



Травма

www.mif-ua.com

25
років

Том 26, № 2, 2025



AKSİMED
КЛІНІКА СУЧАСНОЇ НЕВРОЛОГІЇ

РЕАБІЛІТАЦІЯ ПІСЛЯ ІНСУЛЬТІВ І ТРАВМ

НЕВРОЛОГІЧНА КЛІНІКА "АКСІМЕД"

ВУЛ. ТУМАНЯНА, 3 • AKSIMED.UA

(044) 390-00-55

20 РОКІВ
ДОСВІДУ



САМОПІКУВАННЯ 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, № 2, 2025

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

Volume 26, № 2, 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



mif-ua.com



Open Journal System

Травма

Travma

Спеціалізований рецензований
науково-практичний журнал

Том 26, № 2, 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, http://trauma.zaslavsky.com.ua

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 № 2 від 27.02.2025 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. 7,44.
Тираж 8000 прим. Зам. 2025-trauma-125.

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, № 2, 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.zaslavsky.com.ua>

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. 2 dated 27.02.2025

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 7,44

Circulation 8000. Order 2025-trauma-125

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

Огляд

- Хімїон Л.В.
Патогенетичні підходи
до профілактики та лікування остеопенії
і остеопорозу 7

Оригінальні дослідження

- Рушай А.К.
Кільцеві фіксатори як основний метод
при відкритих переломах гомілки 13
- Нехлопочин О.С., Вербов В.В., Чешук Є.В.,
Карпінський М.Ю., Яресько О.В.
Коротка транспедиклярна фіксація
вибухових переломів у ділянці
грудопоперекового переходу
під час згинання тулуба вперед:
біомеханічне дослідження методом
скінченних елементів 17
- Ватаманіца Д.Б., Бондаренко С.Є.,
Скорик І.О., Козлова Т.В., Карпінська О.Д.,
Карпінський М.Ю.
Аналіз ризиків виникнення ускладнень
після металоостеосинтезу з приводу
переломів вертлюжної западини 26
- Бур'янов О.А., Кваша В.П., Науменко В.О.,
Ковальчук Д.Ю., Курінний І.М.
Помилки та ускладнення при лікуванні
надвиросткових переломів
у дітей та підлітків 31
- Бородюк Д.В., Зазірний І.М.,
Анкін М.Л., Ладика В.О.
Епідеміологія та клінічні особливості
вогнепальних переломів стегнової кістки
в умовах військового конфлікту 40
- Чорна В.В., Гудзевич Л.С.,
Нестерова С.Ю., Степаненко І.О.,
Липкань В.М., Коломієць В.В., Іщенко О.В.
Захворюваність, смертність, причини раптової
зупинки кровообігу: серцево-легенева
реанімація у світі та реалії в Україні 46
- Кухарук А.С., Волков В.О., Проценко В.В.,
Чорний В.С., Солоніцин Є.О.
Комбіноване та комплексне лікування
пухлин кісток передпліччя 55

Contents

Reviews

- L.V. Khimion
Pathogenetic approaches to the prevention
and treatment of osteopenia
and osteoporosis 7

Original Researches

- A.K. Rushai
Ring fixators as a basic method for open
fractures of the tibia 13
- O.S. Nekhlopochyn, V.V. Verbov, Ye.V. Cheshuk,
M.Yu. Karpinsky, O.V. Yaresko
Short transpedicular fixation
of burst fractures
in the thoracolumbar
junction during forward bending:
a finite element
biomechanical study 17
- D.B. Vatamanitsa, S.Ye. Bondarenko,
I.O. Skoryk, T.V. Kozlova, O.D. Karpinska,
M.Yu. Karpinsky
Analysis of the risks of complications
after metal osteosynthesis for acetabular
fractures 26
- O.A. Burianov, V.P. Kvasha, V.O. Naumenko,
D.Yu. Kovalchuk, I.M. Kurinnyi
Errors and complications
in treating supracondylar fractures
in children and adolescents 31
- D.V. Borodiuk, I.M. Zazirnyi,
M.L. Ankin, V.O. Ladyka
Epidemiology and clinical features
of gunshot fractures of the femur
under conditions of military conflict 40
- V.V. Chorna, L.S. Hudzevych,
S.Yu. Nesterova, I.O. Stepanenko,
V.M. Lypkan, V.V. Kolomiets, O.V. Ishchenko
Incidence, mortality, causes of sudden
cardiac arrest: cardiopulmonary resuscitation
in the world and reality in Ukraine 46
- A.S. Kukharuk, V.O. Volkov, V.V. Protsenko,
V.S. Chornyi, Ye.O. Solonitsyn
Multimodal and comprehensive treatment
of tumors of forearm bones 55

ЦЕНТР ЛІКУВАННЯ СКОЛІОЗУ



AKSAMED
КЛІНІКА СУЧАСНОЇ НЕВРОЛОГІЇ

(044) 390 0055
AKSAMED.UA

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

САМОЛІКУВАННЯ МОЖЕ БУТИ ШКІДЛИВИМ ДЛЯ ВАШОГО ЗДОРОВ'Я



КІСТОЧКИ ТРЕБА НЕ ПЕРЕМІВАТИ, А ЗМІЦНЮВАТИ!

КАЛЬЦІЙ-Д₃ НІКОМЕД ОСТЕОФОРТЕ

**1 ТАБЛЕТКА
НА ДОБУ**



- Допомогає усунути дефіцит кальцію та вітаміну D²
- Знижує ризик переломів³
- Покращує дотримання призначеної терапії^{4*}

перші жувальні таблетки¹
зі смаком лимону, які містять

1000 мг + 800 МО
кальцію вітаміну D₃



*Приймання препарату: 1 таблетка 1 раз на добу. **Патенти України №N° 85717, 86816, 93502 та 95093. 1. Перші жувальні таблетки, що містять 1000 мг кальцію + 800 МО вітаміну D₃: довідка № 239 від 3 липня 2023, Phatxplore 2006 – травень 2023 в Україні. 2. Адаптовано з інструкції для медичного застосування лікарського засобу Кальцій-Д₃ Нікомед Остеофорте. 3. У пацієнтів старше 66 років при застосуванні комбінації кальцію 1000 мг та вітаміну D₃ 400 МО згідно з дослідженням Larsen E.R. et al. Vitamin D and Calcium Supplementation Prevents Osteoporotic Fractures in Elderly Community Dwelling Residents: A Pragmatic Population-Based 3-Year Intervention Study. JBM 2004; 19(3): 370-8. 4. Saini S.D. et al. Am J Manag Care 2009; 15(6): e22-e33. **КАЛЬЦІЙ-Д₃ НІКОМЕД ОСТЕОФОРТЕ** (РП № UA/12922/01/01 від 16.08.2018). **Діючі речовини:** 1 таблетка містить кальцію карбонату 2500 мг, що еквівалентно 1000 мг кальцію, холекальциферолу (вітаміну D₃) – 20 мкг (800 МО) у вигляді концентрату холекальциферолу 8 мг. **Форма випуску:** таблетки жувальні. **Фармакотерапевтична група.** Мінеральні домішки. Кальцій, комбінації з вітаміном D та/або іншими препаратами. Код АТХ A12A X. **Показання:** профілактика та лікування дефіциту кальцію та вітаміну D у дорослих пацієнтів з виявленим ризиком. Додаткове застосування вітаміну D та кальцію як доповнення до специфічної терапії остеопорозу у пацієнтів з ризиком розвитку дефіциту кальцію та вітаміну D. **Протипоказання:** гіперчутливість до активної речовини або інших компонентів препарату; тяжкий ступінь ниркової недостатності (швидкість клубочкової фільтрації <30 мл/хв/1,73 м²); захворювання та/або стани, пов'язані з гіперкальціємією та/або гіперкальціурією; сечокам'яна хвороба (нефролітіаз); гіпервітаміноз D. **Побічні реакції:** небажані ефекти за частотою виникнення класифікують таким чином: нечасто (≥1/1000, <1/100), рідко (≥1/10000, <1/1000), дуже рідко (<1/10000), невідомо (частота не визначена за даними). З боку імунної системи: невідомо – реакції гіперчутливості, включаючи ангіоневротичний набряк, набряк гортані. З боку обміну речовин: нечасто – гіперкальціємія, гіперкальціурія. Дуже рідко – молочно-лужний синдром (часті позиви до сечовипускання, постійний головний біль, постійна відсутність апетиту, нудота або блювання, нетипова втома або слабкість, гіперкальціємія, алкалоз, ниркова недостатність) спостерігається тільки при передозуванні. З боку травної системи: рідко – запор, диспепсія, метеоризм, нудота, біль у животі, діарея. З боку шкіри і підшкірної клітковини: дуже рідко – свербіж, висипання, кропив'янка. Особливі групи пацієнтів: пацієнти з нирковою недостатністю – можливий ризик розвитку гіперфосфатемії, нефролітіазу та нефрокальцинозу. **Фармакологічні властивості.** Фармакодинаміка. Вітамін D₃ збільшує всмоктування кальцію в кишечнику. Застосування кальцію та вітаміну D₃ перешкоджає підвищенню рівня паратиреоїдного гормону (ПТГ), яке спричиняє дефіцитом кальцію та призводить до підсилення кісткової резорбції (вимивання кальцію з кісток). Клінічне дослідження у госпіталізованих пацієнтів з дефіцитом вітаміну D показало, що щоденний прийом таблеток кальцію по 1000 мг та вітаміну D у дозі 800 МО протягом 6 місяців нормалізував рівень 25-гідроксильованого метаболіту вітаміну D₃ і зменшував прояви вторинного гіперпаратиреозу та рівень лужних фосфатаз. **Категорія відпуску.** Без рецепта. **Виробник:** Аскер Контракт Мануфакчерінг АС, Норвегія. Повна інформація про лікарський засіб міститься в інструкції для медичного застосування.

Інформація для медичних і фармацевтичних працівників, для розміщення в спеціалізованих виданнях для медичних установ та лікарів і для розповсюдження на семінарах, конференціях, симпозіумах з медичної тематики. Повідомити про небажане явище або про скаргу на якість препарату ви можете до ТОВ «АСІНО УКРАЇНА».

Уповноважений представник в Україні: ТОВ «АСІНО УКРАЇНА», Україна, 03124, м. Київ, бул. В. Гавела, 6. 8. www.acino.ua

 **acino**

Хіміон Л.В.

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

Патогенетичні підходи до профілактики та лікування остеопенії і остеопорозу

Резюме. Остеопороз — системне захворювання скелета, яке характеризується зниженням кісткової маси і порушенням мікроархітекtonіки кісткової тканини, що веде до збільшення крихкості кістки і підвищення ризику переломів. Найбільш типовими є переломи кісток дистального відділу передпліччя, проксимального відділу стегна і хребта. Кісткова тканина перебуває в стані постійної зміни. Одночасно відбуваються два протилежних процеси: моделювання кістки і кісткова резорбція, від балансу яких залежить мінеральна щільність кісткової тканини (МЩКТ). В умовах дефіциту естрогенів цей баланс зміщується в бік втрати кісткової маси. Однак дефіцит естрогенів не є єдиною причиною втрати МЩКТ. Ремоделювання кісткової тканини також залежить від надходження в організм кальцію та вітаміну D. Препаратом з доведеною ефективністю в профілактиці остеопенії та лікуванні остеопорозу є Кальцій-Д₃ Нікомед Остеофорте, який містить 1000 мг кальцію та 800 МО вітаміну D₃. Застосування однієї таблетки на добу протягом 1 року забезпечує зниження ризику переломів стегна на 43 %, збільшення МЩКТ шийки стегна на 1,3 %.

Ключові слова: остеопенія; остеопороз; кальцій; вітамін D₃; Кальцій-Д₃ Нікомед Остеофорте

Остеопороз (ОП) — це хронічне мультифакторне прогресуюче захворювання скелета, що характеризується зменшенням маси кістки і порушенням структури кісткової тканини, які призводять до підвищення крихкості кістки та ризику виникнення переломів. Остеопороз є найбільш поширеним захворюванням кісток в усьому світі. Найчастіше він виявляється у жінок в постменопаузальному періоді, людей похилого віку, особливо зі слабкою м'язовою системою, невеликого зросту, із тендітною тілобудовою. Передstadією остеопорозу є остеопенія, яка характеризується зниженням маси кістки без порушення її архітекtonіки [1, 2].

Метою профілактики остеопенії/остеопорозу та їх лікування є зниження ризику переломів, особливо низькоенергетичних, тому що переломи (наприклад, шийки стегна) нерідко несуть ризик передчасної смерті та інвалідизації пацієнтів.

Епідеміологія, фактори ризику та класифікація остеопорозу

На сьогодні остеопороз — це «мовчазна» епідемія. Кожні 3 секунди у світі трапляється остеопоротичний перелом. Кожна третя жінка і кожен п'ятий чоловік старше 50 років мають переломи унаслідок остеопорозу. Найдраматичнішим серед них є перелом шийки стегнової кістки. Тільки 25 % хворих повністю виліко-

вуються після перелому шийки стегна, 50 % залишаються інвалідами і 25 % помирають [3].

У виникненні ОП надають важливе значення модифікованим та немодифікованим факторам ризику. До немодифікованих факторів належать: вік (ризик збільшується із віком, у жінок — із початком менопаузи), стать (жінки загалом мають вищий ризик ОП), спадковість (наявність ОП у членів родини), раса (європеоїдна). Модифікованими факторами ризику виникнення ОП є малорухливий спосіб життя, недостатнє надходження вітаміну D та кальцію, куріння, зловживання алкоголем, кофеїном, зниження пікової кісткової маси, низька маса тіла, ІМТ < 18 кг/м², супутні хронічні захворювання (запальні артрити, мальабсорбція, ендокринні та шлунково-кишкові захворювання), тривала іммобілізація та прийом лікарських засобів [4].

Залежно від причин, які призводять до ОП, розрізняють первинний та вторинний остеопороз. До первинного ОП належить ювенільний остеопороз, який виникає при нормальній функції ендокринних органів і найчастіше реєструється у віці 8–14 років, незалежно від статі. Ідіопатичний постменопаузальний ОП спостерігається при дефіциті естрогенів у жінок та характеризується швидкою прогресуючою втратою кісткової маси і частими низькоенергетичними переломами. Ідіопатичний сенільний ОП — поступова вік-залежна

втрата кісткової маси у чоловіків і жінок, часто з переломами [4]. Вторинний ОП виникає при захворюваннях різних систем і органів або внаслідок прийому деяких ліків [5].

Патогенез крихкості кісток

Протягом життя будова та склад скелетних кісток змінюються. Кісткова тканина складається з клітин органічного і мінерального матриксу. Остеобласти після перетворення на зрілу клітину — остеокит беруть участь у забезпеченні життєдіяльності кістки та мінеральному обміні. Резорбцію кістки забезпечують остеокласти — клітини некісткового походження, попередниками яких є моноцити та макрофаги [6].

У життєвому циклі кістки виділяють два процеси — моделювання та ремоделювання. Перший переважає у кількісному відношенні до досягнення віку близько 20 років, а в подальшому співвідношення змінюється на протилежне. Моделювання забезпечує процеси формування та росту кісток без попередньої резорбції кісткової тканини. Ремоделювання — основний процес перебудови кісткової тканини у дорослих, який відбувається шляхом резорбції остеокластами та кісткоутворення за участю остеобластів. Ці два процеси синхронізовані в часі, сприяють формуванню кісткових структур та забезпечують структурну адаптацію кістки до зміни функції. Щорічно ремоделюванню піддається 2–10 % скелета [7].

Пікова кісткова маса, якої досягають у віці близько 30 років, забезпечується переважно генетичними факторами, функцією залоз внутрішньої секреції, харчуванням, статтю і фізичною активністю (рис. 1). Пізніше з віком починається втрата кісткової тканини, і коли швидкість її резорбції перевищує швидкість утворення, мінеральна щільність кісткової тканини знижується. Дисбаланс між цими процесами із підвищенням резорбції після менопаузи, у похилому та старечому віці викликає підвищений ризик переломів. Інші вторинні фактори ризику також можуть впливати на ремоделювання, погіршуючи мікроархітектурну цілісність кістки [8].

Кісткове ремоделювання контролюється локальними та системними факторами. До локальних належать поліпептидні фактори росту та цитокіни; до системних — паратиреоїдний гормон, глюкокортикоїди та кальцитонін. Також на кісткові клітини впливають вітамін D, інсулін, гормон росту, естрогени, андрогени, гормони щитоподібної залози. Вищевказані фактори викликають експресію специфічних генів та індукують відповідні певні метаболічні зміни.

Клінічні ознаки остеопорозу

Ранніми ознаками остеопорозу в більшості випадків вважають біль у спині, грудях, попереково-крижовому відділі або у крижових кістках. Хворі зазвичай також скаржаться на втому і необхідність багаторазового відпочинку протягом дня в положенні лежачи. Першим проявом часто є перелом дистального відділу променевої кістки або кіфотична деформація хребта, яка розви-

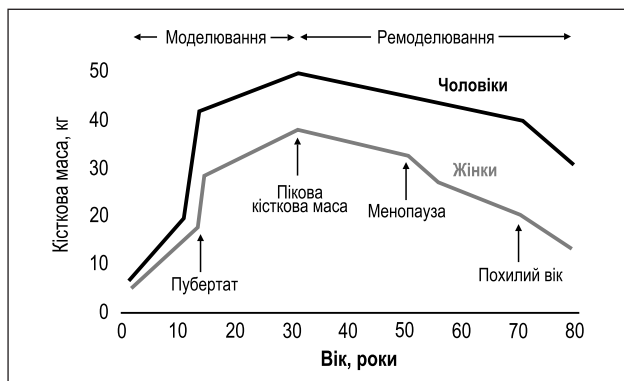


Рисунок 1. Процеси збільшення та втрати кісткової маси протягом життя [8]

вається задовго до появи болю і, як правило, не розглядається пацієнтами як прояв захворювання. Крім того, можливі зменшення зросту, м'язова слабкість, саркопенія та загальний поганий стан здоров'я.

При клінічному огляді при «німому» переломі грудного відділу хребта привертає увагу відстань між потилицею і стіною, поперекового відділу — відстань між ребрами і тазом. Також спостерігається зміна постави з виникненням складок шкіри на животі [10, 11].

Скринінг та діагностика остеопорозу

Діагностика остеопенії і остеопорозу проводиться шляхом визначення мінеральної щільності кісткової тканини (МЩКТ). У нормі МЩКТ знаходиться в межах 1 стандартного відхилення (SD) порівняно із молодими здоровими жінками, а Т-показник становить ≥ -1 . При остеопенії МЩКТ на 1–2,5 SD нижче від показника молодих здорових жінок ($2,5 < T \leq -1$). У випадку остеопорозу щільність кістки становить 2,5 стандартних відхилення та нижче, $T \leq -2,5$; при тяжкому остеопорозі МЩКТ — 2,5 SD та нижче $+1$ і більше переломів в анамнезі ($T \leq -2,5$; наявність перелому/переломів в анамнезі).

Визначення МЩКТ рекомендовано жінкам старше за 65 років і чоловікам старше за 70 років незалежно від факторів ризику; жінкам у періменопаузі та менопаузі, чоловікам старше за 50–69 років, залежно від профілю ризику; жінкам у менопаузі і чоловікам 50 років і старше з переломом в анамнезі в дорослому віці; пацієнтам, які приймають глюкокортикоїди.

Однак на практиці при веденні пацієнта з ОП слід пам'ятати, що оцінка МЩКТ має низьку специфічність і для обґрунтованого прийняття рішення стосовно лікування необхідно оцінити ризик переломів (FRAX) згідно з національними стандартами оцінювання ОП.

Алгоритм FRAX® — метод оцінки 10-річної ймовірності (ризiku) основних остеопоротичних переломів (переломи стегнової та плечової кісток, кісток передпліччя й клінічно значущі переломи тіл хребців) й окремо переломів стегнової кістки в осіб віком 40 років і старше. На сьогодні алгоритм FRAX® є у вільному доступі в Інтернеті (<http://www.shef.ac.uk/FRAX>) на 35

мовах для 65 країн з 71 моделлю й являє собою описувальник, що складається з 12 запитань, останнім (і не обов'язковим) з яких є показник МЩКТ стегнової кістки.

Аналіз показників 10-річної ймовірності основних остеопоротичних переломів (Поворознюк В.В. і спів-авт., 2019) згідно з алгоритмом FRAX® виявив її вірогідне зростання в усіх вікових групах, за винятком вікової групи 80–89 років [9].

Отримані результати дослідження засвідчили зростання з віком межі для фармакологічного втручання (верхня межа оцінки) з 6,6 % у 40 років до 13 % у 75 років. У подальшому (до віку 85 років) не встановлено збільшення цієї межі, а в жінок віком 90 років цей показник дещо знижувався й становив 12 %. На відміну від вищезазначеного, нижня межа оцінки вірогідно збільшувалась з 2,4 % у 40 років до 6,9 % у жінок віком 85 років, зменшуючись при цьому лише в осіб віком 90 років (рис. 2). Середній показник FRAX для основних остеопоротичних переломів за умови використання параметра МЩКТ у моделі становив 8,7 %, показники нижньої та верхньої межі втручання — 4,6 та 10,5 % відповідно.

Слід відмітити, що стратегія ведення жінок з урахуванням ризику остеопоротичних переломів починається з аналізу в анамнезі низькотравматичного перелому. За його наявності рішення про початок антиостеопоротичного лікування може бути прийнято без проведення двоенергетичної рентгенівської абсорбціометрії (ДРА). У жінки без попереднього низькотравматичного перелому необхідна оцінка ризику основних остеопоротичних переломів згідно з алгоритмом FRAX® з урахуванням віку, статі й клінічних факторів ризику. Якщо ризик перевищує верхню межу оцінки, рекомендовано антиостеопоротичне лікування без проведення ДРА (ДРА може бути виконана для подальшого моніторингу ефективності лікування). Якщо ризик менше за нижню межу оцінки, жінка не потребує ні додаткового обстеження, ні лікування. За умови, якщо особа має проміжні показники ризику, необхідне проведення ДРА з переоцінкою ризику переломів і тактики ведення обстеженої (рис. 3).

Завдання лікаря, спрямовані на зниження ризику виникнення остеопенії та остеопорозу

Для зниження ризику остеопенії та остеопорозу лікарю необхідно проводити їх профілактику. Важлива роль належить навчанню пацієнтів здоровому способу життя, харчування, фізичної активності, вживання достатньої кількості кальцію і вітаміну D₃ — із продуктами харчування та ліками/добавками. Слід проводити визначення рівня вітаміну D₃ сироватки крові та загального кальцію і фосфору пацієнтам із факторами ризику або переломами в анамнезі, хворим із встановленим дефіцитом/недостатністю вітаміну D₃.

Пацієнтам з ОП і його ускладненнями перед ініціацією антиостеопоротичної терапії рекомендовано визначення рівня 25(OH)D у крові з метою запобігання

її неефективності та підвищення рівня безпеки. При виявленні дефіциту вітаміну D перед ініціацією анти-остеопоротичної терапії рекомендована його корекція, при нормальному рівні вітаміну D — його прийом у дозі 800–2000 МО/добу у поєднанні з кальцієм (1000 мг елементарного кальцію) протягом усього курсу анти-остеопоротичного лікування. Пацієнтам із підвищеним ризиком падінь чи переломів (за українською версією FRAX®) необхідний прийом 800–2000 МО/добу вітаміну D протягом року і за недостатності — кальцію [12, 13].

Крім того, слід моніторувати пацієнтів із відомими факторами ризику ОП незалежно від віку і статі, жінок в пери- та менопаузі (зокрема, і штучній), чоловіків від 65 років і старше або молодших за наявності додаткового ризику. Необхідно виявляти при огляді можливі ознаки ОП, призначати остеоденситометрію та консультації експертів, проводити лікування остеопорозу.

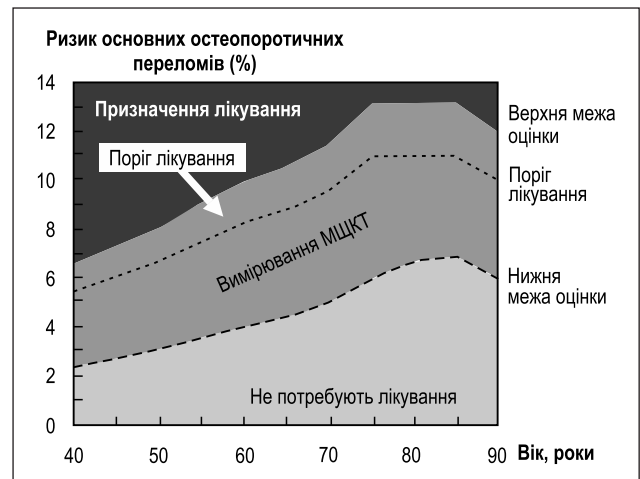


Рисунок 2. Межі необхідності призначення додаткового обстеження та антиостеопоротичного лікування для жінок згідно з українською версією FRAX® залежно від віку [9]

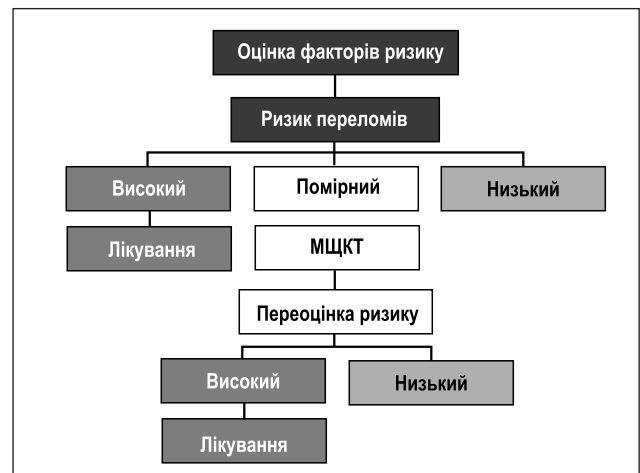


Рисунок 3. Стратегія ведення жінок залежно від ризику основних остеопоротичних переломів [9]

При підозрі на ОП важливо призначати такі лабораторні обстеження: загальний аналіз крові, загальний кальцій, фосфор, лужна фосфатаза, АЛТ, АСТ, креатинін, сечовина, сечова кислота, ТТГ, ПТГ, ШКФ, загальний білок крові, СРБ; продовжувати моніторинг цих показників у процесі лікування.

Для профілактики ОП перевага віддається здоровому харчуванню з достатнім споживанням кальцію (зелень, сир, горіхи, кунжут, препарати кальцію), вітаміну D₃ — 1000 МО/добу і більше (жирна риба, риб'ячий жир, ікра, препарати D₃), білка (м'ясо, риба, білок рослинного походження). Також необхідно підтримувати достатню фізичну активність: кардіотренування (ходьба, біг, велосипед), силові вправи для зміцнення м'язів, вправи з обтяженням, для координації та балансу (йога, пілатес, танці, китайська гімнастика) [13].

За відсутності протипоказань можливе помірне перебування на сонці, помірне вживання кофеїну. Слід переглянути призначену медикаментозну терапію хронічних захворювань, підтримувати нормальний ІМТ та моніторувати стан здоров'я в цілому (ТТГ, глюкоза крові, загальний рівень кальцію та вітаміну D₃, МЩКТ), оцінювати гостроту зору і слуху, призначати фармакотерапевтичні засоби для профілактики ОП — комплекс кальцію та вітаміну D [13].

При цукровому діабеті (ЦД) необхідно пам'ятати, що показник МЩКТ може бути нормальним або ризик переломів збільшеним. Ризик ОП при ЦД збільшується при прийомі проглітазону, варфарину, інгібіторів протонної помпи. При цукровому діабеті рекомендовано оцінювати ризик переломів, стан зору, слуху, вестибулярного апарату, функції нирок, ПТГ. Контроль глікемії та уражень органів-мішеней — основа профілактики ОП та його ускладнень при ЦД.

Ревматоїдний артрит (РА) є істотним фактором ризику ОП, падінь і переломів, який підвищується при використанні глюкокортикоїдів. Пацієнтам з РА рекомендований контроль хронічного запалення і активності РА з використанням базисної терапії, з призначенням мінімальної ефективної дози глюкокортикоїдів та мінімального ефективного їх курсу.

Основними фармакологічними засобами для лікування ОП є кальцій та вітамін D₃, біфосфонати, деносумаб та анаболічні засоби.

Роль кальцію та вітаміну D у забезпеченні здоров'я кісток

Достатнє споживання кальцію та вітаміну D підтримує нормальний рівень кальцію в сироватці крові, фізіологічний стан ремоделювання кісток та зниження рівня паратгормону. Дефіцит кальцію та вітаміну D викликає підвищення рівня паратгормону, активацію резорбції кісткової тканини, створює передумови для виникнення остеопенії та остеопорозу.

В Україні при обстеженні дорослого населення було виявлено, що нормальний рівень вітаміну D має лише 4,6 % населення, тоді як його недостатність спостерігається у 13,6 %, а дефіцит — у 81,8 % людей. Це обумовлено низьким споживанням кальцію та вітаміну

D, зниженням абсорбції кальцію із віком (15 г/рік) і фосфору в кишечнику та зниженням синтезу вітаміну D, фізіологічним зниженням рівня естрогенів у жінок (Fisher V. et al., 2018) [15].

Згідно з рекомендаціями Міжнародної організації остеопорозу, необхідна доза кальцію та вітаміну D залежить від віку [14]:

— 1–3 роки: добова доза кальцію становить 500 мг, а вітаміну D₃ — 400 МО;

— 4–8 років — 800 мг/добу кальцію та 400 МО/добу вітаміну D₃;

— 9–18 років — 1300 мг/добу кальцію та 600 МО/добу вітаміну D₃;

— дорослі 19–50 років — 100 мг/добу кальцію та 800 МО/добу вітаміну D₃;

— жінки 50–70 років — 1200 мг/добу кальцію та 800–1000 МО/добу вітаміну D₃;

— чоловіки 50–70 років — 1000 мг/добу кальцію та 800–1000 МО/добу вітаміну D₃;

— особи старше 70 років — 1200 мг/добу кальцію та 800–1000 МО/добу вітаміну D₃;

— вагітні і матері, що годують груддю, — 1000–1300 мг/добу кальцію та 800 МО/добу вітаміну D₃.

Кальцій-D₃ Нікомед Остеофорте — лікарський засіб для профілактики та лікування дефіциту кальцію та вітаміну D (19)

Для профілактики і корекції недостатнього забезпечення кальцієм зазвичай призначають його солі, орієнтуючись на вміст у них елементарного кальцію. Найбільший вміст елементарного кальцію відзначається в карбонаті кальцію — 400 мг/г солі, найменший — у глюконаті і лактаті. Лікарські препарати кальцію також розрізняються за біодоступністю і впливом на кістковий обмін. Значно поширений в Україні глюконат кальцію засвоюється лише на 9 %, а препарати, що містять карбонат кальцію, — на 40 % [16].

Ефективність прийому кальцію істотно підвищується в присутності вітаміну D, що забезпечує всмоктування кальцію в кишечнику, синтез кальцитоніну, мінералізацію кісткового матриксу. Отже, кращий ефект надають комплексні препарати, що містять кальцій і вітамін D.

Препаратом з доведеною ефективністю для профілактики і лікування остеопенії та остеопорозу є Кальцій-D₃ Нікомед. У дослідженні за участю 119 жінок з ОП середнім віком 83 роки було показано, що призначення Кальцій-D₃ Нікомед забезпечує вірогідне збільшення МЩКТ порівняно із вихідними даними. Через 1 рік використання препарату МЩКТ вертлюга збільшилася на 2,34 %, міжвертлюгової зони — на 0,52 %, шийки стегна — на 0,51 % [22].

В іншому дослідженні, за участю 1806 жінок у постменопаузальному періоді з ОП, застосування Кальцій-D₃ Нікомед протягом 1 року забезпечувало підвищення МЩКТ стегна на 1,64 %, хребта — на 1,66 %, дистального відділу променевої кістки — на 1,91 % [23].

Велике (2983 учасники) рандомізоване інтервенційне дослідження, проведене в Данії серед жінок середнього віку 66 років, продемонструвало, що прийом препарату Кальцій-Д₃ Нікомед протягом 3 років може знизити річну частоту остеопоротичних переломів, які призводять до госпіталізації, на 22 % (рис. 4) [17].

Кальцій-Д₃ Нікомед Остеофорте — перші жувальні таблетки [24] зі смаком лимона, які містять 1000 мг кальцію та 800 МО вітаміну D₃ [19]. Кальцій-Д₃ Нікомед Остеофорте — важлива схема профілактики і лікування остеопорозу. Застосування однієї таблетки на добу поліпшує прихильність до терапії [25], забезпечує зниження ризику переломів стегна на 43 % [26] та збільшення МШКТ шийки стегна на 1,3 % [27].

Кальцій-Д₃ Нікомед Остеофорте — лікарський засіб із Норвегії, має запатентований склад та спосіб одержання [28].

Кальцій-Д₃ Нікомед з апельсиновим або м'ятним смаком містить 500 мг кальцію та 200 МО вітаміну D₃. Він застосовується як лікувально-профілактичний засіб при дефіциті кальцію та вітаміну D₃. Дорослим та дітям віком > 12 років призначають по 1 таблетці 1–3 рази на добу, дітям віком > 5 років — по 1 таблетці 1–2 рази на добу за рекомендацією лікаря. При призначенні вагітним доза не повинна перевищувати 2500 мг кальцію і 4000 МО вітаміну D₃ [21].

Пацієнтам віком > 50 років рекомендують Кальцій-Д₃ Нікомед Форте, що містить 500 мг кальцію та 400 МО вітаміну D. Препарат із цим дозуванням створений для профілактики та лікування дефіциту кальцію і вітаміну D у дорослих пацієнтів з виявленим ризиком; додаткового застосування вітаміну D та кальцію як доповнення до специфічної терапії остеопорозу у пацієнтів з ризиком розвитку дефіциту кальцію та вітаміну D [20].

Деякі пацієнти можуть віддавати перевагу одноразовому прийому протягом дня. Для них вдалим вибором буде Кальцій-Д₃ Нікомед Остеофорте із вмістом кальцію карбонату 2500 мг, що еквівалентно 1000 мг кальцію, холекальциферолу (вітаміну D₃) — 20 мкг (800 МО) у вигляді холекальциферолу 8 мг.

Висновки

— Остеопороз — хронічне мультифакторне прогресуюче захворювання скелета, що характеризується зменшенням маси кістки і порушенням структури кісткової тканини, які призводять до підвищення крихкості кістки та ризику виникнення переломів. Тільки 25 % хворих повністю виліковуються після перелому шийки стегна, 50 % залишаються інвалідами і 25 % помирають [3].

— У життєвому циклі кістки здійснюються два процеси — моделювання та ремоделювання. Моделювання забезпечує процеси формування та росту кісток без попередньої резорбції кісткової тканини. Ремоделювання — основний процес перебудови кісткової тканини у дорослих, який відбувається шляхом резорбції остеокластами та кісткоутворення за участю остеобластів.

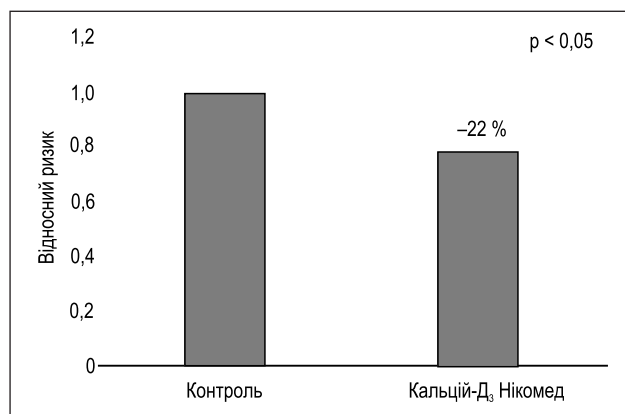


Рисунок 4. Відносний річний ризик переломів, що призводили до госпіталізації, у пацієнтів, які приймали Кальцій-Д₃ Нікомед, порівняно із групою контролю [17]

— Діагностика остеопенії та остеопорозу проводиться шляхом визначення мінеральної щільності кісткової тканини. Для обґрунтованого прийняття рішення стосовно лікування оцінюють ризик переломів за допомогою алгоритму FRAX® — методу оцінки 10-річної ймовірності (ризiku) основних остеопоротичних переломів.

— Для зниження ризику остеопенії та остеопорозу лікарю необхідно проводити їх профілактику. Важлива роль належить навчанню пацієнтів здоровому способу життя, харчуванню, фізичній активності, вживанню достатньої кількості кальцію і вітаміну D₃.

— Кальцій-Д₃ Нікомед Остеофорте (1000 мг кальцію та 800 МО вітаміну D₃) — це лікарський засіб з Норвегії, який містить добову дозу [29] кальцію та вітаміну D₃ в 1 таблетці (1000 мг кальцію та 800 МО вітаміну D₃) [19], що поліпшує мінеральну щільність кісткової тканини [26] та знижує ризик переломів на 22 % [17], і це клінічно доведено.

Конфлікт інтересів. Автор заявляє про відсутність конфлікту інтересів та власної фінансової зацікавленості при підготовці даної статті.

Список літератури

1. WHO Scientific Group on the Prevention and Management of Osteoporosis (2000: Geneva, Switzerland). *Prevention and management of osteoporosis: report of a WHO scientific group*. World Health Organization; 2003.
2. Seeman E., Delmas P.D. Bone quality — the material and structural basis of bone strength and fragility. *N. Engl. J. Med.* 2006;354(21):2250–2261.
3. Willers C., Norton N., Harvey N.C. et al. SCOPE review panel of the IOF Osteoporosis in Europe: a compendium of country-specific reports. *Arch. Osteoporos.* 2022;17(1):23.
4. Yatsyshyn R., Cherniuk N., Drohomiretska O. et al. Osteoporosis — a Silent Epidemic of XXI Century: Secondary Forms. *Arch. Clin. Med.* 2022;28(2):4–9.
5. Bandeira L., Silva B.C., Bilezikian J.P. Male osteoporosis. *Arch. Endocrinol. Metab.* 2022;66(5):739–747.

6. Dedukh N.V., Poshelok D.M., Malysheva S.V. Modeling and remodeling bone (review). *Укр. морфол. альманах*. 2014;12(1):107-111.
7. Sietsema D.L. Fighting the Epidemic: Bone Health and Osteoporosis. *Nurs. Clin. North Am.* 2020;55(2):193-202.
8. Nazarko L. Silent epidemic: helping patients live with osteoporosis. *Br. J. Healthcare Assistants*. 2011;5(3):111-116.
9. Povoroznyuk V., Grygorieva N., Kanis J.A. et al. Ukrainian FRAX: criteria for diagnostics and treatment of osteoporosis. *Bol. sustavy, pozvonochnik*. 2019;9(4):212-221.
10. Kutsal F.Y., Ergin Ergani G.O. Vertebral compression fractures: Still an unpredictable aspect of osteoporosis. *Turk. J. Med. Sci.* 2021;51(2):393-399.
11. Pisani P., Renna M.D., Conversano F. et al. Major osteoporotic fragility fractures: Risk factor updates and societal impact. *World J. Orthopaedics*. 2016;18:171-181.
12. Dilemmas in the management of osteoporosis. *Drug Ther. Bull.* 2014;53(2):18-21.
13. Harvey N.C., Biver E., Kaufman J.M. et al. The role of calcium supplementation in healthy musculoskeletal ageing. *Osteoporos Int.* 2017;28:447-462.
14. Kanis J.A., Cooper C., Rizzoli R. et al., Scientific Advisory Board of the European Society for Clinical and Economic Aspects of Osteoporosis (ESCEO) and the Committees of Scientific Advisors and National Societies of the International Osteoporosis Foundation (IOF). European guidance for the diagnosis and management of osteoporosis in postmenopausal women. *Osteoporos Int.* 2019;30(1):3-44.
15. Fischer V., Haffner-Luntzer M., Amling M., Ignatius A. Calcium and vitamin D in bone fracture healing and post-traumatic bone turnover. *Eur Cell Mater.* 2018 Jun 22;35:365-385.
16. Головач І.Ю. Фармакологічні і нефармакологічні напрямки сучасної стратегії профілактики остеопорозу і остеопоротичних переломів кісток. *Раціональна фармакотерапія*. 2011;1(18):27-36.
17. Larsen E.R., Mosekilde L., Foldspang A. Vitamin D and calcium supplementation prevents osteoporotic fractures in elderly community dwelling residents: a pragmatic population-based 3-year intervention study. *J. Bone Miner. Res.* 2004;19(3):370-8.
18. den Uyl D., Geusens P.P., van Berkum F.N. et al. Patient preference and acceptability of calcium plus vitamin D₃ supplementation: a randomised, open, cross-over trial. *Clin. Rheumatol.* 2010;29(5):465-472.
19. Інструкція для застосування препарату Кальцій-Д₃ Нікомед Остеоформе. <https://compendium.com.ua/dec/557537/>.
20. Інструкція для застосування препарату Кальцій-Д₃ Нікомед Форте. <https://compendium.com.ua/dec/557538/>.
21. Інструкція для застосування препарату Кальцій-Д₃ Нікомед з апельсиновим смаком та Кальцій-Д₃ Нікомед з м'ятним смаком.
22. Deroisy R. et al. Effects of two 1-year Calcium and vitamin D₃ treatments on bone remodeling markers and femoral bone density in elderly women. *Current Therapeutic Research. Clin Exp.* 1998;59(12):850-862.
23. Shea B. et al. VII. Meta-Analysis of Calcium Supplementation for the Prevention of Postmenopausal Osteoporosis. *Endocrine Reviews*. 2002;23(4):552-559.
24. Перші жувальні таблетки, що містять 1000 мг кальцію + 800 МО вітаміну Д₃: Довідка № 239 від 3 липня 2023, Phamxplorer 2006 — травень 2023 в Україні.
25. Saini S.D. et al. *Am J Manag Care*. 2009;15(6):e22-e33.
26. Chapuy M.C. et al. *N Engl Med J.* 1992;237:1637-42.
27. Dawson-Hughes B. et al. *Am J Clin Nutr.* 2000;72:745-750.
28. Патенти України № 85717, 86816, 93502, 95093.
29. За даними International Osteoporosis Foundation. www.osteoporosis.foundation.

UA-CALC-PUB-052025-209

Отримано/Received 10.03.2025

Рецензовано/Revised 15.04.2025

Прийнято до друку/Accepted 20.04.2025

Information about author

Liudmyla Khimion, Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv, Ukraine; e-mail: office@nuozu.edu.ua

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

L.V. Khimion

Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Pathogenetic approaches to the prevention and treatment of osteopenia and osteoporosis

Abstract. Osteoporosis is a systemic skeletal disease characterized by a decrease in bone mass and a violation of the bone tissue microarchitectonics, which leads to increased bone fragility and an increased risk of fractures. The most typical are fractures of the bones of the distal forearm, proximal femur and spine. Bone tissue is in a state of constant change. Two opposing processes occur simultaneously: bone modeling and bone resorption, the balance of which determines bone mineral density (BMD). In estrogen deficiency, this balance shifts towards bone mass loss. However, estrogen deficiency

is not the only cause of BMD loss. Bone remodeling also depends on the intake of calcium and vitamin D. A drug with proven effectiveness in the prevention of osteopenia and treatment of osteoporosis is Calcium-D₃ Nycomed Osteoforte, which contains 1,000 mg of calcium and 800 IU of vitamin D₃. The use of one tablet per day for 1 year provides a 43 % reduction in the risk of hip fractures, an increase in BMD of the femoral neck by 1.3 %.

Keywords: osteopenia; osteoporosis; calcium; vitamin D₃; Calcium-D₃ Nycomed Osteoforte

УДК 616.71-001.5-089.84

Рушай А.К.

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

Кільцеві фіксатори як основний метод при відкритих переломах гомілки

Резюме. Актуальність. Нестабільне кровопостачання, підшкірне розташування кістки і відсутність м'якотканинного покриття роблять відкриті переломи гомілки вразливими для розвитку незрошення та інфекції. Загальноприйнятим є застосування зовнішніх фіксаторів для лікування відкритих переломів великогомілкової кістки як первинного способу фіксації. Але можливе застосування зовнішнього фіксатора і як остаточного лікування переломів. **Метою** цього дослідження було поліпшення клінічних результатів лікування складних високоенергетичних відкритих переломів великогомілкової кістки з використанням удосконалених кільцевих фіксаторів (КФ) спице-стрижневого типу. **Матеріали та методи.** Під нашим наглядом перебувало 78 постраждалих із тяжкими відкритими переломами кісток гомілки. Критеріям включення відповідали 36 пацієнтів (31 (85,7 %) чоловік, 5 (13,9 %) жінок) із відкритими переломами кісток гомілки, які були прооперовані за запропонованою методикою та увійшли до основної групи. Група порівняння складалася з 42 постраждалих, аналіз результатів лікування яких проводився ретроспективно. Критерії відбору були аналогічними до основної групи. Лікування проводили ще з використанням традиційних методик. Аналіз розвитку ускладнень дозволив виявити основні недоліки, які були ураховані при наступному лікуванні. Використовували удосконалені КФ (стрижень «з кутом жорсткості»; спиці з перехрестям у фронтальній і сагітальній площинах кільця). Підвищені можливості КФ і фінальної пов'язки Softcast/Scotchcast дозволяли безпечно застосовувати кінцівку під час ходіння. Ми дійшли висновку, що важливими були такі фактори: енергія ураження, стан м'яких тканин, наявність уламків великогомілкової кістки без живлення. Частина м'яких тканин була у стані парабіозу, що унеможлилювало чітке визначення їх стану. Недостатня ефективність одноразової хірургічної обробки зумовлена можливою появою нових вогнищ некрозу та розвитку септичного запалення. Етапний дебрідмент відкритого перелому та використання Vacuum-Assisted Closure уможливили проведення пластики м'якотканинних дефектів у ранні терміни. У 12 хворих (25,6 %) основної групи на ранніх етапах було виконано сегментарну резекцію з подальшим дистракційним заміщенням кісткового дефекту. Це також сприяло оптимальному заміщенню м'якотканинного дефекту. Lower Extremity Functional Scale (LEFS) використовувалася для оцінки результатів лікування. **Результати.** КФ при відкритих переломах великогомілкової кістки у хворих основної групи (36 пацієнтів) застосовували із запропонованими нами вдосконаленнями: режими проведення і компоновка спиць під кутами в різних площинах; використання «кута жорсткості» при монтажу стрижня. У 16 випадках була проведена сегментарна резекція ураженої нежиттєздатної частини великогомілкової кістки і рання дистракційна пластика. Проведено дебрідмент вогнища перелому з використанням VAC-терапії. Здійснено фінальну фіксацію Softcast/Scotchcast. Усе це дало змогу уникнути деформації регенерату та створити оптимальні умови для його дозрівання і проведення ранньої реабілітації. Середній час перебування в КФ EFT у групі порівняння становив $997,6 \pm 19,9$ днів, а в основній — $901,1 \pm 11,3$ днів ($p < 0,05$). Він зменшувався і за рахунок більш раннього переходу на фіксацію індивідуальними напівтвердими пов'язками. Анатомо-функціональні результати за EFT в основній групі з високою часткою вірогідності ($> 95\%$) перевершували результати в групі порівняння. **Висновки.** Були виявлені недоліки КФ, запропоновані та використані оптимальні конструкції відповідно до клінічних випадків. Удосконалена тактика комплексного лікування відкритих переломів гомілки містила малу травматичність, етапність, комплексність і ранню реабілітаційну спрямованість. Результати лікування в основній групі з високою часткою вірогідності ($> 95\%$) перевершували результати в групі порівняння.

Ключові слова: відкриті переломи гомілки; кільцеві фіксатори

© «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.

Вступ

Нестабільне кровопостачання, підшкірне розташування кістки та відсутність м'якотканинного покриття роблять відкриті переломи гомілки вразливими для розвитку незрошення та інфекції [1–3]. Загальноприйнятим є застосування зовнішніх фіксаторів для лікування відкритих переломів великогомілкової кістки як тимчасового, первинного способу фіксації. Але можливе застосування зовнішнього фіксатора і як остаточно-го лікування переломів діафізу великогомілкової кістки [4–6].

Мета. Метою цього дослідження було вивчення клінічних результатів лікування складних високоенергетичних відкритих переломів великогомілкової кістки з використанням удосконалених кільцевих фіксаторів (КФ) спице-стрижневого типу.

Завдання: 1) за даними літератури та клінічного досвіду виявити недоліки КФ, запропонувати і використати оптимальні конструкції відповідно до клінічних випадків; 2) удосконалити тактику комплексного лікування найбільш тяжких випадків; 3) за допомогою стандартних оцінних шкал встановити ефективність лікування порівняно з традиційними методами лікування.

Матеріали та методи

Під нашим наглядом перебувало 78 постраждалих із тяжкими відкритими переломами кісток гомілки. Під час огляду було задокументовано наявність перелому, його характер, ступінь судинно-нервових порушень та стан м'яких тканин. Пацієнти були проінформовані про довготривале лікування та його можливі ускладнення, що фіксувалося в інформованій згоді.

Критерієм включення постраждалих із високоенергетичними відкритими осколковими переломами кісток гомілки був вік від 18 до 60 років. Виключали із дослідження пацієнтів із системними або будь-якими скелетними захворюваннями і травмами, що впливали на консолидацію кісток.

Критеріям включення відповідали 36 пацієнтів (31 (85,7 %) чоловік, 5 (13,9 %) жінок) із відкритими переломами кісток гомілки, які були прооперовані за запропонованою методикою (основна група).

Група порівняння складалася із 42 постраждалих, аналіз результатів лікування яких проводився ретроспективно. Критерії відбору були такими ж, як і в основній групі. Відмінність полягала в тому, що лікування проводили ще з використанням традиційних методик. Апарати були класичного ілізаровського компоновання — у кільцях проводили по парі перехрещених спиць у горизонтальній площині кілець. Аналіз розвитку ускладнень у цій групі і результати літературного огляду цієї патології дозволили нам виявити основні недоліки, які були враховані при наступному лікуванні в основній групі.

Ми виділили недоліки і ускладнення, причини, які могли до них призвести, а також запропонували та застосували удосконалення, які допомогли б цих ускладнень уникнути.

1. Відкриті переломи потребують довготривалої фіксації. Перехрестя спиць у верхньому кільці вело до розвитку контрактур колінного суглоба. Багато авторів відмічає явища запалення в зоні проведення спиць, недостатність жорсткості апарату через розвиток остеопорозу, появу рухливості та кутове зміщення після демонтажу апарату. З урахуванням можливих ускладнень ми удосконалили застосування КФ. Використовували спице-стрижневі апарати (у верхній третині великогомілкової кістки замість кільця зі спицями використовували стрижень з «кутом жорсткості»). Для досягнення стабільності системи використовували спиці Ілізарова діаметром 2,0 мм, які проводили з перехрестям не тільки у фронтальній, а й у сагітальній площині кільця. Спиці мали пір'яну заточку і проводилися в режимі 200–300 обертів на хвилину. Підвищені фіксувальні можливості КФ дозволили провести значне навантаження кінцівки вже на етапі заміщення дефекту. Конструктивні особливості фінальної пов'язки Softcast/Scotchcast дозволяють не тільки безпечно застосовувати кінцівку під час ходіння, а й повноцінно відновити функцію гомілковостопного суглоба. З тією ж метою ми проводили фонофорез та місцеве застосування Фастум® гелю і Ліутон® 1000 гелю, що забезпечувало знеболювальний та протизапальний ефект. Режим апарату ультразвуку був безперервний, щільність випромінювання становила від 0,7 до 1,0 Вт/см² на нижню третину гомілки та ділянку суглобів кореня стопи по 5–10 хвилин щодня. Курс лікування становив 10 сеансів, 1 раз на день. У разі необхідності постраждалі застосовували теплі препарати вдома, наносячи їх вже без проведення фонофорезу.

2. Травматичний дефект тканин. Підшкірне розташування кістки і відсутність м'якотканинного покриття ведуть у високому відсотку спостережень відкритих переломів гомілки до дефекту тканин, осколкового характеру перелому. Одномоментне вирішення завдань пластики в цій ситуації є досить проблематичним. Аналізуючи причини розвитку ускладнень у групі порівняння, ми дійшли висновку, що важливими причинами були енергія ураження, стан м'яких тканин, наявність уламків великогомілкової кістки без живлення. Частина м'яких тканин була у стані парабіозу, що зумовлювало неможливість чіткого визначення їх стану, і, як наслідок, спричиняло недостатню ефективність одномоментної хірургічної обробки і появу нових вогнищ некрозу та розвитку септичного запалення. Етапний дебрідмент відкритого перелому, використання VAC-терапії (Vacuum-Assisted Closure) робило можливим в ранні строки проведення пластики м'якотканинних дефектів. У 12 хворих (25,6 %) основної групи на ранніх етапах було виконано первинну ранню сегментарну резекцію з подальшим заміщенням кісткового дефекту за Ілізаровим КФ поліпшеної компоновки. Первинна сегментарна резекція великогомілкової кістки була конгруентною; конструкція КФ початково давала можливість здійснювати дистракційне заміщення кісткового дефекту без його перемонтажу. Дистракційне заміщення кісткового дефекту робило можливим опти-

Таблиця 1. Результати лікування в основній групі за оцінкою шкалою Lower Extremity Functional Scale

Результати										
	Відмінні		Добрі		Задовільні		Незадовільні		Всього	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
Основна група	6	16,7	15	41,7	12	33,3	5	8,3	36	100
Група порівняння	4	9,5	14	33,3	17	40,5	7	16,7	42	100

мальне заміщення і ранового дефекту. Остеотомування великогомілкової кістки для отримання низхідного транспорту проводилось осциляційною пилкою або долотом із хірургічного доступу до 4 см із введенням «захисників» — елеваторів. Втручання супроводжували медикаментозним забезпеченням — мультимодальним знеболюванням у періопераційному періоді (перидуральна анестезія з використанням препаратів Дексалгін® ін'єкт і розчину парацетамолу). Знеболювання із внутрішньом'язовим використанням препарату Дексалгін® у дозі 50 мг проводили двічі на добу впродовж 3 діб. Введення здійснювали з періодичністю у 12 годин навіть за відсутності больового компоненту. У випадках стійкого болю переходили на таблетовані форми, знеболювання продовжувалося ще на 2–3 доби.

Lower Extremity Functional Scale (LEFS) — функціональна шкала нижньої кінцівки [7–9]. Вона запропонована для оцінки втрати або труднощів у виконанні повсякденних дій, у здійсненні яких бере участь нижня кінцівка. Ми використовували її для оцінки результатів лікування.

Результати та обговорення

Спице-стрижневі КФ при відкритих переломах великогомілкової кістки у хворих основної тупи (36 пацієнтів) застосовували із запропонованими нами вдосконаленнями: режими проведення і компоновка спиць під кутами в різних площинах, використання «кута жорсткості» при монтажу стрижня. У 16 випадках була проведена сегментарна резекція ураженої нежиттєздатної частини великогомілкової кістки і рання її дистракційна пластика. Багаторазовий дебрідмент вогнища перелому проводився з використанням VAC-терапії. Здійснена запрограмована фіксація Softcast/Scotchcast. Усе це дало змогу уникнути деформації регенерату і створити оптимальні умови для його дозрівання і проведення ранньої реабілітації. Здійснювалася рання реабілітація із застосуванням місцевих (Фастум® гель і Ліотон® 1000 гель) і системних (Дексалгін® ін'єкт і парацетамол) знеболювальних та протинабрякових препаратів (низькомолекулярних гепаринів). Оптимальне періопераційне знеболювання хворих із незрощеннями кісток гомілки ми бачимо в наступному. Найбільш повно всім вимогам відповідала спинномозкова анестезія, яка доповнювалася застосуванням Дексалгін® ін'єкт 50 мг внутрішньом'язово у вигляді премедикації і знеболювання в ранньому післяопераційному періоді. Обсяг споживання промедолу при

цьому був незначним. Результати знеболювання на всіх етапах оцінювалися хворими як адекватні.

Середній час перебування в КФ EFT (the time in the external fixator) у групі порівняння становив $997,6 \pm 19,9$ дня, а в основній — $901,1 \pm 11,3$ дня ($p < 0,05$). Він зменшувався завдяки більш ранньому переходу на фіксацію індивідуальними напівтвердими пов'язками. На етапі фінального їх застосування постраждали здійснювали повноцінне рухове навантаження на травмовану кінцівку з використанням лише тростини без ризику деформації регенерату та розвитку запальних явищ.

Отримано такі результати лікування постраждалих із незрощеннями кісток гомілки у разі використання КФ із запропонованими нами режимами використання за оцінкою анатомо-функціональною шкалою LEFS (табл. 1).

Анатомо-функціональні результати в основній групі з високою часткою вірогідності ($> 95\%$) перевершували результати в групі порівняння.

Висновки

Були виявлені недоліки КФ, запропоновані і використані оптимальні конструкції відповідно до клінічних випадків.

Удосконалена тактика комплексного лікування відкритих переломів гомілки містила малу травматичність, етапність, комплексність і ранню реабілітаційну спрямованість.

Результати лікування в основній групі з високою часткою вірогідності ($> 95\%$) перевершували результати в групі порівняння.

Конфлікт інтересів. Автор заявляє про відсутність конфлікту інтересів та власної фінансової зацікавленості при підготовці даної статті.

Список літератури

1. Cinthuja P, Wijesinghe PCI & Silva P. Use of external fixators in developing countries: a short socioeconomic analysis. *Cost Eff Resour Alloc.* 2022;20:14. <https://doi.org/10.1186/s12962-022-00353-4>

2. Swart E, Lasceski C, Latario L, Jo J, Nguyen UDT. Modern treatment of tibial shaft fractures: Is there a role today for closed treatment? *Injury.* 2021 Jun;52(6):1522-1528. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2020.10.018>

3. Dickson DR, Moulder E, Hadland Y, Giannoudis PV, Sharma HK. Grade 3 open tibial shaft fractures treated with a circular frame, functional outcome and systematic re-

view of literature. *Injury*. 2015;46(4):751–758. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2015.01.025>.

4. Jain S, Patel P, Gupta S. External Fixator As A Definitive Treatment For Tibial Diaphyseal Fractures. *ojmpc*. 2020;26(1):34–39. <https://ojmpc.com/index.php/ojmpc/article/view/102>.

5. Naude JJ, et al. Functional Outcomes and Quality of Life Following Complex Tibial Fractures Treated with Circular External Fixation: A Comparison between Proximal, Midshaft, and Distal Tibial Fractures. *Strategies in Trauma and Limb Reconstruction*. 2021;16:32–40. <https://doi.org/10.5005/journals-10080-1506>.

6. Tamburini L, Zeng F, Neumann D, Jackson C, Mancini M, Block A, Patel S, Wellington I, Stroh D. A Review of Tibial Shaft Fracture Fixation Methods. *Trauma Care*. 2023;3:202–211. <https://doi.org/10.3390/traumacare3030019>.

7. Yeung TS, Wessel J, Stratford P, Macdermid J. Reliability, validity, and responsiveness of the lower extremity functional scale for inpatients of an orthopaedic rehabilitation ward. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2009 Jun;39(6):468–77. <https://doi.org/10.2519/jospt.2009.2971>.

8. Ratter J, Pellekooren S, Wiertsema S, et al. Content validity and measurement properties of the Lower Extremity Functional Scale in patients with fractures of the lower extremities: a systematic review. *J Patient Rep Outcomes*. 2022;6:11–17. <https://doi.org/10.1186/s41687-022-00417-2>.

9. de Munter L, Polinder S, van de Ree CLP, Kruithof N, Lansink KWW, Steyerberg EW, et al. Predicting health status in the first year after trauma. *Br J Surg*. 2019;106(6):701–710. <https://doi.org/10.1002/bjs.11132>.

Отримано/Received 16.01.2025

Рецензовано/Revised 27.02.2025

Прийнято до друку/Accepted 03.03.2025

Information about author

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; phone: +380 (97) 359-53-34; <https://orcid.org/0000-0002-9530-2321>

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

A.K. Rushai

Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

Ring fixators as a basic method for open fractures of the tibia

Abstract. Background. Unstable blood supply, subcutaneous bone location and lack of soft tissue coverage make open tibial fractures vulnerable to nonunion and infection. It is generally accepted that external fixators are used to treat open tibial fractures as the primary method of fixation. However, it is possible to use an external fixator as a definitive treatment of fractures. The purpose of this study was to improve the clinical treatment outcomes in complex high-energy open tibial fractures using improved ring fixators (RF) of the spoke-rod type. **Materials and methods.** We studied 78 patients with severe open tibial fractures. The inclusion criteria were met by 36 patients, 31 (85.7 %) men and 5 (13.9 %) women with open tibial fractures who were operated according to the proposed method and formed the main group. The comparison group consisted of 42 patients whose treatment outcomes were analyzed retrospectively. The selection criteria corresponded to those of the main group. The treatment was carried out using traditional methods. The analysis of the development of complications revealed the main shortcomings that were taken into account in the subsequent treatment. Improved RFs were used (rod with the “angle of rigidity”; spokes with a cross in the frontal and sagittal planes of the ring). The increased capabilities of the RF and the final Softcast/Scotchcast dressing allowed for safe use of the limb during walking. We came to the conclusion that the following were important: the energy of the lesion, the condition of the soft tissues, and the presence of tibial fragments without nutrition. Some of the soft tissues were in a state of parabiosis, which made it impossible to clearly determine their condition. The insufficient effectiveness of a single surgical treatment was due to the possible appearance of new foci of necrosis and the development of septic inflammation. The staged debridement of an open fracture and the

use of vacuum-assisted closure made allow for early plastic surgery of soft tissue defects. In 12 patients (25.6 %) of the main group, segmental resection was performed in the early stages, followed by distraction replacement of the bone defect. This contributed to the optimal replacement of the soft tissue defect. The Lower Extremity Functional Scale was used to assess the treatment outcomes.

Results. In the main group, RF for open tibial fractures was used with the improvements proposed by us: modes of conduction and arrangement of the spokes at angles in different planes; the “angle of rigidity” was used when placing the rod. In 16 cases, segmental resection of the affected non-viable part of the tibia and early distraction replacement were performed. Debridement of the fracture site was done using vacuum-assisted closure therapy. Final fixation with Softcast/Scotchcast was performed. All this made it possible to avoid deformation of the regenerate and create optimal conditions for its maturation and early rehabilitation. The average length of stay in the RF in the comparison group was 997.6 ± 19.9 days, and in the main group, 901.1 ± 11.3 days ($p < 0.05$). It was also reduced due to an earlier transition to fixation with individual semi-rigid bandages. Anatomical and functional results in terms of the external fixation time in the main group with a high probability ($> 95\%$) were superior to those in the comparison group. **Conclusions.** The disadvantages of RF were identified, optimal designs were proposed and used in accordance with clinical cases. The improved tactics of comprehensive treatment for open tibial fractures included low invasiveness, staged approach, comprehensiveness, and focus on early rehabilitation. Treatment outcomes in the main group with a high probability ($> 95\%$) were superior to those in the comparison group.

Keywords: open tibial fractures; ring fixators

Нехлопочин О.С.¹, Вербов В.В.¹, Чешук Є.В.¹, Карпінський М.Ю.², Яресько О.В.²

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

²ДУ «Інститут патології хребта та суглобів імені професора М.І. Ситенка НАМН України», м. Харків, Україна

Коротка транспедикулярна фіксація вибухових переломів у ділянці грудопоперекового переходу під час згинання тулуба вперед: біомеханічне дослідження методом скінченних елементів

Резюме. Актуальність. Травми грудопоперекового переходу (Th11–L2) становлять близько 46,5 % усіх переломів хребта. Вибухові переломи найчастіше трапляються саме в зоні переходу грудного кіфозу в поперековий лордоз, що зумовлено специфічними морфологічними та біомеханічними особливостями цієї ділянки. У хірургічній практиці простежується тенденція до застосування мінімально інвазивних технологій, зокрема короткої транспедикулярної фіксації, проте за нестабільних вибухових переломів такий підхід нерідко супроводжується підвищеним ризиком неспроможності металоконструкції. **Мета:** оцінити напружено-деформований стан моделей грудопоперекового відділу хребта з вибуховим переломом тіла хребця Th12 під час згинання тулуба вперед за різних варіантів короткої транспедикулярної фіксації (короткими й довгими гвинтами, з додатковою фіксацією хребця Th12 чи без неї). **Матеріали та методи.** Використано розроблену скінченно-елементну 3D-модель грудопоперекового відділу хребта із вибуховим переломом тіла Th12. Моделювали чотири варіанти транспедикулярної фіксації двох суміжних з ушкодженням хребців: із короткими й довгими гвинтами, які проходять крізь передню поверхню тіла хребця, а також додатковими двома короткими гвинтами в тіло Th12 та без них. Імітували нахил тулуба вперед за жорсткого закріплення нижньої поверхні диска L5. Напруження за Мізесом визначали в низці контрольних точок. **Результати.** Встановлено, що без додаткової фіксації Th12 використання довгих гвинтів, порівняно з короткими, забезпечує нижчі пікові напруження в тілі хребця Th12, сусідніх хребцях і металоконструкції. Максимальні напруження на гвинтах та опорних балках лишаються доволі високими, проте відчутно зменшуються під час застосування довгих гвинтів. Використання проміжних гвинтів істотно знижує напруження в кісткових елементах, що важливо для профілактики розхитування й міграції гвинтів. Поєднання довгих гвинтів із додатковою фіксацією Th12 виявилось найбільш ефективним для мінімізації напружень у кісткових структурах і металоконструкції. **Висновки.** Застосування короткої транспедикулярної фіксації разом із додатковою фіксацією Th12 суттєво зменшує рівень напружень у кісткових елементах, однак здатне викликати надмірне навантаження на фіксувальні елементи. Найоптимальнішим за показниками розподілу напружень (як у кісткових структурах, так і в металоконструкції) є комбінація довгих гвинтів із додатковою фіксацією Th12.

Ключові слова: грудопоперековий перехід; вибуховий перелом; коротка транспедикулярна фіксація; метод скінченних елементів; біомеханічний аналіз, напружено-деформований стан, флексійне навантаження

Вступ

Травми грудопоперекового переходу (Th11–L2) посідають одне з провідних місць у структурі вертебральних ушкоджень і, за даними низки досліджень, становлять до 46,5 % усіх переломів хребта [1, 2]. Осо-

бливе місце серед цих ушкоджень належить вибуховим переломам, які найчастіше трапляються саме в зоні переходу грудного кіфозу в поперековий лордоз. Морфологічні особливості цієї ділянки, зокрема відносна прямолінійність сегмента Th11–L2, зумовлюють не-

рівномірний розподіл навантажень під час осьових та комбінованих впливів та слабкість компенсаторних механізмів, що підвищує ризик розвитку тяжких деформацій і неврологічних ускладнень [3].

Сучасні тенденції в хірургічному лікуванні подібних переломів дедалі більше тяжіють до мінімально інвазивних методик і зменшення протяжності фіксації, аби зберегти максимально можливу кількість функціонально активних сегментів [4]. Водночас у разі нестабільних ушкоджень, зокрема за вибухових переломів, постає питання забезпечення достатньої механічної стійкості конструкції. Застосування короткої транспедикулярної фіксації, попри очевидні переваги (менша травматичність, скорочення обсягу операційного втручання, потенціал подальшої ремобілізації), доволі часто супроводжується підвищеним ризиком неспроможності металоконструкції — міграцією гвинтів, поломкою стрижнів чи втратою корекції [5, 6].

З метою подолання цієї проблеми в клінічній практиці набуло поширення використання «проміжних» гвинтів, які встановлюються безпосередньо в тіло ушкодженого хребця, а також довгих гвинтів, що проходять крізь передню стінку тіла хребця. Припускають, що додаткова опора в зоні перелому та/або збільшена довжина гвинтів сприяють рівномірнішому перерозподілу навантаження та зниженню пікових напружень на опорних балках і сусідніх хребцях [7]. Утім, недостатня кількість систематичних досліджень, присвячених біомеханічному обґрунтуванню таких рішень, залишає низку запитань відкритими та підкреслює необхідність подальшого вивчення цієї проблематики [8].

Слід зважати, що у вертикальному положенні тіла вісь навантаження зазвичай розташована дещо вентральніше відносно тіл хребців груднопоперекової зони, створюючи флексійний момент у сегменті Th11–L2. Саме тому дослідження поведінки конструкції під дією флексійних навантажень є особливо актуальним — адже в реальних клінічних умовах значна частина навантаження на хребтовий сегмент припадає на згинальну складову [9]. У контексті хірургічного лікування це зумовлює підвищені вимоги до міцності та стабільності фіксувальних систем, встановлених на рівні перелому в зоні груднопоперекового переходу.

Мета: дослідити напружено-деформований стан моделей груднопоперекового відділу хребта за вибухового перелому тіла Th12, порівнявши різні варіанти

короткої транспедикулярної фіксації (з короткими чи довгими гвинтами, з проміжними гвинтами чи без них) під дією флексійного навантаження.

Матеріали та методи

У лабораторії біомеханіки Інституту патології хребта та суглобів імені проф. М.І. Ситенка НАМН України була розроблена математична скінченно-елементна модель груднопоперекового відділу хребта людини із вибуховим переломом хребця Th12. Детальний опис та характеристики моделі наведено в попередніх публікаціях [10, 11].

Вибуховий перелом моделювали шляхом розділення тіла хребця декількома площинами на окремі фрагменти. Проміжки між фрагментами диска заповнювали матеріалом, який імітував міжуламковий регенерат.

Моделювали 4 варіанти транспедикулярної фіксації двох суміжних з ушкодженням хребців: з використанням коротких і довгих фіксувальних гвинтів, які проходять крізь передню поверхню тіла хребця, а також додаткових двох коротких гвинтів у тіло хребця Th12 та без них (рис. 1).

При моделюванні матеріал вважали однорідним та ізотропним. Як скінченний елемент обрано 10-вузловий тетраедр з квадратичною апроксимацією. Механічні властивості біологічних тканин (кортикальна та губчаста кістка, міжхребцеві диски) для математичного моделювання обрано за даними [12–15]. Матеріал елементів металоконструкцій — титан. Механічні характеристики штучних матеріалів обирали за даними технічної літератури [16]. Для аналізу використовували такі характеристики, як E — модуль пружності (модуль Юнга), ν — коефіцієнт Пуассона. Дані про механічні характеристики матеріалів наведено в табл. 1.

Напружено-деформований стан моделей досліджували під впливом згинаючого навантаження, що діє ззаду вперед та імітує нахил тулуба вперед. Навантаження прикладали до тіла Th9 хребця та поверхонь фасеткових суглобів. Величина навантаження становила 350 Н, що відповідає вазі верхньої частини тіла. По каудальній поверхні диска L5 модель мала жорстке закріплення.

Для зручності дослідження змін напружено-деформованого стану моделей залежно від способу транспедикулярної фіксації величину напруження визначали в контрольних точках (рис. 2).

Таблиця 1. Механічні характеристики матеріалів, використаних при моделюванні

Матеріал	Модуль Юнга, МПа	Коефіцієнт Пуассона
Кортикальна кістка	10 000	0,3
Губчаста кістка	450	0,2
Суглобовий хрящ	10,5	0,49
Міжхребцеві диски	4,2	0,45
Міжуламковий регенерат	1,0	0,45
Титан BT-16	110 000	0,3

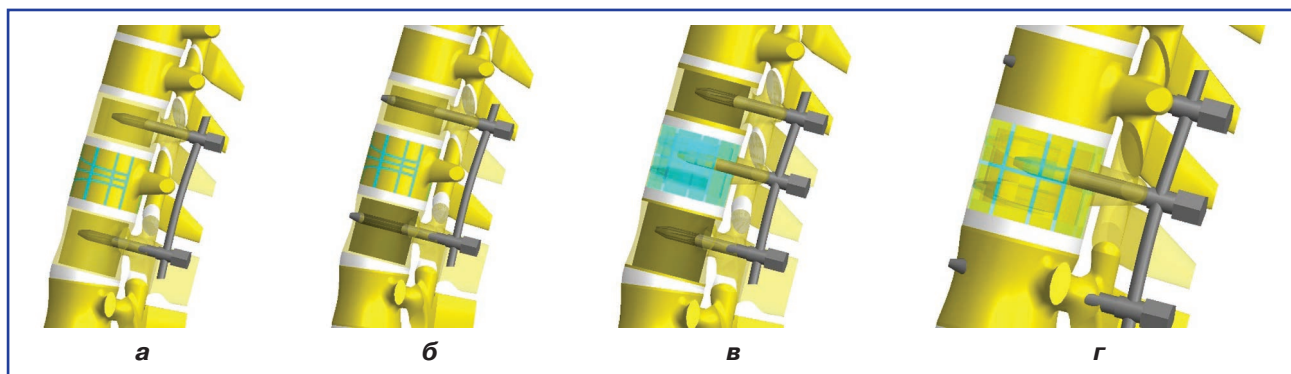


Рисунок 1. Моделі з різними варіантами транспедиккулярної фіксації: а — короткі гвинти без додаткових; б — довгі гвинти без додаткових; в — короткі гвинти з поперечними стяжками з додатковою фіксацією Th12; г — довгі гвинти з додатковою фіксацією Th12

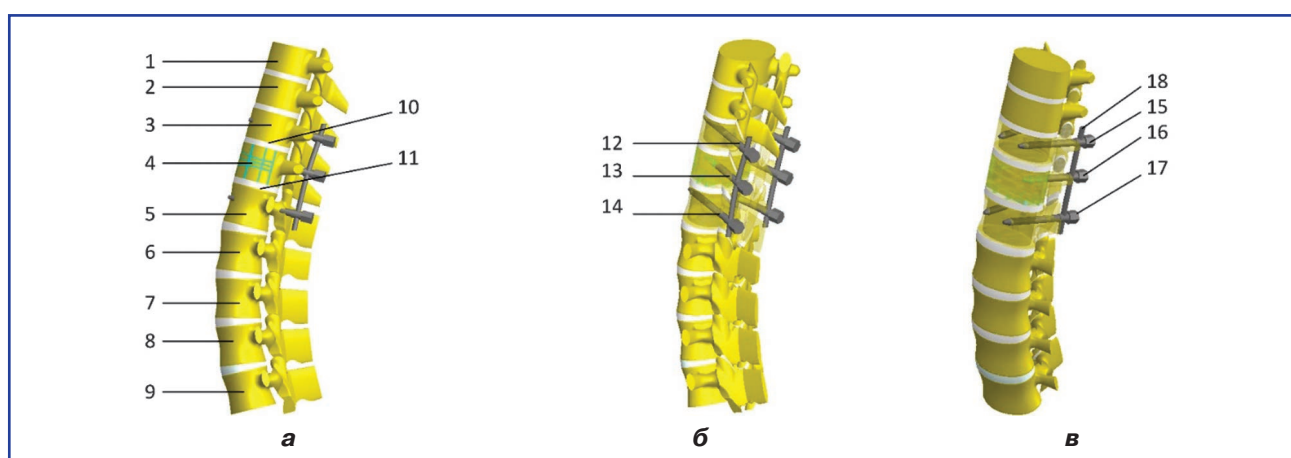


Рисунок 2. Схема розташування контрольних точок: 1 — тіло хребця Th9; 2 — тіло хребця Th10; 3 — тіло хребця Th11; 4 — тіло хребця Th12; 5 — тіло хребця L1; 6 — тіло хребця L2; 7 — тіло хребця L3; 8 — тіло хребця L4; 9 — тіло хребця L5; 10 — нижня замикальна пластинка тіла хребця Th11; 11 — верхня замикальна пластинка тіла хребця L1; 12 — вхід гвинтів у дугу хребця Th11; 13 — вхід гвинтів у дугу хребця Th12; 14 — вхід гвинтів у дугу хребця L1; 15 — гвинти у тілі хребця Th11; 16 — гвинти у тілі хребця Th12; 17 — гвинти у тілі хребця L1; 18 — опорні балки

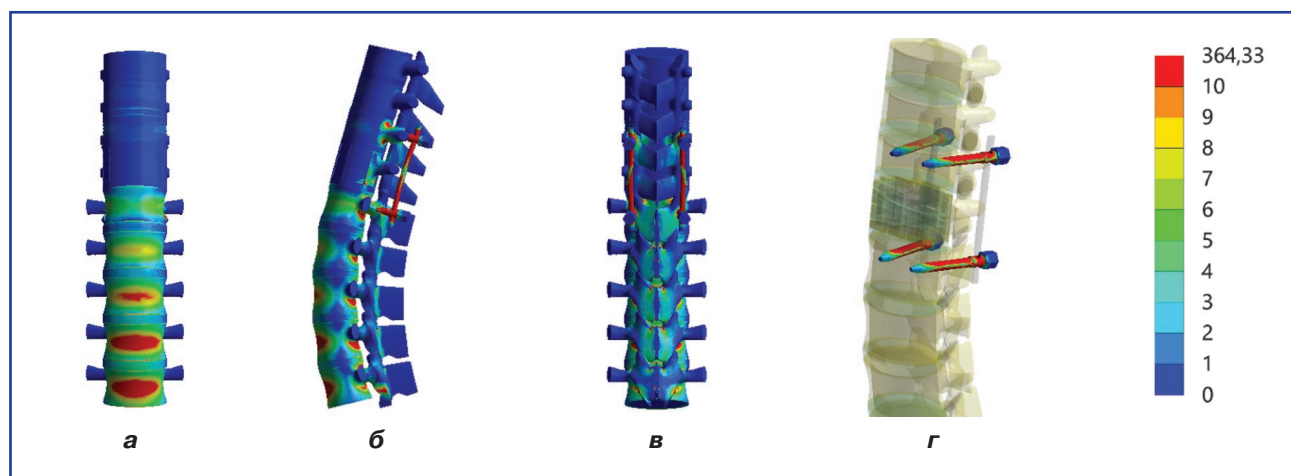


Рисунок 3. Розподіл напруження у моделі груднопоперекового відділу хребта з вибуховим переломом тіла хребця Th12 при нахилі тулуба вперед. Транспедиккулярна фіксація короткими гвинтами без проміжних: а — вигляд спереду; б — вигляд збоку; в — вигляд ззаду; г — гвинти

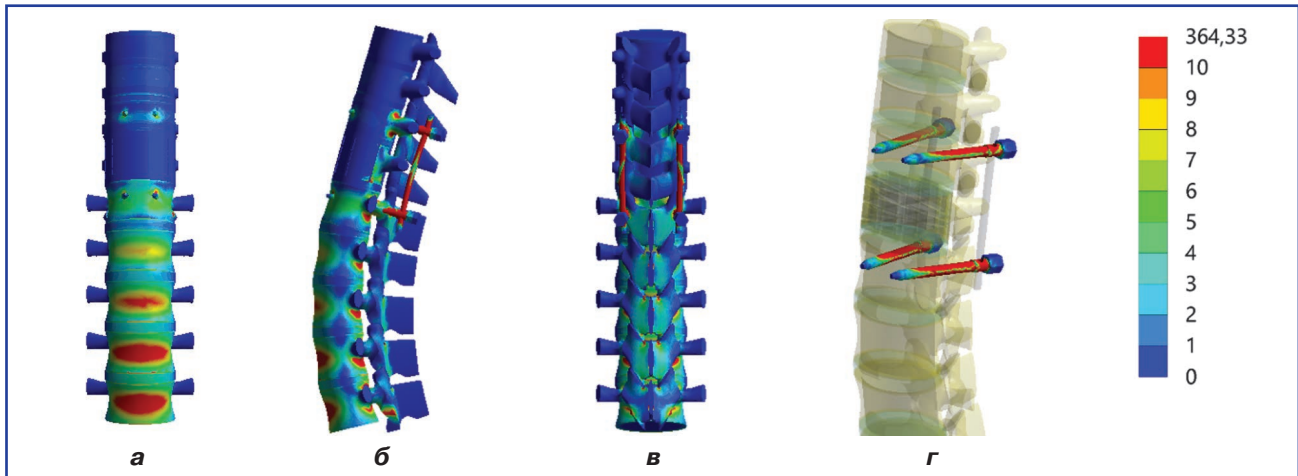


Рисунок 4. Розподіл напруження в моделі груднопоперекового відділу хребта з вибуховим переломом тіла хребця Th12 при нахилі тулуба вперед. Транспедикулярна фіксація довгими гвинтами без фіксації хребця Th12: а – вигляд спереду; б – вигляд збоку; в – вигляд ззаду; г – гвинти

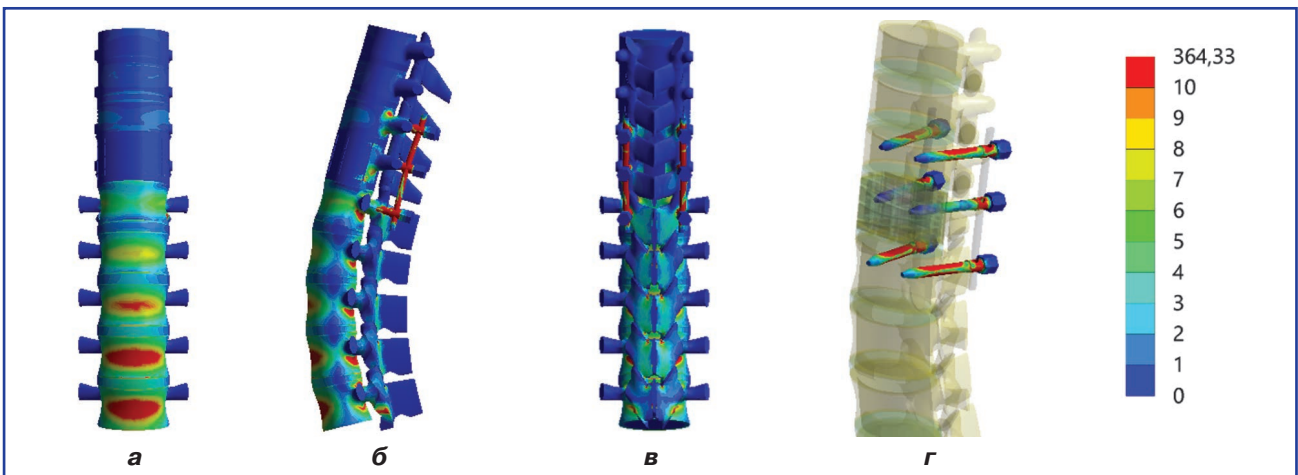


Рисунок 5. Розподіл напруження в моделі груднопоперекового відділу хребта з вибуховим переломом тіла хребця Th12 при нахилі тулуба вперед. Транспедикулярна фіксація короткими гвинтами з додатковою фіксацією хребця Th12: а – вигляд спереду; б – вигляд збоку; в – вигляд ззаду; г – гвинти

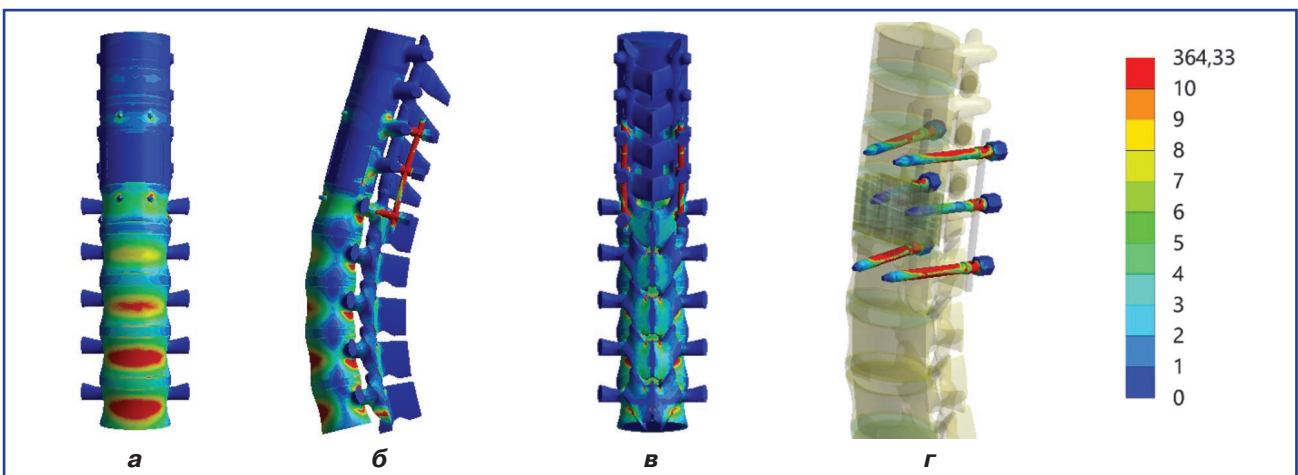


Рисунок 6. Розподіл напруження в моделі груднопоперекового відділу хребта з вибуховим переломом тіла хребця Th12 при нахилі тулуба вперед. Транспедикулярна фіксація довгими гвинтами з додатковою фіксацією хребця Th12: а – вигляд спереду; б – вигляд збоку; в – вигляд ззаду; г – гвинти

Моделі досліджували на напружено-деформований стан за допомогою методу скінченних елементів, використовуючи як критерій оцінки напружень показник за Мізесом [17]. При цьому 3D-моделювання виконували в середовищі SolidWorks (Dassault Systemes, Франція), а визначення напружено-деформованого стану проводили в програмному комплексі CosmosM [18].

Результати

На першому етапі дослідження вивчено напружено-деформований стан моделі грудопоперекового відділу хребта з вибуховим переломом тіла хребця Th12 при нахилі тулуба вперед. Для транспедикулярної фіксації використано короткі гвинти без фіксації хребця Th12. На рис. 3 зображено розподіл напруження у моделі.

При нахилі тулуба вперед у моделі з короткою транспедикулярною фіксацією короткими гвинтами максимальне напруження величиною 22,2 МПа виникає саме в тілі ураженого хребця Th12. У суміжних хребцях Th11 та L1 напруження значно нижчі — 8,5 та 16,0 МПа відповідно. У поперековому відділі хребта нижче рівня інструментації напруження поступово зростають від 13,7 МПа у хребці L2 до 20,1 МПа у тілі хребця L4. Навколо фіксуючих гвинтів максимальний рівень напружень — 15,4 МПа — визначено в дугах хребця Th11; в дугах хребця L1 напруження трохи нижчі — 12,4 МПа. На самих гвинтах напруження практично однакові й визначаються на рівні 75,2 та 75,9 МПа відповідно в хребцях Th11 і L1. Найбільш напруженими елементами металевої конструкції є опорні балки, на яких напруження сягають позначки 361,3 МПа.

На рис. 4 наведено напружено-деформований стан моделі грудопоперекового відділу хребта з вибуховим переломом тіла хребця Th12 при нахилі тулуба вперед.

Використання довгих транспедикулярних гвинтів при нахилі тулуба вперед, порівняно з моделлю фіксації короткими гвинтами, призводить до зниження рівня напружень у найбільш навантажених елементах моделі. Так, у тілах хребців у зоні інструментації зниження напружень визначається в тілі хребця Th12 і L1 до 14,6 та 12,7 МПа відповідно. У тілі хребця Th11 напруження, навпаки, незначно підвищуються до позначки 22,7 МПа. У поперековому відділі, а саме в тілах хребців L2–L4 напруження знижуються незначно і визначаються в межах від 12,7 до 19,3 МПа. В інших хребцях змін величин напружень не спостерігали. Навколо фіксуючих гвинтів визначали зниження величини напружень у дугах хребця Th11 до 14,5 МПа та підвищення їх до позначки 12,9 МПа в дугах хребця L1. На самих гвинтах рівень напружень підвищується до 79,7 та 95,1 МПа в хребцях Th11 та L1 відповідно. На опорних балках також зафіксовано зниження величини напружень до рівня 337,2 МПа.

Досліджено вплив додаткової фіксації хребця Th12 на розподіл напружень у моделі грудопоперекового відділу хребта з вибуховим переломом тіла Th12 під час згинання тулуба вперед за умови застосування транспедикулярної фіксації короткими гвинтами. Розподіл напружень у моделі можна спостерігати на рис. 5.

Результати моделювання показали, що використання додаткової фіксації хребця Th12 у комбінації з короткими транспедикулярними гвинтами при нахилі тулуба вперед знижує рівень напруження в усіх контрольних точках на кісткових елементах моделі порівняно з моделлю без фіксації хребця Th12. Незначне підвищення рівня напружень із 8,0 до 8,4 МПа визначається тільки на верхній замикальній пластинці хребця L1. У дугах хребців Th11 і L1 навколо фіксувальних гвинтів зафіксовано зниження рівня напружень до 8,8 та 10,0 МПа відповідно. Напруження в дугах хребця Th12, який фіксований додатковими гвинтами, перебувають на позначці 2,5 МПа. На самих гвинтах у хребці Th12 напруження не перевищують позначки 13,2 МПа, що є найнижчим показником серед інших фіксувальних гвинтів моделі, на яких також відбувається зниження напружень до 60,1 МПа у хребці Th11 і до 64,4 МПа у хребці L1. При цьому рівень напружень на опорних балках сягає позначки 442,3 МПа.

Розглянути, як впливає наявність додаткової фіксації хребця Th12 на розподіл напружень у моделі з транспедикулярною фіксацією довгими гвинтами, можна на рис. 6.

Використання додаткової фіксації хребця Th12 у комбінації з довгими фіксувальними гвинтами при нахилі тулуба вперед забезпечує найнижчий рівень напружень в усіх контрольних точках за всі попередні варіанти транспедикулярної фіксації. Це стосується як кісткових, так і металевих елементів моделі. На опорних балках рівень напружень визначається на позначці 436,0 МПа, що нижче за модель з короткими гвинтами та додатковою фіксацією хребця Th12, але значно вище за моделі без додаткової фіксації.

Дані про величину напруження в усіх контрольних точках моделей за всіх варіантів транспедикулярної фіксації наведено в табл. 2.

Порівняльний аналіз показників напружень у кісткових елементах моделей грудопоперекового відділу хребта з вибуховим переломом тіла хребця Th12 під час нахилу тулуба вперед, виконаний для різних варіантів транспедикулярної фіксації, засвідчив позитивний вплив як збільшеної довжини гвинтів, так і додаткової фіксації хребця Th12. За результатами моделювання, застосування довгих транспедикулярних гвинтів разом із додатковою фіксацією Th12 дає змогу досягнути найнижчих рівнів напружень у кісткових структурах.

Аналіз розподілу напружень у контрольних точках металевої конструкції підтвердив оптимальність зазначеного варіанта і для самих металевих компонентів, адже порівняно з іншими конфігураціями він дає змогу суттєво зменшити ризик фрагментації фіксувальної системи.

Водночас результати демонструють, що за використання короткої інструментації з додатковою фіксацією ушкодженого хребця може виникати суттєве перевагання металевих елементів при нахилі тулуба вперед. Зокрема, опорні балки наближаються до межі міцності хірургічної сталі (505 МПа) [19].

Однак це не слід вважати жорстким лімітувальним критерієм, оскільки нині стандартом є застосування титанових сплавів із приблизно вдвічі вищим показником міцності [16]. У будь-якому варіанті додаткова фіксація хребця Th12 сприяє стабільному зниженню рівня напружень у кісткових елементах, що особливо важливо з клінічної точки зору, оскільки знижує ймовірність розхитування та міграції гвинтів — одного з найпоширеніших ускладнень. Крім того, встановлення довгих гвинтів у суміжних із ушкодженим хребцях додатково покращує розподіл напружень і зменшує механічне навантаження як на кісткову тканину, так і на металоконструкцію.

Обговорення

Комп’ютерні біомеханічні дослідження відіграють ключову роль у вивченні травматичних ушкоджень хребта, оскільки дають змогу детально проаналізувати вплив різних навантажень на кістково-м’язову систему безпосередньо на етапі моделювання. Завдяки використанню методу скінченних елементів та спеціалізованих програмних комплексів дослідники можуть отримувати кількісну оцінку розподілу напружень у хребцях і оточуючих структурах,

порівнювати ефективність різних методів фіксації та прогнозувати потенційні зони ризику переломів і перевантажень. Це, у свою чергу, забезпечує більш точне планування хірургічного втручання, підбір оптимальних імплантів, а також дає змогу зменшити ймовірність ускладнень і покращити загальні клінічні результати лікування пацієнтів із травматичними ушкодженнями хребта [20].

Дослідження особливостей біомеханіки хребта із вибуховим переломом за різних варіантів хірургічної фіксації становить суттєвий виклик через анатомо-геометричну складність та багатовекторні контактні взаємодії, що виникають між уламками кістки та елементами металоконструкцій. Наявність дрібних фрагментів і нерегулярних поверхонь руйнування ускладнює коректну побудову скінченно-елементної моделі, особливо з урахуванням різних типів матеріалів і варіантів їхньої механічної взаємодії [21].

Метою біомеханічного аналізу у більшості випадків є виявлення загальних тенденцій розподілу напружень, ефективності різних методів фіксації та визначення основних конструктивних параметрів імплантів, що впливають на стабільність та ризик перевантажень. Надмірна деталізація, яка передбачає поелементне від-

Таблиця 2. Напруження при нахилі тулуба вперед у моделях груднопоперекового відділу хребта з вибуховим переломом тіла хребця Th12 за різних варіантів транспедикулярної фіксації

Контрольні точки			Напруження, МПа			
			Модель без проміжних гвинтів		Модель із проміжними гвинтами	
№	Зона		Короткі гвинти	Довгі гвинти	Короткі гвинти	Довгі гвинти
1	Кісткова тканина	Тіло хребця Th9	1,6	1,6	1,6	1,6
2		Тіло хребця Th10	2,1	1,5	1,5	1,5
3		Тіло хребця Th11	8,5	8,4	8,1	7,5
4		Тіло хребця Th12	22,2	22,7	17,7	17,7
5		Тіло хребця L1	16,0	14,6	14,8	13,7
6		Тіло хребця L2	13,7	12,7	12,5	12,0
7		Тіло хребця L3	16,1	15,1	14,1	13,9
8		Тіло хребця L4	20,1	19,3	19,1	18,5
9		Тіло хребця L5	17,3	17,3	17,2	17,3
10		Нижня замикальна пластинка хребця Th11	3,0	3,1	2,7	2,2
11		Верхня замикальна пластинка хребця L1	8,0	7,7	8,4	5,7
12		Вхід гвинтів у дугу хребця Th11	15,4	14,5	8,8	7,7
13		Вхід гвинтів у дугу хребця Th12	–	–	2,5	2,5
14		Вхід гвинтів у дугу хребця L1	12,4	12,9	10,0	9,3
15		Гвинти в тілі хребця Th11	75,2	79,7	60,1	47,5
16		Гвинти в тілі хребця Th12	–	–	13,2	13,5
17		Гвинти в тілі хребця L1	75,9	95,1	64,4	75,7
18		Балки	361,3	337,2	442,3	436,0

творення кожного уламка або мікроструктури кісткової тканини, може бути надмірно ресурсомісткою та не завжди суттєво підвищує прикладну цінність результатів [22]. Тому практичний підхід часто полягає у застосуванні спрощених чи усереднених моделей, що дають змогу оптимізувати обчислювальні витрати та швидше отримати якісну оцінку ключових закономірностей. Такий компроміс дає змогу дослідникам і клініцистам ефективно порівнювати різні варіанти остеосинтезу, прогнозувати поведінку конструкцій за стандартних сценаріїв навантаження та визначати шляхи вдосконалення тактики хірургічного лікування при вибухових переломах хребта.

Слід зауважити, що в сучасній літературі можна знайти дані досліджень, у яких для аналізу вибухових переломів застосовують принципово різні підходи до побудови та налаштування скінченно-елементних моделей. Такі відмінності стосуються як спрощеної чи детальної геометрії хребців (із різним ступенем врахування дрібних фрагментів та мікроархітектури кістки), так і використання різноманітних конститутивних рівнянь для опису механічних властивостей матеріалів або різних алгоритмів контактної взаємодії між уламками й елементами остеосинтезу.

Зокрема, Changqing Li і співавтори отримували нестабільний вибуховий перелом на рівні T12 шляхом видалення нижньої частини тіла цього хребця, зберігаючи при цьому задні елементи. Завдяки такому підходу була сформована КЕ-модель із порушеною передньою колоною, що відображає клінічно нестабільне ушкодження [23].

Інша методика описана Reser Basaran і співавторами: дослідники виконали V-подібну остеотомію в центральній ділянці переднього краю та у верхніх двох третинах передньозаднього діаметра нормального T12. Відповідно до класифікації Magerl, таке втручання відповідає перелому типу A3.3.3, тобто «повному вибуховому перелому», із характерним зміщенням передньої колони [24].

У дослідженні Worawat Limthongkul і співавторів перелом відтворювали безпосередньо на основі реальних даних КТ-сканування пацієнта, який мав реальний вибуховий перелом L1. Усі отримані знімки, включно з лініями перелому та зміщенням фрагментів, були імпортовані в програмне забезпечення Mimics для створення детальної 3D-моделі, далі — деталізованої й розбитої на скінченно-елементну сітку в HyperMesh. Таким чином, модель точно відображала індивідуальний характер ушкодження [8].

Водночас Chia-En Wong і колеги імітували вибуховий перелом L1, штучно «послаблюючи» механічні характеристики центральної частини тіла хребця: модуль Юнга для кортикальної та губчастої кістки зменшували на 90 % у середніх 30 % об'єму. Така процедура дає змогу змодельовувати втрату міцності, характерну для вибухового перелому, не вдаючись до віртуальної остеотомії чи цифрового «розпилювання» хребця [25].

Таким чином, відмінності у підходах (від віртуальної остеотомії чи штучного «послаблення» кістки до пря-

мого відтворення даних КТ-сканування пацієнта) підкреслюють широкий спектр методологій, які існують для дослідження біомеханіки вибухових переломів та розробки оптимальних схем хірургічної фіксації.

Запропонована нами модель вибухового перелому не має прямих аналогів у сучасній літературі, що ускладнює точне зіставлення та інтерпретацію отриманих результатів. Утім, слід зауважити, що використаний у роботі метод імітації такого типу ушкодження є досить перспективним у контексті поставленого наукового завдання. Він дає змогу моделювати відносно рівномірне зниження механічної міцності тіла хребця без вираженої кіфотичної деформації, що відповідає характерним особливостям переломів типу A4 за класифікацією AO Spine [26]. Такий підхід забезпечує більш реалістичну оцінку поведінки кісткових структур у випадках масштабних пошкоджень тіла хребця та може бути успішно застосований для подальших досліджень варіантів остеосинтезу й оптимізації хірургічного лікування.

Аналіз публікацій дає підстави говорити про певну узгодженість отриманих нами результатів із даними інших авторів. Зокрема, у низці робіт підкреслюється, що згинальне навантаження належить до найбільш механічно несприятливих режимів, оскільки воно спричиняє суттєві зони концентрації напружень як у кісткових елементах моделі, так і в конструкційних деталях остеосинтезу. Така картина корелює з висновками, отриманими в представленому дослідженні, і ще раз підтверджує необхідність ретельного врахування біомеханічних особливостей при виборі тактики хірургічної фіксації вибухових переломів.

Загалом отримані результати переконливо свідчать про доцільність застосування проміжних гвинтів під час хірургічного лікування вибухових переломів ділянки груднопоперекового переходу, що не потребують відкритої декомпресії. Такий підхід дає змогу суттєво збалансувати розподіл навантажень у найбільш критичних та клінічно значущих ділянках моделі, зокрема в зоні контакту металоконструкції з кістковою тканиною. За певних умов його можна розглядати як альтернативу «довгому» восьмигвинтовому остеосинтезу, який традиційно вважається методом вибору для зони груднопоперекового переходу. Подальший аналіз інших сценаріїв навантаження та порівняння характеру розподілу напружень за різних варіантів фіксації видається доцільним для розробки індивідуалізованої, найбільш біомеханічно й клінічно обґрунтованої тактики лікування постраждалих із вибуховими переломами.

Висновки

При нахилі тулуба вперед використання короткої інструментації із додатковою фіксацією ушкодженого хребця для остеосинтезу хребців з вибуховими переломами веде до перевантаження елементів металевої конструкції незалежно від довжини гвинтів у суміжних хребцях, але призводить до зниження рівня напружень у кісткових елементах моделі. Використання до-

вгих транспедикулярних гвинтів та додаткової фіксації хребця Th12 є найбільш оптимальним варіантом як для металевих конструкцій, так і для кісткових елементів моделі, з точки зору величин напружень в них.

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

Внесок авторів. Нехлопочин О.С. — концепція та дизайн роботи, збір та аналіз даних, написання статті, остаточне затвердження статті; Вербов В.В., Чешук Є.В. — збір та аналіз даних, критичний огляд; Карпінський М.Ю. — концепція та дизайн роботи, відповідальність за статистичний аналіз, написання статті, остаточне затвердження статті; Яреско О.В. — збір та аналіз даних, відповідальність за статистичний аналіз.

Список літератури

1. Wang H, Zhang Y, Xiang Q, Wang X, Li C, Xiong H, et al. Epidemiology of traumatic spinal fractures: experience from medical university-affiliated hospitals in Chongqing, China, 2001-2010. *J Neurosurg Spine*. 2012;17(5):459-468. doi: 10.3171/2012.8.SPINE111003, PMID: 22978439.
2. Nekhlopochyn OS, Verbov VV, Verbovska SA, Cheshuk IV. Meta-analysis of the frequency of thoracolumbar junction fractures in the context of traumatic spinal injuries in the adult population. *Pain, Joints, Spine*. 2024;14(2):61-68. doi: 10.22141/pjs.14.2.2024.422.
3. Rosenthal BD, Boody BS, Jenkins TJ, Hsu WK, Patel AA, Savage JW. Thoracolumbar Burst Fractures. *Clin Spine Surg*. 2018;31(4):143-151. doi: 10.1097/bsd.0000000000000634, PMID: 29578877.
4. Ugras AA, Akyildiz MF, Yilmaz M, Sungur I, Cetinus E. Is it possible to save one lumbar segment in the treatment of thoracolumbar fractures? *Acta orthopaedica Belgica*. 2012;78(1):87-93. PMID: 22523933.
5. Alimohammadi E, Bagheri SR, Joseph B, Sharifi H, Shokri B, Khodadadi L. Analysis of factors associated with the failure of treatment in thoracolumbar burst fractures treated with short-segment posterior spinal fixation. *Journal of orthopaedic surgery and research*. 2023;18(1):690. doi: 10.1186/s13018-023-04190-w, PMID: 37715197.
6. Aly TA. Short Segment versus Long Segment Pedicle Screws Fixation in Management of Thoracolumbar Burst Fractures: Meta-Analysis. *Asian Spine J*. 2017;11(1):150-160. doi: 10.4184/asj.2017.11.1.150, PMID: 28243383.
7. Kapoen C, Liu Y, Bloemers FW, Deunk J. Pedicle screw fixation of thoracolumbar fractures: conventional short segment versus short segment with intermediate screws at the fracture level — a systematic review and meta-analysis. *European Spine Journal*. 2020;1-14.
8. Limthongkul W, Wannaratsiri N, Sukjamsri C, Benyajati CN, Limthongkul P, Tanasansomboon T, et al. Biomechanical Comparison Between Posterior Long-Segment Fixation, Short-Segment Fixation, and Short-Segment Fixation With Intermediate Screws for the Treatment of Thoracolumbar Burst Fracture: A Finite Element Analysis. *International journal of spine surgery*. 2023;17(3):442-448. doi: 10.14444/8441, PMID: 36690418.
9. Bruno AG, Burkhart K, Allaire B, Anderson DE, Bouxsein ML. Spinal Loading Patterns From Biomechanical Modeling Explain the High Incidence of Vertebral Fractures in the Thoracolumbar Region. *Journal of bone and mineral research: the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research*. 2017;32(6):1282-1290. doi: 10.1002/jbmr.3113, PMID: 28244135.
10. Nekhlopochyn O, Verbov V, Cheshuk I, Karpinsky M, Yaresko O. Mathematical Modeling of Variants of Transpedicular Fixation at the Thoracolumbar Junction after ThXII Vertebrectomy during Trunk Backward Bending. *Orthopaedics traumatology and prosthetics*. 2023(2):43-49. doi: 10.15674/0030-59872023243-49.
11. Nekhlopochyn OS, Verbov VV, Cheshuk IV, Karpinsky MY, Yaresko OV. Finite Element Analysis of Thoracolumbar Junction Transpedicular Fixation Variants after Resection of the Th12 Vertebra While Forward Bending. *Bulletin of Problems Biology and Medicine*. 2023;169(2):281-287. doi: 10.29254/2077-4214-2023-2-169-281-296.
12. Cowin SC. *Bone Mechanics Handbook*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press; 2001. 980 p.
13. Boccaccio A, Pappalettere C. Mechanobiology of Fracture Healing: Basic Principles and Applications in Orthodontics and Orthopaedics. In: Klika V, editor. *Theoretical Biomechanics*. Croatia: InTech; 2011. P. 21-48.
14. Nekhlopochin A, Nekhlopochin S, Karpinsky M, Shvets A, Karpinskaya E, Yaresko A. Mathematical Analysis and Optimization of Design Characteristics of Stabilizing Vertebral Body Replacing Systems for Subaxial Cervical Fusion Using the Finite Element Method. *Hirurgiâ pozvonočnika*. 2017;14(1):37-45. doi: 10.14531/ss2017.1.37-45.
15. Radchenko VA, Kutsenko VA, Popov AI, Karpinsky MY, Karpinska OD. Modeling the variants of transpedicular fixation of the thoracic spine in the rejection of one-three vertebrae. *Trauma*. 2022;18(5):95-102. doi: 10.22141/1608-1706.5.18.2017.114125.
16. Niinomi M. Mechanical biocompatibilities of titanium alloys for biomedical applications. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2008;1(1):30-42. doi: 10.1016/j.jmbbm.2007.07.001, PMID: 19627769.
17. Rao SS. *The Finite Element Method in Engineering*; Elsevier Science; 2005. 663 p.
18. Kurowski PM. *Engineering Analysis with COSMOS-Works 2007*; SDC Publications; 2007. 263 p.
19. Шишков М.М. *Марочник сталей і сплавів: Довідник. Буд. 3-тє, доповнене*. Донецьк: Юго-Восток; 2002. 456 с.
20. Kurtz SM, Edidin A. *Spine Technology Handbook*. Amsterdam: Elsevier Academic Press; 2006. 560 p.
21. Qiu TX, Tan KW, Lee VS, Teo EC. Investigation of thoracolumbar T12-L1 burst fracture mechanism using finite element method. *Med Eng Phys*. 2006;28(7):656-664. doi: 10.1016/j.medengphy.2005.10.011, PMID: 16311061.
22. Wiczenbach T, Pachocki L, Daszkiewicz K, Łuczkiwicz P, Witkowski W. Development and validation of lumbar spine finite element model. *PeerJ*. 2023;11:e15805. doi: 10.7717/peerj.15805, PMID: 37583909.
23. Li C, Zhou Y, Wang H, Liu J, Xiang L. Treatment of unstable thoracolumbar fractures through short segment pedicle screw fixation techniques using pedicle fixation at the level of the

fracture: a finite element analysis. *PLoS One*. 2014;9(6):e99156. doi: 10.1371/journal.pone.0099156, PMID: 24914815.

24. Basaran R, Efendioglu M, Kaksi M, Celik T, Mutlu İ, Ucar M. Finite Element Analysis of Short-Versus Long-Segment Posterior Fixation for Thoracolumbar Burst Fracture. *World Neurosurg*. 2019;128:e1109-e1117. doi: 10.1016/j.wneu.2019.05.077, PMID: 31103754.

25. Wong CE, Hu HT, Huang YH, Huang KY. Optimization of Spinal Reconstructions for Thoracolumbar Burst Fractures to Prevent Proximal Junctional Complications: A Finite Element

Study. *Bioengineering (Basel, Switzerland)*. 2022;9(10). doi: 10.3390/bioengineering9100491, PMID: 36290458.

26. Vaccaro AR, Oner C, Kepler CK, Dvorak M, Schnake K, Bellabarba C, et al. AOSpine thoracolumbar spine injury classification system: fracture description, neurological status, and key modifiers. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2013;38(23):2028-2037. doi: 10.1097/BRS.0b013e3182a8a381, PMID: 23970107.

Отримано/Received 15.02.2025

Рецензовано/Revised 25.03.2025

Прийнято до друку/Accepted 17.03.2025

Information about authors

Oleksii S. Nekhlupochyn, 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>

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>

Ievgen V. Cheshuk, PhD in Medicine, Neurosurgeon, Department of Restorative Neurosurgery, Romodanov Neurosurgery Institute of NAMSU, Kyiv, Ukraine; e-mail: evcheshuk@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-8063-2141>

Mykhailo Yu. Karpinsky, Senior Research Fellow, Biomechanics Laboratory, Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology of NAMSU, Kharkiv, Ukraine; e-mail: korab.karpinsky9@gmail.com; phone: +380 (67) 571-48-63; <https://orcid.org/0000-0002-3004-2610>

Olexander V. Yaresko, Junior Research Fellow, Biomechanics Laboratory, Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology of NAMSU, Kharkiv, Ukraine; e-mail: avyresko@gmail.com; phone: +380 (57) 725-14-74; <https://orcid.org/0000-0002-2037-5964>

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.S. Nekhlupochyn — work concept and design, data collection and analysis, writing the article, final approval of the article; V.V. Verbov, Ie.V. Cheshuk — data collection and analysis, critical review; M.Yu. Karpinsky — work concept and design, responsibility for statistical analysis, writing the article, final approval of the article; O.V. Yaresko — data collection and analysis, responsibility for statistical analysis.

O.S. Nekhlupochyn¹, V.V. Verbov¹, Ie.V. Cheshuk¹, M.Yu. Karpinsky², O.V. Yaresko²

¹Romodanov Neurosurgery Institute of NAMSU, Kyiv, Ukraine

²Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology of NAMSU, Kharkiv, Ukraine

Short transpedicular fixation of burst fractures in the thoracolumbar junction during forward bending: a finite element biomechanical study

Abstract. Background. Injuries to the thoracolumbar junction (T11-L2) account for approximately 46.5 % of all spinal fractures. Burst fractures most frequently occur at the transition from thoracic kyphosis to lumbar lordosis, which is influenced by the distinct morphological and biomechanical features of this region. In surgical practice, there is a trend toward minimally invasive techniques, including short transpedicular fixation, yet in cases of unstable burst fractures, this approach often carries a high risk of hardware failure. Objective: to evaluate the stress-strain state of thoracolumbar spine models with a burst fracture of the T12 vertebral body during forward bending under different variants of short transpedicular fixation (short or long screws, with or without additional fixation of T12). **Materials and methods.** A previously developed finite element 3D model of the thoracolumbar spine with a burst fracture of the T12 vertebral body was used. Four variants of transpedicular fixation of the two vertebrae adjacent to the injury were modeled: with short and long screws passing through the anterior vertebral wall, as well as an additional pair of short screws inserted into T12 or without them. A forward-bending movement was simulated, while the lower surface

of the L5 disc was fixed. Von Mises stress was evaluated at several control points. **Results.** Without additional T12 fixation, using long screws (as opposed to short one) lowered the peak stresses in the T12 body, adjacent vertebrae, and instrumentation. Although the highest stress levels on the screws and support beams remained significant, they were noticeably reduced with long screws. Using intermediate screws considerably decreased stress in the bony elements, which is important for preventing screw loosening and migration. Combining long screws with additional T12 fixation proved to be most effective in minimizing stress in both bony structures and the instrumentation. **Conclusions.** Short transpedicular fixation with additional T12 fixation substantially lowers stress levels in the vertebrae but can lead to excessive loading on hardware components. The most favorable option for stress distribution in both the bony structures and the instrumentation is the combination of long screws and additional T12 fixation.

Keywords: thoracolumbar junction; burst fracture; short transpedicular fixation; finite element method; biomechanical analysis; stress-strain state; flexion load

Ватаманіца Д.Б.¹, Бондаренко С.Є.¹, Скорик І.О.¹, Козлова Т.В.², Карпінська О.Д.¹,
Карпінський М.Ю.¹

¹ДУ «Інститут патології хребта та суглобів імені професора М.І. Ситенка НАМН України»,
м. Харків, Україна

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

Аналіз ризиків виникнення ускладнень після металоостеосинтезу з приводу переломів вертлюжної западини

Резюме. Актуальність. Переломи кульшової западини були та є складною, не до кінця вирішеною проблемою. Незважаючи на увесь сучасний арсенал лікувальних заходів, означені травми призводять до інвалідизації в 73–88 % випадків. **Мета:** оцінити терміни виживання кульшового суглоба та проаналізувати ризики виникнення ускладнень після металоостеосинтезу (МОС) з приводу переломів вертлюжної западини. **Матеріали та методи.** Проведено ретроспективний аналіз розвитку ускладнень після МОС у 65 пацієнтів з переломами кульшової западини. Аналіз проводили за допомогою функції виживання Каплана — Майєра. Порівняння результатів ендопротезування проводили за критерієм χ^2 -квдрат (V Крамера). Статистичні розрахунки проводили в пакеті IBM SPSS Statistics 26.0. **Результати.** Було виділено 3 основні етапи розвитку ускладнень. I етап ($n = 46$) — стрімкий розвиток ускладнень, що потребувало ендопротезування кульшового суглоба у перші 2 роки після травми. II етап ($n = 12$) — ускладнення проявилися в період від 24 місяців до 10–12 років, що призвело до заміни суглоба в цей період. III етап — пізні прояви захворювання суглобів з відповідним ендопротезуванням пізніше від 10 років. Серед 54 пацієнтів, які перенесли перелом вертлюжної западини, 52 % (28 пацієнтів) потребували ендопротезування кульшового суглоба у перші 2 роки після травми, переважно з приводу ускладнень остеосинтезу. За результатами тотального ендопротезування, тільки 9 (32,1 %) з них мали добрий результат лікування, а у 6 (21,4 %) пацієнтів результат був поганий. Проведено ендопротезування у найближчі 10 років після травми у 18 (33,3 %) пацієнтів, у яких було діагностовано ранній розвиток дегенеративних захворювань кульшового суглоба — коксартроз та/або асептичний некроз. Тільки у 8 (14,8 %) пацієнтів, яким зроблено ендопротезування через 10 і більше років, результати лікування переломів без ендопротезування можна вважати добрими, а артропластику суглоба вважати необхідною через вікові зміни. **Висновки.** За даними проведеного аналізу було визначено, що основна кількість ускладнень після лікування переломів вертлюжної западини остеосинтезом виникала у перші 2 роки і пацієнти потребували ендопротезування через поганий стан суглоба та рецидиви вивиху. Тільки незначна кількість пацієнтів, переважно молодого віку, перенесла означене лікування з позитивним результатом і розвитком дегенеративних ускладнень у віддалені періоди. Низький загальний результат лікування переломів металоостеосинтезу потребує переосмислення підходів до лікування таких травм, що може полягати у комбінованому ендопротезуванні кульшового суглоба одразу після травми.

Ключові слова: металоостеосинтез; перелом вертлюжної западини; ризик ускладнень; ендопротезування

Вступ

Переломи кульшової западини були та є складною, не до кінця розв'язаною проблемою, з якою сьогодні доводиться працювати більшості ортопедів-травматологів. Частіше переломи кульшової западини стають

наслідком високоенергетичної травми, отриманої в результаті ДТП, кататравми, та зазвичай є складовою частиною політравми [1, 2]. За останні 30 років намітилася тенденція до збільшення кількості низькоенергетичних, ізолюваних переломів кульшової за-

падини на тлі системного остеопорозу серед осіб похилого віку [3].

Переломи кульшової западини відомі своїми наслідками, що порушують функцію кульшового суглоба та, незважаючи на весь сучасний арсенал лікувальних заходів, призводять до інвалідизації в 73–88 % випадків [4]. Водночас в актуальному огляді літератури N. Ziran [5] наведена серія спостережень із залученням 492 та 816 пацієнтів, яким при лікуванні виконано відкриту репозицію та металоостеосинтез (МОС) фрагментів кульшової западини. У першій групі виявлено 80 % добрих та відмінних результатів (за модифікованою шкалою Merled’Aubignéand Postel [6]), у другій встановлено двадцятирічну виживаність кульшового суглоба у 79 % пацієнтів, що доводить вирішальний вплив якості та своєчасності репозиції на клінічний результат лікування. Така розбіжність у результатах свідчить про різну ефективність підходів до лікування переломів кульшової западини.

Для встановлення шляхів поліпшення результатів лікування переломів кульшової западини потрібен ретельний аналіз методик лікування, що найбільш широко застосовуються на сьогодні, з урахуванням можливих наслідків та ускладнень.

Мета: оцінити терміни виживання кульшового суглоба та проаналізувати ризики виникнення ускладнень після металоостеосинтезу з приводу переломів вертлюжної западини.

Матеріали та методи

Проведено аналіз розвитку ускладнень після МОС і, як наслідок, необхідності артропластики кульшового суглоба у 65 пацієнтів з архіву ДУ «ІПХС ім. проф. М.І. Ситенка НАМНУ», які в період з 2006 по 2023 р. проходили лікування в клініках невідкладної травматології та відновної хірургії і ортопедичної артрології з приводу переломів кульшової западини в результаті травми або їх безпосередніх наслідків та ускладнень. З дослідження були виключені пацієнти з патологічними переломами кульшової западини, що виникли на фоні різкого зниження щільності кісткової тканини, викликаного остеопорозом або пухлинним ураженням. Слід зазначити, що первинне лікування більшості пацієнтів здійснювалося в інших установах у різні терміни після травми.

Аналіз розвитку ускладнень та необхідності ендопротезування кульшового суглоба у пацієнтів після МОС з приводу переломів вертлюжної запа-

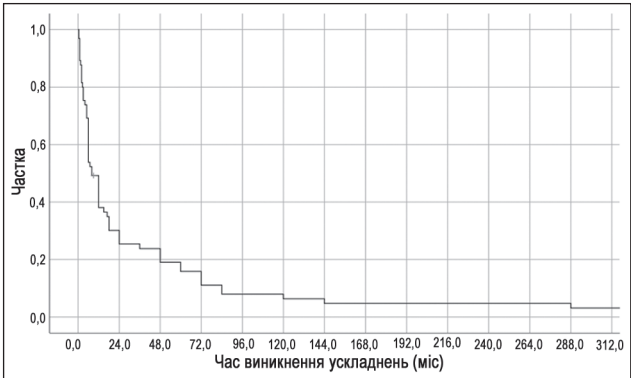


Рисунок 1. Діаграма розвитку ускладнень у часі (функція виживання Каплана — Майєра)

дини, залежно від часу після оперативного втручання, проводили за допомогою функції виживання Каплана — Майєра. Аналіз ризику виникнення ускладнень після МОС проводили за допомогою функції ризиків. Порівняння результатів ендопротезування між групами проводили за критерієм ксі-квадрат (V Крамера) [7].

Збір та перевірку даних здійснювали в пакеті MS Excel. Статистичні розрахунки проводили в пакеті IBM SPSS Statistics 26.0.

Результати

Ускладнення, які призводили до необхідності заміни кульшового суглоба: незрощення перелому вертлюжної западини після МОС, рецидив вивиху, анкілоз або значне обмеження рухів, больовий синдром зони перелому, ознаки руйнування суглоба (коксартроз або асептичний некроз голівки стегнової кістки (АНГСК)).

Статистичний аналіз проводили за процедурою оцінювання функції виживання (Каплана — Майєра), було побудовано діаграму появи ускладнень (рис. 1).

Аналізуючи діаграму виживання (рис. 1), можна виділити 3 основні етапи розвитку ускладнень. I етап: стрімке спадання графіка від початку до 24 місяців спостереження говорить про те, що у цей період у майже 70 % пацієнтів розвинулися ускладнення, аналіз яких наведено в табл. 1. До II етапу — від 24 місяців до 10–12 років — можна віднести 20 % пацієнтів, у яких розвинулися ускладнення, переважно пов’язані з розвитком ознак коксартрозу або асептичного некрозу. Пацієнти, яких відносимо до III етапу, становили 10 %, ускладнення у вигляді руйнування суглоба були пов’язані

Таблиця 1. Ускладнення, які розвинулися у пацієнтів у перші 24 місяці, абс. (%)

Етапи появи ускладнень	Ускладнення				
	Незрощення	Рецидив вивиху (підвивих)	Анкілоз або обмеження рухів у суглобі	Коксартроз, АНГСК, лізис	Інші
До 24 міс. (n = 46)	8 (17,4)	19 (41,3)	8 (17,4)	3 (6,5)	8 (17,4)
24 міс. — 10 років (n = 12)		1 (16,6)	4 (33,3)	12 (100)	
Більше ніж 10 років (n = 4)				4 (100)	

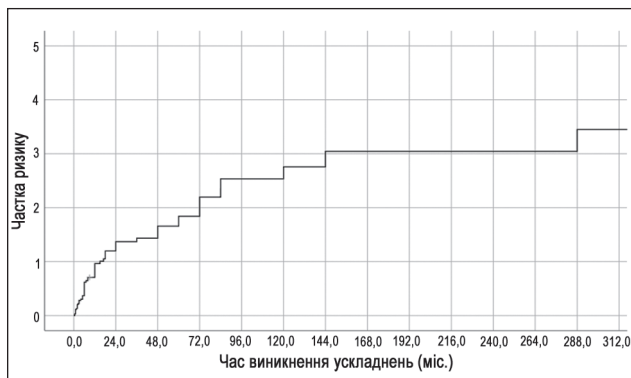


Рисунок 2. Діаграма ризику розвитку ускладнень (функція виживання Каплана — Майєра)

виключно з віком, оскільки виникли через 10 і більше років після травми у віці старше 50 років.

У перші 2 роки спостереження основними ускладненнями були рецидив вивиху, підвивих або неусунення вивиху — 19 (41,3 %). Рецидив вивиху пов'язували з нестабільністю конструкції МОС та міграцією гвинтів, а також відзначався рецидив вивиху після видалення конструкції. Для I етапу випадки руйнування суглоба визначалися як лізис голівки суглоба та трансплантата.

Аналіз ризику виникнення ускладнень показує стрімке його наростання до 2 років спостереження і незначне гальмування до терміну 10 років. З огляду на те, що основні ознаки руйнування суглоба формуються у перші 2 роки після травми, говорити про зниження ризику після цього терміну не можна з причини того, що термін спостереження для деяких випадків менший за 10 років і вони не увійшли в розрахунки. Діаграма ризику появи ускладнень залежно від терміну після оперативного втручання наведена на рис. 2.

При розвитку ускладнень у перші 24 місяці після травми 28 (60 %) пацієнтам було проведено ендопротезування кульшового суглоба (рис. 3). За тим же алгоритмом Каплана — Майєра створено діаграми часу ендопротезування та ризику необхідності цієї процедури.

До II етапу розвитку ускладнень — пізніше за 24 місяці після травми — було віднесено 12 пацієнтів, основним ускладненням була поява ознак руйнування кульшового суглоба різного ступеня тяжкості. У цей

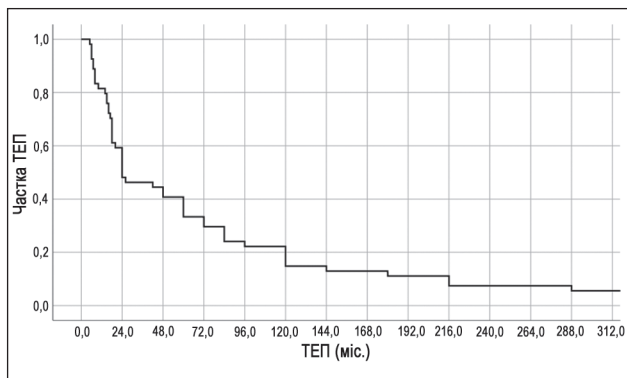


Рисунок 3. Діаграма часу проведення тотального ендопротезування (ТЕП) (Каплана — Майєра)

період ендопротезування було виконано 9 (75,0 %) пацієнтам з цієї підгрупи і 9 (19,6 %) — з підгрупи ранніх ускладнень.

Тільки у 4 пацієнтів ознаки руйнування кульшового суглоба почали виникати через 10 і більше років після травми, що і призвело до необхідності ендопротезування.

На момент аналізу даних 11 пацієнтам з 65 не було проведено додаткового лікування, але тільки 4 з них не відмічали ускладнень, які призводять до необхідності ендопротезування.

Оцінимо результати лікування пацієнтів після ендопротезування залежно від терміну ендопротезування після травми (табл. 2).

За даними статистичного аналізу результатів лікування можна відмітити, що ендопротезування у перші 24 місяці після травми є результатом незадовільних наслідків МОС, тобто рецидивів вивихів та незрошення перелому. Саме поганий стан як вертлюжної западини, так і голівки суглоба, яка також зазнає травм, дають у результаті до 70 % незадовільних результатів.

Протезування у період від 2 до 10 років дає кращий результат протезування, але у деяких пацієнтів у цей період спостерігаються ускладнення, які виникли раніше, у вигляді вивихів, що також погіршує остаточний результат.

III групу пізнього ендопротезування можна вважати групою добрих результатів МОС через те, що ознаки руйнування суглоба виникли у віддалені періоди і більше пов'язані з природним віковим процесом.

Таблиця 2. Оцінка результатів ендопротезування кульшового суглоба залежно від терміну протезування після травми, абс. (%)

Термін ендопротезування	Функціональний результат		
	Добрий	Задовільний	Незадовільний
До 24 міс. (n = 28)	9 (32,1)	13 (46,4)	6 (21,4)
До 10 років (n = 18)	9 (50,0)	9 (50,0)	
Пізніше за 10 років (n = 8)	6 (75,0)	2 (25,0)	
Усього (n = 54)	24 (44,4)	24 (44,4)	6 (11,1)
V Крамера	V = 0,291; p = 0,057		

За даними аналізу можна говорити про слабку силу зв'язку між змінними. Значення $p = 0,057$ перевищує звичайний рівень значущості 0,05, однак можна говорити про тенденцію до статистично значущого зв'язку, але недостатнього для впевненого відхилення відсутності різниці між підгрупами.

Обговорення

За результатами проведеного аналізу, серед 54 пацієнтів, які перенесли перелом вертлюжної западини, 52 % (28 пацієнтів) потребували ендопротезування кульшового суглоба у перші 2 роки після травми, переважно з приводу ускладнень остеосинтезу. Після ТЕП тільки 9 (32,1 %) з них мали добрий результат лікування, а у 6 (21,4 %) пацієнтів результат був поганий. У найближчі 10 років після травми 18 (33,3 %) пацієнтам, у яких діагностовано ранній розвиток дегенеративних захворювань кульшового суглоба (коксартроз та/або асептичний некроз), було проведено ТЕП.

І тільки у 8 (14,8 %) пацієнтів, які потребували ендопротезування через 10 і більше років, результати лікування переломів без ендопротезування можна вважати добрими, а артропластику суглоба — необхідною через вікові зміни.

Результати аналізу клінічного матеріалу перекликаються з результатами проведеного раніше математичного моделювання, яке висвітлює переваги раннього ендопротезування в комбінації з елементами МОС унаслідок переломів кульшової западини [8, 9].

Висновки

За даними проведено аналізу було визначено, що основна кількість ускладнень після лікування переломів вертлюжної западини остеосинтезом виникала у перші 2 роки і пацієнти потребували ендопротезування через поганий стан суглоба та рецидиви вивиху. Тільки незначна кількість пацієнтів, переважно молодого віку, перенесла означене лікування з позитивним результатом і розвитком дегенеративних ускладнень у віддалені періоди. Низький загальний результат лікування переломів методами остеосинтезу потребує переосмислення підходів до лікування таких травм, що може полягати у комбінованому ендопротезуванні кульшового суглоба одразу після травми.

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

Внесок авторів. Ватаманіца Д.Б. — концепція та дизайн роботи, збір та аналіз даних, написання статті, критичний огляд; Бондаренко С.Є. — концепція та

дизайн роботи, остаточне затвердження статті; Скорик І.О., Козлова Т.В. — збір та аналіз даних; Карпінська О.Д., Карпінський М.Ю. — відповідальність за статистичний аналіз, написання статті.

Список літератури

1. Melhem, E., Riouallon, G., Habboubi, K., Gabbas, M., & Jouffroy, P. (2020). Epidemiology of pelvic and acetabular fractures in France. *Orthopaedics & Traumatology, Surgery & Research: OTSR*, 106(5), 831-839. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2019.11.019>.
2. Nicol, G.M., Sanders, E.B., Kim, P.R., Beaulé, P.E., Gofton, W.T., & Grammatopoulos, G. (2021). 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*, 36(2), 605-611. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2020.08.022>.
3. Kim, J.W., Herbert, B., Hao, J., Min, W., Ziran, B.H., & Mauffrey, C. (2015). Acetabular fractures in elderly patients: a comparative study of low-energy versus high-energy injuries. *International orthopaedics*, 39(6), 1175-1179. <https://doi.org/10.1007/s00264-015-2711-0>.
4. Жигун, А.І. (2010). Наслідки переломів кульшової западини: прогнозування, діагностика, лікування (клініко-експериментальне дослідження): дис. ... д-ра мед. наук. Харків. 307 с.
5. Ziran, N., Soles, G., & Matta, J.M. (2019). Outcomes after surgical treatment of acetabular fractures: A review. *Patient Safety in Surgery*, 13, Article ID: 16. <https://doi.org/10.1186/s13037-019-0196-2>.
6. Ugino, F.K., Righetti, C.M., Alves, D.P., Guimarães, R.P., Honda, E.K., & Ono, N.K. (2012). Evaluation of the reliability of the modified Merle d'Aubigné and Postel Method. *Acta Ortopédica Brasileira*, 20(4), 213-217. <https://doi.org/10.1590/S1413-78522012000400004>.
7. Everitt, B.S., & Skrondal, A. (2006). *The Cambridge dictionary of statistics* (3rd ed.). Cambridge University Press.
8. Вурва, О.Є., Ватаманіца, Д.Б., Карпінський, М.Ю., Яреско, О.В. (2022). Математичне моделювання деформації кульшової западини після перелому типу 62-B1.3 за класифікацією АО/ASIF та ендопротезування в комбінації з остеосинтезом. *Ортопедия, травматология и протезирование*, 3-4, 39-44. <https://doi.org/10.15674/0030-598720223-439-44>.
9. Вурва, О.Є., Ватаманіца, Д.Б., Карпінський, М.Ю., Яреско, О.В. (2023). Перелом вертлюгової западини типу 62-B1.3 (АО/ASIF). Напружено-деформований стан системи «ендопротез — таз» (частина друга). *Травма*, 24(1), 6-14. <https://doi.org/10.22141/1608-1706.1.24.2023.925>.

Отримано/Received 09.01.2025

Рецензовано/Revised 20.01.2025

Прийнято до друку/Accepted 29.01.2025

Information about authors

Dmytro Vatanitsa, 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: dmitryvatanitsa@gmail.com; phone: +380 (57) 725-14-74; <https://orcid.org/0000-0002-0713-3303>

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

Ivan Skoryk, Research Fellow, Department of Bone Oncology, Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology of NAMSU, Kharkiv, Ukraine; e-mail: Vanyaskorik@gmail.com; phone: +380 (93) 672-98-69; <https://orcid.org/0000-0001-9940-5697>

Tetiana 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>

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

Mykhailo Karpinsky, Senior Research Fellow, Biomechanics Laboratory, Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology of NAMSU, Kharkiv, Ukraine; e-mail: korab.karpinsky9@gmail.com; phone: +380 (67) 571-48-63; <https://orcid.org/0000-0002-3004-2610>

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. D.B. Vatamanitsa — work concept and design, data collection and analysis, writing the article, critical review; S.Ye. Bondarenko — work concept and design, final approval of the article; I.O. Skoryk, T.V. Kozlova — data collection and analysis; O.D. Karpinska, M.Yu. Karpinsky — responsibility for statistical analysis, writing the article.

D.B. Vatamanitsa¹, S.Ye. Bondarenko¹, I.O. Skoryk¹, T.V. Kozlova², O.D. Karpinska¹, M.Yu. Karpinsky¹

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

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

Analysis of the risks of complications after metal osteosynthesis for acetabular fractures

Abstract. Background. Acetabular fractures were and still are a complex, not fully solved problem. Despite the entire modern arsenal of therapeutic measures, these injuries lead to disability in 73–88 % of cases. Objective: to evaluate the time of the hip joint “survival” and to analyze the risks of complications after metal osteosynthesis for acetabular fractures. **Materials and methods.** A retrospective analysis was performed of the development of complications after metal osteosynthesis in 65 patients with acetabular fractures. The analysis was conducted using the Kaplan-Meier survival function. Comparison of the results of arthroplasty was performed by the xi-square (Cramér's V). Statistical calculations were done in IBM SPSS Statistics 26.0. **Results.** There were 3 main stages of complications development. Stage I (n = 46) — rapid development of complications that required hip arthroplasty in the first 2 years after injury. Stage II (n = 12) — complications appeared in the period from 24 months to 10–12 years, which led to joint replacement during this time. Stage III — late manifestations of joint disease with arthroplasty later than in 10 years. Among 54 patients who suffered acetabular fracture, 52 % (28 patients) required hip arthroplasty in the first 2 years after the injury, mainly due to osteosynthesis com-

plications. According to the results of total hip replacement, only 9 (32.1 %) of them had a good treatment outcome, and 6 (21.4 %) reported a poor outcome. Arthroplasty within 10 years after the injury was performed in 18 (33.3 %) patients with early development of hip degenerative diseases such as coxarthrosis and/or aseptic necrosis. Only in 8 (14.8 %) patients who underwent arthroplasty in 10 years or later, the results of fracture treatment without replacement can be considered good, and joint arthroplasty can be considered necessary due to age-related changes. **Conclusions.** The analysis determined that most complications after treatment of acetabular fractures with osteosynthesis occurred in the first 2 years and patients required arthroplasty due to poor joint condition and recurrent dislocation. Only a small proportion of patients, mostly of young age, underwent this treatment with a positive outcome and developed degenerative complications in the long term. The low overall outcome of fracture treatment with osteosynthesis calls for a reassessment of treatment approaches in such injuries, which may include combined hip arthroplasty immediately after injury.

Keywords: metal osteosynthesis; acetabular fracture; risk of complications; arthroplasty

Бур'янов О.А.¹, Кваша В.П.¹, Науменко В.О.¹, Ковальчук Д.Ю.¹, Курінний І.М.²

¹Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, м. Київ, Україна

²ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України», м. Київ, Україна

Помилки та ускладнення при лікуванні надвиросткових переломів у дітей та підлітків

Резюме. Актуальність. Частота переломів дистального епіметафізу плечової кістки у дітей та підлітків в Україні становить близько 16,2 % всіх пошкоджень верхньої кінцівки. Ускладнення, які виникають при даних переломах, можна розподілити на ранні, які пов'язані безпосередньо з травмою, репозицією та фіксацією, та відтерміновані, які зумовлені втратою репозиції і проявляються кутовою варусною або вальгусною деформацією, ішемічними контрактурами, нейропатіями, остеонекрозом. **Мета:** провести аналіз тактики лікування пацієнтів дитячого та підліткового віку при надвиросткових переломах плечової кістки (НППК), визначити помилки, ускладнення та шляхи їх усунення. **Матеріали та методи.** Матеріалом для дослідження стали результати обстеження та лікування 175 пацієнтів (87 — основна, 88 — контрольна група). Тип перелому встановлювали за АО Pediatric Comprehensive Classification of Long-Bone Fractures (PCCF). **Результати.** В основній групі пошкодження нервових структур при НППК були діагностовані у 6 пацієнтів (6,9 %), у контрольній — у 11 (12,5 %). Пошкодження переднього міжкісткового нерва переважало при переломах екстензійного типу, що становило 33,3 % (2 пацієнти) в основній та 27,3 % у контрольній групі. Нейропатія ліктьового нерва найчастіше зустрічалася при переломах згинального типу та становила 66,6 % в основній групі та 36,4 % у контрольній. Пошкодження нерва ятрогенного характеру спостерігалось в 4,5 % випадків серед пацієнтів контрольної групи. Кутова деформація cubitus varus як наслідок недостатньої репозиції або її втрати в процесі лікування в основній групі становила 1,1 %, а в контрольній — 4,5 %. Це ускладнення частіше спостерігалось у пацієнтів з переломами II типу, ортопедо-травматологічна допомога яким надавалась в об'ємі «закрита репозиція + гіпсова іммобілізація». Низька частка варусної деформації у пацієнтів основної групи пояснюється збільшенням частки перкутанної фіксації ділянки перелому спицями латеральної конфігурації (78,3 % випадків). **Висновки.** 1. Пошкодження ліктьового нерва, викликане введенням медіального штифта, спостерігалось в 4,5 % випадків серед пацієнтів контрольної групи. Функціональні результати лікування вказують на відсутність істотної різниці між двома типами конфігурації фіксації — перехресної та латеральної, однак латеральний тип стабілізації повністю виключає дане ускладнення. 2. Кутова деформація внаслідок недостатньої репозиції або її втрати потребує корекції і не може розцінюватись лише як косметичний дефект. Сучасна тенденція до активного застосування перкутанної фіксації при переломах II типу є одним із шляхів, який вирішує дану актуальну проблему.

Ключові слова: надвиросткові переломи плечової кістки у дітей та підлітків; клінічна та інструментальна діагностика; помилки та ускладнення

Вступ

Переломи дистального метаепіфізу (ДМЕ) плечової кістки у дітей та підлітків є однією з найпоширеніших травм цієї вікової групи в світі. Частота переломів ДМЕ плечової кістки у дітей в Україні серед всіх пошкоджень верхньої кінцівки становить 16,2 %, а частота че-

резвиросткових переломів, що зустрічаються у хворих з пошкодженнями дистального відділу плечової кістки, досягає 68,1 % [1].

Серед пошкоджень даної локалізації превалюють надвиросткові (3–18 %) та чезревиросткові переломи (57,5–70 %) переважно у дітей віком від 5 до 9 років [2].

Ускладнення при даних переломах можна розподілити на ранні, які пов'язані безпосередньо з травмою, репозицією та фіксацією, та відтерміновані, які зумовлені втратою репозиції і проявляються кутовою варусною або вальгусною деформацією, ішемічною контрактурою, нейропатією, остеонекрозом.

Частка пошкодження нервових структур при переломах ДМЕ плечової кістки становить 12–20 %, серед яких 2–6,5 % — ятрогенного походження внаслідок технічних помилок під час закритої репозиції та перкутанної фіксації спицями. Судинні ураження трапляються у 3,2–14,3 % випадків [3, 4].

Cubitus varus (так звана деформація приклада) є поширеною кутовою деформацією після надвиросткових переломів плечової кістки (НППК). Сучасні хірургічні методи знизили захворюваність з 58 % до 3–5 % у дітей, які отримували належне лікування. Таке вадове положення виникає внаслідок недостатньої репозиції або її втрати в процесі лікування. Доволі часто даний стан діагностується лише після відновлення рухів у ліктьовому суглобі, а саме при досягненні повного розгинання [5].

Остеонекроз має два типи: тип А — остеонекроз центру бічної осифікації, що призводить до дефекту верхівки трохлеї та деформації «риб'ячого хвоста», тип В — цілий блок +/- частина метафіза [6].

Подальше вивчення результатів лікування, визначення чинників помилок та ускладнень стане підґрунтям для модернізації тактики лікування, яка забезпечить від негативних наслідків, що зумовлює актуальність даного дослідження.

Мета роботи: провести аналіз тактики лікування пацієнтів дитячого та підліткового віку при надвиросткових переломах плечової кістки, визначити помилки лікування, ускладнення та шляхи їх усунення.

Матеріал та методи дослідження

Матеріалом для дослідження стали результати обстеження та лікування 175 дітей та підлітків (87 — основна, 88 — контрольна група), яким проводилось консервативне та оперативне лікування з приводу НППК. При виконанні роботи проведено комплекс медико-статистичних, клінічних, лабораторних, рентгенологічних і експериментальних досліджень. Усі пацієнти перебували на обстеженні та лікуванні з приводу даного ушкодження на клінічній базі кафедри травматології та ортопедії Національного медичного університету імені О.О. Богомольця в період з 2019 до 2023 р. (КНП «Київська міська дитяча клінічна лікарня № 1 м. Києва»).

Середній вік пацієнтів становив $7,38 \pm 0,34$ року. Критерії включення в дослідження: згода батьків на проведення дослідження; вік пацієнтів від 0 до 16 років; відсутність вродженої патології ліктьового суглоба. Критерії виключення: відмова батьків від проведення дослідження; вік пацієнтів старше 16 років; вроджена патологія ліктьового суглоба; важкі соматичні та скелетні захворювання в стадії декомпенсації; пацієнти з наступним спостереженням менше 6 місяців.

Тип перелому встановлювали на підставі AO Pediatric Comprehensive Classification of Long-Bone Fractures (PCCF) [7]. Оцінка результату лікування проводилась за шкалою визначення функції ліктьового суглоба клініки Mayo (Mayo Elbow Performance Score, MEPS), яка є найбільш вживаною та здійснюється лікарем. Загальна сума балів включає оцінку таких показників: біль (максимальний показник 45 балів); рухи в плечеліктьовому суглобі (20 балів); стабільність (10 балів); здатність виконувати 5 функціональних завдань (25 балів). Загальний бал коливається від 5 до 100 балів. Загальний бал між 90 і 100 балами оцінюється як відмінний результат, від 75 до 89 балів — хороший, від 60 до 74 балів — задовільний, менше від 60 балів — незадовільний [8].

Це клінічне дослідження виконано з дотриманням вимог і положень Гельсінської декларації про права людини (2000 р.), включаючи перегляд ЕС-GCP, Конституції (1996 р.) та основ законодавства України про охорону здоров'я (1992 р.), усіх етичних норм щодо проведення клінічних досліджень.

Результати дослідження

При дослідженні було сформовано дві групи пацієнтів: основна група — 87, яким лікування проводилось розробленими способами; контрольна група — 88, яким проводилось лікування традиційними методиками.

Статистичний аналіз вказує на достатньо високий рівень вірогідності кореляції обох груп (табл. 1).

Середній вік пацієнтів становив $7,38 \pm 5,34$ року. НППК у педіатричній практиці трапляються частіше у хлопчиків (65–66 % випадків), під час перебування на ігрових майданчиках (50,6–51 %), а також в побуті (близько 46 %). Невелика кількість травмувань (3,4 %) в дошкільних та шкільних закладах свідчить про належний догляд і дисципліну, яка забезпечується відповідним персоналом (рис. 1).

Превалює непрямий механізм пошкодження, а саме падіння на витягнуту руку (близько 99 % випадків). У більшості випадків (79–81 %) пацієнти доставлялись в лікувальний заклад КШМД з застосуванням зовнішньої іммобілізації.

Близько 97 % пацієнтів були госпіталізовані в першу добу після отримання травми. Пізніші терміни госпіталізації були зумовлені помилковим діагнозом (близько 3 % випадків) та самолікуванням пацієнтів, які сприймали дане пошкодження як забій у ділянці ліктьового суглоба.

Розподіл пацієнтів за типом перелому основної та контрольної групи поданий у табл. 2.

Статистичні дані свідчать про сильний кореляційний зв'язок груп, які досліджуються.

Питома вага переломів II–IV типу подана на рис. 2.

Таким чином, НППК II типу (близько 47 %) превалюють над переломами типу III та IV в педіатричній практиці.

Репозиція відламків в обох групах була досягнута закритим та відкритим способами, відповідно: основна

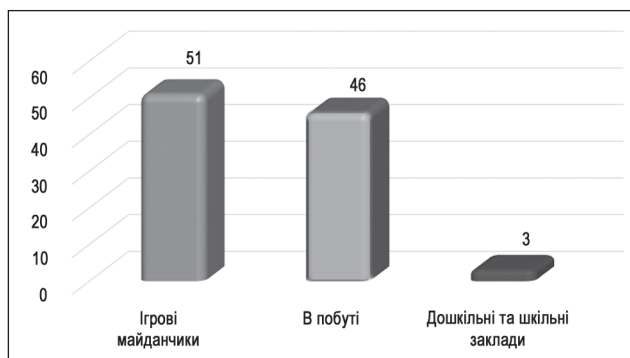


Рисунок 1. Розподіл пацієнтів за місцем травмування (%)

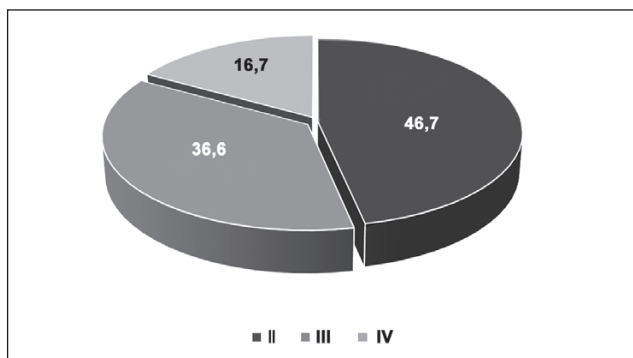


Рисунок 2. Питома вага переломів II–IV типу (%)

Таблиця 1. Розподіл пацієнтів основної та контрольної групи за загальними показниками

Показники	Основна		Контрольна		р
	п	%	п	%	
Вік					
4–5	17	19,6	18	20,5	0,927
6–7	23	26,4	24	27,3	
8–9	15	17,2	15	17,0	
10–11	13	14,9	12	13,6	
12–13	11	12,7	10	11,4	
14–15	8	9,2	9	10,2	
Всього	87	100	88	100	
Стать					
Чоловіча	57	65,5	58	65,9	0,964
Жіноча	30	34,5	30	34,1	
Всього	87	100	88	100	
Обставини					
На ігрових майданчиках	44	50,6	45	51,1	0,977
У побуті	40	46,0	40	45,5	
У дошкільних та шкільних закладах	3	3,4	3	3,4	
Всього	87	100	88	100	
Механізм пошкодження					
Прямий	86	98,9	87	98,9	0,999
Непрямий	1	1,1	1	1,1	
Всього	87	100	88	100	
Транспортна іммобілізація					
Так	69	79,3	71	80,7	0,974
Ні	18	20,7	17	19,3	
Всього	87	100	88	100	
Термін госпіталізації					
У першу добу	84	96,6	83	94,3	0,976
2-га — 5-та доба	3	3,4	5	5,7	
Всього	87	100	88	100	

Таблиця 2. Розподіл пацієнтів за типом перелому

Тип перелому	Групи				P
	Основна		Контрольна		
	Ч, n (%)	Ж, n (%)	Ч, n (%)	Ж, n (%)	
II	26 (45,6)	14 (46,7)	27 (46,6)	14 (46,7)	0,958
III	21 (36,8)	11 (36,6)	22 (37,9)	11 (36,6)	0,895
IV	10 (17,6)	5 (16,7)	9 (15,5)	5 (16,7)	0,954
Всього	57 (100)	30 (100)	58 (100)	30 (100)	

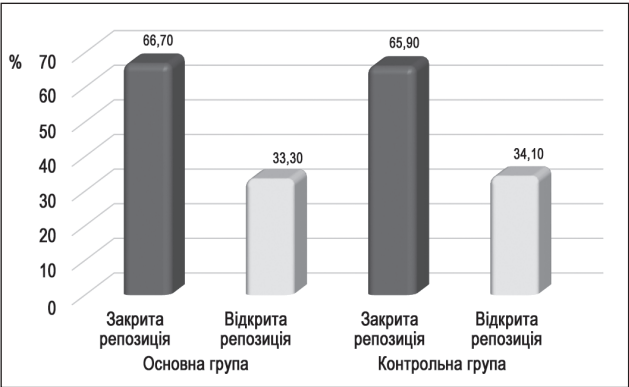


Рисунок 3. Співвідношення закритої та відкритої репозиції в основній та контрольній групах (%)

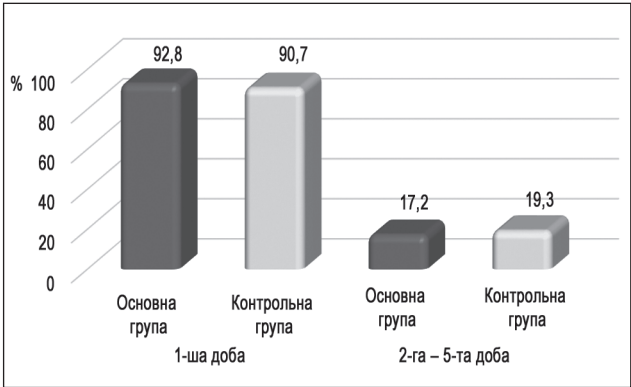


Рисунок 4. Терміни проведення лікувальних заходів (%)

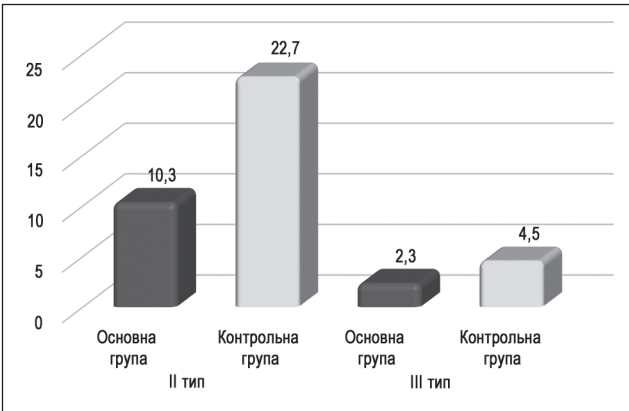


Рисунок 5. Питова вага надання ортопедо-травматологічної допомоги у варіанті «закрита репозиція + зовнішня іммобілізація» в групах дослідження (%)

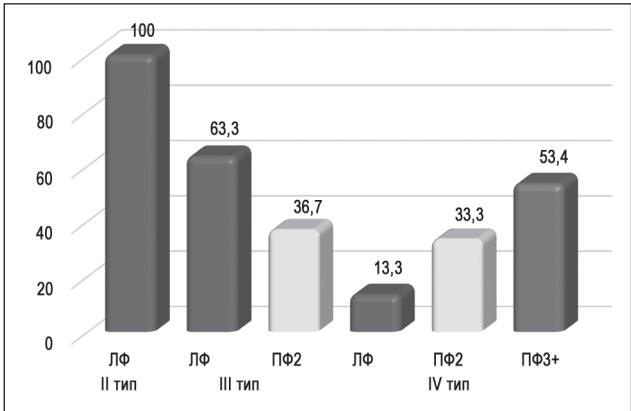


Рисунок 6. Використання типів конфігурацій фіксуючих конструкцій в основній групі (%)

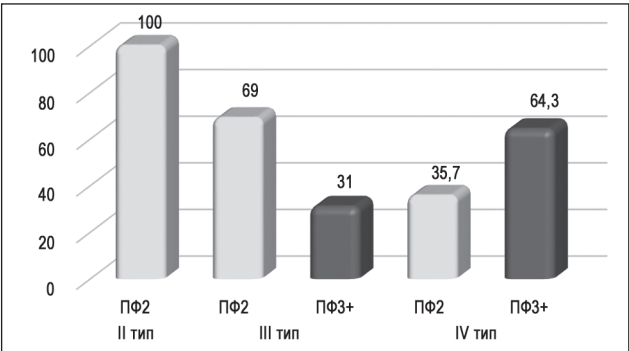


Рисунок 7. Використання типів конфігурацій фіксуючих конструкцій в контрольній групі (%)

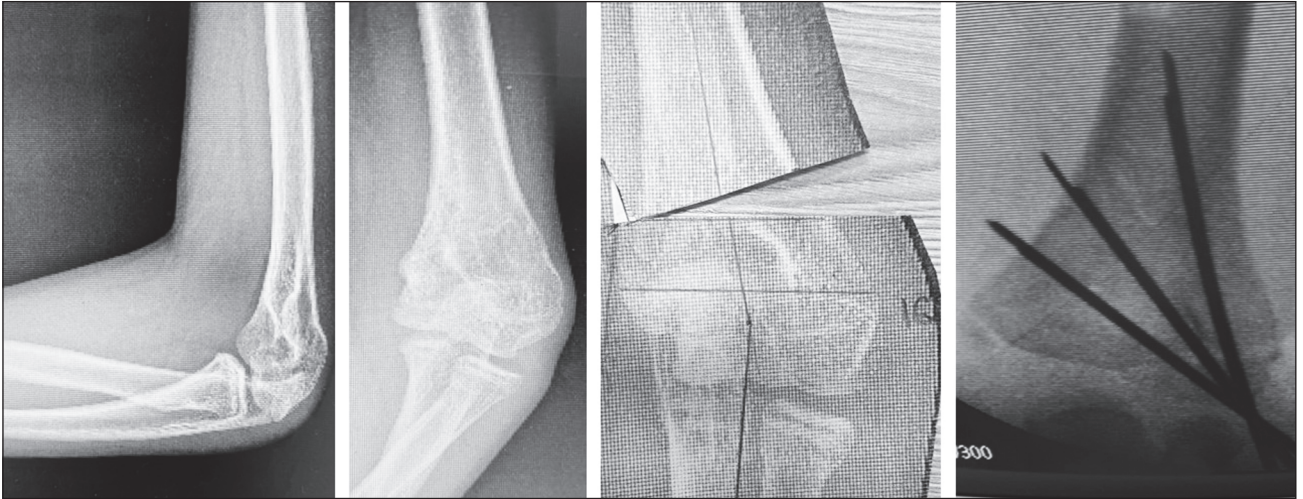


Рисунок 8. Клінічний приклад корекції варусної деформації внаслідок втрати репозиції

група — 58 (66,7 %) та 29 пацієнтів (33,3 %); контрольна група — 58 (65,9 %) та 30 пацієнтів (34,1 %) (рис. 3).

В обох групах пацієнтів переважала закрыта репозиція.

Терміни проведення лікувальних заходів, які були кінцевими в плані стабілізації відламків, а саме: закрыта репозиція + гіпсова іммобілізація, закрыта/відкрыта репозиція + перкутанна фіксація + гіпсова іммобілізація, подано на рис. 4.

Об'єм надання ортопедо-травматологічної допомоги у варіанті «закрыта репозиція + зовнішня іммобілізація» в основній групі дослідження, зокрема тип II — 9 пацієнтів (10,3 %), тип III — 2 пацієнти (2,3 %), а також у контрольній групі — 20 пацієнтів (22,7 %) та 4 пацієнти (4,5 %) відповідно, подано на рис. 5.

Статистичний аналіз ($p = 0,534$) вказує на слабкий взаємозв'язок даного варіанту лікування в основній та контрольній групах, що свідчить про відмінність у прийнятій тактиці лікування.

В обох групах застосовувались різні типи конфігурацій фіксуєчих конструкцій після відкритої або закрытої репозиції. Серед конфігурацій фіксуєчих конструкцій застосовували: латеральну фіксацію трьома спицями, які були проведені в корональному поліплосинному напрямку (ЛФ), перехрещену фіксацію двома (ПФ2) та трьома і більше фіксуєчими конструкціями (ПФ3+).

Використання типів конфігурацій фіксуєчих конструкцій після відкритої або закрытої репозиції в основній групі залежно від типу перелому було таким: II — ЛФ (31/100 %); III — ЛФ (19/63,3 %), ПФ2 (11/36,7 %); IV — ЛФ (2/13,3 %), ПФ2 (5/33,3 %), ПФ3+ (8/53,4 %) (рис. 6); відповідно в контрольній: II — ПФ2 (21/100 %); III — ПФ2 (20/69,0 %), ПФ3+ (9/31,0 %); IV — ПФ2 (5/35,7 %); ПФ3+ (9/64,3 %) (рис. 7).

Порівняльний аналіз використання типів конфігурацій фіксуєчих конструкцій в обох групах вказує, що при зростанні важкості перелому зростає ступінь нестабільності, що зумовлює необхідність використання більш жорстких конструкцій, а саме комбінації ПФ3+.

Головною відмінністю між групами є обґрунтування та впровадження ЛФ, особливо при II типі НППК у дітей та підлітків [9]. Реалізація даного способу забезпечувалась поліплосинним навігатором для проведення спиць [10].

В основній групі ушкодження нервових структур при переломах ДМЕ плечової кістки були діагностовані у 6 пацієнтів (6,9 %), у в контрольній — в 11 (12,5 %). Серед даного масиву пошкодження переднього міжкісткового нерва переважало при переломах екстензійного типу, що становило 33,3 % (2 пацієнти) в основній та 27,3 % в контрольній групі.

Нейропатія ліктьового нерва найчастіше зустрічалась при переломах згинального типу та становила 66,6 % в основній групі та 36,4 % у контрольній. Пошкодження нерва, викликане введенням медіального штифта, спостерігалось в 4,5 % випадків серед пацієнтів контрольної групи.

Кутова деформація cubitus varus як наслідок недостатньої репозиції або її втрати в процесі лікування в основній групі становила 1,1 %, у контрольній — 4,5 %. Це ускладнення спостерігалось у пацієнтів з переломами II типу, ортопедо-травматологічна допомога яким надавалась в об'ємі «закрыта репозиція + гіпсова іммобілізація». Низька частка варусної деформації у пацієнтів основної групи пояснюється збільшенням частки перкутаної фіксації ділянки перелому спицями латеральної конфігурації (78,3 % випадків). Клінічний приклад оперативної корекції cubitus varus як ускладнення після переломів ДМЕ плечової кістки з застосуванням латеральної конфігурації спиць подано на рис. 8.

Асептичний остеонекроз спостерігався в одному випадку (1,1 %) серед пацієнтів контрольної групи. Пацієнт Б. (8 років) травму отримав 18.08.2021 р. о 20.00 годині на ігровому майданчику. У день травми звернувся до травмпункту, де була виконана закрыта репозиція та гіпсова іммобілізація. В подальшому в умовах стаціонару була проведена триразова репозиція відламків. У жовтні 2022 року після відповідного обстеження був

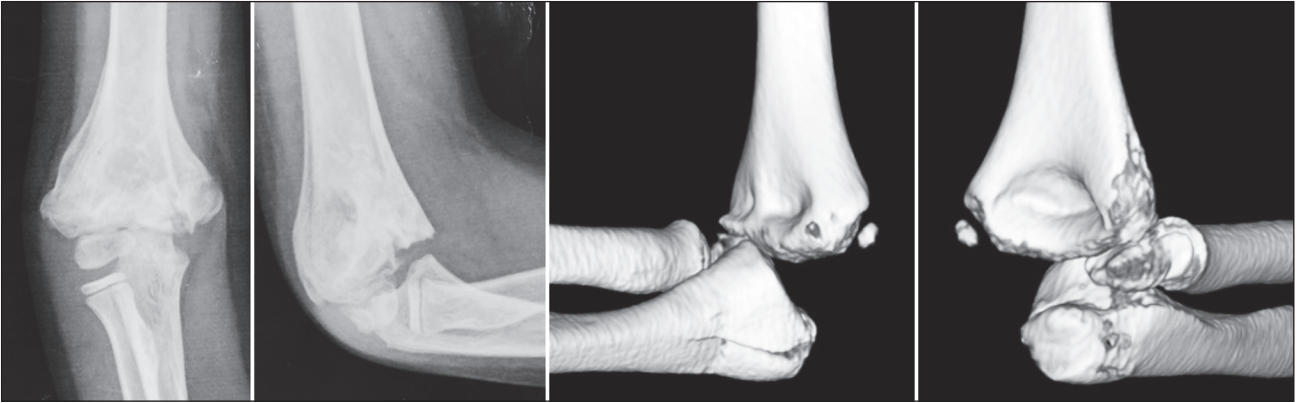


Рисунок 9. Рентгенологічні дані та фрагменти 3D-моделі комп'ютерного дослідження

встановлений діагноз «асептичний некроз блоку плечової кістки» (рис. 9).

30.11.2022 р. проведено оперативне втручання: відкрита репозиція та МОС пластиною, кісткова автопластика (рис. 10).

Металеву конструкцію було вилучено 01.11.2023 р. (рис. 11).

Функціональний результат перед вилученням металевої конструкції подано на рис. 12.

Обговорення

Аналіз результатів анатомо-біомеханічних досліджень вказує, що недоліком латеральної фіксації є підвищений ризик втрати репозиції, що може призвести до деформації у вигляді cubitus varus, а в подальшому до потреби оперативної корекції у зв'язку з меншою біомеханічною стабільністю порівняно з перехресною [11, 12].

Однак суттєве значення для забезпечення стабільності при латеральній конфігурації має розташування та кількість фіксуючих засобів. Оптимальною конфігурацією при латеральній фіксації, яка забезпечує найкращу жорсткість конструкції, є використання 3 бічних штифтів, що розходяться в коронарній і сагітальній площинах. На нашу думку, ризики втрати репозиції при латеральній фіксації (що доведено експериментальними дослідженнями) нівелюються за рахунок зовнішньої іммобілізації, яка застосовується при обох типах фіксації [9].

Клінічні результати, які базуються на рентгенологічних та функціональних даних (включаючи бали за

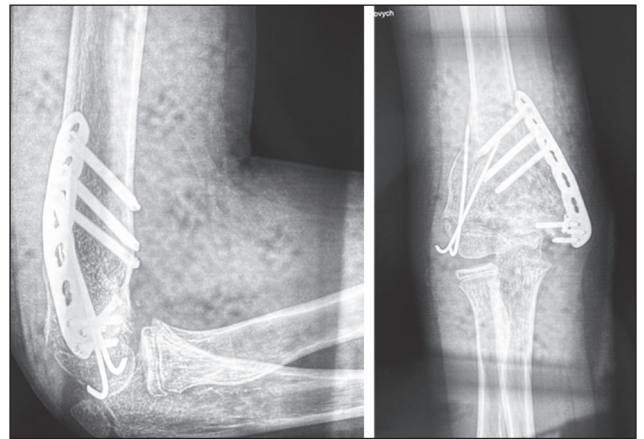


Рисунок 10. Післяопераційне рентгенологічне дослідження

критерієм Флінна), вказують на відсутність істотної різниці між двома типами конфігурації фіксації — перехресної та латеральної [13, 14].

Суттєвим недоліком перехресної конфігурації фіксації є вищий ризик ятрогенного пошкодження ліктьового нерва — від 5 до 13 % [15], а за результатами наших досліджень — 4,5 %.

Cubitus varus — одна з найпоширеніших кутових деформацій після надвиросткових переломів. Сучасні хірургічні методи знизили захворюваність з 58 % до приблизно 3 % у дітей, які отримували належне лікування. Традиційно вважається, що варусна дефор-



Рисунок 11. Інтраопераційні ілюстрації під час видалення



Рисунок 12. Функціональний результат перед вилученням металевої конструкції

мація ліктя є косметичною проблемою, але останні дослідження виявили пов'язані з нею суттєві функціональні недоліки. Були описані задньолатеральна ротаційна нестабільність, розрив трицепса, прогресуюча варусна деформація ліктьової кістки та неправильне положення ліктьового суглоба, які часто проявляються через десятиліття після початку деформації, тому помилково вважати *cubitus varus* лише косметичною проблемою [16, 17].

Зменшення кількості пацієнтів з кутовою деформацією зумовлене переглядом тактики лікування, особливо при переломах II типу.

Були запропоновані критерії неефективності консервативного лікування, які пов'язані з первинною кутовою розгинальною деформацією, яка має місце під час травми. Якщо лінія Роджерса на первинній рентгенограмі проходить спереду голівочки, то ймовірність невдачі закритої репозиції та її збереження є низькою порівняно з тим випадком, коли лінія проходить через передню третину [18].

Аналіз результатів лікування переломів II типу вказує, що закрыта репозиція та внутрішня фіксація дають більш сприятливий результат з точки зору запобігання варусній деформації та покращений ліктьовий критерій Флінна, але вони є менш сприятливими порівняно з закритою репозицією та гіпсовою пов'язкою за умови ятрогенного ризику пошкодження ліктьового нерва [19].

Асептичний некроз ядер скостеніння належить до пізніх та не частих, однак загрозливих і інвалідизуючих ускладнень [20]. Не заперечуючи енергетичність пошкодження, що безпосередньо впливає на ішемізацію кісткової тканини, зазначимо, що в нашому спостереженні має місце ятрогенна травматизація (невиправдана 4–5-кратна закрыта репозиція).

Висновки

1. Пошкодження нервових структур, зокрема ліктьового нерва, найчастіше відбувається при надвиросткових переломах згинального типу. Пошкодження нерва, викликане введенням медіального штифта, спостерігалось в 4,5 % випадків серед пацієнтів контрольної групи. Функціональні результати лікування вказують на відсутність істотної різниці між двома типами конфігурації фіксації — перехресної та латеральної, однак латеральний тип стабілізації повністю виключає дане ускладнення.

2. Кутова деформація як наслідок недостатньої репозиції або її втрати потребує корекції і не може розцінюватись лише як косметичний дефект. Сучасна тенденція до активного застосування перкутанної фіксації при переломах II типу є одним із шляхів вирішення такої актуальної проблеми.

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

Інформація про фінансування. Автори заявляють про відсутність сторонньої фінансової підтримки даного дослідження.

Внесок авторів. Бур'янов О.А. — концепція і дизайн дослідження; Кваша В.П. — аналіз літературних джерел; Наumenко В.О. — відбір літературних джерел; Ковальчук Д.Ю. — систематизація літературних джерел; Курінний І.М. — написання тексту.

Список літератури

1. Гур'єв С.О., Трутяк І.Р., Обаранець О.В. Стан проблеми переломів дистального метаепіфізу плечової кістки у дітей та підлітків. Вісник Вінницького національного медичного університету. 2021;25(2):277-280. doi: 10.31393/reports-vnmedical-2021-25(2)-16.
2. Segundo-Primero G, Casas-López M, Ruiz-Mejía O. Surgical treatment of supracondylar fractures in pediatric patients using AO external lateral fixation technique. *Acta ortopédica Mexicana*. 2020;34(3):195-199. doi: 10.35366/97073.
3. Jerome J TJ, Prabu GR. Median nerve injuries associated with humerus shaft fractures in children. *Orthoplastic Surgery*. 2021;3:17-25. doi:10.1016/j.orthop.2020.11.003.
4. Pritom M Shenoy, Amirul Islam, Rahul Puri. Current Management of Paediatric Supracondylar Fractures of the Humerus. Published online. 2020;12(5):e8137. doi: 10.7759/cureus.8137.
5. Azzam W, Catagni MA, Ayoub MA, et al. Early correction of malunited supracondylar humerus fractures in young children. *Injury*. 2020;51(11):2574-2580. doi:10.1016/j.injury.
6. Gian Mario Micheloni, Michele Novi, Massimiliano Leigh, et al. Supracondylar fractures in children: management and treatment. *Acta Biomed*. 2021;92(3):e2021015. doi: 10.23750/abm.v92iS3.11725.
7. Slongo T, Audigé L, AO Pediatric Classification Group (2007) *AO Pediatric Comprehensive Classification of Long-Bone Fractures (PCCF)*. AO Foundation, Switzerland. Produced by AO CID Copyright© 2020 by AO Foundation,

Switzerland Check hazards and legal restrictions on www.ao-foundation.org/legal/AOE-E1-019. 5 July 2020.

8. Morrey BF. *The Elbow and Its Disorders*. Saunders Elsevier. 2009. 4th ed.:1232 p.

9. Бур'янов О.А., Кваша В.П., Науменко В.О., Карпінський М.Ю., Яреско О.В. Дослідження напружено-деформованого стану моделей плечової кістки при надвиросткових поперечних переломах у дітей та підлітків при різних варіантах черезкірної фіксації. *Вісник проблем біології і медицини*. 2024;2(173):174–189. doi:10.29254/2077-4214-2024-2-173-174-189.

10. Бур'янов О.А., Кваша В.П., Науменко В.О., Задніченко М.О., Ковальчук Д.Ю. Поліплощинний навігатор для проведення фіксуєчих елементів при переломах дистального метаепіфіза плечової кістки у дітей та підлітків. Патент України № 156152. 15.05.2024 р. Бюл. № 20.

11. Hanim A, Wafiuddin M, Azfar MA, et al. Biomechanical Analysis of Crossed Pinning Construct in Supracondylar Fracture of Humerus: Does the Point of Crossing Matter? *Cureus*. 2021;13:14043. doi: 10.7759/cureus.14043.

12. Serhat Durusoy, Kerim Öner, Alaattin Özer, et al. The effect of the angle between fracture line and Kirschner wires on stability in supracondylar humerus fractures treated with Kirschner wire fixation: A finite element analysis, *Joint Diseases and Related Surgery*. 2021;32(1):75–84. doi:10.5606/ehc.2021.77279.

13. Palange N, Prasanna Kumar GS, Mane A, et al. A comparison between percutaneous cross k wire and lateral k wires fixation in management of Type III Gartland paediatric supracondylar fractures. *International Journal of Orthopaedics Sciences*. 2019;5(2):119–22. doi: 10.22271/ortho.2019.v5.i12c.22.

14. Radaideh AM, Rusan M, Obeidat O, et al. Functional and radiological outcomes of different pin configuration for displaced pediatric supracondylar humeral fracture: A retrospective cohort study. *World J Orthop*. 2022;13(3):250–258. doi: 10.5312/wjo.13.i3.25.

15. Othman MK, Hamawand S. Percutaneous crossed pinning versus two lateral pinning for treating supracondylar humeral fracture in children: comparative study. *J Kirkur Med Coll*. 2020;8:64–77. doi: 10.32894/kjms.2020.169357.

16. Monsell F, Duffy S, Flannery O, et al. Overview of the contemporary management of supracondylar humeral fractures in children. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*. 2021; 31:871–881. doi:10.1007/s00590-021-02932-2.

17. Erdinç Acar, Recep Memik. Surgical Treatment Results in Pediatric Supracondylar Humerus Fractures *Eurasian. J Emerg Med*. 2020;19(1):25–9. doi: 10.4274/eajem.galenos.2017.74046.

18. Pedro Poggiali, Francisco Carlos Salles Nogueira, Maria Paula de Mello Nogueira. Management of Supracondylar Humeral Fracture in Children. *Rev. Bras. Ortop*. 2022;57(01):023–032. doi:10.1055/s-0040-1709734.

19. Sanders JS, Ouillette RJ, Howard R, et al. Non-operative Versus Operative Treatment of Type II A Supracondylar Humerus Fractures: A Prospective Evaluation of 99 Patients. *J Pediatr Orthop*. 2023;43(1):9–16. doi: 10.1097/BPO.0000000000002282.

20. Canales-Zamora OA, Mora-Ríos FG, Mejía-Rohenes LC, et al. Complications of supracondylar humeral fractures in children. *Acta Ortop Mex*. 2020;34(2):91–95.

Отримано/Received 05.01.2025

Рецензовано/Revised 16.01.2025

Прийнято до друку/Accepted 25.01.2025

Information about authors

Olexandr Burianov, MD, DSc, PhD, Professor, Head of the Department of Traumatology and Orthopedics, Bogomolets National Medical University, Ukraine; e-mail: kaftraum@ukr.net; fax: +380 (44) 288-01-26; phone: +380 (67) 796-68-76; <https://orcid.org/0000-0002-2174-1882>

Volodymyr Kvasha, MD, DSc, PhD, Professor, Department of Traumatology and Orthopedics, Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine; e-mail: vlkvash@ukr.net; phone: +380 (50) 381-65-57; <https://orcid.org/0000-0002-7444-6289>

Valeria Naumenko, PhD-student, Department of Traumatology and Orthopedics, Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine; e-mail: valeria.naumenko1@gmail.com, naumenko1@gmail.com; phone: +380 (50) 655-33-27; <https://orcid.org/0000-0002-3228-3450>

Dmytro Kovalchuk, PhD in Medicine, Associate Professor, Department of Traumatology and Orthopedics, Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine; e-mail: Kovadimid@gmail.com; phone: +380 (50) 947-72-83; <https://orcid.org/0000-0003-3106-6048>

Ihor Kurinnyi, MD, DSc, PhD, Leading Research Fellow, Department of Microsurgery and Reconstructive-Recovery Surgery of Upper Limb, Institute of Traumatology and Orthopaedics of NAMSU, Kyiv, Ukraine; e-mail: ignikur@gmail.com, phone: +380 (50) 534-61-12; <https://orcid.org/0000-0002-8137-7840>

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 authors declared that this study has received no financial support.

Authors' contribution. O.A. Burianov — research concept and design; V.P. Kvasha — analysis of literary sources; V.O. Naumenko — selection of literary sources; D.Yu. Kovalchuk — systematization of literary sources; I.M. Kurinnyi — writing the text.

O.A. Burianov¹, V.P. Kvasha¹, V.O. Naumenko¹, D.Yu. Kovalchuk¹, I.M. Kurinnyi²

¹Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

²Institute of Traumatology and Orthopaedics of NAMSU, Kyiv, Ukraine

Errors and complications in treating supracondylar fractures in children and adolescents

Abstract. Background. The prevalence of distal humerus epimetaphysis fractures in children and adolescents in Ukraine is approximately 16.2 % of all upper limb injuries. The complications associated with these fractures can be classified into early ones, which are directly related to the trauma, repositioning, and fixation, and delayed complications, which are caused by loss of repositioning and

manifested by angular varus or valgus deformities, ischemic contractures, neuropathy, and osteonecrosis. The purpose: to analyse treatment strategies in children and adolescents with supracondylar humerus fractures, to identify errors, complications and ways to solve them. **Materials and methods.** The material for the study was the results of examination and treatment of 175 patients (87 — main

group, 88 — controls). The type of fracture was established according to the AO Pediatric Comprehensive Classification of Long-Bone Fractures. **Results.** Damage to nerve structures in supracondylar humerus fractures was detected in 6 patients (6.9 %) in the main group and 11 controls (12.5 %). Furthermore, it was found that damage to the anterior interosseous nerve was prevalent in extension fractures, occurring in 33.3 % of cases in the main group and 27.3 % in the control one. Ulnar neuropathy is most prevalent in flexion fractures: 66.6 % of cases in the main group and 36.4 % in the control group. Iatrogenic nerve damage was observed in 4.5 % of controls. Cubitus varus deformity as a result of insufficient repositioning or its loss during treatment was detected in 1.1 % of patients in the main group, while in the control group had a rate of 4.5 %. This complication was more often in patients with type II fractures to whom the orthopaedic trauma care was provided in the scope of closed reduction and plaster

cast immobilisation. The relatively low proportion of varus deformity in the main group can be attributed to the increased use of percutaneous fixation of the fracture site with lateral configuration pins (78.3 % of cases). **Conclusions.** 1. Ulnar nerve damage caused by medial pin insertion was observed in 4.5 % of patients in the control group. Functional outcomes show that there is no significant difference between the two types of fixation — cross and lateral. However, the lateral type of stabilisation eliminates this complication. 2. Angular deformity due to insufficient repositioning or its loss requires correction and cannot be regarded as a cosmetic defect. The current trend of active use of percutaneous fixation in type II fractures is one of the ways to solve this urgent problem.

Keywords: supracondylar humerus fractures in children and adolescents; clinical and instrumental diagnostics; errors and complications

Бородюк Д.В.^{1,2}, Зазірний І.М.^{1,2}, Анкін М.Л.¹, Ладика В.О.¹

¹Національний університет охорони здоров'я України імені П.Л. Шупика, м. Київ, Україна

²Клінічна лікарня «Феофанія» ДУС, м. Київ, Україна

Епідеміологія та клінічні особливості вогнепальних переломів стегнової кістки в умовах військового конфлікту

Резюме. Актуальність. Вогнепальні травми залишаються важливою причиною смерті як у всьому світі, так і в нашій країні: щороку гине понад 500 тис. людей і понад 1,5 млн отримують поранення. Лікування вогнепальної травми є складним завданням, оскільки ці травми можуть вражати декілька структур, як-от поверхневі м'які тканини, кістки, м'язово-сухожильні структури, судини та нерви. Тому догляд за кожним пацієнтом потребує багато ресурсів, що призводить до постійного навантаження на суспільство й систему охорони здоров'я. **Матеріали та методи.** У базах даних PubMed та Medline за період 2014–2024 рр. було проведено літературний пошук, для якого використовували такі ключові слова: вогнепальні переломи, стегнова кістка, епідеміологія, військові конфлікти, особливості травм, ускладнення, первинна допомога. **Результати.** В Україні в умовах військового конфлікту щорічно реєструються десятки тисяч вогнепальних поранень, 45 % з них супроводжуються переломами. Особливості переломів стегнової кістки залежать від типу зброї — низької, середньої або високої енергії. Частіше лікарі мають справу з високоенергетичною травмою, яка супроводжується масивним дефектом м'яких тканин і багатоуламковим переломом. Встановлено, що в умовах військового конфлікту вогнепальні переломи стегнової кістки мають свої особливості, які залежать від виду вогнепальної зброї й умов, у яких надається первинна медична допомога. Зокрема, військові лікарі, які надають медичну допомогу солдатам в зоні бойових дій, стикаються з відсутністю санітарних умов і обмеженими засобами зовнішньої фіксації. Це обумовлює високий рівень бактеріального забруднення: інфікування у місці хірургічного втручання коливається від 30 до 40 %, залежно від умов поранення, що значно вище, ніж при цивільних вогнепальних пораненнях. Дослідження показують, що вогнепальні поранення кінцівок можуть варіюватися від незначних пошкоджень м'яких тканин і кісткової тканини до складних пошкоджень кістки з деваскуляризацією кінцівки й ураженням нервів. У випадку перелому стегнової кістки внаслідок вогнепальних поранень необхідним є проведення кількох етапів лікування: від первинної обробки рани із санацією до хірургічної фіксації перелому, а в окремих випадках — до ампутації через тяжкі пошкодження м'яких тканин. **Висновки.** На основі інформаційно-аналітичних досліджень сучасної наукової літератури встановлено, що вогнепальні переломи стегнової кістки є високоенергетичними травмами з поліморфною клінічною картиною. Тому комплексна діагностика цих травм є утрудненою внаслідок обмеженого доступу до спеціалізованої медичної допомоги. **Ключові слова:** вогнепальні переломи; стегнова кістка; епідеміологія; клінічні особливості; біофізика перелому

Вступ

Вогнепальні травми залишаються важливою причиною смерті як у всьому світі, так і в нашій країні: щороку гине понад 500 тис. людей і понад 1,5 млн отримують поранення, з них близько половини — внаслідок

військових дій на території нашої держави [17, 31]. Травматичні ураження, отримані на полі бою, спричинені тривалими військовими конфліктами, є величезною проблемою та на сьогодні становлять більш ніж 80 % випадків усіх вогнепальних поранень [2, 35].

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

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

Для кореспонденції: Бородюк Давид Володимирович, лікар, Центр ортопедії, травматології і спортивної медицини, Клінічна лікарня «Феофанія» ДУС, вул. Академіка Заболотного, 21, м. Київ, 03143, Україна; e-mail: davidborodyuk@gmail.com; тел.: +380 (93) 965-27-69; аспірант, кафедра ортопедії і травматології, Національний університет охорони здоров'я України імені П.Л. Шупика, вул. Дорогожицька, 9, м. Київ, 04112, Україна

For correspondence: Davyd V. Borodiuk, Doctor, Center of Orthopedics, Traumatology and Sport Medicine, Feofaniya Clinical Hospital, Akademika Zabolotnoho st., 21, Kyiv, 03143, Ukraine; e-mail: davidborodyuk@gmail.com; phone: +380 (93) 965-27-69; PhD-student, Department of Orthopedics and Traumatology, Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Dorozhytska st., 9, Kyiv, 04112, Ukraine

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

Вогнепальна травма в основному вражає молоде працездатне населення: як військовий, так і цивільний контингент. Останнім часом інтерес до вогнепальних поранень зріс не тільки через війну в Україні, Афганістані й на Близькому Сході, але також через збільшення кількості вогнепальних поранень серед цивільного населення [1, 14, 24].

Лікування вогнепальних травм може бути клінічно складним, оскільки ці травми нерідко охоплюють кілька структур, як-от поверхневі м'які тканини, кістки, м'язово-сухожильні структури, судини і нерви. Тому догляд за кожним пацієнтом потребує багато ресурсів, що призводить до постійного навантаження на суспільство та систему охорони здоров'я [12, 46].

Мета дослідження: провести епідеміологічну оцінку вогнепальних переломів стегнової кістки, проаналізувати біофізику вогнепального ураження, особливості клінічного перебігу зазначених переломів.

Матеріали та методи

У базах даних PubMed та Medline за період 2014–2024 рр. було проведено літературний пошук, для якого використовували наступні ключові слова: вогнепальні переломи, стегнова кістка, епідеміологія, військові конфлікти, особливості травм, ускладнення, первинна допомога.

Загальний пошук виявив 296 релевантних джерел щодо вогнепальних переломів стегнової кістки. Первинне виключення стосувалося літературних джерел, у яких вогнепальні переломи були внаслідок кульових травм мирного часу ($n = 123$).

До вторинного виключення були віднесені літературні джерела, які містили інформацію стосовно маркерів запального процесу у пацієнтів з вогнепальними переломами стегнової кістки. На наступному кроці виключалися джерела стосовно прицільного огляду методів хірургічного лікування, оскільки це не входило в завдання даної статті ($n = 143$). У результаті залишилися тільки релевантні повнотекстові статті у спеціалізованих журналах ($n = 27$).

Результати дослідження та їх обговорення

Епідеміологія вогнепальних уражень стегнової кістки. Щороку фіксуються мільйони відкритих випадків вогнепальних переломів довгих кісток у країнах з низьким і середнім рівнем доходу через травми під час конфлікту [21, 34, 45, 48]. N. Abu-Shaban повідомив про понад 300 високоенергетичних складних переломів великогомілкової кістки лише в червні 2018 року [20]. В Індії щорічно трапляється приблизно 4,5 мільйона відкритих переломів [20].

Переважну кількість пацієнтів з вогнепальними переломами стегнової кістки, як вказують Odatuwa-Omagbemi et al. [40], становлять найбільш активні й економічно продуктивні вікові групи суспільства. Таким чином, ці травми завдають удару по економічній продуктивності на додаток до масового споживання ресурсів охорони здоров'я у формі медичної допомоги для

жертв з довічною інвалідністю [4, 9, 40]. У дослідженні P.J. Dougherty et al. доповідається приблизно про від 60 000 до 80 000 вогнепальних поранень на рік у Сполучених Штатах, лікування яких часто зосереджене у міських травматологічних центрах [28]. Наслідки для пацієнтів із вогнепальною травмою пов'язані зі значною втратою робочих днів, витратами на лікування та втратою працездатності. Переломи стегнової кістки є найпоширенішими переломами довгих кісток, які спостерігаються при вогнепальних пораненнях [10, 11].

В Україні в умовах військового конфлікту щорічно реєструються десятки тисяч вогнепальних пошкоджень, 45 % з них супроводжуються переломами [6, 13, 18, 19]. У зв'язку зі зростанням кількості вогнепальних пошкоджень та їх складним лікуванням ортопедичні травматологи потребують більш детального ознайомлення з механізмами цих пошкоджень, їх лікуванням та післяопераційними ускладненнями.

Фізичні особливості вогнепального ураження. Особливості переломів стегнової кістки залежать від типу зброї: низької, середньої або високої енергії [7, 25]. Частіше ми маємо справу з так званими віддаленими переломами, коли утворюється велика поверхнева порожнина, яка розширюється та спричиняє віддалений перелом. D.C. Kieser et al. зазначають: якщо куля пройшла занадто близько до кістки (2 см або менше), виникає непрямий [29], а не віддалений перелом. Це явище відбувається тому, що чим ближче куля до кістки, тим менша площа поверхні тимчасової порожнини, яка впливає на кістку, і, отже, точкове навантаження відбувається на рівні кульової траєкторії, що спричиняє перелом на цьому рівні до того, як хвилі напруги досягнуть більш віддалених місць. Отже, різниця між віддаленими балістичними переломами та непрямыми переломами полягає в тому, що віддалений перелом відбувається через найслабшу частину кістки, тоді як непрямі переломи відбуваються безпосередньо навпроти кульового тракту.

Коли куля потрапляє в ціль, утворюється ударна хвиля, яка просувається крізь тканини, розчавлює та розриває їх на своєму шляху, окрім того, спричиняє бічний тиск, який розриває тканини, утворюючи тимчасову порожнину. Хоча в основному куля ламає кістку, у нещодавніх роботах було показано, що саме розширення тимчасової порожнини викликає переломи при вогнепальній травмі, коли куля перетинає м'які тканини, але при цьому куля часто не торкається кістки безпосередньо [3, 33, 36].

Callender та French вперше описали ці унікальні травми в 1935 році [23]. Однак з того часу на цю тему було представлено лише окремі дослідження. Останні публікації Dougherty et al. [29] і Kieser et al. [33] показали, що ці переломи стегнової кістки безпосередньо пов'язані з розміром та близькістю розширення тимчасової порожнини до кістки. Kieser et al. [33] виявили, що, незважаючи на нижчу швидкість кулі калібру 0,44 дюйма (магнум Remington MG43 із порожнистим наконечником), той факт, що вона розширюється під час удару, призводить до більшої, більш поверхневої

тимчасової порожнини, ніж $5,56 \times 45$ мм (Організація Північноатлантичного договору (НАТО), SS109), $7,62 \times 39$ мм (FMJ mid steel core, M43, Росія, завод 71, 1984) або 9×19 мм (FMJ, DM1 1A1B2) снаряди [33]. Для порівняння: було помічено, що куля $5,56 \times 45$ мм спричинила перелом лише на відстані до 10 мм від кістки, тоді як $7,62 \times 39$ і 9×19 мм не спричиняли перелому [5].

Віддалені балістичні переломи (ВБП) являють собою невелику та надзвичайно унікальну підгрупу переломів стегнової кістки, які виникають при вогнепальній травмі [32, 33]. Ці переломи були виділені в окрему групу, коли опублікували дослідження про випадки, не пов'язані з падінням або іншими травмами [30, 44]. J.R. Ryan et al. [44] задокументували серію таких травм із загальної кількості 143 послідовних переломів стегнової кістки внаслідок вогнепальних поранень, які надходили до загальної лікарні Детройта. Незважаючи на те, що автори віднесли ці переломи до групи ВБП, вони не описували та не аналізували цю категорію переломів. Через три роки Н. Smith та К.К. Wheatley [47] навели подібні клінічні випадки переломів стегнової кістки, коли, як вони вважали, пацієнти не зазнали пов'язаного падіння чи травми. Вони описали спіральні переломи на відстані до 12,5 см від кульового тракту та припустили, що останні були унікальними для стегнової кістки, яка перевантажена вагою. Вони висунули гіпотезу, що цей перелом є результатом напруги, яка діє віддалено від шляху кулі, причому спіральна природа, як вважають, пов'язана з внутрішнім скручуванням стегнової кістки внаслідок ексцентричного положення головки стегнової кістки та варусної дуги діафіза.

Вогнепальні переломи в умовах військових конфліктів. В умовах військового конфлікту вогнепальні переломи стегнової кістки мають свої особливості [16]. Зокрема, відмінності між цивільним і військовим середовищем здебільшого стосуються складних умов надання допомоги пораненим і типу вогнепальної зброї. Військові лікарі, які доглядають за пораненими солдатами в зоні бойових дій, стикаються з жакливими санітарними умовами й обмеженими засобами матеріального забезпечення [39, 49]. Це виявляється у рівні забруднення ран: високий рівень бактеріального забруднення в зонах бойових дій (у середньому від трьох до чотирьох типів бактерій). Для порівняння: відкриті переломи у цивільному середовищі часто контаміновані одним або двома типами бактерій і після хірургічної обробки стають стерильними, на відміну від відкритих травм і переломів у військових умовах [41].

Клінічні особливості вогнепальних переломів. Особливості вогнепальних переломів стегнової кістки виявляються у частоті післяопераційного інфікування. Останнім часом цей рівень інфікування, як поверхневого, так і глибокого, у місці хірургічного втручання коливається від 30 до 40 %, залежно від умов поранення [37], що вище, ніж рівень інфікування при цивільних балістичних переломах [41].

Окрім того, при пошкодженні стегнової кістки вогнепальні поранення потребують кількох процедур, від санації, дебридменту, іригації ран до опера-

тивної фіксації перелому або ампутації через супутні серйозні пошкодження м'яких тканин [43]. Тут мають місце супутні ускладнюючі фактори, як-от численні травми, високий ризик інфікування, потенційне пошкодження судин або нервів, необхідність виконання складних хірургічних процедур і погані функціональні результати. Ризик інфікування пов'язаний зі ступенем відкритого перелому на основі класифікацій Gustilo-Anderson та модифікованої класифікації Rajasekaran [22, 42].

Спектр уражень від вогнепальних поранень кінцівок є досить широким: від простого пошкодження м'яких тканин до пошкодження кістки (балістичний перелом, який за визначенням є відкритим переломом), до розтрощення кістки з деваскуляризацією кінцівки та пошкодженням нерва. Їх лікування в цивільних умовах впродовж тривалого часу ґрунтувалося на військовій практиці, зокрема з очищенням і промиванням, а також стабілізацією кістки за допомогою зовнішньої фіксації. І саме ризиком інфікування пояснюється застосування зовнішніх фіксаторів при військових балістичних переломах [15, 26, 27].

Стосовно інших клінічних особливостей балістичних переломів стегнової кістки можна навести дані ретроспективного епідеміологічного дослідження Yasin Barkhad Ibrahim et al. [50], що охоплювало всіх пацієнтів із переломом стегнової кістки, які були госпіталізовані впродовж 4 років у період з листопада 2018 року по грудень 2022 року в ортопедично-травматологічне відділення університетської клініки. У роботу включені всі пацієнти з документально підтвердженими типами переломів стегнової кістки, які були госпіталізовані та прооперовані протягом досліджуваного періоду, незалежно від віку. Авторами були розглянуті демографічні характеристики пацієнтів, вік і стать, характеристики травми, тип виконаної фіксації. Переломи були класифіковані за стандартами АО/ОТА (Arbeitsgemeinschaft fur Osteosynthesefragen/Orthopedic and Trauma Association) [50]. Згідно з цим звітом, вогнепальні переломи характеризуються пошкодженням дистального відділу кістки (52 %), решта — переломи діафіза (40,0 %) та вогнепальні переломи стегнової кістки іншої локалізації. За класифікацією АО/ОТА тип А становив 73,0 % випадків, тип С — 27,0 %. Виявлено статистично значущу різницю між механізмом пошкодження та гендерними категоріями ($p < 0,001$): 83,0 % — пацієнти чоловічої статі, 67,0 % — пацієнти молодшого та молодого віку (< 40 років) [50].

Доступна література про наслідки вогнепальних переломів є надзвичайно обмеженою і зазвичай містить різноманітні дані невеликих ретроспективних досліджень. Рівень розвитку остеомієліту коливався від 0 до 29 %, а рівень незрощень — від 0 до 25 %; функціональні результати зазвичай були незадовільними, що підкреслювало необхідність великих, проспективних, однорідних досліджень. Зокрема, в роботі Mohammad Hutaif et al. [38] проведено оцінку функціональних результатів (здатність пацієнта виконувати повсякденну діяльність після одужання від травми) і рентгеноло-

гічних результатів (загоєння та вирівнювання кістки після фіксації перелому) відкритих вогнепальних проксимальних переломів стегнової кістки, які лікувалися у трьох єменських травматологічних центрах першого рівня. Окрім того, дослідження було спрямоване на визначення факторів, які впливають на ці результати у пацієнтів з відкритими вогнепальними проксимальними переломами стегнової кістки. Автори встановили, що пацієнти з цими травмами мають високі показники ускладнень і погані функціональні результати, результати щодо якості життя (виміряні як за шкалою Nagis, так і за SF-36) та що на ці результати впливають кілька факторів, наприклад: тип рани; вид перелому; тип остаточної фіксації; тяжкість травми (ISS); тяжкість ураження кінцівок (MESS); терміни початкового введення антибіотиків, санації та остаточної фіксації; тривалість антибіотикотерапії; термін перебування в лікарні [38]. Автори встановили, що індекси ISS та MESS, час до введення антибіотиків і час до санації були значущими предикторами інфекції. Час до остаточної фіксації суттєво впливав на імовірність незрощення, повторної операції, відстроченого зрощення, остеонекрозу і гетеротопічної осифікації. Тривалість антибіотикотерапії та тривалість перебування у стаціонарі також були значущими предикторами низки клінічних наслідків [8, 38].

Таким чином, масивне пошкодження м'яких тканин і кісток, спричинене високошвидкісними вогнепальними пораненнями, потребує ретельної повторної хірургічної обробки для досягнення найкращого можливого інфекційного контролю та реконструкції. Однією з проблем є недостатня кількість досліджень при лікуванні високоенергетичних переломів.

Висновки

Встановлено на основі інформаційно-аналітичних досліджень сучасної наукової літератури, що високоенергетичні вогнепальні травми стегнової кістки з уламковими переломами та масивним пошкодженням м'яких тканин потребують інтенсивного лікування, а множинне пошкодження анатомічних структур ще більше ускладнює проблему.

Комплексна діагностика вогнепальних травм на ранніх етапах є утрудненою внаслідок обмеженого доступу до спеціалізованого медичного обладнання, а також поліморфної клінічної картини вогнепального перелому.

Рання агресивна та серійна обробка м'яких тканин, кісткової тканини, рання стабілізація перелому й інтенсивна реабілітація є ключовими моментами в лікуванні вогнепальних поранень високої енергії, а добре спланований підхід до первинної допомоги може оптимізувати подальші реконструктивні зусилля, зменшивши ризик інфекції та додаткового пошкодження тканин.

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

Список літератури

1. Анкін Л., Поліщук М.Є., Галпошко О.А., Шуба В.Й., Петрик Т.М., Лади́ка В.О. Принципи організації спеціалізованої травматологічної допомоги у разі вогнепальних поранень кінцівок у сучасній війні. Київ, 2022. 42 с.
2. Бібік Т.А., Гужвенко Д.В., Агренішин С.В. Аналіз медичної допомоги військовослужбовцям — учасникам бойових дій у клініці амбулаторної допомоги Національного військово-медичного клінічного центру «Головний військовий клінічний госпіталь». Сучасні аспекти військової медицини. 2020;27(1):3-12. DOI: 10.32751/2310-4910-2020-27-01.
3. Борзих Н.О., Страфун С.С., Савосько С.І., Макаренко О.М., Лахша А.А. Ультроструктурні зміни кісткової тканини при вогнепальній травмі на основі результатів скануючої електронної мікроскопії. Морфологія. 2018;12(1):7-13. DOI: 10.26641/1997-9665.2018.1.7-13.
4. Бур'янов О.А., Казмірчук А.П., Ярмолук Ю.О., Вакулич М.В., Дричик Д.О. Відновне лікування постраждалих із множинними вогнепальними переломами довгих кісток. Ортопедия, травматология и протезирование. 2017;1:46-53. DOI: 10.15674/0030-59872017146-53.
5. Данчин А.О., Гончарук О.М., Усатов С.А., Алтаброурі М.С., Данчин Г.О. Біофізичні механізми формування ранових каналів при вогнепальних непроникаючих черепно-мозкових пораненнях. Укр. інтервен. нейрорад. хіру. 2021;1(35):33-42. DOI: 10.26683/2786-4855-2021-1(35)-33-42.
6. Денисюк М.В., Дубров С.О., Черняєв С.В., Себеда С.О., Заїкін Ю.М. Структура травматичних пошкоджень та досвід лікування поранених внаслідок бойових дій в перші дні нападу росії на Україну. Pain, Anaesthesia & Intensive Care. 2022;1:7-12. DOI: 10.25284/2519-2078.1(98).2022.256092.
7. Жаховський В.А., Лівінський В.Г., Бойчак М.П., Осьодло Г.В. Організація терапевтичної допомоги військовослужбовцям під час антитерористичної операції/операції Об'єднаних сил. Сучасні аспекти військової медицини. 2020;27(2):23-37. DOI: 10.32751/2310-4910-2020-27-24.
8. Казмірчук А.П., Дяченко В.В., Бичкова С.А., Таранухін С.С., Торончук І.В. та ін. Особливості діагностики і лікування нозокоміальної пневмонії у поранених. Сучасні аспекти військової медицини. 2022;29:70-81. DOI: 10.32751/2310-4910-2022-29-6.
9. Кіх А.Ю., Ляха А.П., Беспаленко А.А., Щеглюк О.І., Корченко В.В. Клінічний досвід лікування та реабілітації пацієнтів з гетеротопічною осифікацією ампутаційних кукс внаслідок мінно-вибухового поранення. Сучасні аспекти військової медицини. 2020;27(2):336-344. DOI: 10.32751/2310-4910-2020-27-56v.
10. Клапчук Ю.В., Бур'янов О.А., Ярмолук Ю.А., Бородай О.Л., Бібік Т.А. та ін. Сучасний стан діагностики та лікування військовослужбовців із вогнепальними проникаючими пораненнями великих суглобів. Огляд літератури. Сучасні аспекти військової медицини. 2020;27(2):110-123. DOI: 10.32751/2310-4910-2020-27-33.
11. Кузнецов А.Д. Медико-економічні аспекти лікування військовослужбовців з вогнепальними пораненнями верхніх кінцівок. Сучасні аспекти військової медицини. 2021;28(2):26-33. DOI: 10.32751/2310-4910-2021-28-2-2.

12. Кучин Ю.Л., Горошко В.Р. Больвовий синдром у пацієнтів із вогнепальними пораненнями кінцівок та посттравматичними стресовими розладами. *Медицина невідкладних станів*. 2021;17(7):24-31. DOI: 10.22141/2224-0586.17.7.2021.244591.
13. Осьодло Г.В., редактор. *Воєнно-польова терапія: підручник, видання друге, відкореговане і доповнене*. Київ, 2022. 646 с.
14. Палінська В.І., Литовченко І.І., Ткаченко О.В. Деякі показники тривоги і депресії у пацієнтів з вогнепальними пораненнями кінцівок у ранньому післятравматичному періоді. Сучасні аспекти військової медицини. 2020;27(1):121-129. DOI: 10.46847/ujmm.2022.4(3)-141.
15. Страфун С.С., Борзих Н.О., Ярмолюк Ю.О., Шпуннов В.Г., Лакша А.А. та ін. Застосування методу керованого негативного тиску в комплексі лікування постраждалих з вогнепальними ранами кінцівок. *Клінічна хірургія*. 2017;7(903):45-47.
16. Трутяк І.Р., Медзин В.І., Трутяк Ю.І., Хома Т.В. Особливості сучасних вогнепальних переломів кісток кінцівок. *Клінічна анатомія та оперативна хірургія*. 2015;14(3):114-116.
17. Хоменко І.П., Король С.О., Халік С.В. Клінічно-епідеміологічний аналіз структури бойової хірургічної травми при проведенні антитерористичної операції/операції Об'єднаних сил на сході України. *Український журнал військової медицини*. 2021;2(2)-005:5-13 DOI: 10.46847/ujmm.2021.2(2)-005.
18. Цимбалюк В.І., редактор. *Вогнепальні поранення м'яких тканин (Досвід антитерористичної операції/Операції Об'єднаних сил)*. Харків, 2020. 400 с.
19. Швец А.В., Горішна О.В., Депутат Ю.М., Ричка О.В., Жалдак А.Ю. та ін. Прогностична оцінка потреби у медичній реабілітації військовослужбовців Збройних Сил України на основі даних структури їх бойової травми. *Український журнал військової медицини*. 2022;3(3):110-117. DOI: 10.46847/ujmm.2022.3(3)-110.
20. Abu-Shaban N. Gaza shootings: an orthopaedic crisis and mass disability. *Br. Med. J.* 2018;362:1. DOI: 10.1136/bmj.k3295.
21. Alhammoud A, Maaz B, Alhaneedi GA, Alnouri M. External fixation for primary and definitive management of open long bone fractures: the Syrian war experience. *Int. Orthop.* 2019;43:2661-70. DOI: 10.1007/s00264-019-04314-0.
22. Baum GR, Baum JT, Hayward D, MacKay BJ. Gunshot Wounds: Ballistics, Pathology, and Treatment Recommendations, with a Focus on Retained Bullets. *Orthopedic Research and Reviews*. 2022;14:293-317. DOI: 10.2147/ORR.S378278.
23. Callender GR, French RW. Wound ballistics: studies in the mechanism of wound production by rifle bullets. *Milit. Surg.* 1935;77:177-201. DOI: 10.1016/S0196-0644(84)80336-4.
24. Cho NY, Mabeza RM, Bakhtiyar SS, Richardson S, Ali K, Tran Z, Benharash P. National trends and resource associated with recurrent penetrating injury. *PLoS One*. 2023;18(11):e0280702. DOI: 10.1371.0280702.
25. Coppe J, Taipale N, Rots V. Terminal ballistic analysis of impact fractures reveals the use of spearthrower 31 ky ago at Maisières-Canal. Belgium. *Sci Rep*. 2023;13(1):18305.
26. Court T, Gusho CA, Graf A, Schmeling G. Rare popliteal mass following retrograde nailing of ballistic femur fracture: a case report. *OTA Int.* 2021;4(1):e094. DOI: 10.1097/O19.000000000000094.
27. DeFoor MT, Micallef CJ, Lybeck DO, Wilson DJ, Plucknette BF, Sabbag CM. Free Functional Muscle Transfer and One Bone Forearm for Upper-Extremity Limb Salvage After High-Energy Ballistic Trauma. *J. Hand Surg. Glob Online*. 2023;5(5):701-706. DOI: 10.1016/j.jhsg.2023.06.005.
28. Dougherty PJ, Ghorebeh P, Zekaj M, Sethi S, Oliphant B, Vaidya R. Retrograde Versus Antegrade Intramedullary Nailing of Gunshot Diaphyseal Femur Fractures. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2013;471:3974-3980. DOI: 10.1007/s11999-013-3058-8.
29. Dougherty PJ, Sherman D, Dau N, Bir C. Ballistic fractures: indirect fracture to bone. *J. Trauma*. 2011;71:1381-1384. DOI: 10.1097/TA.0b013e3182117ed9.
30. Dougherty PJ, Vaidya R, Silverton CD, Bartlett C, Najibi S. Joint and long-bone gunshot injuries. *JAAOS*. 2009;91:980-997.
31. Eze AN. Impact of gun violence. *Trauma Surg Acute Care Open*. 2023;8(1):e001314. DOI: 10.1136/tsaco-2023-001314.
32. Galante N, Franceschetti L, Del Sordo S, Casali MB, Genovese U. Remote ballistic fractures in a gelatine model-aetiology and surgical implications. *Explosion-related deaths: An overview on forensic evaluation and implications*. *Forensic Sci Med Pathol*. 2021;17(3):437-448.
33. Kieser DC, Carr DJ, Leclair SCJ, Horsfall I, Theis JC, Swain MV, Kieser JA. Gunshot induced indirect femoral fracture: mechanism of injury and fracture. *JRAMC*. 2013;159(4):294-9. DOI: 10.1136/jramc-2013-000075.
34. Krah K, Yao L, Séry B, M'bra K, Benié A, Kouassi K, et al. Epidemiological data of motorcycle accident at surgical emergency of Bouake teaching hospital. *Rev. Int. Océanogr. Méd.* 2013;15:161-164. DOI: 10.11648/j.wjph.20220701.12.
35. Lee Young JT, Jarvis JK. Management of a Transaxial, Tricompartmental Gunshot Injury in a Low-Resource Tertiary-Care Center in the Anglosphere Caribbean. *Cureus*. 2023;15(10):e47516. DOI: 10.7759.47516.
36. Lurin I, Burianov O, Yarmolyuk Y, Klapchuk Y, Derkach S, Gorobeiko M, Dinets A. Management of severe defects of humerus in combat patients injured in Russo-Ukrainian war. *Injury*. 2024;55(2):111280. DOI: 10.1016/j.injury.2023.111280.
37. Mack AW, Freedman BA, Groth AT, Kirk KL, Keeling JJ, Andersen RC. Treatment of open proximal femoral fractures sustained in combat. *J. Bone Joint Surg. Am.* 2013;95:131-8. DOI: 10.2106/JBJS.K.01568.
38. Mohammad Hutaif, Abdullah Al-Moaish, Anwar Al-fadli. Functional and Radiographic Outcomes of Open Proximal Femoral Fractures Caused by Gunshot Wounds in Yemen: A Prospective Cohort Study. *JB JS Open Access*. 2024;9(1):e23.00085. DOI: 10.2106/JBJS.OA.23.00085.
39. Nishimura T, Ochi T, Ijuin S, Nakayama H, Matsuyama S, Ishihara S, Nakayama S. Treatment of a gunshot wound (birdshot) patient with traumatic shock in a hybrid emergency room. *Trauma Case Rep*. 2022;40:100659. DOI: 10.1016/j.tcr.2022.100659.
40. Odatuwa-Omagbemi DO, Ikechukwu Otene C, Efetobor Tony Enemudo R, Segun Imonijevwe E, Erhigigwe Sefia T. Gunshot injuries: experience in a tertiary health facility in the

Niger Delta Region of Nigeria. *Pan. Afr. Med. J.* 2022;43:133. DOI: 10.11604/pamj.2022.43.133.31587.

41. Panteli M, Vun JSH, West RM, Howard A, Pountos I, Giannoudis PV. Surgical Site Infection Following Intramedullary Nailing of Subtrochanteric Femoral Fractures. *J. Clin. Med.* 2021;10(15):3331. DOI: 10.3390/jcm10153331.

42. Rhee PM, Moore EE, Joseph B, Tang A, Pandit V, Vercruysse G. Gunshot wounds: a review of ballistics, bullets, weapons, and myths. *J Trauma Acute Care Surg.* 2016;80(6):853-867. DOI: 10.1097/TA.0000000000001037.

43. Rosas S, Gwam CU, Araiza ET, Roche MW, Emory CL, Carroll EA, et al. Economic impact of orthopaedic care for non-fatal gunshot wounds: analysis of a public health crisis. *Ann. Transl. Med.* 2021;9(3):210. DOI: 10.21037/atm-20-1064.

44. Ryan JR, Hensel RT, Saliccioli GG, Pederson HE. Fractures of the femur secondary to low velocity gunshot wounds. *J Trauma.* 1981;21:160-162. DOI: 10.1097/00005373-198102000-00012.

45. Schade AT, Hind J, Khatri C, Metcalfe AJ, Harrison WJ. Systematic review of patient reported outcomes from open tibia fractures in low and middle income countries. *Injury.* 2020;51:142-146. DOI: 10.1016/j.injury.2019.11.015.

46. Schenck CS, Dodington J, Paredes L, Gawel M, Nedd A, Vega P, O'Neill KM. Implementation of an emerging hospital-

based violence intervention program: a multimethod study. *Trauma Surg Acute Care Open.* 2023;8 (1):e001120. DOI: 10.1136/tsaco-2023-001120.

47. Smith H, Wheatley KK Jr. Biomechanics of femur fractures secondary to gunshot wounds. *J. Trauma.* 1984;24:970-977. DOI: 10.1097/00005373-198411000-00008.

48. Tahtabasi M, Er S, Karasu R, Ucaroglu ER. Bomb blast: imaging findings, treatment and clinical course of extremity traumas. *BMC Emerg Med.* 2021;21:1-10. DOI: 10.1186/s12873-021-00421-7.

49. Ujvári B, Oláh Z, Molnár S, Hancs T, Várhelyi L, Szabó N, Bózsik A. Multi-stage management of a right hip gunshot injury; Case report. *Trauma Case Rep.* 2023;47:100881. DOI: 10.1016.2023.100881.

50. Yasin Barkhad Ibrahim, Abdullahi Yusuf Mohamed, Hassan Salad Ibrahim, Abdulkhalek Hassan Mohamed, Hakan Cici, Yahye Garad Mohamed. Risk factors, classification, and operative choices of femur fractures at a Tertiary Hospital: first report from Somalia. *Sci. Rep.* 2023;13:12847. DOI: 10.1038/s41598-023-39671-9.

Отримано/Received 24.02.2025

Рецензовано/Revised 03.03.2025

Прийнято до друку/Accepted 10.03.2025

Information about authors

Davyd V. Borodiuk, Doctor, Center of Orthopedics, Traumatology and Sport Medicine, Feofaniya Clinical Hospital, Kyiv, Ukraine; e-mail: davidborodyuk@gmail.com; phone: +380 (93) 965-27-69; PhD-student, Department of Orthopedics and Traumatology, Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv, Ukraine; https://orcid.org/0009-0000-2108-9970

Ihor M. Zazirnyi, MD, DSc, PhD, Head of the Center of Orthopedics, Traumatology and Sport Medicine, Feofaniya Clinical Hospital, Kyiv, Ukraine; e-mail: zazirnyi@ukr.net; phone: +380 (67) 756-32-47; Professor, Department of Orthopedics and Traumatology, Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv, Ukraine; https://orcid.org/0000-0001-7890-1499

Mykola L. Ankin, MD, DSc, PhD, Professor, Head of the Department of Orthopedics and Traumatology, Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv, Ukraine; e-mail: ortho2nmapo@gmail.com; https://orcid.org/0000-0001-9795-0931

Victoriia O. Ladyka, PhD in Medicine, Associate Professor, Department of Orthopedics and Traumatology, Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv, Ukraine; e-mail: ortho2nmapo@gmail.com; https://orcid.org/0000-0002-3796-428X

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.

D.V. Borodiuk^{1,2}, I.M. Zazirnyi^{1,2}, M.L. Ankin¹, V.O. Ladyka¹

¹Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

²Feofaniya Clinical Hospital, Kyiv, Ukraine

Epidemiology and clinical features of gunshot fractures of the femur under conditions of military conflict

Abstract. Background. Gunshot injuries remain a significant cause of mortality both globally and in our country, with over 500,000 deaths and more than 1.5 million injuries reported annually. The treatment of gunshot wounds poses a complex challenge, as these injuries may affect multiple structures, including superficial soft tissues, bones, musculoskeletal structures, blood vessels, and nerves. Consequently, patient care demands substantial resources, placing a continuous burden on society and healthcare systems. **Materials and methods.** A literature search was conducted in the PubMed and MEDLINE databases for 2014–2024, using the following keywords: gunshot fractures, femur, epidemiology, military conflicts, injury characteristics, complications, first aid. **Results.** In Ukraine, under conditions of military conflict, tens of thousands of gunshot injuries are registered annually, 45 % of them are accompanied by fractures. The characteristics of femoral fractures depend on the type of weapon used — low, medium, or high-energy firearms. Physicians often encounter high-energy trauma associated with extensive soft tissue defects and comminuted fractures. It has been established that in military conflict settings, gunshot fractures of the femur exhibit specific characteristics influenced by the type of firearm and the conditions un-

der which initial medical care is provided. Military doctors providing assistance to soldiers in combat zones face challenges such as a lack of sanitary conditions and limited access to external fixation devices. This results in a high level of bacterial contamination: infection rates at the surgical site range from 30 to 40 %, depending on the conditions of the injury, which is significantly higher than in civilian gunshot wounds. Studies indicate that gunshot wounds to the extremities can range from minor soft tissue and bone damage to complex bone injuries involving leg devascularization and nerve damage. In cases of femoral fractures caused by gunshot wounds, treatment typically involves several stages: from primary wound debridement and sanitation to surgical fracture fixation, and, in some cases, amputation due to severe soft tissue damage. **Conclusions.** Based on information and analytical studies of modern scientific literature, gunshot fractures of the femur are high-energy injuries with a polymorphic clinical presentation. Therefore, comprehensive diagnosis of these injuries are complicated by limited access to specialized medical care.

Keywords: gunshot fractures; femur; epidemiology; clinical features; fracture biophysics

Чорна В.В.¹, Гудзевич Л.С.², Нестерова С.Ю.², Степаненко І.О.², Липкань В.М.^{1,3},
Коломієць В.В.¹, Іщенко О.В.¹

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

²Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського, м. Вінниця, Україна

³Військово-медичний клінічний центр Центрального регіону, м. Вінниця, Україна

Захворюваність, смертність, причини раптової зупинки кровообігу: серцево-легенева реанімація у світі та реалії в Україні

Резюме. Мета дослідження полягала у проведенні аналізу офіційних даних Європейської ради реанімації у світі і в Україні щодо позалікарняної раптової зупинки кровообігу у військовослужбовців під час бойових дій з урахуванням причин, часу від поранення до початку проведення реанімаційних заходів, ускладнень за даними хірургічного госпіталю II рівня (II етап медичної евакуації (ЕМЕ)) ЗС України. Дослідження проводили на базі мобільного госпіталю (ЕМЕ II рівня) найгарячішого напрямку бойових дій за червень — серпень 2024 р. Проаналізовано проведення реанімаційних заходів — серцево-легеневої реанімації на ЕМЕ II рівня ЗС України в 36 військовослужбовців. Проведено ретроспективний огляд 86 вітчизняних та зарубіжних наукових праць з використанням баз даних PubMed і Google Scholar. Після проведення огляду статей та ознайомлення з їхніми повними текстами було відібрано 35 джерел щодо проведення серцево-легеневої реанімації в осіб з позалікарняною зупинкою кровообігу у світі загалом та під час воєнних конфліктів зокрема. Глибина пошуку охоплює період з 2004 по 2024 р. У роботі використано бібліосемантичний, системного аналізу, статистичний методи. Найбільш поширеними причинами позалікарняної зупинки кровообігу були: травма грудної клітки, зокрема вогнепальні поранення, що супроводжувалися розвитком гідро- та пневмотораксу, а також гемоперикарду (21,6 %), вогнепальні поранення, які спричинили масивні кровотечі (21,5 %), відрив нижніх кінцівок (20,5 %), торакоабдомінальні поранення (20,4 %), отруєння продуктами горіння (16,0 %). Тривалість проведення реанімаційних заходів при позалікарняній зупинці кровообігу становила 5 хвилин у 11,1 %, 10 хвилин — у 13,8 %, 20 хвилин — у 8,3 %, 45 хвилин — у 36,5 %, 60 хвилин — у 16,6 %, 70 хвилин — у 2,7 %, 90 хвилин — у 5,5 %, 120 хвилин — у 5,5 % постраждалих. Успішні реанімаційні заходи проведено у 63,9 % військовослужбовців, а у 36,1 % результат негативний. **Висновки.** У світі щорічна частота позалікарняної зупинки серця становить приблизно 50–60 випадків на 100 тисяч осіб, причому 72,0 % зупинок серця відбуваються вдома, 15,0 % — на робочому місці, а найчастішим механізмом є фібриляція шлуночків — 17 на 100 тисяч осіб протягом року.

Ключові слова: позалікарняна раптова зупинка кровообігу; серцево-легенева реанімація; військовослужбовці; травми грудної клітки, пов'язані з бойовими діями; ЕМЕ II рівня

Вступ

За даними звітів робочої групи Міжнародного комітету з реанімації (Американська асоціація серця, Європейська рада реанімації, Рада Австралії та Нової Зеландії) 1991 року, які оновлені у 2004 та 2015 роках, на 1000 госпіталізацій на рік трапляється від 1 до 1,5 випадку

раптової зупинки серця у пацієнтів від різних причин. Щорічна частота позалікарняних зупинок серця становить приблизно 55 випадків на 100 тисяч осіб, причому 72,0 % зупинок серця відбуваються вдома, 15,0 % — на робочому місці. Постійний моніторинг у світі проводиться щодо кількості позалікарняних зупинок сер-

ця, це необхідно для врахування системних факторів екстреної медичної допомоги, впровадження системи раннього реагування щодо реанімаційної допомоги, доступності автоматичних зовнішніх дефібриляторів та нових методів/алгоритмів надання домедичної допомоги на місцях подій випадковими свідками/рятувальниками, постреанімаційного догляду, інструментів прогнозування, а головне — звіти сприяють міжнародним порівнянням і співпраці [1–4].

Частота позалікарняної раптової зупинки кровообігу (РЗК) згідно з офіційними даними Європейської ради реанімації становить від 67 до 170 випадків на 100 тисяч населення (0,07–0,17 %).

Найпоширенішою причиною позалікарняної зупинки кровообігу є гострий коронарний синдром, а найчастішим механізмом є фібриляція шлуночків (ФШ), частота якої, за деякими статистичними даними, становить 17 на 100 тисяч осіб протягом року.

Єдиним ефективним способом лікування ФШ є якнайшвидше проведення дефібриляції. З кожною хвилиною запізнення шанси на ефективне проведення реанімаційних заходів зменшуються на 7,0–10,0 %. Проте використання автоматичних зовнішніх дефібриляторів залишається доволі низьким — 28,0 % — через те, що вони не завжди можуть бути наявні на місці події.

За результатами дослідження U. Rahim Khan та ін. (2024), M. Mawani (2016) встановлено низький рівень виживаності при РЗК — 0,75–1,6 % при виписці з лікарні, тому автори пропонують інформувати, навчати населення навичкам проведення серцево-легеневої реанімації (СЛР) на місці події та постійно проводити моніторингування позалікарняної РЗК, яка є основною причиною смертності в усьому світі. У країнах з високим рівнем доходу виживаність при РЗК становить 50–60 на 100 тисяч осіб, 29,7 % досягають відновлення спонтанного кровообігу, 22,0 % досягають до госпіталізації, 8,89 % — до виписки, 10,7 % — на першому місяці госпіталізації, 7,7 % — на першому році подальшого спостереження лікарями. У світі 58,3 % пацієнтів з РЗК було доставлено до лікарні транспортом, який не належить закладам охорони здоров'я [5, 6].

Мета: дослідження полягало у проведенні аналізу даних Європейської ради реанімації щодо позалікарняної раптової зупинки кровообігу у світі й у військовослужбовців під час бойових дій в Україні з урахуванням причин, часу від поранення до початку проведення реанімаційних заходів, ускладнень за даними хірургічного госпіталю II рівня (II етап медичної евакуації (ЕМЕ)).

Матеріали та методи

Дослідження проводили на базі мобільного госпіталю (ЕМЕ II рівня) на найгарячішому напрямку бойових дій за червень — серпень 2024 р. Проаналізовано проведення серцево-легеневої реанімації на II рівні у 36 військовослужбовців.

Проведено ретроспективний огляд 86 вітчизняних та зарубіжних наукових праць з використанням баз даних PubMed і Google Scholar. Після проведення огля-



Рисунок 1. Аналіз причин виникнення раптової зупинки кровообігу у військовослужбовців, %

ду статей та ознайомлення з їхніми повними текстами було відібрано 35 джерел щодо проведення серцево-легеневої реанімації в осіб з позалікарняною зупинкою кровообігу у світі загалом та під час воєнних конфліктів зокрема. Глибина пошуку охоплює період з 2004 по 2024 р. У роботі використано бібліосемантичний, системний аналіз, статистичні методи.

Результати

Нами було проведено аналіз даних щодо проведення СЛР військовослужбовцям на ЕМЕ II рівня, спрямований на оцінку причин, тривалості, ефективності, результатів, ускладнень. ЕМЕ II рівня є ключовим у системі організації медичної допомоги ЗС України, оскільки забезпечує виконання невідкладних реанімаційних заходів, зокрема СЛР, які відіграють вирішальну роль у стабілізації стану військовослужбовця та зниженні рівня летальності.

Аналіз причин виникнення раптової зупинки кровообігу і проведення СЛР виявив важливі фактори, які визначають особливості медичних втручань на ЕМЕ II рівня ЗС України. Найбільш поширеною причиною була травма грудної клітки, зокрема вогнепальні поранення, що супроводжувалися розвитком гідрота пневмотораксу, а також гемоперикарду (21,6 %). Ушкодження характеризуються високою летальністю через порушення дихальної та серцево-судинної функцій, що потребує негайного реанімаційного втручання. Практично аналогічною за частотою (21,5 %) причиною раптової зупинки кровообігу були вогнепальні поранення, які спричинили масивні кровотечі, ускладнені геморагічним шоком III ступеня. Відрив нижніх кінцівок, що також призвів до критичної кровотечі і був ускладнений геморагічним шоком III ступеня, становив 20,5 % випадків (рис. 1). Така травма супроводжується масивними кровотечами та порушенням гемодинаміки, що потребує невідкладної комплексної допомоги, включно з проведенням СЛР та швидким переливанням крові (еритроцитарних, плазмових (плазма свіжозаморожена), тромбоцитарних компонентів) [7].

Торакоабдомінальні поранення були встановлені у 20,4 % випадків, вони є особливо небезпечними через ураження органів грудної клітки та черевної порожнини, що часто призводить до внутрішньої кровотечі

та поліорганної недостатності. **Отруєння продуктами горіння**, яке викликає респіраторний дистрес та гіпоксію у військовослужбовців ЗС України, становило 16,0 % випадків. Отримані результати демонструють складний спектр критичних станів, які потребують комплексного/мультидисциплінарного підходу, включаючи ефективну СЛР з використанням дефібрилятора та введенням необхідних згідно з протоколом медикаментів. Аналіз медикаментозної терапії, що застосовувалася під час СЛР, продемонстрував широкий спектр препаратів, спрямованих на стабілізацію стану військовослужбовців. Найчастіше застосовувався адреналін, який є ключовим компонентом усіх протоколів, що підтверджує його важливість у відновленні серцевої діяльності (1. Адреналін, кордарон, налоксон. 2. Адреналін, налоксон, бікарбонат натрію. 3. Адреналін, аміодарон, дофамін. 4. Адреналін, атропін. 5. Дофамін, аміодарон, атропін, лідокаїн. Це групи препаратів, які використовувались у різних комбінаціях).

У наданні реанімаційної допомоги та СЛР на ЕМЕ II рівня брали участь у 52,7 % випадків лікарі, що підкреслює високу залученість фахівців з належною професійною підготовкою. У 33,3 % випадків реанімаційні заходи здійснювалися спільно лікарем і медичною сестрою, що відображає ефективність командного підходу. У 14,0 % випадків СЛР виконували солдати-санітари, що засвідчує їхню здатність надавати невідкладну допомогу в екстрених умовах. Результати показали, що розподіл виконання реанімаційних заходів підкреслює важливість спеціальної підготовки різних категорій персоналу для забезпечення ефективності СЛР в екстрених та польових умовах.

Проведений аналіз щодо тривалості реанімаційних заходів — СЛР виявив значну варіабельність часу, що відображає різний ступінь тяжкості клінічних випадків та складність відновлення життєвих функцій. За результатами аналізу встановлено, що в 11,1 % випадків раптової зупинки кровообігу тривалість СЛР становила 5 хвилин, що свідчить про швидке досягнення стабілізації стану військовослужбовців. У 13,8 % випадків реанімаційні заходи тривали 10 хвилин, а у 8,3 % — 20 хвилин, демонструючи ефективність заходів у коротші терміни. Найбільша частка реанімаційних заходів (36,5 %) мала тривалість 45 хвилин, що вказує на значні зусилля медичного персоналу у складних клінічних ситуаціях. Тривалість у 60 хвилин була зафіксована у 16,6 % випадків, із двома успішними епізодами відновлення серцевої діяльності. У 2,7 % випадків реанімація тривала 70 хвилин, причому тричі спостерігалось успішне відновлення серцевої діяльності. У 5,5 % випадків реанімаційні заходи тривали 90 хвилин, із двома успішними відновленнями серцевої діяльності. Аналогічна частка (5,5 %) припадала на тривалість 120 хвилин, при цьому серце запускалося чотири рази (рис. 2).

Отримані дані підкреслюють значення тривалості та інтенсивності реанімаційних заходів, особливо в умовах, коли спостерігається повторне відновлення серцевої діяльності. Це свідчить про важливість високої професійної підготовки медичного персоналу та ви-

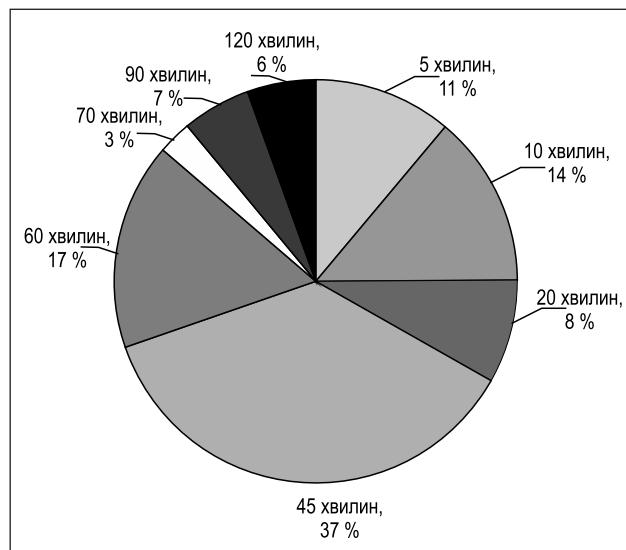


Рисунок 2. Аналіз тривалості реанімаційних заходів при раптовій зупинці кровообігу/серця у військовослужбовців, %

користання ресурсоефективних стратегій, що дозволяє максимізувати шанси на успішний результат у критичних ситуаціях.

Особливу увагу було приділено аналізу ускладнень, які виникали під час проведення СЛР, що дозволило визначати основні аспекти ризику та ефективності реанімаційних заходів. Найпоширенішим ускладненням були переломи ребер, які спостерігались у 61,1 % випадків, що пов'язано з інтенсивністю компресій грудної клітки. Прямий масаж серця як додатковий захід в екстрених/критичних ситуаціях виконувався у 5,5 % випадків, що свідчить про необхідність цього втручання в умовах неефективності непрямого масажу серця. Підхід є інвазивним, показує свою доцільність у випадках тяжкої кардіореспіраторної недостатності. У 33,4 % випадків ускладнень під час СЛР не було виявлено, що підкреслює високий рівень професійної підготовки медичного персоналу та дотримання сучасних протоколів реанімації.

Загальні результати аналізу, проведеного серед військовослужбовців на ЕМЕ II рівня ЗС України, вказують на те, що ефективність СЛР становить 63,9 % випадків успішного відновлення серцевої діяльності та дихання. Цей відсоток успішності підкреслює важливість кваліфікованого та своєчасного надання реанімаційної допомоги на ЕМЕ II рівня. Проте 36,1 % неуспішних випадків вказують на необхідність подальших досліджень та вдосконалення реанімаційних заходів для зниження рівня смертності серед військовослужбовців в умовах бойових дій.

Обговорення

Позалікарняна зупинка серця в усьому світі становить 70,0 % і є головною причиною смертельних випадків, з частотою 56 випадків на 100 тисяч щороку у європейських країнах і 74,3 випадку на 100 тисяч у США. Головною метою медичної допомоги є віднов-

лення спонтанного кровообігу. У США щороку 200 тисяч дорослих і понад 6 тисяч дітей проходять лікування після серцево-легеневої реанімації через раптову зупинку кровообігу. У Великій Британії частота РЗК становила 1,6 випадку на 1000 госпіталізованих пацієнтів. У 60,0 % чоловіків встановлено РЗК. За науковими даними, у всьому світі від 18,0 до 36,0 % пацієнтів, і частіше це пацієнти віком від 10 до 35 років, виписуються додому. Захворюваність і смертність при РЗК є надзвичайно високими через серцево-судинні (дисфункції міокарда, ішемія/реперфузійна відповідь, гемодинамічна нестабільність, рецидив зупинки, важковиліковний шок) і на пізніх стадіях — неврологічні ускладнення (ураження головного мозку), тому у світі розроблено міжнародні рекомендації (2021), які постійно вдосконалюються в клінічній практиці з використанням мультидисциплінарної та інтегрованої системи догляду за пацієнтом [8–10].

РЗК є поширеною медичною проблемою, яка характеризується високими рівнями смертності, і основними причинами зупинки серця є три види аритмій: фібриляція шлуночків або безпульсова шлуночкова тахікардія, безпульсова електрична активність та асистолія (інфаркт міокарда, тромбоз/оклюзія лівої головної/коронарної артерії або проксимального відділу передньої міжшлуночкової артерії, тяжке багатосудинне захворювання, некоронарна трансмуральна ішемія міокарда). Найчастіше при позалікарняній зупинці серця спостерігається фібриляція шлуночків [11].

У результаті дослідження взаємозв'язку між статтю, віковими групами, гендерними ознаками, супутніми захворюваннями, причинами раптової смерті, методами лікування та 30-денним рівнем виживання (були застосовані дані шведського реєстру із серцево-легеневої реанімації) виявлено, що серед пацієнтів із зупинкою серця в лікарні чоловіки мають на 10 % менший шанс на виживання впродовж 30 днів порівняно з жінками через те, що в них у 52,0 % було встановлено шлуночкову тахікардію [12].

37,3 % пацієнтів, яким було проведено серцево-легеневу реанімацію, виписано додому. Час реанімації в середньому становив 12 хвилин. При дослідженні взаємозв'язку між тривалістю СЛР та виживанням встановили, що реанімація, яка триває понад 32 хвилини, значно знижує шанси на виживання. Після 44 хвилин не було зареєстровано жодного випадку одужання, незалежно від початкового ритму зупинки серця [13].

Пандемія COVID-19 змусила змінити підхід до реанімації при РЗК у пацієнтів з тяжким гострим респіраторним синдромом, викликаним коронавірусом-2, у яких є ризик гострого ураження міокарда, аритмії. Смертність серед таких пацієнтів висока і має тенденцію до зростання з віком та в осіб із супутніми захворюваннями. Виконуючи реанімаційні втручання і СЛР, медичні працівники повинні мінімізувати ризик інфікування, використовуючи засоби індивідуального захисту, обмежуючи кількість медичного персоналу, та застосовувати механічні пристрої для компресії груд-

ної клітки, інтубації дихальних шляхів для запобігання інфікуванню медичного персоналу при проведенні медичних процедур. У 31,0 % пацієнтів із РЗК встановлено тромбоемболію легеневої артерії через тромботичні ускладнення, гіперкоагуляцію, у 35,3 % — серцево-судинні захворювання (артеріальна гіпертензія, ішемічна хвороба серця, кардіоміопатія), у 27,8 % — ураження міокарда. Смертність пацієнтів під час COVID-19 становила від 7,6 до 69,4 % залежно від тяжкості серцево-судинних захворювань [14–18].

Війна в Україні виявила суттєві прогалини в догоспітальній допомозі пораненим, зокрема у боротьбі з боєм, антибіотикотерапії, оцінці пацієнтів, організації сортування та проведенні реанімаційних заходів. Значні поліпшення у наданні догоспітальної допомоги в зонах бойових дій пов'язані з міжнародною співпрацею та навчанням за стандартизованими протоколами НАТО та її держав-членів як військових, так і бойових медиків, особливо це стосується проблем у медичній інфраструктурі і тривалого часу евакуації поранених, що впливає на якість медичної допомоги [19, 20].

Дослідження R.E. Eckart (2004) показує, що раптова зупинка кровообігу серед новобранців є рідкісним, але серйозним явищем, значна частина випадків пов'язана з фізичними навантаженнями. Визначення факторів ризику та механізмів розвитку РЗК є важливим для розробки ефективних профілактичних стратегій у військовій медицині. Переважна більшість летальних випадків (86,0 %) відбувалися під час фізичних навантажень. Основною причиною смертей стали патології серця, які були виявлені у 51,0 % новобранців, тоді як у 35,0 % випадків причину летального наслідку встановити не вдалося. Серед патологій серця домінували вади коронарних артерій (61,0 %), міокардит (20,0 %) та гіпертрофічна кардіоміопатія (13,0 %). Аномальне розташування коронарної артерії було знайдено у третини новобранців із серцевими патологіями, причому у всіх випадках ліва коронарна артерія мала атипове відходження з правого синуса Вальсальви, проходячи між легеневою артерією і аортою. Отримані результати підкреслюють важливість раннього виявлення серцевих патологій у новобранців, оскільки значна частина випадків раптової смерті пов'язана із неідентифікованими аномаліями, що стають клінічно значущими під час інтенсивних фізичних навантажень [21].

Дослідження D.P. Smallman (2010) виявило, що раптова зупинка кровообігу, пов'язана з фізичним навантаженням, була рідкісним явищем серед військовослужбовців США у період з 2005 по 2010 рік. Вона частіше траплялася серед осіб старшого віку, ніж серед молодших військових, причому ризик зростав із віком майже вчетверо. Основною причиною смерті загалом були атеросклеротичні серцево-судинні захворювання, які становили 55,0 %, причому серед осіб віком від 35 років ця причина становила вже 78,0 % випадків. У молодшій віковій групі у 31,0 % випадків причина смерті залишалася невизначеною і була класифікова-

на як ідіопатична раптова серцева смерть, пов'язана з фізичним навантаженням. Захворюваність на раптову зупинку кровообігу, пов'язану з фізичним навантаженням, серед чоловіків була більша ніж у 5 разів вищою, ніж серед жінок. Крім того, у темношкірих військово-службовців ризик розвитку цього стану був у 2,6 раза вищим, ніж у білих. Усі зареєстровані випадки раптової серцевої смерті серед жінок припадали на темношкірих військовослужбовиць. Отже, рівень захворюваності на раптову зупинку кровообігу серед військових США віком до 35 років відповідав аналогічним показникам серед цивільного населення. Водночас основною причиною смерті була не кардіоміопатія, а ідіопатична раптова зупинка кровообігу. Науковці наголошують на необхідності поліпшення епідеміологічного нагляду та розробки профілактичних стратегій, адаптованих до вікових особливостей військовослужбовців, що може сприяти зниженню летальності серед військовослужбовців [22].

A. Lear (2022) аналізує частоту поширеності РЗК і раптової серцевої смерті (РСС) серед спортсменів і військовослужбовців, які ведуть активний спосіб життя. Оцінюючи якість наявних доказів, науковець виявляє варіабельність частоти РСС у цих групах, що може бути зумовлено високими фізичними навантаженнями. Зокрема, спостерігається тенденція до більшої частоти випадків серед молодих спортсменів та військовослужбовців, що свідчить про можливий підвищений ризик у цих популяціях [23].

Дослідження С. Magee (2020) показує доцільність використання електрокардіографічного (ЕКГ) скринінгу серед військовослужбовців США у контексті концепції «спортсмен-воїн». Виявлення прихованих серцево-судинних патологій, які можуть становити загрозу для військових, є критично важливим завданням, особливо з огляду на те, що серцево-судинні патології є однією з основних причин евакуації військовослужбовців із зони бойових дій. Крім того, частота раптової зупинки кровообігу серед військовослужбовців є вищою, ніж серед спортсменів. Досвід інших країн у застосуванні сучасних методів ЕКГ-скринінгу свідчить про його ефективність у військових групах із підвищеним ризиком. Отже, отримані результати вказують на необхідність проведення перспективного дослідження для оцінки впливу ЕКГ-скринінгу у військовослужбовців [24].

Автоматичні зовнішні дефібрилятори значно зменшують час до дефібриляції серця порівняно зі стандартною ручною дефібриляцією як у тренувальних, так і в бойових умовах. Дослідження показало, що автоматичний зовнішній дефібрилятор забезпечує значно швидший час до дефібриляції, зменшуючи його на 2,2–8,4 хвилини, а також є легшим у використанні порівняно зі стандартними методами. Ці результати свідчать про збільшення шансів на виживання при зупинці серця в бойових умовах [25–27].

При проведенні СЛР головне не лише добрі знання, навички, але необхідна ще ефективна командна робота, добре скоординована реакція надавачів ме-

дичної допомоги, незважаючи на те, чи мають вони медичну освіту, а також розподіл індивідуальних ролей при СЛР. За результатами дослідження S. Giri (2024) показано, що на початку його проєкту «плануй — виконуй — досліджуй — дій» 19,0 % надавачів домедичної допомоги знали свою індивідуальну роль при проведенні СЛР, під час двомісячного навчання цей показник збільшився до 80,0 % у міжпрофесійній команді. Індивідуальні характеристики членів команди/бригади: технічні навички проведення СЛР, попередній досвід проведення СЛР, комунікативні і лідерські навички у наданні домедичної допомоги — суттєво впливають на швидкість реанімаційних заходів і позитивного кінцевого результату, як-от виживаність і зменшення неврологічних негативних наслідків, смертельних результатів [28].

За результатами дослідження L. Zhan та ін. (2017) показано, що безперервне натискання на грудну клітку під час СЛР, без рятувального дихання або з асинхронним диханням, поліпшує шанси на виживання до виписки з лікарні порівняно зі стандартною СЛР, яка включає перерви для дихання. Дослідження проведено серед необізнаних, не маючих медичної освіти людей у США, Швеції, Великій Британії, які проводили СЛР за телефонними вказівками служби екстреної допомоги. Науковці стверджують, що безперервна компресія грудної клітки під час СЛР без рятувального дихання порівняно з компресіями і паузами для рятувального дихання у дітей (співвідношення 15 : 2) показала більшу на 2,4 % ефективність, а серед дорослих (співвідношення 30 : 2) — на 1,3 %. Після проведеної СЛР у 10–18 % пацієнтів, яким проводили лише компресії, було відзначено хорошу динаміку церебральної роботи мозку проти 11 % пацієнтів, яким проводили компресії і рятувальні дихання. Частота негативних наслідків після СЛР лише з компресією становила 54,4 %, а з компресією і рятувальним диханням — 55,4 %, що є невеликою різницею. Однак питання щодо неврологічних наслідків і можливих побічних ефектів залишаються невизначеними, що потребує подальших досліджень для уточнення ефективності та безпеки цього підходу [29].

Велика кількість досліджень виявила, що застосування абдомінальних компресій під час СЛР значно підвищує шанси на відновлення спонтанного кровообігу порівняно зі стандартною СЛР. Крім того, вони справляють позитивний вплив на вторинні показники, як-от частота серцевих скорочень, артеріальний тиск, насичення крові киснем, рівень CO_2 . На сьогодні існує потреба у нових клінічних дослідженнях, спрямованих на розробку найефективніших протоколів та технік компресії, а також у проведенні наукових досліджень довгострокових показників виживаності та аналізу матеріалів автопсій пацієнтів зі смертельними випадками [30, 31].

Підрахунок кількості вдихів вголос під час СЛР на манекенах у закладах вищої медичної освіти показав значне поліпшення швидкості відновлення компресії грудної клітки, що збільшує фракцію стиснення

грудної клітки порівняно з відсутністю підрахунку, що може сприяти підвищенню ефективності реанімації. Цей простий метод значно знижує час перерв у компресіях — 40 секунд проти 46 секунд (без рахування вголос), а також середня частка компресій грудної клітки була вищою — 68,0 проти 62,0 % (без рахування вголос), і це поліпшує злагожену, командну роботу студентів закладів вищої освіти та ефективність реанімації [32].

Відкриту СЛР часто вважають більш ефективною за закриту, але результати метааналізу М. Wang (2019) показують, що між цими методами немає суттєвих відмінностей за основними показниками, як-от відновлення спонтанного кровообігу і виживання до виписки. У пацієнтів із травмами грудної клітки (тупа травма) закрита СЛР демонструє кращі результати щодо відновлення спонтанного кровообігу — як у пацієнтів без травм з відкритою СЛР. Це може бути пов'язано з тим, що відкрита СЛР зазвичай виконується після невдалої закритої, що знижує її ефективність. Хоча відкрита СЛР є більш інвазивною процедурою і потребує спеціалізованих навичок та обладнання, її застосування може бути критично важливим для пацієнтів з серйозними травмами грудної клітки, коли закрита неможлива. Отже, вибір методу реанімації має ґрунтуватися на конкретних умовах пацієнта, з урахуванням його травм і можливостей для проведення процедури [33].

За даними J. Silverplatt (2022), 61,0 % медичних працівників при проведенні СЛР почувалися впевненими у своїх знаннях, 86,0 % знали, що необхідно робити, 60,0 % брали на себе роль командира, але у 30,0 % медичних працівників були хвилювання, що вони можуть допустити помилку, у 57,0 % були ознаки стресу [34].

Дослідження М. Namgung (2025) демонструє, що виконання СЛР може спричинити розвиток посттравматичного стресового розладу (ПТСР) серед медичних працівників, що негативно позначається на їхньому емоційному стані і професійній діяльності. У межах дослідження було вивчено основні фактори, що сприяють виникненню ПТСР. На першому етапі дослідження проведено скринінг медичних працівників за допомогою анкети травматичного стресу, що дозволило оцінити поширеність ПТСР. Серед опитаних ПТСР було виявлено в 11,2 % респондентів, причому медсестри демонстрували значно вищий рівень розладу порівняно з лікарями. Найбільш вразливою групою виявилися медсестри з досвідом роботи від двох до п'яти років. На другому етапі дослідження було проведено інтерв'ю, результати якого піддали контент-аналізу. Основними виявленими аспектами стали недостатня готовність медичних працівників до здійснення СЛР, труднощі, що виникають під час виконання реанімаційних заходів, негативні емоційні переживання після проведення процедури, а також стратегії подолання стресу та способи адаптації до отриманого досвіду. Результати дослідження показують, що виникнення ПТСР пов'язане із сукупністю стресових факторів на всіх етапах проведення СЛР: до її початку, під час ви-

конання та після завершення. Таким чином, для запобігання або мінімізації наслідків ПТСР, спричиненого СЛР, необхідно впроваджувати як системні, так і індивідуалізовані інтервенційні підходи, що відповідатимуть особливостям кожного з цих етапів [35].

Зображення серцево-легеневої реанімації у телевізійних медичних серіалах здебільшого є неточним, що призводить до непорозумінь серед населення. Дослідження показало, що серед 216 епізодів проведення СЛР лише 32,0 % демонструють правильну глибину компресій, а 44,0 % — рекомендовану частоту, а головне — без проведених компресій починають з дефібриляції є великою помилкою при проведенні СЛР. Крім того, у серіалах чоловіки мають значно вищі шанси на виживання після реанімації, ніж жінки. Також спостерігаються проблеми з правильністю швидкості компресій і відсутністю повного розширення грудної клітки після компресій. Екранізація результатів реанімації часто значно перевищує реальні показники. Це підкреслює важливість поліпшення точності зображення СЛР у медіа, особливо з метою навчання та формування правильних підходів до прийняття рішень щодо реанімації [35].

Висновки

1. У світі щорічна частота позалікарняних зупинок серця становить приблизно 50–60 випадків на 100 тисяч осіб, причому 72,0 % зупинок серця відбуваються вдома, 15,0 % — на робочому місці, а найчастішим механізмом є фібриляція шлуночків — 17 на 100 тисяч осіб протягом року.

2. Найбільш поширеною причиною РЗК під час бойових дій в Україні була травма грудної клітки (вогнепальне поранення), що супроводжувалась розвитком гідро- та пневмотораксу, а також гемоперикарду (21,6 %).

3. Тривалість проведення реанімаційних заходів при позалікарняній зупинці кровообігу становила 5 хвилин у 11,1 %, 10 хвилин — у 13,8 %, 20 хвилин — у 8,3 %, 45 хвилин — у 36,5 %, 60 хвилин — у 16,6 %, 70 хвилин — у 2,7 %, 90 хвилин — у 5,5 %, 120 хвилин — у 5,5 % постраждалих.

4. Успішні реанімаційні заходи проведено у 63,9 % військовослужбовців, а у 36,1 % результат негативний, що вказує на необхідність подальших досліджень та вдосконалення реанімаційних заходів для зниження рівня смертності серед військовослужбовців в умовах бойових дій.

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

Інформація про фінансування. Це дослідження не отримало зовнішнього фінансування.

Доступність даних. Набори даних, використані та/або проаналізовані під час поточного дослідження, відкриті відповідним автором за запитом.

Внесок авторів. Чорна В.В., Липкань В.М. — концепція та дизайн роботи, збір та аналіз даних, відпо-

відальність за статистичний аналіз, написання статті, критичний огляд, остаточне затвердження статті; Гудзевич Л.С. — концепція та дизайн роботи, збір та аналіз даних, відповідальність за статистичний аналіз, написання статті; Нестерова С.Ю., Степаненко І.О. — написання статті, критичний огляд, остаточне затвердження статті; Коломієць В.В., Іщенко О.В. — концепція та дизайн роботи, відповідальність за статистичний аналіз, написання статті.

Список літератури

1. Perkins, G.D. & Nolan, J.P. Utstein Collaborators. Cardiac Arrest and Cardiopulmonary Resuscitation Outcome Reports: Update of the Utstein Resuscitation Registry Templates for Out-of-Hospital Cardiac Arrest: A Statement for Healthcare Professionals From a Task Force of the International Liaison Committee on Resuscitation (American Heart Association, European Resuscitation Council, Australian and New Zealand Council on Resuscitation, Heart and Stroke Foundation of Canada, Inter-American Heart Foundation, Resuscitation Council of Southern Africa, Resuscitation Council of Asia); and the American Heart Association Emergency Cardiovascular Care Committee and the Council on Cardiopulmonary, Critical Care, Perioperative and Resuscitation. *Resuscitation*. 2015;96:328-40. doi: 10.1016/j.resuscitation.2014.11.002.
2. Perkins, G.D. & Nolan, J.P. Utstein Collaborators. Cardiac arrest and cardiopulmonary resuscitation outcome reports: update of the Utstein Resuscitation Registry Templates for Out-of-Hospital Cardiac Arrest: a statement for healthcare professionals from a task force of the International Liaison Committee on Resuscitation (American Heart Association, European Resuscitation Council, Australian and New Zealand Council on Resuscitation, Heart and Stroke Foundation of Canada, Inter-American Heart Foundation, Resuscitation Council of Southern Africa, Resuscitation Council of Asia); and the American Heart Association Emergency Cardiovascular Care Committee and the Council on Cardiopulmonary, Critical Care, Perioperative and Resuscitation. *Circulation*. 2015;132(13):1286-300. doi: 10.1161/CIR.0000000000001144.
3. Nolan, J.P., Berg, R.A., Andersen, L.W., & Soar, J. Utstein Collaborators. Cardiac Arrest and Cardiopulmonary Resuscitation Outcome Reports: Update of the Utstein Resuscitation Registry Template for In-Hospital Cardiac Arrest: A Consensus Report From a Task Force of the International Liaison Committee on Resuscitation (American Heart Association, European Resuscitation Council, Australian and New Zealand Council on Resuscitation, Heart and Stroke Foundation of Canada, Inter-American Heart Foundation, Resuscitation Council of Southern Africa, Resuscitation Council of Asia). *Resuscitation*. 2019;144:166-177. doi: 10.1016/j.resuscitation.2019.08.021.
4. Bray, J.E. & Perkins, G.D. International Liaison Committee on Resuscitation. Cardiac Arrest and Cardiopulmonary Resuscitation Outcome Reports: 2024 Update of the Utstein Out-of-Hospital Cardiac Arrest Registry Template. *Circulation*. 2024;150(9):e203-e223. doi: 10.1161/CIR.0000000000001243.
5. Rahim Khan, U. & Ullah Khan, N. Epidemiology and outcomes of out of hospital cardiac arrest in Karachi, Pakistan — A longitudinal study. *Resusc Plus*. 2024;20:100773. doi: 10.1016/j.resplu.2024.100773.
6. Mawani, M. & Razzak, J.A. Epidemiology and outcomes of out-of-hospital cardiac arrest in a developing country — a multicenter cohort study. *BMC Emerg Med*. 2016;16(1):28. doi: 10.1186/s12873-016-0093-2.
7. Петрушенко, В.В., Чорна, В.В., Коломієць, В.В. та ін. Аналіз та перспективи ресусцитації з застосуванням свіжої цільної крові в сучасній медицині. *Український військово-медичний журнал*. 2022. Т. 5. № 4. С. 137-147. DOI: 10.46847/ujmm.2024.4(5)-137.
8. Gräsner, J.T., Wnent, J., Herlitz, J., Perkins, G.D., Lefering, R., Tjelmeland, I., et al. (2020). Survival after out-of-hospital cardiac arrest in Europe — Results of the EuReCa TWO study. *Resuscitation*. 2020;148:218-226. doi: 10.1016/j.resuscitation.2019.12.042.
9. Virani, S.S., Alonzo, A., Benjamin, E.J., et al. Heart Disease and Stroke Statistics — 2020 Update: A Report from the American Heart Association. *Circulation*. 2020;141:E139-E596. doi: 10.1161/CIR.0000000000000075.
10. Patterson, T., Perkins, G.D., Hassan, Y., Moschonas, K., et al. Temporal Trends in Identification, Management, and Clinical Outcomes After Out-of-Hospital Cardiac Arrest: Insights from the Myocardial Ischaemia National Audit Project Database. *Circ Cardiovasc Interv*. 2018;11(6):e005346. doi: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.117.005346.
11. Huang, Y., He, Q., Yang, L.J., Liu, G.J., Jones, A. Cardiopulmonary resuscitation (CPR) plus delayed defibrillation versus immediate defibrillation for out-of-hospital cardiac arrest. *Cochrane Database Syst Rev*. 2014;(9):CD009803. doi: 10.1002/14651858.CD009803.pub2.
12. Al-Dury, N., Rawshani, A., Israelsson, J., Strömsoe, A., Aune, S., et al. Characteristics and outcome among 14,933 adult cases of in-hospital cardiac arrest: A nationwide study with the emphasis on gender and age. *Am J Emerg Med*. 2017;35(12):1839-1844. doi: 10.1016/j.ajem.2017.06.012.
13. Nehme, Z., Andrew, E., Bernard, S., Smith, K. Impact of cardiopulmonary resuscitation duration on survival from paramedic witnessed out-of-hospital cardiac arrests: An observational study. *Resuscitation*. 2016;100:25-31. doi: 10.1016/j.resuscitation.2015.12.011.
14. Craig, S., Cubitt, M., Jaison, A., Troupakis, S., Hood, N., et al. Management of adult cardiac arrest in the COVID-19 era: consensus statement from the Australasian College for Emergency Medicine. *Med J Aust*. 2020;213(3):126-133. doi: 10.5694/mja2.50699.
15. Ramzy, M., Montrief, T., Gottlieb, M., Brady, W.J., et al. COVID-19 cardiac arrest management: A review for emergency clinicians. *Am J Emerg Med*. 2020;38(12):2693-2702. doi: 10.1016/j.ajem.2020.08.011.
16. Guo, T., Fan, Y., Chen, M., Wu, X., Zhang, L., et al. Cardiovascular Implications of Fatal Outcomes of Patients with Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). *JAMA Cardiol*. 2020;5(7):811-818. doi: 10.1001/jamacardio.2020.1017.
17. Zakordonets, L., Stepanovskyy, Y., Navolokina, A. Influence of COVID-19 on cardiac arrest outcomes. *Cardiol J*. 2023;30(1):163-164. doi: 10.5603/CJ.a2022.0114.
18. Fazel, M.F., Mohamad, M.H., Sahar, M.A. & Das, S. Readiness of Bystander Cardiopulmonary Resuscitation

(BCPR) during the COVID-19 Pandemic: A Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(17):10968. doi: 10.3390/ijerph191710968.

19. Quinn, J., Panasenکو, S.I., Leshchenko, Y., Gume-niuk, K., et al. Prehospital Lessons from the War in Ukraine: Damage Control Resuscitation and Surgery Experiences from Point of Injury to Role 2. *Mil Med*. 2024;189(1-2):17-29. doi: 10.1093/milmed/usad253.

20. Onderková, A., & Fernando, R. Enhancing Prehospital Care During the Conflict in Ukraine: NATO's Role in Global Health Engagement. *Mil Med*. 2024;usae380. doi: 10.1093/milmed/usae380.

21. Eckart, R.E., Scoville, S.L., Campbell, C.L. & Virmani, R. Sudden death in young adults: a 25-year review of autopsies in military recruits. *Ann Intern Med*. 2004;141(11):829-34. doi: 10.7326/0003-4819-141-11-200412070-00005.

22. Smallman, D.P., Webber, B.J., Mazuchowski, E.L., & Cantrell, J.A. Sudden cardiac death associated with physical exertion in the US military, 2005-2010. *Br J Sports Med*. 2016;50(2):118-23. doi: 10.1136/bjsports-2015-094900.

23. Lear, A., Patel, N., Mullen, C., Simonson, M., Leone V., Koshariis, C., Nunan, D. Incidence of Sudden Cardiac Arrest and Death in Young Athletes and Military Members: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Athl Train*. 2022;(5):431-443. doi: 10.4085/1062-6050-0748.20.

24. Magee, C., Haigney, M.C. Cardiovascular Screening in the U.S. Military: Time to Reconsider the Electrocardiogram. *Mil Med*. 2020;185(7-8):e1039-e1045. doi: 10.1093/milmed/usaa002.

25. Adams, B.D., Carr, B., Raez, A., Hunter, C.J. Cardio-pulmonary resuscitation in the combat hospital and forward operating base: use of automated external defibrillators. *Mil Med*. 2009;174(6):584-7. doi: 10.7205/milmed-d-01-8108.

26. Reva, V.A., Pochtarnik, A.A., Shelukhin, D.A., Skvort-zov, A.E., et al. Battlefield Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation for Out-of-Hospital Cardiac Arrest: A Feasibility Study During Military Exercises. *J Spec Oper Med*. 2020;20(4):77-83. doi: 10.55460/H2KX-EKHQ.

27. Piper, L.C., Nam, J.J., Kuckelman, J.P., Sams, V.G., et al. A Case Report of Combat Blast Injury Requiring Combat Casualty Care, Far-Forward ECMO, Air Transport, and All Levels of Military Critical Care. *Mil Med*. 2023;188(5-6):e1344-e1349. doi: 10.1093/milmed/usab354.

28. Giri, S., Gyeltshen, D., Wangchuk, N., Dorji, K., et al. Improving role allocation for cardiopulmonary resuscitation (CPR) in the emergency department: a quality improvement project. *BMJ Open Qual*. 2024;13(3):e002870. doi: 10.1136/bmjopen-2024-002870.

29. Zhan, L., Yang, L.J., Huang, Y., He, Q., Liu, G.J. Continuous chest compression versus interrupted chest compression for cardiopulmonary resuscitation of non-asphyxial out-of-hospital cardiac arrest. *Cochrane Database Syst Rev*. 2017;3(3):CD010134. doi: 10.1002/14651858.CD010134.pub2.

30. Lima, M.M., Ximenes, M.A., Araiijo, D.V., Barros, L.M., et al. Abdominal compressions during cardiopulmonary resuscitation: a scoping review. *Rev Bras Enferm*. 2023;76(5):e20220400. doi: 10.1590/0034-7167-2022-0400.

31. Salim, T.R., Soares, G.P. Outcome Analysis after Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *Arq Bras Cardiol*. 2023;120(7):e20230406. English, Portuguese. doi: 10.36660/abc.20230406. PMID: 37556660.

32. Lee, J.H., Na, J.U., Shin, D.H., Han, S.K., et al. Manikin study showed that counting inflation breaths out loud improved the speed of resuming chest compressions during two-person paediatric cardiopulmonary resuscitation. *Acta Paediatr*. 2018;107(12):2120-2124. doi: 10.1111/apa.14385.

33. Wang, M., Lu, X., Gong, P., Zhong, Y., et al. Open-chest cardiopulmonary resuscitation versus closed-chest cardiopulmonary resuscitation in patients with cardiac arrest: a systematic review and meta-analysis. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2019;27(1):116. doi: 10.1186/s13049-019-0690-7.

34. Silverplats, J., Strömsöe, A., Äng, B., Södersved Källes-tedt, M.L. Attitudes towards cardiopulmonary resuscitation situations and associations with potential influencing factors — A survey among in-hospital healthcare professionals. *PLoS One*. 2022;17(7):e0271686. doi: 10.1371/journal.pone.0271686.

35. Namgung, M., Kwak, I.Y., Kim, C.W. Factors associated with post-traumatic stress symptoms in healthcare providers after performance of cardiopulmonary resuscitation: a mixed-methods study. *Sci Rep*. 2025;15(1):3362. doi: 10.1038/s41598-025-87533-3.

Отримано/Received 24.02.2025

Рецензовано/Revised 04.03.2025

Прийнято до друку/Accepted 11.03.2025

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

Liudmyla Hudzevych, PhD in Biological Sciences, Associate Professor, Department of Biology, Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University, Vinnytsia, Ukraine; e-mail: gudzevichluda@gmail.com; phone: +380 (67) 387-33-59; https://orcid.org/0000-0002-7631-7704

Svitlana Nesterova, PhD in Biological Sciences, Associate Professor, Department of Medical and Biological Fundamentals of Physical Education and Physical Rehabilitation, Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University, Vinnytsia, Ukraine; e-mail: svetanest01@gmail.com; phone: +380 (50) 937-45-71; https://orcid.org/0000-0002-9621-0218

Inna Stepanenko, Assistant, Department of Biology, Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University, Vinnytsia, Ukraine; e-mail: innas.biologia@gmail.com; phone: +380 (68) 043-15-41; https://orcid.org/0000-0001-5589-4951

Vasyl Lypkan, Vascular Surgeon, Major of the Medical Service, PhD-student, Department of Endoscopic and Cardiovascular Surgery, Vinnytsia National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsia, Ukraine; e-mail: Lypkanvasya@gmail.com; phone: +380 (96) 555-63-11; Head of the Department of Hospital Blood Bank, Military Medical Clinical Center of the Central Region, Vinnytsia, Ukraine; https://orcid.org/0009-0007-9662-609X

Viktoria Kolomiets, Student, Department of Disaster Medicine and Military Medicine, Vinnytsia National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsia, Ukraine; e-mail: vika1915qw@gmail.com; phone: +380 (68) 024-97-32; https://orcid.org/0009-0006-2991-6241

Olena Ishchenko, Student, Department of Disaster Medicine and Military Medicine, Vinnytsia National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsia, Ukraine; e-mail: lenchik4717@gmail.com, s010110@vnmu.edu.ua; https://orcid.org/0009-0000-6908-6306

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. This research received no external funding.

Data availability. The datasets used and/or analyzed during the current study are open from the corresponding author on request.

Authors' contribution. V.V. Chorna, V.M. Lypkan — work concept and design, data collection and analysis, responsibility for statistical analysis, writing the article, critical review, final approval of the article; L.S. Hudzevych — work concept and design, data collection and analysis, responsibility for statistical analysis, writing the article; S.Yu. Nesterova, I.O. Stepanenko — writing the article, critical review, final approval of the article; V.V. Kolomiets, O.V. Ishchenko — work concept and design, responsibility for statistical analysis, writing the article.

V.V. Chorna¹, L.S. Hudzevych², S.Yu. Nesterova², I.O. Stepanenko², V.M. Lypkan^{1,3}, V.V. Kolomiets¹, O.V. Ishchenko¹

¹Vinnytsia National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsia, Ukraine

²Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University, Vinnytsia, Ukraine

³Military Medical Clinical Center of the Central Region, Vinnytsia, Ukraine

Incidence, mortality, causes of sudden cardiac arrest: cardiopulmonary resuscitation in the world and reality in Ukraine

Abstract. The study aimed to analyze official data from the European Resuscitation Council on out-of-hospital sudden cardiac arrest worldwide and in Ukraine among military personnel during combat, considering the causes, duration from injury to the start of resuscitation, and complications according to the data from level II surgical hospital (stage II of medical evacuation) of the Armed Forces of Ukraine. The study was conducted at a mobile hospital (stage II of medical evacuation) in the most active combat zones during June–August 2024. The analysis of resuscitation measures was conducted — cardiopulmonary resuscitation for 36 military personnel at stage II of medical evacuation of the Armed Forces of Ukraine. A retrospective review of 86 domestic and foreign scientific papers was performed using the PubMed and Google Scholar databases. After reviewing the articles and familiarizing with their full texts, 35 sources on cardiopulmonary resuscitation in individuals with out-of-hospital cardiac arrest worldwide and during armed conflicts were selected. The search depth covered the period from 2004 to 2024. The bibliosemantic, systems analysis, and statistical methods were used in the work. The most common causes of out-of-hospital cardiac ar-

rest were chest trauma, in particular gunshot wounds, accompanied by the development of hydro- and pneumothorax, as well as hemo-pericardium (21.6 %), gunshot wounds that caused massive bleeding (21.5 %), lower limb amputation (20.5 %), thoracoabdominal injuries (20.4 %), and poisoning by combustion products (16.0 %). The duration of resuscitation measures for out-of-hospital cardiac arrest was 5 minutes in 11.1 %, 10 minutes in 13.8 %, 20 minutes in 8.3 %, 45 minutes in 36.5 %, 60 minutes in 16.6 %, 70 minutes in 2.7 %, 90 minutes in 5.5 %, and 120 minutes in 5.5 % of cases. Successful resuscitation measures were carried out in 63.9 % of military personnel, and in 36.1 % the outcome was negative. Conclusions. Worldwide, the annual incidence of out-of-hospital cardiac arrest is approximately 50–60 cases per 100 thousand people, with 72.0 % of cardiac arrests occurring at home, 15.0 % at work, and the most common mechanism is ventricular fibrillation — 17 per 100 thousand people per year.

Keywords: out-of-hospital sudden cardiac arrest; cardiopulmonary resuscitation; military personnel; combat-related chest injuries; stage II of medical evacuation

Кухарук А.С.², Волков В.О.², Проценко В.В.¹, Чорний В.С.², Солоніцин Є.О.¹

¹ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України», м. Київ, Україна

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

Комбіноване та комплексне лікування пухлин кісток передпліччя

Резюме. Актуальність. Злоякісні пухлини кісток передпліччя зустрічаються рідко і лишаються проблемою для онкологів-ортопедів. У нашому дослідженні повідомляється про доброякісні місцевоагресивні та злоякісні пухлини кісток передпліччя та різні стратегії хірургічного видалення пухлин і методики реконструкції кісток. Вибір хірургічного втручання при ураженні кісток передпліччя зумовлений не тільки ступенем руйнування кістки пухлиною та нозологічною формою пухлинного процесу, але й здатністю до рецидивування та метастазування пухлини. Проведено аналіз функціональних та онкологічних результатів верхньої кінцівки після комплексного та комбінованого лікування пухлин кісток передпліччя. **Мета:** показати ефективність комбінованого та комплексного лікування доброякісних місцевоагресивних і злоякісних пухлин кісток передпліччя. **Матеріали та методи.** Під нашим спостереженням перебували пацієнти ($n = 27$) із пухлинами кісток передпліччя. Було 17 (62,9 %) пацієнтів із пухлинами променевої кістки та 10 (37,1 %) — із пухлинами ліктьової кістки, 16 (59,2 %) — із гігантоклітинною пухлиною кістки, тоді як 11 (40,8 %) мали злоякісні пухлини. Спостереження у середньому становило 27 (від 6 до 42) місяців. Усім 27 пацієнтам були виконані хірургічні втручання у схемах комбінованого та комплексного лікування. Резекція променевої кістки виконана у 17 хворих, причому найчастіше дистального відділу (13 пацієнтів), проксимального відділу (3), діафіза кістки (1). У 10 хворих виконали резекцію ліктьової кістки, причому найчастіше проксимального відділу ліктьової кістки (5 пацієнтів), дистального відділу (3), діафіза кістки (2). Хірургічні межі пухлини після резекції кістки з пухлиною при морфологічному дослідженні були по краю ураження у 2 пацієнтів. **Результати.** Післяопераційні ускладнення спостерігалися у 3 (11,1 %) хворих. Функціональні результати верхньої кінцівки після органозберігаючих операцій із приводу пухлин кісток передпліччя за шкалою MSTs становили: після ендопротезування ліктьового суглоба — 74,8 %, після кістково-пластичної операції проксимального відділу ліктьової кістки із застосуванням алотрансплантату та керамічного матеріалу на основі біоактивного скла функція ліктьового суглоба — 96,6 %; після резекції діафіза ліктьової кістки й армованого металоостеосинтезу — 94,5 %; після резекції дистального відділу ліктьової кістки з пухлиною функція променево-зап'ясткового суглоба — 80,4 %; після резекції дистального відділу променевої кістки з пухлиною й автопластики маломілковою кісткою функція променево-зап'ясткового суглоба — 88,3 %; після резекції дистального відділу променевої кістки з пухлиною й ендопротезування металоцементним імплантом функція променево-зап'ясткового суглоба — 84,2 %; після резекції проксимального відділу променевої кістки з пухлиною функція верхньої кінцівки — 78,5 %; після резекції діафіза променевої кістки й армованого металоостеосинтезу функція кінцівки — 98,4 %. Онкологічні результати: місцевий рецидив пухлини спостерігався у 3 пацієнтів (11,1 %), віддалені метастази — у 3 (7,4 %). Трирічна загальна виживаність хворих становила $82,4 \pm 7,6$ %, трирічна безрецидивна виживаність — $76,6 \pm 8,5$ %. **Висновки.** Рецидив пухлини кістки пов'язуємо з неадекватною відповіддю пухлини на проведені у передопераційний період курси поліхіміотерапії та променевої терапії, а також із нерадикальним видаленням (недодержанням хірургічних меж пухлини під час резекції кістки) пухлини. Віддалені метастази є наслідком рецидиву пухлини після проведеного комплексного та комбінованого лікування та поганим прогностичним фактором виживаності пацієнтів.

Ключові слова: променева кістка; ліктьова кістка; пухлина; комплексне та комбіноване лікування; функція кінцівки; рецидив; метастаз; виживаність пацієнтів

Вступ

Ураження кісток передпліччя пухлинами трапляється рідко, особливо при первинних саркомах [1]. Більшість пухлин кісток передпліччя є доброякісними: так, за даними деяких дослідників, 99,1 % всіх уражень кісток передпліччя становить гігантклітинна, 0,9 % — інші пухлини [2]. Злоякісні пухлини кісток передпліччя становлять 1–2 % усіх первинних злоякісних пухлин кісток [3]. У літературі повідомляється, що раніше приблизно від 5 до 10 % злоякісних пухлин верхніх кінцівок лікували ампутацією [4]. Лікування злоякісних пухлин кісток зазвичай комбіноване або комплексне, базується на проведенні хіміотерапії, променевої терапії та хірургічному лікуванні. Хірургічне лікування пухлин кісток передпліччя є більш складним порівняно із лікуванням пухлин кісток інших локалізацій за рахунок розташування м'язів і сухожиль, нервових і судинних структур передпліччя, що призводить до значного зниження функції верхньої кінцівки після видалення пухлини [1]. Дефекти дистального відділу ліктьової кістки та проксимального відділу променевої кістки мало впливають на функцію, тому реконструкція не потрібна [2]. Великий дефект на передпліччі є справжнім викликом для відновлення біомеханіки ліктя та кисті. Ця втрата кісткової маси переважно спричинена широкою резекцією пухлини кістки. Автори [5] вважають, що ключовим фактором місцевого контролю при пухлинах передпліччя є визначення межі пухлини, тому що відступ від краю пухлини на 5 см при інших локалізаціях досягається легко, а на передпліччі це дуже складно. M.L. Talbert та ін. [6] проаналізували 78 пацієнтів із м'якотканинною саркомою дистального відділу кінцівки та рекомендували резекцію кістки з пухлиною в межах 1 см від краю пухлини з подальшим проведенням променевої терапії. P.W. Brau та ін. [7] проаналізували 25 пацієнтів із м'якотканинною саркомою передпліччя й кисті та рекомендували резекцію пухлини на межі більше 1 см від краю пухлини без проведення променевої терапії. Реконструкція кісток після видалення пухлини також суперечлива, з деяким проблемами: інколи саркоми складно видалити без ушкодження нервово-судинних структур; дефекти кісток і методики реконструкції різноманітні та потребують індивідуального підходу. Існують різні варіанти відновлення дефекту резеційованої кістки на передпліччі, серед яких: переміщення прилеглого сегмента кістки [8], застосування кортико-губчастого кісткового автотрансплантату [9], використання васкуляризованої або не васкуляризованої малогомілкової кістки [10, 11], переміщення голівки малогомілкової кістки разом із діафізом, що є адекватною, але технічно складною процедурою для заміни променево-зап'ясткового суглоба [12], застосування різних видів штучних пластичних матеріалів [13], виконання артродеза суглоба [14], застосування кісткового алотрансплантату і жорстка фіксація, які показали хороші функціональні й онкологічні результати [15], виконання ендопротезування суглоба або

встановлення імплантату сегмента кістки [16]. Ми повідомляємо про результати комплексного та комбінованого лікування доброякісних місцевоагресивних і злоякісних пухлин кісток передпліччя, одним із етапів якого є хірургічне лікування.

Мета дослідження: показати ефективність комбінованого та комплексного лікування доброякісних місцевоагресивних і злоякісних пухлин кісток передпліччя.

Матеріали та методи

На стаціонарному лікуванні у відділах ДУ «ІТО НАМН України» із приводу пухлин кісток передпліччя перебували 27 пацієнтів. Серед них було 16 жінок (59,3 %) та 11 чоловіків (40,7 %), середній вік хворих становив 35,9 (від 18 до 69) року. Спостереження становило у середньому 27 (від 6 до 42, медіана $29,4 \pm 2,1$) місяців.

Пацієнтів з ураженням променевої кістки було 17 (із гігантклітинною пухлиною дистального відділу променевої кістки — 12, із недиференційованою плеоморфною саркомою дистального відділу променевої кістки — 1, з остеогенною саркомою проксимального відділу променевої кістки — 1, із хондросаркомою проксимального відділу променевої кістки — 1, із лімфосаркомою проксимального відділу променевої кістки — 1, із метастазом раку легені у діафізі променевої кістки — 1). Пацієнтів із ураженням ліктьової кістки було 10 (із гігантклітинною пухлиною проксимального відділу кістки — 3, зі злоякісною гігантклітинною пухлиною кістки проксимального відділу кістки — 1, із метастазом раку молочної залози у проксимальний відділ ліктьової кістки — 1, із гігантклітинною пухлиною дистального відділу кістки — 1, із саркомою Юїнга дистального відділу кістки — 1, із періостальною остеогенною саркомою дистального відділу кістки — 1, із фібросаркомою діафіза кістки — 1, із солітарною плазмочитомою діафіза кістки — 1).

Передопераційне обстеження у всіх 27 пацієнтів включало рентген і КТ кісток передпліччя, а також МРТ передпліччя. Стадія захворювання у хворих визначалася після виконання КТ грудної та черевної порожнини, а також остеосцинтиграфії. У всіх пацієнтів проведена передопераційна біопсія пухлини з морфологічною верифікацією процесу в кістці. Пункційна або трепан-біопсія під контролем УЗД або КТ та відкрита інцизійна біопсія є цінними варіантами для отримання репрезентативного та достатнього зразка тканини без шкоди для подальшого лікування.

24 пацієнти із 27 (73,2 %) були первинно прооперовані у клініці, 3 пацієнти (26,8 %) були повторно прооперовані після первинного видалення пухлини в іншій лікарні та направлення до нашої клініки з метою повторної операції у зв'язку з рецидивом пухлини після первинної операції. З урахуванням морфологічної форми пухлини, її поширення та локалізації проводилося адекватне лікування. Усім 27 пацієнтам були проведені хірургічні втручання як етап комбінованого та комплексного лікування. Дванадцять пацієнтам із гігантклітинною пухлиною дистального відділу про-

меневої кістки виконано резекцію променевої кістки й автопластику дефекту малогомілковою кісткою з додатковим металоостеосинтезом. Трьом пацієнтам із остеогенною саркомою, хондросаркомою та лімфосаркомою проксимального відділу променевої кістки виконано резекцію сегмента кістки з пухлиною, без заміщення дефекту кістки. Хворому з недиференційованою плеоморфною саркомою дистального відділу променевої кістки після резекції кістки з пухлиною встановлено індивідуально виготовлений металоцементний ендопротез, пацієнту з метастазом раку легень в діяфізі променевої кістки виконано армований металоцементний остеосинтез. Трьом хворим із гігантоклітинною пухлиною проксимального відділу ліктьової кістки виконано внутрішньокісткову резекцію із застосуванням алопластичного матеріалу та керамічного матеріалу на основі біоактивного скла, пацієнтам зі злоякісною гігантоклітинною пухлиною кістки та з метастазом раку молочної залози у проксимальний відділ ліктьової кістки виконано ендопротезування ліктьового суглоба індивідуальним онкологічним ендопротезом, хворому з гігантоклітинною пухлиною дистального відділу ліктьової кістки виконано внутрішньокісткову резекцію із застосуванням автопластичного матеріалу, пацієнтам із саркомою Юїнга й остеогенною саркомою дистального відділу ліктьової кістки виконано резекцію кістки з пухлиною, без заміщення дефекту кістки, пацієнту з фібросаркомою діяфіза кістки після сегментарної резекції кістки з пухлиною встановлено індивідуально виготовлений металевий імплант, пацієнту із солітарною плазмцитомою діяфіза кістки з урахуванням патологічного перелому виконано армований металоостеосинтез.

Хворі на злоякісні пухлини кісток отримували передопераційну хіміотерапію, яка сприяла радикальному виконанню операції. Хірургічне лікування не виконувалося, якщо відповідь на хіміотерапію була незадовільною. Хіміотерапія використовується для зменшення об'єму пухлини й усунення мікрометастазів. Крім того, пацієнти з хорошою відповіддю на хіміотерапію мають підвищені показники загальної та безрецидивної виживаності.

Пацієнтам із остеогенною саркомою, плеоморфною саркомою кістки та злоякісною гігантоклітинною пухлиною кістки проводилося лікування згідно з європейськими протоколами лікування остеогенної саркоми. Проводилися курси передопераційної внутрішньовенної поліхіміотерапії з використанням цитостатичних хіміопрепаратів: цисплатину й адриобластину, високодозового іфосфаміду й антидоту месна, високодозового метотрексату й антидоту лейковорин. Кількість курсів, що проводилися, залежала від клініко-рентгенологічної регресії пухлини. Пацієнту з лімфосаркомою проводилися курси як передопераційної, так і післяопераційної поліхіміотерапії згідно з європейськими протоколами лікування, які включали такі препарати, як ритуксимаб, бендамустин, доксорубіцин, циклофосфан, вінкрисдин, преднізолон, етопозид.

Хворому із саркомою Юїнга проводилися курси поліхіміотерапії згідно зі скандинавським протоколом лікування: вінкрисдин, іфосфамід і антидот месна, доксорубіцин, етопозид, актиноміцин.

Хворий із солітарною плазмцитомою отримував курси поліхіміотерапії, які включали такі препарати: мелфалан, преднізолон, вінкрисдин, доксорубіцин, циклофосфан. Пацієнт із метастазом раку легень отримував курси передопераційної та післяопераційної поліхіміотерапії із застосуванням препаратів: карбоплатин, гемцитабін. Пацієнтка з метастазом раку молочної залози отримала чотири курси неоад'ювантної поліхіміотерапії за схемою: доксорубіцин, циклофосфан, доцетаксел.

Хворим із саркомою Юїнга, лімфосаркомою та солітарною плазмцитомою в передопераційному періоді, після курсів поліхіміотерапії, проведено курс променевої терапії до сумарної вогнищевої дози (СВД) 40 Грей. Пацієнтам із метастатичними пухлинами у передопераційному періоді також проведені курси променевої терапії на вогнище ураження у кістці до СВД 40 Грей.

Усі пацієнти з гігантоклітинною пухлиною кістки отримували у передопераційний період деносумаб за схемою.

Крім того, у 2 пацієнтів із гігантоклітинною пухлиною кістки у післяопераційний період, після кістково-пластичних операцій, застосований курс променевої терапії на оперований сегмент кістки до СВД 20 Грей із метою уникнення рецидиву пухлини.

Функціональний результат прооперованої кінцівки визначався за шкалою MSTS (Musculo-Skeletal Tumor Staging /System/) [17]. Якість життя хворих визначалася у балах відповідно до опитувальника EORTC QLQ-C30.

Загальну та безрецидивну виживаність пацієнтів визначали за методом Каплана — Мейєра.

Результати

У результаті лікування у пацієнтів не спостерігалось ускладнень під час і після проведення курсів внутрішньовенної поліхіміотерапії. Не спостерігалось також ускладнень під час і після проведення променевої терапії. Післяопераційні ускладнення зафіксовані у 3 (11,1 %) хворих, після резекції дистального відділу променевої кістки й автопластики малогомілковою кісткою виявлено: вивих головки автотрансплантату у 2 пацієнтів (7,4 %), перелом автотрансплантату — в 1 (3,7 %). У 2 випадках при вивиху головки автотрансплантату виконано артродез променево-зап'ясткового суглоба із застосуванням металевої пластини, у випадку перелому автотрансплантату — його видалення та встановлення металоцементного ендопротезу променево-зап'ясткового суглоба.

Наводимо приклади з наших спостережень.

Пацієнт К., 69 років, звернувся до клініки зі скаргами на наявність пухлини правого передпліччя, болі у ділянці новоутворення. Новоутворення спостерігалось близько трьох місяців і збільшувалося у розмірах. Було дообстежено хворого, виконано рентгенографію кісток передпліччя, виявлено деструкцію правої променевої



Рисунок 1. Фотовідбиток рентгенограми кісток передпліччя пацієнта К. Метастаз раку легені у праву променеву кістку



Рисунок 2. Фотовідбиток рентгенограми кісток передпліччя пацієнта К. Стан після резекції пухлини діяфіза правої променевої кістки й армованого металоцементного остеосинтезу діяфіза правої променевої кістки



Рисунок 3. Фотовідбиток рентгенограми кісток передпліччя пацієнтки Р. Метастаз раку молочної залози у ліву ліктьову та плечову кістки (бокова проекція)



Рисунок 4. Фотовідбиток рентгенограми кісток передпліччя пацієнтки Р. Метастаз раку молочної залози у ліву ліктьову та плечову кістки (пряма проекція)



Рисунок 5. Фотовідбиток рентгенограми кісток передпліччя пацієнтки Р. Стан після резекції метастатичної пухлини проксимального відділу лівої ліктьової та променевої кісток і дистального відділу лівої плечової кістки й ендопротезування ліктьового суглоба індивідуальним онкологічним ендопротезом

кістки (рис. 1), при УЗД-обстеженні — м'якотканинну пухлину. Виконано біопсію новоутворення товстою голкою, патогістологічний висновок — плоскоклітинна карцинома. Пацієнт дообстежений, виконано КТ органів грудної порожнини, виявлена пухлина легені. Після пункції новоутворення легені патогістологічний висновок — плоскоклітинна карцинома (G3). Хворий направлений в онкодиспансер за місцем проживання з діагнозом: метастаз аденокарциноми легені у праву променеву кістку, в онкодиспансері проведено чотири курси поліхіміотерапії та курс променевої терапії до СВД 40 Грей на новоутворення правого передпліччя, через місяць у клініці було виконано резекцію вогнища правої променевої кістки й армований металоцементний остеосинтез (рис. 2). Післяопераційний період без ускладнень, болі у ділянці передпліччя зникли, функція верхньої кінцівки у межах фізіологічної норми. У динаміці спостереження протягом 25 місяців рецидиву пухлини не виявлено, хворий продовжив лікування із приводу карциноми легені.

Пацієнтка Р., 57 років, звернулася до клініки зі скаргами на наявність пухлини лівого ліктьового суглоба, болі у ділянці новоутворення. Хвору було дообстежено, виконано рентгенографію кісток передпліччя, виявлено деструкцію проксимального відділу лівої ліктьової кістки та патологічний перелом ліктьового відрос-

тка і деструкцію дистального відділу плечової кістки (рис. 3, 4). Виконано відкриту біопсію новоутворення лівого ліктьового суглоба, патогістологічний висновок — аденокарцинома. Пацієнтку дообстежено, виконано КТ органів грудної порожнини, черевної порожнини й таза, а також мамографію, виявлено пухлину правої молочної залози. Після пункції новоутворення молочної залози патогістологічний висновок — аденокарцинома (G3). Пацієнтка отримала у передопераційний період курси поліхіміотерапії та курс променевої терапії до СВД 40 Грей на метастаз ділянки лівого ліктьового суглоба, через місяць у клініці хворій було виконано резекцію *en bloc* метастатичної пухлини лівого ліктьового суглоба й ендопротезування ліктьового суглоба індивідуальним онкологічним ендопротезом (рис. 5). У процесі спостереження функція ліктьового суглоба (за шкалою MSTs) становила 74,8 %. У динаміці спостереження протягом 27 місяців рецидиву пухлини не спостерігалось, пацієнтка продовжує лікування із приводу аденокарциноми молочної залози.

Місцевий рецидив пухлини спостерігався у трьох пацієнтів (11,1 %). Рецидиви пухлини спостерігалися у м'яких тканинах передпліччя у хворої з фібросаркомою діафіза ліктьової кістки через шість місяців після хірургічного лікування, у хворої з недиференційованою плеоморфною саркомою дистального відділу променевої кістки — через 12 місяців після хірургічного лікування й у хворого із саркомою Юїнга дистального відділу ліктьової кістки — через вісім місяців після хірургічного лікування. Рецидиви пухлини видалені у м'яких тканинах передпліччя з подальшим проведенням курсів поліхіміотерапії та курсу променевої терапії на післяопераційний рубець і навколишні м'які тканини передпліччя.

Віддалені метастази спостерігалися у 2 пацієнтів (7,4 %). Метастази у легені спостерігалися у пацієнта із саркомою Юїнга дистального відділу ліктьової кістки через три місяці після видалення рецидиву пухлини й у пацієнтки із плеоморфною саркомою дистального відділу променевої кістки через чотири місяці після видалення рецидиву пухлини. Пацієнтам із метастазами у легені проведені курси поліхіміотерапії з подальшою метастазектомією.

Функціональні показники верхньої кінцівки у прооперованих пацієнтів (за шкалою MSTs) становили: після ендопротезування ліктьового суглоба — 74,8 %; після кістково-пластичної операції проксимального відділу ліктьової кістки із застосуванням алотрансплантату та керамічного матеріалу на основі біоактивного скла функція ліктьового суглоба — 96,6 %; після резекції діафіза ліктьової кістки й армованого металоостеосинтезу — 94,5 %; після резекції дистального відділу ліктьової кістки з пухлиною функція променево-зап'ясткового суглоба — 80,4 %; після резекції дистального відділу променевої кістки з пухлиною й автопластики малогомілкової кісткою функція променево-зап'ясткового суглоба — 88,3 %; після резекції дистального відділу променевої кістки з пухлиною й ендопротезування металоцементним імплантом

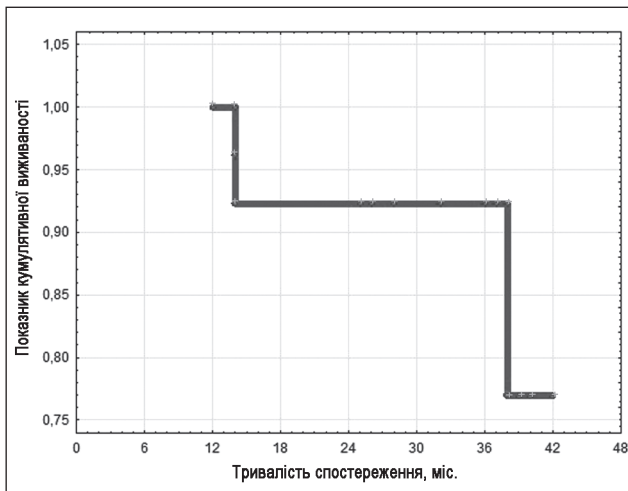


Рис. 6. Графічне відображення трирічної загальної виживаності пацієнтів із пухлинами кісток передпліччя після проведеного лікування

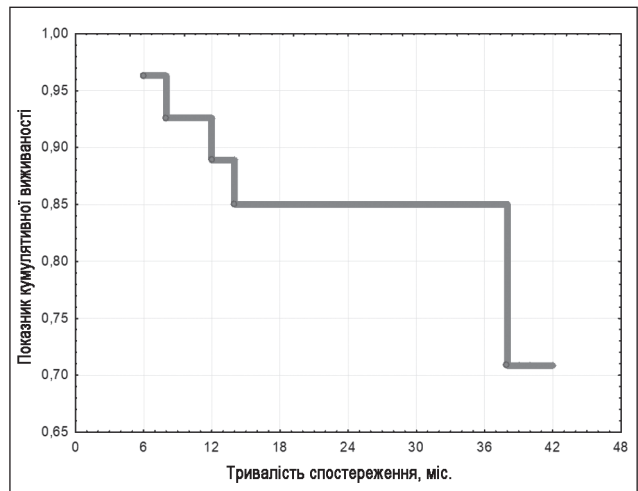


Рис. 7. Графічне відображення трирічної безрецидивної виживаності пацієнтів із пухлинами кісток передпліччя після проведеного лікування

функція променево-зап'ясткового суглоба — 84,2 %; після резекції проксимального відділу променевої кістки з пухлиною функція верхньої кінцівки — 78,5 %; після резекції діяфіза променевої кістки й армованого металоостеосинтезу функція верхньої кінцівки — 98,4 %.

Якість життя пацієнтів (згідно з опитувальником EORTC-QLQ-C30) підвищилася із 39 балів на початку комбінованого або комплексного лікування до 84 балів після проведеного лікування.

Показники трирічної загальної виживаності пацієнтів становили $82,4 \pm 7,6$ %, трирічної безрецидивної виживаності — $76,6 \pm 8,5$ %.

На рис. 6 наведено графічне відображення трирічної загальної виживаності пацієнтів із пухлинами кісток передпліччя після проведеного лікування.

На рис. 7 наведено графічне відображення трирічної безрецидивної виживаності пацієнтів із пухлинами кісток передпліччя після проведеного лікування.

Обговорення

Як вже повідомлялося раніше, захворюваність на первинні злоякісні пухлини кісток передпліччя низька [3]. У літературі повідомляється про велику кількість сарком м'яких тканин передпліччя [18], тоді як про випадки саркоми кістки виявлено лише поодинокі повідомлення [19, 20]. Складна анатомія передпліччя призводить до труднощів органозберігаючих операцій і задовільної функції кінцівки у післяопераційний період. У нашому дослідженні ускладнення спостерігалися у 3 (11,1 %) хворих, що дещо нижче, ніж в інших дослідників [21], коли у 10 (17,8 %) пацієнтів виникли післяопераційні ускладнення, хоча група була більшою (56 пацієнтів), що говорить про ефективність проведення комплексного та комбінованого лікування пухлин кісток передпліччя. За даними деяких науковців, поведінка рецидивуючих пухлин може бути більш агресивною [22]. Неадекватні межі резекції пухлини можуть сприяти збільшенню частоти рецидивів пухли-

ни. Вплив хірургічних меж резекції пухлини на місцеві рецидиви вивчали деякі автори [18]. Більшість дослідників визначають адекватні межі як широку резекцію. Muramatsu та ін. [5] використали двосантиметровий запас для сарком високого ступеня злоякісності й односантиметровий запас для сарком низького ступеня злоякісності, досягнувши задовільного рівня місцевих рецидивів (11 %). У нашому дослідженні у 2 (7,4 %) випадках неадекватна хірургічна межа під час видалення пухлини спричинила подальший рецидив пухлини. Приблизно у 15–38 % пацієнтів із кістковою саркомою можуть розвинути місцеві рецидиви та/або пізні метастази у легені [4, 27]. Чи впливає рецидив пухлини на виникнення метастазів і виживання хворих — питання суперечливе [24], деякі дослідження показали, що безпечні межі впливають лише на рецидив, який не збільшує кількість метастазів і не зменшує виживання [25], однак інші продемонстрували протилежний результат [26]. Наше дослідження показало, що межі резекції пухлини та рецидиви були суттєво пов'язані з метастазами та виживанням після лікування, із 3 наших пацієнтів на тлі рецидиву пухлини у 2 відбулося метастазування в легені.

Деякі автори [21] повідомляють про віддалені метастази у 14 (25 %) пацієнтів після проведеного хірургічного лікування пухлин кісток передпліччя. Даеске та ін. [23] повідомили, що частота метастазування саркоми кістки високого ступеня злоякісності на передпліччі становила 24 %. У нашому дослідженні віддалені метастази спостерігалися у двох пацієнтів (7,4 %), ми вважаємо, що невисокий відсоток метастазування пов'язаний із невеликою групою пролікованих хворих. У літературі повідомляється [27], що п'ятирічна загальна виживаність варіює від 53 до 67 % при саркомах кісток верхніх кінцівок. За даними деяких авторів [21], п'ятирічна виживаність при саркомі високого ступеня злоякісності становила 81,7 %. Інші дослідники [23] повідомили про результати лікування 33 паціє-

ентів із остеосаркомами кісток верхніх кінцівок, коли п'ятирічна виживаність становила 86 %, цей результат був кращим, ніж у нашому дослідженні, де трирічна виживаність пацієнтів — $82,4 \pm 7,6$ %. Ті самі дослідники [23] повідомляють, що п'ятирічна безрецидивна виживаність пацієнтів із пухлинами кісток передпліччя після лікування становила 65 %, у нас трирічна безрецидивна виживаність пацієнтів була $76,6 \pm 8,5$ %, що говорить про адекватність проведеного лікування. Ми вважаємо, що стандартним підходом у лікуванні місцевих рецидивів пухлини є радикальна ампутація, тоді як метастази у легенях лікуються за допомогою метастазектомії та/або хіміотерапії.

Висновки

1. При злоякісних пухлинах кісток передпліччя необхідне проведення комплексного лікування: передопераційної та післяопераційної внутрішньовенної поліхіміотерапії, хірургічного лікування, а подеколи і променевої терапії.

2. Застосування ендопротезування ліктьового суглоба, кістково-пластичних операцій із використанням керамічних матеріалів, ало- й автотрансплантатів, армованого металоостеосинтезу при локалізації пухлини у кістках передпліччя дозволило отримати задовільні клінічні результати, а також зберегти функцію верхньої кінцівки.

3. Рецидив пухлини пов'язуємо з неадекватною відповіддю пухлини на проведені у передопераційний період курси поліхіміотерапії та променевої терапії, а також із нерадикальним видаленням (недодержанням хірургічних меж пухлини під час резекції кістки) пухлини. Віддалені метастази є наслідком рецидиву пухлини після проведеного комплексного та комбінованого лікування та поганим прогностичним фактором виживаності пацієнтів.

Перспектива подальшого дослідження. Комбіноване та комплексне лікування доброякісних місцево-агресивних і злоякісних пухлин кісток передпліччя є перспективними методами та потребує постійного вдосконалення як техніки хірургічного втручання, так і схем поліхіміотерапії та променевої терапії, завдяки чому вдається зменшити кількість післяопераційних ускладнень, рецидивів і метастазів пухлин кісток.

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

Інформація про фінансування. Жодних вигод у будь-якій формі не було і не буде отримано від комерційної сторони, пов'язаної прямо чи опосередковано з предметом цієї статті.

Етичні норми. Це дослідження було схвалено комісією з питань біоетичної експертизи та етики наукових досліджень при НМУ імені О.О. Богомольця, інформовану згоду на участь у дослідженні отримували від дорослих пацієнтів, які перебували на лікуванні у клінічних відділах ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України Національної академії медичних наук

України», автори несуть відповідальність за всі аспекти роботи, гарантуючи належне дослідження та вирішення питань, пов'язаних із точністю чи цілісністю будь-якої частини роботи.

Внесок авторів. Кухарук А.С., Волков В.О. — задумали, розробили та провели дослідження; Солоніцин Є.О. — проаналізував та інтерпретував клінічні дані; Чорний В.С. — підготував рукопис; Проценко В.В. — переглянув і відредагував рукопис. Усі автори зробили значний інтелектуальний внесок у роботу та схвалили її для публікації.

Список літератури

1. Picci P, Manfrini M, Fabbri N, Gambarotti M, Vanel D. *Atlas of musculoskeletal tumors and tumorlike lesions. The Rizzoli case archive. Switzerland: Springer; 2014.*
2. Проценко В.В., Дедков А.Г. Реконструктивные вмешательства при опухолях костей предплечья. *Вестник травматологии и ортопедии. 2007;42-45.*
3. Niu X, Xu H, Inwards CY, Li Y, Ding Y, Letson GD, et al. *Primary bone tumors: epidemiologic comparison of 9200 patients treated at Beijing Ji Shui Tan hospital, Beijing, China, with 10 165 patients at Mayo Clinic, Rochester, Minnesota. Arch Pathol Lab Med. 2015;139(9):1149-55. doi: 10.5858/arpa.2014-0432-OA.*
4. MacKay BJ, McCormack RA, Blank AT, et al. *Diagnosis and management of primary malignant tumors in the upper extremity. Orthop Rev (Pavia). 2021;12:8345.*
5. Muramatsu K, Ihara K, Yoshida K, Tominaga Y, Hashimoto T, Taguchi T. *Musculoskeletal Sarcomas in the Forearm and Hand: Standard Treatment and Microsurgical Reconstruction for Limb Salvage. Anticancer Res. 2013;33(10):4175-82.*
6. Talbert ML, Zagars GK, Sherman NE, Romsdahl MM. *Conservative surgery and radiation therapy for soft tissue sarcoma of the wrist, hand, ankle, and foot. Cancer. 1990;66:2482-2491.*
7. Bray PW, Bell RS, Bowen CV, Davis A, O'Sullivan B. *Limb salvage surgery and adjuvant radiotherapy for soft tissue sarcomas of the forearm and hand. J Hand Surg Am. 1997;22:495-503.*
8. Seradge H. *Distal ulnar translocation in the treatment of giant-cell tumors of the distal end of the radius. J Bone Joint Surg Am. 1982;64:67-73.*
9. Grace T, Eversmann W. *The management of segmental bone loss associated with forearm fractures. J Bone Joint Surg Am. 1980;62:1150-1155.*
10. Minami A, Kato H, Iwasaki N. *Vascularized fibular graft after excision of giant-cell tumor of the distal radius: wrist arthroplasty versus partial wrist arthrodesis. Plast Reconstr Surg. 2002;110:112-117.*
11. Friedrich J, Moran S, Bishop A, Wood C, Shin A. *Free vascularised fibular graft salvage of complications of long-bone allograft after tumor reconstruction. J Bone Joint Surg Am. 2008;90:93-100.*
12. Onoda S, Sakuraba M, Asano T, et al. *Use of vascularized free fibular head grafts for upper limb oncologic reconstruction. Plast Reconstr Surg. 2011;127:1244-1253.*
13. Бурьянов А.А., Чорний В.С., Дедух Н.В., Дубок В.А., Проценко В.В., Вакулич М.В., Ляскорунский В.Н. Ис-

следование регенерации кости после заполнения костного дефекта порошковой формой биостекла. *Лімоніс травматології та ортопедії*. 2018;3-4(39-40):10-14.

14. Ben Amor H, Zouari M, Karray S, Zehi K, Litaïem T, Douik M. Giant cell tumors of the distal end of the radius treated by resection-arthrodesis. *Acta Orthop Belg*. 1998;64:41-46.

15. Lans J, Ballatori SE, Castelein RM, et al. Osteoarticular allograft reconstruction after distal radius tumor resection: reoperation and patient reported outcomes. *J Surg Oncol*. 2021;123:1304-1315.

16. Gokarhaju K, Miles J, Parratt M, Blunn G, Pollock R, Skinner J, et al. Use of metal proximal radial endoprotheses for treatment of non-traumatic disorders: a case series. *J Bone Joint Surg*. 2010;92B:1685-1689.

17. Enneking WF, Dunham W, Gebhardt MC, Malawar M, Pritchard DJ. A System for the Functional Evaluation of Reconstructive Procedures After Surgical Treatment of Tumors of the Musculoskeletal System. *Clin Orthop Relat Res*. 1993;286:241-6. doi: 10.1097/00003086-199301000-00035.

18. Baroudi MR, Ferguson PC, Wunder JS, Isler MH, Motard S, Werier JA, et al. Forearm Soft Tissue Sarcoma: Tumors Characteristics and Oncologic Outcomes Following Limb Salvage Surgery. *J Surg Oncol*. 2014;110(6):676-81. doi: 10.1002/jso.23686.

19. Puri A, Gulia A, Byregowda S, Ramanujan V. Reconstruction of the Elbow and Forearm for Ewing Sarcoma of the Ulna: A New Biological Technique. *Int J Shoulder Surg*. 2016;10(2):85-8. doi: 10.4103/0973-6042.180721.

20. Cahayadi SD, Antoro A, Swandika B. A Giant Cell-Rich Osteosarcoma of the Proximal Ulnar Bone Treated by Elbow Arthroplasty: A Case Report. *Int J Surg Case Rep*. 2019;58:157-61. doi: 10.1016/j.ijscr.2019.04.017.

21. Weifeng Liu, Yongkun Yang, Tao Jin, Yang Sun, Yuan Li, Lin Hao, Qing Zhang, and Xiaohui Niu. What are the

results of limb salvage surgery for primary malignant bone tumor in the forearm? *Front Oncol*. 2022;12:822983. Published online 2022 Apr 28. doi:10.3389/fonc.2022.822983. PMID: PMC9097903. PMID: 35574345

22. Yang Z, Niu N, Tang J, Wu L, He J, Shi J. Reconstruction of forearm support with ulnar translocation after resection of chondrosarcoma in the proximal radius. *Orthopade*. 2020;49(11):1006-12. doi: 10.1007/s00132-020-03903-x.

23. Daecke W, Bielack S, Martini AK, Ewerbeck V, Jurgens H, Kotz R, et al. Osteosarcoma of the hand and forearm: experience of the cooperative osteosarcoma study group. *Ann Surg Oncol*. 2005;12(4):322-31. doi: 10.1245/ASO.2005.06.002.

24. Yang JC, Chang AE, Baker AR, Sindelar WF, Danforth DN, Topalian SL, et al. Randomized prospective study of the benefit of adjuvant radiation therapy in the treatment of soft tissue sarcomas of the extremity. *J Clin Oncol*. 1998;16(1):197-203. doi: 10.1200/JCO.1998.16.1.197.

25. Spraker-Perlman HL, Barkauskas DA, Krailo MD, Meyers PA, Schwartz CL, Doski J, et al. Factors influencing survival after recurrence in osteosarcoma: a report from the children's oncology group. *Pediatr Blood Cancer*. 2019;66(1):e27444. doi: 10.1002/pbc.27444.

26. Zhao R, Yu X, Feng Y, Yang Z, Chen X, Wand J, et al. Local recurrence is correlated with decreased overall survival in patients with intermediate high-grade localized primary soft tissue sarcoma of extremity and abdomin thoracic wall. *Asia Pac J Clin Oncol*. 2018;14(2):e109-15. doi: 10.1111/ajco.12807.

27. Sofulu Ö, Erol B. Evaluation of factors affecting survival rate in primary bone sarcomas with extremity and pelvis involvement. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2020;54:234-244.

Отримано/Received 22.02.2025

Рецензовано/Revised 01.03.2025

Прийнято до друку/Accepted 20.03.2025

Information about authors

Andrii S. Kukharuk, PhD-student, Department of Traumatology and Orthopedics, Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine; e-mail: kaftraum@ukr.net; <https://orcid.org/0009-0005-1841-2462>
Volodymyr O. Volkov, PhD-student, Department of Traumatology and Orthopedics, Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine; e-mail: kaftraum@ukr.net; <https://orcid.org/0009-0002-0625-715X>
Volodymyr V. Protsenko, MD, DSc, PhD, Professor, Leading Research Fellow, Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMSU, Kyiv, Ukraine; e-mail: ip15@ukr.net; phone: +380 (50) 380-37-81; <https://orcid.org/0000-0001-8896-8371>

Volodymyr S. Chornyi, PhD in Medicine, Associate Professor, Department of Traumatology and Orthopedics, Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine; e-mail: oncoortoped@gmail.com; phone: +380 (96) 255-52-44; <https://orcid.org/0000-0002-3679-0783>

Yevhen O. Solonitsyn, PhD in Medicine, Orthopedist-Traumatologist, Department of Foot Pathology and Complex Prosthetic Treatment, Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMSU, Kyiv, Ukraine; e-mail: 7klinika@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-7057-1405>

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. No benefits in any form have been received and will not be received from a commercial party related directly or indirectly to the subject matter of this article.

Ethical norms. This study was approved by the Bioethical Review and Research Ethics Commission at the Bogomolets National Medical University, informed consent to participate in the study was obtained from adult patients who were treated in the clinical departments of the State Institution "Institute of Traumatology and Orthopedics of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine", the authors are responsible for all aspects of the work, guaranteeing proper research and resolving issues related to the accuracy or integrity of any part of the work.

Authors' contribution. A.S. Kukharuk, V.O. Volkov — conceived, developed and conducted the research; Ye.O. Solonitsyn — analyzed and interpreted clinical data; V.S. Chornyi — prepared the manuscript; V.V. Protsenko — reviewed and edited the manuscript. All listed authors made significant intellectual contributions to the work and approved it for publication.

A.S. Kukharuk², V.O. Volkov², V.V. Protsenko¹, V.S. Chornyi², Ye.O. Solonitsyn¹

¹Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMSU, Kyiv, Ukraine

²Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

Multimodal and comprehensive treatment of tumors of forearm bones

Abstract. Background. Malignant tumors of the forearm bones are rare, and remain a problem for orthopedic oncologists. Our study reports on benign locally aggressive and malignant tumors of the fore-

arm bones, and various strategies for surgical removal of tumors, and bone reconstruction techniques. The choice of surgical intervention in case of the diseased forearm bones is determined not only by the

degree of bone destruction by the tumor and the nosological entity of the neoplastic process, but also by the ability of the tumor to recur and metastasize. An analysis of the functional and oncological results of the upper limb after comprehensive and multimodal treatment of tumors of the forearm bones was conducted. Purpose. to show the effectiveness of multimodal and comprehensive treatment of benign locally aggressive and malignant tumors of the forearm bones. **Materials and methods.** Patients ($n = 27$) with tumors of the forearm bones were under our observation. There were 17 (62.9 %) patients with radial bone tumors and 10 (37.1 %) patients with ulna tumors, 16 (59.2 %) patients had giant cell tumor of bone, while 11 (40.8 %) had malignant tumors. The average follow-up lasted 27 (range 6 to 42) months. All 27 patients underwent surgical interventions within multimodal and comprehensive treatment regimens. Radial bone resection was performed in 17 patients, at that, most often of distal segment (13 patients), of proximal segment (3 patients), and of diaphysis of bone (1 patient). Ulnar bone resection was performed in 10 patients, at that, most often of proximal ulna (5 patients), of distal ulna (3 patients), and of diaphysis of bone (2 patients). The surgical margin of the tumor, after resection of the bone with the tumor, during morphological examination were along the edge of the lesion in 2 patients. **Results.** Postoperative complications were observed in 3 (11.1 %) patients. Functionality results of the upper limb after organ sparing surgery for tumors of the forearm bones according to the MSTS scale were: after the elbow joint endoprosthesis replacement the function amounted to 74.8 %, after osteoplastic surgery of the

proximal ulna using allograft and ceramic material based on Bioactive Glass, the function of the elbow joint amounted to 96.6 %. After resection of the ulna diaphysis, and effecting reinforced metallic osteosynthesis, it amounted to 94.5 %. After resection of the distal ulna with the tumor, the function of the radiocarpal joint amounted to 80.4 %. After resection of the distal radius with tumor, and effecting fibular bone grafting, the function of the radiocarpal joint amounted to 88.3 %. After resection of the distal radius with tumor, and effecting endoprosthesis replacement using a metal-cement implant, the function of the radiocarpal joint amounted to 84.2 %. After resection of the proximal segment of radius with tumor, the function of the upper limb amounted to 78.5 %. After resection of the radial diaphysis, and effecting reinforced metallic osteosynthesis, the function of the limb amounted to 98.4 %. Oncological results: local tumor recurrence was observed in 3 patients (11.1 %), distant metastases were observed in 2 patients (7.4 %). Three-year overall survival of patients amounted to 82.4 ± 7.6 %, three-year recurrence-free survival amounted to 76.6 ± 8.5 %. **Conclusions.** Bone tumor recurrence is associated with inadequate tumor response to preoperative courses of polychemotherapy and radiotherapy, as well as with non-radical tumor removal (failure to adhere to surgical tumor margins during bone resection). Distant metastases represent a consequence of tumor recurrence after comprehensive and multimodal treatment, and are an adverse prognostic factor for patient survival.

Keywords: radius; ulna; tumor; comprehensive and multimodal treatment; limb function; recurrence; metastasis; patient survival

Для нотаток



*“Аксімед”
завжди
попереду!*

НА БАЗІ КЛІНІКИ “АКСІМЕД” ФУНКЦІОНУЄ

ЦЕНТР ПРОБЛЕМ СНУ

ЕФЕКТИВНА ДІАГНОСТИКА ТА ЛІКУВАННЯ:

- порушень дихання уві сні (нічне апное);
- усіх видів безсоння;
- синдрому неспокійних ніг.

ПРОВІДИМО НАЙСУЧАСНІШУ
ПОЛІСОМНОГРАФІЮ



ЛІКУВАННЯ
ХРАПУ

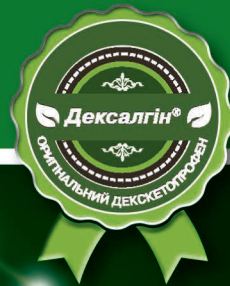


AKSIMED.UA • 044 390 00 55

Симптоматичне лікування гострого болю^{1, 2, 3, *}

Дексалгін®

декскетопрофену трометамол



ШВИДКА³⁻⁵ та ЕФЕКТИВНА^{1, 6-10}
знеболювальна дія



Інформація про рецептурні лікарські засоби для спеціалістів охорони здоров'я, медичних і фармацевтичних працівників.

Фармакотерапевтична група. Нестероїдні протизапальні та протиревматичні засоби. Похідні пропіонової кислоти. Код АТХ M01A E17.

ДЕКСАЛГІН® ІН'ЄКТ. **Склад:** 1 таблетка, вкрита плівковою оболонкою, містить декскетопрофену трометамолу 36,9 мг, що еквівалентно декскетопрофену 25 мг. **Лікарська форма.** Таблетки, вкриті плівковою оболонкою. **Показання.** Симптоматична терапія болю від легкого до помірного ступеня, наприклад, м'язово-скелетний біль, болісні менструації (дисменорея), зубний біль. **Протипоказання.** Підвищена чутливість до декскетопрофену, будь-якого іншого нестероїдного протизапального засобу (НПЗЗ) або до допоміжних речовин препарату. Помірне або тяжке порушення функції нирок (кліренс креатиніну ≤ 59 мл/хв). Тяжке порушення функції печінки (10-15 балів за шкалою Чайлда-П'ю) та інші. **Спосіб застосування та дози.** Дорослим. Залежно від виду та інтенсивності болю рекомендована доза становить 12,5 мг (1/2 таблетки, вкритої плівковою оболонкою) кожні 4-6 годин або 25 мг (1 таблетка, вкрита плівковою оболонкою) кожні 8 годин. Добова доза не повинна перевищувати 75 мг. Небажано ді препарату можна звести до мінімуму шляхом застосування мінімально ефективних доз протягом якомога коротшого проміжку часу, необхідного для усунення симптомів. Дексалгін® не передбачений для тривалої терапії; лікування триває, поки є симптоми. Одночасний прийом з іншою спільною всмоктування лікарського засобу, тому при гострому болю рекомендовано приймати препарат не менше ніж за 30 хвилин до їди. **Побічні реакції.** Найчастіше спостерігаються побічні реакції з боку травного тракту. Повний перелік протипоказань, побічних реакцій, а також докладну інформацію про спосіб та особливості застосування можна знайти в інструкції для медичного застосування лікарського засобу Дексалгін® від 03.03.2023 р. № 428, РП № UA/9258/01/01. **Виробник.** Laboratorios Menarini S. A. Альфонс XII, 587, Бадалона, Барселона, 08918 Іспанія. А. Менаріні Мануфактурінг Логістікс енд Сервісес С.р.Л. Віа Кампо ді Піле, 67100 Л'Аква (АК), Італія.

ДЕКСАЛГІН® ІН'ЄКТ. **Склад:** 1 мл розчину для ін'єкцій/інфузій містить декскетопрофену трометамолу 36,9 мг, що еквівалентно декскетопрофену 25 мг (одна ампула по 2 мл містить декскетопрофену трометамолу 73,8 мг, що еквівалентно декскетопрофену 50 мг). **Лікарська форма.** Розчин для ін'єкцій/інфузій. **Показання.** Симптоматичне лікування гострого болю середньої та високої інтенсивності у випадках, коли пероральне застосування препарату недоцільне, наприклад, при післяопераційних болях, ниркових коликах та болю у попереку. **Протипоказання.** Підвищена чутливість до декскетопрофену, будь-якого іншого нестероїдного протизапального засобу (НПЗЗ) або до допоміжних речовин препарату. При порушенні функції нирок середнього або тяжкого ступеня (кліренс креатиніну ≤ 59 мл/хв). При тяжкому порушенні функції печінки (10-15 балів за шкалою Чайлда-П'ю) та інші. **Спосіб застосування та дози.** Дорослі. Рекомендована доза становить 50 мг з інтервалом 8-12 годин. При необхідності повторну дозу вводити через 6 годин. Максимальна добова доза не має перевищувати 150 мг. ДЕКСАЛГІН® ІН'ЄКТ призначений для короточасного застосування, тому його слід застосовувати тільки у період гострого болю (не довше 2 діб). Пацієнтів слід переводити на пероральне застосування анальгетиків, якщо це можливо. Побічні реакції можна скоротити за рахунок застосування найменшої ефективної дози протягом якомога коротшого проміжку часу, необхідного для покращення стану. **Побічні реакції.** Порушення з боку травного тракту спостерігалися найчастіше. Повний перелік протипоказань, побічних реакцій, а також докладну інформацію про спосіб та особливості застосування можна знайти в інструкції для медичного застосування лікарського засобу Дексалгін® ІН'ЄКТ від 18.10.2023 р. № 1808, РП № UA/3764/01/01. **Виробник.** Альфасіма С.П.А., вул. Енріко Фермі, 1-65020 Аланно (Пескара), Італія.

ДЕКСАЛГІН® САШЕ. **Склад:** декскетопрофену трометамолу: 1 однодозовий пакет містить декскетопрофену трометамолу 36,90 мг, що еквівалентно декскетопрофену 25 мг. **Лікарська форма.** Гранули для орального розчину. **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 декскетопрофену, будь-якого іншого нестероїдного протизапального засобу (НПЗЗ) або до допоміжних речовин препарату. Помірне або тяжке порушення функції нирок (кліренс креатиніну ≤ 59 мл/хв). Тяжке порушення функції печінки (10-15 балів за шкалою Чайлда-П'ю) та інші. **Спосіб застосування та дози.** Дорослі. Залежно від виду та інтенсивності болю рекомендована доза становить 25 мг кожні 8 годин. Добова доза не повинна перевищувати 75 мг. Побічні дії можна звести до мінімуму шляхом застосування мінімальної ефективної дози протягом якомога коротшого проміжку часу, необхідного для усунення симптомів. Перед застосуванням розчинити вміст 1 пакета у скляній воді та добре перемішати для кращого розчинення. Отриманий розчин слід приймати відразу після приготування. Дексалгін® саше призначений тільки для короточасного застосування, необхідного для усунення симптомів. **Побічні реакції.** Порушення з боку травного тракту спостерігалися найчастіше. Повний перелік протипоказань, побічних реакцій, а також докладну інформацію про спосіб та особливості застосування можна знайти в інструкції для медичного застосування лікарського засобу Дексалгін® саше від 03.03.2023 р. № 428, РП № UA/9258/02/01. **Виробник.** Laboratorios Menarini S. A. Альфонс XII, 587, Бадалона, Барселона, 08918 Іспанія.

¹ Інструкція для медичного застосування лікарського засобу Дексалгін® ІН'ЄКТ від 03.03.2023 р. № 428, РП № UA/9258/01/01. ² Інструкція для медичного застосування лікарського засобу Дексалгін® саше від 03.03.2023 р. № 428, РП № UA/9258/02/01. ³ Інструкція для медичного застосування лікарського засобу Дексалгін® ІН'ЄКТ від 18.10.2023 р. № 1808, РП № UA/3764/01/01. ⁴ Sanchez-Carpene 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 JL, 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 2000, 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), 47-53.

* Показання: симптоматичне лікування гострого болю від легкого до помірного (Дексалгін® ІН'ЄКТ) / від помірного до сильного (Дексалгін® ІН'ЄКТ) болю. Пациентам особливих груп (літнього віку, при порушеннях функції печінки легкого та помірного ступеня тяжкості, при порушеннях функції нирок легкого ступеня тяжкості) дозу препарату слід підбирати індивідуально. Обов'язково уважно ознайомтеся з повною інструкцією для медичного застосування лікарських засобів Дексалгін® від 03.03.2023 р. № 428, Дексалгін® ІН'ЄКТ від 18.10.2023 р. № 1808, Дексалгін® саше від 03.03.2023 р. № 428, а саме з повним переліком побічних ефектів, особливостей застосування, способом застосування та дозами. Дексалгін® не передбачений для тривалої терапії; лікування триває, поки є симптоми. Дексалгін® ІН'ЄКТ призначений для симптоматичного лікування гострого болю середньої та високої інтенсивності у випадках, коли пероральне застосування препарату недоцільне. Дексалгін® ІН'ЄКТ призначений для короточасного застосування, тому його слід застосовувати тільки у період гострого болю (не довше 2 діб). Пациєнтів слід переводити на пероральне застосування анальгетиків, якщо це можливо. Дексалгін® саше призначений тільки для короточасного застосування, необхідного для усунення симптомів.