture. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1982;7(4):365-373. doi: 10.1097/00007632-198207000-00007, PMID: 7135069.
58. McAfee PC, Werner FW, Glisson RR. A biomechanical analysis of spinal instrumentation systems in thoracolumbar fractures. Comparison of traditional Harrington distraction instrumentation with segmental spinal instrumentation. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1985;10(3):204-217. doi: 10.1097/00007632-198504000-00004, PMID: 3992339.
59. Chang KW, Dewei Z, McAfee PC, Warden KE, Farey ID, Gurr KR. A comparative biomechanical study of spinal fixation using the combination spinal rod-plate and transpedicular screw fixation system. *J Spinal Disord*. 1988;1(4):257-266. PMID: 2980253.
60. White AA, Panjabi MM. *Clinical Biomechanics of the Spine*. Lippincott; 1978.
61. Cirillo JJ, Farias I, Del Pino C, Gimbernat M, Urzúa A, Tapia C, Zamorano JJ. Surgical timing prevails as the main factor over morphologic characteristics in the reduction by ligamentotaxis of thoracolumbar burst fractures. *BMC Surg*. 2023;23(1):166. doi: 10.1186/s12893-023-02061-z, PMID: 37340380.
62. Stambough JL. Posterior instrumentation for thoracolumbar trauma. *Clin Orthop Relat Res*. 1997(335):73-88. PMID: 9020208.
63. McLain RF. Functional outcomes after surgery for spinal fractures: return to work and activity. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2004;29(4):470-477; discussion Z476. doi: 10.1097/01.brs.0000092373.57039.fc, PMID: 15094545.

64. Walker CT, Xu DS, Godzik J, Turner JD, Uribe JS, Smith WD. Minimally invasive surgery for thoracolumbar spinal trauma. *Ann Transl Med.* 2018;6(6):102. doi: 10.21037/atm.2018.02.10, PMID: 29707551.

65. Smits AJ, Noor A, Bakker FC, Deunk J, Bloemers FW. Thoracoscopic anterior stabilization for thoracolumbar fractures in patients without spinal cord injury: quality of life and long-term results. *Eur Spine J.* 2018;27(7):1593-1603. doi: 10.1007/s00586-018-5571-7, PMID: 29616328.

66. Afolabi A, Weir TB, Usmani MF, Camacho JE, Bruckner JJ, Gopinath R, et al. Comparison of percutaneous minimally invasive versus open posterior spine surgery for fixation of thoracolumbar fractures: A retrospective matched cohort analysis. *Journal of orthopaedics.* 2020;18:185-190. doi: 10.1016/j.jor.2019.11.047, PMID: 32042224.

Отримано/Received 20.07.2025

Рецензовано/Revised 25.08.2025

Прийнято до друку/Accepted 29.08.2025

Information about authors

Oleksii S. Nekhlopochyn, PhD in Medicine, Neurosurgeon, Senior Research Fellow, Department of Spinal Pathology, Romodanov Neurosurgery Institute of NAMSU, Kyiv, Ukraine; e-mail: AlexeyNS@gmail.com; phone: +380 (95) 033-04-48; <https://orcid.org/0000-0002-1180-6881>

Orešković Darko, MD, Neurosurgeon, Department of Neurosurgery, Clinical Hospital Dubrava, Zagreb, Croatia; e-mail: Darkoreskov@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-3018-5248>

Vadym V. Verbov, PhD in Medicine, Neurosurgeon, Department of Restorative Neurosurgery, Romodanov Neurosurgery Institute of NAMSU, Kyiv, Ukraine; e-mail: v.verbov@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-3074-9915>

Conflicts of interests. Authors declare the absence of any conflicts of interests and own financial interest that might be construed to influence the results or interpretation of the manuscript.

Information about funding. The work is a fragment of the research "Investigating mechanisms and developing therapeutic measures to reduce disability and improve the quality of life of patients with spinal cord injury", state registration number 0119U000110.

O.S. Nekhlopochyn¹, D. Orešković², V.V. Verbov¹

¹Romodanov Neurosurgery Institute of NAMSU, Kyiv, Ukraine

²Clinical Hospital Dubrava, Zagreb, Croatia

Evolution of surgical stabilization techniques for thoracolumbar spine injuries: a biomechanical and clinical perspective

Abstract. Background. Traumatic injuries to the thoracolumbar spine are associated with a high risk of neurological complications and require stable surgical fixation. The historical development of stabilization techniques reflects advances in biomechanical understanding, implant design, and the evolution of clinical practice. The purpose was to systematize the key stages in the evolution of surgical stabilization methods for thoracolumbar injuries with emphasis on biomechanical principles, the introduction of new implant systems, and shifting priorities in surgical access. **Materials and methods.** A literature review was conducted using PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar, covering publications from 1890 to 2024. The analysis included studies describing the development of surgical techniques, types of fixation systems, and their application according to clinical objectives. **Results.** The main stages in the evolution of stabilization techniques were identified and characterized. Early period (1890s-1950s): introduction of wire fixation (Hadra), bone graft-based spinal fusion (Albee, Hibbs), initial anterior approaches (Lane, Moore), and early screw-based techniques (Boucher). Era of posterior instrumentation (1950s-1980s): development of the Harrington rod system, its adaptation to trauma, introduction of segmental sublaminar wiring (Luque), emergence of hook-wire systems, and the formation of

multilevel posterior stabilization. Advancement of anterior methods (1970s-1990s): implementation of screw-cable constructs (Dwyer), rod-based systems (Zielke, Kaneda), anterior corpectomy with fixation, and the introduction of ventral plating. Modern era (since the 1990s): widespread adoption of transpedicular screw systems (Roy-Camille, AO, VSP, CD), enabling three-column control through a posterior-only approach and reducing the need for anterior surgeries. The development of minimally invasive techniques, including percutaneous fixation and lateral access for interbody cages, further enhanced outcomes. **Conclusions.** The evolution of surgical approaches highlights the transition from rudimentary methods to biomechanically sound, standardized stabilization. Transpedicular fixation has become the gold standard due to its versatility, strength, and minimally invasive nature. Anterior approaches are now used selectively, primarily when posterior decompression or anterior column reconstruction are not feasible. A historical perspective enables surgeons to make informed decisions when choosing the optimal fixation strategy, considering anatomical, biomechanical, and clinical factors of the injury. **Keywords:** spinal trauma; thoracolumbar spine; surgical stabilization; transpedicular fixation; anterior approach; history of spinal surgery; evolution of techniques; spinal biomechanics

Бондаренко С.Є.¹, Висоцький О.В.²

¹ДУ «Інститут патології хребта та суглобів імені проф. М.І. Ситенка НАМН України», м. Харків, Україна

²КНП «Херсонська обласна клінічна лікарня», м. Херсон, Україна

Сучасний підхід до профілактики венозних тромбоемболічних ускладнень у хворих до та після операції ендопротезування кульшового суглоба

Резюме. Актуальність. Проблема діагностики та профілактики післяопераційних коагулопатій доволі актуальна у сучасній ортопедії, оскільки в Україні й за кордоном зростає кількість операцій ендопротезування пацієнтам з різною патологією кульшових суглобів. **Мета:** на основі аналізу факторів ризику розвитку венозних тромбоемболічних ускладнень (ВТЕУ) у хворих із патологією кульшового суглоба до та після операції ендопротезування обґрунтувати комплекс заходів їх профілактики. **Матеріали та методи.** Пацієнтів, яким проводилось ендопротезування кульшового суглоба, було розділено на групи: I група — низького ступеня ризику віком 20–40 років ($n = 13$); II група — помірного ступеня ризику віком 41–60 років ($n = 45$); III група — високого ступеня ризику віком 61–80 років ($n = 42$). Для оцінки ступеня ризику тромботичних ускладнень використовували методику, аналогічну шкалі J.F. Caprini. **Результати.** Аналіз тромботичних ускладнень у досліджуваних групах хворих після операції тотального ендопротезування кульшового суглоба у порівнянні з даними наукової літератури показав, що ускладнення у вигляді тромбоемболії легеневої артерії у наших пацієнтів не спостерігалось, а за даними літератури — від 1,08 до 30 %, тромбози глибоких вен нижніх кінцівок у нашому дослідженні — 4,65 %, а за даними літератури — 10–20 % (зменшення в середньому на 5,35 %). Набряк нижніх кінцівок (хронічна венозна недостатність) у наших пацієнтів — 15,5–20,9 %, за даними літератури — 17–25 % (зменшення в середньому на 3 %). **Висновки.** Тромбопрофілактика венозних тромбоемболічних ускладнень при операції тотального ендопротезування кульшового суглоба потребує індивідуального підходу до пацієнтів з огляду на фактори ризику як у доопераційному, так і у післяопераційному періодах. Запропонована нами програма профілактики в досліджуваних пацієнтів, якщо порівнювати з даними літератури, дозволила зменшити кількість тромботичних ускладнень: у I групі хворих з низьким ступенем ризику ці ускладнення не відмічалися, у II і III групах тромбози глибоких вен нижніх кінцівок зменшилися на 5,35 %, набряки нижніх кінцівок — на 3 %, гематоми у ділянці операції — на 1,5 %. Отримані дані свідчать про ефективність і доцільність застосування запропонованого нами комплексу заходів тромбопрофілактики у хворих після ендопротезування кульшового суглоба.

Ключові слова: ендопротезування; кульшовий суглоб; прогнозування; тромбопрофілактика

Вступ

Проблема діагностики та профілактики післяопераційних коагулопатій доволі актуальна у сучасній ортопедії, оскільки в Україні й за кордоном зростає кількість операцій ендопротезування пацієнтам з різною патологією кульшових суглобів [1–5]. Особливо це стосується хворих на коксартроз

III–IV стадій, за яких тотальне ендопротезування має показання для переважної більшості пацієнтів [6–9]. Крім того, на сьогодні серед дослідників і практикуючих фахівців немає консенсусу щодо вибору засобів профілактики тромбозів після тотального ендопротезування кульшового й колінного суглобів [10–12].

© «Травма» / «Trauma» («Trauma»), 2025

© Видавець Заславський О.Ю. / Publisher Zaslavsky O.Yu., 2025

Для кореспонденції: Бондаренко Станіслав Євгенович, доктор медичних наук, професор, директор ДУ «Інститут патології хребта та суглобів імені професора М.І. Ситенка НАМН України», вул. Григорія Сковороди, 80, м. Харків, 61024, Україна; e-mail: bondarenke@gmail.com; тел./факс: +380 (57) 725-14-00

For correspondence: Stanislav Ye. Bondarenko, MD, DSc, PhD, Professor, Director of the Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology of NAMSU, Hryhoriya Skovorody st., 80, Kharkiv, 61024, Ukraine; e-mail: bondarenke@gmail.com

Full list of authors information is available at the end of the article.

Є очевидним, що в основі профілактики тромбоемболічних ускладнень у пацієнтів після ендопротезування кульшових суглобів має бути прогнозування коагулопатій на ґрунті результатів ретроспективних, а також клінічних, інструментальних і лабораторних досліджень. Особливо необхідним і важливим такий підхід є для хворих на коксартроз, які мають супутні захворювання, а також для пацієнтів похилого віку, у яких функціонування системи гемостазу в організмі має певні особливості, через що саме в них частіше розвиваються післяопераційні тромбоемболічні ускладнення [13].

Актуальність питання діагностики та запобігання гіперкоагуляційним післяопераційним ускладненням у хворих на коксартроз після ендопротезування кульшового суглоба додатково обґрунтовується тим, що в Україні та світовій клінічній медицині відсутні чіткі й узгоджені стандарти профілактики та лікування коагулопатій у пацієнтів після ендопротезування суглобів. Деякі зарубіжні автори взагалі піднімають питання про сумнівність користі терапевтичної профілактики гіперкоагуляції для здоров'я пацієнта під час ендопротезування [14]. За даними австралійських учених, профілактика тромбоемболічних ускладнень за допомогою низькомолекулярного гепарину (еноксапарину натрію) й аспіріну не має відмінностей з клінічної точки зору під час ендопротезування кульшового суглоба [15]. На думку корейських фахівців, застосування перорального антикоагулянту ривароксабану має більш високу клінічну ефективність щодо профілактики тромбоемболії при ендопротезуванні кульшового суглоба порівняно з аспірином [16].

Таким чином, можна вважати актуальним проведення наукового дослідження щодо розробки чіткого, клінічно й патогенетично обґрунтованого алгоритму профілактики тромботичних ускладнень у пацієнтів після ендопротезування кульшового суглоба.

Мета: на основі аналізу факторів ризику розвитку венозних тромбоемболічних ускладнень у хворих з патологією кульшового суглоба до та після ендопротезування обґрунтувати комплекс заходів їх профілактики.

Матеріали та методи

Дослідження проводилися на базі відділу патології суглобів ДУ «Інститут патології хребта та суглобів імені проф. М.І. Ситенка НАМН України» у 2018–2025 рр. Дослідження виконувалося згідно з темою науково-дослідної роботи «Дослідити патогенетичний зв'язок між порушеннями системи гемостазу і запально-деструктивними змінами в умовах захворювань, уражень та бойової травми великих суглобів» (номер держреєстрації 0123U100163, шифр ЦФ.2022.2. НАМНУ). Усі пацієнти підписувати інформовану згоду на діагностичне обстеження та лікування.

Пацієнтів (100 осіб), яким виконували ендопротезування кульшового суглоба, було розділено на 3 групи: I група низького ступеня ризику, 13 осіб віком від 20 до 40 років (5 чоловіків, 7 жінок) з нормальним індексом маси тіла (ІМТ), без ознак патології серцево-судинної системи та хронічної венозної недостатності; II група помірного ступеня ризику, 45 осіб (23

чоловіки, 22 жінки) віком від 41 до 60 років з ожирінням I–II ступеня, наявністю серцево-судинної, легеневої патології, гіпертонічної хвороби, COVID-інфекції, патології печінки, нирок, варикозної хвороби вен; III група високого ступеня ризику, 42 особи (13 чоловіків, 29 жінок) віком від 61 до 80 років з ожирінням III–IV ст., з декількома формами супутньої патології (у стадії ремісії): серцево-судинна патологія, гіпертонічна хвороба, ревматоїдний артрит, хронічна венозна недостатність, тромбози в анамнезі, а також перенесені складні операції, включно з ревізійним ендопротезуванням суглобів.

У своєму дослідженні при проведенні тромбoproфілактичних заходів ми спиралися на протоколи профілактики тромбоемболічних ускладнень, затверджені МОЗ України (№ 329 від 15.06.2007 р.), рекомендації Американського коледжу торакальних хірургів (ACCP) і рекомендації Інституту здоров'я та клінічної допомоги Англії й Уельса (NICE). А також користувалися матеріалами українських міждисциплінарних клінічних рекомендацій з діагностики та лікування венозних тромбоемболічних ускладнень [17], де рекомендовано застосовувати низькомолекулярні гепарини у пацієнтів з різними ступенями ризику ВТЕУ в дозах від 2500 до 4500 МО. Для оцінки ступеня ризику ВТЕУ в роботі використовували аналогічну шкалу J.F. Caprini [18] методику з доповненнями.

Результати

Досліджуваних хворих, 100 осіб (42 чоловіки і 58 жінок) було розподілено на три групи з низьким, помірним та високим ступенем ризику ВТЕУ. Дані наведені на рис. 1.

Основні принципи профілактики тромботичних станів у цих групах базувалися на комплексному індивідуальному підході залежно від визначеного ступеня ризику розвитку венозних тромбозів, з огляду на стать, вік, індекс маси тіла та коморбідні стани пацієнта, після чого визначали медичний препарат для застосування, його дозу і термін лікування. Для тромбoproфілактики застосовували низькомолекулярні гепарини (НМГ), продукти деполізації гепарину з меншою молекулярною масою й антикоагуляційними властивостями та нові оральні антикоагулянти (НОАК), також відомі як прямі пероральні антикоагулянти, включно з препаратами, які блокують фактори згортання крові, як-от тромбін (IIa) або фактор Ха. Починали тромбoproфілактику з парентерального введення НМГ — підшкірно (у бокову стінку черева) 1 раз на добу. Дозу препарату й термін його застосування визначали індивідуально залежно від визначених ступенів ризику. Дані про застосування видів антикоагулянтів у досліджуваних хворих подані на рис. 2.

Серед НМГ домінуючою була група еноксапарину (52 пацієнти). У 31 пацієнта застосовували препарат групи еноксапарину натрію (молекулярна маса 4500 дальтон) у профілактичній дозі 40 мг підшкірно 1 раз на добу впродовж 10 діб. Це високоселективний прямий інгібітор Ха-фактора крові, що пригнічує формування тромбозу і тромбів, при цьому не впливає на активність тромбіну (активована

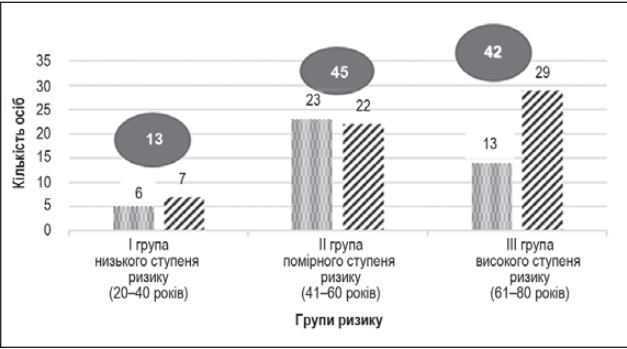


Рисунок 1. Досліджувані групи хворих із низьким, помірним і високим ступенем ризику розвитку ВТЕУ

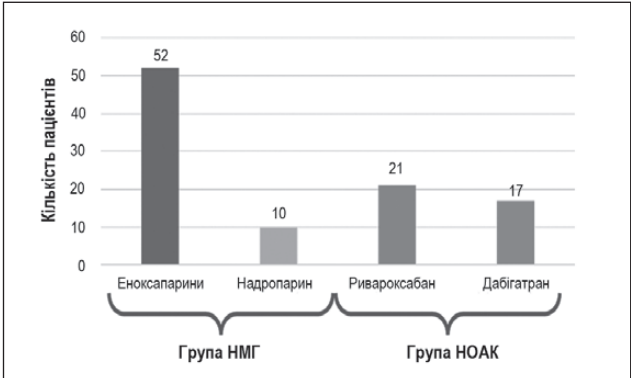


Рисунок 2. Застосування препаратів груп НМГ і НОАК у досліджуваних хворих

ного фактора II) та тромбоцити, а також має високу біодоступність.

У 21 пацієнта застосовували препарат цієї групи з антитромботичними й антикоагуляційними властивостями, який має високу анти-Ха-активність і анти-тромбінову активність, але при цьому антитромботична й антикоагулянтна його активності не пов'язані між собою, цей препарат не впливає на активний частковий тромбопластиновий час (АЧТЧ) крові. Профілактична доза — 40 мг на добу підшкірно впродовж 10 діб після операції.

У 10 пацієнтів застосовували препарат із групи надропарину кальцію з молекулярною масою 2850 МО в 1 мл (0,3 мл у шприці) — як профілактичну дозу, 3800 МО (0,4 мл у шприці) — як лікувальну дозу. Цей препарат у профілактичних дозах має більш високу анти-Ха-активність порівняно з антитромбіновою та не чинить значної дії на АЧТЧ.

Для профілактики застосовували також НОАК, які мають свої переваги, не потребують регулярного моніторингу згортання крові, не взаємодіють з багатьма лікарськими препаратами та продуктами харчування.

У 21 хворого застосовували перорально ривароксабан — високоселективний прямий інгібітор Ха-фактора, який блокує формування тромбіну та тромбоутворення, при цьому не пригнічує активність тромбіну

(активованого фактора II) і не впливає на тромбоцити. Препарат відзначається високою біодоступністю, його застосовували у профілактичних дозах — 10–20 мг на добу (при патології нирок — 15 мг/добу). Тривалість тромбoproфілактики та лікування тромбозів досягала 3–4 місяців.

У 17 хворих використовували дабігатран, який за своїми властивостями є прямим інгібітором тромбіну (активатора перетворення фібриногену на фібрин), що унеможливорює формування тромбозу, а також продовжує тромбіновий час (ТЧ), час згортання крові й АЧТЧ. Застосовували цей препарат перорально у капсулах: у профілактичних дозах — 75 мг на добу, у терапевтичних дозах — 150 мг на добу.

За ступенем ризику та характером проведення тромбoproфілактики розподіл груп хворих подано у табл. 1.

Дані табл. 1 свідчать про те, що серед досліджуваних груп домінували пацієнти з високим (43 %) та помірним (45 %) ступенями ризику розвитку тромбозів. Велику увагу в ранньому післяопераційному періоді приділяли так званій неспецифічній профілактиці тромбозу. У 100 % випадків застосовували еластичне бинтування оперованої кінцівки або компресійні панчохи, у палаті оперовану кінцівку хворого розташовували в піднятому положенні під кутом 30 градусів, відведення 20 градусів.

Таблиця 1. Розподіл груп хворих до та після операції ендопротезування кульшового суглоба за ступенем ризику та характером тромбoproфілактики за період 2018–2024 рр. (100 осіб)

Групи ризику*	Кількість осіб, n (%)	Доза препарату [17]	Час і термін тромбoproфілактики
I група, низький ступінь ризику (1–2 бали)	13 (13,0)	Мінімальні профілактичні дози	Через 12 годин після операції, упродовж 7–10 діб
II група, помірний ступінь ризику (3–4 бали)	45 (45,0)	Середні профілактичні дози	Через 8 годин після операції, до 4 тижнів
III група, високий ступінь ризику (> 5 балів)	42 (42,0)	Максимальні профілактичні дози	За 12 годин до операції, через 6 годин після операції, від 4 до 12 тижнів

Примітка: * — загальна сума балів за шкалою Caprini [18].



Рисунок 3. Результати тромбопрофілактики у досліджуваних групах хворих після операції тотального ендопротезування кульшового суглоба

З першої доби після операції ендопротезування кульшового суглоба призначали фізичну реабілітацію з методистом: ізометричну гімнастику, з 2–3-ї доби — ранню активізацію пацієнта (лікувальна гімнастика, ходьба за допомогою милиць із дозованим навантаженням на оперовану кінцівку). У післяопераційному періоді періодично контролювали стан гемостазу за допомогою біохімічних аналізів крові та коагулограми.

Після завершення стаціонарного періоду лікування (у середньому через 7–14 діб) пацієнтам призначали пероральну антикоагулянтну терапію (ривароксабан, дабігатран). Ця група препаратів за своїми фармацевтичними властивостями аналогічна парентеральній групі (НМГ), але вона зручніша у застосуванні для пацієнтів, не потребує моніторингу стану системи згортання крові.

Обговорення

За період 2018–2024 рр. було проаналізовано результати профілактики венозних тромбоемболічних ускладнень у 3 групах хворих після операції ендопротезування кульшового суглоба з різним ступенем ризику (рис. 3).

Аналіз даних, наведених на діаграмі (рис. 3), показує, що у I групі (13 пацієнтів з ризиком ВТЕУ 0–2 бали) перебіг захворювання у післяопераційному періоді був без тромботичних ускладнень. Застосовували НМГ через 12 годин після операції упродовж 10 діб. Надалі призначали *per os* таблетки групи НОАК упродовж 3 тижнів.

Наводимо клінічний приклад: хвора К., 37 років, госпіталізована 22.05.2023 р. з діагнозом: двобічний диспластичний коксартроз IV ст., стан після тотального ендопротезування лівого кульшового суглоба, стійкий больовий синдром праворуч (ІМТ = 24,8 (норма), група помірного ризику ВТЕУ — 1 бал). В анамнезі хворої: 22.05.2007 р. було виконано операцію первинного ендопротезування лівого кульшового суглоба (рис. 4).

При госпіталізації на рентгенограмі (рис. 5а, 5б) визначено стирання полімеру в парі тертя ендопротеза.

26.05.2023 р. виконано операцію з заміни полімерного вкладиша та металеві головки ендопротеза на керамічну (рис. 5в).

Післяопераційний період тривав без ускладнень. Після проведеної операції оперована кінцівка фіксована еластичним бинтом. У першу добу після операції розпочато лікувальну гімнастику, на другу добу пацієнтка розпочала ходити за допомогою милиць. У системі згортання крові (коагулограма): протромбіновий час — 14,0, МНВ — 1,15 с, АЧТЧ — 27,8, фібриноген — 5,3 г/л, РФМК — 4,0 мг %. Біохімічний аналіз крові без відхилень. Як профілактику ВТЕУ призначали дабігатран 220 мг на добу через 12 годин після операції й упродовж 20 діб. На контрольному огляді через 3 місяці скарг немає, ознаки ВТЕУ відсутні.

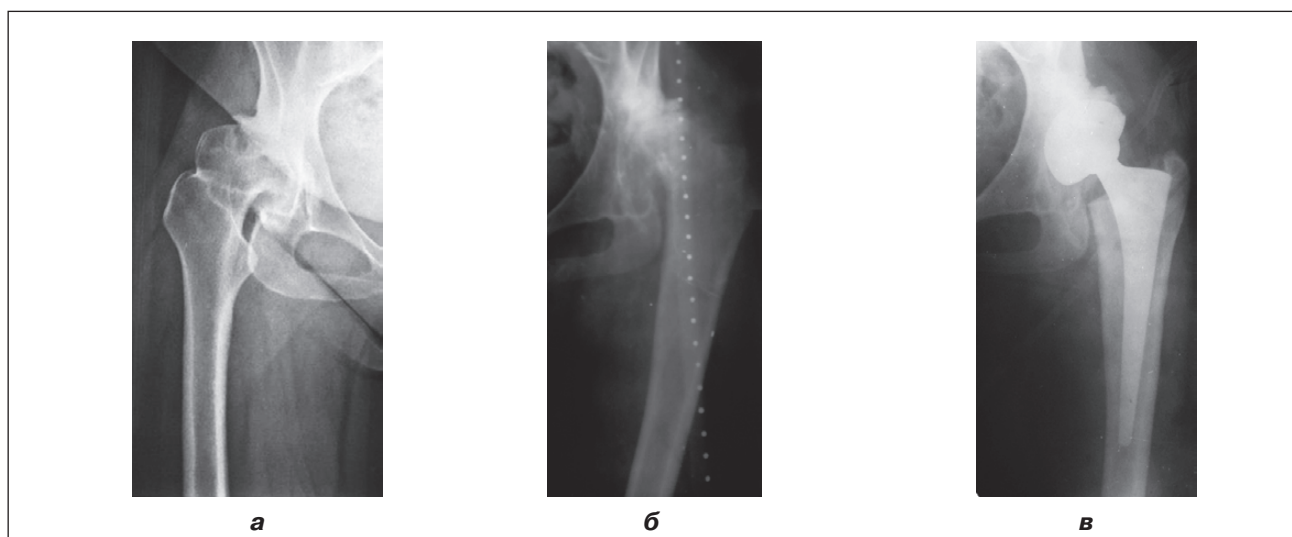


Рисунок 4. Хвора К., 37 років: рентгенограми до (а, б) та після (в) операції ендопротезування лівого кульшового суглоба безцементною системою з металополімерною парою тертя

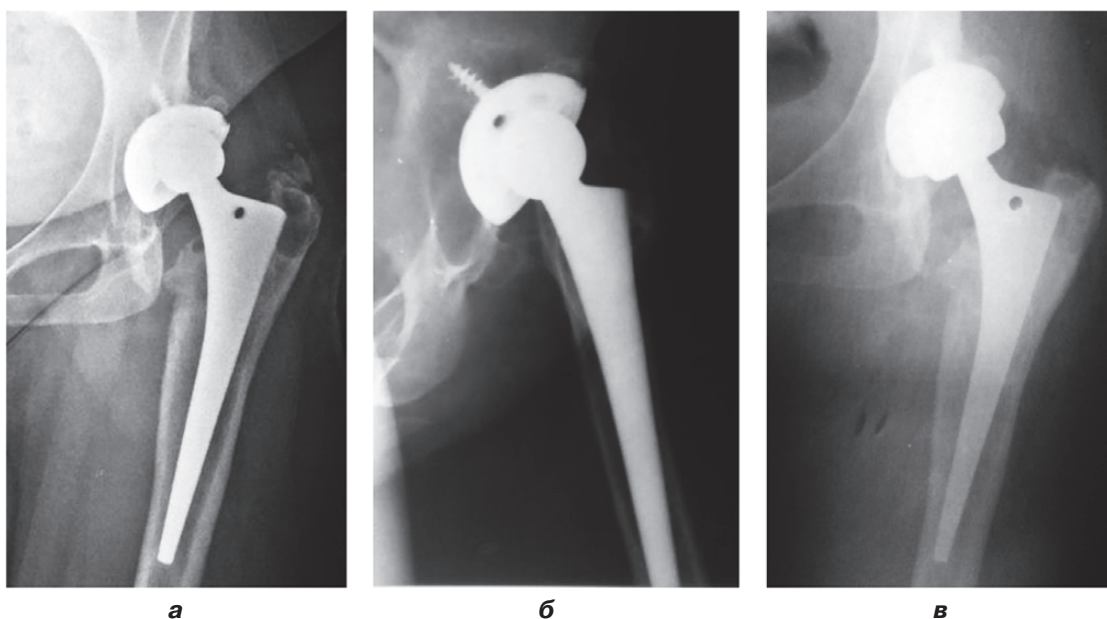


Рисунок 5. Хвора К., 37 років: рентгенограми до операції, з ознаками стирання полімеру в парі тертя ендопротеза (а, б); рентгенограма після операції, заміна пари тертя (головки і полімерного вкладиша) ендопротеза лівого кульшового суглоба (в)

У II групі (45 осіб з ризиком ВТЕУ 3–4 бали) спостерігали ускладнення: післяопераційна гематома в ділянці ендопротеза кульшового суглоба — у 4 осіб (8,9 %), що було пов'язано з підвищеним індексом маси тіла пацієнтів і складністю проведення операції.

Набряк нижніх кінцівок спостерігали у 7 осіб (15,5 %), що пов'язано з наявністю в анамнезі хворих хронічної венозної недостатності (у 5 осіб) та цукрового діабету (у 2 осіб). Ці ускладнення діагностували на основі клінічного обстеження (болі та набряк тканин у нижніх кінцівках), а також за допомогою ультразвукового дослідження. Визначали локалізацію гематоми та проводили її евакуацію за допомогою пункції.

У цій групі хворих антитромботичну терапію застосовували через 8 годин після операції у збільшених, середніх профілактичних дозах НМГ, еноксапарин натрію 2500–3000 МО, упродовж 4 тижнів. Надалі *per os* таблетки дабігатрану 75 мг на добу впродовж 2 тижнів.

У III групі хворих (42 особи з ризиком ВТЕУ > 5 балів) відмічені такі ускладнення: післяопераційна гематома — 4 особи (8,9 %), що пов'язано з травматичністю операції (ревізійне ендопротезування — 2 особи, надмірна маса тіла — 2 особи); набряк нижніх кінцівок — 9 осіб (20,10 %), що пов'язано у 3 пацієнтів із захворюванням серцево-судинної системи та гіпертонічною хворобою, у 4 — з надмірною масою тіла, у 2 — з хронічною венозною недостатністю, надмірною масою тіла та ревматоїдним артритом. У цій групі пацієнтів застосовували НМГ за 12 годин до операції одноразово та через 6 годин після операції, також збільшували дози й термін застосування НМГ до максимальних упродовж 4–12 тижнів.

Тромбоз глибоких вен нижніх кінцівок відмічений у віддаленому післяопераційному періоді у 2 осіб (4,65 %) через 3 тижні після операції. Діагностику проводили за допомогою клінічного огляду, ультразвукового дослідження, також оцінювали дані біохімічних аналізів крові й коагулограми. У цих випадках продовжували термін лікування, призначали ривароксабан 15 мг 2 рази на добу впродовж 3 тижнів, потім — 20 мг 1 раз на добу протягом 12 тижнів, а також застосовували препарати групи венотоніків, постійне носіння компресійних панчох. Проводили моніторинг за біохімічними маркерами й за системою згортання крові, а також ультразвукову діагностику судин нижніх кінцівок і таза.

Наводимо клінічний приклад: хвора А., 71 рік, госпіталізована 24.04.2024 р. з діагнозом: двобічний коксартроз IV ст. (рис. 6а, 6б), стійкий больовий синдром, порушення функції ходьби. Гіпертонічна хвороба, стадія II, ступінь III, гіпертензивне серце, ішемічна хвороба серця, атеросклеротичний кардіосклероз, СН I, ФК I, ризик 3. Хронічний бронхіт, стадія ремісії. ІМТ 30,5, ожиріння I ст. Група високого ступеня ризику ВТЕУ > 5 балів. 01.05.2024 р. було виконано операцію — тотальне ендопротезування правого кульшового суглоба безцементною системою (рис. 6в).

Після проведеної операції оперована кінцівка фіксована еластичним бинтом, проводилася рання реабілітація, розпочато лікувальну гімнастику, ізометричні вправи, на другу добу хвора вертикалізована для ходіння за допомогою милиць.

У системі згортання крові (коагулограма): протромбіновий час — 15,0, МНВ — 1,25 с, АЧТЧ — 22,3, фі-

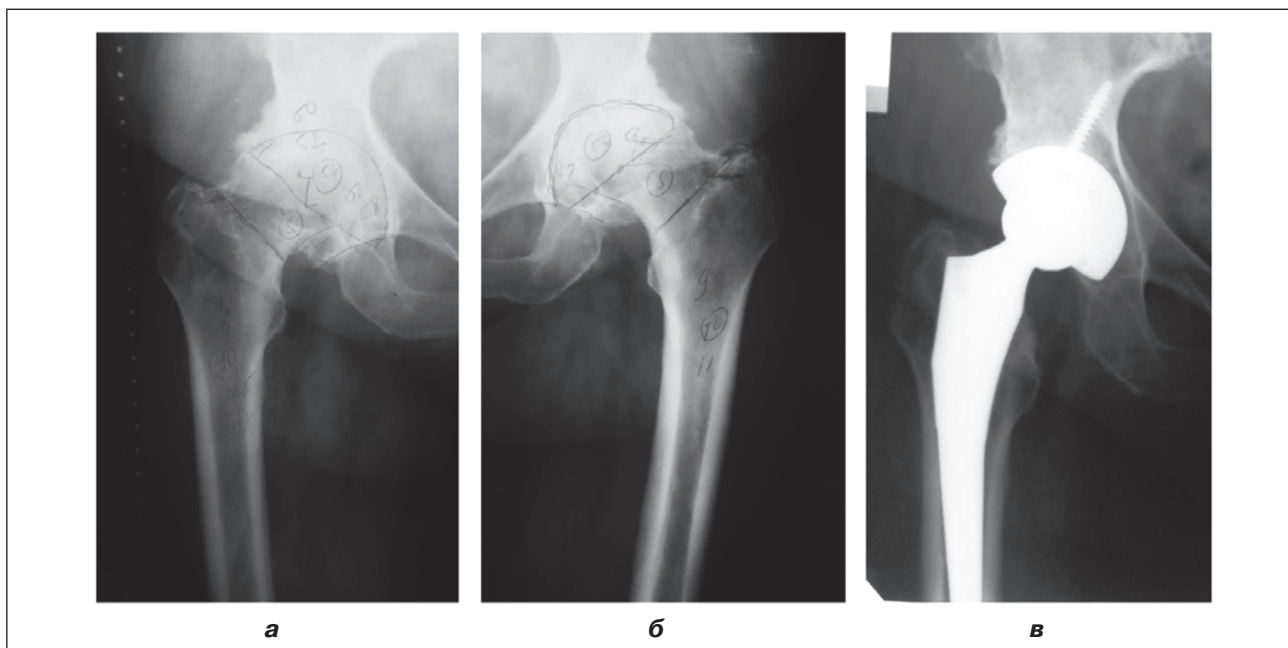


Рисунок 6. Хвора А., 71 рік: рентгенограми до (а, б) та після (в) операції ендопротезування правого кульшового суглоба безцементною системою з керамополімерною парою тертя

бриноген — 5,1 г/л, РФМК — 6,5 мг/100 мл. Біохімічний аналіз крові без особливостей.

На третю добу після операції у хворої виник набряк нижніх кінцівок. УЗ-дослідження явищ тромбозу не підтвердило. Для профілактики ВТЕУ призначали: дабігатрану етексилат — 110 мг за 12 годин до операції та 220 мг через 6 годин після операції 1 раз на добу впродовж 2 тижнів, надалі — ривароксабан по 15 мг 2 рази на добу впродовж 3 тижнів, потім — 20 мг 1 раз на добу впродовж 2 тижнів. Додатково для лікування набряку нижніх кінцівок призначали групи венотоніків упродовж 1 місяця та носіння компресійних панчіх. На контрольному огляді через 3 місяці хвора у задовільному стані, скарг немає, набряки у нижніх кінцівках відсутні. Контрольне УЗД судин нижніх кінцівок без ознак патології.

Для оцінки ефективності застосування запропонованого нами комплексу заходів тромбопрофілактики

ВТЕУ ми порівняли кількість тромботичних ускладнень у досліджуваних 3 груп хворих після операції тотального ендопротезування кульшового суглоба з даними наукової літератури [19–21], що наведено у табл. 2.

Аналіз тромботичних ускладнень у досліджуваних групах хворих після операції тотального ендопротезування кульшового суглоба у порівнянні з даними наукової літератури показав, що ускладнення у вигляді ТЕЛА у наших пацієнтів не було. За даними літератури, ці ускладнення виникають від 1,08 до 30 % [19].

Тромбози глибоких вен нижніх кінцівок у наших пацієнтів — 4,65 %, а за даними літератури — 10–20 % (зменшення на понад 5,35 %) [20]. набряк нижніх кінцівок (хронічна венозна недостатність) спостерігали у 15,5 % пацієнтів (II група хворих) і 20,9 % пацієнтів (III група), а

Таблиця 2. Тромботичні ускладнення у досліджуваних групах хворих після операції ендопротезування кульшового суглоба у порівнянні з даними літератури й ефективність запропонованої тромбопрофілактики (n = 100)

Ступені ризику	I група (n = 13), низький ступінь ризiku (1–2 бали), n (%)	II група (n = 45), помірний ступінь ризiku (3–4 бали), n (%)	III група (n = 42), високий ступінь ризiku (> 5 балів), n (%)	Прогнозовані ускладнення за даними літератури, %
ТЕЛА	0	0	0	1,08–30
Тромбоз глибоких вен нижніх кінцівок	0	0	2 (4,65)	10–20
Гематома у ділянці операції	0	4 (8,9)	4 (9,9)	9–12
Набряк нижніх кінці- вок (хронічна веноз- на недостатність)	0	7 (15,5)	9 (20,9)	17–25

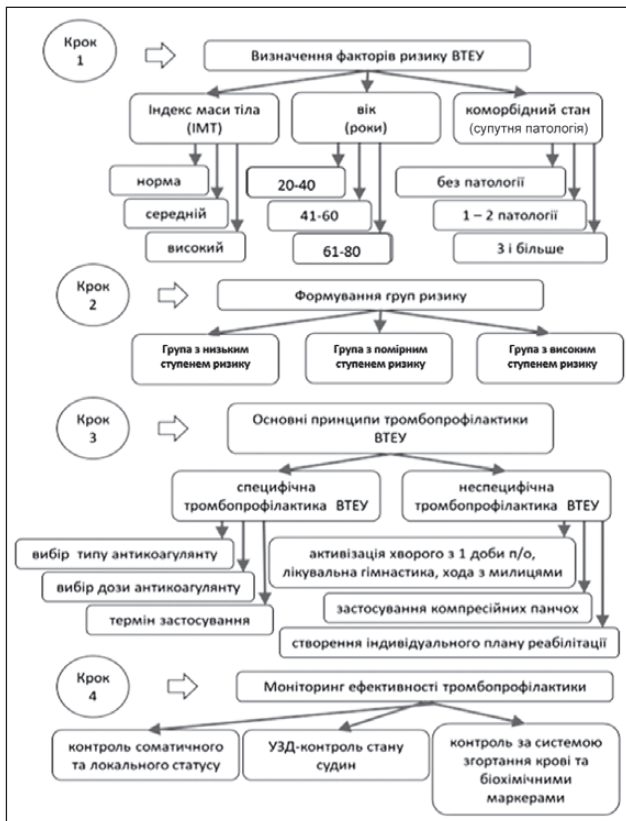


Рисунок 7. Протокол — схема заходів тромбопрофілактики ВТЕУ у хворих, яким планується операція ендопротезування суглобів

за даними літератури — 17–25 % (зменшення в середньому на 3 %) [21]. На підставі проведених досліджень і узагальнення результатів було розроблено протокол — схему профілактики тромботичних станів у хворих до та після операції ендопротезування суглобів (рис. 7).

Отримані дані свідчать про ефективність і доцільність застосування запропонованого нами комплексу заходів тромбопрофілактики у хворих після операції тотального ендопротезування кульшового суглоба.

Висновки

Тромбопрофілактика венозних тромбоемболічних ускладнень при операціях тотального ендопротезування кульшового суглоба потребує індивідуального підходу до пацієнтів з огляду на фактори ризику як в доопераційному, так і в післяопераційному періоді. Застосування запропонованого нами комплексу заходів профілактики дозволило зменшити кількість тромботичних ускладнень у досліджуваних пацієнтів, якщо порівнювати з даними літератури: у I групі хворих з низьким ступенем ризику ці ускладнення не відмічалися, у II і III групах тромбози глибоких вен нижніх кінцівок зменшилися на понад 5,35 %, набряки нижніх кінцівок — у середньому на 3 %, гематоми в ділянці операції — у середньому на 1,5 %. Отримані дані свідчать про ефективність і доцільність застосування запропонованого нами комплексу заходів тромбопрофілактики у хворих після ендопротезування кульшового суглоба.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів та власної фінансової зацікавленості при підготовці даної статті.

Внесок авторів. Бондаренко С.Є. — формування концепції дослідження, участь у лікуванні пацієнтів, оцінка й аналіз отриманих даних; Висоцький О.В. — участь у лікуванні пацієнтів, оцінка й аналіз отриманих даних, формування й оформлення рукопису.

Список літератури

1. Філіпенко В.А., Танькут В.О., Мезенцев В.О., Овчинніков О.М. Причини вивиху головки ендопротеза після первинного ендопротезування кульшового суглоба. *Травма*. 2017. Т. 18. № 1. С. 27–33. doi: 10.22141/1608-1706.1.18.2017.95587.
2. Філіпенко В.А., Танькут В.О., Колесніченко В.А., Мезенцев В.О., Овчинніков О.М. Основні критерії прогнозування вивиху головки ендопротеза у хворих з переломами шийки стегнової кістки після однополюсного ендопротезування кульшового суглоба. *Травма*. 2018. Т. 19. № 1. С. 113–120. <https://doi.org/10.22141/1608-1706.1.19.2018.126670>.
3. Garceau S, Warschawski Y, Safir O, Gross A, Wolfstadt J, Kuzuk P. Total hip arthroplasty in patients with fibrous dysplasia: a modern update. *Can J Surg*. 2020 May 1;63(3):E202–E207. doi: 10.1503/cjs.007219.
4. Лоскутов О.А., Малиш І.Р., Зержебловська Л.В. Огляд Європейської постанови з лікування масивних кровотеч та коагулопатій після травми. *Гострі та невідкладні стани у практиці лікаря*. 2018. С. 5–13.
5. Wu H, Cheng WD, Jing J. Total hip arthroplasty by direct anterior approach in the lateral position for the treatment of ankylosed hips. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2020 Mar 17. doi: 10.1007/s00590-020-02655-w.
6. Косяков О.М., Бур'янов О.А., Бондар В.К. Віддалені результати тотального ендопротезування кульшового суглоба з використанням трабекулярно-біонічної ніжки «Physiohip». *Ортопедія, травматологія і протезування*. 2018. № 3. 99–103.
7. Gademan MG, Hofstede SN, Vliet Vlieland TP, Nelissen RG, Marang-van de Mheen PJ. Indication criteria for total hip or knee arthroplasty in osteoarthritis: a state-of-the-science overview. *BMC Musculoskelet Disord*. 2016 Nov 9;17(1):463.
8. Robinson PD, McEwan J, Adukia V, Prabhakar M. Osteoarthritis and arthroplasty of the hip and knee. *Br J Hosp Med (Lond)*. 2018 Apr 2;79(4):C54–C59. doi: 10.12968/hmed.2018.79.4.C54.
9. Hunter SW, Bobos P, Somerville L, Howard J, Vassarhelyi EM, Lanting B. Prevalence and risk factors of falls in adults one-year after total hip arthroplasty for osteoarthritis: a cross-sectional study. *Am J Phys Med Rehabil*. 2020 Apr 23. doi: 10.1097/PHM.0000000000001456.
10. Aspirin Compared with Anticoagulation to Prevent Venous Thromboembolism After Knee or Hip Arthroplasty: a Large Retrospective Cohort Study. Christine Baumgartner, Judith Maselli, Andrew D Auerbach, Margaret C Fang. *J Gen Intern Med*. 2019 Oct;34(10):2038–2046. doi: 10.1007/s11606-019-05122-3. Epub 2019 Jun 24.
11. John E Farey, Vincent V G An, Verinder Sidhu, Sascha Karunaratne, Ian A Harris. Aspirin versus enoxaparin for the

initial prevention of venous thromboembolism following elective arthroplasty of the hip or knee: a systematic review and meta-analysis. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2021 Feb;107(1):102606. doi: 10.1016/j.otsr.2020.04.002. Epub 2020 Jul 4.

12. Abuduwupuer Haibier, Alimujiang Yusufu, Hang Lin, Aiben Kayierhan, Yimuran Abudukelimu, Tuerhongjiang Abudurexiti. Efficacy and safety study of low-molecular-weight heparin and fondaparinux sodium after hip arthroplasty: a retrospective cohort study. *Orthop Res Rev.* 2023 Nov 24;15:253-261. doi: 10.2147/ORR.S431372. eCollection 2023.

13. Lindberg-Larsen M, Petersen PB, Jørgensen CC, Overgaard S, Kehlet H. Postoperative 30-day complications after cemented/hybrid versus cementless total hip arthroplasty in osteoarthritis patients > 70 years. *Acta Orthop.* 2020 Apr 14;1-7. doi: 10.1080/17453674.2020.1745420.

14. Karmakar B. Impact of health utility after thrombotic complications following total hip and knee arthroplasty. *ANZ J Surg.* 2017 Oct;87(10):820-824. doi: 10.1111/ans.14122.

15. Nadi S, Vreugdenburg TD, Atukorale Y, Ma N, Madern G, Rovers M. Safety and effectiveness of aspirin and enoxaparin for venous thromboembolism prophylaxis after total hip and knee arthroplasty: a systematic review. *ANZ J Surg.* 2019 Oct;89(10):1204-1210. doi: 10.1111/ans.15122.

16. Hong Ah Kim, Ju-Yeun Lee, So Hyun Park, JiEun Kang, Kyung Suk Choi, Sandy Jeong Rhie. Clinical outcomes and risk factors of thromboprophylaxis with rivaroxaban versus aspirin in patients undergoing hip arthroplasty in low-incidence popu-

lation: a nationwide study in Korea. *Pharmacoepidemiol Drug Saf.* 2019;28:507-514.

17. Українські міждисциплінарні клінічні рекомендації з профілактики, діагностики та лікування венозних тромбоемболічних ускладнень (до оновленого Національного мультидисциплінарного керівництва з діагностики та лікування ТГВ). *Клінічна флебологія.* 2017;10(1):42-79.

18. Cronin M, Dengler N, Krauss ES, Segal A, Wei N, Daly M, Mota F, Caprini JA. Completion of the Updated Caprini Risk Assessment Model (2013 Version). *Clin Appl Thromb Hemost.* 2019 Jan-Dec;25:1076029619838052. doi: 10.1177/1076029619838052. PMID: 30939900; PMCID: PMC6714938.

19. Кохлер Г.П. Тромбоемболія легеневої артерії. *Внутрішня медицина.* 2007. № 4. С. 82-90.

20. Emeka Kesieme, Chinenye Kesieme, Nze Jebbin, Eshio-bo Irekpita, Andrew Dongo. Deep vein thrombosis: a clinical review. *Journal of Blood Medicine* 2011;2:59-69. doi: 10.2147/JBM.S19009\.

21. Діденко С.М., Гупало Ю.М., Швед О.Є, Субботін В.Ю. Венозний тромбоз у хірургічній практиці. *Практична ангіологія.* 2010. <https://angiology.com.ua/ua/archive/2010/3%2832%29/article-315/venozniy-tromboz-u-hirurgichniy-praktici>.

Отримано/Received 30.06.2025

Рецензовано/Revised 08.08.2025

Прийнято до друку/Accepted 22.08.2025

Information about authors

Stanislav Ye. Bondarenko, MD, DSc, PhD, Professor, Director of the Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology of NAMSU, Kharkiv, Ukraine; e-mail: bondarenke@gmail.com; phone/fax: +380 (57) 725-14-00; <https://orcid.org/0000-0003-2463-5919>

O. Vysotskyi, Municipal Non-Profit Enterprise «Kherson Regional Clinical Hospital», Ukraine; e-mail: vavkherson@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-4845-1615>

Conflicts of interests. Authors declare the absence of any conflicts of interests and own financial interest that might be construed to influence the results or interpretation of the manuscript.

Authors' contribution. S.Ye. Bondarenko — research concept, treatment of patients, evaluation and analysis of the data obtained; O.V. Vysotskyi — treatment of patients, evaluation and analysis of the data obtained, formation and design of the manuscript.

S.Ye. Bondarenko¹, O.V. Vysotskyi²

¹Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology of NAMSU, Kharkiv, Ukraine

²Municipal Non-Profit Enterprise "Kherson Regional Clinical Hospital", Kherson, Ukraine

Modern approach to the prevention of venous thromboembolic complications in patients before and after hip arthroplasty

Abstract. Background. The problem of diagnosis and prevention of postoperative coagulopathies is quite relevant in modern orthopaedics, since an increasing number of patients with various pathologies of the hip joints undergo arthroplasty both in Ukraine and abroad. The purpose: based on the analysis of risk factors for the development of venous thromboembolic complications in patients with hip joint pathology after arthroplasty, to substantiate a set of measures for their prevention. **Materials and methods.** Patients who underwent hip arthroplasty were divided into the following groups: group I — low risk, 20–40 years old (n = 13); group II — moderate risk, 41–60 years old (n = 45); group III — high risk, 61–80 years old (n = 42). To assess the risk of thrombotic complications, a method similar to the J.A. Caprini score was used. **Results.** Analysis of thrombotic complications in the studied groups of patients after total hip replacement compared to the data of the scientific literature showed that complications in the form of pulmonary embolism were not observed in our patients. According to the literature, they are found in 1.08–30 % of cases. Deep

vein thrombosis of the lower extremities was detected in 4.65 and 10–20 % of patients, respectively (an average decrease of 5.35 %), oedema of the lower extremities (chronic venous insufficiency) — in 15.5–20.9 and 17–25 % of cases (an average decrease of 3 %).

Conclusions. Thromboprophylaxis of venous thromboembolic complications during total hip arthroplasty requires an individual approach to patients, taking into account risk factors both in the pre-operative and postoperative periods. The prevention program we proposed in the studied patients, compared to the literature data, allowed us to reduce the number of thrombotic complications: in group I of patients with a low risk, these complications were not observed, in groups II and III, deep vein thrombosis of the lower extremities decreased by 5.35 %, oedema of the lower extremities by 3 %, hematomas in the surgical area by 1.5 %. The data obtained indicate the effectiveness and feasibility of using a set of thromboprophylaxis measures proposed by us in patients after hip arthroplasty.

Keywords: arthroplasty; hip joint; prognosis; thromboprophylaxis

Гур'єв С.О.¹, Кушнір В.А.¹, Гаріян С.В.², Цибульський О.С.²

¹Державний заклад «Український науково-практичний центр екстреної медичної допомоги та медицини катастроф МОЗ України», м. Київ, Україна

²Тернопільська обласна клінічна лікарня, м. Тернопіль, Україна

Клініко-анатомічна структура дефектів довгих кісток у віковому аспекті

Резюме. Актуальність. Дефекти довгих кісток (ДДК) є зазвичай наслідком високоенергетичної травми та мають тенденцію до поширення у постраждалих. Така патологія не тільки потребує довготривалого лікування, а й призводить до високого ризику інвалідизації постраждалого внаслідок як самого дефекту, так і можливої ампутації кінцівки. **Матеріали та методи.** Дослідження має когортний характер і базоване на вивченні й аналізі 92 випадків ДДК кінцівок, що виникли внаслідок бойових уражень під час воєнних дій на території України у період із 2022 по 2024 рік. Для аналізу результатів були застосовані: параметрична методологія статистики (ранговий аналіз) і непараметричні методи (поліхоричний аналіз), а також елементи фрактального аналізу. **Результати.** Встановлено, що найчастіше ДДК виникають у постраждалих вікової групи 41–50 років (33,70 %), найменше — у постраждалих старше 61 року (2,17 %). Загалом більшість постраждалих (81,53 %) становлять особи активного працездатного віку (21–50 років), що має важливе соціальне значення, оскільки ДДК мають великий ризик інвалідизації постраждалого. За клініко-анатомічним сегментом найчастіше ДДК у постраждалих виникають при пошкодженні нижніх кінцівок (86,96 %), причому ДДК гомілки становлять 67,39 %. Крім того, доведено, що існує вірогідна залежність виникнення ДДК за анатомічним сегментом у вікових групах. При аналізі показників дисипації за віковою ознакою та пошкодженням сегментом встановлено, що найбільший вплив на виникнення ДДК має вікова група 41–50 років та анатомічний сегмент «гомілка». Такий факт зумовлений як інволютивними змінами в організмі постраждалого, так і механізмом отримання пошкодження. **Висновки.** 1. Виникнення ДДК вірогідно залежить від вікової ознаки постраждалого та клініко-анатомічної ознаки пошкодження. 2. Найбільш часто ДДК виникають при пошкодженні гомілки і стегна й у віці 31–50 років, що відображає комбінований вплив інтенсивності ураження й інволютивного зменшення компенсаторних можливостей організму постраждалого. 3. Інтенсивність впливу вікових і клініко-анатомічних ознак є різною, причому найбільш інтенсивно впливають на виникнення ДДК ознака «гомілка» та вік 41–50 років. 4. Результати дослідження потребують подальшої клінічної інтерпретації з метою формування клініко-анатомічних, клініко-епідеміологічних і клінічних паралелей як основи для розробки клінічних протоколів і клінічних маршрутів пацієнта.

Ключові слова: дефекти довгих кісток; клініко-анатомічна характеристика; вік; постраждалі

Вступ

Дефекти довгих кісток (ДДК) є зазвичай наслідком високоенергетичної травми та мають тенденцію до поширення у постраждалих [1–4]. Така патологія не тільки потребує довготривалого лікування, а й призводить до високого ризику інвалідизації постраждалого, як внаслідок самого дефекту, так і внаслідок можливої ампутації кінцівки [5–9]. Особливе значення проблема ДДК набула в Україні з початком повномасштабної

російсько-української війни. Це пов'язано насамперед із тим, що пошкодження кінцівок зустрічаються у 56–60 % постраждалих внаслідок бойових дій [10, 11]. До того ж сучасна зброя має високоінтенсивний характер ураження та призводить до тяжких поранень кінцівок, що значно підвищує ймовірність виникнення ДДК [12–14]. Водночас результати лікування постраждалих із пошкодженням кінцівок не можна вважати задовільними. На думку більшості науковців і практичних ліка-

рів, це пов'язано із відсутністю науково обґрунтованих клінічних протоколів і клінічних маршрутів пацієнта при наданні медичної допомоги [15–18]. Обґрунтування таких протоколів і маршрутів потребує вивчення клініко-епідеміологічних, клініко-нозологічних і клініко-анатомічних характеристик пошкоджень. Важливим є визначення впливу віку постраждалого на виникнення ДДК. Вищевикладене визначає актуальність, доцільність і напрямок дослідження.

Мета дослідження: вивчити й оцінити клініко-анатомічну структуру великих ДДК залежно від віку постраждалого.

Матеріали та методи

Дослідження має когортний характер і ґрунтується на вивченні й аналізі 92 випадків ДДК кінцівок, що виникли внаслідок бойових уражень під час воєнних дій на території України у період із 2022 по 2024 рік. Було проведено аналіз вікової структури контингенту постраждалих. З огляду на характер і напрямок дослідження доцільно застосувати декадний принцип розподілу за віком. Також було проведено аналіз клініко-анатомічної структури контингенту постраждалих за анатомічним сегментом кінцівок. З метою встановлення впливу ознаки віку на виникнення ДДК кінцівок було проведено аналіз клініко-анатомічної структури у вікових групах. З метою верифікації клініко-анатомічної структури був проведений порівняльний аналіз у вікових групах за ознакою сегмента пошкодження.

При аналізі результатів були застосовані: параметрична методологія статистики (ранговий аналіз) і непараметричні методи (поліхоричний аналіз), а також елементи фрактального аналізу.

Усі розрахунки були проведені відповідно до критеріїв і вимог доказової медицини, а результати знаходяться у межах поля вірогідності. Аналіз проводився за допомогою комп'ютерних технологій (програма Statistica).

Результати

З огляду на мету та характер нашого дослідження нами було проведено розподіл масиву вивчення за ознакою віку у відповідних групах. Дані аналізу наведено в табл. 1.

Аналіз даних табл. 1 дозволяє зробити висновок про суттєву різницю між постраждалими з ДДК залежно від віку. Так, найбільша питома вага постраждалих (третина) — у групі 41–50 років, на другому місці — постраждали у віці 31–40 років (25,00 %), на третьому — 21–30 років (22,83 %). Не спостерігається будь-якого вірогідного тренду питомої ваги постраждалих від динаміки значення вікової ознаки. Співвідношення максимального й мінімального показника розподілу становить 15,5, що вказує на високу якісну характеристику дисипації показників розподілу й опосередковано — на вірогідність розподілу.

Доцільно зауважити, що характер і структура розподілу за віковою ознакою постраждалих із ДДК суттєво відрізняється від вікової структури бойових уражень кінцівок загалом.

Таким чином, з одного боку, не існує чіткої тенденції питомої ваги за віковими групами, з іншого — має місце вірогідний вплив ознаки віку на виникнення ДДК. Аналіз випадків довів, що це зумовлено поєднаним впливом: як безпосередніми змінами — компенсаторними та регенераторними можливостями організму

Таблиця 1. Аналіз розподілу масиву постраждалих за ознакою віку

Вік постраждалого (роки)	Питома вага (%)	Ранг
До 20	5,43	5
21–30	22,83	3
31–40	25,00	2
41–50	33,70	1
50–60	10,87	4
Старше 61	2,17	6
Загалом	100,00	–

Таблиця 2. Аналіз розподілу масиву постраждалих із ДДК за анатомічним сегментом ураження кінцівки

Анатомічний сегмент кінцівки	Питома вага (%)	Ранг
Плече	5,43	4
Передпліччя	7,61	3
Стегно	19,57	2
Гомілка	67,39	1
Загалом	100,00	–

за віком, так і віковими особливостями участі постраждалих у бойових діях.

З метою верифікації клініко-анатомічної структури постраждалих із ДДК нами було проведено вивчення клініко-анатомічної структури залежно від сегмента ураження. Результати аналізу наведено в табл. 2.

Дані табл. 2 дозволяють визначити таке. Найбільше (67,39 %) ДДК виникають при пошкодженні гомілки, на другому місці — пошкодження стегна (19,57 %), загалом дефекти нижньої кінцівки становлять 86,96 % постраждалих, що значно перевищує показник розподілу у загальному масиві постраждалих з ураженнями кінцівок (біля 60 %). Аналіз випадків довів, що це пов'язано з більшою інтенсивністю ураження нижніх кінцівок, насамперед внаслідок мінно-вибухової травми. Співвідношення максимального й мінімального показника розподілу становить 12,4, що вказує на високу якісну характеристику показників дисипації розподілу й опосередковано — на вірогідність розподілу. Тобто можна стверджувати, що такий розподіл має об'єктивний характер.

З метою вивчення впливу вікової ознаки на виникнення ДДК у кожному анатомічному сегменті нами було проведено інтегральний аналіз вікової структури постраждалих залежно від анатомічного сегмента ураження. Дані розподілу наведено в табл. 3.

При аналізі даних табл. 3 встановлено, що в усіх групах за віком не збігаються рангові місця за сегмен-

том пошкодження кінцівки, крім того, відсутній у всіх групах лінійний тренд щодо збільшення питомої ваги пошкодженого сегмента кінцівки за зростанням показника віку. Також найбільша питома вага при пошкодженні будь-якого сегмента кінцівки з ДДК припадає на осіб у віці від 21 до 50 років, тобто найбільш активного працездатного віку, що має важливе соціальне значення.

Пошкодження плеча з ДДК найчастіше спостерігається у віковій групі 31–40 років (40,00 %). У вікових групах 21–30 і 41–50 років (друге рангове місце) пошкодження плечової кістки з дефектом зустрічається у рівних частинах по 20,00 %, а у постраждалих до 20 і старше 61 року пошкодження плеча з ДДК у статистично значущому обсязі не зустрічалися. Коефіцієнт співвідношення максимального й мінімального показника становить 2,0, що вказує на низьку дисипацію розподілу.

Пошкодження передпліччя з ДДК найчастіше зустрічається у постраждалих у віці 31–40 та 41–50 років — по 42,86 % (перше рангове місце), на другому місці з показником питомої ваги 14,28 % знаходяться постраждалі у віці 51–60 років. В інших вікових групах пошкодження передпліччя з ДДК у статистично значеному обсязі не зустрічалися. Коефіцієнт співвідношення максимального й мінімального показника становить 3,0, і це вказує на помірну дисипацію розподілу.

Таблиця 3. Інтегральний порівняльний аналіз розподілу масиву постраждалих із ДДК у анатомічних групах за ознакою віку

Вік постраждалого (роки)	Плеche		Передпліччя		Стегно		Гомілка	
	Питома вага (%)	Ранг	Питома вага (%)	Ранг	Питома вага (%)	Ранг	Питома вага (%)	Ранг
До 20	0	3	0	3	16,67	3	3,23	4
21–30	20,00	2	0	3	38,89	1	20,97	2
31–40	40,00	1	42,86	1	27,77	2	20,97	2
41–50	20,00	2	42,86	1	16,67	3	38,70	1
51–60	20,00	2	14,28	2	0	4	12,90	3
Старше 61	0	3	0	3	0	4	3,23	4
Загалом	100,00	–	100,00	–	100,00	–	100,00	–

Таблиця 4. Інтегральний аналіз розподілу масиву постраждалих із ДДК у вікових групах за ознакою пошкодженого анатомічного сегмента

Вік постраждалого (роки)	Плеche	Передпліччя	Стегно	Гомілка	Загалом
	Питома вага (%)	Питома вага (%)	Питома вага (%)	Питома вага (%)	Питома вага (%)
До 20	0	0	60	40	100
21–30	4,76	0	33,33	61,91	100
31–40	8,70	13,04	21,74	56,52	100
41–50	3,22	9,68	9,68	77,42	100
51–60	10	10	0	80	100
Старше 61	0	0	0	100	100

Пошкодження стегна внаслідок воєнних дій із ДДК найчастіше зустрічається у постраждалих вікової категорії 21–30 років — 38,89 % (перше рангове місце), друге місце з показником питомої ваги 27,77 % займають постраждалі у віці 31–40 років. У постраждалих у віці старше 41 року пошкодження стегна з ДДК у статистично значущому обсязі не спостерігалось. Коефіцієнт співвідношення максимального й мінімального показника становить 2,3, що вказує на низьку дисипацію розподілу.

На відміну від уражень інших анатомічних сегментів кінцівок, пошкодження гомілки з ДДК спостерігається в усіх вікових групах. Найчастіше пошкодження гомілки з ДДК — у віковій групі 41–50 років (перше рангове місце), на другому місці — постраждалі у віці 21–30 та 31–40 років із показником питомої ваги 20,97 %. Найменшу питому вагу мають постраждалі молодше 20 та старше 61 року, показник питомої ваги становить по 3,23 %. Коефіцієнт співвідношення максимального й мінімального показника — 11,98, що вказує на високу якісну характеристику показників дисипації розподілу й опосередковано — на вірогідність розподілу. Тобто можна стверджувати, що такий розподіл має об'єктивний характер.

З іншого боку, було проведено розподіл масиву постраждалих у вікових групах за ознакою пошкодження сегмента кінцівки. Результати аналізу наведено у табл. 4.

За табл. 4 встановлено, що пошкодження гомілки з ДДК превалює в усіх вікових групах, окрім групи до 20 років. Крім того, у вікових групах до 31 та старше 51 року зафіксовано відсутність пошкодження окремих сегментів кінцівок у статистично значущому обсязі.

У віковій групі до 20 років у статистично значущому обсязі не зафіксовано пошкодження сегментів верхньої кінцівки, а співвідношення пошкодження стегна й гомілки з ДДК становить 1,5.

У віковій групі 21–30 років на пошкодження верхньої кінцівки припадає тільки 4,76 %, причому пошкодження передпліччя у статистично значущому обсязі не зафіксовано. Пошкодження гомілки з ДДК становить 61,91 % і має найбільший показник питомої ваги, а пошкодження стегна становить одну третину від загального масиву.

У постраждалих із ДДК у віковій групі 31–40 років на пошкодження верхньої кінцівки припадає 21,74 %, причому з них 13,04 % — на пошкодження передпліччя. Пошкодження нижньої кінцівки з ДДК у цій групі становить 78,26 %, причому пошкодження гомілки у 2,6 рази переважає пошкодження стегна.

На пошкодження сегментів верхньої кінцівки з ДДК у віковій групі 41–50 років припадає тільки 12,90 %, причому у 3 рази превалює пошкодження передпліччя. На пошкодження сегментів нижньої кінцівки з ДДК припадає 87,10 %, а пошкодження гомілки над стегном переважає у 8 разів.

У віковій групі 51–60 років на пошкодження сегментів верхньої кінцівки з ДДК припадає 20,00 %, причому по 10,00 % на кожний сегмент, а на пошкодження сегментів нижньої кінцівки — 80,00 %, хоча у статистично значущому обсязі пошкодження стегна з ДДК не зафіксовано.

У групі постраждалих старше 61 року пошкодження сегментів кінцівок із ДДК у 100,00 % припадає на пошкодження гомілок.

Поліхоричний аналіз табл. 4 показав, що у постраждалих із ДДК за ознакою віку та пошкодженням сегментом кінцівок існує позитивний ($\varphi^2 = 0,1850$), виражений ($C = 0,3951$) і вірогідний зв'язок ($\chi^2 = 17,02$), а вищезазначені положення знаходяться у межах поля вірогідності.

З метою більш ретельного визначення інтенсивності впливу вікових і клініко-анатомічних ознак на виникнення ДДК нами було проведено, як компонент фрак-

Таблиця 5. Рейтингове оцінювання коефіцієнтів співвідношення у клініко-анатомічних групах

Анатомічний сегмент	Показник дисипації розподілу	Рейтингове місце
Плече	2,0	4
Передпліччя	3,0	2
Стегно	2,33	3
Гомілка	11,98	1

Таблиця 6. Рейтингове оцінювання коефіцієнтів співвідношення у вікових групах

Вікова група (роки)	Показник дисипації розподілу	Рейтингове місце
До 20	1,50	5
21–30	12,94	2
31–40	6,50	4
41–50	24,04	1
51–60	8,00	3
Старше 61	1,00	6

тального аналізу, рейтингове оцінювання показників співвідношення у розподілі за зазначеними ознаками. Рейтинговий аналіз показників дисипації розподілу наведено в табл. 5.

Аналіз даних табл. 5 вказує на те, що інтенсивність впливу анатомічної ознаки на виникнення ДДК є дуже різною. Значення мінімального та максимального показників дисипації відрізняються у 6 разів. Найбільшу інтенсивність впливу має анатомічна ознака «гомілка» (11,98), а найменшу — «плече» (2,0). Показник дисипації гомілки перевищує інші показники у 4, 5,2 та 6,0 раза відповідно. Ретельний аналіз випадків довів, що такі дефекти виникали внаслідок тяжких пошкоджень гомілки при мінно-вибухових травмах. Тобто має місце вплив типу пошкодження на виникнення ДДК через анатомічну ознаку.

Дані рейтингового оцінювання показників дисипації розподілу за ознакою віку наведено в табл. 6.

Аналіз даних табл. 6 дозволяє визначити, що інтенсивність впливу вікової ознаки на виникнення ДДК дуже відрізняється за віковими групами. Максимальне значення перевищує мінімальне у 24 рази. Найбільшу інтенсивність впливу має вік 41–50 років, найменшу — старше 61 року та до 20. Аналіз випадків довів, що це пов'язано з отриманням пошкоджень у віці, коли стають інтенсивними інволютивні процеси, а життєдіяльність постраждалого залишається активною і він має ризик отримання тяжких пошкоджень.

Обговорення

Результати дослідження дозволяють говорити про суттєву дисипацію розподілу масиву постраждалих із ДДК за ознакою віку. Постраждали у найбільш активному віці 20–50 років становлять 81,53 %. Також у групах життєактивного віку спостерігається зростання питомої ваги постраждалих за збільшенням показника віку, з 22,83 % у групі 21–30 років до 33,70 % у групі 41–50 років, що ми пов'язуємо з інволютивним зменшенням компенсаторних можливостей організму через перебіг травматичного процесу. Це загалом корелює з даними світової літератури [1, 12, 16], але рівень доказовості нашого дослідження є вищим, причому теоретична верифікація зв'язку виникнення ДДК з інволютивними змінами компенсаторних процесів у постраждалих є унікальною.

Встановлено, що ДДК виникають частіше у постраждалих із пошкодженням нижніх кінцівок (86,96 %), тобто співвідношення ДДК нижніх і верхніх кінцівок становить 6,7. На нижніх кінцівках ДДК частіше виникають у дистальному відділі (у 3,4 раза частіше за проксимальний). Така сама тенденція спостерігається на верхній кінцівці, а співвідношення ДДК проксимального та дистального відділів становить 1,4. Такі дані, на нашу думку, пов'язані з отриманням травми внаслідок бойових дій. У світових джерелах такі дані було вивчено випадково та дискретно [4, 9, 18]. У нашому дослідженні вперше проведено спробу наукової систе-

матизації інтегрального впливу вікових та анатомічних ознак на виникнення ДДК. Встановлені певні закономірності, зокрема пошкодження передпліччя переважно зустрічається у віці 31–50 років (85,71 %), що пов'язано із вразливістю дистального відділу верхньої кінцівки під час бойових дій. Водночас ДДК стегнової кістки пошкоджується найбільш часто (66,67 %) у віці 21–40 років. Привертає увагу відносно рівномірний розподіл у вікових групах дефектів плечової кістки та кісток гомілки, що можна пояснити особливістю умов ураження постраждалих.

Також встановлено різницю клініко-анатомічної структури постраждалих у вікових групах. Так, наприклад, у віці до 20 років превалюють дефекти стегна, а після 20 — дефекти кісток гомілки. Дефекти кісток передпліччя взагалі відсутні у статистично значущому обсязі до вікової групи 31–40 років.

Можна дійти висновку, що анатомічні та вікові фактори мають комбінований вплив на виникнення ДДК.

Також у відкритих джерелах нами не було знайдено даних щодо фрактального аналізу вікової та клініко-анатомічної структури у постраждалих із ДДК. У результаті проведеного нами фрактального аналізу встановлено, що найбільш інтенсивний вплив на виникнення ДДК мають анатомічна ознака «гомілка» та вікова ознака «41–50 років».

Таким чином, клініко-анатомічна характеристика ДДК у віковому аспекті може бути суттєвим внеском в обґрунтування ефективних та адекватних клінічних протоколів і клінічних маршрутів пацієнта у процесі надання медичної допомоги постраждалим із ДДК.

Висновки

1. Виникнення ДДК вірогідно залежить від вікової ознаки постраждалого та клініко-анатомічної ознаки пошкодження.
2. Найбільш часто ДДК виникають при пошкодженні гомілки та стегна й у віці 31–50 років, що відображає комбінований вплив інтенсивності ураження й інволютивного зменшення компенсаторних можливостей організму постраждалого.
3. Інтенсивність впливу вікових і клініко-анатомічних ознак є різною, причому найбільш інтенсивно впливають на виникнення ДДК ознака «гомілка» та вік 41–50 років.
4. Результати дослідження потребують подальшої клінічної інтерпретації для формування клініко-анатомічних, клініко-епідеміологічних і клінічних паралелей як основи для розробки клінічних протоколів і клінічних маршрутів пацієнта.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів і власної фінансової зацікавленості при підготовці даної статті.

Внесок авторів. Гур'єв С.О. — концепція і дизайн дослідження; Кушнір В.А. — обробка матеріалів; Цибульський О.С. — збирання матеріалів; Гаріян С.В. — аналіз отриманих даних, написання тексту.

Список літератури

1. Khomenko IP, Korol SO, Khalik SV, Shapovalov VY, Yenin RV, Herasimenko OS, et al. Clinical and Epidemiological analysis of the structure of combat surgical injury during Antiterrorist operation. Joint Forces Operation. *Ukrainian Journal of Military Medicine*. 2021;2(2):5-13. doi: [https://doi.org/10.46847/ujmm.2021.2\(2\)-005](https://doi.org/10.46847/ujmm.2021.2(2)-005).
2. Mauffrey C, Barlow BT, Smith W. Management of segmental bone defects. *J Am Acad Orthop Surg*. 2015;23(3):143-53. doi: [10.5435/JAAOS-D-14-00018](https://doi.org/10.5435/JAAOS-D-14-00018).
3. Nauth A, Schemitsch E, Norris B, Nollin Z, Watson JT. Critical-Size Bone Defects: Is There a Consensus for Diagnosis and Treatment? *J Orthop Trauma*. 2018;32 Suppl 1:S7-S11. doi: [10.1097/BOT.0000000000001115](https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000001115).
4. Tsang SJ, van Rensburg AJ, van Heerden J, Epstein GZ, Venter R, Ferreira N. The management of critical bone defects: outcomes of a systematic approach. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2024;34(6):3225-3231. doi: [10.1007/s00590-024-04050-1](https://doi.org/10.1007/s00590-024-04050-1).
5. Krueger A, Wenke JC, Ficke JR. Ten years at war: comprehensive analysis of amputation trends. *J Trauma Acute Care Surg*. 2017;73(6,5):438-444. doi: [10.1097/TA.0b013e318275469c](https://doi.org/10.1097/TA.0b013e318275469c).
6. Trutyak I, Malickii V, Samotowka M, Trunkvalter V, Trutyak R, Ivaschenko V. Problematic issues of limb amputations in wounded with combat trauma *Proc Shevchenko Sci Soc Med Sci*. 2023;72(2). URL: <https://mspss.org.ua/index.php/journal/article/view/883>. DOI:10.25040/ntsh2023.02.08.
7. Kazmirchuk AP, Savytskyi VL. National Military Medical Clinical Center "Main Military Clinical Hospital" as a clinical base of the Ukrainian Military Medical Academy: 30 years of shoulder to shoulder. *UJMM*. 2022;3(4):141-5. URL: <https://ujmm.org.ua/index.php/journal/article/view/322>.
8. Schemitsch EH. Size Matters: Defining Critical in Bone Defect Size! *J Orthop Trauma*. 2017;31 Suppl 5:S20-S22. doi: [10.1097/BOT.0000000000000978](https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000000978).
9. Denysiuk MV, Dubrov SO, Cherniaiev SV, Sereda SO, Zaikin YM. Structure of traumatic injuries and experience in the treatment of the wounded patients, as a result of hostilities in the first days of Russia's attack on Ukraine. *Pain, Anaesthesia and Intensive Care*. 2022;1:7-12. Ukrainian. doi: [10.25284/2519-2078.1\(98\).2022.256092](https://doi.org/10.25284/2519-2078.1(98).2022.256092).
10. Ahmed H, Shakshak M, Trompeter A. A review of the Masquelet technique in the treatment of lower limb critical-size bone defects. *Ann R Coll Surg Engl*. 2025;107(6):383-389. doi: [10.1308/rcsann.2023.0022](https://doi.org/10.1308/rcsann.2023.0022).
11. Guryev SO, Kushnir VA, Solovyov OS, Panasenko SI. Substantiation of indications for limb amputation in civilian victims with multisystem injuries as a result of modern warfare. *The Ukrainian Journal of Clinical Surgery*. 2025;92(1):49-54. doi: [10.26779/2786-832X.2025.1.49](https://doi.org/10.26779/2786-832X.2025.1.49).
12. Kempny T, Holoubek J, Polovko J, et al. Reconstruction of large post-traumatic segmental femoral defects using vascularised bone flaps: a retrospective case series. *BMC Musculoskelet Disord*. 2024;25(1):919. Published 2024 Nov 16. doi: [10.1186/s12891-024-08031-7](https://doi.org/10.1186/s12891-024-08031-7).
13. D'Souza EW, MacGregor AJ, Dougherty AL, Olsson AS, Champion HR, Galarneau MR. Combat injury profiles among U.S. military personnel who survived serious wounds in Iraq and Afghanistan: A latent class analysis. *PLoS One*. 2022;17(4):e0266588. doi: [10.1371/journal.pone.0266588](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0266588). PMID: 35385552; PMCID: PMC8985965.
14. Epstein A, Lim R, Johannigman J, Fox CJ, Inaba K, Ver-cruysse GA, et al. Putting Medical Boots on the Ground: Lessons from the War in Ukraine and Applications for Future Conflict with Near-Peer Adversaries. *J Am Coll Surg*. 2023;237(2):364-73. doi: [10.1097/XCS.0000000000000707](https://doi.org/10.1097/XCS.0000000000000707). Epub 2023 Apr 24. PMID: 37459197; PMCID: PMC10344429.
15. Sobko IV, Verba AV, Aslanian SA, Oliinyk YM, Zhov-tonozhko OI, Okolets AV, et al. Clinical and epidemiological characteristics of combat abdominal trauma among wounded in the large-scale armed conflict. *Ukrainian Journal of Military Medicine*. 2024;5(4):5-15. Ukrainian. doi: [10.46847/ujmm.2024.4\(5\)-005](https://doi.org/10.46847/ujmm.2024.4(5)-005).
16. Gurney JM, Graf V, Staudt AM, Trevino JD, VanFosson CA, Wild H, et al. Characterization of Humanitarian Trauma Care by US Military Facilities During Combat Operations in Afghanistan and Iraq. *Ann Surg*. 2022;276(4):732-42. doi: [10.1097/SLA.0000000000005592](https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000005592). Epub 2022 Jul 15. PMID: 35837945
17. Mahajan RK, Srinivasan K, Singh M, Jain A, Kapadia T, Tambootra A. Management of Post-Traumatic Composite Bone and Soft Tissue Defect of Leg. *Indian J Plast Surg*. 2019;52(1):45-54. doi: [10.1055/s-0039-1688097](https://doi.org/10.1055/s-0039-1688097).
18. Rodionov A, Nosivets D, Bets V, Voronets V, Denysiuk M. Surgical treatment of bone defects of the extremities after gunshot injuries. *Orthopaedics traumatology and Prosthetics*. 2024;4:76-81. doi: <https://doi.org/10.15674/0030-59872024476-81>.

Отримано/Received 03.07.2025

Рецензовано/Revised 28.08.2025

Прийнято до друку/Accepted 10.09.2025

Information about the authors

S.O. Guryev, MD, PhD, DSc, Professor, Deputy Director for Scientific Work of the State Educational Institution "Ukrainian Scientific and Practical Center of Emergency Medical Care and Disaster Medicine of the Ministry of Health of Ukraine", Laureate of the State Prize in the Field of Science and Technology, Kyiv, Ukraine; <https://orcid.org/0000-0003-0191-945X>

V.A. Kushnir, MD, Doctor of Sci (Med), Chief Researcher State Institution "Ukrainian Scientific and Practical Center for Emergency Care and Disaster Medicine of the Ministry of Health of Ukraine", Kyiv, Ukraine; e-mail: kv78@i.ua; <https://orcid.org/0000-0003-4569-7246>

S.V. Hariyan, MD, PhD (Med), Head of the Orthopedic and Traumatology Department, Municipal Non-Profit Enterprise "Regional Clinical Hospital" of the Ternopil Regional Council, Ternopil, Ukraine; e-mail: drhariyan@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0006-2662-5756>

O.S. Tsybulsky, Orthopedic and traumatologist, municipal non-profit enterprise "Ternopil Regional Clinical Hospital" of the Ternopil Regional Council, Ternopil, Ukraine; e-mail: tsybulsky.oleksandr@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0009-5310-3621>

Conflicts of interests. Authors declare the absence of any conflicts of interests and own financial interest that might be construed to influence the results or interpretation of the manuscript.

Authors' contribution. S.O. Guryev — concept and design of the study; V.A. Kushnir — processing of materials; O.S. Tsybulsky — collecting materials; S.V. Hariyan — analysis of the data obtained, writing the text.

S.O. Guryev¹, V.A. Kushnir¹, S.V. Hariyan², O.S. Tsybulsky²

¹State Educational Institution "Ukrainian Scientific and Practical Center of Emergency Medical Care and Disaster Medicine of the Ministry of Health of Ukraine", Kyiv, Ukraine

²Municipal Non-Profit Enterprise "Regional Clinical Hospital" of the Ternopil Regional Council, Ternopil, Ukraine

Clinical and anatomical structure of long bone defects in terms of age aspect

Abstract. Background. Long bone defects (LBD) are usually the result of high-energy trauma and tend to spread among victims. Such pathology not only requires long-term treatment, but also leads to a high risk of disability, both due to the defect itself and possible amputation of the limb. **Materials and methods.** The study is cohort one and is based on the investigation and analysis of 92 cases of LBD of the limbs resulting from combat injuries sustained during military operations on the territory of Ukraine from 2022 to 2024. To analyze the results, the following methods were used: parametric statistical methodology (rank analysis) and non-parametric (polychoric analysis), as well as elements of fractal analysis. **Results.** It was found that LBD most frequently occur in patients aged 41–50 years (33.70 %), and least often in those over 61 years (2.17 %). In general, most victims (81.53 %) were individuals of active working age (21–50 years), which is of significant social importance, since LBD is associated with a high risk of disability. By clinical and anatomical segment, LBD were most often observed in lower limb injuries (86.96 %), with the LBD of the lower leg being 67.39 %. Furthermore, a significant dependence was found of the LBD occurrence by anatomical seg-

ment in age groups. Analysis of dissipation indices by age and injured segment revealed the age group of 41–50 years and the anatomical segment "lower leg" have the greatest influence on the occurrence of LBD. This fact is due to both involutive changes in the patients' bodies and the mechanism of injury. **Conclusions.** 1. The occurrence of LBD probably depends on the age and the clinical and anatomical characteristics of the injury. 2. LBD most often occur with damage to the lower leg and at the age of 31–50 years, which reflects the combined effect of the severity of the lesion and the involutive decrease in the compensatory capabilities of the victim's body. 3. The intensity of the impact of age and clinical and anatomical characteristics is different, with the "lower leg" characteristic and the age of 41–50 years having the most significant influence on the occurrence of LBD. 4. The results of the study require further clinical interpretation in order to form clinical and anatomical, clinical and epidemiological and clinical parallels as a basis for developing clinical protocols and clinical routes of the patient.

Keywords: long bone defects; clinical and anatomical characteristics; age; victims

Карпінська О.Д.¹, Дацок О.М.², Палкін Б.В.¹, Пенделя А.А.¹¹ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І. Ситенка НАМН України», м. Харків, Україна²Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків, Україна

Штучний інтелект у медичних наукових дослідженнях

Резюме. Актуальність. У роботі увага приділена ролі штучного інтелекту (ШІ) в наукових медичних дослідженнях: від етапу планування до узагальнення результатів і побудови візуалізацій. ШІ здатний значно розширити можливості дослідника у процесі виконання НДР, створення дисертаційного дослідження, написання аналітичної статті чи наукової доповіді, коли необхідно виконати великий обсяг технічної й аналітичної роботи.

Мета цієї роботи полягає у систематизованому огляді можливостей використання штучного інтелекту на різних етапах підготовки медичного наукового дослідження — від аналізу джерел до узагальнення результатів. Автори прагнуть показати, як ШІ може полегшити аналітичну роботу дослідника, залишаючи за людиною головне — наукове мислення, логіку, інтерпретацію та відповідальність за отримані висновки. **Результати.** Розглянуто інструменти на основі ШІ для планування наукових досліджень, як-от E-PICOS, MedLine, Cochrane Semantic Scholar, Scite, а також системи для проведення систематичних оглядів і метааналізів, як-от Elicit, ResearchRabbit. У роботі приділено увагу особливостям співпраці з програмами загального призначення, як-от ChatGPT, Grok, Claude тощо, при написанні програм на R, Python та з формулами Excel для підготовки графічних матеріалів і статистичних розрахунків. Висвітлено питання підготовки наукової публікації за допомогою ШІ: від перевірки граматики та стилістики текстів до формування переліків літератури за відповідним стандартом. У цьому блоці статті розглянуті такі інструменти, як Grammarly, Quillbot, SciSpace та інші. Особлива увага приділена можливостям і обмеженням ШІ у науковій роботі, а саме тому, що ефективне використання ШІ вимагає від дослідника аналітичного мислення, критичного підходу та відповідального ставлення до результатів. ШІ — це не альтернатива досліднику, а інтелектуальний партнер, який значно полегшує шлях, але не визначає його напрямку. ШІ не замінює аналітичного мислення дослідника, але значно розширює його інструментарій, дозволяючи зосередитися на суті дослідження, а не на рутинних технічних деталях. **Висновки.** Штучний інтелект відкриває нові можливості у медичних дослідженнях, дозволяючи автоматизувати пошук інформації, поліпшити аналітичні процеси та візуалізацію результатів. Його застосування дозволяє зекономити час дослідника, збільшити точність аналізу й подати дані у зручному та зрозумілому вигляді. Проте ключовими факторами успішного використання ШІ залишаються компетентність і аналітичне мислення дослідника. ШІ не замінює науковця — він значно підсилює його можливості. У майбутньому поєднання класичних наукових підходів і технологій штучного інтелекту стане нормою якісних медичних досліджень.

Ключові слова: штучний інтелект; наукові дослідження; дисертація; Elicit; ResearchRabbit; ChatGPT; Grok; Claude

*Штучний інтелект — це не магія.
Це просто ще одна технологія. Все залежить від
того, як ми її використаємо.*

Кай-Фу Лі [1]

Вступ

Штучний інтелект (ШІ) дедалі впевненіше входить у різні сфери людської діяльності, зокрема науку й медицину. Якщо ще кілька років тому ШІ асоціювався

переважно з технологічними розробками й автоматизацією виробничих процесів, то нині його потенціал активно реалізується і в гуманітарно-наукових сферах, як-от освіта, дослідження, аналітика. Медицина, попри свою традиційну обережність щодо інновацій, поступово інтегрує інструменти ШІ у повсякденну наукову практику.

У цій роботі не розглядається використання ШІ у діагностиці чи лікуванні — як з етичних причин, так і з

огляду на те, що клінічні рішення повинні прийматися лікарем на ґрунті повного обсягу медичної інформації, навіть якщо вона отримана за допомогою систем на основі ШІ. Натомість основна увага приділена ролі штучного інтелекту в наукових медичних дослідженнях: від етапу планування до узагальнення результатів і побудови візуалізацій.

ШІ здатний значно розширити можливості дослідника вже на етапі підготовки наукової роботи: від пошуку й аналізу літератури, формулювання гіпотези, планування дослідницького дизайну, підготовки даних до аналізу, статистичної обробки та візуалізації результатів. Особливо актуальною ця підтримка є у процесі виконання НДР, створення дисертаційного дослідження, написання аналітичної статті чи наукової доповіді, коли необхідно виконати великий обсяг технічної й аналітичної роботи.

Сьогодні штучний інтелект представлений широким спектром інструментів, які умовно можна поділити на системи універсального призначення (ChatGPT, Claude, Gemini, Grok, Copilot) та спеціалізовані вузькопрофільні (Elicit, Semantic Scholar, Connected Papers, ResearchRabbit, E-PICOS, Grammar тощо). Такий умовний поділ дозволяє краще орієнтуватися у можливостях ШІ й обирати оптимальні інструменти відповідно до завдань дослідника. Сучасні інструменти ШІ можуть виступати як активні помічники у формуванні структури дослідження, підготовці таблиць даних, генерації статистичного коду, побудові діаграм і навіть написанні тексту наукового звіту.

Мета цієї роботи полягає у систематизованому огляді можливостей використання штучного інтелекту на різних етапах підготовки медичного наукового дослідження — від аналізу джерел до узагальнення результатів. Автор прагне показати, як ШІ може полегшити аналітичну роботу дослідника, залишаючи за людиною головне — наукове мислення, логіку, інтерпретацію та відповідальність за отримані висновки.

Застосування штучного інтелекту у медичних дослідженнях набуло особливої актуальності останніми роками, що підтверджується зростанням кількості публікацій у провідних наукових виданнях. У сучасній літературі дедалі частіше підкреслюється потенціал ШІ як інструменту аналітичної підтримки у медицині — від первинного аналізу даних до прогнозування результатів лікування.

Так, у роботі Topol (2019) [2] акцентується увага на концепції високопродуктивної медицини, яка базується на поєднанні людського досвіду та потужностей штучного інтелекту. Esteve та співавт. (2019) [3] розглядають роль глибокого навчання у медичних застосуваннях, демонструючи перспективність автоматизації аналітичних процесів. Аналогічні підходи описуються в роботах, присвячених використанню AutoML, Natural Language Processing (NLP) та систем на основі великих мовних моделей (LLM) для оптимізації медичних досліджень. В оглядовій роботі Rajpurkar та співавт. (2023) [4], опублікованій у The New England Journal of Medicine, системно проаналізовано основні

напрями розвитку ШІ в медицині. Автори окреслюють потенціал великих мовних моделей, глибинного навчання, а також важливість інтеграції ШІ у клінічну практику з огляду на етичні та безпекові аспекти. Ця робота підкреслює не лише переваги, але й обмеження технологій, що робить її важливим орієнтиром для дослідників у цій сфері.

Окремим напрямом розвитку є інтеграція інструментів штучного інтелекту безпосередньо у бази наукових даних, як-от MedLine. У пошуковій системі реалізований алгоритм машинного навчання Best Match, який автоматично сортує результати за релевантністю до запиту, а не лише за хронологією. Особливу увагу привертає система автоматичного присвоєння MeSH-дескрипторів, що ґрунтуються на методах природної мовної обробки (NLP); вона була суттєво оновлена цього року. Розвиваються й інструменти семантичного пошуку, які дозволяють аналізувати не лише ключові слова, а й зміст запиту (наприклад, PubMed Labs або експериментальний проєкт LitSense від Національної медичної бібліотеки США). Аналогічні технології впроваджуються і в інших пошукових системах — наприклад, ELSEVIR анонсував потужний ШІ-помічник ClinicalKey, який адаптується до вимог користувача і пропонує релевантний контекст.

ШІ як інструмент планування дослідження

Сьогодні планування наукового дослідження у медицині дедалі частіше базується на принципах доказової медицини. Це означає, що перш ніж перейти до етапу збору даних, дослідник повинен проаналізувати вже наявні результати, виявити прогалини у знаннях та чітко сформулювати дослідницьке питання.

Одним із ключових елементів цього процесу є попередній аналіз літератури — не просто як пошук публікацій, а як системне вивчення доказової бази з метою виявлення так званих білих плям, тобто аспектів, що залишаються недостатньо вивченими або суперечливими. Саме на цьому етапі ШІ виступає потужним інструментом аналітичної підтримки, допомагаючи швидко та структуровано оцінити поточний стан досліджень у певній галузі.

Безперечний факт, що якість плану дослідження забезпечує чи не 50 % успіху. Правильно, обґрунтовано сплановане дослідження дає можливість скоротити час на пошук необхідної літератури. Останнім часом медичні ВНЗ за темою дисертаційного дослідження поки рекомендують (але згодом, мабуть, це буде вимогою) проведення систематичних оглядів (бажано з метааналізом). Технологія проведення систематичного огляду доволі складна, має свої особливості та вимоги як до планування, так і до його проведення. Не будемо розглядати це складне питання, а для тих, хто хоче ознайомитися з технологією систематичних оглядів, пропонуємо відвідати сайт Cochrane [5].

Курс доказової медицини нині входить до програми підготовки аспірантів медичних вишів і науково-дослідних інститутів, де, зокрема, розглядається плану-

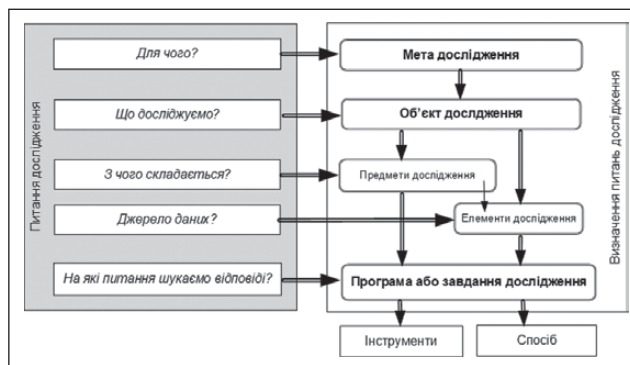


Рисунок 1. Етапи планування наукового дослідження

вання наукового дослідження за технологією PICOS. Це формалізована структура дослідницького питання, що охоплює таке:

- P (Population) — популяція, яку вивчають;
- I (Intervention) — втручання або фактор впливу;
- C (Comparison) — порівняльна група;
- O (Outcomes) — результати, що оцінюються;
- S (Study design) — тип дослідження.

Натомість у вимогах Міністерства освіти і науки України до дисертацій та науково-дослідних робіт частіше використовується інша конструкція: «Мета — об'єкт — предмет дослідження» (рис. 1).

Такий підхід має свої переваги й певні обмеження. Зокрема, у цій схемі часто складно чітко окреслити предмет аналізу (визначення якого є досить умовним) або сформулювати релевантні ключові слова для пошуку літератури.

Сучасні медичні бази даних, як-от Cochrane, ReHab (бібліотеки рандомізованих клінічних досліджень), Medline та інші, дедалі частіше орієнтуються на структуру розширеного пошуку за технологією PICOS.

У цьому досліднику на допомогу приходять універсальні системи штучного інтелекту — ChatGPT, Grok, Claude, Gemini, які здатні сформулювати запитання для пошуку, згенерувати перелік ключових слів і конструкцій, а також надати рекомендації щодо уточнення запиту.

ШІ може допомогти досліднику не лише побудувати структуру PICOS, але й оцінити її релевантність, аналізуючи дані з попередніх публікацій.

За наявності правильно сформованої PICOS-структури дослідник може перейти до планування систематичного огляду та метааналізу — двох ключових форм узагальнення доказів у доказовій медицині. І на цьому етапі ШІ теж відіграє значну роль.

Є безліч рекомендацій пошуку медичної літератури в Medline, Scopus, Seance Direct та інших базах, великих і малих. Інструменти штучного інтелекту, як-от Elicit, Semantic Scholar, Scite, ResearchRabbit, дозволяють автоматизувати не лише пошук наукових джерел, а й їх класифікацію, узагальнення, побудову аналітичних зв'язків між публікаціями. Це суттєво полегшує етап формування огляду літератури, який у

традиційній науковій практиці вимагає багато часу та ручної праці.

Elicit — ШІ-помічник для планування досліджень на основі NLP. Він допоможе знайти релевантні публікації, сформулювати гіпотези, виявити змінні, які досліджувалися раніше, підказати методи аналізу. Допоможе згенерувати ідею, уточнити дизайн дослідження [6].

Проведено тестування цієї системи. Сформовано питання: Postoperative Complications in Lumbar Spine Surgery (післяопераційні ускладнення хірургії поперекового відділу хребта). Система проаналізувала запит і додатково запропонувала уточнити, за якими критеріями необхідно виконати пошук.

П'ять хвилин роботи системи охоплювали пошук відповідних джерел (серед 50 рандомізованих клінічних досліджень), їх аналіз, вилучення нерелевантних. Обрано для аналізу 10 робіт, які були розглянуті за 70 (!) параметрами. Сформовано звіт на 15 сторінках — практично готовий систематичний огляд: описана проблема, яка досліджується, показана методологія пошуку, відбору та вилучення робіт, оцінена якість публікацій за спеціалізованими алгоритмами, подані таблиці порівнянь, наведені узагальнюючі висновки, сформований перелік літератури. Огляд зберігається у профілі дослідника, з ним можна працювати далі — додавати нові роботи, вилучати не відповідні, обирати інші критерії оцінки для аналізу.

Але на систематичному огляді за РКД огляд літератури не завершується. Згідно з правилами він поповнюється та оновлюється впродовж виконання роботи. Можна продовжувати ручний пошук, можна скористатися ШІ-пошуковою системою наукових статей Semantic Scholar [7].

Semantic Scholar дозволяє знаходити статті за ключовими словами, виділяти основні терміни й авторів, показувати цитування та зв'язки між роботами. Система проста. Після короткої реєстрації достатньо ввести ключові слова — і на вашу електронну пошту з періодичністю двічі-тричі на тиждень будуть надходити листи зі знайденими системою публікаціями. Після аналізу публікацію можна зберегти у відповідному каталозі. Аналіз накопичених джерел можна провести будь-коли.

Для більш глибокого пошуку можна використати ResearchRabbit, який знаходить зв'язані публікації відповідно наданого запиту [8].

Систематичний огляд завершений, коли проведено метааналіз даних. Одним із поширених методів узагальнення результатів систематичного огляду є метааналіз, результати якого частіше подають у вигляді лісових діаграм (Forest plots) (рис. 2). Побудова таких діаграм потребує спеціалізованого програмного забезпечення: SPSS (версії 28 і вище), RevMan — пакет Cochrane, а також мови програмування R або Python. Теоретично можливо побудувати лісову діаграму і в Excel, однак, з власного досвіду, такий підхід є обмеженим і не рекомендований через низьку гнучкість і відсутність статистичної вірогідності побудови.

Складність таких програм в R і Python полягає в необхідності володіння навичками програмування. Саме тут на допомогу може прийти штучний інтелект універсального призначення, здатний згенерувати код для побудови лісових діаграм (та інших візуалізацій) на будь-якій обраній мові програмування. Зазвичай системи ШІ мають інтегрований блок аналізу на Python, однак за запитом дослідник може отримати код на іншій мові, адаптувати його відповідно до цілей дослідження та довести вигляд діаграми до бажаного рівня оформлення.

Підготовка дослідницького матеріалу

Наступним кроком після визначення структури дослідження та формулювання дослідницького питання є підготовка дослідницького матеріалу, що охоплює створення таблиць даних, визначення змінних, їх кодування й попередню обробку перед статистичним аналізом.

Основним інструментом збору та подання первинної інформації є структурована таблиця даних, де кожен рядок відповідає окремому спостереженню (пацієнту, процедурі, події), а кожен стовпчик — певний змінний. Якість такої таблиці значною мірою визначає якість подальшого аналізу.

На цьому етапі ШІ може допомогти: у створенні шаблонів таблиць відповідно до типу дослідження; генерації автоматичних назв змінних на основі опису; конвертації неструктурованої інформації (наприклад, текстових звітів) у табличну форму; виявленні пропущених або повторюваних записів.

(!) На цьому етапі досліднику треба вирішити, делегувати роботу з підготовки даних ШІ чи зробити це власноруч, звертаючись по допомогу в окремих випадках. Це пов'язано з тим, що така робота вимагає чіткого формування промту завдання і розуміння, що ми бажали отримати після роботи ШІ. Цей етап є чи не найважливішим у науковому дослідженні й визначає подальший результат.

Перед проведенням аналізу дані потребують перевірки, очищення та нормалізації. Тут ШІ пропонує широкі можливості автоматизації: виявлення і позначення викидів, заповнення пропущених значень, стандартизацію значень (наприклад, об'єднання ва-

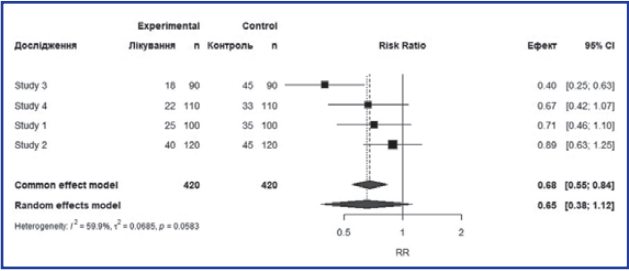


Рисунок 2. Приклад Forest plot в R за кодом, запропонованим ChatGPT

ріантів написання одного діагнозу), формування і обчислення таблиць тощо.

За бажанням дослідника аналіз можна реалізувати у будь-якому програмному пакеті — від Excel до MatLab. Якщо Excel не потребує особливих навичок роботи, то такі пакети, як R і SPSS, можуть потребувати хоча б початкових знань програмування. Але за допомогою ШІ зробити це під силу багатьом, було б бажання.

Сьогодні наукові медичні журнали провідних видавництв дедалі частіше віддають перевагу графічному поданню результатів досліджень. Причому графіки й діаграми мають бути не лише візуально привабливими, а й максимально інформативними для читача. І в цьому досліднику також може допомогти потужність ШІ для автоматизованої генерації програмного коду в R або Python, що забезпечують широкий спектр графічного функціоналу, обмеженого лише фантазією дослідника (рис. 3).

Штучний інтелект сьогодні виконує не лише роль інструменту пошуку й аналізу даних, а й виступає як потужна інтерактивна довідкова система, здатна оперативно надавати інформацію щодо сучасних вимог до наукових досліджень. Мовні моделі на основі ШІ дозволяють уточнювати критерії якості дослідження, ознайомлюватися зі стандартами дизайну клінічних випробувань, типами статистичних методів і підходами до оформлення результатів.

Останніми роками у науковій літературі, зокрема медичній, змінюється підхід до оцінки статистичної значущості результатів. Основна проблема p-value полягає в тому, що воно не визначає ні напряму, ні

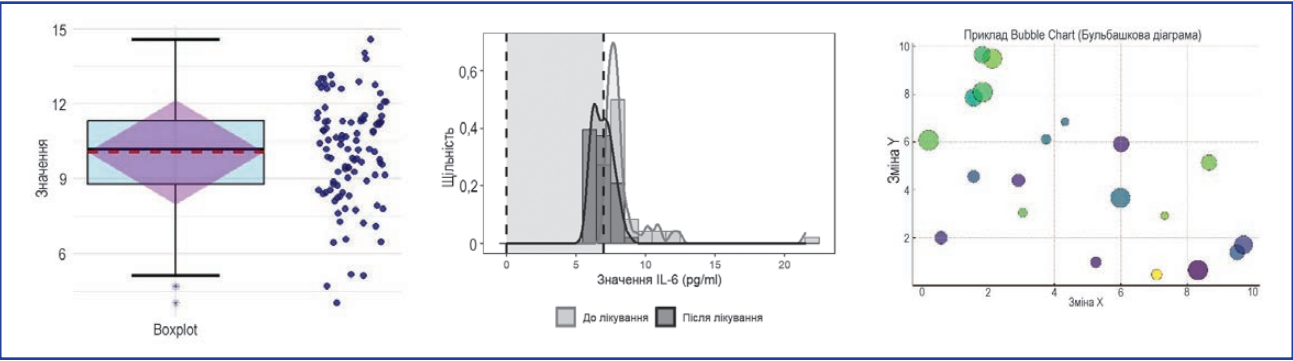


Рисунок 3. Приклади діаграм, побудованих в R за допомогою кода, згенерованого ШІ (ChatGPT, Grok)

розміру ефекту. Тобто за одним лише значенням p неможливо оцінити клінічну важливість лікування чи адекватно порівняти вибірки саме на величину їх різниці. На жаль, більшість вітчизняних підручників з біостатистики не розглядають методи оцінки ефекту.

Саме тут особливо цінною стає допомога ШІ. За правильно сформульованим запитом система здатна запропонувати оптимальні показники ефекту для конкретного типу дослідження (наприклад, відношення шансів, відносний ризик, середня різниця), пояснити їх зміст, надати формули для обчислення та навіть згенерувати код для виконання розрахунків в R або Python.

Ця тема винесена окремо не випадково. У рекомендаціях провідних міжнародних медичних журналів все частіше зазначається вимога подавати саме показники ефектів, іноді навіть без подання p -value. Актуальні вимоги до оформлення результатів також можна швидко отримати за допомогою запиту до ШІ як аналітичної та довідкової системи.

Сьогодні все ширше у науковому просторі використовуються відкриті дані (FAIR), тобто первинні дані досліджень. На жаль, у вітчизняному просторі джерел даних досліджень не виявлено. Треба уточнити, що йдеться не про метадані (електронний опис бібліографічних даних документа), а про результати клінічних досліджень. В іноземних базах уже впродовж останніх 10 років формуються відповідні бази даних клінічних обстежень, які є підґрунтям для навчання, розробки підходів для діагностики, проводяться навіть конкурси на найкращі програми з обробки великих наборів даних.

Який інтерес може бути у відкритих даних для українських дослідників? По-перше, це можливість визначити рівень власних результатів у порівнянні з даними відповідних досліджень колег інших країн. І це порівняння можна провести не за залишковими даними, наведеними у публікаціях, а зіставляючи первинні дані за будь-яким параметром, який цікавить.

Однак інтеграція різномірних джерел даних часто супроводжується технічними труднощами: різні структури таблиць, відмінне кодування змінних, відсутність уніфікації форматів. Переважно відкриті дані зберігаються у форматі CSV (Comma-Separated Values). Хоча формат CSV вважається універсальним і простим, проте не всі програми можуть «правильно» його прочитати. Причина полягає в різних роздільниках між числами. Наприклад, якщо десятковий роздільник кома (,), то числа будуть розділені крапкою з комою (;), а при десятковому роздільнику крапка (.) роздільник буде кома (,). Тоді програма просто не «розуміє», які дані й куди розмішувати. Формально CSV — це просто «текстовий файл з роздільниками», але у ньому немає чітко прописаного стандарту структури, тому кожна програма інтерпретує його по-своєму.

У таких випадках ШІ є важливим інструментом, що може полегшити процес об'єднання інформа-

ції — від автоматичного узгодження назв змінних до попередньої стандартизації форматів і структури даних. ШІ здатний розпізнавати відповідні змінні між таблицями, запропонувати мапування (співвіднесення), перетворити формати для розміщення даних у бажаній програмі для подальшого аналізу.

Комплексні системи ШІ для наукових досліджень

Потужну допомогу як у плануванні наукового дослідження, так і в його проведенні може надати система E-PICOS [9]. Це передова програма досліджень і розробок штучного інтелекту, призначена для підтримки й розширення можливостей дослідників у галузі медицини та клінічних досліджень. Програма пропонує широкий спектр модулів і індивідуальних рішень для задоволення потреб дослідників на всіх рівнях та в усіх сферах медичних досліджень. Крім якісного формування запиту система допоможе обрати тип клінічного дослідження, визначити ключові слова для пошуку необхідних джерел та створити систематичний огляд з метааналізом, обробити дані дослідження, побудувати відповідні графічні елементи, подолати складний шлях обробки даних. Це повноцінний функціонал, який проведе дослідника від ідеї до закінченого продукту. Але для того, щоб повноцінно використати потужність системи, необхідно чітко розуміти етапність наукового дослідження.

Підготовка наукової публікації за допомогою ШІ

Фінальним етапом наукового дослідження є підготовка публікації — структуроване подання результатів у вигляді статті, дисертаційного розділу чи звіту. Цей процес потребує не лише точності формулювань, а й дотримання вимог до стилю, структури, посилань і академічної мови. У цьому контексті інструменти штучного інтелекту можуть значно спростити роботу дослідника.

Мовні моделі (ChatGPT, Claude, Gemini, Grok) допомагають сформулювати вступ, висновки, анотацію відповідно до наукового стилю; оптимізувати мовлення, усунути повторення, зробити виклад логічно послідовним; підібрати відповідну термінологію для англomовних версій; перекласти текст з української англійською в академічному стилі.

Як правило, коли формується робота або публікація за матеріалами дослідження, література накопичується у різних форматах — від вітчизняного ДСТУ 8302:2015 до блоків, скопійованих з екрану без будь-якого формату. ШІ допомагає форматовувати посилання за необхідним форматом.

Існують спеціалізовані інструменти, як-от Grammarly, Quillbot, SciSpace, для мовної корекції, перефразування, усунення стилістичних похибок; Paperpal, Trink AI застосовуються для перевірки стилю академічного письма.

Таким чином, ШІ допомагає не лише аналізувати, але й грамотно оформляти результати дослідження

відповідно до академічних вимог, заощаджуючи час та підвищуючи якість подачі матеріалу.

У межах однієї публікації неможливо навіть назвати всі програми, які можна застосувати у науковій діяльності, чи не кожного дня розробляються нові, удосконалені системи, відомі ж набувають нових функцій. Але треба чітко розуміти: штучний інтелект не замінить дослідника, це помічник, з яким необхідно вміти працювати.

Можливості й обмеження ШІ у науковій роботі

Штучний інтелект відкриває перед дослідником нові можливості — від автоматизації рутинних процесів до розширення аналітичного інструментарію. Його здатність обробляти великі обсяги інформації, аналізувати структури даних, будувати зв'язки між джерелами та генерувати код робить ШІ потужним помічником у науковій роботі.

Особливо цінним є те, що сучасні мовні моделі можуть працювати у діалозі з дослідником: пояснювати методи, адаптувати аналітичні підходи до конкретної задачі, удосконалювати графіки й навіть формувати текстові висновки. Це дозволяє скоротити час на технічну частину роботи та зосередитися на науковому змісті.

Водночас важливо усвідомлювати, що ШІ не є повноцінною заміною аналітичного мислення. Він оперує за логікою, яку йому задає користувач, і не здатен критично оцінювати вірогідність результату або зважати на нюанси клінічного контексту. Тому роль дослідника залишається ключовою: саме людина формулює запит, перевіряє адекватність аналізу, оцінює вірогідність джерел, інтерпретує результати та відповідає за висновки.

Ще одним обмеженням є можливість виникнення технічних або методологічних помилок при некритичному використанні готових відповідей ШІ, особливо при автоматичному застосуванні статистичних методів чи побудові моделей без розуміння передумов.

Таким чином, ефективне використання ШІ у науковій роботі вимагає від дослідника аналітичного мислення, критичного підходу та відповідального ставлення до результатів. ШІ — це не альтернатива досліднику, а інтелектуальний партнер, який значно полегшує шлях, але не визначає його напрямку.

ШІ не замінює аналітичного мислення дослідника, але значно розширює його інструментарій, дозволяючи зосередитися на суті дослідження, а не на рутинних технічних деталях.

Висновки

Штучний інтелект відкриває нові можливості у медичних дослідженнях, дозволяючи автоматизувати пошук інформації, поліпшити аналітичні процеси та візуалізацію результатів. Його застосування дозволяє заощадити час дослідника, збільшити точність аналізу й подати дані у зручному та зрозумілому вигляді. Проте ключовим фактором успішного використання ШІ залишаються компетентність і аналітичне мислення дослідника. ШІ не замінює науковця, але значно підсилює його можливості. У майбутньому поєднання класичних наукових підходів і технологій штучного інтелекту стане нормою якісних медичних досліджень.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів та власної фінансової зацікавленості при підготовці даної статті.

Внесок авторів. Карпінська О.Д. — концепція і дизайн роботи, написання статті; Дацок О.М. — критичний огляд, остаточне затвердження статті; Палкін Б.В., Пенделя А.А. — збір і аналіз даних.

Список літератури

1. Кай-Фу Лі, Чень Цюфаньгі. *Штучний інтелект 2041: 10 передбачень для майбутнього*. К.: BookChef, 2022. 464 с.
2. Topol E. *High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence*. *Nature Medicine*. 2019;25:44-56.
3. Esteva A, Robicquet A, Ramsundar B, et al. *A guide to deep learning in healthcare*. *Nature Medicine*. 2019;25:24-29.
4. Rajpurkar P, Chen E, Banerjee O, Topol EJ. *Artificial Intelligence in Medicine*. *The New England Journal of Medicine*. 2023;388(12):1141-1148.
5. *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*. <https://training.cochrane.org/handbook/current>.
6. Elicit — AI Research Assistant. <https://elicit.org>.
7. Semantic Scholar. <https://www.semanticscholar.org>.
8. Reimagine Research. <https://www.researchrabbit.ai/>.
9. E-PICOS. <https://www.e-picos.club/>.

Отримано/Received 17.06.2025

Рецензовано/Revised 29.07.2025

Прийнято до друку/Accepted 22.08.2025

Information about authors

Olena D. Karpinska, Research Fellow, Biomechanics Laboratory, Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology of NAMSU, Kharkiv, Ukraine; e-mail: helen.karpinska@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-1482-7733>

Oleh Datsok, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Biomedical Engineering Department, Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine; e-mail: oleh.datsok@nure.ua; <https://orcid.org/0000-0003-4489-3819>

Boris Palkin, Head of the Consultative and Outpatient Department, Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology of NAMSU, Kharkiv, Ukraine; <https://orcid.org/0009-0006-5505-7989>

Andriy Pendelya, PhD, Orthopedic Traumatologist, Consultative and Outpatient Department, Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology of NAMSU, Kharkiv, Ukraine; e-mail: anpendelya@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0004-8000-063X>

Conflicts of interests. Authors declare the absence of any conflicts of interests and own financial interest that might be construed to influence the results or interpretation of the manuscript.

Authors' contribution. O.D. Karpinska — concept and design of the work, writing the article; O.M. Datsok — critical review, final approval of the article; B.V. Palkin, A.A. Pendelya — data collection and analysis.

O.D. Karpinska¹, O.M. Datsok², B.V. Palkin¹, A.A. Pendelya¹

¹Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology of NAMSU, Kharkiv, Ukraine

²Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine

Artificial intelligence in medical research

Abstract. In the work, attention is paid to the role of artificial intelligence (AI) in scientific medical research: from the planning stage to generalization of results and the construction of visualizations. AI can significantly expand the researcher's capabilities in the process of conducting a study, creating a dissertation, an analytical article, or a scientific report when it is necessary to perform a large amount of technical and analytical work. The purpose: to systematize the possibility of using artificial intelligence at different stages of preparation of medical scientific research — from the analysis of sources to summarizing the results. The authors seek to show how AI can facilitate the analytical work of the researcher, leaving the main thing for humans — scientific thinking, logic, interpretation and responsibility for the conclusions obtained. **Results.** The tools based on AI to plan scientific research such as EPICOS, MedLine and Cochrane Semantic Scholar, Scite are considered, as well as systems for conducting systematic reviews and meta-analyses: Elicit and ResearchRabbit. The work pays attention to the peculiarities of cooperation with general purpose programs like ChatGPT, Grok, Claude and others when writing programs on R, Python, assistance with Excel formulas for the preparation of graphic materials and statistical calculations. The preparation of scientific publication by means of AI is considered, starting with the verification of grammar and style of texts to the formation of

reference lists according to the appropriate standard. This block of the article deals with tools such as Grammarly, QuillBot, SciSpace and others. Particular attention is paid to the opportunities and restriction of AI in scientific work, namely because the effective use of AI requires the researcher to have analytical thinking, a critical approach and a responsible attitude to the results. AI is not an alternative to the researcher, but an intellectual partner, which greatly facilitates the path but does not determine its direction. AI does not replace the researcher's analytical thinking, but greatly expands their tools, allowing to focus on the essence of the study, and not on routine technical details. **Conclusions.** Artificial intelligence opens new opportunities in medical research, enables to automate information search, improve analytical processes and visualization of results. Its use helps researchers save time, increase the accuracy of analysis and present data in a convenient and understandable form. However, the key factors in the successful use of AI remain the competence and analytical thinking of the researcher. AI does not replace the scientist — it significantly enhances their capabilities. In the future, a combination of classical scientific approaches and artificial intelligence technologies will be the norm of quality medical research.

Keywords: artificial intelligence; research; dissertation; Elicit; ResearchRabbit; ChatGPT; Grok; Claude

Вітаємо з ювілеєм!



15 серпня виповнилося 60 років Олександрові Івановичу Королькову — відомому дитячому ортопеду-травматологу, науковцю, лектору, викладачу, знаному фахівцю в галузі ортопедії та травматології.

О.І. Корольков народився 15 серпня 1965 року в смт Ширяєве Одеської області, у 1988 році закінчив Одеський медичний інститут ім. М.І. Пирогова за спеціальністю «Лікувальна справа». З 1989 до 1992 р. працював у Фрунзівській ЦРЛ Одеської області (нині селище Захарівка) на посаді лікаря-травматолога.

З 1992 р. клінічний ординатор, а з 1994 до 1997 р. очний аспірант Харківського науково-дослідного інституту ортопедії та травматології ім. проф. М.І. Ситенка. З 1997 р. до травня 2000 р. працював у дитячій клініці цього ж інституту молодшим науковим співробітником, з червня 2000 р. — старшим науковим співробітником, а з вересня 2006 року до лютого 2018 р. був завідувачем науково-організаційного відділу Інституту ім. проф. М.І. Ситенка НАМН України. У цей період О.І. Корольков був активним учасником організації та проведення десятків науково-практичних конференцій, семінарів та симпозіумів різного рівня, 6 пленумів і 3 з'їздів Української асоціації ортопедів-травматологів.

У 1999 р. О.І. Корольков захистив кандидатську дисертацію на тему «Післярепозиційний гіперпресійний синдром при вродженому вивиху стегна», а в 2011 році — докторську дисертацію на тему «Рецидиви уродженого вивиху та підвивиху стегна (діагностика, лікування, профілактика)».

З липня 2002 року рішенням ВАК України О.І. Королькову присвоєно вчене звання старшого наукового співробітника.

Зростанню Олександра Королькова як фахівця з непересічними якостями сприяло його професійне навчання та неформальне спілкування з такими яскравими особистостями, як професор Іван Генріхович Герцен, кандидат медичних наук Володимир Петрович Топор (Одеса), академік Олексій Олександрович Корж, професор Станіслав Дмитрович Шевченко, професор Олексій Васильович Ролік (Харків) та багато інших.

З першого березня 2018 року О.І. Корольков працює у Львові в КНП ЛОР «Львівська обласна дитяча клінічна лікарня «ОХМАТДИТ», на сьогодні очолює клініку нейроортопедії, травматології та реабілітації дітей. З вересня 2018 року О.І. Корольков почав викладацьку діяльність у Львівському національному медичному

університеті імені Данила Галицького, де і працює до цього часу на посаді професора кафедри травматології, ортопедії та ВПХ за сумісництвом.

У науковому доробку О.І. Королькова близько 500 публікацій, з них — 72 зарубіжні, а також 47 патентів України та 1 винахід.

На сьогодні під керівництвом О.І. Королькова захищено 4 кандидатські дисертації та 1 дисертація доктора філософії, виконується 1 дисертація доктора філософії та 1 магістерська робота.

О.І. Корольков є віцепрезидентом ГО «Українська асоціація дитячих ортопедів-травматологів», членом правління ГО «Українська асоціація ортопедів-травматологів», членом міжнародних асоціацій SICOT, OTA, Міжнародної європейської асоціації «European Hip Society», Американської асоціації дослідників церебрального паралічу (AAOSCP) та членом Міжнародної асоціації дитячих ортопедів Близького Сходу (MEPOS).

О.І. Корольков — член редколегії журналів «Ортопедія, травматологія та протезування», «Соціальна педіатрія та реабілітологія» та журналу «Moldavian Journal of Pediatric Surgery» (Молдова).

О.І. Корольков бере активну участь в організації та проведенні науково-практичних конференцій, семінарів, симпозіумів, з'їздів різного рівня. Регулярно виступає з доповідями на науково-практичних конференціях. За його ініціативи було проведено декілька міжнародних конференцій та симпозіумів з актуальних питань нейроортопедії та дитячої ортопедії і травматології за участю фахівців з багатьох країн світу.

О.І. Корольков неодноразово заохочувався почесними грамотами Комітету Верховної Ради з пи-

тань охорони здоров'я (2007, 2013 рр.), МОЗ України (2011 р.), НАМН України (2010, 2015 рр.).

У 2023 році отримав національну премію «Скарб нації» у номінації «Кращий лікар року».

О.І. Корольков користується заслуженим авторитетом і повагою у студентів, пацієнтів та колег і вирізняється активною громадською позицією.

Олександр Іванович — приклад високого професіоналізму, відданості обраній справі та безмежної турботи про пацієнтів. Його багаторічна праця поєднує наукову діяльність, клінічний досвід і педагогічну роботу, що зробило його ім'я авторитетним серед колег в Україні та за її межами.

Упродовж своєї діяльності ювіляр зробив вагомий внесок у розвиток сучасних підходів до лікування патології кульшового суглоба та стопи у дітей, впровадження сучасних методик реабілітації дітей з ДЦП, він активно впроваджує новітні технології та стандарти, сприяє інтеграції української науки у світовий простір.

Його учні — це лікарі нового покоління, які переймають не лише знання, а й високі моральні принципи, любов до професії та щире бажання допомагати людям.

Шановний Олександр Івановичу!

Прийміть наші сердечні вітання з ювілеєм, побажання міцного здоров'я, довгих років активної творчої та професійної діяльності, нових наукових здобутків та людського щастя.

Нехай і надалі Ваш шлях буде сповнений плідної роботи, визнання колег, поваги учнів та вдячності пацієнтів.

З глибокою повагою, редакційна колегія журналу ■

Вітаємо з ювілеєм!



15 серпня виповнилося 70 років відомому ортопеду-травматологу, професору Роліку Олексію Васильовичу.

Ролік Олексій Васильович народився 06.09.1955 р. в м. Свободному Амурської області. У 1963 р. сім'я переїхала в Україну, в м. Гола Пристань Херсонської області. З 1972 по 1978 р. навчався в Одеському медичному інституті імені М.І. Пирогова. З 4-го курсу інституту працював медбратом травматологічного відділення Одеської міської лікарні № 3. Після закінчення інтернатури з травматології три роки працював у Миколаївській області та в м. Херсоні. У 1982—1984 рр. проходив клінічну ординатуру в ХНДІОТ імені М.І. Ситенка, у 1984—1987 рр. навчався в очній аспірантурі в ХМАПО. З 1987 р. — старший науковий співробітник ХНДІОТ імені М.І. Ситенка. У 1988 р. захистив кандидатську дисертацію «Заміщення кісткових порожнин та дефектів вуглецевими імплантатами в експерименті та клініці», науковий керівник С.Д. Шевченко, а в 1998 р. захистив докторську дисертацію на тему «Хірургічне лікування внутрішньосуглобових переломів шийки стегнової кістки», консультант академік О.О. Корж. З 2003 по 2007 р. — завідувач кафедри травматології та ортопедії ФПО Тернопільської медакадемії імені І.Я. Горбачевського.

Науковий доробок професора О.В. Роліка становить 247 публікацій, 23 патенти та підготовку цілої плеяди учнів, що є вагомим внеском у розвиток української ортопедії та травматології. Проте не менш важливим є приклад особистої мужності й незламності, які професор демонструє нині, залишаючись у тимчасово окупованій Голій Пристані та зберігаючи силу духу, відданість Україні й вірність своїй професійній справі.

З великою повагою та вдячністю Олексій Васильович згадує весь колектив Інституту імені проф. М.І. Ситенка, а також своїх учителів та наставників: професорів Герцена Івана Генріховича, Топора Володимира Петровича, Шевченка Станіслава Дмитровича, академіка Коржа Олексія Олександровича.

Бажаємо Вам, шановний Олексію Васильовичу, міцного здоров'я, наснаги та витримки в ці непрості часи. Нехай Ваша життєва дорога ще довгі роки буде наповнена новими здобутками, вдячністю пацієнтів, а Ваша незламність надихає колег і наступні покоління лікарів.

*З глибокою пошаною,
редакційна колегія журналу «Травма»,
ВГО «Українська асоціація ортопедів-травматологів»*

Для нотаток



AKSİMED
КЛІНІКА СУЧАСНОЇ НЕВРОЛОГІЇ

РЕАБІЛІТАЦІЯ ПІСЛЯ ІНСУЛЬТІВ І ТРАВМ

НЕВРОЛОГІЧНА КЛІНІКА "АКСІМЕД"

ВУЛ. ТУМАНЯНА, 3 • AKSIMED.UA

(044) 390-00-55

20 РОКІВ
ДОСВІДУ



САМОЛІКУВАННЯ МОЖЕ БУТИ ШКІДЛИВИМ ДЛЯ ВАШОГО ЗДОРОВ'Я

Симптоматичне лікування різних видів болю¹⁻³

Дексалгін®

декскетопрофену трометамол



ШВИДКА та ЕФЕКТИВНА знеболювальна дія¹⁻¹⁰



Інформація про рецептурні лікарські засоби для медичників і фармацевтичних працівників.

Перед застосуванням, будь ласка, обов'язково уважно ознайомтеся з повним текстом чинної інструкції для медичного застосування.

Фармакотерапевтична група. Нестероїдні протизапальні та протиревматичні засоби. Похідні пропіонової кислоти. Код АТХ M01A E17.

Скорочена інструкція для медичного застосування ДЕКСАЛГІН® (DEXALGIN®)*

Склад: 1 таблетка, вкрита плівковою оболонкою, містить декскетопрофену 25 мг. **Показання.** Симптоматична терапія болю від легкого до помірного ступеня, наприклад, м'язово-скелетний біль, болісні менструації (дисменорея), зубний біль. **Протипоказання.** Підвищена чутливість до будь-якого компонента препарату або до іншого НПЗЗ; спричинення подібними речовинами або іншими НПЗЗ нападів бронхіальної астми, бронхоспазму, гострого риніту, розвитку поліпів у носі, кропив'янки або ангіоневротичного набряку; фотолергічні або фототоксичні реакції на кетопрофен або фібрат; кровотеча або перфорація у травному тракті в анамнезі або в активній фазі, пов'язані із застосуванням НПЗЗ; активна фаза або рецидивуючі перебіг виразкової хвороби; хронічна диспепсія; підвищена кровоточивість; хвороба Крона або неспецифічний виразковий коліт; тяжка серцева недостатність; помірна або тяжка порушення функції нирок; тяжке порушення функції печінки; порушення згортання крові; тяжка дегідратація; III триместр вагітності та період годування груддю. **Спосіб застосування та дози.** Найменша ефективна доза повинна застосовуватись протягом найменшого часу, необхідного для усунення симптомів. Залежно від виду та інтенсивності болю рекомендована доза становить 12,5 мг кожні 4–6 годин або 25 мг кожні 8 годин. Добова доза – не більше 75 мг. Не передбачений для тривалої терапії, лікування триває, поки є симптоми. Таблетки приймати, запиваючи достатньою кількістю рідини, не менше ніж за 30 хвилин до їди. **Побічні реакції.** Часто: нудота та/або блювання, біль у животі, діарея, диспепсія. Безпека та ефективність застосування дітям віком до 18 років не встановлені. **Категорія відпуску.** За рецептом.

Скорочена інструкція для медичного застосування ДЕКСАЛГІН® САСШЕ (DEXALGIN® SACHET)*

Склад: 1 однодозовий пакет містить декскетопрофену 25 мг. **Показання.** Короточасне симптоматичне лікування гострого болю від легкого до середнього ступеня тяжкості, наприклад, м'язово-скелетний біль, дисменорея та зубний біль. **Протипоказання.** Підвищена чутливість до будь-якого компонента препарату або до іншого НПЗЗ; спричинення подібними речовинами або іншими НПЗЗ нападів бронхіальної астми, бронхоспазму, гострого риніту, розвитку поліпів у носі, кропив'янки, ангіоневротичного набряку; фотолергічні або фототоксичні реакції на кетопрофен або фібрат; кровотеча або перфорація у травному тракті в анамнезі або в активній фазі, пов'язані із застосуванням НПЗЗ або виразковою хворобою; хронічна диспепсія; підвищена кровоточивість; хвороба Крона або неспецифічний виразковий коліт; тяжка серцева недостатність; помірна або тяжка порушення функції нирок; тяжке порушення функції печінки; порушення згортання крові; тяжка дегідратація; III триместр вагітності та період годування груддю. **Спосіб застосування та дози.** Найменша ефективна доза повинна застосовуватись протягом найменшого часу, необхідного для усунення симптомів. Залежно від виду та інтенсивності болю рекомендована доза становить 25 мг кожні 8 годин. Добова доза – не більше 75 мг. Розчинити вміст 1 пакета у склянці води, добре перемішати та прийняти одразу. **Побічні реакції.** Часто: нудота та/або блювання, біль у животі, діарея, диспепсія. Безпека та ефективність застосування дітям віком до 18 років не встановлені. **Категорія відпуску.** За рецептом.

Скорочена інструкція для медичного застосування ДЕКСАЛГІН® ІН'ЕКТ (DEXALGIN® INJECT)*

Склад: 1 мл розчину для ін'єкцій/лінуфій містить декскетопрофену 25 мг. **Показання.** Симптоматичне лікування гострого болю середньої або високої інтенсивності у випадках, коли пероральне застосування препарату неможливе, наприклад, при післяопераційних болях, ниркових коліках та болю у попереку. **Протипоказання.** Підвищена чутливість до будь-якого компонента препарату або до іншого НПЗЗ; спричинення подібними речовинами або іншими НПЗЗ нападів бронхіальної астми, бронхоспазму, гострого риніту, розвитку поліпів у носі, кропив'янки або ангіоневротичного набряку; фотолергічні або фототоксичні реакції на кетопрофен або фібрат; шлунково-кишкові кровотечі або перфорації в анамнезі, пов'язані із терапією НПЗЗ; пептична виразка або кровотеча в активній фазі; хронічна диспепсія; хвороба Крона або неспецифічний виразковий коліт; тяжка серцева недостатність; порушення функції нирок середнього або тяжкого ступеня; тяжке порушення функції печінки; порушення згортання крові; виражена дегідратація; III триместр вагітності та період годування груддю; непероральне (інтратекальне або епідуральне) введення. **Спосіб застосування та дози.** Вміст однієї ампули (2 мл) повільно вводити глибоко у м'язи. Для внутрішньовенної інфузії вміст ампули 2 мл розвести у 30–100 мл 0,9% розчину хлориду натрію або Рінгера лактату. Інфузію проводити повільно протягом 10–30 хвилин. При необхідності вміст однієї ампули (2 мл) вводити внутрішньовенно повільно протягом не менше 15 секунд. **Побічні реакції.** Часто: нудота та/або блювання, біль у місці ін'єкції, реакції у місці ін'єкції, у т.ч. запалення, гематома, кровотеча. Безпека та ефективність застосування дітям віком до 18 років не встановлені. **Категорія відпуску.** За рецептом.

¹ Інструкція для медичного застосування лікарського засобу ДЕКСАЛГІН®, РП No UA/9258/01/01, дата останнього перегляду 03.03.2023. ² Інструкція для медичного застосування лікарського засобу ДЕКСАЛГІН® САСШЕ, РП No UA/9258/02/01, дата останнього перегляду 03.03.2023. ³ Інструкція для медичного застосування лікарського засобу ДЕКСАЛГІН® ІН'ЕКТ, РП No UA/3764/01/01, дата останнього перегляду 18.10.2023. ⁴ Sanchez-Carpena J. et al. Comparison of dexketoprofen trometamol and dipyrone in the treatment of renal colic. Clin Drug Invest 2003, 23:139–152. ⁵ Barbanjo MJ, et al. Clinical pharmacokinetics of dexketoprofen. Clin Pharmacokinet 2001, 40:245–262. ⁶ Marenco JJ, et al. A multicentre, randomised, double-blind study to compare the efficacy and tolerability of dexketoprofen trometamol versus diclofenac in the symptomatic treatment of knee osteoarthritis. Clin Drug Invest 2000, 19:247–256. ⁷ Metscher B. et al. Dexketoprofen-trometamol and tramadol in acute lumbago. Fortschr Med Orig 2001, 118:147–151. ⁸ Leman P. et al. Randomised controlled trial of the onset of analgesic efficacy of dexketoprofen and diclofenac in lower limb injury. Emerg Med J 2003, 20:511–513. ⁹ Ay, MO et al. Comparison of the Analgesic Efficacy of Dexketoprofen Trometamol and Meperidine HCl in the Relief of Renal Colic. American Journal of Therapeutics 2013, May 9, 1–8. ¹⁰ Karaman Y. et al. Efficacy of Dexketoprofen trometamol for acute postoperative pain relief after ENT surgery: a comparison with paracetamol and metamizole. Nobel Medicus 2010, 6(2):47–52.