



TERRA ORTHOPAEDICA

1

128 | 2026

український науково-практичний журнал

ДУ "ІНСТИТУТ ТРАВМАТОЛОГІЇ
ТА ОРТОПЕДІЇ НАМН УКРАЇНИ"

SI «Institute of Traumatology
and Orthopedics of NAMS of Ukraine»

TERRA ORTHOPAEDICA

Ukrainian Journal of Research and Practice

Est. October 1999 as

«HERALD OF ORTHOPEDICS,
TRAUMATOLOGY AND PROSTHETICS»

(until 2022 inclusive)

Published 4 times a year

1 (128) – 2026

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief A.P. Liabakh

M.L. Ankin (Kyiv, Ukraine)

O.A. Bur'yanov (Kyiv, Ukraine)

V.V. Filipchuk (Kyiv, Ukraine)

V.A. Filipenko (Kharkiv, Ukraine)

M.P. Grytsay (Kyiv, Ukraine)

M.O. Korzh (Kharkiv, Ukraine)

A.F. Levytskyi (Kyiv, Ukraine)

J.A. Nyland (Louisville, USA)

T.M. Omelchenko (Kyiv, Ukraine)

S.S. Strafun (Kyiv, Ukraine)

R. Smigielski (Warsaw, Poland)

I.M. Zazirnyi (Kyiv, Ukraine)

Terra Orthopaedica

<http://visnyk.uaot.com.ua>

Bulvarno-Kudriavska St., 27,

Kyiv, Ukraine 01601

Tel/Fax: +38 (044) 486-66-28

ДУ «Інститут травматології
та ортопедії НАМН України»

TERRA ORTHOPAEDICA

УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ

Заснований у жовтні 1999 р. як

«ВІСНИК ОРТОПЕДІЇ,
ТРАВМАТОЛОГІЇ ТА ПРОТЕЗУВАННЯ»

(до 2022 року включно)

Видається 4 рази на рік

1 (128) – 2026

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Головний редактор А.П. Лябах

М.Л. Анкін (Київ)

О.А. Бур'янов (Київ)

М.П. Грицай (Київ)

І.М. Зазірний (Київ)

М.О. Корж (Харків)

А.Ф. Левицький (Київ)

Д.А. Найланд (Луїсвілл, США)

Т.М. Омельченко (Київ)

С.С. Страфун (Київ)

В.А. Філіпенко (Харків)

Р. Шмігельський (Варшава)

В.В. Філіпчук (Київ)

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
«Terra Orthopaedica»: серія КВ № 25385-15325 ПР від 11.01.2023 р.
Журнал внесено до переліку наукових фахових видань України, в яких можуть
публікуватися результати дисертаційних робіт у галузі медичних наук
(Наказ Міністерства освіти і науки України № 1188 від 24.09.2020
(зі змінами від 21.02.2024 №220).

Адреса редакції: 01601, Україна, м. Київ, вул. Бульварно-Кудрявська, 27.

Тел.: (044) 486-42-49, 486-60-65, тел./факс: (044) 486-66-28,

e-mail: terraorthopaedica@gmail.com.

Веб-сайт журналу: <http://visnyk.uaot.com.ua>.

Редакція залишає за собою право редагувати подані матеріали.

Затверджено до друку рішенням редколегії від 07.04.2026 р.

© Журнал «Terra Orthopaedica», 2026



ЗМІСТ

ВІД РЕДАКТОРА

FROM THE EDITOR

ОРИГІНАЛЬНІ ПУБЛІКАЦІЇ

ORIGINAL PUBLICATIONS

Застосування систем оцінки тяжко травмованої кінцівки Mangled Extremity Severity Score та Hannover Fracture Scale-98 у пацієнтів із вогнепальною травмою нижньої кінцівки
Лябах А.П., Турчин О.А., Євлантьєва Т.А. 5

Application of the Mangled Extremity Severity Score and Hannover Fracture Scale-98 in Patients with Ballistic Injuries of the Lower Extremity
Liabakh A.P., Turchyn O.A., Yevlantieva T.A. 5

Коморбідний профіль пацієнта з остеоартритом плечового суглоба як фактор прогнозу клінічного результату комплексного застосування екстракорпоральної ударно-хвильової терапії та методик фізичної реабілітації
Фіщенко В. О., Гуменюк О. О. 11

Comorbid Profile of Patients with Shoulder Osteoarthritis as a Prognostic Factor for Clinical Outcomes of Combined Extracorporeal Shock Wave Therapy and Physical Rehabilitation Methods
Fishchenko V.O., Humeniuk O.O. 11

Біомеханічне обґрунтування диференційованого лікування переломів проксимального відділу великогомілкової кістки
Сивак А.М., Мусієнко О.С. 22

Biomechanical Rationale for Differentiated Treatment of Proximal Tibial Fractures
Syvak A.M., Musiienko O.S. 22

Роль проміжних гвинтів у системі «кістка-гвинт-стрижень» при А1-переломах грудопоперекового переходу
Нехлопочин О.С., Вербов В.В., Чешук Є.В., Карпінський М.Ю., Яреско О.В.30

The Role of Intermediate Screws in the Bone-Screw-Rod Construct for A1 Fractures of the Thoracolumbar Junction
Nekhlopochny O.S., Verbov V.V., Cheshuk Ye.V., Karpinskyi M.Yu., Yaresko O.V.30

Результати хірургічного лікування хворих з ротаторною артропатією першої стадії за Хамада
Страфун С.С., Богдан С.В., Лесков В.Г., Гофман М.П. 38

Results of Surgical Treatment of Patients with Stage I Rotator Cuff Arthropathy According to Hamada
Strafun S.S., Bohdan S.V., Lieskov V.H., Hofman M.P. 38

ОГЛЯДИ ЛІТЕРАТУРИ

Діагностичні та лікувальні підходи до фізичної терапії при ідіопатичному сколіозі у дітей: клініко-ортопедичний погляд на проблему
 Марціняк С. М., Шматко А. М. 45

ПРАКТИКУЮЧОМУ ЛІКАРЮ

Діабетична остеоартропатія стопи: клініка, діагностика, лікування
 Пятковський В.М., Харчик В.С., Лазаренко Г.М. 52

ПАМ'ЯТНІ ДАТИ

До 100-річчя з дня народження професора Олега Олександровича Бухтіарова 61

НЕКРОЛОГ

Проф. Березка М.І. 62
Проф. Анкін Л.М. 63

Умови публікації в журналі «TERRA ORTHOPAEDICA» 65

LITERATURE REVIEWS

Diagnostic and Therapeutic Approaches to Physical Therapy for Idiopathic Scoliosis in Children and Adolescents (Literature Review)
 Martsyniak S.M., Shmatko A.M. 45

TO A PRACTICING PHYSICIAN

Diabetic Foot Osteoarthropathy: Clinical Features, Diagnosis, and Treatment
 Piatkovskiy V.M., Kharchyk V.S., Lazarenko H.M. 52

MEMORABLE DATES

To the 100th anniversary of the birth of Professor Oleg Alexandrovich Bukhtiarov 61

OBITUARY

Prof. Berezka M.I. 62
Prof. Ankin L.M. 63

Conditions of publication in the journal «TERRA ORTHOPAEDICA» 65

Шановні колеги!

У лютому 2026 року набрав чинності Закон України «Про академічну доброчесність» від 18.12.2025 р. № 4742-IX. Цей Закон проголошує основні цінності, визначає принципи і правила академічної доброчесності, правові та організаційні механізми її формування та забезпечення, основні ознаки і порушення академічної доброчесності, а також заходи реагування на такі порушення.

Закон остаточно виводить українську науку в правове поле і таким чином є потужним інструментом її інтеграції у світову наукову спільноту. Публікація результатів досліджень є невід'ємною частиною наукового процесу, тому сфера дії Закону поширюється на процеси створення, рецензування та наукового редагування академічних творів. Відповідні положення Закону стосуються неправомірного використання ШІ при написанні наукових робіт, які через це не мають наукової цінності та можуть розглядатися як плагіат.

Згідно з положеннями Закону були внесені зміни до політики Редакційної колегії журналу «Terra Orthopaedica», що знайшло відображення в оновленій інструкції для авторів. Сподіваюся на подальшу плідну співпрацю.

***З найкращими побажаннями,
Головний редактор
Андрій Лябах***

Застосування систем оцінки тяжко травмованої кінцівки Mangled Extremity Severity Score та Hannover Fracture Scale-98 у пацієнтів із вогнепальною травмою нижньої кінцівки

Лябах А.П.¹✉, Турчин О.А.¹, Євлантьєва Т.А.¹

Резюме. Оцінка тяжкості ушкодження кінцівки при її вогнепальній травмі залишається актуальною проблемою, оскільки вона визначає лікувальну тактику – збереження чи ампутація. **Мета:** встановити діагностичну цінність систем оцінки тяжко травмованої кінцівки MESS та HFS-98 в якості інструментів для встановлення показань до ампутації у випадку вогнепальної травми нижньої кінцівки. **Матеріал та методи.** 177 пацієнтів із вогнепальною травмою нижньої кінцівки (183 випадки) віком $37,0 \pm 0,7$ років (20-63 роки). Чоловіків було 174, жінок – 3; давність ушкодження становила $284,9 \pm 18,7$ днів. Серед різновидів бойової травми зустрічались: мінно-вибухова травма – 88, осколкові поранення – 86, кульові поранення – 9. В результаті сформувались 2 групи пацієнтів: із збереженою кінцівкою (I група, 89 випадків) та висока ампутація нижньої кінцівки (II група, 94 випадки). В ході дослідження були застосовані наступні методи: класифікація відкритих ушкоджень Gustilo – Anderson, системи оцінки тяжко травмованої кінцівки MESS та HFS-98. Вивчали: конвергентну валідність, дискримінативну здатність, чутливість, специфічність та діагностичну точність MESS та HFS-98. **Результати.** Середні значення числових показників для I та II груп становили відповідно: MESS – 5,8 та 8,4; HFS-98 – 13,2 та 23,1. Конвергентна валідність MESS/HFS-98 становила 0,85. Дискримінативна здатність (ROC-аналіз) становила 0,9 для обох систем оцінки. Чутливість, специфічність та діагностична точність за даними логістичної регресії та ROC-аналізу становили: для MESS – 0,74, 0,89, 0,79 при пороговому критерії ≥ 7 ; для HFS-98 – 0,82, 0,74, 0,79 при пороговому критерії > 17 . **Заключення.** Діагностична точність та висока дискримінативна здатність MESS та HFS-98 робить доцільним їх використання для встановлення показань до ампутації у випадку вогнепальної травми нижньої кінцівки. Перевищення порогового критерію ≥ 11 , заявленого розробниками HFS-98, потребує подальших досліджень.

Ключові слова: вогнепальна травма нижньої кінцівки, ампутація, MESS, HFS-98.

Одне з основних питань, що виникає на всіх етапах медичної евакуації поранених з вогнепальною травмою нижньої кінцівки, є оцінка тяжкості ушкодження кінцівки як фактора, який найбільш суттєвим чином впливає на рішення щодо долі кінцівки – подальше реконструктивне лікування чи ампутація. Класифікація відкритих переломів за Gustilo – Anderson передбачає триступеневу градацію тяжкості з деталізацією ступеня III на підпункти А, В, С [1]. Розширений варіант класифікації Gustilo – Anderson дозволяє визначити ступінь тяжкості відкритого перелому, надає рекомендації

щодо емпіричного застосування антибактеріальних препаратів, спрямованості та обсягу хірургічної допомоги та виокремлює ступінь ІІС як такий, що має найвищу ймовірність потреби у виконанні високої ампутації. [2]. Як і будь-яка інша система оцінки, класифікація Gustilo – Anderson не є досконалою: її формалізований внутрішній конструкт може конфліктувати з клінічними особливостями конкретного випадку. Зокрема множинні переломи кісток гомілки з поширеним дефектом м'яких тканин, але з неушкодженим заднім великогомілковим судинно-нервовим пучком формально підпадають під ступінь ІІВ, однак реальної можливості провести реконструктивне лікування і отримати опороздатну нижню кінцівку може не бути.

Спроби удосконалити оцінювання тяжкості

✉ Лябах А.П., anliabakb@gmail.com

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

травми спричинили появу бальних систем оцінки, які пропонували певний числовий критерій, порогове значення якого визначало показання до ампутації. Однією з перших була система оцінки тяжкості ушкодженої кінцівки MESS (Mangled Extremity Severuty Score), запропонована Johansen K. та ін. [3]. Згідно авторської концепції, сума балів ≥ 7 визначала показання до первинної ампутації тяжко ушкодженої (розтрощеної – mangled) кінцівки. Попри певні обмеження, MESS з помірною системою оцінки тяжко травмованої кінцівки застосовують найчастіше, в тому числі і у випадках вогнепальних ушкоджень у комбатантів [4].

Однією з особливостей нинішньої російсько-української війни є надходження поранених в лікувальну установу в різний час після отримання вогнепальної травми. Вирішення питання про подальший напрям лікування – реконструкція чи ампутація є надзвичайно складною задачею і застосування відповідної системи оцінки може суттєво полегшити її розв'язання.

Hannover Fracture Scale була запропонована у 1982 р. [5], модифікована у 1998 р. [6], після чого стала відомою як HFS-98. Ця система оцінки не отримала широкого розповсюдження через достатньо складний конструкт, який містить у собі шкалу PTS та верифікацію інфекційного агента [7]. Через це HFS-98 не може бути застосована для встановлення показань до первинної ампутації, однак ця система оцінки може бути корисною у випадках вторинної або пізньої ампутації.

Мета роботи: встановити діагностичну цінність систем оцінки тяжко травмованої кінцівки MESS та HFS-98 у разі їх застосування для встановлення показань до ампутації нижньої кінцівки при її вогнепальній травмі.

Матеріал і методи

Матеріалом для роботи стали результати спостереження та лікування 177 пацієнтів із вогнепальною травмою (183 нижні кінцівки), які перебували на стаціонарному лікуванні у відділі патології стопи та складного протезування ДУ «ІТО НАМН України» з квітня 2022 р. по квітень 2025 р. Дослідження схвалене Вченою радою інституту (протокол 8 від 2023 р.). Під час проведення дослідження було забезпечено дотримання принципів біоетики та прав пацієнтів відповідно до Гельсінської Декларації (2000) та Основ законодавства України про охорону здоров'я. Інформована згода отримана від усіх пацієнтів.

Дизайн дослідження: відкрите, ретро-проспективне, нерандомізоване. Більшість пацієнтів були

представниками силових структур: ЗСУ – 151 (156 випадків), НГУ – 12, НП – 3, ДПСУ – 1, цивільні – 10 (11 випадків). Чоловіків було 174, жінок – 3. Давність ушкодження становила $284,9 \pm 18,7$ днів, середній вік пацієнтів становив $37,0 \pm 0,7$ років (20–63 роки).

Різновиди бойової травми: мінно-вибухова травма (МВТ, наступання на міну, підриг у машині) – 88, осколкові поранення (з дією вибухової хвилі чи без такої) – 86, кульові поранення – 9. На момент госпіталізації реєстрували: тип вогнепального ушкодження, час з моменту поранення у днях, кількість операцій без врахування хірургічних обробок (остеосинтез, аутодермопластика, пластика тканин острівцевими або мікросудинними клаптями, заміщення дефектів кісток, імплантація цемент-антибіотикового спейсера, ампутація та реампутація). Ступінь відкритого перелома оцінювали за Gustilo – Anderson [2], тяжкість ушкодження – за MESS [3] та HFS-98 [8]. Заповнення форми HFS-98 проводили після завершення клініко-рентгенологічного, інструментального та мікробіологічного досліджень. Обрахунок MESS здійснювали ретроспективно на підставі даних анамнезу та наданої медичної документації. Згідно з метою дослідження проводили статистичні розрахунки між двома групами пацієнтів зі збереженою кінцівкою, яку піддавали відновному та реконструктивному лікуванню (89 випадків); та з великими або високими ампутаціями нижньої кінцівки (94 випадки – операція Сайма, трансгібіальна та трансфеморальна ампутації, екзартикуляція нижньої кінцівки). Отримані дані та результати вимірювань вносили до електронних таблиць, після чого розраховували описову статистику. Були застосовані двовибірковий t-тест, та кореляція Пірсона. Діагностичну придатність шкал MESS та HFS-98 оцінювали за допомогою логістичної регресії, а відносну точність кожної моделі графічно відображали за допомогою ROC-кривої. Площа під ROC-кривою (AUC) служила метрикою загальної точності, де 0,5 означала чисту випадковість, а 1,0 – ідеальну модель. Значимою вважали різницю між середніми при $p < 0,05$. Розрахунки проводили в середовищі Microsoft Office Excel 2016 з використанням наданого пакету програм та надбудови StatPlus.

Результати

Описова статистика та порівняння середніх представлений в табл. 1.

Як свідчать дані наведені в таблиці, критичні значення систем оцінки тяжкості травмованої

Таблиця №1

Описова статистика та порівняння середніх

	Реконструкції, n = 89	АНК, n = 94	p*, при $\alpha = 0,05$
Вік, роки	36,5 ± 1,0	37,6 ± 1,0	0,42
Давність ушкодження, дні	296,8 ± 23,4	273,8 ± 29,2	0,53
Кількість операцій	6,2 ± 0,5	7,1 ± 0,7	0,25
G-A I	14 (15,6 %)	1 (1,1 %)	
G-A II	29 (32,2 %)	5 (5,4 %)	
G-A IIIA	17 (18,9 %)	7 (7,5 %)	
G-A IIIB	21 (23,3 %)	9 (9,7 %)	
G-A IIIC	9 (10 %)	71 (76,3 %)	
MESS,	5,8 ± 0,1	8,4 ± 0,2	< 0,001
HFS-98,	13,2 ± 0,5	23,1 ± 0,7	< 0,001
Конвергентна валідність MESS/ HFS-98: кореляція Пірсона 0,85			

Примітки: * двовибірковий t-тест для середніх
G-A – Gustilo – Anderson

кінцівки (MESS ≥ 7 та HFS-98 ≥ 11), що визначають ймовірний вихід на АНК, співпадають із середніми, обчисленими для випадків в обох досліджуваних групах. Це зробило можливим обчислення конвергентної (як окремого випадку критеріальної) валідності цих систем оцінки для перевірки внутрішньої узгодженості між шкалами, а також ROC-аналізу з метою оцінки дискримінативної здатності цих систем щодо ампутацій.

Конвергентну валідність шкал MESS та HFS-98 оцінювали за допомогою коефіцієнта кореляції Пірсона (розподіл даних за обома шкалами був близьким до нормального). Гіпотеза передбачала очікування помірної або високої позитивної кореляції ($r > 0,5$), якщо шкали дійсно вимірюють схожий конструкт. Отриманий коефіцієнт 0,85 свідчить про високу позитивну кореляцію між даними системами. Таким чином, HFS-98 може бути застосована для оцінки тяжкості вогнепальної травми нижньої кінцівки.

З метою оцінки дискримінативної здатності MESS та HFS-98 як діагностичних тестів, що визначають показання до АНК здійснювали ROC-аналіз. Випадки зберігального лікування (реконструкцій) кодували як 0, тоді як випадки АНК – як 1. Результати аналізу представлені на рис. 1.

Дискримінативна здатність MESS та HFS-98 виявилась високою, про що свідчить значна площа під кривими: 0,9 для обох систем оцінки.

Чутливість, специфічність та діагностичну точність MESS та HFS-98 оцінювали на 133 випадках ушкоджень III за Gustilo – Anderson. Для розрахунків застосували логістичну регресію та ROC-аналіз, результати яких представлені в таблиці 2 та на рис. 2.

Як свідчать дані таблиці, пороговий критерій ≥ 7 закладений в MESS, обумовлює діагностичну

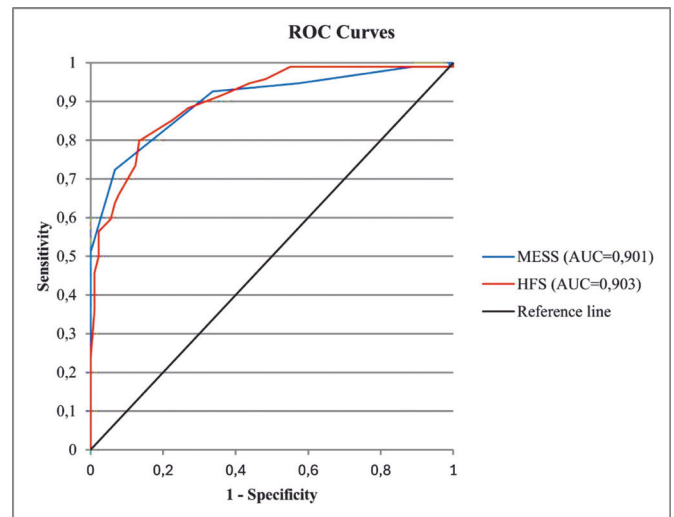


Рис. 1. ROC-криві та AUC для MESS та HFS-98 за результатами порівняльного аналізу.

точність 0,79 при чутливості 0,74 та специфічності 0,89. Це відповідає конструкту MESS і має повне погодження з даними літератури щодо можливостей цієї системи оцінки під час встановлення показань до ампутації при тяжкій травмі нижньої кінцівки, зокрема вогнепальній. Більше значення специфічності, ніж чутливості може свідчити про те, що MESS краще передбачає можливість збереження кінцівки, ніж ампутації.

Таблиця №2

Статистика до логістичної регресії щодо
діагностичної цінності MESS та HFS-98
(n = 133, Gustilo – Anderson IIIA-IIIС)

Критерій	Чутливість	Ді (95 %)	Специфічність	Ді (95 %)	Точність
MESS > 7	0,7356	0,6430 – 0,8283	0,8913	0,8014 – 0,9813	0,7895
HFS-98 > 17	0,8161	0,7347 – 0,8975	0,7391	0,6122 – 0,8660	0,7895

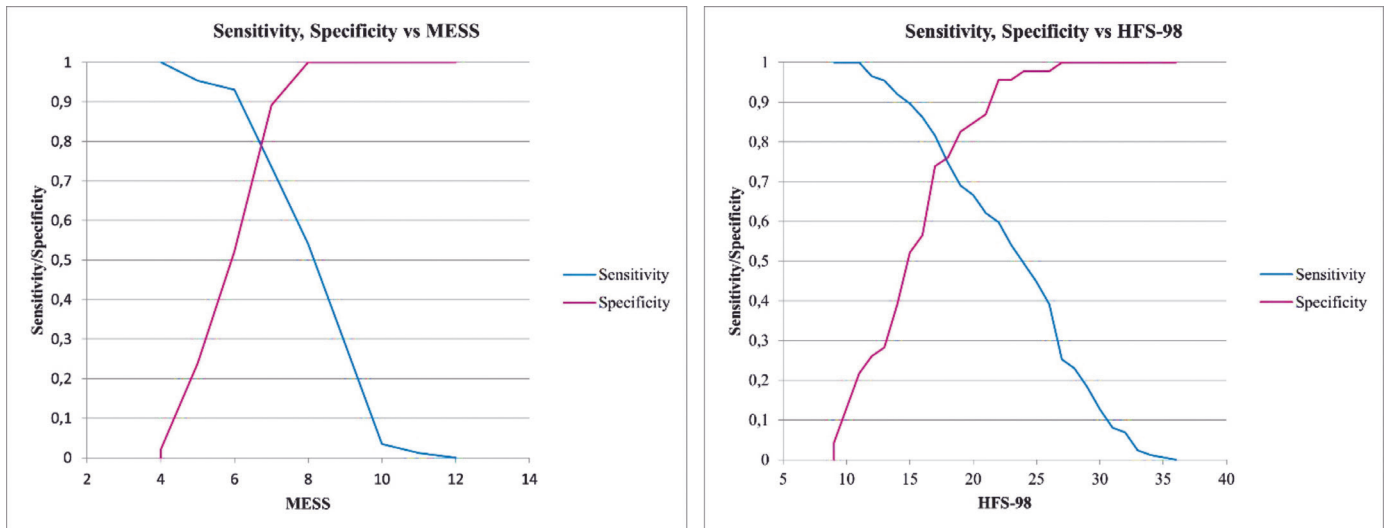


Рис. 2. ROC-аналіз діагностичної точності MESS та HFS-98.

Діагностична точність 0,79 для HFS-98 зумовлена чутливістю 0,82 та специфічністю 0,74; при цьому вищий рівень чутливості свідчить про її кращу здатність до прогнозування ампутації порівняно з реконструктивним лікуванням. Водночас порогове значення > 17 для дослідженої моделі значно перевищує значення, заявлене розробниками (≥ 11).

Дискусія

Сучасні медичні технології значно розширюють можливості збереження тяжко травмованої нижньої кінцівки, однак у певних випадках наявний анатомічний дефект, поліструктурність ушкодження, прогнозована тривалість лікування та деякі інші фактори є вагомими аргументами на користь ампутації [9]. Нефункціональна збережена нижня кінцівка або невчасно проведена вторинна ампутація є серйозними чинниками, що погіршують якість життя пораненого. Lange R.H. та ін. [10] були одними з перших, хто описав абсолютні показання до первинної ампутації при тяжкій травмі нижньої кінцівки, а саме при розтрощенні за умови ішемії понад 6 годин та анатомічному розриві *n.tibialis*. Спроби кількісно оцінити тяжкість травми та встановити межу, коли збереження кінцівки недоцільне, призвели до створення систем оцінки тяжкості травмованої кінцівки, серед яких для вогнепальної травми найчастіше застосовують MESS [3]. Незважаючи на низку недоліків, простота цієї системи оцінки робить її ефективним допоміжним інструментом для встановлення показань до первинної ампутації [11–13]. MESS була розроблена на основі ретроспективно-проспективного дослідження (25 пацієнтів та 26 кінцівок); було

заявлено, що сума балів ≥ 7 визначає вихід на ампутацію у 100 % випадків. Подальші дослідження дозволили визначити не тільки сильні, але і слабкі сторони MESS, зокрема низьку чутливість стосовно рішення на користь ампутації [14–16].

Rush R.M. та ін. [11] вивчали результати роботи передового хірургічного госпіталю американського контингенту під час операції в Іраку та Кувейті (2001–2003 рр.), зокрема у 49 пацієнтів, що мали вогнепальні та небойові ушкодження 60 кінцівок (17 – верхня, 43 – нижня). 50 кінцівок були збережені, 8 – ампутовані, 2 пацієнтів померли (торакальна травма, геморагічний шок) та були виключені з дослідження. MESS була застосована для оцінки тяжкості ушкодження кінцівки, чутливість становила 0,75 для значення індексу ≥ 7 , середнє значення індексу в групі ампутацій становило $7,9 \pm 1,9$. Суттєвою перевагою даного дослідження є застосування MESS на місці для вирішення питання про первинну ампутацію, водночас оцінювання в одній групі пацієнтів із вогнепальними та небойовими ушкодженнями верхніх і нижніх кінцівок значно підвищує ризик упередженості.

Brown K.V. та ін. [12] ретроспективно оцінили валідність MESS в популяції британських військових, що брали участь в бойових діях на території Іраку та Афганістану (08.2003 – 05.2008). Їх дослідження налічує 77 пацієнтів (85 нижніх кінцівок). Відбір пацієнтів передбачав виключно вогнепальні переломи нижньої кінцівки. 63 кінцівки (74 %) були збережені, 22 (26 %) були ампутовані. З ампутованих кінцівок 15 були ампутовані первинно, 7 – після невдалих спроб збереження. Відповідно до їх даних, чутливість та специфічність становили 85,7 % та 84,4 % відповідно. Вони також дійшли висновку, що пацієнти з первинно ампутованими кінцівками і пацієнти, яким виконали

ампутацію після спроб збереження, представляють різні популяції травмованих з перекриттям значень шкали від 7 до 9.

Doucet J.J. та ін. [14] використали реєстр ВМС та корпусу морської піхоти США (березень 2004 – серпень 2007), з якого відібрали 103 пацієнти з відкритими переломами великогомілкової кістки (115 випадків). Серед них ампутації провели у 21 випадку. Автори ретроспективно оцінили чутливість та специфічність при значеннях показника MESS ≥ 7 , які становили відповідно 67 % та 90 %. AUC ROC склала 0,83.

Ege T. та ін. [13] дослідили здатність показника MESS ≥ 7 передбачати ампутацію кінцівки при вогнепальних ушкодженнях. Вони відібрали 139 вогнепальних переломів кісток верхньої та нижньої кінцівок (Gustilo – Anderson IIIA-IIIС) в центрах травми 1-го та 2-го рівнів і підрахували чутливість та специфічність, які для нижньої кінцівки становили відповідно 79,4 % та 86,6 %.

Якщо MESS є найбільш уживаною системою оцінки тяжкості ушкодження кінцівки при вогнепальній травмі, то HFS-98 не набула широкого застосування для цієї мети. Слід зазначити, що HFS-98 є більш об'ємною системою оцінки і вимагає достатньо часу для заповнення всіх пунктів. Крім того, до неї включена оцінка тяжкості політравми (шкала PTS), яка потребує наявності під рукою паперової або онлайн версії. Водночас така деталізація може виявитись корисною у випадках вторинної ампутації або реампутації, зокрема при врахуванні збудника інфекційного процесу.

Ми дослідили діагностичні можливості MESS та HFS-98 на 133 вогнепальних переломах нижньої кінцівки (Gustilo – Anderson III). Відповідно до наших даних чутливість та специфічність для MESS становили 0,74 та 0,89, тоді як для HFS-98 – 0,82 та 0,74. Діагностична точність для обох систем оцінки склала 0,79. Дещо несподіваним виявився пороговий критерій > 17 для HFS-98, що значно перевищує заявлений розробниками (≥ 11). Ця розбіжність потребує подальшого дослідження, проте можна припустити, що в межах значень 11 – 17 існує «сіра зона», коли рішення щодо ампутації не є очевидним.

Конвергентна валідність MESS та HFS-98, за нашими даними, становить 0,85; що свідчить про високу позитивну кореляцію між даними системами. Дискримінативна здатність MESS та HFS-98 за результатами ROC-аналізу виявилась високою, про що свідчить значна площа під кривими: 0,9 для MESS та HFS-98. Таким чином, HFS-98 може бути застосована у пацієнтів з тяжко травмованою нижньою кінцівкою внаслідок вогнепальної травми; водночас її використання показане для випад-

ків вторинної та пізньої ампутацій. Це обумовлено структурою даної системи оцінки: включенням до неї шкали PTS та необхідністю верифікації інфекційного агента.

Перевагами нашого дослідження є достатня кількість спостережень та позитивна оцінка можливості застосування системи оцінки тяжко травмованої кінцівки HFS-98 у пацієнтів із вогнепальною травмою нижньої кінцівки. Недоліком роботи є ретроспективне використання MESS, що властиве більшості досліджень даного спрямування.

Заключення

Таким чином, результати дослідження підтверджують доцільність використання MESS та HFS-98 для оцінки тяжкості травмованої кінцівки, діагностична точність для обох систем оцінки становить 0,79. Висока дискримінативна здатність HFS-98 (0,9 AUC ROC) робить цю систему оцінки цінним допоміжним інструментом у разі встановлення показань до ампутації нижньої кінцівки у пацієнтів із вогнепальною травмою. Перевищення порогового критерію ≥ 11 , заявленого розробниками HFS-98, потребує подальших досліджень.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Додаткове фінансування. Відсутнє.

References

1. Gustilo RB, Anderson JT. Prevention of infection in the treatment of one thousand and twenty-five open fractures of long bones: retrospective and prospective analyses. *J Bone Joint Surg Am.* 1976;58:453-8.
2. Gustilo RB, Mendoza RM, Williams DN. Problems in management of type III (severe) open fractures: a new classification of type III open fractures. *J Trauma.* 1984;24:742-746.
3. Johansen K, Daines M, Howey T, Helfet D, Hansen ST Jr. Objective criteria accurately predict amputation following lower extremity trauma. *J Trauma.* 1990;30(5):568-73. doi: 10.1097/00005373-199005000-00007.
4. Schiro GR, Sessa S, Piccioli A, Maccauro G. Primary amputation vs limb salvage in mangled extremity: a systematic review of the current scoring system. *BMC Musculoskelet Disord.* 2015;2:16:32. doi: 10.1186/s12891-015-0832-7.
5. Tschernie H, Oestern HJ. A new classification of soft-tissue damage in open and closed fractures (author's transl). *Unfallheilkunde.* 1982;85(3):111-5.
6. Krettek C, Seekamp A, Kontopp H, Tschernie H. Hannover Fracture Scale '98 – re-evaluation and new perspectives of an established extremity salvage score. *Injury.* 2001;32(4):317-28. doi: 10.1016/s0020-1383(00)00201-1.
7. Rajasekaran S. The utility of scores in the decision to salvage or amputation in severely injured limbs. *Indian J Orthop.* 2008;42(4):368-76. doi: 10.4103/0019-5413.43371.

8. Seekamp A, Kontopp H, Tscherne H. Hannover fracture scale '98: reevaluation and new prospects for an established score system. *Unfallchirurg*. 2001;104(7):601-10. doi: 10.1007/s001130170090.
9. Bosse MJ, Teague D, Reider L, Gary JL, Morshed S, Seymour RB et al. Outcomes after severe distal tibia, ankle, and/or foot trauma: comparison of limb salvage versus transtibial amputation (OUTLET). *J Orthop Trauma*. 2017;31(Suppl 1):S48-S55. doi: 10.1097/BOT.0000000000000799.
10. Lange RH, Bach AW, Hansen ST Jr, Johansen KH. Open tibial fractures with associated vascular injuries: prognosis for limb salvage. *J Trauma*. 1985 Mar;25(3):203-8. doi: 10.1097/00005373-198503000-00006.
11. Rush RM, Kjorstad R, Starnes BW, Arrington E, Devine JD, Andersen CA. Application of the Mangled Extremity Severity Score in a combat setting. *Mil Med*. 2007;172(7):777-81. doi: 10.7205/milmed.172.7.777.
12. Brown KV, Ramasamy A, McLeod J, Stapley S, Clasper JC. Predicting the need for early amputation in ballistic mangled extremity injuries. *J Trauma*. 2009;66(4 Suppl):S93-7; discussion S97-8. doi: 10.1097/TA.0b013e31819cdbc0.
13. Ege T, Unlu A, Tas H, Bek D, Turkan S, Cetinkaya A. Reliability of the mangled extremity severity score in combat-related upper and lower extremity injuries. *Indian J Orthop*. 2015;49(6):656-60. doi: 10.4103/0019-5413.168759.
14. Doucet JJ, Galarneau MR, Potenza BM, Bansal V, Lee JG, Schwartz AK et al. Combat versus civilian open tibia fractures: the effect of blast mechanism on limb salvage. *J Trauma*. 2011;70(5):1241-7. doi: 10.1097/TA.0b013e3182095b52.
15. Sheean AJ, Krueger CA, Napierala MA, Stinner DJ, Hsu JR, Skeletal Trauma and Research Consortium (STReC). Evaluation of the mangled extremity severity score in combat-related type III open tibia fracture. *J Orthop Trauma*. 2014;28(9):523-6. doi: 10.1097/BOT.0000000000000054.
16. Schechtman DW, Walters TJ, Kauvar DS. Utility of the Mangled Extremity Severity Score in predicting amputation in military lower extremity arterial injury. *Ann Vasc Surg*. 2021;70:95-100. doi: 10.1016/j.avsg.2020.08.095.

Application of the Mangled Extremity Severity Score and Hannover Fracture Scale-98 in Patients with Ballistic Injuries of the Lower Extremity

Liabakh A.P.¹✉, Turcbyn O.A.¹, Yevlantiyeva T.A.¹

¹SI «Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine», Kyiv, Ukraine

Summary. Assessing the severity of ballistic limb injury remains a relevant clinical problem, as it determines the treatment strategy—reconstruction or amputation. **Objective.** To determine the diagnostic value of the Mangled Extremity Severity Score (MESS) and Hannover Fracture Scale-98 (HFS-98) as tools for establishing indications for amputation in patients with ballistic injuries of the lower extremity. **Materials and Methods.** The study included 177 patients with ballistic injuries of the lower extremity (183 cases) aged 37.0 ± 0.7 years (range 20–63 years). The cohort comprised 174 males and 3 females; the mean time from injury was 284.9 ± 18.7 days. Types of combat trauma included mine-blast injuries (88 cases), shrapnel wounds (86 cases), and bullet wounds (9 cases). Two groups were formed: patients with a reconstructed limb (group I, 89 cases) and those who underwent major amputation (group II, 94 cases). The Gustilo-Anderson classification of open injuries, MESS, and HFS-98 were applied. Convergent validity, discriminative ability, sensitivity, specificity, and diagnostic accuracy of MESS and HFS-98 were studied. **Results.** The mean scores of numerical indicators for groups I and II were, respectively, 5.8 and 8.4 for MESS, and 13.2 and 23.1 for HFS-98. The convergent validity between MESS and HFS-98 was 0.85. The discriminative ability (ROC-analysis) was 0.9 for both scoring systems. Sensitivity, specificity, and diagnostic accuracy, according to logistic regression and ROC-analysis, were 0.74, 0.89, and 0.79 at a threshold of ≥ 7 for MESS and 0.82, 0.74, and 0.79 at a threshold of > 17 for HFS-98. **Conclusions.** The high diagnostic accuracy and discriminative ability of MESS and HFS-98 support their use for determining indications for amputation in patients with ballistic injuries of the lower extremity. Exceeding the threshold value of ≥ 11 proposed by the developers of HFS-98 requires further investigation.

Key words: ballistic lower extremity injury; amputation; MESS; HFS-98.

Коморбідний профіль пацієнта з остеоартритом плечового суглоба як фактор прогнозу клінічного результату комплексного застосування екстракорпоральної ударно-хвильової терапії та методик фізичної реабілітації

Фіщенко В. О.¹, Гуменюк О. О.¹✉

Резюме. Мета: охарактеризувати структуру коморбідних станів у пацієнтів з остеоартритом плечового суглоба та їх значення у прогнозуванні клінічного результату комплексного застосування екстракорпоральної ударно-хвильової терапії та методик фізичної реабілітації за Маккензі. **Матеріали та методи.** Проаналізовано клінічні результати комплексного застосування ударно-хвильової терапії та методики фізичної реабілітації за Маккензі 34 пацієнтів з остеоартритом плечового суглоба (39 випадків захворювання). Середній вік – 57,69±11,38 років. Оцінку результатів лікування здійснювали з використанням опитувальника Oxford Shoulder Score. Характеристику супутніх станів виконували шляхом розрахунку індексу коморбідності Чарлсона. Для статистичної обробки застосовували програму StatSoft Statistica 13, значущими вважали відмінності при $p \leq 0,05$. **Результати.** Доведеними чинниками, асоційованими з гіршими результатами лікування у віддалений період є наявність серцевої недостатності ($\tau = -0,55$, $p = 0,0000008$), хвороб периферичних судин ($\tau = -0,34$, $p = 0,002$), транзиторних порушень мозкового кровообігу ($\tau = -0,24$, $p = 0,03$), бронхіальної астми ($\tau = -0,23$, $p = 0,04$), хронічних обструктивних захворювань легень ($\tau = -0,28$, $p = 0,01$), виразкової хвороби шлунку та/або дванадцятипалої кишки ($\tau = -0,27$, $p = 0,02$), цирозу печінки без ознак портальної гіпертензії ($\tau = -0,31$, $p = 0,006$), цукрового діабету без ураження кінцівок ($\tau = -0,46$, $p = 0,00004$), вищих значень індексу коморбідності Чарлсона ($\tau = -0,68$, $p = 0,000000001$). Факторами прогнозу відмінних результатів є наявність мінімальних значень індексу коморбідності ($OR = 5,69$, $CI 1,31-24,63$, $p = 0,01$); хороших клінічних показників – наявність серцевої недостатності ($OR = 10,21$, $CI (1,07-97,46)$, $p = 0,01$), цукрового діабету без ураження кінцівок ($OR = 8,63$, $CI (1,35-54,95)$, $p = 0,01$); задовільних – наявність хронічних обструктивних захворювань легень ($OR = 23,25$, $CI (1,77-305,46)$, $p = 0,007$), максимальних значень індексу коморбідності ($OR = 23,25$, $CI (1,77-305,46)$, $p = 0,007$). **Висновок.** Доведено високу ефективність комплексного застосування екстракорпоральної ударно-хвильової терапії та методик фізичної реабілітації за Маккензі в лікуванні дегенеративно-дистрофічних захворювань плечового суглоба та доцільність аналізу супутньої патології при виборі оптимального методу лікування.

Ключові слова: дегенеративно-дистрофічні захворювання суглобів, остеоартрит, алгоритм, плечовий суглоб, фізична терапія, реабілітація.

Вступ

Остеоартрит плечового суглоба – це хронічне дегенеративно-дистрофічне захворювання, що вражає суглобовий хрящ головки плечової кістки та суглобової западини лопатки, субхондральну

кістку, а також м'якотканинні структури плечового комплексу. Він є третьою за поширеністю формою остеоартриту після ураження колінного та кульшового суглобів [1]. Протягом останніх десятиліть відзначають неухильне зростання розповсюдженості остеоартриту плечового суглоба, зумовлене як старінням населення, так і збільшенням частоти коморбідних станів, таких як ожиріння, артеріальна гіпертензія, цукровий діабет і депресія [2, 3].

✉ Гуменюк О.О., dr.bumeniuk.olba@gmail.com

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

Остеоартрит плечового суглоба та пов'язаний з ним біль у плечі й обмеження функціональної активності є причиною значного зниження якості життя та втрати працездатності, особливо у пацієнтів похилого віку [1].

Консервативне лікування остеоартриту плечового суглоба, що включає застосування принципів ортобіології, фізичної терапії, екстракорпоральної ударно-хвильової терапії є основою первинного менеджменту пацієнтів [4]. Втім, ефективність таких підходів залишається предметом наукових дискусій. Згідно з результатами проспективного дослідження Su et al. (2024), лише 31 % пацієнтів досягли клінічно значущого покращення симптомів внаслідок застосування консервативного підходу. Предикторами незадовільного результату лікування визначено жіночу стать, зневіру щодо ефективності фізичної терапії, а також низький рівень психологічної стійкості [4].

У цьому контексті все більшу увагу привертає необхідність оцінки коморбідного профілю пацієнтів як детермінанти клінічної відповіді на лікування. Зокрема, згідно з дослідженнями Prakash et al. (2025), наявність таких супутніх станів, як гіпертонія, ожиріння та депресія є незалежними факторами ризику розвитку і прогресування остеоартриту плечового суглоба [2]. У роботі McNamara – Pittler et al. (2025) за допомогою класифікаційно-регресійного аналізу дослідники довели, що вік та надлишкова маса тіла були найвагомими факторами ризику розвитку остеоартриту плечового суглоба. Аналізуючи дані 3383 осіб з болем у плечі авторами праці встановлено, що порівняно з віком молодше 31 року, категорії віку від 31 до 58 років (OR=8,92), від 58 до 64 років (OR=20,20) та старше 64 років (OR=42,20) пов'язані зі значно вищими шансами розвитку остеоартриту плечового суглоба. Окрім того, порівняно з індексом маси тіла (ІМТ) <25 кг/м², категорії ІМТ ≥25–30 кг/м² (OR=1,47) та ≥30 кг/м² (OR=1,71) асоційовані з вищим ризиком розвитку захворювання [3]. Отже, коморбідність є не лише фактором ризику маніфестації захворювання, але й впливає на формування клінічного результату лікування, зокрема ефективність фізичної реабілітації.

Роль фізичної терапії в лікуванні пацієнтів із остеоартритом плечового суглоба залишається дискусійною. У роботі Kane et al. (2024) встановили, що погляди лікарів-ортопедів і фізичних терапевтів щодо ефективності фізичної терапії суттєво відрізнялися залежно від тяжкості дегенеративно-дистрофічного ураження. Представники обох професійних груп визначили ефективність фізичної терапії при легкому остеоартриті, натомість встановлено розбіжність у поглядах щодо доцільності застосування методик при помірному

остеоартриті. Окрім того, дослідники відмітили відсутність консенсусу щодо ефективності фізичної терапії на етапі передопераційної підготовки з метою покращення клінічних результатів у віддалений післяопераційний період [5].

Як відмітили Lalande et al. (2024), існує значний дефіцит доказової бази щодо ефективності реабілітаційних програм при остеоартриті плечового суглоба, тоді як більшість сучасних рекомендацій екстрапольовано з досліджень, присвячених колінному та кульшовому суглобам [6]. Враховуючи високу клінічну та соціально-економічну значущість захворювання, обмеженість ефективних інструментів стратифікації ризику незадовільного результату лікування зумовлює необхідність пошуку нових інформативних маркерів, зокрема коморбідного профілю у прогнозуванні клінічних показників.

Окреме місце в комплексі консервативного підходу до лікування пацієнтів з остеоартритом плечового суглоба посідає екстракорпоральна ударно-хвильова терапія. Екстракорпоральна ударно-хвильова терапія є неінвазивним методом лікування, дія якого обґрунтована впливом акустичних хвиль високої інтенсивності на уражені ділянки з метою стимуляції процесів регенерації, зменшення болю, покращення мікроциркуляції, що дозволяє розглядати його як перспективну частину комплексного лікування пацієнтів з остеоартритом плечового суглоба [7]. Попри широке застосування методики у лікуванні патології опорно-рухового апарату, зокрема м'якотканинних структур, розладів репаративного остеогенезу, дегенеративних змін, ефективність екстракорпоральної ударно-хвильової терапії в лікуванні остеоартриту плечового суглоба залишається недостатньо висвітленою в сучасній літературі [7, 8, 9, 10].

Згідно з результатами систематичного огляду Liao et al. (2024), підтверджено високу ефективність методики екстракорпоральної ударно-хвильової терапії в лікуванні пацієнтів з остеоартритом колінного суглоба. Як відмітили дослідники, вищі енергетичні дози та більша кількість ударів забезпечували кращий терапевтичний ефект. Окрім того, поєднання екстракорпоральної ударно-хвильової терапії з ізокінетичними вправами на зміцнення м'язів було більш ефективним ніж самостійне застосування методик фізичної терапії [10]. Отримані результати свідчать про високий клінічний потенціал методу в лікуванні дегенеративно-дистрофічних захворювань плечового суглоба.

Таким чином, зважаючи на прогресивне зростання поширеності остеоартриту плечового суглоба, відсутність єдиного стандарту терапії, а

також високу варіабельність результатів лікування, особливого значення набуває вивчення ролі коморбідного профілю пацієнтів як предиктора клінічної відповіді. Визначення впливу супутніх захворювань на результати комплексного консервативного лікування остеоартриту плечового суглоба дозволить підвищити ефективності неінвазивних терапевтичних підходів та попередити прогресування захворювання.

Мета: охарактеризувати структуру коморбідних станів у пацієнтів з остеоартритом плечового суглоба та їх значення у прогнозуванні клінічного результату комплексного застосування екстракорпоральної ударно-хвильової терапії та методик фізичної реабілітації за Маккензі.

Матеріали і методи

Проаналізовано клінічні результати комплексного застосування ударно-хвильової терапії та методик фізичної реабілітації за Маккензі 34 пацієнтів з остеоартритом плечового суглоба (39 випадків захворювання), які лікувались на базі лікувально-реабілітаційного центру «ВінПрофіМед» (м. Вінниця). Обстежено 22 чоловіки (56,41 %) та 17 жінок (43,59 %). Середній вік пацієнтів досліджуваної групи становив $57,69 \pm 11,38$ років.

У обстежених пацієнтів переважали клінічні прояви хронічного больового синдрому в плечовому суглобі помірної інтенсивності, зниження обсягу активних і пасивних рухів без ознак різкої контрактури або анкілозу. Рентгенологічно у більшості випадків визначали ознаки остеоартриту I-III стадії за Kellgren – Lawrence, включно з нерівномірним звуженням суглобової щілини, субхондральним склерозом, крайовими остеофітами без грубої деформації суглобових поверхонь. Зокрема ознаки остеоартриту I стадії встановлено у 6 (15,38 %) випадках, II стадії – у 19 (48,72 %), III стадії – у 14 (35,90 %). Пацієнтів з тяжкими формами остеоартриту плечового суглоба (IV стадія за Kellgren – Lawrence), для яких характерна низька ефективність консервативного лікування, до групи дослідження не включали. Окрім того, до групи дослідження не включали пацієнтів з ротаторною артропатією плечового суглоба, зокрема з масивними незворотними розривами сухожилків ротаторної манжети, краніальною міграцією головки плечової кістки та вторинними дегенеративно-дистрофічними змінами плечового суглоба, що відповідають кінцевим стадіям остеоартриту та потребують хірургічного лікування.

Критерії виключення:

- остеоартрит плечового суглоба підтвердже-

ний рентгенологічно відповідно до класифікації Kellgren – Lawrence I-III стадій;

- остеоартрит плечового суглоба, асоційований з патологією м'якотканинних структур плечового комплексу (ураження суглобової губи лопатки, сухожилків ротаторної манжети плеча);
- посттравматичний остеоартрит плечового суглоба після переломів проксимального епіметафіза плечової кістки;
- остеоартрит плечового суглоба на тлі звичного вивиху плеча;
- ідіопатичний остеоартрит плечового суглоба (за відсутності встановленого етіологічного чинника);
- асептичний некроз головки плечової кістки без ознак колапсу та грубих деформацій суглобових поверхонь.

Критерії виключення:

- патологія плечового суглоба (переломи проксимального епіметафіза плечової кістки або ушкодження м'якотканинних структур) без рентгенологічних ознак остеоартриту;
- ізольована м'якотканинна патологія плечового суглоба без рентгенологічних ознак дегенеративно-дистрофічних змін;
- перелом проксимального епіметафіза плечової кістки та його наслідки без сформованого остеоартриту;
- остеоартрит плечового суглоба IV стадії за Kellgren – Lawrence з різко вираженою деформацією суглобових поверхонь, значним звуженням суглобової щілини або анкілозом;
- ротаторна артропатія плечового суглоба.

Клінічні результати комплексного консервативного лікування визначали з використанням опитувальника Oxford Shoulder Score. Згідно методики опитувальника за допомогою 12 запитань оцінювали інтенсивність больового синдрому, функціональний стан плечового суглоба та соціально-психологічний статус пацієнта [11]. Відповіді на кожне запитання оцінювали за 5-бальною шкалою, де 5 балів вважали за найкращий результат, а 0 балів – за найгірший. Сумарний бал опитувальника відповідав діапазону значенням від 0 до 48 балів, де нижчий бал вказував на вищий ступінь функціональних обмежень. Кількість балів від 0 до 19 оцінювали як незадовільний результат лікування, 20-29 балів – задовільний, 30-39 балів – хороший, 40-48 балів – відмінний [12]. З урахуванням встановленого клінічного показника серед обстежених сформовано 3 групи. Відмінні результати лікування зафіксовано у більшості пацієнтів – 21 (53,85 %), хороші клінічні значення встановлено у 14 (35,90 %) обстежених, у 4 (10,26 %) – задовільні. Незадовільні результати лікування не спостерігали у жодному випадку.

З метою дослідження впливу супутніх захворювань на клінічну ефективність комплексного консервативного лікування, їх оцінку проводили шляхом розрахунку індексу коморбідності Чарлсона. Незважаючи на первинне призначення індексу для прогнозування довготривалої виживаності, у сучасних клінічних дослідженнях він широко використовується як узагальнений інструмент кількісної оцінки тяжкості супутньої патології та стратифікації клінічних результатів лікування в ортопедії та реабілітації. За методикою системи оцінювали наявність 17 коморбідних станів, кожному з яких відповідно до його впливу на важкість клінічного перебігу та ризик смертності присвоєно відповідний фіксований ваговий коефіцієнт (1-6 балів). Інтерпретацію сумарного показника індексу здійснювали наступним чином: 0-2 балів визначали як мінімальні значення індексу коморбідності, 3-5 балів – як середні, 6 балів – як максимальні [13]. Паралельно з інтегральною оцінкою індексу проводили аналіз впливу окремих коморбідних станів на клінічний результат лікування.

Усім пацієнтам проведено комплексний курс консервативного лікування, що включав екстракорпоральну ударно-хвильову терапію в поєднанні з програмою фізичної реабілітації за методикою Маккензі.

Екстракорпоральну ударно-хвильову терапію здійснювали із застосуванням радіальних ударних хвиль низької та середньої енергії (0,1–0,2 мДж/мм²). Курс лікування складав 4-7 процедур залежно від індивідуального стану пацієнта, вираженості клінічних симптомів, рівня болю та функціональних обмежень. Сеанси проводили з інтервалом 5-7 днів. Зони впливу визначали за наявністю болісних тригерних точок, з урахуванням результатів клінічного обстеження та функціональних тестів.

Рекомендована нами реабілітаційна програма фізичної реабілітації за методикою Маккензі була адаптована до потреб пацієнтів із хронічним больовим синдромом у плечовому суглобі, з акцентом на активну участь пацієнта в реабілітаційному процесі. Реабілітаційна програма передбачала:

- початкове самообстеження, під час якого пацієнт разом із фахівцем визначали рухи, що прокували або зменшували біль;
- відбір цільових вправ, спрямованих на відновлення індивідуально визначеного рухового патерну, що зменшує симптоматику;
- покращення амплітуди рухів, м'язової сили та стабільності структурних елементів плечового пояса;
- навчання пацієнта самостійній корекції симптомів та моніторингу власного стану упродовж усього курсу терапії.

Слід відмітити, що методика фізичної реабілітації за Маккензі, первинно розроблена для лікування захворювань хребта, у подальшому була адаптована автором та його школою для лікування патології периферичних суглобів, зокрема плечового суглоба. Особливістю підходу за методикою Маккензі є поступове зростання рівня автономності пацієнта у контролі за перебігом захворювання. Згідно з концепцією методики, ключовим є розвиток навичок самоуправління станом та активна залученість у процес відновлення, що забезпечує довготривалий клінічний ефект [14].

Статистичну обробку даних виконували з використанням ліцензійного програмного забезпечення StatSoft Statistica 13, наданого установою, з дотриманням умов користування. Номер ліцензії не наводимо з огляду на корпоративний характер ліцензії. Різницю параметрів між вибірками, сформованими з урахуванням встановленого клінічного результату комплексного консервативного лікування, виконували за допомогою непараметричного тесту Краскела – Уоліса. Зв'язок досліджуваними величинами вимірювали із застосуванням непараметричного коефіцієнта рангової кореляції τ -Кендала. Для якісної оцінки коефіцієнта кореляції застосовували шкалу Чеддока. Отримані результати подано у форматі середнього арифметичного \pm стандартне відхилення ($M \pm SD$). Прогностичну цінність коморбідних станів для клінічного результату комплексної екстракорпоральної ударно-хвильової терапії та реабілітації за Маккензі при дегенеративно-дистрофічних захворюваннях плечового суглоба оцінювали за допомогою бінарної логістичної регресії, з розрахунком відношення шансів (OR) та 95 % довірчих інтервалів (CI). Статистично значущими вважали відмінності визначені при $p \leq 0,05$.

При виконанні дослідження дотримувалися етичних принципів Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації (сьомого перегляду, 2013 р.), Конвенції Ради Європи про права людини та біомедицину (1997 р.), а також у відповідності до чинних національних та інституційних біоетичних стандартів [15, 16, 17]. Учасники були повідомлені щодо участі у дослідженні, що підтверджено письмовими інформованими згодами.

Результати

Інфаркт міокарда в анамнезі зафіксовано у 2 пацієнтів (5,13 %), зокрема 1 (4,76 %) з відмінними результатами лікування та 1 (7,14 %) з хорошими показниками, відмінність недостовірною ($p=0,85$), статистично значущий кореляційний зв'язок між показниками відсутній ($\tau=-0,07$, $p=0,53$) (табл. 1).

**Характеристика частоти коморбідних станів пацієнтів
з дегенеративно-дистрофічними захворюваннями плечового суглоба**

Коморбідний стан	Клінічний результат лікування			p
	відмінний (n=21)	хороший (n=14)	задовільний (n=4)	
Інфаркт міокарда	1 (4,76 %)	1 (7,14 %)	0 (0,00 %)	0,85
Серцева недостатність	10 (47,62 %)	13 (92,86 %)	4 (100,00 %)	0,008*
Захворювання периферичних судин	6 (28,57 %)	4 (28,57 %)	4 (100,00 %)	0,02*
Транзиторні порушення мозкового кровообігу	0 (0,00 %)	2 (14,29 %)	1 (25,00 %)	0,12
Бронхіальна астма	0 (0,00 %)	2 (14,29 %)	1 (25,00 %)	0,12
Хронічні обструктивні захворювання легень	3 (14,29 %)	1 (7,14 %)	3 (75,00 %)	0,007*
Виразкова хвороба	1 (4,76 %)	3 (21,43 %)	1 (25,00 %)	0,27
Цироз печінки без ознак портальної гіпертензії		4 (28,57 %)	1 (25,00 %)	0,04*
Цукровий діабет без ураження кінцівок	0 (0,00 %)	6 (42,86 %)	2 (50,00 %)	0,003*

*Примітка. Доведено статистично значущу відмінність показників при $p \leq 0,05$.

У переважній більшості обстежених – 27 (69,23 %), реєстрували ознаки серцевої недостатності, які спостерігали у 10 пацієнтів (47,62 %) з відмінними клінічними показниками, 13 осіб (92,86 %) з хорошими результатами та 4 хворих (100,00 %) із задовільними значеннями, відмінність статистично значуща ($p=0,008$). Наявність серцевої недостатності у обстежених хворих асоційована з гіршими результатами лікування у віддалений період ($\tau=-0,55$, $p=0,0000008$).

Захворювання периферичних судин діагностували у 14 пацієнтів (35,90 %) групи. Судинні захворювання зафіксовано у всіх пацієнтів із задовільними результатами лікування – 4 (100,00 %), 6 (28,57 %) осіб з відмінними показниками та 4 хворих (28,57 %) з хорошими значеннями. При порівнянні частотних показників з урахуванням віддаленого результату лікування, доведено їх статистично значущу відмінність ($p=0,02$). Між наявністю судинної патології та клінічними результатами лікування доведено зворотній помірний кореляційний зв'язок ($\tau=-0,34$, $p=0,002$), що свідчить про гірші результати лікування у хворих з захворюваннями периферичних судин.

У 3 пацієнтів (7,69 %) встановлено ознаки транзиторного порушення мозкового кровообігу в анамнезі, які мали місце у 2 осіб (14,29 %) з хорошими клінічними показниками та 1 обстеженого (25,00 %) із задовільними показниками; відмінність статистично незначуща ($p=0,12$). Однак, між наявністю транзиторного порушення мозкового кровообігу та клінічним результатом лікування встановлено зворотній слабкий кореляційний зв'язок ($\tau=-0,24$, $p=0,03$), що свідчить про гірші результати за наявності вказаного коморбідного стану.

У 3 пацієнтів (7,69 %) групи встановлено брон-

хіальну астму, ознаки якої спостерігали у 2 хворих (14,29 %) з хорошими результатами лікування та 1 обстеженого (25,00 %) із задовільними клінічними показниками, відмінність недостовірною ($p=0,12$). Проте, встановлено статистично значущий зворотній кореляційний зв'язок слабкої сили ($\tau=-0,23$, $p=0,04$), що свідчить про гірші клінічні показники у пацієнтів з бронхіальною астмою.

Хронічні обструктивні захворювання легень спостерігали у 7 обстежених (17,95 %). Зокрема, ознаки захворювання зафіксовано у переважній більшості пацієнтів із задовільними клінічними результатами – 3 (75,00 %), у 3 хворих (14,29 %) з відмінними показниками та у 1 обстеженого (7,14 %) з хорошими показниками. При порівнянні встановлених значень доведено статистично значущу відмінність показників з урахуванням віддаленого клінічного результату лікування ($p=0,007$). Наявність хронічного обструктивного захворювання легень достовірно асоційована з гіршими результатами лікування у віддалений період ($\tau=-0,28$, $p=0,01$).

У 5 пацієнтів (12,82 %) групи спостерігали ознаки виразкової хвороби шлунку та/або дванадцятипалої кишки, які встановлено у 1 хворого (4,76 %) з відмінними результатами лікування, у 3 обстежених (21,43 %) – з хорошими та 1 (25,00 %) пацієнта із задовільними показниками. Відмінність між досліджуваними частотними показниками статистично незначуща ($p=0,27$), проте доведено наявність статистично значущого зворотного кореляційного зв'язку слабкої сили між показниками ($\tau=-0,27$, $p=0,02$).

Цироз печінки без ознак портальної гіпертензії зафіксовано у 5 хворих (12,82 %) групи, в тому числі у 4 пацієнтів (28,57 %) з хорошими результатами лікування та 1 обстеженого (25,00 %) із

задовільними значеннями, відмінність статистично значуща ($p=0,04$). Наявність цирозу печінки без ознак портальної гіпертензії достовірно асоційована з гіршими клінічними результатами лікування ($\tau=-0,31, p=0,006$).

Цукровий діабет без ураження кінцівок діагностовано у 8 пацієнтів (20,51 %) групи. Ознаки захворювання спостерігали у 6 обстежених (42,86 %) з хорошими результатами лікування та 2 хворих (50,00 %) із задовільними значеннями. У групі хворих з відмінними клінічними результатами ознаки цукрового діабету не спостерігали в жодному випадку. При порівнянні отриманих показників доведено статистично значущу відмінність у сформованих групах ($p=0,003$). Між наявністю досліджуваного фактору та клінічними показниками доведено помірний зворотній кореляційний зв'язок ($\tau=-0,46, p=0,00004$), що свідчить про гірші результати лікування у пацієнтів з цукровим діабетом без ураження кінцівок.

У обстежених хворих відсутні такі супутні стани, необхідні для розрахунку індексу коморбідності Чарлсона за відповідною методикою, як гостре порушення мозкового кровообігу з мінімальними залишковими явищами, деменція, системні захворювання сполучної тканини, гостре порушення мозкового кровообігу з геміплегією чи параплегією, хронічна ниркова недостатність з рівнем креатиніну $\geq 3,0$ мг/дл (265,2 мкмоль/л), цукровий діабет з ураженням кінцівок, злоякісні пухлини без метастазів, гострий і хронічний лімфо- чи мієлолейкоз, лімфоми, цироз печінки з портальною гіпертензією, злоякісні пухлини з метастазами, синдром набутого імунodefіциту.

В результаті розрахунку сумарного значення індексу коморбідності Чарлсона встановлено, що середній показник у обстежених становив $3,21 \pm 2,40$ балів. Середній показник індексу коморбідності Чарлсона у пацієнтів з відмінними результатами лікування складав $1,76 \pm 1,81$ балів, $4,36 \pm 1,65$ балів – у хворих з хорошими показниками, $6,75 \pm 1,26$ балів – у групі обстежених із задовільними значеннями. При порівнянні середніх значень індексу коморбідності Чарлсона з урахуванням клінічних результатів лікування доведено статистично значущу відмінність ($p=0,0001$) (рис. 1).

Між показниками індексу коморбідності Чарлсона та клінічним результатом лікування доведено статистично значущий зворотній значний кореляційний зв'язок ($\tau=-0,68, p=0,000000001$), що свідчить про гірші клінічні показники у пацієнтів з більш обтяженим коморбідним фоном (рис. 2).

Характеристика частотних показників індексу коморбідності Чарлсона у обстежених хворих наведена в таблиці 2.

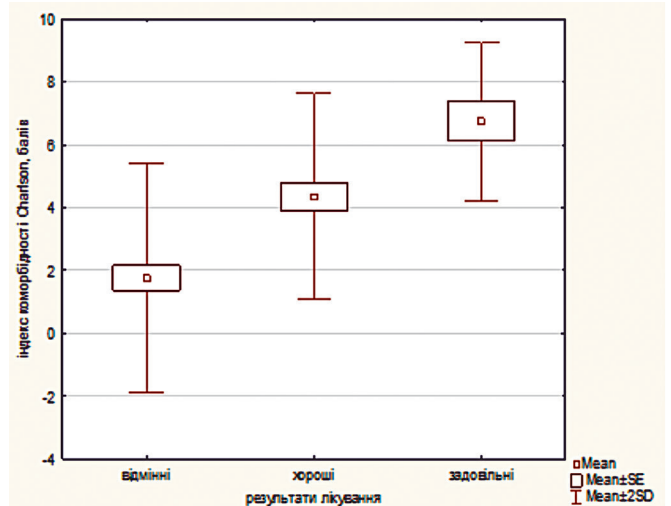


Рис. 1. Діаграма розмаху показників індексу коморбідності Чарлсона з урахуванням клінічних результатів лікування

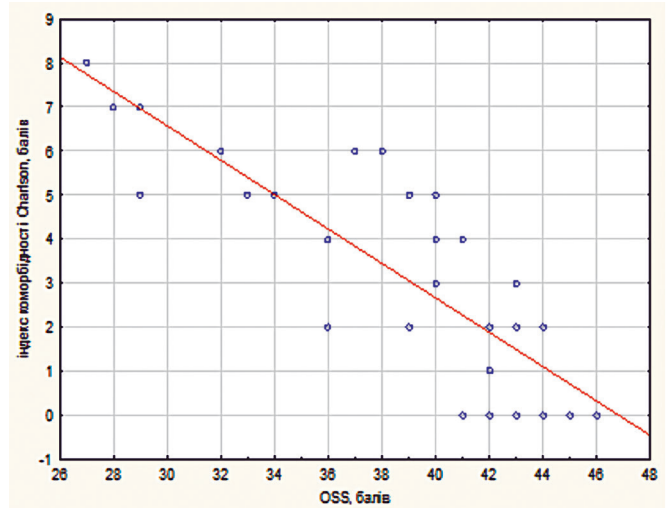


Рис. 2. Діаграма розсіювання показників індексу коморбідності Чарлсона та клінічних результатів лікування

Таблиця №2

Характеристика сумарних значень індексу коморбідності Чарлсона у пацієнтів з дегенеративно-дистрофічними захворюваннями плечового суглоба

Характеристика	Клінічний результат лікування			P
	відмінний (n=21)	хороший (n=14)	задовільний (n=4)	
M±SD	1,76±1,81	4,36±1,65	6,75±1,26	0,0001*
0-2 балів	13 (61,90 %)	4 (28,57 %)	0 (0,00 %)	0,03*
3-5 балів	8 (38,10 %)	6 (42,86 %)	1 (25,00 %)	0,81
≥6 балів	0 (0,00 %)	4 (28,57 %)	3 (75,00 %)	0,0009*

*Примітка. Доведено статистично значущу відмінність показників при $p \leq 0,05$.

У 17 хворих (43,59 %) спостерігали мінімальні значення індексу, які зафіксовано у переважній більшості пацієнтів з відмінними результатами лікування – у 13 (61,90 %) та у 4 (28,57 %) осіб з хорошими показниками. У групі обстежених із задовільними клінічними результатами мінімальні значення індексу не спостерігали. При порівнянні частотних показників мінімальних значень індексу з урахуванням клінічних результатів лікування доведено статистично значущу відмінність ($p=0,03$).

Середні значення індексу коморбідності Чарлсона зафіксовано у 15 хворих (38,46 %). Значення індексу 3-5 балів встановлено у 8 пацієнтів (38,10 %) з відмінними результатами лікування, у 6 осіб (42,86 %) з хорошими показниками та у 1 обстеженого (42,86 %) із задовільними значеннями; відмінність показників статистично незначуща ($p=0,81$).

У 7 (17,95 %) пацієнтів групи встановлено значення індексу коморбідності Чарлсона ≥ 6 балів. Максимальні значення індексу спостерігали у переважній більшості пацієнтів із задовільними клінічними показниками та у 4 (28,57 %) обстежених з хорошими значеннями. При порівнянні встановлених показників доведено їх достовірну відмінність ($p=0,0009$).

Аналізуючи прогностичну цінність розглянутих коморбідних станів встановлено, що наявність серцевої недостатності достовірно пов'язана з нижчими шансами досягнення відмінних клінічних результатів комплексного застосування екстракорпоральної ударно-хвильової терапії та методик фізичної реабілітації ($OR=0,05$, CI (0,006-

0,52), $p=0,0008$), та одночасно з підвищеним ризиком отримання хороших показників ($OR=10,21$, CI (1,07-97,46), $p=0,01$) (табл. 3).

Достовірно вищі шанси формування задовільних клінічних результатів лікування у віддалений період встановлено у пацієнтів з хронічними обструктивними захворюваннями легень ($OR=23,25$, CI (1,77-305,46), $p=0,007$).

Діагностований цукровий діабет без ураження кінцівок достовірно пов'язаний з вищими шансами формування хороших результатів комплексного застосування екстракорпоральної ударно-хвильової терапії та методик фізичної реабілітації у віддалений період ($OR=8,63$, CI (1,35-54,95), $p=0,01$).

Оцінюючи вплив сумарних значень індексу коморбідності Чарлсона, встановлено, що мінімальні його значення достовірно підвищують шанси досягнення відмінних результатів комплексного застосування екстракорпоральної ударно-хвильової терапії та методик фізичної реабілітації за Маккензі ($OR=5,69$, CI 1,31-24,63, $p=0,01$) (табл. 4). Вищі шанси розвитку задовільних результатів лікування встановлено у пацієнтів з максимальними значеннями індексу коморбідності Чарлсона ($OR=23,25$, CI (1,77-305,46), $p=0,007$).

Обговорення

У наведеному дослідженні проаналізовано вплив коморбідних станів на клінічні результати лікування пацієнтів з дегенеративно-дистрофічними захворюваннями плечового суглоба та

Таблиця №3

Прогностична цінність коморбідних станів пацієнтів з дегенеративно-дистрофічними захворюваннями плечового суглоба

Коморбідний стан	Клінічний результат лікування		
	відмінний	хороший	задовільний
Інфаркт міокарда	$p=0,91$	$p=0,68$	$p=0,50$
Серцева недостатність	$p=0,0008$ $OR=0,05$ CI (0,006-0,52)	$p=0,01$ $OR=10,21$ CI (1,07-97,46)	$p=0,08$
Захворювання периферичних судин	$p=0,30$	$p=0,47$	$p=0,003$
Транзиторні порушення мозкового кровообігу	$p=0,03$	$p=0,26$	$p=0,25$
Бронхіальна астма	$p=0,03$	$p=0,26$	$p=0,25$
Хронічні обструктивні захворювання легень	$p=0,52$	$p=0,16$	$p=0,007$ $OR=23,25$ CI (1,77-305,46)
Виразкова хвороба	$p=0,10$	$p=0,24$	$p=0,48$
Цироз печінки без ознак портальної гіпертензії	$p=0,003$	$p=0,03$ $OR=9,60$ CI (0,88-104,81)	$p=0,48$
Цукровий діабет без ураження кінцівок	$p=0,0001$	$p=0,01$ $OR=8,63$ CI (1,35-54,95)	$p=0,16$

Таблиця №4

Характеристика сумарних значень індексу коморбідності Чарлсона у пацієнтів з дегенеративно-дистрофічними захворюваннями плечового суглоба

Індекс коморбідності Чарлсона	Клінічний результат лікування		
	відмінний	хороший	задовільний
0-2 балів	p=0,01 OR=5,69 CI (1,31-24,63)	p=0,15	p=0,03
3-5 балів	p=0,96	p=0,67	p=0,55
≥6 балів	p=0,0004	p=0,20	p=0,007 OR=23,25 CI (1,77-305,46)

підтверджено значущу роль коморбідності в прогнозуванні ефективності комплексного застосування екстракорпоральної ударно-хвильової терапії та методик фізичної реабілітації за Маккензі. Отримані нами результати узгоджуються з висновками сучасних досліджень, де коморбідність розглядають як незалежний фактор, що впливає на функціональні результати лікування пацієнтів з дегенеративно-дистрофічними захворюваннями суглобів [18, 19].

Доведено, що наявність серцевої недостатності є незалежним прогностичним фактором гірших віддалених результатів лікування. Зворотний значний кореляційний зв'язок ($\tau=-0,55$, $p=0,0000008$) та достовірно нижчі шанси досягнення відмінного результату (OR=0,05, CI (0,006-0,52), $p=0,0008$) підтверджують негативний вплив зазначеного коморбідного стану на ефективність комплексної терапії. Наявність захворювань периферичних судин також статистично значуще пов'язана з розвитком гірших клінічних результатів у віддалений період ($\tau=-0,34$, $p=0,002$). Варто зазначити, що захворювання периферичних судин встановлено у всіх пацієнтів із задовільними клінічними показниками – 4 (100,00 %), що підкреслює важливу прогностичну роль вказаного коморбідного стану. Патогенетично зв'язок між наявністю судинної патології, тяжкістю остеоартриту та клінічними результатами лікування зумовлений хронічною ішемією тканин та відповідно зниженим репаративним потенціалом, що узгоджується з даними Olansen et al. (2024) та Yang et al. (2024) [20, 21].

Не дивлячись на відсутність достовірної різниці частотних показників поширеності таких станів, як транзиторні порушення мозкового кровообігу ($p=0,12$), бронхіальна астма ($p=0,12$) та виразкова хвороба шлунка та/або дванадцятипалої кишки ($p=0,27$) у сформованих групах, їх наяв-

ність асоційована з розвитком гірших результатів комплексного застосування екстракорпоральної ударно-хвильової терапії та методик фізичної реабілітації за Маккензі, що підтверджено статистично значущими зворотними слабкими кореляційними зв'язками ($\tau=-0,24$, $p=0,03$; $\tau=-0,23$, $p=0,04$ та $\tau=-0,27$, $p=0,02$ відповідно). Серед інших супутньої патології важливим фактором прогнозу задовільного клінічного результату є наявність хронічних обструктивних захворювань легень ($\tau=-0,28$, $p=0,01$). Частота вказаного коморбідного стану була суттєво вищою серед пацієнтів із задовільними показниками лікування, де вказаний стан реєстрували у 75,00 % випадків ($p=0,007$). Окрім того, нами підтверджено, що наявність хронічних обструктивних захворювань легень пов'язана з достовірно вищими шансами формування задовільних результатів комплексного застосування екстракорпоральної ударно-хвильової терапії та методик фізичної реабілітації за Маккензі (OR=23,25, CI (1,77-305,46), $p=0,007$). Наявність хронічної обструктивної хвороби легень асоційована з наявністю хронічного системного запалення, хронічною гіпоксією та зменшенням маси скелетних м'язів, що розглядають як фактор негативного прогнозу у пацієнтів із остеоартритом [22, 23, 24].

Наявність цирозу печінки без ознак портальної гіпертензії також є фактором ризику розвитку гірших результатів ($\tau=-0,31$, $p=0,006$), що свідчить про складний вплив системного ураження печінки на перебіг відновного лікування у обстежених з остеоартритом плечового суглоба. Ще одним значущим фактором, асоційованим з клінічними показниками, є цукровий діабет без ураження кінцівок, що підтверджено статистично значущим зворотним помірним кореляційним зв'язком ($\tau=-0,46$, $p=0,00004$) та вищими шансами формування хороших показників (OR=8,63, CI (1,35-54,95), $p=0,01$). Варто відзначити відсутність зазначеного захворювання у пацієнтів з відмінними результатами, тоді як серед обстежених з хорошими та задовільними показниками його частота сягала 42,86 і 50,00 % відповідно ($p=0,003$). Цукровий діабет пов'язують з хронічною гіперглікемією, системним низькоінтенсивним запаленням і мікросудинними порушеннями, що призводить до накопичення кінцевих продуктів глікації в хрящі, порушення функції хондроцитів та зниження репаративного потенціалу тканин. Згідно сучасних відомостей зазначені механізми розглядають як фактори прогресування остеоартриту, які негативно впливають на клінічні результати лікування [25, 26].

В результаті інтегральної оцінки коморбідного

фону за індексом коморбідності Чарлсона встановлено чітку залежність між тяжкістю супутньої патології та ефективністю комплексного застосування екстракорпоральної ударно-хвильової терапії та методик фізичної реабілітації за Маккензі. Інтегральна оцінка коморбідності за індексом Чарлсона дозволила виявити кумулятивний негативний вплив супутньої патології на результати лікування, який не завжди можна повністю пояснити ізольованим аналізом окремих захворювань. Доведено, що зростання значень індексу асоційовано з формуванням гірших результатів лікування ($\tau=-0,68$, $p=0,000000001$), а наявність показників індексу ≥ 6 балів пов'язана з достовірно вищими шансами розвитку задовільних клінічних показників (OR=23,25, CI (1,77-305,46), $p=0,007$). Натомість, наявність мінімальних значень індексу значно підвищувала ймовірність досягнення відмінного результату лікування (OR=5,69, CI (1,31-24,63), $p=0,01$).

Отже, обтяжений коморбідний фон пацієнтів з дегенеративно-дистрофічними захворюваннями плечового суглоба суттєво обмежує ефективність комплексної терапії із застосуванням екстракорпоральної ударно-хвильової терапії та методик фізичної реабілітації за Маккензі, що підтверджує необхідність ретельного аналізу супутньої патології при виборі оптимального методу лікування.

Висновки

Коморбідний профіль пацієнтів з остеоартритом плечового суглоба має значуще прогностичне значення для оцінки клінічного результату комплексного застосування екстракорпоральної ударно-хвильової терапії та методик фізичної реабілітації за Маккензі.

Наявність хронічного обструктивного захворювання легень, максимальних значень індексу коморбідності Чарлсона асоційована з несприятливим прогнозом комплексного застосування екстракорпоральної ударно-хвильової терапії та методик фізичної реабілітації за Маккензі, що слід враховувати при виборі лікувальної тактики та плануванні реабілітаційної програми.

Окрім того, комплексне застосування екстракорпоральної ударно-хвильової терапії та методик фізичної реабілітації за Маккензі слід вважати варіантом вибору у пацієнтів з остеоартритом плечового суглоба за наявності таких коморбідних станів, як: серцева недостатність, хвороби периферичних судин, транзиторне порушення мозкового кровообігу, бронхіальна астма, виразкова хвороба шлунку та/або дванадцятипалої кишки,

цироз печінки без ознак портальної гіпертензії, цукровий діабет без ураження кінцівок.

Згідно отриманих результатів підтверджено доцільність оцінки коморбідного профілю як інструменту прогнозування ефективності комплексного консервативного лікування та персоналізації реабілітаційних підходів у пацієнтів з остеоартритом плечового суглоба.

References

1. Davies MR, Musahl V, Forsythe B, Calcei JG, Ma CB. Glenohumeral Osteoarthritis: Disease Burden, Current Understanding, and Gaps in Knowledge and Treatment. *Orthop J Sports Med.* 2025;13(5):23259671251339428. doi: 10.1177/23259671251339428.
2. Prakash R, Pathak R, Chen Z, Tai D, BezanPetric U, Rapp EG, et al. Risk factors associated with degenerative glenohumeral osteoarthritis. *BMJ Open Sport Exerc Med.* 2025;11(1):e002247. doi: 10.1136/bmjsem-2024-002247.
3. McNamara-Pittler EN, Prakash R, Atem FD, Pathak R, Liu W, Khazzam M, et al. Risk Factor Prediction and Categorization for Glenohumeral Osteoarthritis: A Classification and Regression Tree Analysis. *Am J Phys Med Rehabil.* 2025;104(5):401-6. doi: 10.1097/PHM.0000000000002616.
4. Su F, Sampson H, Anigwe C, Ma CB, Lansdown DA, Feeley BT. Effectiveness of nonoperative treatment in patients with glenohumeral osteoarthritis: a prospective cohort study. *JSES Int.* 2024;9(2):404-10. doi: 10.1016/j.jseint.2024.08.189.
5. Kane LT, Mahmood H, Singh J, Tate A, Namdari S. Provider opinions on effectiveness of physical therapy as treatment for glenohumeral arthritis. *J Shoulder Elbow Surg.* 2024;33(8):e415-21. doi: 10.1016/j.jse.2024.03.042.
6. Lalonde S, Moffatt M, Littlewood C. Shoulder osteoarthritis: A survey of current (2024) UK physiotherapy practice. *Musculoskeletal Care.* 2024;22(3):e1917. doi: 10.1002/msc.1917.
7. Ren P, Wang Z, Liang Z, Xia S, Yuan X, Zhou F, et al. Radial extracorporeal shock wave therapy for pain and function in adults with knee osteoarthritis: protocol for a placebo-controlled, randomized clinical trial. *Trials.* 2025;26(1):139. doi: 10.1186/s13063-025-08844-4.
8. Фіщенко ВО, Килимнюк ЛО, Маціпура ММ, Ковальчук ВМ, Ренкас ОП. Експериментальне дослідження процесів зрощення переломів під впливом ударно-хвильової терапії на основі рентгенографічних даних. *Вісник проблем біології і медицини.* 2018;1(142):204-8. doi: 10.29254/2077-4214-2018-1-1-142-204-208.
9. Фіщенко ВО, Килимнюк ЛО, Браніцький ОЮ, Боцул ОВ. Обґрунтування диференційованого вибору методу лікування при хибних суглобах трубчастих кісток. *Український медичний часопис.* 2018;2(124):1-3. doi: 10.32471/umj.1680-3051.124.125182.
10. Фіщенко ВО, Килимнюк ЛО, Браніцький ОЮ, Боцул ОВ. Justification of differential choice of treatment method for nonunion of the long bones. *Ukr Med J.* 2018;2(124):1-3. doi: 10.32471/umj.1680-3051.124.125182. [in Ukrainian].

10. Liao PC, Chou SH, Shih CL. A systematic review of the use of shockwave therapy for knee osteoarthritis. *J Orthop*. 2024;56:18-25. doi: 10.1016/j.jor.2024.04.020.
11. Dawson J, Fitzpatrick R, Carr A. Questionnaire on the perceptions of patients about shoulder surgery. *J Bone Joint Surg Br*. 1996;78:593-600.
12. Страфун С, Гайович В, Занько І. Порівняння шкал-опитувальників для оцінки функції плечового суглоба у пацієнтів після однополюсного ендопротезування. *Вісник ортопедії, травматології та протезування*. 2021;4(111):14-20. doi: 10.37647/0132-2486-2021-111-4-14-20.
- Strafun SS, Haiovych VV, Zanko IS. Comparison of Questionnaire Scales to Assess the Function of the Shoulder Joint in Patients after Unipolar Arthroplasty *Visnyk Orthop Traum Protez*. 2021;4(111):14-20. doi: 10.37647/0132-2486-2021-111-4-14-20. [in Ukrainian].
13. Charlson ME, Pompei P, Ales KL, MacKenzie CR. A new method of classifying prognostic comorbidity in longitudinal studies: development and validation. *J Chronic Dis*. 1987;40(5):373-83.
14. McKenzie R, Watson G, Lindsay R. *Treat Your Own Shoulder*. USA: McKenzie global ltd.; 2009. 96 p.
15. The World Medical Association. Declaration of Helsinki: Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects [Internet]. [cited 2025 June 9]. Available from: <https://www.wma.net/what-we-do/medical-ethics/declaration-of-helsinki/>
16. Convention for the Protection of Human Rights and Dignity of the Human Being with regard to the Application of Biology and Medicine: Convention on Human Rights and Bio-medicine [Internet]. 1997 April 4 [cited 2025 June 9]. Available from: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_334#Text
17. Order of the Ministry of Health of Ukraine No. 690. On Approval of the Procedure for Conducting Clinical Trials of Medicinal Products and Examination of Clinical Trial Materials and Model Regulation on Ethics Committees [Internet]. 2009 September 23 [cited 2025 June 9]. Available from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1010-09#Text>
18. Ling DI, Schneider B, Ode G, Lai EY, Gulotta LV. The impact of Charlson and Elixhauser comorbidities on patient outcomes following shoulder arthroplasty. *Bone Joint J*. 2021;103-B(5):964-970. doi:10.1302/0301-620X.103B5.BJJ-2020-1503.R1.
19. Соколова І. Вплив коморбідності на якість життя хворих з остеоартрозом. *ЕКМ*. 2024;93(2):27-33. doi: 10.35339/ekm.2024.93.2.sok.
- Sokolova I. Influence of comorbidity on the quality of life of patients with osteoarthritis. *Experimental and Clinical Medicine*. 2024;93(2):27-33. doi: 10.35339/ekm.2024.93.2.sok. [in Ukrainian].
20. Olansen J, Yin M, Molino J, Carruthers T, Jenkins D, Karniadakis G, et al. Peripheral arterial pathology and osteoarthritis of the knee: US examination of arterial wall stiffness, thickness, and flow characteristics. *Osteoarthr Cartil Open*. 2024;6(4):100537. doi: 10.1016/j.ocarto.2024.100537.
21. Yang Y, Liang X, Luo H, Cheng Y, Guo Y, Wu P, et al. Assessment of aortic and peripheral arterial stiffness in patients with knee osteoarthritis by ultrasound Doppler derived pulse wave velocity. *Sci Rep*. 2024;14:1346. doi: 10.1038/s41598-024-52097-1.
22. Qin Y, Di J, Guo Z, Chen S, Xiang C. Association of organs-crosstalk with the pathogenesis of osteoarthritis: cartilage as a key player. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2025;16:1593658. doi: 10.3389/fendo.2025.1593658.
23. Singh D, Higham A, Mathioudakis AG, Beech A. Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD): Developments in Pharmacological Treatments. *Drugs*. 2025;85(7):911-930. doi: 10.1007/s40265-025-02188-8.
24. He Z, Cao B, Liu K, Wei Q. Skeletal Muscle Function in Relation to COPD Severity and Its Predictive Significance for Disease Progression. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2025;20:389-397. doi: 10.2147/COPD.S510425.
25. Chowdhury T, Bellamkonda A, Gousy N, Deb Roy P. The Association Between Diabetes Mellitus and Osteoarthritis: Does Diabetes Mellitus Play a Role in the Severity of Pain in Osteoarthritis?. *Cureus*. 2022;14(1):e21449. doi: 10.7759/cureus.21449.
26. Halabitska I, Babinets L, Oksenysh V, Kamyshnyi O. Diabetes and Osteoarthritis: Exploring the Interactions and Therapeutic Implications of Insulin, Metformin, and GLP-1-Based Interventions. *Biomedicines*. 2024; 12(8):1630. doi: 10.3390/biomedicines12081630
- 2016;11(1):e0141028. doi: 10.1371/journal.pone.0141028.
10. Долгополов ОВ. Хірургічне лікування ушкоджень ротаторної манжети плеча. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата медичних наук. Київ: Інститут травматології та ортопедії Академії медичних наук України; 2003. 167 с. Dolgoplov OV. Surgical treatment of rotator cuff injuries of the shoulder. PhD dissertation (Medicine). Kyiv: Institute of Traumatology and Orthopedics of the Academy of Medical Sciences of Ukraine; 2003. 167 p. [in Ukrainian]
11. Кравченко ДД, Страфун ОС, Суворов ВЛ, Карпінська ОД, Карпінський МЮ. Моделювання роботи м'язів плечового суглоба при відведенні верхньої кінцівки. *Terra Orthopaedica*. 2025;2(125):17-26. doi:10.37647/2786-7595-2025-125-2-17-26.
- Kravchenko DD, Strafun OS, Suvorov VL, Karpinska OD, Karpinsky MYu. Modeling of shoulder joint muscle function during upper limb abduction. *Terra Orthop*. 2025;2(125):17-26. doi:10.37647/2786-7595-2025-125-2-17-26. [in Ukrainian]

Comorbid Profile of Patients with Shoulder Osteoarthritis as a Prognostic Factor for Clinical Outcomes of Combined Extracorporeal Shock Wave Therapy and Physical Rehabilitation Methods

Fishchenko V.O.¹, Humeniuk O.O.¹✉

¹National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsia, Ukraine

Summary. Objective. To characterize the structure of comorbid conditions in patients with shoulder osteoarthritis and assess their significance in predicting clinical outcomes of the combined application of extracorporeal shock wave therapy and

McKenzie physical rehabilitation methods. Materials and Methods. Clinical outcomes of combined extracorporeal shock wave therapy and McKenzie rehabilitation methods were analyzed in 34 patients with shoulder osteoarthritis (39 cases). The mean age was 57.69 ± 11.38 years. Treatment outcomes were assessed using the Oxford Shoulder Score. Comorbidities were evaluated using the Charlson Comorbidity Index. Statistical analysis was performed using StatSoft Statistica 13, with significance set at $p \leq 0.05$. *Results.* Factors significantly associated with poorer long-term outcomes included heart failure ($\tau = -0.55$, $p = 0.0000008$), peripheral vascular disease ($\tau = -0.34$, $p = 0.002$), transient ischemic attacks ($\tau = -0.24$, $p = 0.03$), bronchial asthma ($\tau = -0.23$, $p = 0.04$), chronic obstructive pulmonary disease ($\tau = -0.28$, $p = 0.01$), gastric and/or duodenal ulcer disease ($\tau = -0.27$, $p = 0.02$), liver cirrhosis without portal hypertension ($\tau = -0.31$, $p = 0.006$), uncomplicated diabetes mellitus ($\tau = -0.46$, $p = 0.00004$), and higher Charlson Comorbidity Index values ($\tau = -0.68$, $p = 0.000000001$). Predictors of excellent outcomes included low Charlson Comorbidity Index values (OR = 5.69, CI 1.31–24.63, $p = 0.01$). Good outcomes were associated with heart failure (OR = 10.21, CI 1.07–97.46, $p = 0.01$) and diabetes mellitus without peripheral complications (OR = 8.63, CI 1.35–54.95, $p = 0.01$). Satisfactory outcomes were associated with chronic obstructive pulmonary disease (OR = 23.25, CI 1.77–305.46, $p = 0.007$) and high Charlson Comorbidity Index values (OR = 23.25, CI 1.77–305.46, $p = 0.007$). *Conclusions.* Combined use of extracorporeal shock wave therapy and McKenzie physical rehabilitation methods is highly effective in the treatment of degenerative-dystrophic shoulder joint diseases. Assessment of comorbidities is advisable when selecting the optimal treatment strategy.

Key words: degenerative-dystrophic joint diseases; osteoarthritis; algorithm; shoulder joint; physical therapy; rehabilitation.

Біомеханічне обґрунтування диференційованого лікування переломів проксимального відділу великогомілкової кістки

Сивак А.М.¹✉, Мусієнко О.С.²

Резюме. Метою дослідження було провести аналітичну валідацію та розробити анатомічно точну тривимірну модель колінного суглоба для біомеханічного аналізу розподілу навантаження при різних типах переломів проксимального відділу великогомілкової кістки (ПВВГК), з урахуванням впливу локалізації ураження на ризик посттравматичної нестабільності. **Матеріали і методи.** Геометрію колінного суглоба відтворено за даними КТ у програмному середовищі SolidWorks. Чисельний аналіз виконано в ANSYS (Static Structural) за методом скінченних елементів. У модель включено стегнову і великогомілкову кістки, меніски, передню і задню хрестоподібні, а також медіальні й латеральні коллатеральні зв'язки. Матеріали вважалися ізотропними, лінійно-еластичними. Досліджено три варіанти сіток: 30 001, 501 090 та 1 006 936 елементів. До верхньої площини стегнової кістки прикладено навантаження 750 Н, голілку зафіксовано консольно. Контакти жорстко зв'язані (bonded). Якість сітки оцінювали за показниками Skewness і Orthogonal Quality. Верифікацію FEM-моделі здійснено шляхом порівняння з аналітичними розрахунками на основі еквівалентної жорсткості системи пружин. **Результати.** Створено FEM-модель, що точно відтворює біомеханіку колінного суглоба в умовах сегментарних переломів. Виявлено, що найбільші напруження виникають у випадках ураження передньо- та задньо-латеральних сегментів (G та H), де фіксується максимальне зміщення фрагментів та пікове навантаження на зв'язки і меніски. Оптимальною для розрахунків визнано сітку з 501 090 елементів – вона забезпечує точність результатів при помірному обчислювальному навантаженні. **Висновки.** FEM-моделювання з урахуванням локалізації переломів дозволяє ідентифікувати критичні зони навантаження та прогнозувати нестабільність ще на етапі передопераційного планування. Результати можуть бути інтегровані у клінічні протоколи для вибору обсягу втручання – від фіксації до супутньої реконструкції м'язотканинних структур.

Ключові слова: колінний суглоб, метод скінченних елементів, переломи великогомілкової кістки, біомеханічне моделювання, нестабільність суглоба.

Вступ

Переломи проксимального відділу великогомілкової кістки (ПВВГК) є одними з найбільш складних внутрішньосуглобових ушкоджень, які не лише порушують цілісність кісткових структур, а й часто супроводжуються пошкодженням зв'язкового апарату та менісків. Така комбінація ушкоджень може призводити до посттравматичної нестабільності колінного суглоба, що є одним із ключових чинників розвитку вторинного остеоартрозу та функціональної неспроможності суглоба [1, 2].

У клінічній практиці лікар-ортопед часто стикається з труднощами у діагностиці і тактичному плануванні лікування таких пацієнтів, особливо в умовах гострого травматизму, коли пріоритетом є стабілізація кісткових фрагментів [3, 4, 5]. Сучасні методи візуалізації, такі як МРТ та КТ, безсумнівно, є основою для оцінки структурних пошкоджень, однак не завжди дозволяють точно спрогнозувати функціональну неспроможність суглоба в умовах фізіологічного навантаження. Саме тому виникає необхідність у впровадженні об'єктивних кількісних підходів до оцінки стабільності колінного суглоба після переломів ПВВГК. Одним із таких методів є біомеханічне моделювання, зокрема метод скінченних елементів (МСЕ) [6, 7], який

✉ Сивак А.М., dr.syvak@gmail.com

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

дозволяє відтворити реалістичну анатомію, враховуючи властивості тканин, геометрію суглоба та граничні умови, що відповідають навантаженню в реальному житті. Упродовж останніх десятиліть було опубліковано чимало робіт, що описують застосування МСЕ для вивчення функції колінного суглоба. Зокрема, дослідники аналізували розподіл напружень у меніску, хрестоподібних та колатеральних зв'язках, особливості контактних поверхонь, динаміку руху при ходьбі чи стоянні [8]. Дослідження Yu C, Duan X, Gou Y., et al. [14] продемонструвало зміни розподілу навантаження на медіальний меніск при пошкодженні ПХЗ, а робота Stahl D, Serrano – Riera R, Collin K, Griffing R, Defenbaugh B, Sagi HC [15] була присвячена ролі латерального меніска в стабілізації суглоба після латеральних переломів плато. Попри цінність таких досліджень, багато з них базуються на спрощених або надто ідеалізованих моделях, що не відображають повною мірою анатомо-функціональні особливості ушкодженого коліна. Крім того, лише поодинокі роботи включали порівняння отриманих результатів з аналітичними розрахунками, що значно знижує валідність висновків. Водночас, недостатньо вивченими залишаються питання впливу типу перелому (наприклад, за

Schatzker або трисегментарною класифікацією) на розподіл напружень у м'якотканинних структурах коліна [9, 10, 11]. Аналіз доступних джерел свідчить про ряд характерних обмежень попередніх біомеханічних моделей: обмежену кількість варіантів сіток (як правило, використовувалися 1–2 варіанти без аналізу чутливості); ідеалізовану геометрію, яка не враховувала особливості післятравматичних змін; модель будувалася лише для однієї позиції коліна (наприклад, у розгинанні), що не дозволяло оцінити навантаження при функціональній активності; відсутність адекватного обґрунтування вибору граничних умов і характеристик матеріалів [11, 12]. Ці обмеження створюють прогалину між науковими дослідженнями та їх практичним застосуванням у клініці. Отже, існує потреба у створенні більш деталізованих, анатомічно точних та аналітично обґрунтованих моделей [3]. Основні клінічні проблеми при лікуванні ПБВГК включають необхідність своєчасного виявлення супутніх ушкоджень ПКЗ, ЗКЗ, менісків, а також вибір обґрунтованої тактики втручання: чи проводити відновлення зв'язок та шов меніска одночасно з металоостеосинтезом, чи відтермінувати реконструкцію до другого етапу лікування. Помилки на цьому етапі призводять до резидуальної

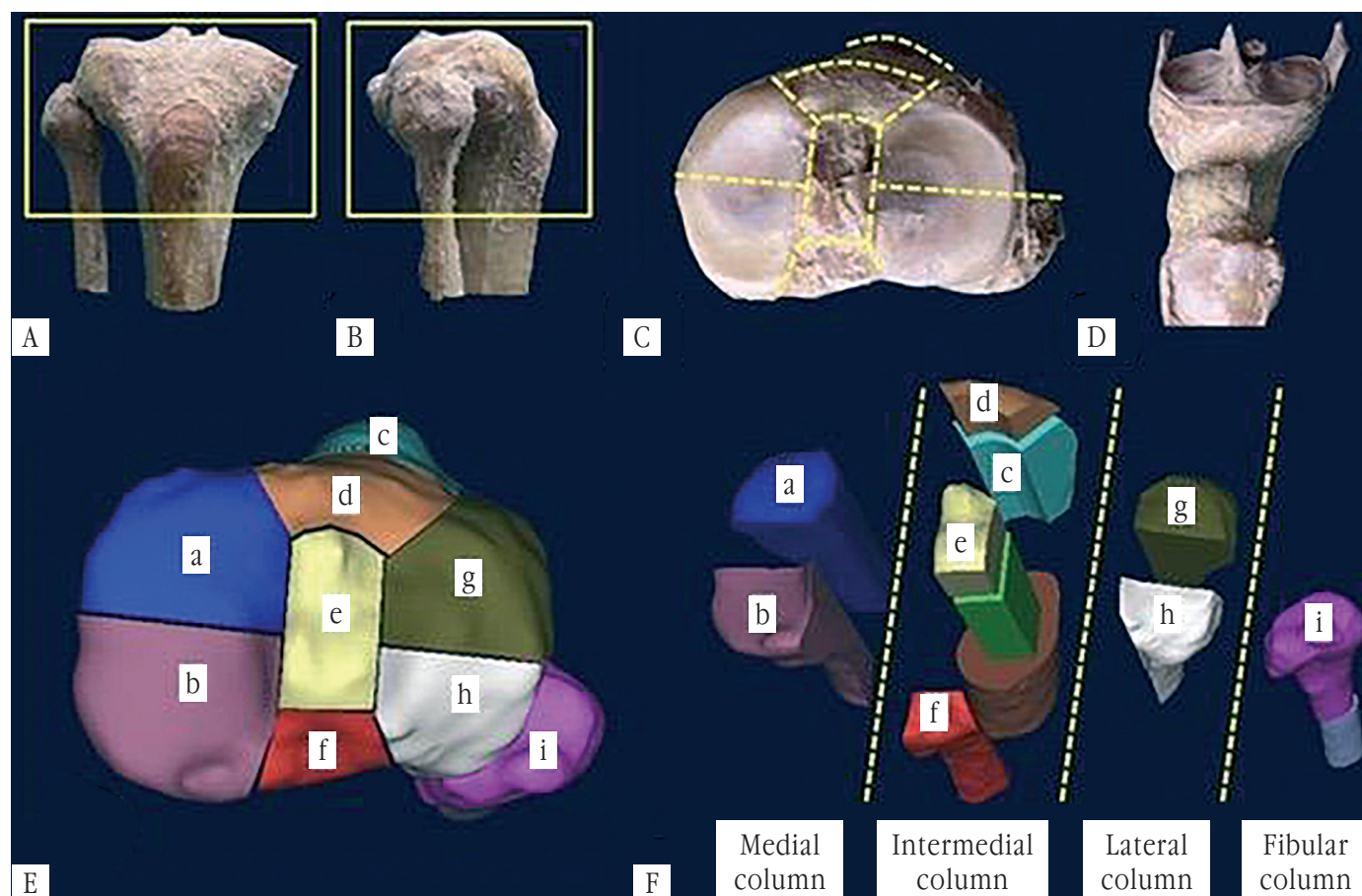


Рис. 1. 9-колонна класифікація ППВВК за Luo CF та ін. [13]

нестабільності, збільшення тривалості реабілітації та ризику розвитку остеоартрозу. Врахування біомеханічної інформації при плануванні втручання дозволяє уникнути гіпо- або гіперкорекції та індивідуалізувати лікування для кожного пацієнта.

Мета дослідження: оцінити вплив різних типів переломів проксимального відділу великогомілкової кістки (ПВВГК) на механічне навантаження в структурах колінного суглоба шляхом побудови та валідації анатомічно точної 3D FEM-моделі з урахуванням зв'язок і менісків.

Матеріали і методи

Метою моделювання було дослідити розподіл напружень та деформацій у зв'язках і меніску під дією навантаження, що імітує вертикальне положення тіла людини (статичне навантаження стоячи), в умовах наявності різних типів переломів проксимального відділу великогомілкової кістки. Для візуалізації клінічної основи моделювання використано дев'яти сегментарну (9-колонну) класифікацію ушкоджень плато великогомілкової кістки, яка дозволяє деталізовано аналізувати вплив локалізації перелому на розподіл навантаження [13] (рис. 1).

Тривимірну модель колінного суглоба створено у SolidWorks на основі серії зображень комп'ютерної томографії. До моделі включено: стегнову кістку (дистальний епіметафіз), великогомілкову кістку (проксимальний епіметафіз), медіальний та латеральний меніски, передню і задню хрестоподібні зв'язки, а також медіальні та латеральні колатеральні зв'язки. Усі компоненти моделі вважалися ізотропними та такими, що мають лінійно-еластичну поведінку. Фізико-механічні властивості (модуль Юнга, коефіцієнт Пуассона, густина) базувалися на даних літературних джерел. Значення фізико-механічних властивостей представлено у таблиці 1.

Таблиця №1

Фізико-механічні властивості структур

Структура	Модуль Юнга (МПа)	Коефіцієнт Пуассона	Густина (кг/м ³)
Великогомілкова кістка	14 800	0,3	2 000
Стегнова кістка	19 100	0,3	2 100
Меніск	100	0,45	1 400
Зв'язки	300	0,45	1 100

Як свідчать дані наведені в таблиці, механічні

властивості тканин колінного суглоба істотно відрізняються залежно від їхньої анатомічної функції. Найвищі значення модуля пружності (модуль Юнга) демонструють кісткові структури: стегнова кістка – 19 100 МПа, великогомілкова – 14 00 МПа. Це відповідає їх головній ролі – забезпеченню опорної функції й передаванню навантажень [10].

М'якотканинні елементи суглоба, такі як меніск і зв'язки, мають значно нижчі значення модуля Юнга – відповідно 100 МПа і 300 МПа, що відображає їх здатність до амортизації та стабілізації під час руху. Коефіцієнт Пуассона для м'якотканинних структур становить 0,45, що вказує на їх високу поперечну деформативність при стисканні. Для кісткових тканин цей коефіцієнт дорівнює 0,3, що є типовим для щільної кістки.

Ці відмінності у механічних характеристиках були враховані при побудові моделі скінченних елементів (FEM), що забезпечує адекватне відтворення фізіологічної поведінки окремих структур колінного суглоба під дією навантаження.

Для чисельного моделювання використано програмне забезпечення ANSYS (модуль Static Structural). Скінченно-елементне розбиття здійснено із застосуванням тетраедральних об'ємних елементів. Використано функції локального згущення сітки (Body Sizing, Refinement) у зонах контакту та навантаження. Проаналізовано три конфігурації сітки: 30 001, 501 090 та 1 006 936 елементів.

До верхньої поверхні стегнової кістки прикладено навантаження 750 Н, що відповідає середньому вертикальному навантаженню при стоянні. Нижню частину великогомілкової кістки жорстко зафіксовано (консольне защемлення). Міжкомпонентні взаємодії моделювалися як жорстко фіксовані контакти (bonded). У моделі реалізовано обмеження кутових ступенів свободи для забезпечення стабільності.

Якість сітки оцінювали за показниками Skewness (оптимальні значення близькі до 0) та Orthogonal Quality (найкращі значення – близькі до 1). Найкращий баланс між точністю розрахунків і витратами обчислювальних ресурсів виявлено для сітки з 501 090 елементів.

Для верифікації чисельних результатів було проведено аналітичний розрахунок, що ґрунтується на лінійному законі Гука: $F = k \cdot \Delta L$, де $F = 750$ Н, k – коефіцієнт жорсткості, а L – це стиснення/видовження пружини. Параметри для розрахунку: середня довжина зв'язок = 0,035 м; площа перерізу зв'язок = 0,00008962 м²; площа перерізу меніска = 0,00184755 м²; довжина меніска = 0,00503 м.

Результати та їх обговорення

Після побудови та валідації тривимірної скінченно-елементної моделі колінного суглоба було проведено серію чисельних розрахунків для різних варіантів конфігурацій переломів, що охоплюють різні сегменти згідно з 9-сегментарною класифікацією. Особливу увагу приділено аналізу напружень у зв'язках, меніску, а також зміщенню фрагментів при прикладеному навантаженні 750 Н, що відповідає середньостатистичному вертикальному навантаженню на нижню кінцівку в положенні стоячи. 1. Медіальна колона (сегмент а): спостерігається поступове зростання напруження у медіальній колатеральній зв'язці (МКЗ) зі збільшенням ступеня зміщення, що досягає максимуму 23,09 МПа при зміщенні 4 мм. Напруження в медіальному меніску відповідно зростає з 6,30 до 9,40 МПа. Клінічно це проявляється як помірний вплив на м'якотканинні структури з середнім ризиком нестабільності.

Альтернативні колони (наприклад, передньо-латеральна, задньо-медіальна та комбіновані варіанти): дані свідчать про значно вищі пікові напруження у зв'язках, зокрема ПКЗ, у випадках комбінованих ушкоджень (AL+PL), що досягають 35,9 МПа – граничного рівня для клінічно значущої дестабілізації. Напруження в меніску в цих сценаріях перевищують 12 МПа, що є критичним для потенційного розриву або дегенерації. У той час як для зв'язок існують усталені пороги механічної витривалості, для меніска таких меж не встановлено. Однак за результатами біомеханічних досліджень, що аналізували поведінку меніска під дією стискаючих та зсувних сил, критичним значенням напруження вважається діапазон 10–12 МПа, за якого значно зростає ризик виникнення пошкоджень або дегенеративних змін, особливо в біло-червоній зоні.

На рисунку 2 представлено залежність напруження у зв'язках від зміщення з поділом по колонах.

Залежність напруження у зв'язках від зміщення (по колонах)

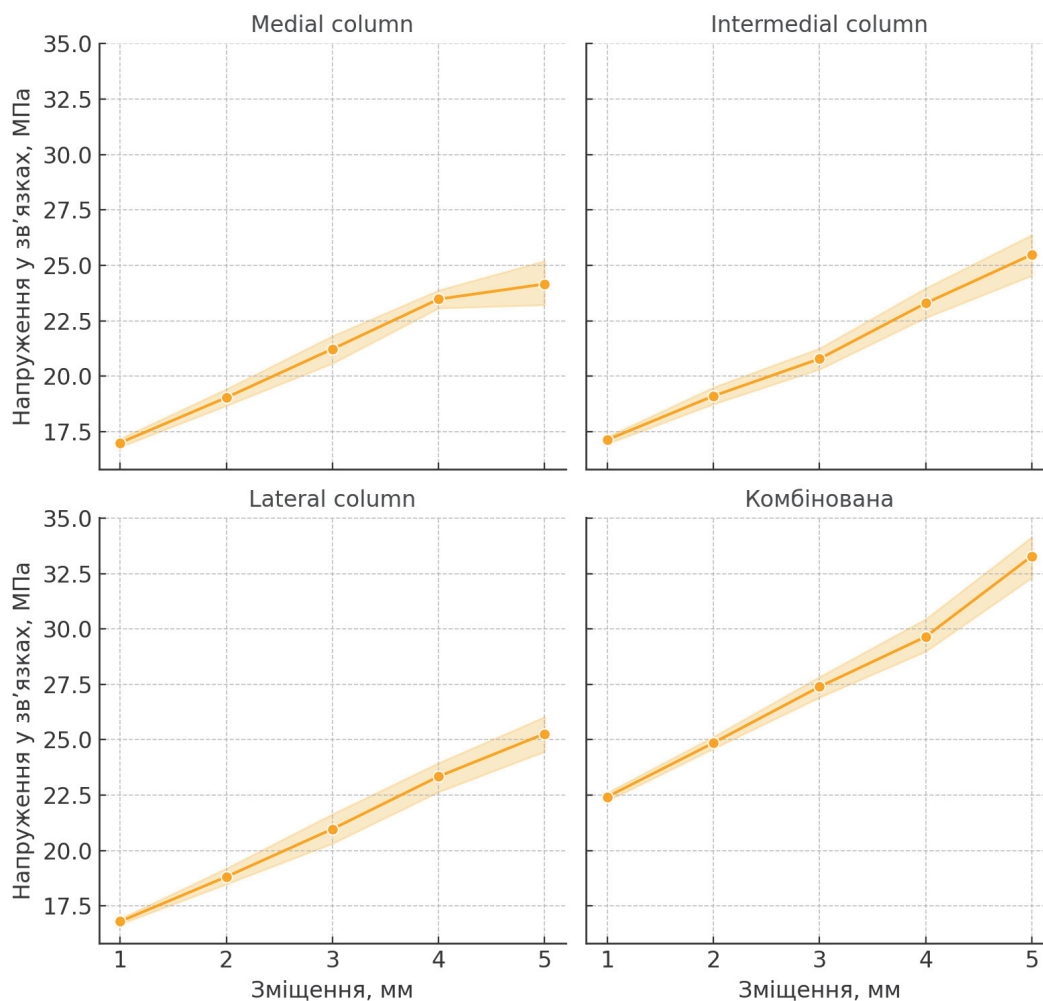


Рис. 2. Залежність напруження у зв'язках від зміщення по колонах

На рисунку 3 ілюструється напруження в меніску по сегментах.

На рисунку 4 представлено зонування ризику нестабільності залежно від зміщення і напруження.

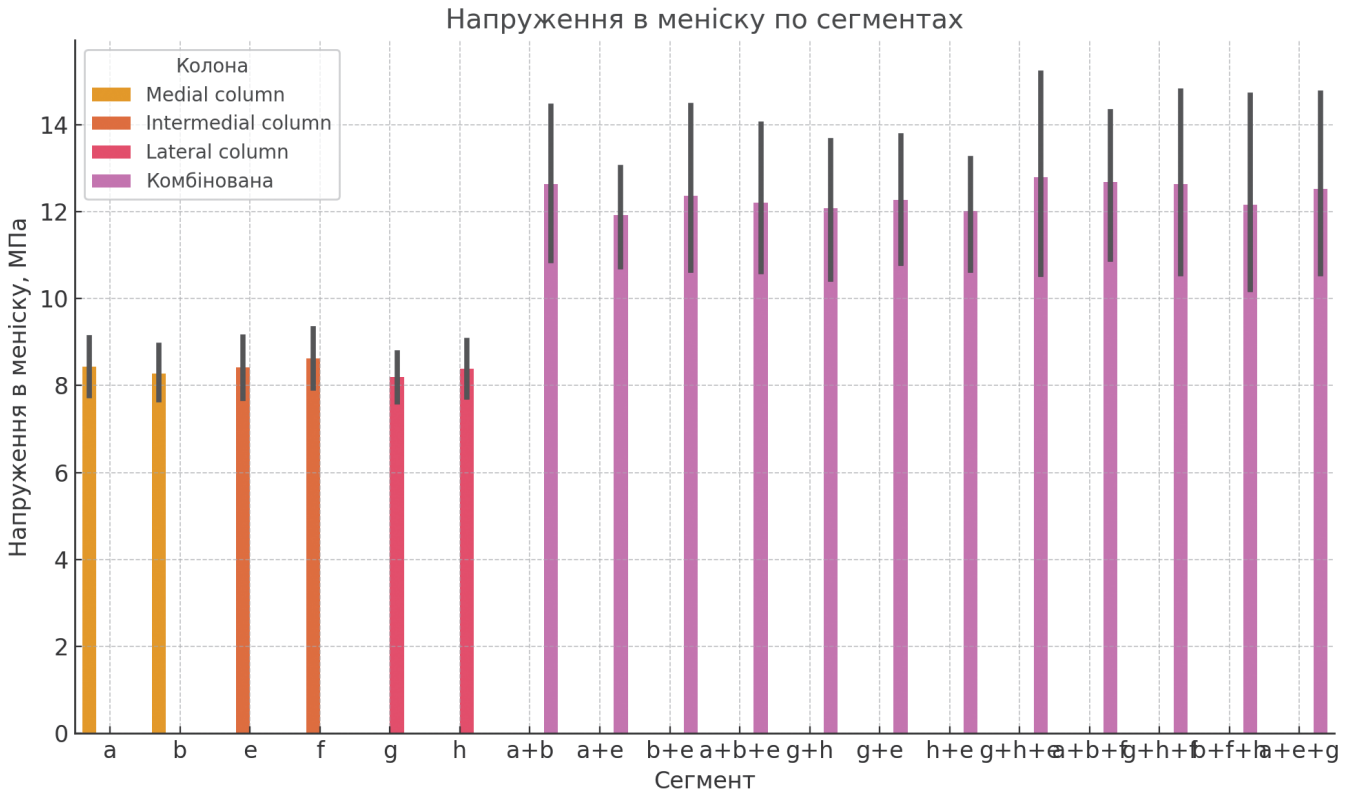


Рис. 3. Напруження в менісках по сегментах

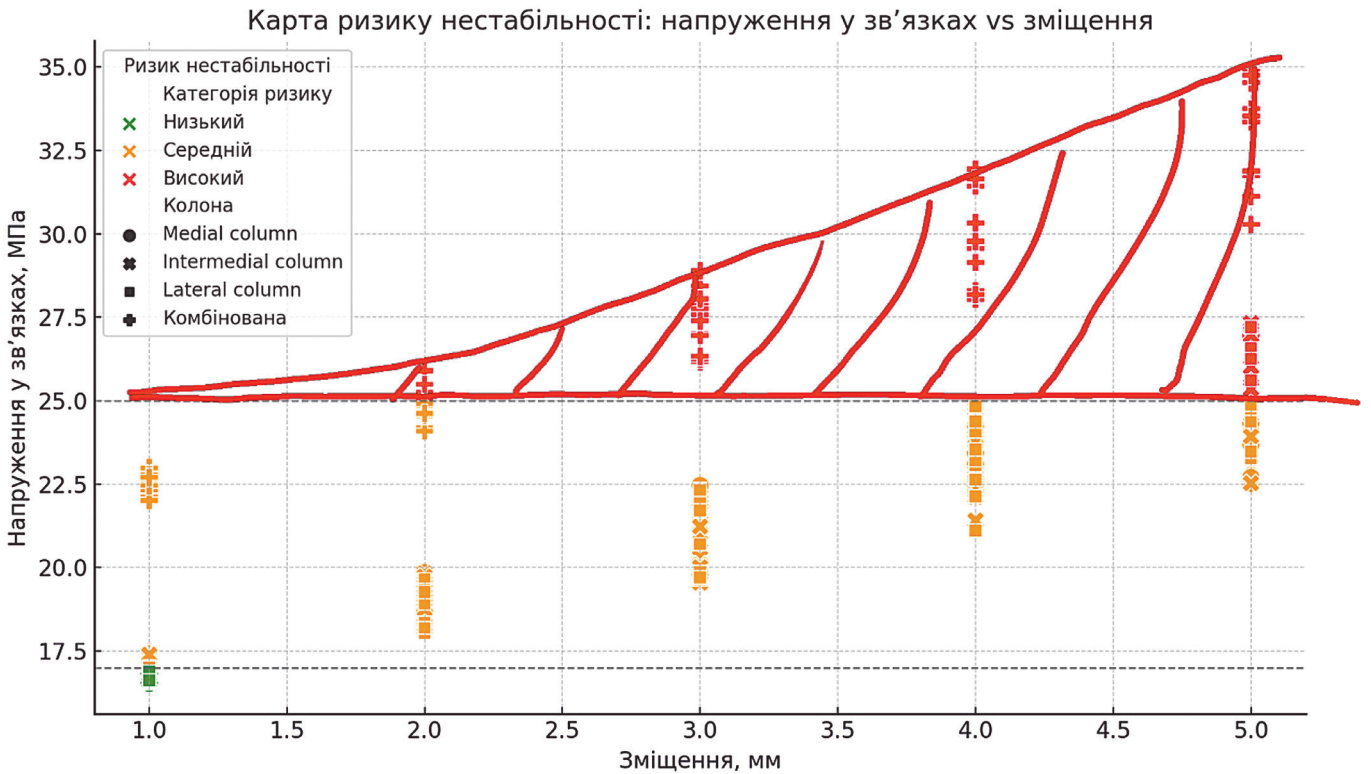


Рис. 4. Зонування ризику нестабільності залежно від зміщення та напруження

Порівняльний аналіз сіток

Сітка середньої щільності (501 090 елементів) продемонструвала найкраще співвідношення між точністю результатів (мінімальна похибка щодо аналітичного розрахунку) та обчислювальними витратами – час моделювання склав 6 хв. 1 сек. Найгрубіша сітка (30 001 елемент) спричиняла суттєве зниження значень напружень і деформацій. Водночас найдеталізованіша сітка (1 006 936 елементів) не забезпечила значного підвищення точності (відмінність <10% порівняно із середньою сіткою), проте потребувала майже 28 хвилин обчислень. Таким чином, варіант із 501 090 елементів є оптимальним з точки зору практичного застосування.

Розподілені напруження за Мізесом показали локалізацію перевантаження в місцях прикріплення зв'язок та в зоні заднього рогу медіального меніска при переломах h та h+b типу. Найбільше напруження зосереджене на ПХЗ при зміщенні >4 мм у сегментах h, b. На основі комбінованого аналізу напружень, зміщень та структурного навантаження сформовано градації ризику нестабільності: низький ризик – сегменти з напруженням у зв'язках <17 МПа та зміщенням <2 мм; середній ризик – 17–25 МПа, зміщення 2–4 мм; високий ризик – >25 МПа, зміщення >4 мм. Ця градація дозволяє обґрунтовано підходити до тактики лікування, враховуючи не лише візуалізаційні дані, а й біомеханічний профіль ушкодження. Отримані результати біомеханічного моделювання дозволяють зробити низку важливих висновків щодо особливостей розподілу навантаження на м'якотканинні структури колінного суглоба залежно від локалізації перелому. Спостерігається чітка кореляція між ступенем зміщення кісткових фрагментів та напруженням у зв'язковому апараті, особливо при ураженні сегментів передньо-латеральної (AL) та задньо-латеральної (PL) колон, що узгоджується з клінічними спостереженнями щодо нестабільності суглоба після таких переломів.

Порівнюючи отримані дані з попередніми дослідженнями, слід відзначити, що більшість раніше побудованих моделей не включали варіативність сегментарного ураження та аналіз напружень у меніску і зв'язках окремо для кожного з них [6]. У цьому аспекті наша модель є більш деталізованою, з урахуванням анатомічної відповідності та повної механічної взаємодії між елементами колінного суглоба. Порівняно з моделями, описаними у роботах Yu C., et al. [14], Stahl D., et al. [15], наша модель враховує також клінічну інтерпретацію результатів, пропонуючи практичні рекомендації щодо тактики лікування. Наявність аналітичної валідації

забезпечує високу достовірність FEM-розрахунків, чим вигідно вирізняється від багатьох сучасних досліджень, де такі розрахунки проводяться без обґрунтування похибки [7].

Використання моделі з оптимальною кількістю скінченних елементів дозволяє досягти високої точності при помірному ресурсному навантаженні, що підвищує доцільність використання цього підходу у клінічній практиці. Обмеження нашого дослідження включають спрощення властивостей матеріалів (лінійно-еластична поведінка), а також моделювання в умовах лише одного виду навантаження – вертикального стискання. У подальших дослідженнях доцільно буде включити оцінку скручування, згинання, а також аналіз у динаміці (ходьба, біг). Додатково доцільним є включення більше індивідуалізованих моделей, побудованих на основі МРТ-конструкцій та аналіз впливу імплантів на стабільність суглоба. Незважаючи на зазначені обмеження, результати даного дослідження можуть бути безпосередньо інтегровані у клінічний алгоритм оцінки нестабільності після ПБВГК. Встановлена кореляція між локалізацією перелому, напруженням у м'якотканинних структурах та рівнем ризику нестабільності дозволяє обґрунтувати вибір тактики втручання – від консервативного ведення до одноетапного оперативного втручання з пластикою зв'язок і швом меніску.

Таким чином, використання біомеханічного аналізу як допоміжного інструменту прийняття рішень у лікуванні ПБВГК є перспективним напрямом розвитку персоналізованої ортопедії.

Висновки

1. Побудовано анатомічно точну, верифіковану FEM-модель колінного суглоба з урахуванням основних м'якотканинних структур, яка дозволяє якісно оцінювати розподіл механічного навантаження при переломах проксимального відділу великогомілкової кістки.

2. Встановлено, що найбільше механічне навантаження на зв'язки та меніск виникає при ураженні передньо-латеральної (AL) та задньо-латеральної (PL) колон, що зумовлює високий ризик післятравматичної нестабільності.

3. Сформульовано біомеханічні порогові критерії ризику нестабільності залежно від величини напруження та ступеня зміщення, що може бути використано як об'єктивний інструмент для планування обсягу хірургічного втручання, включно з реконструкцією зв'язок і пластикою меніска.

4. Визначено оптимальну конфігурацію сітки

(501 090 скінченних елементів), яка забезпечує баланс між точністю результатів та ефективністю обчислень, що є важливим для інтеграції моделі у клінічну практику.

Конфлікт інтересів. Автор декларує відсутність конфлікту інтересів. Ця публікація не була, не є і не буде предметом комерційної зацікавленості в жодній формі.

References

1. DiFelice GS, van der List JP. Clinical Outcomes of Arthroscopic Primary Repair of Proximal Anterior Cruciate Ligament Tears Are Maintained at Mid-term Follow-up. *Arthroscopy*. 2018;34(4):1085-1093. doi:10.1016/j.arthro.2017.10.028
2. Wahlquist M, Iaguilli N, Ebraheim N, Levine J. Medial tibial plateau fractures: a new classification system. *J Trauma*. 2007;63(6):1418-21. DOI: 10.1097/TA.0b013e3181469df5
3. Chana-Rodríguez F, Teixidor-Serra J, Boluda-Mengod J, Gomes-Vallejo J, Carrera-Fernandez I, Delgado Martinez A et al. Current concepts in tibial plateau fracture management: a Spanish Orthopaedic Trauma Association review. *OTA Int*. 2025;8(3 Suppl):e392. Published 2025 May 2. doi:10.1097/OI9.0000000000000392
4. Ren D, Liu Y, Lu J, Xu R, Wang P. A Novel Design of a Plate for Posterolateral Tibial Plateau Fractures Through Traditional Anterolateral Approach. *Sci Rep*. 2018;8(1):16418. Published 2018 Nov 6. doi:10.1038/s41598-018-34818-5
5. Prat-Fabregat S, Camacho-Carrasco P. Treatment strategy for tibial plateau fractures: an update. *EFORT Open Rev*. 2017;1(5):225-232. Published 2017 Mar 13. doi:10.1302/2058-5241.1.000031
6. Zhang J, Chen B, Chen B, Wang H, Han Q, Tang X et al. Clinical Application of Finite Element Analysis in Meniscus Diseases: A Comprehensive Review. *Arch Computat Methods Eng* 2025;32:4163–4195. <https://doi.org/10.1007/s11831-025-10265-02>
7. Zeng ZM, Luo CF, Putnis S, Zeng BF. Biomechanical analysis of posteromedial tibial plateau split fracture fixation. *Knee*. 2011;18(1):51-54. doi:10.1016/j.knee.2010.01.006
8. Lu Y, Bai H, Wang Q, Ren C, Li M, Zhang K et al. The study of biomechanics and finite element analysis on a novel plate for tibial plateau fractures via anterolateral supra-fibular-head approach. *Sci Rep*. 2023;13(1):13516. DOI: 10.1038/s41598-023-40842-x.
9. ANSYS Mesh Metrics Explained. 2022. <https://featips.com/2022/11/21/ansys-mesh-metrics-explained/>
10. Wasserman S. What is the meaning of FEM analysis? *Engineering.com*, 2024. <https://www.engineering.com/what-is-the-meaning-of-fem-analysis/>
11. Madeti BK, Chalamalasetti SR, Bolla Pragada SKSsr. Biomechanics of knee joint — A review. *Front. Mech. Eng*. 2025;10:176–186 <https://doi.org/10.1007/s11465-014-0306-x>
12. Farrokhi S, Voycheck CA, Tashman S, Fitzgerald GK. A biomechanical perspective on physical therapy management of knee osteoarthritis. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2013;43(9):600-619. doi:10.2519/jospt.2013.4121
13. Luo CF, Sun H, Zhang B, Zeng BF. Three-column fixation for complex tibial plateau fractures. *J Orthop Trauma*. 2010;24(11):683-692. doi:10.1097/BOT.0b013e3181d436f3
14. Yu C, Duan X, Gou Y, Liu K, Zhao W, Gao X et al. A review of finite element modeling and surgical simulation of meniscal tear in knee joint: progress and challenges. *Front Med (Lausanne)*. 2025;12:1661943. Published 2025 Sep 12. doi:10.3389/fmed.2025.1661943
15. Stahl D, Serrano-Riera R, Collin K, Griffing R, Defenbaugh B, Sagi HC. Operatively treated meniscal tears associated with tibial plateau fractures: a report on 661 patients. *Journal of Orthopaedic Trauma*. 2015;29(7): 322–324. doi:10.1097/BOT.0000000000000290

Biomechanical Rationale for Differentiated Treatment of Proximal Tibial Fractures

Syvak A.M.¹✉, Musiienko O.S.²

¹SI «Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine», Kyiv, Ukraine

²National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine

Summary. Objective. The study aims to analytically validate and develop an anatomically accurate three-dimensional model of the knee joint for biomechanical analysis of load distribution in various types of proximal tibial fractures, considering the impact of injury localization on the risk of post-traumatic instability. **Materials and Methods.** The geometry of the knee joint was reconstructed from CT data using the SolidWorks software environment. Numerical analysis was performed in ANSYS (Static Structural) using the finite element method (FEM). The model included the femur and tibia, menisci, anterior and posterior cruciate ligaments, as well as medial and lateral collateral ligaments. Materials were assumed to be isotropic and linearly elastic. Three mesh variants were analyzed: 30,001; 501,090; and 1,006,936 elements. A load of 750 N was applied to the superior surface of the femur, while the tibia was fixed in a cantilever manner. Contacts were bonded. Mesh quality was assessed using Skewness and Orthogonal Quality metrics. FEM model verification was performed by comparison with analytical calculations based on the equivalent stiffness of a spring system.

Results. A FEM model accurately reproducing the biomechanics of the knee joint under conditions of segmental fractures was developed. The highest stress values were observed in cases involving the anterolateral and posterolateral segments (G and H), where maximum fragment displacement and peak loading on ligaments and menisci were recorded. The mesh with 501,090 elements was considered optimal for analysis, as it ensured high accuracy with moderate computational cost. **Conclusions.** FEM modeling with consideration of fracture localization enables identification of critical load zones and prediction of instability at the stage of preoperative planning. The results may be integrated into clinical protocols to guide the choice of surgical strategy—from fixation to combined soft tissue reconstruction.

Key words: knee joint; finite element method; tibial fractures; biomechanical modeling; joint instability.

Роль проміжних гвинтів у системі «кістка-гвинт-стрижень» при А1-переломах грудо-поперекового переходу

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

Мета: Оцінити напружено-деформований стан при переломі А1 хребця Th12 під згинальним навантаженням та порівняти варіанти короткої транспедикулярної фіксації. **Матеріали та методи.** Розроблено деталізовану скінченно-елементну модель хребців Th9-L5 з А1-переломом хребця Th12. Розглянуто чотири конфігурації: М1 – короткі гвинти без проміжних, М2 – довгі гвинти без проміжних, М3 – короткі основні + короткі проміжні гвинти в тіло хребця Th12, М4 – довгі основні + короткі проміжні гвинти в тіло хребця Th12. Флексію моделювали силою 350 Н. Критерій оцінки – еквівалентне напруження Мізеса. **Результати.** У хребці Th12 збільшення довжини гвинтів без проміжних підвищує напруження з 1,6 до 2,3 МПа, тоді як з проміжними гвинтами утримується на рівні 1,6–1,7 МПа. У хребці L1 зміни мінімальні. На замикальних пластинках: нижня пластинка хребця Th11 – 1,9–2,1 МПа, верхня пластинка хребця L1 – зниження напруження з 8,3 до 7,7 МПа. На вході гвинтів: у ніжку дуги хребця Th11 – розвантаження з 8,0 до 5,6–5,7 МПа, у ніжку дуги хребця Th12 – близько 2,1 МПа, у ніжку дуги хребця L1 – зростання напруження при довгих гвинтах з 10,3 до 11,1 МПа незалежно від проміжних. У балках проміжні гвинти збільшують напруження майже в 2,2 рази – з 170–172 до 380–383 МПа. Заключення. Проміжні гвинти забезпечують локальне розвантаження та стабілізацію пошкодженого рівня, але підвищують напруження в балках. Конфігурацію фіксації слід індивідуалізувати: М3–М4 – за пріоритету захисту інтерфейсу «кістка-гвинт» та зони перелому; М1–М2 – за потреби мінімізувати навантаження на стрижні та ретельно підбирати довжину каудальних гвинтів.

Ключові слова: А1-перелом; грудо-поперековий відділ; транспедикулярна фіксація; проміжні гвинти; скінченно-елементний аналіз; флексія.

Вступ

Травми грудо-поперекового відділу хребта належать до найпоширеніших пошкоджень осевого скелета [1]. Найуразливішою вважають перехідну зону T11-L2, на яку припадає 60–70 % від усіх переломів хребців [2]. Найчастіше такі ушкодження виникають унаслідок впливу високоенергетичних чинників (дорожньо-транспортна пригода, падіння з висоти, виробнича травма) і нерідко поєднуються з іншими ушкодженнями опорно-рухового апарату. Тяжкі ураження спинного мозку при цьому трапляються відносно рідко (у 10–30 % випадків), але навіть стабільні переломи здатні викликати стійкий больовий синдром, формування

кіфотичної деформації та обмеження рухливості, що суттєво знижує якість життя пацієнтів [3].

Згідно з класифікацією АО Spine прості компресійні переломи типу А1 (клиноподібні) належать до стабільних пошкоджень передньої колони хребта і зазвичай не супроводжуються неврологічним дефіцитом [4]. Традиційно такі травми не потребували оперативного втручання за відсутності вираженої кіфотичної деформації чи ознак ураження заднього зв'язкового комплексу [5]. Стандартом вважалося консервативне лікування з ранньою функціональною терапією – іммобілізацією, носінням ортопедичного корсета й поступовою активізацією. Такий підхід давав змогу уникнути операційних ризиків і був ефективним при стабільних переломах за відсутності прогресування деформації або розвитку неврологічних симптомів [6].

В останні десятиліття відбулося переосмислення тактики ведення пацієнтів з травмами хребта.

✉Нехлопочин О.С., alexeyms@gmail.com

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

²ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І.Ситенка НАМН України», Україна, Харків

Розвиток систем транспедикулярної фіксації та впровадження малоінвазивних технологій значно розширили показання до хірургічної стабілізації, зокрема у випадках формально стабільних переломів [7]. Накопичені клінічні дані свідчать, що своєчасна операція може запобігти розвитку хронічного болю, прискорити відновлення функції хребта й зменшити термін повернення пацієнта до професійної та повсякденної активності, підвищуючи загальний рівень якості життя [8].

Для молодих й активних пацієнтів рання хірургічна стабілізація має перевагу щодо швидкості відновлення та збереженні досягнутої корекції [9]. У осіб літнього віку, навпаки, оперативна фіксація з можливістю ранньої мобілізації має ключове значення для профілактики ускладнень, пов'язаних з тривалим постільним режимом – гіпостатичної пневмонії, тромбоемболії, пролежнів, саркопенії тощо [10, 11]. Таким чином, сучасна концепція лікування компресійних переломів ґрунтується не лише на радіологічних ознаках стабільності, а й на функціональних пріоритетах та прогнозі для пацієнта [4].

Незважаючи на зростання хірургічної активності, біомеханіка стабілізації переломів типу А1 залишається недостатньо вивченою, що пояснюється тривалим домінуванням консервативного підходу в їх лікуванні. Одним із спірних аспектів є конфігурація короткої транспедикулярної фіксації – оптимальна довжина основних гвинтів і доцільність встановлення додаткових «проміжних» гвинтів у пошкодженій хребці. Низка досліджень показала, що встановлення таких опорних гвинтів у тіло зламаного хребця (наприклад, Th12) підвищує жорсткість конструкції та знижує ризик прогресування деформації при функціональних навантаженнях, але ці дані отримано переважно для А3-А4-вибухових пошкоджень [1]. Відсутня єдина думка щодо необхідності застосування проміжних гвинтів при стабільних компресійних переломах, за яких потенційний біомеханічний вигравш потребує об'єктивного підтвердження [12]. Це зумовлює актуальність подальшого вивчення напружено-деформованого стану хребтового сегмента при переломі типу А1 залежно від конфігурації короткого транспедикулярного остеосинтезу.

Мета. Вивчити напружено-деформований стан моделі грудо-поперекового відділу хребта людини з компресійним переломом тіла хребця Th12 типу А1 під дією флексійного навантаження при короткосегментній транспедикулярній фіксації, а також оцінити вплив довжини гвинтів та обґрунтованість застосування додаткових проміжних гвинтів у зоні перелому.

Матеріали і методи

Об'єкт моделювання

У лабораторії біомеханіки Інституту патології хребта та суглобів імені проф. М.І. Ситенка НАМН України створено деталізовану скінченно-елементну модель грудо-поперекового відділу хребта людини з пошкодженням тіла хребця Th12 за типом А1 компресійного перелому. Геометрію, передумови та верифікацію моделі докладно описано в наших публікаціях [13, 14].

Конфігурації фіксації

Для стабілізації двох хребців, суміжних із пошкодженим сегментом, змодельовано чотири варіанти короткосегментної транспедикулярної фіксації, що відрізняються за довжиною основних гвинтів (монокортикальна або бікортикальна установка) і наявністю додаткових «проміжних» гвинтів, які вводять у тіло хребця Th12:

- М1: короткі основні гвинти без проміжних гвинтів;
- М2: довгі основні гвинти без проміжних;
- М3: короткі основні гвинти з парою коротких проміжних гвинтів у тіло Th12;
- М4: довгі основні гвинти з парою коротких проміжних гвинтів у тіло Th12.

Припущення, сітка та матеріали

Усі матеріали приймали як однорідні та ізотропні. Дискретизацію виконували 10-вузловими тетрадральними елементами із квадратичними функціями форми. Механічні характеристики біологічних тканин (кортикальної та губчастої кістки, міжхребцевих дисків) приймали відповідно до даних літературних джерел [15, 16]. Для моделювання металевих елементів застосовували титан VT-16 з фізико-механічними властивостями за даними М. Нііномі [17]. У розрахунках використовували модуль Юнга (E) та коефіцієнт Пуассона (ν). Зведені значення наведено в табл. 1.

Таблиця №1

Механічні характеристики матеріалів, що використовувались

Матеріал	Модуль Юнга, МПа	Коефіцієнт Пуассона
Кортикальна кістка	10 000	0,30
Губчаста кістка	450	0,20
Суглобовий хрящ	10,5	0,49
Міжхребцеві диски	4,2	0,45
Титан VT-16	110 000	0,30

Навантаження та граничні умови

Згинання моделювали додаванням статичної сили величиною 350 Н, спрямованої ззаду наперед,

що імітує нахил тулуба вперед. Навантаження прикладали до тіла хребця Th9 та поверхонь фасеткових суглобів. Каудальну поверхню диска L5 задавали як жорстко закріплену.

Контрольні точки та критерії оцінки

Для коректного порівняння між варіантами фіксації розподіл напруження оцінювали в системі контрольних зон, що охоплює основні кісткові елементи та деталі конструкції. Система охоплювала такі ділянки: тіла хребців Th9-L5, замикальні пластинки хребців Th11 та L1, суміжні з пошкодженим хребцем Th12, зони входу гвинтів у дугу хребців Th11-L1, а також елементи металокопункції – гвинти та сполучні балки (рис. 1). Такий розподіл контрольних точок (КТ) дав змогу комплексно оцінити напружено-деформований стан і виявити найбільш критично навантажені ділянки моделі, характерні для кожного типу стабілізації. У якості критерію для порівняльної оцінки використовували еквівалентні напруження за Мізесом.

Програмна реалізація

Побудову геометрії та підготовку моделей виконано в системі автоматизованого проектування SolidWorks (Dassault Systèmes, Франція) [18]. Чисельне вирішення завдань скінченно-елементного аналізу проводили за допомогою програмного комплексу CosmosM [19].

Етичні аспекти дослідження

Дослідження схвалено комісією з етики та біоетики Інституту нейрохірургії імені акад. А.П. Ромоданова НАМН України (протокол № 4 від 05.09.2018 р.).

Результати

Для послідовнішого аналізу отриманих даних насамперед розглянуто зміни напружено-деформованого стану в кісткових структурах та на замикальних пластинках суміжних хребців (КТ1-КТ11). Узагальнені результати наведено в табл.2. Надалі виконано оцінку напруження в елементах металокопункції та зонах контакту інтерфейсу «метал–кістка» (КТ12-КТ18) із виділенням ділянок концентрації механічних навантажень у місцях входу гвинтів, усередині тіл хребців та на опорних балках. Відповідні значення представлені в табл.3. Як приклад наведена візуалізація розподілу напруження для базової моделі M1 (рис.2).

Кісткові структури

У тілах хребців, віддалених від ділянки пошкодження та імплантації (Th9, Th10, L2-L5), напруження залишаються низькими та практично не залежать від конфігурації фіксатора. Це свідчить про домінування зовнішнього згинального моменту при флексії над деталями силового контуру фіксації: у грудних сегментах значення напруження становлять лише 1,6–1,8 МПа, у поперекових –

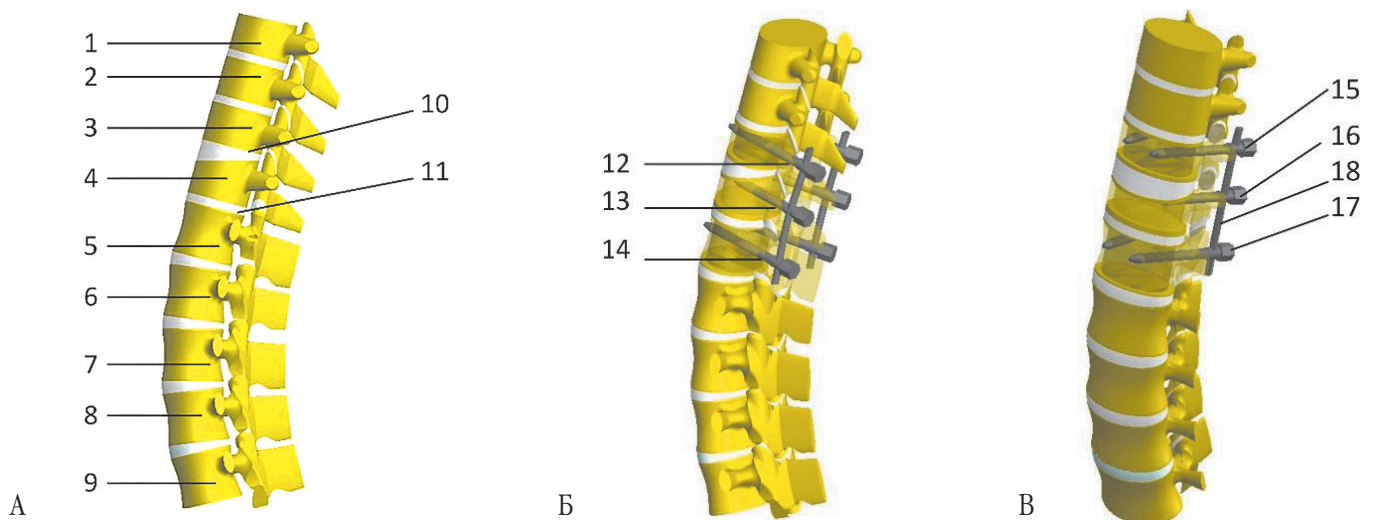


Рис.1. Схема розташування контрольних точок: 1 – тіло хребця Th9; 2 – тіло хребця Th10; 3 – тіло хребця Th11; 4 – тіло хребця Th12; 5 – тіло хребця L1; 6 – тіло хребця L2; 7 – тіло хребця L3; 8 – тіло хребця L4; 9 – тіло хребця L5; 10 – нижня замикальна пластинка тіла хребця Th11; 11 – верхня замикальна 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 в тілі хребця Th11; 16 – гвинти в тілі хребця Th12; 17 – гвинти в тілі хребця L1; 18 – опорні балки

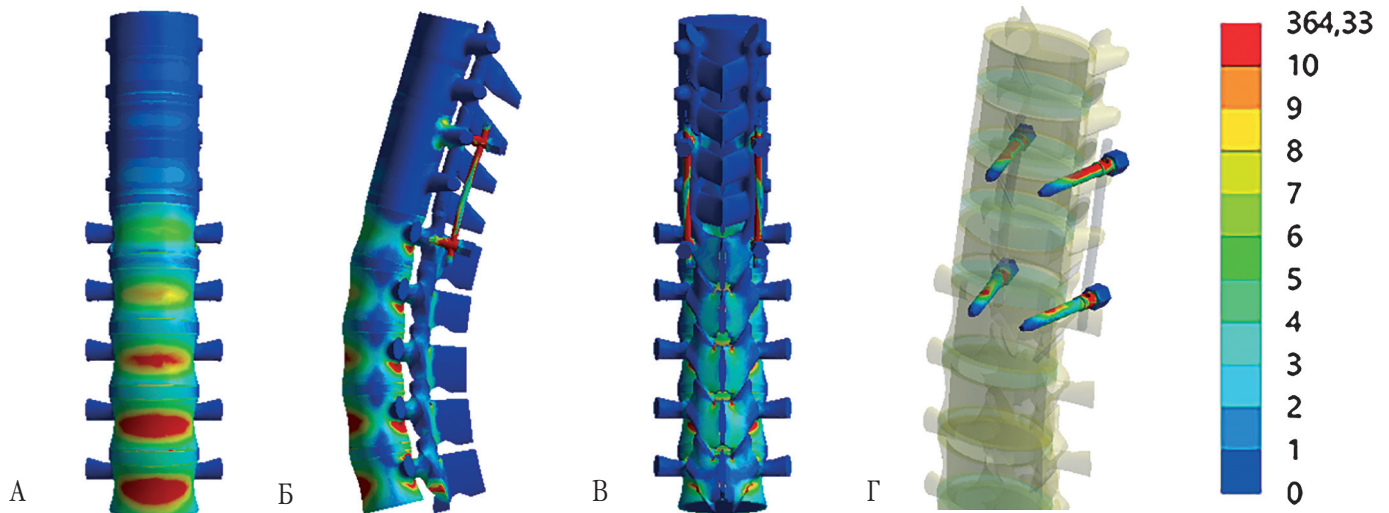


Рис. 2. Розподіл напруження в моделі грудно-поперекового відділу хребта з uszkodженням тіла хребця Th12 типу A1 під впливом флексійного навантаження. Транспедикулярна фіксація короткими гвинтами без проміжних: а – вигляд спереду; б – вигляд збоку; в – вигляд ззаду; г – гвинти

варіюють у вузькому діапазоні (для L2 – 14,8–15,0 МПа, для L3 – 18,1–18,6 МПа, для L4 – 24,4–24,6 МПа, для L5 – 17,4–17,6 МПа). Таким чином, віддалені сегменти демонструють «фонові» величини слабо чутливі до довжини гвинтів та наявності проміжної опори (див. табл.2).

Інша картина спостерігається на суміжних із пошкодженим хребцем рівнях. У тілі хребця Th11 при послідовному «підсиленні» фіксації зареєстровано стійке зниження напруження від 9,0 МПа (M1) до 6,7 МПа (M4). Сумарне зменшення становить близько 25,6% щодо базової (M1) конфігурації. Це свідчить про виражений розвантажувальний ефект як подовження основних гвинтів, так і введення проміжної опори, а їх поєднання асоціюється з мінімальними значеннями. У тілі хребця L1, навпаки, зміни невеликі й непослідовні (14,4 → 13,9 → 14,9 → 14,3 МПа), що свідчить про низьку чутливість суміжного каудального рівня до варіацій фіксації в умовах флексії (див. табл. 2). У травмованому хребці Th12 визначальним чинником є наявність проміжних гвинтів: без них подовження основних гвинтів супроводжується зростанням локальних напружень (2,3 МПа в M2 порівняно з 1,6 МПа в M1), тоді як при додаванні проміжної опори значення напруження низькі – 1,6–1,7 МПа (зниження на 30–26% порівняно з M2). Інакше кажучи, при флексійному навантаженні стабілізація компримованого тіла забезпечується саме завдяки проміжній фіксації, а не лише подовженню опор у сусідніх хребцях (див. табл. 2).

Напруження на замикальних пластинках демонструє меншу амплітуду змін і менш однозначні тренди – це відповідає очікуваному демпфувальному ефекту диска та схожому механізму передачі навантаження крізь хрящові структури. Для ниж-

ньої пластинки хребця Th11 діапазон становить лише 1,9–2,1 МПа без вираженого впливу конфігурації. На верхній пластинці хребця L1 простежується послідовне і статистично значуще зниження напруження з 8,3 до 7,7 МПа при переході від M1 до M4 (близько – 7,2%), що побічно вказує на сприятливіші умови контактної взаємодії на краніальному кінці каудального суміжного сегмента при поєднанні довгих гвинтів із проміжними (див. табл.2).

У зонах входу гвинтів у дугу хребця розподіл напруження вказує на локальні ефекти перерозподілу навантаження через інтерфейс «метал-кістка». На рівні хребця Th11 додавання проміжних гвинтів помітно розвантажує місце передачі зусиль від гвинта до кістки: значення знижуються з 8,0 МПа (M1) до 5,6–5,7 МПа (M3-M4), що відповідає зменшенню приблизно на 28–30% щодо базової конфігурації. На рівні хребця Th12 (аналіз проводили лише за наявності проміжних гвинтів) напруження залишаються низькими та однаковими (2,1 МПа), ознак локальних перенапружень у зоні входу додаткових опор не виявлено. У хребці L1 визначальним чинником є довжина основних гвинтів: при коротких гвинтах значення становлять 10,3 МПа, при довгих – 11,1 МПа незалежно від наявності проміжної опори. Отже, саме подовження гвинтів помірно підвищує навантаження на дугу хребця L1, а проміжна фіксація на цей параметр практично не впливає (табл.3).

Металоконструкції

Аналіз напружень у гвинтах доповнює картину. У хребці Th11 подовження гвинтів без проміжної фіксації призводить до суттєвого зростання

Таблиця №2

**Розподіл еквівалентних напружень (за Мізесом) у кісткових структурах
грудо-поперекового відділу хребта при флексійному навантаженні для різних
конфігурацій короткої транспедикулярної фіксації (M1–M4)**

Контрольні точки		Напруження, МПа			
		Модель без проміжних гвинтів		Модель із проміжними гвинтами	
№	Зона	короткі гвинти	довгі гвинти	короткі гвинти	довгі гвинти
1	Тіло хребця Th9	1,6	1,6	1,6	1,6
2	Тіло хребця Th10	1,8	1,8	1,7	1,7
3	Тіло хребця Th11	9,0	8,0	7,4	6,7
4	Тіло хребця Th12	1,6	2,3	1,6	1,7
5	Тіло хребця L1	14,4	13,9	14,9	14,3
6	Тіло хребця L2	15,0	15,0	14,8	14,8
7	Тіло хребця L3	18,6	18,1	18,4	18,4
8	Тіло хребця L4	24,6	24,6	24,4	24,4
9	Тіло хребця L5	17,6	17,6	17,4	17,4
10	Нижня замикальна пластинка хребця Th11	1,9	2,0	1,9	2,1
11	Верхня замикальна пластинка хребця L1	8,3	8,1	7,9	7,7

внутрішніх напружень (63,3 МПа в M2 порівняно з 49,3 МПа в M1, тобто близько +28,4%). Проміжна фіксація знижує навантаження, причому мінімальні значення досягаються при коротких основних гвинтах з проміжними опорами (43,3 МПа в M3), що на 31,6% менше, ніж у M2, і на 12,2% менше, ніж у базовій моделі (M1). У проміжних гвинтах у хребець Th12 напруження залишаються низькими (11,2–11,3 МПа), а вплив довжини основних гвинтів на сусідніх рівнях на ці показники мінімальний. Для хребця L1, навпаки, подовження гвинтів супроводжується вираженим зростанням напруження як без проміжної опори (32,0 МПа в M2), так і за її наявності (35,9 МПа в M4) порівняно з варіантами з короткими гвинтами (22,6 МПа в M1 і 24,2 МПа в M3). Збільшення щодо M1 становить близько 41,6% (M2) та 58,9% (M4). Отже, на каудальному суміжному рівні довжина гвинтів – головний детермінант підвищення напруження в кріпильних елементах, а проміжні опори цей ефект не компенсують (див. табл.3).

Найвираженіші зміни в глобальній силевій гільці фіксувальної системи зареєстровано в сполучних стрижнях. У режимі флексії саме наявність проміжної опори «замикає» силовий контур навколо травмованого сегмента та переносить значну частку згинальних моментів у сполучні балки, що призводить до різкого зростання напруження: з 170,8–172,4 МПа в моделях без проміжних опор до 380,8–382,8 МПа за їх наявності (збільшення майже в 2,2 рази) Усередині кожної пари «без/з проміжними гвинтами» вплив довжини основних гвинтів невеликий (близько +0,9% для M1→M2 і –0,5% для M3→M4), тобто головним чинником підвищення навантаження на стрижні є проміжна опора, а не довжина гвинтів у тілах суміжних хребців (див. табл. 3). З урахуванням типових меж плинності титанових сплавів, які використовують для спінальних стрижнів (760–800 МПа), значення в M3–M4 становлять близько половини від зазначених величин, що формально залишає запас міцності, але абсолютне дворазове збільшення

Таблиця №3

Еквівалентні напруження (за Мізесом) в елементах металоконструкції та зонах контакту «метал–кістка» при флексійному навантаженні для різних конфігурацій короткої транспедикулярної фіксації (M1–M4)

Контрольні точки		Напруження, Мпа			
		Модель без проміжних гвинтів		Модель із проміжними гвинтами	
№	Зона	короткі гвинти	довгі гвинти	короткі гвинти	довгі гвинти
12	Вхід гвинтів у дугу хребця Th11	8,0	7,3	5,6	5,7
13	Вхід гвинтів у дугу хребця Th12			2,1	2,1
14	Вхід гвинтів у дугу хребця L1	10,3	11,1	10,3	11,1
15	Гвинти в тілі хребця Th11	49,3	63,3	43,3	59,1
16	Гвинти в тілі хребця Th12			11,2	11,3
17	Гвинти в тілі хребця L1	22,6	32,0	24,2	35,9
18	Опорні балки	170,8	172,4	382,8	380,8

напруження порівняно з M1-M2 принципово важливе в контексті втомної довговічності та ризику металозламу при тривалій експлуатації.

Таким чином, при флексії проміжні гвинти забезпечують клінічно значущий локальний перерозподіл навантажень: розвантажують тіло хребця Th11 та його дугу, стабілізують травмований хребець Th12 на низьких рівнях напруження і помірно поліпшують умови на верхній замикальній пластинці хребця L1. Водночас така «жорстка» стабілізація супроводжується вираженим зростанням напруження в сполучних стрижнях. Крім того, подовження основних гвинтів під флексією призводить до збільшення напруження в гвинтах на суміжних рівнях, особливо в хребці L1. Практична інтерпретація залежить від пріоритету: якщо головною метою є захист кістково-гвинтових інтерфейсів і стійкість зони перелому, то проміжна фіксація (M3-M4) виправдана, а якщо необхідно мінімізувати навантаження в стрижнях, то перевагу слід віддати конфігураціям без проміжної опори (M1-M2), а подовження гвинтів застосовувати вибірково з урахуванням можливого зростання напруження в кріпильних елементах і зоні входу на суміжному каудальному рівні.

Обговорення

Отримані нами результати моделювання флексійного навантаження при короткій транспедикулярній фіксації перелому типу A1 грудно-поперекової зони дають змогу зіставити локальні біомеханічні ефекти різних конфігурацій з чинними клінічними рекомендаціями та даними літератури. Сучасні керівництва ESTES (European Society for Trauma and Emergency Surgery) і DGOU (Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie und Orthopädie) наголошують на необхідності хірургічної стабілізації за наявності неврологічного дефіциту, вираженої кіфотичної деформації, що прогресує, значущої втрати висоти передньої колони, ризику пошкодження заднього зв'язкового комплексу та у випадках політравми, коли рання мобілізація критична для адекватної реабілітації [6, 20]. У ширшому клінічному діапазоні показань вирішальними є чинники ризику незначної ефективності консервативного лікування: рефрактерний біль, супутня фронтальна деформація, остеопороз і попередні переломи, що погіршують функціональний прогноз [21]. При виборі конфігурації короткої фіксації слід враховувати не лише радіологічні цілі, а й фактичні навантаження на елементи конструкції та інтерфейси «метал-кістка», які демонструє наша модель.

Виявлені тенденції органічно вписуються в більш широкий контекст вибору тактики для різних категорій пацієнтів. У молодих активних пацієнтів і спортсменів, у яких раннє повернення до активності є пріоритетом, локальна стабілізація пошкодженого рівня проміжними гвинтами може забезпечити виграш в утриманні корекції та комфорту під час руху. У осіб літнього віку з остеопорозом та пацієнтів з попередніми переломами консервативна тактика статистично частіше супроводжується незадовільними наслідками [7, 22], тому перевагу слід віддавати хірургічній стабілізації. У даній групі доцільно поєднувати коротку фіксацію з цементною аугментацією тіла хребця (через гвинти або додатковою вертебропластикою), що підвищує стійкість передньої колони та зменшує ймовірність повторного просідання на тлі зменшення кісткової міцності [10]. Така комбінація одночасно забезпечує переваги проміжних гвинтів для локального розвантаження та знижує навантаження на стрижні за рахунок «працездатнішої» передньої опори.

З клінічної погляду, отримані нами результати підтверджують тезу про необхідність індивідуального вибору конфігурації короткої фіксації. Якщо метою є максимальний локальний захист рівня пошкодженого хребця та краніального суміжного сегмента з ранньою функціональною активністю, кращою є конструкція з проміжними гвинтами, але слід враховувати ризик підвищення напружень у сполучних балках. Якщо пріоритетом є мінімізація навантаження на задній опорний контур (наприклад, при сумнівах у втомній витривалості імплантатів, очікувано високому флексійному навантаженні або неможливості аугментації передньої колони), то перевагу слід віддати конфігурації без проміжних гвинтів з помірно довжиною основних гвинтів на каудальному рівні, щоб не спровокувати зайве навантаження в зоні входу та гвинтах у хребець L1. Це узгоджується з рекомендаціями про те, що при виборі операції та рівня її «агресивності» необхідно зважати на морфологію ушкодження, якість кістки та очікувану функціональну траєкторію пацієнта [20, 23].

Обмеження

Проведений аналіз має такі обмеження: результати отримано лише для режиму флексії та відображають задані граничні умови; поведінка конструкції за інших навантажень (аксіальна компресія, ротація, комбіновані сценарії) може відрізнятись; властивості тканин та імплантатів у моделі усереднені та не враховують всієї клінічної

варіабельності, зокрема вираженого остеопорозу; спрощене моделювання інтерфейсу «гвинт–кістка» та міжхребцевого диска неминуче спрощує складну біомеханіку сегмента. Екстраполювання кількісних відмінностей за напруженнями на клінічні результати потребує обережності: зв'язок між локальними напруженнями та певними ускладненнями (розхитування, втома стрижня) опосередкований багатьма чинниками (техніка встановлення, якість фіксації, реабілітаційний режим та супутні захворювання). Проте виявлені закономірності – локальне розвантаження кісткових структур при проміжній фіксації та одночасне зростання напруження в стрижнях – внутрішньо узгоджені та надають корисні орієнтири для клінічного вибору конфігурації.

Висновки

Коротку задню фіксацію при А1-переломах можна розглядати як ефективний інструмент, що дає змогу виконати адекватну корекцію, забезпечити ранню мобілізацію та поліпшити ранні результати у відповідних клінічних випадках. Отримані нами дані уточнюють механістичний аспект цих переваг і наголошують на необхідності знайти баланс між локальною стабілізацією пошкодженого рівня та навантаженням на опорні балки. Це означає, що рішення про використання проміжних гвинтів слід ухвалювати з огляду на клінічні пріоритети (рання активізація, захист інтерфейсу «гвинт–кістка», якість кістки) та стратегію розвантаження заднього контуру – від вибору параметрів імплантатів до планування реабілітації та, за потреби, аугментації передньої колони.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів під час підготовки статті.

References

1. Durmaz MO, Ezgü MC, Evleksiz Karımcı D, Karımcı G. Management of Thoracolumbar Fractures: Clinical, Functional, and Radiological Outcomes in a Single Institution. *Journal of Turkish Spinal Surgery*. 2023;34(3):124-130. doi: 10.4274/jtss.galenos.2023.98853.
2. Zileli M, Sharif S, Fornari M. Incidence and Epidemiology of Thoracolumbar Spine Fractures: WFNS Spine Committee Recommendations. *Neurospine*. 2021;18(4):704-712. doi: 10.14245/ns.2142418.209, PMID: 35000323.
3. Pidd KT, Sadauskas D, Tomatis V, Knight EJ. Which is the Superior Thoracolumbar Injury Classification Tool? TLICS Versus AOSpine 2013: A Systematic Review. *Global Spine J*. 2025;15(4):2536-2546. doi: 10.1177/21925682241311303
4. Vercoulen TFG, Niemeyer MJS, Peuker F, Verlaan JJ, Oner FC, Sadiqi S. Surgical treatment of traumatic fractures of the thoracic and lumbar spine: A systematic review. *Brain Spine*. 2024;4:102745. doi: 10.1016/j.bas.2024.102745, PMID: 38510618.
5. Wang J, Yang H, Ganau M, Wang Y, Miao J, Yan L, et al. A comparative analysis of three distinct approaches for the management of type A1 traumatic thoracolumbar fractures: a retrospective cohort study with a minimum 6-year follow-up. *Journal of orthopaedic surgery and research*. 2025;20(1):856. doi: 10.1186/s13018-025-06262-5
6. Wendt K, Nau C, Jug M, Pape HC, Kdolsky R, Thomas S, et al. ESTES recommendation on thoracolumbar spine fractures : January 2023. *European journal of trauma and emergency surgery : official publication of the European Trauma Society*. 2024;50(4):1261-1275. doi: 10.1007/s00068-023-02247-3
7. 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.
8. Tan T, Huang MS, Rutges J, Marion TE, Fitzgerald M, Hunn MK, et al. Rate and Predictors of Failure in the Conservative Management of Stable Thoracolumbar Burst Fractures: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Global Spine J*. 2022;12(6):1254-1266. doi: 10.1177/21925682211031207
9. Pettitt JC, Desai A, Kashkoush A, Ahorukomeye P, Potter TO, Stout A, et al. Failure of Conservatively Managed Traumatic Vertebral Compression Fractures: A Systematic Review. *World Neurosurg*. 2022;165:81-88. doi: 10.1016/j.wneu.2022.06.053
10. Komadina R, Bloemers FW, Jug M, Wendt KW, Nau C, Pape HC. Fractures of the thoracolumbar spine in osteoporosis. *European journal of trauma and emergency surgery : official publication of the European Trauma Society*. 2024;50(5):1977-1984. doi: 10.1007/s00068-024-02625-5
11. Jackson ML, Thomas SC, Joyner MR, Hu M, Larry Lee YL, Cappasso T, et al. Time to Mobility Is Associated With Pulmonary Complications in Patients With Spine Fractures. *The American surgeon*. 2024;90(8):2049-2053. doi: 10.1177/00031348241241702
12. Deng L, Zhang J, Zhou Q, Zheng Y, Hua X, Hu X, et al. Effect of the intermediate pedicle screws and their insertion depth on sagittal balance and functional outcomes of lumbar fracture. *Front Surg*. 2022;9:905946. doi: 10.3389/fsurg.2022.905946
13. Нехлопочин ОС, Вербов ВВ, Карпінський МЮ, Ярьсько ОВ. Біомеханічна оцінка значення глибини введення транспедикулярного гвинта і установки поперечних стяжок при лікуванні травматичних ушкоджень грудо-поперекового переходу: дослідження методом скінченних елементів при стискальному навантаженні. *Ukr Neurosurg J*. 2021;27(3):25-32. doi: 10.25305/unj.230621.
14. Нехлопочин ОС, Вербов ВВ, Чешук ЄВ, Карпінський МЮ, Ярьсько ОВ. Біомеханічний аналіз варіантів короткої транспедикулярної фіксації переломів типу А (АО) ділянки грудопоперекового переходу в режимі екстензійного навантаження. *Ортопедія, травматологія та протезування*. 2025(3):26-36. doi: 10.15674/0030-59872025326-36.
15. Нехлопочин О, Вербов В, Чешук І, Карпінський М, Ярьсько О. Biomechanical Analysis of Short-Segment Pedicle Screw Fixation for Ao Type a Fractures at the Thoracolumbar Junction under Extension Loading. *ORTHOPAEDICS TRAUMATOLOGY and PROSTHETICS*. 2025(3):26-36. doi: 10.15674/0030-59872025326-36. [in Ukrainian]

15. Радченко ВО, Куценко ВО, Попов АІ, Карпінський МЮ, Карпінська ОД. Моделювання варіантів транспедиклярної фіксації грудного відділу хребта при резекції одного–трьох хребців. *Травма*. 2017;18(5):95–102. doi:10.22141/1608-1706.5.18.2017.114125
- Radchenko VA, Kutsenko VA, Popov AI, Karpinskyi MY, Karpinska OD. Modeling the variants of transpedicular fixation of the thoracic spine in the resection of one-three vertebrae. *Trauma*. 2017;18(5):95–102. doi: 10.22141/1608-1706.5.18.2017.114125. [in Ukrainian]
16. Радченко ВО, Попсуйшапка КО, Яресько ОВ. Дослідження напружено-деформованого стану моделі хребта для різних методів хірургічного лікування груднопоперекових вибухових переломів (частина перша). *Ортопедія, травматологія і протезування*. 2017;1:27–33. doi:10.15674/0030-59872017127-33
- Radchenko V, Popsuishapka K, Yaresko O. Investigation of stress-strain state in spinal model for various methods of surgical treatment of thoracolumbar burst fractures (Part one). *ORTHOPAEDICS, TRAUMATOLOGY and PROSTHETICS*. 2017;0(1):27–33. doi: 10.15674/0030-59872017127-33. [in Ukrainian]
17. 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.
18. Dogra S. *SOLIDWORKS Simulation 2025: A Power Guide for Beginners and Intermediate Users: CADArtifex*; 2025.
19. Kurowski PM. *Engineering Analysis with COSMOSWorks 2007*: SDC Publications; 2007. 263 p.
20. Verheyden AP, Spiegl UJ, Ekkerlein H, Gercek E, Hauck S, Josten C, et al. Treatment of Fractures of the Thoracolumbar Spine: Recommendations of the Spine Section of the German Society for Orthopaedics and Trauma (DGOU). *Global Spine J*. 2018;8(2 Suppl):34S–45S. doi: 10.1177/2192568218771668.
21. Giotta Lucifero A, Bruno N, Luzzi S. Surgical management of thoracolumbar junction fractures: An evidence-based algorithm. *World Neurosurg X*. 2023;17:100151. doi: 10.1016/j.wnsx.2022.100151.
22. Cankaya D, Yilmaz S, Devenci A, Dundar A, Yoldas B, Toprak A, et al. Clinical and radiological outcomes of conservative treatment after stable post-traumatic thoracolumbar fractures in elderly: Is it really best option for all elderly patients? *Annals of medicine and surgery* (2012). 2015;4(4):346–350. doi: 10.1016/j.amsu.2015.08.009.
23. Sharif S, Shaikh Y, Yaman O, Zileli M. Surgical Techniques for Thoracolumbar Spine Fractures: WFNS Spine Committee Recommendations. *Neurospine*. 2021;18(4):667–680. doi: 10.14245/ns.2142206.253.

The Role of Intermediate Screws in the Bone-Screw-Rod Construct for A1 Fractures of the Thoracolumbar Junction

Nekhlopochyn O.S.¹✉, Verbov V.V.¹, Cheshbuk Ye.V.¹, Karpinskyi M.Yu.², Yaresko O.V.²

¹SI «Romodanov Neurosurgery Institute of NAMS of Ukraine», Kyiv, Ukraine

²SI «Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology of NAMS of Ukraine», Kharkiv, Ukraine

Summary. Objective. To evaluate the stress–strain state in an A1 fracture of the Th12 vertebra under flexion loading and to compare different configurations of short-segment transpedicular fixation. **Materials and Methods.** A detailed finite element model of the Th9–L5 spinal segment with an A1 fracture of the Th12 vertebral body was developed. Four fixation configurations were analyzed: M1 with short screws without intermediate screws; M2 with long screws without intermediate screws; M3 with short main screws with additional short intermediate screws placed into the Th12 vertebral body; and M4 with long main screws with additional short intermediate screws placed into the Th12 vertebral body. Flexion was simulated by applying a 350 N load. The evaluation criterion was the equivalent von Mises stress. **Results.** In the Th12 vertebra, increasing screw length in constructs without intermediate screws led to an increase in stress from 1.6 to 2.3 MPa, whereas in constructs with intermediate screws stress remained at 1.6–1.7 MPa. In the L1 vertebra, changes were minimal. At the vertebral endplates, stress at the inferior endplate of Th11 ranged from 1.9 to 2.1 MPa, while at the superior endplate of L1 stress decreased from 8.3 to 7.7 MPa. At the screw entry zones, stress in the Th11 pedicle decreased from 8.0 to 5.6–5.7 MPa; at the Th12 pedicle it remained approximately 2.1 MPa; at the L1 pedicle, stress increased with long screws from 10.3 to 11.1 MPa regardless of the presence of intermediate screws. In the rods, the use of intermediate screws increased stress by nearly 2.2 times—from 170–172 to 380–383 MPa. **Conclusions.** Intermediate screws provide local stress reduction and stabilization of the injured level but increase stress in the rods. Fixation strategy should therefore be individualized: M3–M4 are preferable when prioritizing protection of the bone–screw interface and the fracture zone, whereas M1–M2 may be chosen when minimizing rod loading is critical, with careful selection of caudal screw length.

Key words: A1 fracture; thoracolumbar junction; transpedicular fixation; intermediate screws; finite element analysis; flexion.

Результати хірургічного лікування хворих з ротаторною артропатією першої стадії за Хамада

Страфун С.С.¹, Богдан С.В.¹✉, Лєсков В.Г.¹, Гофман М.П.¹

Резюме. Вступ. Лікування ротаторної артропатії плечового суглоба (ПС) є складною та невирішеною проблемою, особливо у пацієнтів молодого віку. Мета роботи – порівняти результати різних варіантів хірургічного лікування хворих з ротаторною артропатією плечового суглоба 1 ст. за Хамада. **Матеріали і методи.** До дослідження ми включили 121 хворого з ротаторною артропатією ПС 1 ст. за Хамада. Вік пацієнтів складав від 45 до 75 років. Середній вік $60,9 \pm 16,2$ роки. Хворих було розподілено на 2 групи залежно від виконаного хірургічного втручання: група 1 – шов сухожилків РМП (відкрито чи артроскопічно); група 2 – шов сухожилків РМП (надостьового та (або) підлопаткового) та відновлення верхньої капсули трансплантатом з сухожилка довгої голівки біцепса чи широкої фасції стегна в 8 шарів (відкрито чи артроскопічно). **Результати.** Через 12 міс. після операції у групі, де виконували артроскопічний шов сухожилків РМП, середній функціональний результат за шкалою Constant Shoulder Score був кращим, ніж у групі, де виконувався відкритий шов сухожилків РМП ($p=0,063$). У свою чергу в групі, де виконували відновлення верхньої капсули під артроскопічним контролем, середній функціональний результат за шкалою Constant Shoulder Score був кращий ніж у групі, де виконували відкрите відновлення верхньої капсули ($p=0,055$). **Висновки:** Середні короткострокові результати (6-12 міс.) у хворих обох груп з ротаторною артропатією ПС 1 ст. за Хамада після оперативного втручання за шкалами Constant Shoulder Score та ВАШ, незалежно від варіанту виконаного оперативного втручання, були кращими, ніж доопераційні показники.

Ключові слова: ротаторна манжета плеча, ротаторна артропатія, сухожилок надостьового м'яза, плечовий суглоб.

Вступ

Лікування ротаторної артропатії плечового суглоба (ПС) є складною та невирішеною проблемою, особливо у пацієнтів молодого віку [1]. Вибір тактики лікування залежить від стадії захворювання, супутньої патології ПС та соматичного стану хворого і може варіюватися від шва сухожилків ротаторної манжети плеча (РМП) до реверсивного протезування ПС [1,2].

В нашій країні кількість досліджень, присвячених ротаторній артропатії ПС, є незначною. Наші західні колеги теж не можуть похвалитися великою кількістю операцій та друківаних робіт щодо цієї нозології. Навіть у всесвітній науковій онлайн-базі медичних статей «PubMed» за запитом «rotator cuff tear arthropathy» за останні 10 років знайдено лише 536 робіт, з яких лише третина присвячена результатам лікування.

На ранніх стадіях ротаторної артропатії (перша та друга стадії за класифікацією Хамада [1–4] або перша та друга стадії за МРТ-класифікацією ротаторної артропатії) зазвичай, виконується відкритий чи артроскопічний шов сухожилків РМП або відновлення верхньої капсули (superior capsule reconstruction) шляхом застосування ауто- чи аллотрансплантатів; у деяких випадках виконується дебрідмент ПС, шов сухожилків РМП, які можна фіксувати без натягу, тенodes сухожилка довгої голівки біцепса з резекцією великого горбка [5–7].

Значна кількість незадовільних результатів шва сухожилків РМП (до 25%) [1, 2–4] схиляє хірургів до виконання операції (superior capsule reconstruction), що дозволяє суттєво зменшити натяг сухожилків РМП у ділянці фіксації та збільшити кількість колагену в зоні ушкодження [8–10]. Однак і застосування різноманітних трансплантатів має свої особливості та недоліки, серед яких швидкість перебудови, еластичність, імунологічна відповідь, схильність до інфікування [11–14].

✉ Богдан С.В., www.sergey-mena@ukr.net

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

Згідно з даними літератури, на сьогоднішній день не існує рандомізованих досліджень, які б порівнювали результати хірургічного лікування ротаторної артропатії ПС на ранніх стадіях.

Мета роботи – порівняти результати різних варіантів хірургічного лікування хворих з ротаторною артропатією плечового суглоба 1 ст. за Хамада.

Матеріали і методи

З 2008 по 2025 роки на базі клініки реконструктивно-відновної хірургії верхньої кінцівки Державної установи «Інститут травматології та ортопедії НАМН України» (м. Київ) було проведено лікування 391 хворого з ротаторною артропатією ПС різного ступеню. З них у 121 хворого була виявлена ротаторна артропатія ПС 1 ст. за Хамада, які були включені до даного дослідження. Вік пацієнтів складав від 45 до 75 років. Середній вік – $60,9 \pm 16,2$ роки.

Хворих було розподілено на 2 групи залежно від виконаного хірургічного втручання: група 1 – шов сухожилків РМП (відкрито чи артроскопічно); група 2 – шов сухожилків РМП (підостового та (або) підлопаткового) та відновлення верхньої капсули трансплантатом із сухожилка довгої голівки біцепса чи широкої фасції стегна у 8 шарів (відкрито чи артроскопічно). Зазвичай, відновлення верхньої капсули виконували в тих випадках, коли було неможливо виконати шов сухожилків РМП без натягу навіть після їх мобілізації. Оскільки було важко передбачити обсяг хірургічного втручання, яке буде виконуватися для кожного конкретного випадку, наше дослідження можна вважати рандомізованим. Загальні характеристики груп наведено в табл. 1.

Як свідчать дані таблиці 1, дані груп порівняння за основними показниками статистично відрізняються несуттєво, що дає можливість більш якісно оцінити результати хірургічних втручань.

Усі хворі перед оперативним втручанням були обстежені клінічно та рентгенологічно; також усім було виконано МРТ-дослідження анатомічних структур ПС, зокрема і жирової дегенерації м'язів РМП у режимах: T1, T2, Pd та Pdfatsat.

Глобальний індекс жирової дегенерації (GFDI) – це показник, що використовується в ортопедії для кількісної оцінки тяжкості жирової дегенерації або жирової інфільтрації в м'язах РМП. GFDI розраховували як середнє значення балів за шкалою Гутальє (від 0 до 4), що присвоюються надостному, підостному та підлопатковому м'язам, які візуалізуються за допомогою МРТ. Вищий GFDI вказує на більш тяжку жирову інфільтрацію та пов'язаний з гіршим прогнозом, включаючи підвищений ризик повторного розриву та зниження функціональних результатів після операції на ротаторній манжеті [1, 7, 9].

У своєму дослідженні оцінку функції ПС ми проводили за шкалами Constant Shoulder Score та ВАШ до оперативного втручання, а також через 6 та 12 міс. після операції.

Критерії включення до дослідження були такими: наявність ротаторної артропатії ПС 1 ст., відсутність переломів проксимального епіметафізу плечової кістки чи лопатки, яку ми визначали як клінічно, так і за допомогою додаткових методів дослідження (ретгенографія, МРТ), виконання стандартного протоколу оперативного втручання та програми післяопераційної реабілітації, огляди пацієнта після оперативного втручання через 6 та 12 міс.

Хірургічна техніка: хворий розміщувався в

Таблиця №1

Основні характеристики груп дослідження

Характеристика	група 1 (n=79)	група 2 (n=42)	p
Варіант хірургічного втручання	Шов сухожилків РМП	Шов сухожилків РМП та відновлення верхньої капсули	
Відкрито	25 (20,7%)	22 (18,2%)	0,03**
Артроскопічно	54 (44,6%)	20 (16,5%)	0,071**
Стать: ч/ж (%)	23 (19%) / 56 (46,3%)	15 (12,4%) / 27 (22,3%)	0,382**
Вік (років)	$55,1 \pm 12,1$	$61,7 \pm 14,9$	0,069*
Середня кількість ушкоджених сухожилків РМП	$2,1 \pm 1,9$	$2,4 \pm 0,5$	0,056*
Глобальний індекс жирової дегенерації (GFDI)	$2,4 \pm 0,5$	$2,3 \pm 1,1$	0,002*
Термін від початку захворювання до операції (міс)	$8,21 \pm 3,91$	$8,77 \pm 4,4$	0,051**
Середня оцінка за шкалою ВАШ до операції (балів)	$5,73 \pm 3,1$	$5,6 \pm 2,8$	0,014*
Середня оцінка за шкалою Constant Shoulder Score до операції (балів)	$49,7 \pm 23,4$	$47,8 \pm 20,1$	0,058*

* – критерій Стьюдента; ** – критерій Манна – Уїтні.

положенні «пляжного крісла»; при артроскопічному варіанті хірургічного лікування застосовували стандартні артроскопічні доступи в ПС. Інтраопераційна діагностика проводилася за допомогою артроскопу діаметром 4,5 мм з нахилом оптики 30°. При відкритих оперативних втручаннях виконували «міні-спліт» доступ до сухожилків РМП (рис. 1).

Всім хворим виконували: дебрідмент ПС, тенотомію сухожилка довгої голівки біцепса (переважно якщо вік хворих був 60 років і більше), дворядний або черезкістковий шов сухожилків РМП або підготовка трансплантату сухожилка довгої голівки біцепса чи широкої фасції стегна, відновлення верхньої капсули ПС зі швом сухожилків РМП без натягу, субакроміальну декомпресію (рис.2).

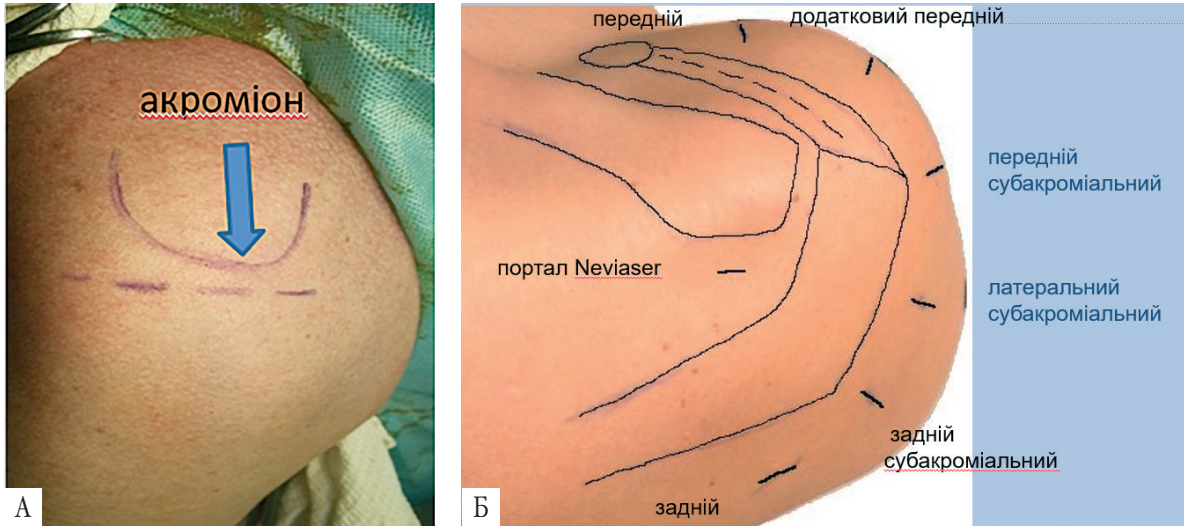


Рис. 1. Доступ до плечового суглоба: а) «міні-спліт»; б) артроскопічні доступи.

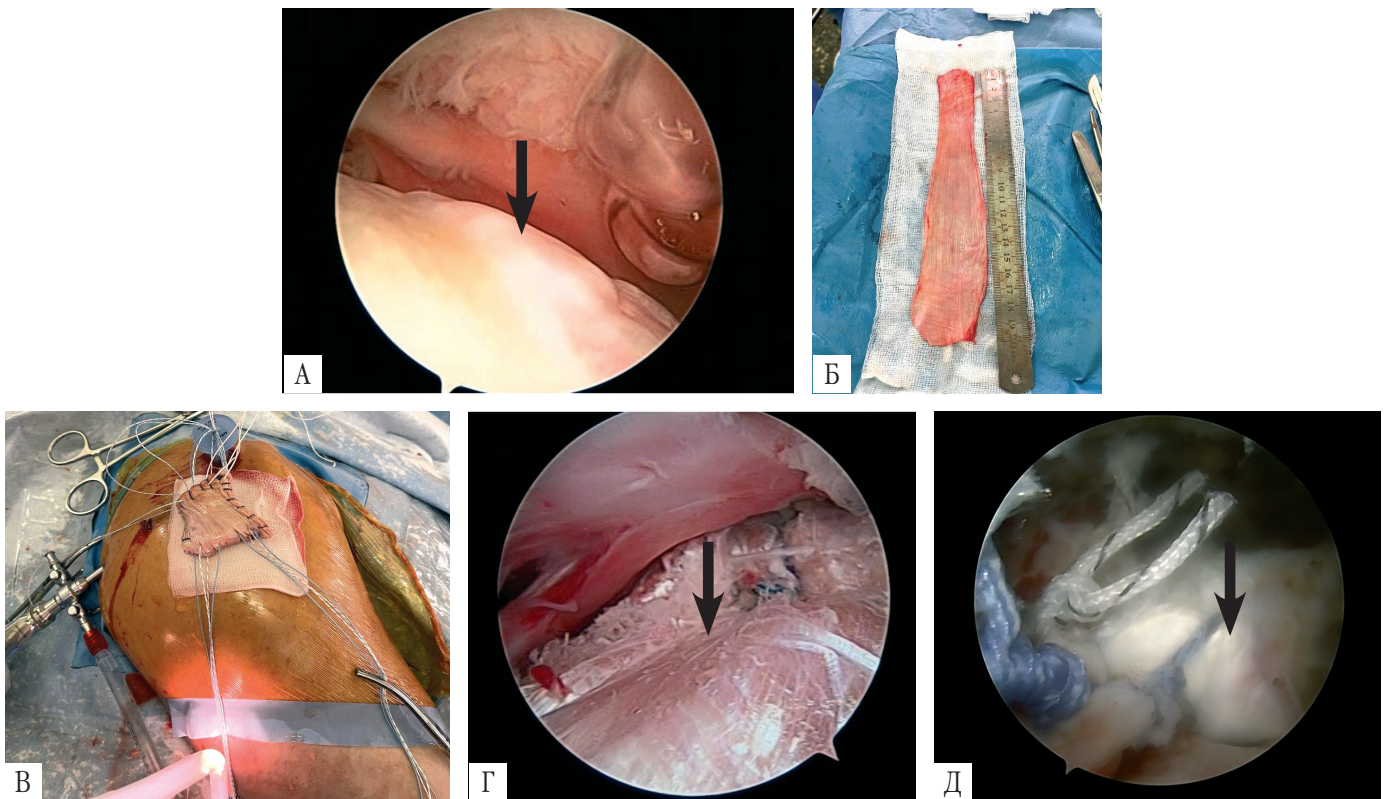


Рис. 2. Етапи хірургічного втручання: а) вигляд великого горбка без сухожилка надостьового м'яза (показано стрілкою); б) вигляд трансплантату широкої фасції стегна після забору; в) трансплантат прошитий на нитки від анкерів; г) трансплантат широкої фасції стегна введено в суглоб та фіксовано до анкерів (показано стрілкою); д) вигляд сухожилка довгої голівки біцепса фіксованого до великого горбка та підшитого до залишків сухожилка надостьового м'яза (показано стрілкою).

Усім хворим в операційній накладали м'яку пов'язку з пристроєм відведення 15° на 6 тижнів. У післяопераційний період призначали знеболювальні 3 рази на добу та протизапальні препарати 1 раз на добу в середньотерапевтичних дозах.

Хворий самостійно заповнював форму з шкалою Constant Shoulder Score та ВАШ. Тест із динамометром хворий виконував до появи больових відчуттів. Контроль правильності виконання всіх тестів шкали Constant Shoulder Score поклали на одного лікаря, який був асистентом під час оперативного втручання. Враховуючи, що частині хворих оперативне втручання виконували відкрито, а частині — артроскопічно, кожному з груп ми розподілили ще на дві підгрупи.

Статистичний аналіз. Статистична обробка даних проводилася за допомогою пакета STATISTICA 12,0 by StatSoft, Inc. of USA (ліцензія № ALXR712D833252FAN3). Для відображення загальної характеристики вихідних параметрів застосували методи описової статистики із зазначенням середнього значення і стандартного відхилення. Для порівняння результатів використовували критерій Стюдента (для порівняння двох груп за умови нормального розподілу показників) і критерій Манна – Уїтні (для порівняння двох або більше груп при аналізі показників, що демонстрували розподіл, відмінний від нормального). Відмінності розподілу двох вибірок оцінювали за допомогою критерію χ^2 .

Результати

У табл. 2 показана оцінка функції ПС за шкалою Constant Shoulder Score у хворих 2-х груп (середній бал) до оперативного втручання, через 6 та 12 міс. після операції.

Аналізуючи дані табл. 2, можна зробити висно-

вок, що до початку лікування середні показники функції ПС в обох групах за шкалою Constant Shoulder Score майже не відрізнялися ($p=0,021$) і коливалися в межах від $43,9 \pm 15,8$ до $53,7 \pm 21$ бала (різниця балів між здоровим та хворим ПС). Через 6 міс. після операції у групі 1а середній функціональний результат за шкалою Constant Shoulder Score був кращим, ніж у групі 1б, де виконувався відкритий шов сухожилків РМП ($p=0,032$). В свою чергу у групі 2а (відновлення верхньої капсули артроскопічно) середній функціональний результат за шкалою Constant Shoulder Score був кращим, ніж у групі 2б (відкрите відновлення верхньої капсули) ($p=0,03$). Порівнюючи дві групи в цілому (даних у таблиці не наведено), можна зробити висновок, що середній функціональний результат за шкалою Constant Shoulder Score в першій групі був кращим, ніж у другій групі ($p=0,039$).

Через 12 міс. після операції у групі 1а середній функціональний результат за шкалою Constant Shoulder Score також був кращим, ніж у групі 1б, де виконувався відкритий шов сухожилків РМП ($p=0,063$). В свою чергу у групі 2а середній функціональний результат за шкалою Constant Shoulder Score був кращий ніж у групі 2б ($p=0,055$). Порівнюючи дві групи в цілому через 12 міс. з моменту оперативного втручання (даних в таблиці не показано), можна зробити висновки, що середній функціональний результат за шкалою Constant Shoulder Score в першій групі був краще ніж у другій групі ($p=0,039$).

За шкалою ВАШ було отримано результати, наведені в табл. 3.

До початку лікування середні показники больового синдрому хворих груп 1 та 2 за шкалою ВАШ незначно різнилися і коливалися в межах від 5 до 6-ти балів ($p=0,93$). Через 6 міс. після операції у групі 1а середній показник за шкалою ВАШ був

Таблиця №2

Середні показники шкали Constant Shoulder Score у хворих груп 1 та 2 в різні терміни спостереження

Терміни обстеження хворих	Група 1 а Шов РМП артроскопічно (балів)	Група 1 б Шов РМП відкрито (балів)	p (1 а та 1 б)	Група 2 а, Відновлення верхньої капсули артроскопічно (балів)	Група 2 б, Відновлення верхньої капсули відкрито (балів)	p (2 а та 2 б)	p (груп 1 та 2)
До початку лікування	48,1±23,8	43,9±15,8	0,071*	53,7±21	48,8±19,4	0,062*	0,021**
Через 6 міс після операції	24,5±16,9	29,1±12,5	0,032*	28,4±14,2	30,1±11,2	0,03*	0,039**
Через 12 міс після операції	18,6±10,9	21,2±15,9	0,063*	20,9 ± 9,1	24,9 ± 12,3	0,055*	0,027**

* – критерій Стюдента; ** – критерій Манна – Уїтні.

**Середні показники візуально-аналогової шкали болю (ВАШ)
у хворих груп 1 та 2 в різні терміни спостереження**

Терміни обстеження хворих	Група 1а Шов РМП ар- троскопічно (балів)	Група 1б Шов РМП від- крито (балів)	p (1а та 1б)	Група 2а, Відновлення верхньої капсули ар- троскопічно (балів)	Група 2б, Відновлення верхньої кап- сули відкрито (балів)	p (2а та 2б)	p (груп 1 та 2)
До початку лікування	5,91±3,1	5,3±1,8	0,014*	5,37±2,1	6,1±3,4	0,072*	0,093**
Через 6 міс після операції	2,4±2,9	2,9±2,5	0,039*	3,4±4,2	3,9±1,2	0,038*	0,056**
Через 12 міс після операції	2,1±0,9	2,2±3,9	0,081*	2,9 ± 2,1	2,9 ± 2,3	0,155*	0,029**

* – критерій Стьюдента; ** – критерій Манна – Уїтні.

кращий ніж у групі 1б і коливався в межах 2,4±2,9 балів, тоді як у групі 1б рівень больового синдрому склав 2,9±2,5 балів (p=0,039). В той же час у групі 2а середній показник за шкалою ВАШ був теж кращий ніж у групі 1б і коливався в межах 3,4±4,2 балів, тоді як у групі 2б рівень больового синдрому склав 3,9±1,2 балів (p=0,038). При порівнянні середніх показників обох груп в цілому (даних в таблиці не показано), можна зробити висновки, що середні показники за шкалою в першій групі були кращими, ніж у другій групі (p=0,056). Через 12 міс. після операції в обох групах середні показники больового синдрому були суттєво меншими ніж до операції, однак у групі 1а середній показник за шкалою ВАШ був кращим ніж у групі 1б (p=0,081), а у групі 2а був майже однаковим з групою 2б (p=0,155). Порівнюючи дві групи в цілому через 12 міс. з моменту оперативного втручання (даних в таблиці не показано), можна зробити висновки, що показники больового синдрому в групі 1 були кращими за показники групи 2 (p=0,029).

Середні короткострокові результати (6-12 міс.) у хворих обох груп з ротаторною артропатією ПС 1 ст. за Хамада після оперативного втручання за шкалами Constant Shoulder Score та ВАШ, не залежно від виконаного оперативного втручання, були краще ніж показники до операції.

Обговорення

Донедавна лікування ротаторної артропатії ПС зводилося до шва сухожилків РМП, які можливо було рефіксувати або протезування ПС тим чи іншим протезом [1,7]. Відновлення верхньої капсули ПС в нашій державі почало виконуватися невеликою кількістю хірургів близько 10 років тому, в зв'язку з цим результати даних операцій були сумнівними та неоднозначними.

У багатьох роботах автори не вказують діагноз «ротаторна артропатія» віддаючи перевагу терміну «невідновний розрив сухожилків РМП» [1,12,14]. З таким терміном ми не можемо погодитись, оскільки невідновного розриву може зазнати і один сухожилок (наприклад, надостьового або підлопаткового м'язів) без трофічних змін у ПС, тоді як термін «ротаторна артропатія» вказує на наявність трофічних змін суглобового хряща, окрім того, при невідновному розриві будь-якого з сухожилків РМП буде відсутня краніальна міграція голівки.

В роботі Ohta S. та співавт. проводилось дослідження результатів відновлення верхньої капсули широкою фасцією стегна з оцінкою результатів в терміни 2 роки і більше у 49 хворих з ротаторною артропатією 1-2 ст. Авторі вказали на покращення функції ПС за різними шкалами та повернення хворих до побутових навантажень за винятком 5 хворих, у яких стався розрив трансплантата [6]. Щоправда автори не вказали товщини трансплантата та спосіб його фіксації.

У дослідженні Thacher R.R. та співавт. проведеному на 30 хворих з ротаторною артропатією, яким було виконано відновлення верхньої капсули широкою фасцією стегна теж вказується на покращення функції ПС. Авторі порівняли як клінічні, так і рентгенологічні результати отримані після операції в терміни від 1 до 5 років з доопераційними показниками та вказали на перебудову трансплантата за даними МРТ у 90% випадків [8]. Однак, мала кількість випадків, відсутність показників товщини трансплантата в кожному з випадків, градації хворих за стадією ротаторної артропатії та жирової дегенерації суттєво зменшують вагу дослідження.

Цікавим та прогресивним, на наш погляд, є дослідження Sohn M.R. та співавт, в якому провівши біомеханічне дослідження на трупному матеріалі, автори довели, що відновлення верхньої капсули

суттєво покращує біомеханіку ПС, зменшує субакроміальний контактний тиск та запобігає верхній міграції голівки плеча, що в свою чергу стабілізує центр обертання ПС. Автори також вказали, що збільшення товщини трансплантату покращує біомеханічні показники субакроміального тиску та навантаження на суглобовий хрящ [10]. В контексті даного дослідження логічним можна вважати і застосування інших аутотрансплантатів, які запобігають верхній міграції голівки плечової кістки, таких як сухожилок довгої голівки біцепса, широка фасція стегна чи їх комбінація або сухожилок напівсухожильного м'яза.

Аналізуючи англomовну літературу, ми знайшли лише кілька робіт, в яких проводиться аналіз та порівняння різних варіантів хірургічного лікування певної стадії ротаторної артропатії, тому наша робота є актуальною.

Сильними сторонами нашого дослідження є чітке виділення групи хворих з ротаторною артропатією 1 ст. за Хамада, їх достатня кількість, що дало можливість виконати відповідну статистичну обробку, а також оцінити результати через рік після операції.

Перспективними напрямками нашого дослідження є оцінка результатів при застосуванні різних методів хірургічного лікування у хворих з іншими більш пізніми стадіями ротаторної артропатії, коли жирова дегенерація м'язів більш виражена.

Висновки

1. Середні короткострокові результати (6-12 міс.) у хворих обох груп з ротаторною артропатією ПС 1 ст. за Хамада після оперативного втручання за шкалами Constant Shoulder Score та ВАШ, незалежно від варіанту виконаного оперативного втручання були кращими, ніж показники до операції.

2. Через 12 міс. після операції у групі, де виконували артроскопічний шов сухожилків РМП, середній функціональний результат за шкалою Constant Shoulder Score був кращим, ніж у групі, де виконували відкритий шов сухожилків РМП ($p=0,063$). В свою чергу у групі, де виконували відновлення верхньої капсули під артроскопічним контролем середній функціональний результат за шкалою Constant Shoulder Score був кращим, ніж у групі, де виконували відкрите відновлення верхньої капсули ($p=0,055$).

Конфлікт інтересів. Автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів.

Інформація про фінансування. Жодної вигоди у будь-якій формі не отримано і не буде отримано.

References

1. Rockwood CA, Matsen FA. Rockwood and Matsen's The Shoulder. 6th ed. Philadelphia: Elsevier; 2022. 1386 p. eBook ISBN: 9780323698368
2. Mizuki Y, Tamai M, Senjyu T, Tkagishi K. Arthroscopic Extreme Medialized Repair for Massive Rotator Cuff Tear: Resection of Cartilage and Subchondral Bone Over the Top of the Humeral Head. *Arthroscopy Techniques*. 2022;11(6):965–70. doi:10.1016/j.eats.2022.01.017.
3. Clifford AL, Hurley E, Anakwenze O, Klifto CS. Rotator Cuff Arthropathy: A Comprehensive Review. *J Hand Surg Glob Online*. 2024;6(4):458–462. doi:10.1016/j.jhsg.2023.12.014
4. Ecklund KJ, Lee TQ, Tibone J, Gupta R. Rotator Cuff Tear Arthropathy. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2007;15(6):340–9. doi: 10.5435/00124635-200706000-00003.
5. Cvetanovich GL, Waterman BR, Verma NN, Romeo AA. Management of the Irreparable Rotator Cuff Tear. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2019;27(24):909–17. doi: 10.5435/JAAOS-D-18-00199.
6. Ohta S, Ueda Y, Komai OJ. Postoperative results of arthroscopic superior capsule reconstruction using fascia lata: a retrospective cohort study. *Shoulder Elbow Surg*. 2024;33(3):686–697. doi: 10.1016/j.jse.2023.07.021.
7. Zafra M, Uceda P. Arthroscopic superior capsule reconstruction using semitendinosus tendon autograft for irreparable rotator cuff tears: Preliminary results. *J Orthop*. 2021;28:107–111. doi: 10.1016/j.jor.2021.11.005.
8. Thacher RR, Heaps BR, Dines JS. Superior Capsule Reconstruction: A Glimpse into the Future? *HSS J*. 2020;16(Suppl 2):503–506. doi: 10.1007/s11420-020-09796-y.
9. Rittenschober F, Ortmaier R. Arthroscopic augmentation techniques for superior capsule reconstruction. *Oper Orthop Traumatol*. 2022;34(1):21–33. doi: 10.1007/s00064-021-00757-0.
10. Cohn MR, Vadhera AS, Garrigues GE, Verma NN. Superior Capsular Reconstruction: Proposed Biomechanical Advantages. *Arthroscopy*. 2022;38(1):20–21. doi: 10.1016/j.arthro.2021.11.011.
11. Sun K, Li Y. Study of arthroscopic superior capsule reconstruction in the treatment of irreparable rotator cuff tears. *Front Surg*. 2023;9:895571. doi: 10.3389/fsurg.2022.895571.
12. Eppler MB, Bolia IK, Tibone JE, Gamradt SC, Hatch GF, Omid R, et al. Superior Capsular Reconstruction of the Shoulder. *Arthroscopy The Journal of Arthroscopic and Related Surgery*. 2021;37(6):1708–10. doi: 10.1016/j.arthro.2021.04.001.
13. Hsu CH, Chiu CH, Weng CJ, Hsu KY, Chan YS, Chao-Yu Chen A. Arthroscopic Superior Capsule Reconstruction Using Autologous Fascia Lata and Biceps Tendon Augmentation. *Arthroscopy Techniques*. 2021;10(6):e1411–5. doi: 10.1016/j.eats.2021.02.004.
14. Furuhashi R, Matsumura N, Oki S, Nishikawa T, Kimura H, Suzuki T, et al. Risk factors of radiographic severity of massive rotator cuff tear. *Scientific Reports*. 2022;12(1):13567. doi: 10.1038/s41598-022-17624-y.

Results of Surgical Treatment of Patients with Stage I Rotator Cuff Arthropathy According to Hamada

Strafun S.S.¹, Bobdan S.V.^{1✉}, Lieskov V.H.¹, Hofman M.P.¹

¹SI «Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine», Kyiv, Ukraine

Summary. Introduction. Treatment of rotator cuff arthropathy (RCA) remains a complex and unresolved problem, particularly in younger patients. **Objective.** The aim of the study was to compare the outcomes of different surgical treatment options for patients with stage I RCA according to Hamada. **Materials and Methods.** The study included 121 patients with stage I RCA according to Hamada. The age of the patients ranged from 45 to 75 years, with a mean age of 60.9 ± 16.2 years. The patients were divided into two groups depending on the surgical intervention performed: group I included patients with rotator cuff tendon repair (open or arthroscopic), while group II comprised rotator cuff tendon repair (infraspinatus and/or subscapularis) combined with superior capsule reconstruction using a graft from the long head of the biceps tendon or fascia lata (eight-layer technique), performed either through an open approach or arthroscopically. **Results.** At 12 months after surgery, patients who underwent arthroscopic rotator cuff repair demonstrated better mean functional outcomes according to the Constant Shoulder Score compared to those who underwent open repair ($p=0.063$). Similarly, in the group where superior capsule reconstruction was performed arthroscopically, the mean functional outcomes according to the Constant Shoulder Score were better than in the group with open reconstruction ($p=0.055$). **Conclusions.** The mean short-term outcomes (6–12 months) in patients of both groups with stage I RCA according to Hamada improved compared to preoperative values, as assessed by the Constant Shoulder Score and VAS, regardless of the surgical technique used.

Key words: rotator cuff; rotator cuff arthropathy; supraspinatus tendon; shoulder joint.

Діагностичні та лікувальні підходи до фізичної терапії при ідіопатичному сколіозі у дітей та підлітків (огляд літератури)

Марциняк С. М.¹, Шматко А. М.²✉

Резюме. У практиці дитячої ортопедії питання сколіотичної деформації хребта є одним із найбільш досліджуваних, оскільки це одна з найпоширеніших проблем, з якою регулярно працюють дитячі ортопеди. Попри поширеність захворювання, існують розбіжності щодо тактики ведення пацієнтів з ідіопатичним сколіозом. Вибір методу лікування та своєчасність його призначення є клінічно значущими, адже без відповідного лікування нерідко відзначається прогресування деформації хребта. Серед усіх методів лікування фізична терапія є важливим компонентом консервативного підходу і застосовується залежно від клінічної ситуації та ступеня деформації. В основі цієї терапії лежить розуміння сколіозу як тривимірної деформації хребта — у фронтальній, сагітальній та горизонтальній площинах. Зважаючи на поширеність різних методик фізичної терапії, лікарі часто стикаються з питанням вибору оптимальної з них. У статті узагальнено дані щодо сучасних методик фізичної терапії при ідіопатичному сколіозі у дітей та підлітків, що сприятиме обґрунтованому вибору, призначенню та моніторингу лікування з метою оптимізації результатів.

Ключові слова: ідіопатичний сколіоз; діти; підлітки; дитяча ортопедія; фізична терапія; консервативне лікування сколіозу; сколіозо-специфічні вправи; Шрот метод; SEAS метод; кут Кобба; кут ротації тулуба (ATR); SRS-22r; скринінг; якість життя.

Ключові слова: ротаторна манжета плеча, ротаторна артропатія, сухожилок надостьового м'яза, плечовий суглоб.

Вступ

Ідіопатичний сколіоз (ІС) — одна з найпоширеніших патологій у практиці дитячого ортопеда. Важливою особливістю перебігу захворювання у дітей та підлітків є ризик прогресування деформації, що може призводити до порушень фізичних, біомеханічних і кардіореспіраторних функцій, а також до психологічних наслідків, що в сукупності істотно впливає на якість життя як дитини, так і в майбутньому вже дорослої людини [1-4].

Згідно з рекомендаціями Міжнародного наукового товариства з ортопедичного та реабілітаційного лікування сколіозу (The International Society on Scoliosis Orthopaedic and Rehabilitation Treatment (SOSORT)), тактика ведення ІС залежно від ступеня вираженості деформації та віку дитини (і, відповідно, потенціалу росту) включає фізичну терапію (ФТ), корсетотерапію та хірургічне

лікування, а також комбінації цих трьох методів [5]. Важливе місце в комплексному веденні хворих з ІС посідає ФТ: показання до корсетотерапії та хірургічного лікування є більш чітко окресленими, тоді як ФТ може застосовуватися як основний або допоміжний компонент лікування залежно від клінічної ситуації [4-5]. Таким чином, ФТ може та повинна застосовуватися при всіх ступенях сколіозу. Критерієм початку фізичної терапії є встановлення діагнозу сколіозу (тобто наявність на рентгенограмі викривлення хребта у фронтальній площині від 10 градусів і більше за Коббом). Водночас слід пам'ятати про дотримання етапності лікування: при куті викривлення понад 20 градусів (згідно з українським протоколом) або 25 градусів за Коббом (згідно з рекомендаціями Міжнародного товариства з дослідження Сколіозу – Scoliosis Research Society (SRS)) необхідним є призначення корсетотерапії, а викривлення від 45 градусів і більше вже є показанням для розгляду питання про хірургічне лікування. У разі відмови від операції, задля сповільнення прогресування сколіотичної деформації, методом вибору є поєднання

✉ Шматко А.М., workpostservice@gmail.com

¹НУОЗ України імені П.Л. Шутика, Україна, Київ

²НДСЛ «Охматдит» МОЗ України, Україна, Київ

корсетотерапії (до завершення росту дитини) та тривалої ФТ (постійно).

Мета: визначити основні діагностичні критерії ІС у дітей та підлітків, а також провести описовий порівняльний аналіз методик ФТ для оцінки їхньої ефективності в межах оглядової роботи.

Матеріали та методи

Проведено нарративний огляд літератури з аналізом публікацій, отриманих у базах PubMed, Scopus, Web of Science та Cochrane Library. Ключовими словами пошуку були «підлітковий», «ідіопатичний», «сколіоз», «фізична терапія». Для аналізу ефективності фізичної терапії (зміна кута Кобба, зміна кута ротації тулуба – trunk rotation angle (ATR), оцінка впливу на якість життя пацієнтів (QoL)) включали публікації за останні 10 років. Класичні та консенсусні джерела, що описують методи вимірювання (кут Кобба, Perdriolle), підходи до морфологічної оцінки та базові концепції фізичної терапії, використовувалися як довідкові незалежно від року публікації. Були обрані систематичні огляди, рандомізовані контрольовані дослідження (РКТ), метааналізи та клінічні настанови (SOSORT), доступні у відкритому доступі, в яких оцінювався ефект від ФТ у підлітків з ІС легкого (10–25 градусів за Коббом), помірного (25–45 градусів за Коббом) та важкого ступеня (понад 45 градусів за Коббом, згідно з міжнародною класифікацією сколіозу).

Основним критерієм порівняння було обрано динаміку зміни кута сколіотичної деформації (за Коббом). Також додатково оцінювали такі показники, як кут ротації тулуба та вплив на якість життя пацієнтів (QoL) за шкалою SRS-22r, розробленою та рекомендованою до використання міжнародною Спільнотою з дослідження сколіозу [6, 7]. Для оцінки рівня доказовості використовувалася система Оксфордського центру доказової медицини (Oxford Centre for Evidence-Based Medicine (OCEBM)) [8]. Отримані дані узагальнено і представлено у формі таблиці. Критерієм ефективності лікування вважали відсутність прогресування сколіозу [9]. До аналізу не включалися публікації з недостатнім описом методології, відсутністю об'єктивних критеріїв оцінки ефективності або неповними клінічними даними.

Результати

У базі даних PubMed за ключовими словами було отримано 89 результатів (серед них 41 систематичний огляд і метааналіз, 48 РКТ). У базі даних

Cochrane Library знайдено 1 кокранівський огляд та 74 дослідження. У базі даних Scopus за ключовими словами було отримано 25 результатів (серед них 8 систематичних оглядів та метааналізів). У базі даних Web of Science за ключовими словами в пошуку було отримано 52 результати (серед них 12 систематичних оглядів та метааналізів). Після перевірки на відповідність критеріям включення було відібрано 14 систематичних оглядів і метааналізів, з яких після аналізу (з урахуванням можливості повторення досліджень) для підсумкової оцінки обрали 10 досліджень.

Діагностика і моніторинг деформації

У 1948 році американський ортопед Джон Роберт Кобб запропонував метод вимірювання ступеня сколіозу та кіфозу. Метод вимірювання за Коббом залишається основним рентгенологічним показником кількісної оцінки фронтальної деформації та найбільш уживаною кінцевою точкою у клінічних дослідженнях. Проте для більш комплексної оцінки стану здоров'я пацієнтів наразі використовується й низка інших методик [10].

• Клінічне обстеження

Тест Адамса (тест нахилу вперед). Заснований на взаємозв'язку асиметрії тулуба з ротацією хребта. Він є дуже простим у виконанні та має високу чутливість і специфічність, особливо для деформацій понад 20 градусів за Коббом. Додатково під час його виконання можна використовувати сколіометр для оцінки кута ротації тулуба (ATR).

Клінічний огляд. Передбачає: оцінку асиметрії надпліч, лопаток, трикутників талії, висоти стегон, дисбалансу тулуба, порушення сагітальних викривлень і ротаційні явища (виступ ребер, поперековий виступ), обстеження з використанням виска. Також деякі автори розраховували передній та задній індекси асиметрії тулуба (Anterior Trunk Asymmetry Index (ATSI), Posterior Trunk Asymmetry Index (POTSI)) [6].

• Інструментальні методики

Окрім стандартної рентгенографії хребта в передньо-задній проекції (інколи доповнюється боковою проекцією), можна використовувати також МРТ з аксіальним навантаженням [6, 11]. Для оцінки куткових показників деформації рекомендовано використовувати методику Кобба (Cobb), для оцінки апікальної ротації хребця (apical vertebral rotation (AVR)) – методику Педріолле (Perdriolle) [6].

• 3D-діагностика

З розвитком цифрових технологій активно впроваджуються різноманітні нові методики, що

засновані на 3D-скануванні, але через відсутність уніфікованості та систематичності в їх застосуванні їхнє використання дещо обмежене.

• **Оцінка якості життя**

Найбільш поширеною шкалою для оцінки якості життя є SRS-22r (The Scoliosis Research Society-22r) [6]. Це опитувальник, який охоплює 5 параметрів: біль, функції, психічне здоров'я, самооцінку та задоволення від лікування [7]. Інколи можуть застосовуватися й інші шкали (Pediatric Quality of Life Inventory (PedsQL), EuroQol 5-Dimensions Youth (EQ-5D-Y)) [6].

Сучасні методики фізичної терапії

Наразі у світі виділяють сім основних шкіл фізичної терапії, які спеціалізуються на лікуванні сколіозу. Всі вони об'єднані між собою трьома базисними елементами: тривимірною самокорекцією, повсякденними тренуваннями та стабілізацією скорегованої постави [12].

Методика Катаріни Шрот (The Schroth method). Цей метод фізичної терапії сколіозу є одним із найбільш поширених та найбільш досліджених у світі. Основними принципами Шрот-терапії є: активна 3D-корекція постави, коригувальне дихання та корекція постурального сприйняття. У класифікації Шрот використовується принцип поділу тіла людини на «блоки тіла». 3D-корекція постави досягається за допомогою таких елементів, як автовитягування (деторсія), прогин (дефлексія), деротація, ротаційне дихання та стабілізація.

Методика лікування сколіозу, заснована на вправах із науковим підходом (The Scientific Exercise Approach to Scoliosis (SEAS)). Спирається на найбільш актуальні наукові дослідження. Головним принципом є техніка сколіозоспецифічної активної самокорекції, без участі жодних допоміжних засобів. Головними цілями є збільшення стабільності хребта, збереження фізіологічної сагітальної орієнтації, розвиток постуральної рівноваги, розірвання «порочного кола» прогресування сколіозу, а також покращення життєвої ємності легень та загалом якості життя [12].

Барселонська школа фізичної терапії сколіозу (The Barcelona Scoliosis Physical Therapy School (BSPTS)). Основні принципи запозичені зі Шрот-терапії. Велике значення надається залученню когнітивних та сенсорно-моторних механізмів у самокорекції сколіотичної деформації. Ця методика може використовуватися для лікування не лише ІС, а й деяких форм вродженого сколіозу та хвороби Шоермана-Мау [12].

Методика Добомед (The Dobomed method). У цьому випадку методика самостійної 3D-корекції

акцентується на асиметричній мобілізації первинної дуги, але при цьому початкова позиція повинна бути строго симетричною [13]. Головною особливістю методу є те, що етап активної самокорекції відбувається в положенні дитини з нахилом тулуба вперед. В одному з досліджень вказується на наявність покращення респіраторної функції при використанні даної методики порівняно із симетричними корекційними вправами [14].

Функціональна індивідуальна терапія сколіозу (Functional Individual Therapy of Scoliosis (FITS)). У цій методиці, окрім фізичної терапії, робиться акцент також на важливості розуміння пацієнтами своєї проблеми шляхом їхнього активного навчання. Використовуються вправи для корекції та стабілізації сколіотичної деформації (сенсорно-моторне балансування, дихальні вправи, активні корекційні вправи) [12].

Методика бокового зсуву (Side Shift). В основі методики лежить теорія про те, що мобільні деформації можуть бути стабілізовані рухами вбік. Корекція вигину хребта спрямована саме на вершину сколіотичної деформації. Пацієнти активно зміщують тулуб вбік від вершини опуклості сколіотичної дуги. У цій методиці також залучаються дихальні вправи для покращення респіраторної функції, особливо з увігнутої сторони сколіотичного викривлення [12].

Методика фіксації, витягування та деротації (Fixation, Elongation, and Derotation (FED)) – відносно нова, але дуже перспективна методика. Головною метою є тривимірна стабілізація хребта шляхом одночасного застосування як витягування, так і деротацію хребта, використовуючи для цього спеціальний механічний пристрій [15].

Характеристика різних методів фізичної терапії наведена в таблиці 1 [16-24].

Отже, в усіх методиках є спільні елементи: активна поступальна 3D-самокорекція, асиметричні активні вправи та коригувальне дихання. Важливим моментом при лікуванні ІС у дітей є активне залучення пацієнтів до лікування шляхом розуміння своєї патології та цілей лікування. Контроль за регулярністю та правильністю виконання фізичних вправ відіграє важливу роль в отриманні найкращого ефекту від лікування.

З урахуванням наведених факторів досить перспективним напрямом підвищення доступності та якості фізичної терапії у дітей з ідіопатичним сколіозом є впровадження телереабілітації з використанням телекомунікаційних технологій як допоміжного компонента комплексного лікування. Результати досліджень свідчать про позитивний ефект результати застосування телереабілітаційних підходів, однак вони потребують подальшого

підтвердження в дослідженнях належної методологічної якості [25].

Клінічна ефективність: ортопедичний аналіз

За даними сучасних досліджень, сколіозоспецифічні програми фізичної терапії (цілеспрямовані комплекси вправ) у пацієнтів із легким і помірним ідіопатичним сколіозом асоціюються зі зменшенням або стабілізацією кута деформації та покращенням показників якості життя. Фізичну терапію застосовують як самостійний метод на ранніх етапах, так і в складі комбінованого консервативного лікування (зокрема в поєднанні з ортезуванням) залежно від клінічної ситуації та потенціалу росту [5, 17–20, 26–30]. В дослідженнях особлива увага приділяється ефективності саме Шрот-терапії та залежності результату лікування від величини деформації та тривалості терапії. Дуже важливими для отримання найкращого ефекту є раннє виявлення та ранній початок лікування, що відображено у залежностях ефективності лікування як від величини деформації, так і від ступеня скелетної зрілості па-

цієнтів з ІС [5, 31]. У пацієнтів із кутом деформації від 10 до 30 градусів за Коббом розмір ефекту (PE) (effect size, ES) від Шрот-терапії становив 1,07, тоді як при деформаціях з кутом від 30 до 50 градусів він був на 37% нижчим і становив 0,67, а при деформаціях понад 50 градусів на 45% нижчим і становив 0,59 [31]. Для отримання кращого результату від ФТ лікування повинно тривати понад 1 місяць (з подальшим продовженням понад 6 місяців), бо при тривалості лікування менше ніж 1 тиждень PE становив 0,38, а при тривалості понад 1 місяць був вже 0,57 (тобто на 50% більше) [31]. Щодо тривалості заняття з фізичної терапії, то оптимальними є заняття по 60 хвилин; збільшення тривалості не дає покращення результату [4]. Щодо тривалості курсу – зменшення кута деформації відбувається упродовж перших 12 тижнів занять [4, 19, 31].

Водночас деякі дослідники зазначають, що наявні докази ефективності сколіозоспецифічної терапії є недостатніми [16, 32–36]. Також необхідні подальші дослідження щодо впливу віку пацієнта, ступеня скелетної зрілості та величини деформації на ефективність ФТ [1, 32, 37–38].

Таблиця №1

Характеристика різних методів фізичної терапії

Методика	Дослідження	Сумарна кількість пацієнтів (у включених дослідженнях)	Вік пацієнтів, років	Термін оцінки	Вплив на кут Кобба	Вплив на ротацію тулуба (ATR)	Вплив на якість життя (QoL)	Рівень доказовості (ОСЕВМ)
Schroth	Baumann, 2024	2083	12–14	2–34 місяці	-2,5°	Без статистично значимого покращення	Без статистично значимого покращення	1 а
Schroth	Jiang, 2025	1289	10–18	3–48 місяців	-2,3°	-2,79°	MD=0,48 (SRS-22r)	1а
Schroth	Chen, 2024	538	10–26	2–6 місяців	-3,32°	-2,24°	SMD = 2.80	1 а
Schroth	Peng, 2024	778	9–18	2–24 місяці	-3,48°	Не оцінювалося	Не оцінювалося	1 а
SEAS	Wang, 2024	1069	10–25	2–26 місяців	-4,09°	-2,69°	MD= 3,17 (SRS-22r)	1 а
BSPTS	Zapata, 2019	49	11–14	12 місяців	+0,5°	Не оцінювалося	Не оцінювалося	2 b
Dobomed	Dobosiewicz, 2006	152	7–21	18–63 місяці	+5,12°	+3,42°	Не оцінювалося	4
FITS	Trzcińska, 2020	60	11–15	3 тижні	-4,87°	Не оцінювалося	Не оцінювалося	1 b
FED	Trzcińska, 2020	60	11–15	3 тижні	-13,39°	Не оцінювалося	Не оцінювалося	1 b
Side Shift	Maruyama, 2003	320	12–21	Дані не наведено	0°	Не оцінювалося	Не оцінювалося	2 b

Примітка: від'ємні значення відображають зменшення показника, додатні – збільшення (прогресування).

Обговорення

Таким чином, основним діагностичним критерієм оцінки ефективності фізичної терапії в лікуванні ідіопатичного сколіозу у підлітків є зміна величини кута сколіотичної деформації за Коббом, що обумовлює його домінування як кінцевої точки в більшості досліджень, присвячених фізичній терапії при даній патології. Для комплекснішої оцінки ефективності лікування доцільно використовувати додаткові критерії, зокрема показники ротації тулуба та оцінку впливу фізичної терапії на якість життя пацієнтів.

Найбільш переконливі результати щодо ефективності фізичної терапії отримано у дослідженнях із застосуванням методик Шрот та SEAS, що пояснює підвищену увагу наукової спільноти та більшу кількість публікацій, присвячених саме цим підходам. Ранній початок та тривале систематичне застосування ФТ під наглядом фізичного терапевта забезпечують вищі показники ефективності. Є обґрунтованою доцільність розвитку програм скринінгу з метою своєчасного виявлення та контрольованого лікування ІС у дітей.

Водночас для уточнення клінічної ефективності та формування уніфікованих рекомендацій необхідні подальші дослідження. Отримані результати відповідають поставленій меті оглядової роботи та підтверджують доцільність застосування фізичної терапії при різних ступенях ідіопатичного сколіозу.

Висновки

Фізична терапія є важливою складовою ортопедичного супроводу дітей із легкими та помірними формами ідіопатичного сколіозу. Найбільш стабільні та відтворювані результати ефективності фізичної терапії у дітей та підлітків описані при застосуванні методик Шрот і SEAS. Раннє виявлення сколіотичної деформації має принципове значення, оскільки безпосередньо впливає на ефективність консервативного лікування.

При помірному та важкому ступенях сколіозу вибір лікувальної тактики повинен здійснюватися мультидисциплінарною командою з урахуванням показань до фізичної терапії, ортезування, хірургічного лікування або їх поєднання.

References

1. Dunn J, Henrikson NB, Morrison CC, Blasi PR, Nguyen M, Lin JS. Screening for Adolescent Idiopathic Scoliosis: Evidence

Report and Systematic Review for the US Preventive Services Task Force. *JAMA*. 2018;319(2):173-187. doi: 10.1001/jama.2017.11669.

2. Paramento M, Passarotto E, Maccarone MC, Agostini M, Contessa P, Rubega M, et al. Neurophysiological, balance and motion evidence in adolescent idiopathic scoliosis: A systematic review. *PLoS One*. 2024 May 22;19(5):e0303086. DOI: 10.1371/journal.pone.0303086.

3. Bertucelli M, Cantele F, Masiero S. Body image and body schema in adolescents with idiopathic scoliosis: A scoping review. *Adolescent Research Review*. 2023;8(1):97-115. Doi: 10.1007/s40894-022-00187-4.

4. Chen J, Xu T, Zhou J, Han B, Wu Q, Jin W, et al. The Superiority of Schroth Exercise Combined Brace Treatment for Mild-to-Moderate Adolescent Idiopathic Scoliosis: A Systematic Review and Network Meta-Analysis. *World Neurosurg*. 2024;186:184-196.e9. doi: 10.1016/j.wneu.2024.03.103.

5. Ma K, Wang C, Huang Y, Wang Y, Li D, He G. The effects of physiotherapeutic scoliosis-specific exercise on idiopathic scoliosis in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *Physiotherapy*. 2023 Dec;121:46-57. Doi: 10.1016/j.physio.2023.07.005.

6. Kotwicki, T.; Negrini, S.; Grivas, T.B.; Rigo, M.; Maruyama, T.; Durmala, J.; et al. Methodology of evaluation of morphology of the spine and the trunk in idiopathic scoliosis and other spinal deformities—6th SOSORT consensus paper. *Scoliosis* 2009, 4, 2.

7. <https://www.srs.org/Research/Patient-Outcome-Questionnaires>.

8. <https://www.cebm.ox.ac.uk/resources/levels-of-evidence/ocbm-levels-of-evidence>.

9. Weinstein SL, Dolan LA, Cheng JC, Danielsson A, Morcuende JA. Adolescent idiopathic scoliosis. *Lancet*. 2008;371(9623):1527-37. doi: 10.1016/S0140-6736(08)60658-3.

10. Kuru Çolak T, Durmuş BB, Saatçı EZ, Çağlar E, Akçay B, Maeso SL. Systematic Review of Clinical Outcome Parameters of Conservative Treatment of Adolescent Idiopathic Scoliosis Patients. *J Clin Med*. 2025;14(4):1063. doi: 10.3390/jcm14041063.

11. Wessberg P, Danielson BI, Willén J. Comparison of Cobb angles in idiopathic scoliosis on standing radiographs and supine axially loaded MRI. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2006;31(26):3039-44. doi: 10.1097/01.brs.0000249513.91050.80.

12. Berdishevsky H, Lebel VA, Bettany-Saltikov J, Rigo M, Lebel A, Hennes A, et al. Physiotherapy scoliosis-specific exercises - a comprehensive review of seven major schools. *Scoliosis Spinal Disord*. 2016 Aug 4;11:20. doi: 10.1186/s13013-016-0076-9. PMID: 27525315; PMCID: PMC4973373.

13. Durmała J, Dobosiewicz K, Kotwicki T, Jendrzek H. Influence of asymmetric mobilisation of the trunk on the Cobb angle and rotation in idiopathic scoliosis in children and adolescents. *Ortop Traumatol Rehabil*. 2003;5(1):80-5.

14. Fabian KM, Rożek-Piechura K. Exercise tolerance and selected motor skills in young females with idiopathic scoliosis treated with different physiotherapeutic methods. *Ortop Traumatol Rehabil*. 2014;16(5):507-22. doi: 10.5604/15093492.1128841.

15. Seleviciene V, Cesnaviciute A, Strucinskiene B, Marcinowicz L, Strazdiene N, Genowska A. Physiotherapeutic Scoliosis-Specific Exercise Methodologies Used for Conservative Treatment of Adolescent Idiopathic Scoliosis, and Their Effectiveness: An Extended Literature Review of Current Research and Practice. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(15):9240. doi: 10.3390/ijerph19159240.

16. Thompson JY, Williamson EM, Williams MA, Heine PJ, Lamb SE, ACTiVATeS Study Group. Effectiveness of scoliosis-specific exercises for adolescent idiopathic scoliosis compared with other non-surgical interventions: a systematic review and meta-analysis. *Physiotherapy*. 2019;105(2):214-234. doi: 10.1016/j.physio.2018.10.004.
17. Jiang Y, Peng H, Song Y, Huang L, Chen H, Li P, et al. Evaluating exercise therapies in adolescent idiopathic scoliosis: a systematic review with Bayesian network meta-analysis. *PeerJ*. 2025;13:e19175. doi: 10.7717/peerj.19175.
18. Chen C, Xu J, Li H. Effects of Schroth 3D Exercise on Adolescent Idiopathic Scoliosis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Children (Basel)*. 2024;11(7):806. doi: 10.3390/children11070806.
19. Peng C, Li D, Guo T, Li S, Chen Y, Zhao L, et al. Efficacy of Different Exercises on Mild to Moderate Adolescent Idiopathic Scoliosis: A Systematic Review and Meta-analysis. *Am J Phys Med Rehabil*. 2024;103(6):494-501. Doi: 10.1097/PHM.0000000000002389.
20. Wang Z, Zhu W, Li G, Guo X. Comparative efficacy of six types of scoliosis-specific exercises on adolescent idiopathic scoliosis: a systematic review and network meta-analysis. *BMC Musculoskelet Disord*. 2024;25(1):1070. doi: 10.1186/s12891-024-08223-1.
21. Zapata KA, Sucato DJ, Jo CH. Physical Therapy Scoliosis-Specific Exercises May Reduce Curve Progression in Mild Adolescent Idiopathic Scoliosis Curves. *Pediatr Phys Ther*. 2019;31(3):280-285. doi: 10.1097/PEP.0000000000000621. PMID: 31220013.
22. Dobosiewicz K, Durmala J, Czernicki K, Piotrowski J. Radiological results of Dobosiewicz method of three-dimensional treatment of progressive idiopathic scoliosis. *Stud Health Technol Inform*. 2006;123:267-72. PMID: 17108438.
23. Trzcńska S, Nowak Z. Analysis of scoliosis deformation in the Zebris computer study as an assessment of the effectiveness of the FED method in the treatment of idiopathic scolioses. *Pol Merkur Lekarski*. 2020;48(285):174-178.
24. Maruyama T, Kitagawa T, Takeshita K, Mochizuki K, Nakamura K. Conservative treatment for adolescent idiopathic scoliosis: can it reduce the incidence of surgical treatment? *Pediatr Rehabil*. 2003;6(3-4):215-9. doi: 10.1080/13638490310001642748.
25. Mantelatto Andrade R, Gomes Santana B, Verttú Schmidt A, Eduardo Barsotti C, Pegoraro Baroni M, Tirrotti Saragiotto B, et al. Effect of traditional rehabilitation programme versus telerehabilitation in adolescents with idiopathic scoliosis during the COVID-19 pandemic: a cohort study. *J Rehabil Med*. 2024;56:jrm5343. doi: 10.2340/jrm.v56.5343.
26. Gámiz-Bermúdez F, Obrero-Gaitán E, Zagalaz-Anula N, Lomas-Vega R. Corrective exercise-based therapy for adolescent idiopathic scoliosis: Systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil*. 2022;36(5):597-608. doi: 10.1177/02692155211070452.
27. Ceballos Laita L, Tejedor Cubillo C, Mingo Gómez T, Jiménez Del Barrio S. Effects of corrective, therapeutic exercise techniques on adolescent idiopathic scoliosis. A systematic review. *Arch Argent Pediatr*. 2018;116(4):e582-e589. doi: 10.5546/aap.2018.eng.e582.
28. Chen Y, Zhang Z, Zhu Q. The effect of an exercise intervention on adolescent idiopathic scoliosis: a network meta-analysis. *J Orthop Surg Res*. 2023;18(1):655. doi: 10.1186/s13018-023-04137-1.
29. Dong H, You M, Li Y, Wang B, Huang H. Physiotherapeutic Scoliosis-Specific Exercise for the Treatment of Adolescent Idiopathic Scoliosis: A Systematic Review and Network Meta-analysis. *Am J Phys Med Rehabil*. 2024;104(1):14-25. doi: 10.1097/PHM.0000000000002524.
30. Büyükturan Ö, Kaya MH, Alkan H, Büyükturan B, Erbahçeci F. Comparison of the efficacy of Schroth and Lyon exercise treatment techniques in adolescent idiopathic scoliosis: A randomized controlled, assessor and statistician blinded study. *Musculoskelet Sci Pract*. 2024;72:102952. doi: 10.1016/j.msksp.2024.102952.
31. Park JH, Jeon HS, Park HW. Effects of the Schroth exercise on idiopathic scoliosis: a meta-analysis. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2018;54(3):440-449. doi: 10.23736/S1973-9087.17.04461-6.
32. Fan Y, Ren Q, To MKT, Cheung JPY. Effectiveness of scoliosis-specific exercises for alleviating adolescent idiopathic scoliosis: a systematic review. *BMC Musculoskelet Disord*. 2020;21(1):495. doi: 10.1186/s12891-020-03517-6
33. Ceballos-Laita L, Carrasco-Uribarren A, Cabanillas-Barrea S, Pérez-Guillén S, Pardos-Aguilella P, Jiménez Del Barrio S. The effectiveness of Schroth method in Cobb angle, quality of life and trunk rotation angle in adolescent idiopathic scoliosis: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2023;59(2):228-236. doi: 10.23736/S1973-9087.23.07654-2.
34. Romano M, Minozzi S, Bettany-Saltikov J, Zaina F, Chockalingam N, Kotwicki T, et al. Therapeutic exercises for idiopathic scoliosis in adolescents. *Cochrane Database Syst Rev*. 2024;2(2):CD007837. doi: 10.1002/14651858.CD007837.pub3.
35. Thompson JY, Williamson EM, Williams MA, Heine PJ, Lamb SE, ACTiVATeS Study Group. Effectiveness of scoliosis-specific exercises for adolescent idiopathic scoliosis compared with other non-surgical interventions: a systematic review and meta-analysis. *Physiotherapy*. 2019;105(2):214-234. doi: 10.1016/j.physio.2018.10.004.
36. Khaledi A, Minoonejad H, Akoochakian M, Gheitasi M. Core Stabilization Exercises vs. Schroth's Three Dimensional Exercises to Treat Adolescent Idiopathic Scoliosis: A Systematic Review. *Iran J Public Health*. 2024;53(1):81-92. doi: 10.18502/ijph.v53i1.14685.
37. Negrini S, Donzelli S, Aulisa AG, Czaprowski D, Schreiber S, de Mauroy JC, et al. 2016 SOSORT guidelines: orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. *Scoliosis Spinal Disord*. 2018 Jan 10;13:3. doi: 10.1186/s13013-017-0145-8. PMID: 29435499; PMCID: PMC5795289.
38. You MJ, Lu ZY, Xu QY, Chen PB, Li B, Jiang SD, et al. Effectiveness of Physiotherapeutic Scoliosis-Specific Exercises on 3-Dimensional Spinal Deformities in Patients With Adolescent Idiopathic Scoliosis: A Systematic Review and Meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil*. 2024;105(12):2375-2389. Doi: 10.1016/j.apmr.2024.04.011.

Diagnostic and Therapeutic Approaches to Physical Therapy for Idiopathic Scoliosis in Children and Adolescents (Literature Review)

Martsyniak S.M.¹, Shmatko A.M.²✉

¹Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

²National Children's Specialized Hospital «Okhmatdyt», Ministry of Health of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Summary. *In pediatric orthopedics, scoliotic spinal deformity is among the most extensively studied conditions, as it represents one of the most common problems encountered in pediatric orthopedic practice. Despite the high prevalence of the disease, there is no consensus regarding the optimal management of patients with idiopathic scoliosis. The choice of treatment modality and the timing of treatment initiation are of particular importance, as inadequate or delayed treatment is often associated with progression of spinal deformity. Among the available treatment options, physical therapy is a key component of conservative management and is applied depending on the clinical presentation and severity of the deformity. This approach is based on the concept of scoliosis as a three-dimensional deformity of the spine in the frontal, sagittal, and transverse planes. Given the wide range of physical therapy techniques, clinicians frequently are faced with the challenge of selecting the most appropriate approach. This review summarizes current physical therapy methods for idiopathic scoliosis in children and adolescents, with the aim of supporting informed selection, prescription, and monitoring of physical therapy in order to optimize treatment outcomes.*

Key words: *idiopathic scoliosis; children; adolescents; pediatric orthopedics; physical therapy; conservative scoliosis treatment; scoliosis-specific exercises; Schroth method; SEAS method; Cobb angle; angle of trunk rotation (ATR); SRS-22r; screening; quality of life.*

Діабетична остеоартропатія стопи: клініка, діагностика, лікування

Пятковський В.М.¹✉, Харчик В.С.¹, Лазаренко Г.М.¹

Резюме. Діабетична остеоартропатія (ДОА) стопи нині є достатньо частим ускладненням цукрового діабету (ЦД). Викладена клініко-рентгенологічна діагностика ДОА, класифікації стадійності та локалізації ураження, принципи консервативного та хірургічного лікування.

Ключові слова: цукровий діабет, стопа, діабетична остеоартропатія.

Остеоартропатія – неінфекційне руйнування кістки та суглобових кінців, яке проявляється остеолізом, гетеротопічною осифікацією парартикулярних тканин, множинними переломами з утворенням вільних кістково-хрящових фрагментів, збільшенням об'єму та деформацією ураженого суглоба при відсутності больової симптоматики та клінічно значущого обмеження рухів. У пацієнтів із цукровим діабетом (ЦД) найчастішою локалізацією остеоартропатії є стопа та гомілковостопний суглоб; у класифікаціях їх об'єднують у єдину нозологію – діабетичну остеоартропатію (ДОА) стопи [1, 2]. Основним етіологічним чинником ДОА є соматична та автономна нейропатія, властива хворим на ЦД, і в цьому аспекті ДОА не відрізняється від інших неврогенних артропатій.

Ще кілька десятиліть тому нейрогенна остеоартропатія у хворих на цукровий діабет зустрічалася у 0,1 % випадків, однак нині вона з клінічної казуїстики перетворилася на найчастішу серед усіх нейрогенних артропатій. Серед хворих на діабет ДОА реєструють у 13–16% випадків [3].

Дебют та перебіг ДОА стопи стають причиною діагностичних помилок через збільшення об'єму ураженого суглоба, локальну гіперемію та гіпертермію. Такий стан розцінюють як хірургічну інфекцію, і відповідні маніпуляції (пункція, розтин та дренажування) спричиняють інфікування ділянки артропатії, що робить прогноз щодо збереження кінцівки несприятливим. Перебіг патологічного процесу за відсутності адекватного лікування призводить до деформування стопи та виникнення трофічних виразок у місцях кісткових виступів, причому у хворих із нейропатією наявність деформації стопи збільшує ризик виникнення виразки у 36 разів [4].

ДОА розпочинається з набряку та гіперемії, зазвичай після травми стопи або гомілковостопного суглоба. Травма переважно незначна, і часто пацієнт навіть не звертає на неї уваги. Від моменту травми до початку остеоартропатичного процесу може минути кілька місяців. Класична клінічна картина включає набряк та гіперемію в ділянці ураженого суглоба, локальну гіпертермію, що виникають на фоні дистальної полінейропатії та збереженої пульсації периферичних артерій. На момент першого огляду можуть бути деформації стопи та/або виразки в місцях кісткових виступів. ДОА не має переважання за типом ЦД, віком чи статтю пацієнтів. До групи ризику ДОА стопи відносяться пацієнти з анамнезом ЦД понад 10 років, неконтрольованою глікемією, нейропатією, травмою стопи, нефропатією. Диференційну діагностику проводять із тромбозом глибоких вен гомілки, хірургічною інфекцією, подагричним та бактеріальним артритом.

Обстеження пацієнта з ДОА стопи. Проводять повне ортопедичне обстеження, яке завершують дослідженнями стопи. Збільшення склепіння з кігтеподібними пальцями, що утворилися після початку захворювання на ЦД, свідчать про наявність моторної нейропатії. Сплющення склепіння може вказувати на початок остеоартропатії; таких хворих піддають поглибленому рентгенологічному обстеженню.

Досліджують чутливість: тактильну, температурну, вібраційну (градуирований камертон із візуальним контролем). Досліджують рефлекси: колінний, ахіллів. Соматична нейропатія проявляється тремором, гіпотрофією дистальної мускулатури кистей та стоп, погіршенням тактильної, температурної та вібраційної чутливості, зниженням сухожильних рефлексів. Автономна нейропатія проявляється загальним порушенням трофіки (випадіння волосся та зубів) та локальними змінами

✉ Пятковський В.М., piatk1981@gmail.com

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

(відсутність постуральної вазоконстрикції, трофічні зміни нігтів, порушення потовиділення). У випадках синдрому полінейропатії з сумнівним діабетичним генезом додатково проводять електронейрографічне обстеження.

При підозрі на ЦД проводять глюкозолерантний тест, досліджують вміст глюкози в добовій сечі. При вперше встановленому ЦД, або якщо хворий не вживає інсуліну, або за іншими показаннями, досліджують глюкозний профіль.

Рентгенологічне обстеження полягає в оглядовій рентгенографії стопи у двох стандартних проєкціях; наявність девіацій або зміна об'єму є показанням до навантажувальних та функціональних рентгенограм.

Ультразвукове дослідження судин проводять за стандартною схемою при наявності показань.

Клінічне дослідження включає: тест Brodsky, вимірювання температури тіла, локальної температури на симетричних ділянках над ураженим та контрлатеральними суглобами, дослідження вібраційної чутливості на обох нижніх кінцівках.

Тест Brodsky. Підняття кінцівки вище рівня серця усуває гіперемію та зменшує набряк у ділянці ураженого суглоба; гіперемія зникає через 10–15 хвилин, набряк зменшується трохи повільніше. Тест є патогномонічним для неврогенної артропатії за відсутності інфікування, і завжди негативний при бактеріальних артритих.

Вимірювання температури проводять вранці після прокидання хворого, але до вставання з ліжка. Температуру тіла вимірюють ртутним термометром у пахвовій ділянці, локальну шкірну температуру в симетричних ділянках над ураженим та контрлатеральними суглобами – електронним термометром.

Вібраційну чутливість досліджують за допомогою градуйованого камертону Rydel–Syfel (128 Гц). На обох браншах камертону розміщені клиноподібні шкали з поділками від 1 до 8. Збудження камертону створює оптичну ілюзію і подвоює зображення шкал, із зниженням амплітуди роздвоєння поволі зникає. При закритих очах пацієнт інформує лікаря, коли він перестає відчувати вібрацію. В цей момент відмічають показання шкали, дослідження повторюють мінімум тричі, показання усереднюють. У нормі показник повинен бути вище 6; якщо показник не перевищує 5, це підтверджує наявність сенсорної нейропатії. Для дослідження використовують точки: нігтьову фалангу 1-го пальця стопи, дорсальну поверхню 1-го променя стопи, медіальну кісточку, латеральну кісточку, середину великогомілкової кістки.

За сукупністю об'єктивних ознак та параклінічних даних встановлюють діагноз синдрому діабетич-

ної стопи та визначають форму ураження (нейропатична, ішемічна, змішана). ДОО стопи характерна для нейропатичної форми, менш властива змішаній формі та ніколи не зустрічається при ішемічній.

Серед лабораторних показників вивчають кількість лейкоцитів, ШОЕ, С-реактивний білок, фібриноген В, вміст Са та Р у сироватці крові та добовій сечі, лужну фосфатазу крові.

Клініко-лабораторні критерії ДОО при відсутності інфікування зони ураження мають різну діагностичну цінність і поділяються на обов'язкові (зустрічаються у 100 % випадків), вірогідні (зустрічаються у більшості випадків), додаткові (зустрічаються менше ніж у 50 %).

Обов'язкові ознаки: зниження вібраційної чутливості на обох нижніх кінцівках, локальна гіперемія (позитивний тест Brodsky), локальна гіпертермія, відсутність лейкоцитозу, гіперкальцемія.

Вірогідні: незначне підвищення рівня С-реактивного білка у сироватці крові.

Додаткові: наявність фібриногену В та незначне прискорення ШОЕ.

Клініко-рентгенологічна діагностика ДОО стопи

Рентгенологічна картина ДОО базується на двох рентгенологічних симптомах – остеолізі та гетеротопічній осифікації. **Остеоліз** – це повне розсмоктування кістки без заміщення її будь-якою патологічною тканиною (на відміну від деструкції) або, вірніше, з утворенням на місці зниклої кістки фіброзної рубцевої сполучної тканини [5]. **Гетеротопічна осифікація** – патологічний процес, що гістологічно та рентгенологічно характеризується формуванням кістки (остеоіндукція) в м'яких тканинах, які в нормі не мають остеогенних властивостей [6].

Динаміку перебігу ДОО визначають за класифікацією Eichenholz S.N. у модифікації Shibata [2]. За цією класифікацією виділяють такі стадії:

0 – дорентгенологічна стадія: проявляється набряком, гіперемією, гіпертермією (запропонована Shibata у 1990 р.);

I – стадія розвитку: окрім вищезазначених симптомів, проявляється змінами на рентгенограмі у вигляді переломів, вивихів суглобів стопи;

II – стадія зрощення: проявляється зменшенням гіпертермії, гіперемії та набряку, абсорбуванням малих кісткових фрагментів та консолидацією великих;

III – стадія ремоделювання: характеризується зрощенням фрагментів, згладженням кісткових виступів, остеосклерозом.

0 стадія. Без видимої причини виникає дифузний набряк у ділянці ураженого суглоба,

гіперемія та локальна гіпертермія. Ці явища зазвичай не супроводжуються больовим синдромом. Об'єктивно: ознаки соматичної нейропатії за дистальним типом, позитивний тест Brodsky, локальна гіпертермія ($35,3 \pm 0,1$ °C для ураженої та $32,5 \pm 0,2$ °C для неураженої контрлатеральної ділянки), підвищення рівня Ca в крові (в середньому $3,19 \pm 0,08$ ммоль/л). Рентгенологічні ознаки обмежуються невираженим локальним остеопорозом, ледь помітним ущільненням м'яких тканин навколо ураженого суглоба, гетеротопічною осифікацією капсули (рис. 1).

I стадія. До описаних симптомів додаються остеоліз та гетеротопічна осифікація, котрі перебігають паралельно. Ділянки остеолізу мають стійку тенденцію до збільшення, зливаються в обширні поля, спричиняючи зникнення трабекулярної структури спонгіози. На цьому фоні виникають множинні переломи субхондральної кістки з утворенням

вільних кісткових фрагментів. Суглобові поверхні втрачають свою форму, в суглобах настають зміщення та вивихи. Гетеротопічна осифікація проявляється формуванням кісткових ділянок у капсулі ураженого суглоба на фоні гомогенного посилення щільності параартикулярних тканин (рис. 2).

II стадія. Поступово зменшуються ознаки гострого періоду: зникають набряк та гіперемія, однак суглоб залишається дефігурованим; локальна шкірна температура нормалізується і не відрізняється від температури аналогічної ділянки на протилежній кінцівці; нормалізується також рівень Ca в сироватці крові. Рентгенологічно виявляють зменшення щільності параартикулярних тканин, ділянки гетеротопічної осифікації в капсулі ущільнюються і набувають чітких контурів. Резорбція кісткових фрагментів припиняється, вони починають ущільнюватися і місцями приростати до нефрагментованих суглобових кінців (рис. 3).



Рис. 1. ДОО гомілковостопного суглоба, 0 стадія. На рентгенограмі: набряк тканин в ділянці суглоба, осифікація капсули по передній поверхні; справа – комп'ютерні томограми з відповідних рівнів, порівняння із неураженою контрлатеральною стороною.

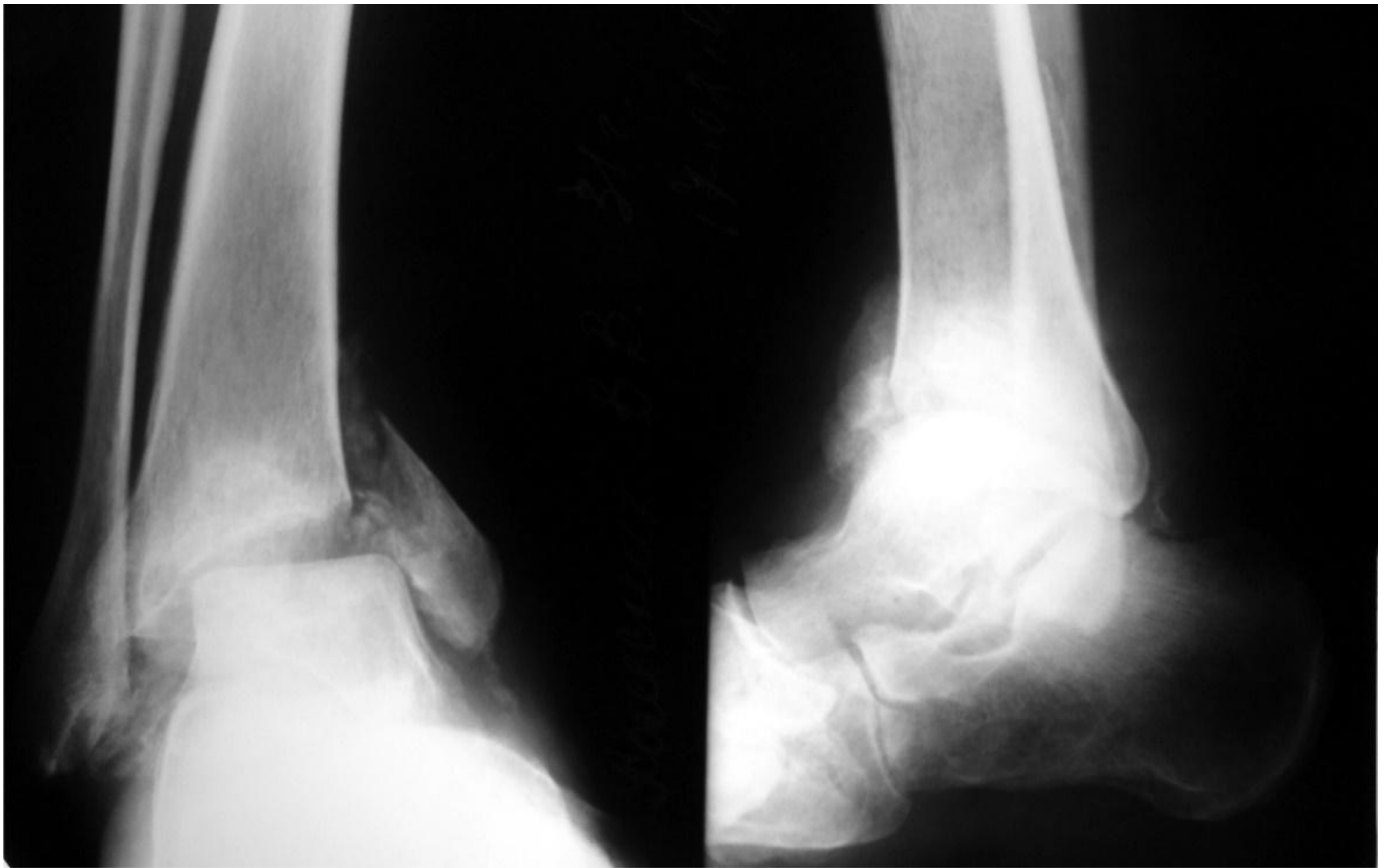


Рис. 2. ДОО гомілковостопного суглоба, I стадія: остеоліз та фрагментація дистального епіметафізу великогомілкової кістки, набряк тканин та ущільнення капсули, посилення гетеротопічної осифікації, варусна

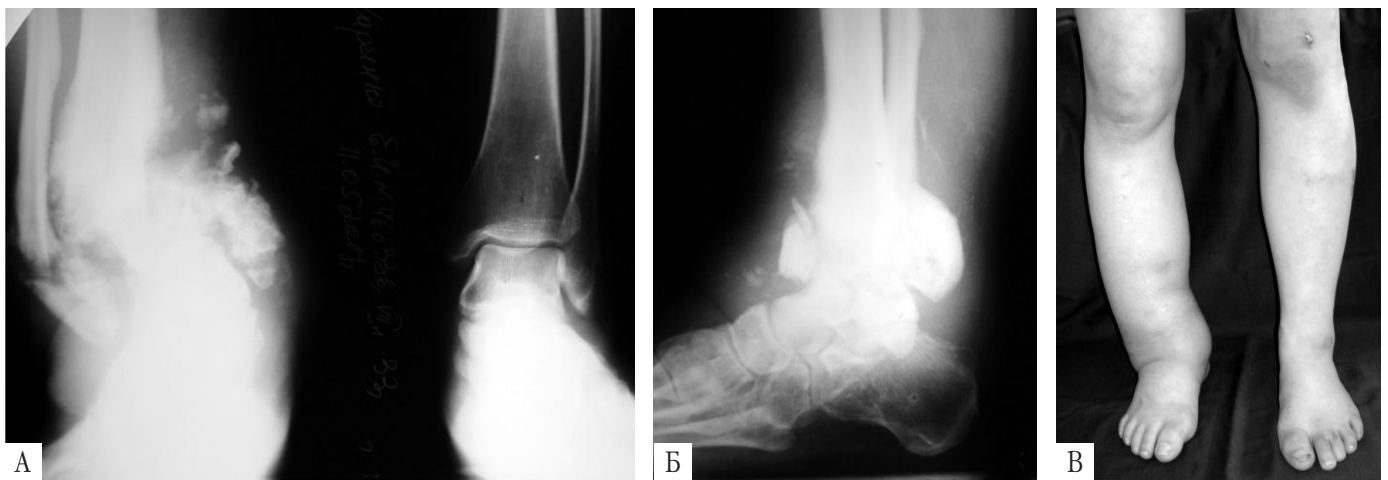


Рис. 3. Локалізацію артропатичного процесу визначають за класифікацією Sanders L.J. та Frykberg R.G. [1].

III стадія. Рентгенологічно параартикулярні тканини набувають нормальної прозорості, зрощені конгломерати кісткових фрагментів ущільнюються, ділянки неструктурованої кістки набувають щільності компактної, проте відновлення трабекулярності так і не стається. Залежно від локалізації ураження формуються типові деформації: на рівні заплесно-плеснового суглоба – плоска стопа з відведенням плесна; човноподібно-клиноподібно-

ного та таранно-човноподібного – стопа-качалка; гомілковостопного – варусна стопа (рис. 4).

Локалізацію артропатичного процесу визначають за класифікацією Sanders L.J. та Frykberg R.G. [1].

Лікування ДОО стопи

У практичному відношенні деталізація стадійності нічого не дає, доречно перебіг ДОО розді-



Рис. 4. ДОО гомілковостопного суглоба, III стадія: а та б – навантажувальні рентгенограми, нормалізація щільності параартикулярних тканин, ущільнення та компактизація вільних фрагментів, фіксована варусна деформація стопи; в – вигляд ураженої кінцівки.

ляти на гострий (0–II стадії) та хронічний (III стадія) періоди. Це дозволяє сформулювати принципи лікування.

Лікування в гострому періоді. Лікування в 0–II стадіях завжди розпочинають із повного розвантаження ураженої кінцівки. За вираженістю гіперемії та локальної гіпертермії рекомендують ліжковий режим протягом 1–2 тижнів; для пересування дозволяють короточасне користування візком. Згодом розвантаження здійснюють за допомогою милиць. З метою запобігання деформації стопу знерухомлюють гіпсовою або пластикою шиною від кінчиків пальців до проксимальної третини гомілки. Щотижня пацієнт проходить огляд та гігієнічну обробку шкіри (миття теплою мильною водою, висушування м'яким бавовняним рушником, обробка проміжків протимікробними та протигрибковими засобами, обрізання нігтів).

Тривалість повного розвантаження визначають індивідуально, орієнтуючись на клініко-рентгенологічну та лабораторну динаміку. Середні строки повного розвантаження становлять 4–6 місяців (від 2 місяців до 1 року). Хронізація процесу є показанням до початку навантаження.

- Антирезорбенти. Показанням до призначення антирезорбентів є активний процес остеолізу (0–I стадії) та гіперкальцемія. Застосовують бісфосфонати та кальцитонін. Перед початком лікування досліджують вміст Ca, P, Mg та креатиніну в сироватці крові, Ca та P у добовій сечі. Проводять гідратацію. Тривалість лікування визначають за клініко-рентгенологічними та лабораторними показниками хронізації процесу.

Існують бісфосфонати для парентерального (препарати золедронової кислоти) та перорального (препарати ризендронової кислоти)

**Класифікація остеоартропатії стопи за
Sanders L.J. та Frykberg R.G., 1993**

Тип	Локалізація	Частота, %	Клініко-рентгенологічні ознаки
I	Передній відділ стопи	35	Атрофічна деструкція, резорбція плеснових кісток та діафізів фаланг; остеоліз, сублюксація у ПлФС, плантарні виразки.
II	Заплесно-плесновий суглоб	30	Сублюксація плеснових кісток, стопа-качалка, плантарні виразки, хронічна нестабільність.
III	Таранно-човноподібний, п'ятково-кубоподібний, човноподібно-клиноподібний суглоби	25	Остеоліз, стопа-качалка, часте поєднання із II типом ураження.
IV	Гомілковостопний суглоб	9	Виражена деструкція суглобових кінців, тяжка деформація та нестабільність, високий ризик високої АНК.
V	П'яткова кістка	1	Відсутність суглобових уражень, патологічний перелом п'яткової кістки.

Примітки: ПлФС – плеснофаланговий суглоб
АНК – ампутація нижньої кінцівки

застосування. Протипоказаннями є гіперчутливість до бісфосфонатів, вагітність, лактація, ниркова недостатність. Ін'єкційні форми готують ex tempore, розчинюючи вміст флакону (4 або 5 мг) у 100 мл фізіологічного розчину. Вводять внутрішньовенно не швидше ніж за 15 хвилин. Можливі побічні реакції у вигляді лихоманки та грипоподібного стану (озноб, погане самопочуття), болю в місці введення, міалгій. Для призупинення остеолізу достатньо однієї інфузії.

Таблетовані препарати ризендронові кислоти (ризендронат натрію) містять рекомендовану дозу 35 мг (1 таблетка), частота прийому – один раз на тиждень. Тривалість лікування, додаткове застосування препаратів кальцію та вітаміну Д3 визначає лікар.

Серед препаратів кальцитоніну найбільш ефективним є кальцитонін лосося, який застосовують ін'єкційно або у вигляді назального спрею. Препарат вводять в/венно крапельно, в/м'язово, підшкірно або інтраназально в дозі 100–200 МО раз на добу. Кількість ін'єкцій або інтраназальних зрошувальних визначають індивідуально. Побічні ефекти та протипоказання ідентичні таким, як при застосуванні бісфосфонатів.

- Препарати вітаміну D та кальцій. Призначають у різних комбінаціях, після нормалізації рівня Са в сироватці крові. Оптимальними є комбіновані препарати, що містять кальцій та вітамін Д3. Лікування проводять під контролем кліренсу Са та Р у крові та сечі кожні 4 тижні. Протипоказання: гіперкальцемія, гіперкальциурія, сечокам'яна хвороба, гіперчутливість до компонентів, ниркова недостатність.

Лікування в хронічному періоді. Метою лікування є профілактика виразкоутворення, корекція некомпенсованих деформацій та неста-

більності. Структуру деформацій та вираженість нестабільності вивчають за навантажувальними та стрес-рентгенограмами, залучаючи за необхідності інші інструментальні методики. Компенсовані деформації підлягають індивідуальному ортотичному забезпеченню (устілки та взуття спеціального призначення).

Індивідуальне ортотичне забезпечення. Конструктивні особливості устілки у хворих на ДАО повинні відповідати таким вимогам: м'який матеріал підвищеної еластичності; створення оптимальних кутових співвідношень між заднім та переднім відділами стопи у всі фази кроку; повна пасивна підтримка склепіння. Такі устілки виготовляють із спеціального матеріалу підвищеної еластичності (Plastazote) з додаванням поглиблень під мозолі та виразки. В основі техніки виготовлення устілки лежить методика, що забезпечує правильне анатомічне положення заднього відділу стопи (ЗВС); відповідно до корегованого положення заднього відділу встановлюють передній відділ стопи. Наслідком цього є більш рівномірний розподіл навантаження по плантарній поверхні стопи та зменшення роботи м'язів гомілки для стабілізації стопи у фронтальній площині. Устілки міняють кожні 6 місяців.

Застосовують взуття спеціального призначення, яке відрізняється від масового м'яким верхом, відсутністю внутрішніх швів, можливістю зміни повноти протягом дня, та конструктивними особливостями підшви (рис. 5). Для профілактики прогресування деформацій рекомендують ортопедичне взуття з жорсткими берцями та зниженою гнучкістю підшви.

Хірургічне лікування. Некомпенсовані деформації підлягають хірургічному лікуванню; спектр



Рис. 5. Гіпсовий позитив стопи та зразки індивідуальних ортопедичних устілок (а); взуття спеціального призначення (б).

втручань: екзостозектомія, корегувальні резекції та артродези, ампутації нижньої кінцівки.

- Екзостозектомія. Виступаючі ділянки скелета стопи, що при навантаженні можуть спричинити утворення виразки, повинні бути видалені.

- Корегувальні резекції та артродези проводять на рівні відповідних суглобів з метою оптимізації положення стопи при навантаженні. Переважна локалізація – суглоби перитаранної зони. Основною проблемою є значний дефіцит кісткової речовини таранної кістки, іноді аж до повного її зникнення. Це спричиняє характерну варусну деформацію стопи, з вистоянням верхівки латеральної кісточки під шкірою (рис. 4). Через це при виконанні артродезів ЗВС у хворих з ДОО обов'язковою є резекція дистального кінця маломілкової кістки. За відсутності інфікування ділянки артропатії найкращим засобом фіксації є ретроградний інтрамедулярний стержень [7].

Методика корегувальної резекції суглобів ЗВС. Роблять латеральний поздовжній доступ від верхівки латеральної кісточки на 4–5 см проксимальніше,; маломілкову кістку виділяють підокістно. Осцилюючою пилкою пересікають маломілкову кістку на 2–3 см проксимальніше суглобової поверхні великогомілкової кістки і видаляють весь дистальний кінець, відкриваючи при цьому гомілковостопний суглоб. Проводять дебридмент суглоба, під час якого видаляють гіпертрофовану синовіальну оболонку, потовщену капсулу з ділянками осифікації, зруйновані суглобові поверхні та вільні кістково-хрящові фрагменти.

Стан таранної кістки є визначальним для подальшої хірургічної тактики. Її мінімальне руйнування та збережене кровопостачання дозволяють провести

резекційний артродез гомілковостопного суглоба. Значний дефіцит кісткової речовини таранної кістки та/або відсутність кровопостачання обумовлюють необхідність великогомілково-п'яткового артродезу. При цьому залишки таранної кістки необхідно видалити. Встановлюють ЗВС у нейтральне положення, проводять внутрішню фіксацію. Варіанти остеосинтезу представлені на рис. 6.

За відсутності ускладнень навантаження розпочинають через 8–10 тижнів після операції, причому наявність стержня достатньо надійно попереджає рецидив деформації навіть при відсутності кісткового зрощення. Застосування інших методик остеосинтезу вимагає додаткової фіксації гіпсовою пов'язкою або ортезом до настання консолидації.

Ускладнення. У переважній більшості ускладнення пов'язані з недотриманням пацієнтами режиму розвантаження оперованої кінцівки,; вони представлені міграцією фіксаторів та інфекцією через перфорацію шкіри фіксаторами. Причинами порушення режиму розвантаження оперованої кінцівки є моторно-сенсорна нейропатія та незадовільний фізичний стан пацієнтів, хворих на ЦД. У зв'язку з цим необхідно до операції встановити можливість розвантаження кінцівки, яку планують оперувати: – пацієнту дають завдання протягом тижня потренуватися в користванні милицями або ходунками. Якщо повноцінне розвантаження кінцівки неможливе, від операції краще утриматися і розглянути інші варіанти лікування. У певних випадках розвантаження оперованої кінцівки може бути проведене за допомогою милиці під коліно, але користування цим ортопедичним засобом також потребує тренування та адаптації.

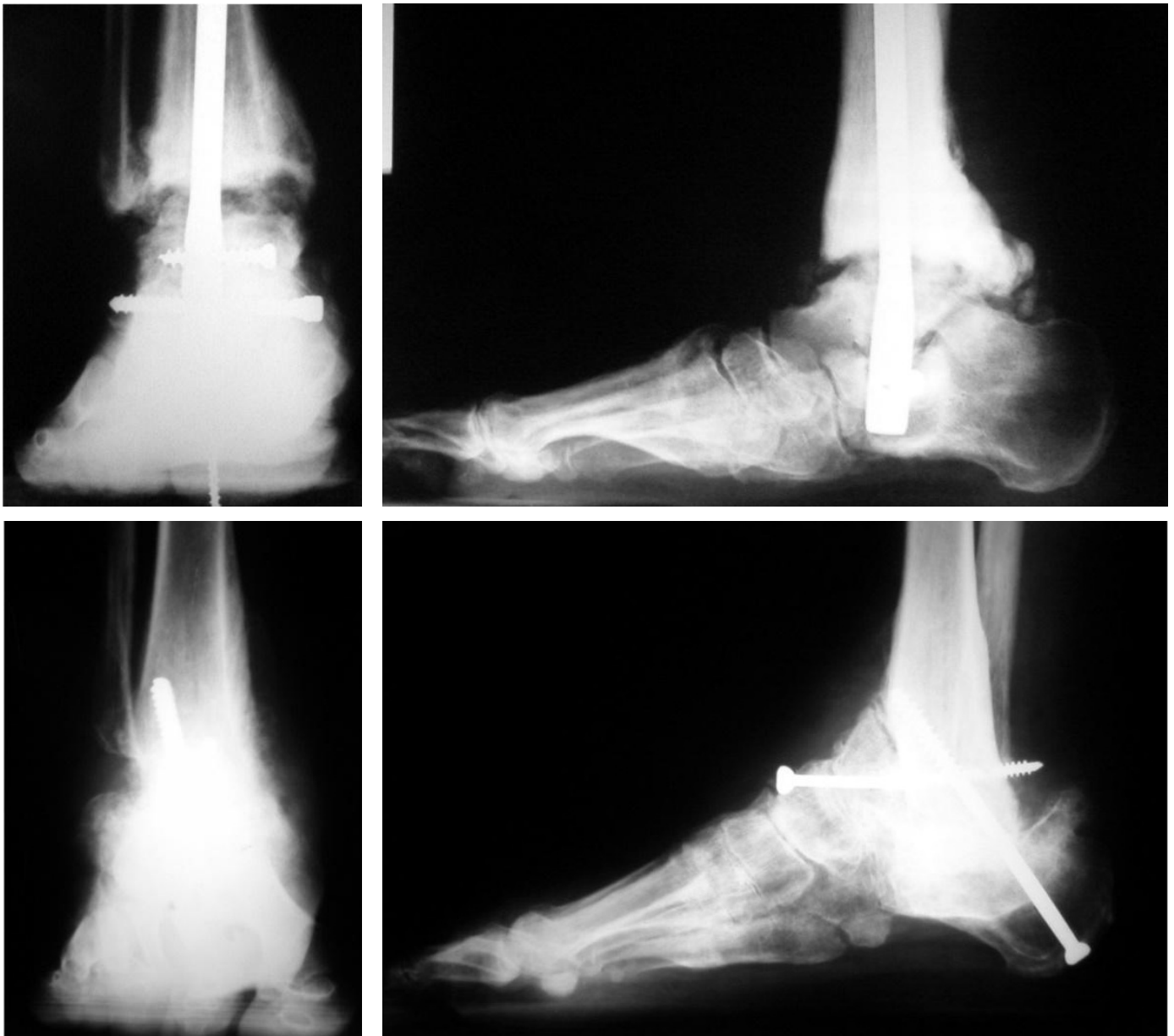


Рис. 6. Варіанти остеосинтезу при реконструкції заднього відділу стопи у хворих на ДОА: а – при збереженні таранної кістки; б – при відсутності або видаленні таранної кістки.

Ампутації є невід'ємною складовою лікування пацієнтів із ДОА стопи; частіше їх виконують у випадках незворотних ускладнень, рідше – як первинну операцію за відсутності перспектив до реконструктивного лікування. Рівень та методику ампутації обирають залежно від конкретної ситуації.

Результати. Згідно з сучасними даними, рівень зрощення досягає 80%; серйозні ускладнення, що закінчуються ампутацією, коливаються в межах 8–9% [8, 9].

Заключення. Перебіг діабетичної остеоартропатії за відсутності лікування закінчується утворенням деформацій стопи, котрі самі по собі або у поєднанні з нестабільністю унеможливають одноопорне навантаження, виступають фактором ризику утворення трофічних виразок та

гнійно-некротичних ускладнень. Вчасне встановлення правильного діагнозу сприяє застосуванню патогенетично обґрунтованого лікування, котре дозволяє зупинити процес остеолізу та попередити інфікування ділянки артропатії. Переваги консервативного лікування (неінвазивність та бюджетність) не можуть попередити прогресування деформації, нестабільності та виразкоутворення. Натомість реконструкція деформованої та нестабільної стопи в хронічному періоді діабетичної остеоартропатії дає перспективу для досягнення опороздатності нижньої кінцівки, хоча й переобтяжена різноманітними ускладненнями, частка яких досягає 40%.

Конфлікт інтересів. Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

References

1. Sanders L.J., Frykberg R.G. Charcot foot // Levin M.E., O'Neal L.W., Bowker J.H. The Diabetic Foot. – 5-th edition. – Mosby Year Book, 1993. – Ch. 7. – P. 149-180.
2. Armstrong DG, Peters EJG. Charcot's arthropathy of the foot. J Am Podiatr Med Assoc. 2002;92(7):390-4. Doi: 10.7547/87507315-92-7-390.
3. Slater RA, Ramot Y, Buchs A, Rapoport MJ. The diabetic Charcot foot. Israel Med Assoc J. 2004;6(5):280-3. PMID: 15151367
4. Armstrong DG, Lavery LA, Harkless LB. Who is at risk for diabetic foot ulceration? Clin Podiatr Med Surg. 1998;15(1):11-19. PMID: 9463765
5. Лагунова ИГ. Рентгеновская семиотика заболеваний скелета. – М.: Медицина, 1966:91.
Lagunova IG. Radiological semiotics of skeletal diseases. М.:Moscow, 1966:91. [in Russian].
6. Корж НА, Дедух НВ. Гетеротопическая оссификация (взгляд на проблему). Ортопедия, травматология и протезирование. 2004;4:89-93.
Korzh NA, Dedukh NV. Heterotopic ossification (view of the problem). Orthopedics, Traumatology and Prosthetics. 2004;4:89-93. [in Russian].
7. Yammine K, Assi C. Intramedullary nail versus external fixator for ankle arthrodesis in Charcot neuroarthropathy: A meta-analysis of comparative studies. J Orthop Surg (Hong Kong). 2019;27(2):2309499019836012. doi: 10.1177/2309499019836012.
8. Cardoso DV, Veljkovic A. General considerations about foot and ankle arthrodesis. Any way to improve our results? Foot Ankle Clin. 2022;27(4):701-722. doi: 10.1016/j.fcl.2022.08.007.
9. Chinnaswamy K, AlSaggaf AM, Khimbele E, Kafagi A-H, Nath U, Mooteeram J, Pillai A. Outcomes of internal, external, and hybrid fixation in hindfoot charcot neuroarthropathy: a descriptive systematic review and single-arm meta-analysis of observational studies. Foot Ankle Int. 2026;47(3):359-369. doi: 10.1177/10711007251405229.

Diabetic Foot Osteoarthropathy: Clinical Features, Diagnosis, and Treatment

Piatkovskiyi V.M.¹✉, Kharchyk V.S.¹, Lazarenko H.M.¹

¹SI «Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine», Kyiv, Ukraine

Summary. Diabetic osteoarthropathy (DOA) of the foot is currently a relatively common complication of diabetes mellitus. The article outlines the clinical and radiological diagnosis of DOA, classifications of disease stages and lesion localization, and principles of conservative and surgical treatment.

Key words: diabetes mellitus; foot; diabetic osteoarthropathy.

ДО 100-РІЧЧЯ ВІД ДНЯ НАРОДЖЕННЯ ПРОФЕСОРА ОЛЕГА ОЛЕКСАНДРОВИЧА БУХТІАРОВА



В березні 2026 р. виповнилося 100 років від дня народження доктора медичних наук, професора Бухтіарова Олега Олександровича, керівника клініки відновного лікування та складного протезування Київського науково-дослідного інституту травматології та ортопедії, одного із видатних організаторів протезно-ортопедичної допомоги в Україні.

О.О. Бухтіаров народився 20 березня 1926 р. в м. Єнакієво Донецької області. Закінчення навчання у школі співпало з початком Великої Вітчизняної війни, фронт якої дійшов до Донбасу. Разом із однолітками він був направлений на будівництво оборонних споруд, а пізніше виконував завдання військової частини, якою і був направлений на навчання в артилерійське училище. Під час служби він зазнав важкого поранення та втратив ногу. Після одужання та протезування він вирішив присвятити своє життя медицині.

По закінченню навчання у Львівському медичному інституті у 1950 р. був направлений на роботу у Волинську область, де працював завідувачим

Оликським райздороввідділом та районним хірургом. В 1952 р. О.О. Бухтіаров зарахований на роботу в Український НДІ протезування (м. Харків), у 1957 р. під керівництвом професорів Котова А.П. та Новаченка М.П. захистив кандидатську дисертацію «Бурсити кукси гомілки, їх лікування та профілактика». З 1958 по 1967 рр. очолював клініку протезування Українського НДІ ортопедії і травматології у м. Харкові.

В 1967 р., після захисту докторської дисертації «Клінічні та функціональні особливості кукс гомілки в зв'язку з протезуванням», він перейшов на роботу в Київський НДІ ортопедії, де очолив клініку відновного лікування та складного протезування. В 1968 р. йому присвоїли звання професора. Основним напрямком наукових розробок О.О. Бухтіарова на довгі роки стала реконструктивно-відновна хірургія з метою підвищення витривалості кукс. Результати цієї роботи знайшли відображення у 225 друкованих працях, методичних рекомендаціях, інформаційних листах. О.О. Бухтіаров запропонував 18 оригінальних методик кістково-пластичних операцій, його технічні розробки вузлів протезних виробів широко використовували в протезній промисловості.

В 1978 р. на Міжнародному конгресі у м. Відень (Австрія) О.О. Бухтіаров виступив із доповіддю, присвяченій застосуванню аллоковпачків для кістково-пластичних операцій на куксах нижньої кінцівки.

О.О. Бухтіаров до останнього дня свого життя був консультантом та очолював медико-технічну раду Київського протезного заводу. За винаходи опорних елементів протезів творчий колектив у 1978 р. відзначили бронзовою медаллю ВДНГ СРСР. Нагороджений орденом Вітчизняної війни та 8 медалями.

17.02.1993 р. Олег Олександрович помер після тривалої хвороби. Він користувався заслуженою повагою та авторитетом серед колег та пацієнтів. Добра згадка про професора О.О. Бухтіарова завжди житиме в серцях співробітників, колег, учнів та пацієнтів.

**Редколегія журналу.
Президія ВГО «Українська Асоціація
Ортопедів-Травматологів»**

НЕКРОЛОГ

ПРОФЕСОР БЕРЕЗКА МИКОЛА ІВАНОВИЧ



З глибоким сумом ортопедо-травматологічна спільнота України сприйняла звістку про смерть Миколи Івановича Березки — доктора медичних наук, професора, завідувача кафедри екстреної та невідкладної медичної допомоги, ортопедії та травматології Харківського національного медичного університету, заслуженого лікаря України, знаного вченого, клініциста, педагога й організатора охорони здоров'я. 29 березня 2026 року він пішов із життя на 71-му році.

Микола Іванович народився 1955 року на Сумщині. Після закінчення Харківського медичного інституту з відзнакою у 1982 році він присвятив усе своє професійне життя ортопедії, травматології та екстреній медичній допомозі. Його лікарський і науковий шлях був нерозривно пов'язаний із Харковом: від лікаря-травматолога та завідувача травматологічного відділення до головного ліка-

ря Харківської обласної клінічної лікарні у 2000–2010 роках, від асистента кафедри — до професора і завідувача кафедри Харківського національного медичного університету.

Професор Березка був висококваліфікованим фахівцем у галузі політравми, реконструктивно-відновної хірургії, ендопротезування, малоінвазивного остеосинтезу та артроскопії. Його наукові інтереси охоплювали також організацію екстреної та невідкладної медичної допомоги, а багаторічна праця сприяла розвитку сучасної ортопедії та травматології в Україні. Він є автором понад 120 наукових праць, винаходів, навчально-методичних видань, підручників, наставником для багатьох поколінь лікарів і молодих науковців.

Вагоме місце в житті Миколи Івановича займала професійна громадська та науково-організаційна діяльність. Він був членом Всеукраїнської громадської організації «Українська асоціація ортопедів-травматологів» та її Харківського обласного осередку, ESTES, SICOT, ISAKOS, AAOS, ВГО «Українська асоціація спортивної травматології, хірургії колінного суглоба та артроскопії», Асоціації превентивної та антиейджинг-медицини, а також членом спеціалізованих учених рад на базі Дніпровського державного медичного університету та Харківського національного медичного університету.

Особливої поваги заслуговує його відданість лікарському обов'язку в найтяжчі для країни часи: від початку повномасштабної війни Микола Іванович залишався в Харкові та продовжував щоденну допомогу пораненим і пацієнтам.

Світла пам'ять про Миколу Івановича Березку назавжди збережеться у серцях колег, учнів, друзів і всіх, кому пощастило працювати та спілкуватися з ним. Його професіоналізм, людяність, мудрість, відданість медицині й українській ортопедії та травматології залишаться гідним прикладом служіння людям і фаху.

Висловлюємо щирі співчуття рідним, близьким, колегам та учням покійного.

Вічна і світла пам'ять.

ПРОФЕСОР АНКІН ЛЕВ МИКОЛАЙОВИЧ



Ортопедо-травматологічна спільнота України зазнала тяжкої втрати — пішов із життя Лев Миколайович Анкін, професор, доктор медичних наук, видатний український вчений і лікар-травматолог, для багатьох поколінь фахівців — Учитель, наставник і провідник у світ сучасної травматології.

Лев Миколайович належав до числа тих особистостей, чий внесок у розвиток української ортопедії та травматології неможливо переоцінити. Він був не лише авторитетним ученим і високопрофесійним клініцистом, а й людиною, яка формувала професійний світогляд своїх учнів, відкривала нові можливості для розвитку фаху та впроваджувала в практику сучасні підходи до лікування травматологічних хворих.

Народившись 12 січня 1936 року, Лев Миколайович пройшов великий і гідний професійний шлях. Після закінчення Казанського медичного інституту у 1959 році він поєднував військову та цивільну медицину, працював на відповідальних клінічних і науково-організаційних посадах, очолював травматологічні підрозділи, був головним

травматологом Київського військового округу, керівником клініки травматології, головним травматологом міста Києва, професором кафедри військової хірургії Української військово-медичної академії. Його діяльність була тісно пов'язана з розвитком сучасної травматологічної служби, удосконаленням методів лікування переломів, політравми, ушкоджень таза та кульшової западини.

Особливе місце в професійному житті Лева Миколайовича посідало впровадження в Україні філософії АО. Наприкінці 1990-х років на базі двох травматологічних відділень Лікарні швидкої медичної допомоги в місті Києві він очолив клініку травматології, яка стала справжнім флагманом ідей та принципів АО, послідовно втілюваних у щоденну клінічну практику. Саме тут формувалася нова культура остеосинтезу, нове хірургічне мислення, новий рівень відповідальності за результат лікування.

Ця клініка стала місцем професійного зростання для великої кількості травматологів з усієї України. До неї приїжджали лікарі, щоб навчатися сучасному остеосинтезу, переймати досвід, клінічну логіку, технічну досконалість і філософію лікування, яку сповідував Лев Миколайович. Для багатьох із них він став не просто викладачем, а справжнім Учителем — вимогливим, мудрим, щирим і глибоко відданим своїй справі.

Показовим свідченням високого рівня створеної ним клініки став візит президента АО Австрії Емануеля Трояна на етапі її становлення. Побачений рівень травматологічної допомоги, організованої за принципами АО, справив на нього надзвичайно сильне враження, і він відзначив, що це єдина клініка такого рівня в Україні. Це визнання стало підтвердженням того, що діяльність Лева Миколайовича була не лише новаторською, а й стратегічно важливою для розвитку всієї української травматології.

Наукова спадщина професора Анкіна є вагомим і багатогранним. Його праці, присвячені остеосинтезу, ендопротезуванню, політравмі, ушкодженням таза та кульшової западини, стали добре знайомими серед фахівців. Його книги — «Остеосинтез металевими пластинами», «Принципи стабільно-функціонального остеосинтезу», «Практика остеосинтезу й ендопротезування»,

«Політравма», «Травматологія — європейські стандарти», «Пошкодження таза і переломи кульшової западини» — стали важливим джерелом знань для багатьох поколінь лікарів. Лев Миколайович активно впроваджував методики малоінвазивного біологічного остеосинтезу, сприяв розвитку ендопротезування та вдосконаленню організації травматологічної допомоги.

Та не менш вагомими за наукові й професійні досягнення були його людські якості. Лев Миколайович був чесною, відкритою, працьовитою людиною з високими моральними принципами. Його вирізняли порядність, доброзичливість, внутрішня гідність, повага до колег, учнів і пацієнтів. У спілкуванні він залишався щирим і доступним, а в

професії — принциповим, вимогливим і безкомпромісним у питаннях якості медичної допомоги.

Світла пам'ять про Лева Миколайовича Анкіна назавжди збережеться в серцях його колег, учнів, друзів і всіх, кому випала честь працювати поруч із ним. Його ім'я назавжди залишиться в історії української ортопедії та травматології як символ професіоналізму, новаторства, гідності та відданого служіння медицині.

Висловлюємо щирі співчуття рідним, близьким, колегам та учням Лева Миколайовича.

Вічна і світла пам'ять.

***ВГО «Українська асоціація
ортопедів-травматологів»
Редакція журналу***

УМОВИ ПУБЛІКАЦІЇ В ЖУРНАЛІ «TERRA ORTHOPAEDICA»

Шановні автори!

Будь ласка, ознайомтеся з детально викладеними вимогами до оформлення статей для публікації в журналі, які складені з урахуванням вимог Наказу № 112 («Про публікування результатів дисертацій на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук») і вимог до видань, включених до «Переліку наукових фахових видань України» згідно з Наказом № 1021 від 07.10.2015 р. Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України.

Усі матеріали повинні бути оформлені відповідно до таких вимог:

1. Рукопис.

1.1. Формат тексту. Рукопис надсилається до редакції в електронному вигляді в форматі MS Word (розширення .doc, .docx, .rtf), гарнітура Times New Roman, кегль 12, інтервал 1,5, поля 2 см по обидві сторони. Виділення в тексті можна проводити тільки курсивом, але не підкресленням. З тексту необхідно видалити всі повторювані пропуски і зайві розриви рядків (в автоматичному режимі через сервіс Microsoft Word «Знайти і замінити»).

1.2. Обсяг тексту рукопису, включаючи список літератури, таблиці, ілюстрації, підписи до них, повинен складати для оригінальних статей 10-12 сторінок формату А4 (до 5000 слів), огляду літератури – 15-18 сторінок, повідомлень про спостереження з практики – 4-6 сторінок, рецензій – 4 сторінки.

Увага! Питання про публікацію в журналі великої за обсягом інформації вирішується індивідуально, якщо, на думку редколегії, вона становить особливий інтерес для читачів.

1.3. Крім наукових статей, журнал публікує матеріали з історії медицини, біографічні нариси і ювілеї, некрологи, дискусійні статті з різних проблем спеціальності, статті про з'їзди, конференції, статті по обміну досвідом, рекламні матеріали, рецензії та ін.

1.4. Мова публікації. До публікації в журналі приймаються рукописи українською або англійською мовами. Метадані статті публікуються двома мовами (українською, англійською). При наборі тексту не перекладайте його дослівно з латиницею важливо відповідно встановлювати її на клавіатурі.

Наприклад, неприпустимо замінювати латинську букву «i» українською літерою «і», незважаючи на візуальну ідентичність.

2. До обов'язкових структурних елементів статті відносяться:

- титульна сторінка;
- резюме;
- ключові слова;
- текст статті (включаючи таблиці, малюнки);
- додаткова інформація;
- література.

2.1. Титульний лист повинен містити подану українською, та англійською мовами наступну інформацію: УДК статті; назва статті; автори – прізвища та ініціали; афіліація авторів. Назва має повноцінно відображати предмет і тему статті, не бути надмірно короткою, але і не містити більше 100 символів. Назва пишеться рядковими літерами, крім великої літери першого слова та власних назв.

2.2. Резюме (реферат) складається двома мовами (українською, англійською). Авторське резюме до статті є основним джерелом інформації у вітчизняних і зарубіжних інформаційних системах і наукометричних базах даних, в яких індексується журнал. Обсяг резюме має становити близько 250 слів або 2000 тисячі знаків. Резюме повинно бути структурованим і включати обов'язкові рубрики: «Актуальність»; «Мета дослідження»; «Матеріали і методи»; «Результати»; «Заклучення». Обсяг розділу «Результати» повинен становити не менше 50% від загального обсягу. В тексті рукопису автори зазначають що дослідження відповідає Гельсінській декларації або стандартам біоетики. Резюме оглядів, лекцій, дискусійних статей складаються у довільній формі.

Текст повинен бути зв'язним, з використанням слів «отже», «більше», «наприклад», «у результаті» тощо. Реферат англійською повинен бути складений грамотно з допомогою електронного перекладача! В англійському резюме слід використовувати активні форми дієслова. Резюме не повинне містити аббревіатур, за винятком загальноприйнятих (наприклад, ДНК), виносков, посилань на літературні джерела.

2.3. Ключові слова (Keywords). Необхідно вказати 3-6 слів або словосполучень, відповідних змісту роботи, які сприятимуть індексуванню статті

в пошукових системах. У ключові слова оглядових статей слід включати слово «огляд». Ключові слова повинні бути ідентичні українською та англійською мовами, їх слід писати через крапку з комою.

2.4. Таблиці мають бути виконані гарнітурою Times New Roman, 10 кеглем, без службових символів усередині. Публікації, що містять таблиці, виконані за допомогою табулятора, розглядатися не будуть. Таблиці повинні бути побудовані наочно, мати назву, їх заголовок має точно відповідати змісту граф. У тексті необхідно вказати місце таблиці та її порядковий номер.

2.5. Текст статті. Структура повного тексту рукопису, присвяченого опису результатів оригінальних досліджень, повинна відповідати загальноприйнятим шаблонам і містити **обов'язкові розділи:** «Вступ»; «Мета»; «Матеріал і методи»; «Результати»; «Обговорення»; «Обмеження», «Творчий внесок авторів» «Заключення».

2.6. Декларація про використання штучного інтелекту (ШІ).

- Автори повинні розкривати факт використання ШІ (Copilot, ChatGPT тощо) в процесі підготовки рукопису та описання задач, для яких він був застосований.
- Автори відповідають за перевірку точності, повноти та неупередженості всіх результатів, створених ШІ, включно з перевіркою джерел. Посилання, створені ШІ, можуть бути неправильними або вигаданими.
- Автори не повинні вказувати або цитувати ШІ як автора чи співавтору рукопису, оскільки авторство передбачає обов'язки, які можуть бути покладені тільки на людей.
- Відповідальність за зміст рукопису, достовірність даних, унікальність (оригінальність) та дотримання етики несе автор.
- Використання інструментів ШІ має бути деклароване шляхом додавання заяви в кінці рукопису під час його подання до журналу. Заява буде розміщена в опублікованій роботі перед списком літератури. Авторам рекомендується заповнити декларацію GAIDeT (Generative Delegation Taxonomy), доступну за посиланням <https://panbibliotekar.github.io/gaidet-declaration/index-uk.html>. Згенеровану декларацію слід подати разом із рукописом.

2.7. Пристатейний список літератури – «Література». Оптимальна кількість цитованих робіт в оригінальних статтях і лекціях становить 15-30 джерел, в оглядах – 30-60 джерел. **Бажано цитувати оригінальні роботи, опубліковані протягом останніх 5-7 років у зарубіжних**

періодичних виданнях. Також намагайтеся звести до мінімуму посилання на тези конференцій, монографії. У список літератури не включаються неопубліковані роботи, офіційні документи, рукописи дисертацій, підручники і довідники. Повинна бути представлена додаткова інформація про статті – DOI, PubMed ID і ін. Якщо в списку менше половини джерел мають індекси DOI, стаття не може бути опублікована в міжнародному науковому журналі. Посилання повинні перевірятися перед комплектацією списку використаних джерел через сайт <http://www.crossref.org/guestquery> або <https://scholar.google.com.ua/>.

Кожне джерело слід поміщати з нового рядка під порядковим номером, який вказується в тексті статті арабськими цифрами в квадратних дужках.

Джерела з кирилицею повинні бути написані українською мовою; необхідно дублювати англійським варіантом; приводять офіційну назву видання латиницею або транслітеровану, якщо немає офіційної. Приклад: **Ivanov AA, Petrov RK. Arthrodesis of the ankle joint. TERRA ORTHOPAEDICA. 2019;4:34-39. Doi:0000000000000000. (in Ukrainian, or English, or Serbian etc.).**

У списку всі роботи перераховуються в порядку цитування, а не в алфавітному порядку. Список літератури має бути оформлений відповідно до стилю Ванкувер.

Автор несе відповідальність за правильність даних, наведених у списку літератури.

2.8. Відправка рукопису. До розгляду приймаються рукописи, раніше ніде не опубліковані і не спрямовані для публікації в інші видання. Стаття відправляється на електронну адресу редакції у вигляді єдиного файлу, що містить усі необхідні елементи (титульний лист, резюме, ключові слова, текстова частина, таблиці, список використаної літератури, відомості про авторів). Окремими файлами в цьому ж листі висилаються супровідні документи і копії ілюстрацій (малюнків, схем, діаграм) у форматах тієї програми, в якій вони були створені. Якщо ілюстрації в статті представлені у вигляді фотографій або растрових зображень, необхідно подати їх копію в форматі *JPG або *TIF, оригінальним розміром, з роздільною здатністю 300 точок на дюйм. Фізичний розмір у сантиметрах повинен бути достатнім для однозначного сприйняття і легкого прочитання змісту ілюстрації. Колірна палітра RGB або CMYK, без компресії. Ілюстрації повинні бути контрастними і чіткими.

Супровідна документація. До оригінальної статті додаються: підтвердження того, що дослідження було

проведено у відповідній установі; підтвердження того, що всі автори ознайомлені з фінальною версією рукопису. Ці документи в електронному (відсканованому) вигляді надсилаються на електронну адресу редакції разом зі статтею, яка подається до публікації.

На окремій сторінці подають інформацію двома мовами (українська, англійська): прізвище, ім'я, по-батькові кожного автора; науковий ступінь та звання, посада, місце роботи з офіційною адресою установи, e-mail, телефон, реєстраційний номер ORCID Science (якщо є). Вказати автора для листування.

3. Усі статті обов'язково рецензуються. Стаття може бути повернена автору для виправлення або скорочення.

4. Плагіат і вторинні публікації. До публікації в журналі не приймаються рукописи з недобросовісним текстовим запозиченням і привласненням результатів досліджень, які не належать авторам цього матеріалу. Щоб перевірити статтю на оригінальність, можна скористатися програмою Advego plagiat.us. Редакція зберігає за собою право перевірки поданих рукописів на наявність плагіату. Текстова схожість в об'ємі понад 20% вважається неприйнятною.

Статті, що раніше були опубліковані або напровані в інші журнали чи збірники, не приймаються.

Стаття має бути ретельно відредагована і вивірена автором. Перед відправкою рукопису ретельно перевірте і переконайтеся, що усі вищезгадані вимоги виконані.

Автори несуть відповідальність за наукове та літературне редагування поданого матеріалу, цитат і посилань, але редакція залишає за собою право на власне редагування статті (наукового і літературного характеру, а також на скорочення статті, що не перекручує її зміст) чи відмову авторові у публікації, якщо поданий матеріал не відповідає за формою або змістом вищезгаданим вимогам. Ма-

теріали, що не відповідають наведеним стандартам публікацій у журналі «TERRA ORTHOPAEDICA», не розглядаються та не повертаються. Дискети, диски, рукописи, рисунки, фотографії та інші матеріали, надіслані в редакцію, не повертаються.

Статті, автори яких є передплатниками журналу, публікуються позачергово (при наданні копії квитанції про передплату).

5. Публікація у журналі

Подача та рецензування статей є безкоштовними.

Оплата здійснюється лише після проходження рецензування та прийняття статті до публікації. Реквізити надсилаються відповідальному автору електронною поштою. Ви можете здійснити оплату будь-яким зручним способом: у відділенні банку, через термінал, або за допомогою електронних платіжних систем (Приват24, LiqPay, Portmone, iPay тощо).

Вартість публікації складає 3000 грн за статтю, при наявності кольорових ілюстрацій – 3500 грн.

У разі несплати протягом 7 робочих днів з моменту отримання реквізитів, стаття виключається з поточного номеру журналу. Після здійснення оплати вона може бути включена до поточного або одного з наступних випусків.

Від оплати за публікацію статей звільняються аспіранти бюджетної форми підготовки (здобувачі ступеня доктора філософії), за умови, що стаття виконана одноосібно (без співавторів). Звільнення від оплати здійснюється в межах квоти до 5% від загальної кількості статей у кожному випуску журналу. У разі перевищення зазначеної квоти переваги надається рукописам, які раніше пройшли формальну перевірку та відповідають умовам журналу.

Матеріали для публікації надсилайте за посиланням: https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSefTJTq7m7nWHaignKz8mLodbejc4wvaI8BB_sckWrlwsaMAQ/viewform

PUBLICATION GUIDELINES FOR THE JOURNAL «TERRA ORTHOPAEDICA»

Dear Authors!

Please familiarize yourself with the detailed requirements for formatting articles for publication in the journal, which have been developed in accordance with Order No. 112 («On the Publication of Dissertation Results for the Scientific Degrees of Doctor and Candidate of Sciences») and the requirements for journals included in the «List of Scientific Professional Publications of Ukraine» under Order No. 1021 of the Ministry of Education and Science, Youth and Sports of Ukraine dated October 7, 2015.

All materials must be prepared according to the following requirements:

1. Manuscript

1.1. Text Format. The manuscript should be submitted electronically in MS Word format (.doc, .docx, .rtf), using Times New Roman font, 12 pt size, 1.5 line spacing, and 2 cm margins on both sides. Italics should be used for emphasis—underlining is not permitted. All extra spaces and unnecessary line breaks should be removed (use Microsoft Word's «Find and Replace» tool for this purpose).

1.2. The length of the manuscript text—including the reference list, tables, figures, and their captions—should be 10–12 A4 pages (up to 5,000 words) for original research articles, 15–18 pages for literature reviews, 4–6 pages for case reports from practice, and 4 pages for brief reviews.

Note: The publication of longer articles is decided on an individual basis if the editorial board considers it of special interest to readers.

1.3. In addition to scientific articles, the journal also publishes materials on the history of medicine, biographical essays and anniversaries, obituaries, discussion articles on specialty-related topics, reports from congresses and conferences, articles on the exchange of experience, advertising materials, reviews, etc.

1.4. Language of Publication. Manuscripts are accepted for publication in the journal in either Ukrainian or English. All article metadata must be presented in both languages. Do not transliterate the text using Latin characters letter by letter when typing; it is important to correctly set the appropriate keyboard layout.

For example, it is unacceptable to replace the Latin letter «i» with the Ukrainian letter «і», despite their visual identity.

2. Mandatory Structural Elements of the Article include:

- Title page;
- Summary;
- Keywords;
- Main text (including tables and figures);
- Additional information;
- References.

2.1. The Title Page must include the following information in both Ukrainian and English: the UDC of the article, the title of the article, authors (last names and initials), and author affiliations. The title should clearly reflect the subject and theme of the article, not be overly short, but also not exceed 100 characters. The title is written in lowercase letters, except for the first letter of the first word and proper nouns.

2.2. Summary. The summary must be provided in both Ukrainian and English. The author's summary serves as the primary source of information for domestic and international information systems and scientometric databases where the journal is indexed. The length of the summary should be approximately 250 words or 2,000 characters. The summary must be structured and include the mandatory sections: «Background,» «Objective,» «Materials and Methods,» «Results,» and «Conclusions.» The «Results» section should comprise at least 50% of the total length. In the manuscript text, the authors state that the study complies with the Declaration of Helsinki or bioethical standards. Summaries for review articles, lectures, and discussion papers may be written in a free form.

The text should be coherent and include linking words such as «therefore,» «furthermore,» «for example,» «as a result,» etc. The English summary should be written properly with the help of an electronic translator. Use active verb constructions in the English version of the summary. The summary should not contain abbreviations (except for commonly accepted ones like DNA), footnotes, or references to literature sources.

2.3. Keywords. Provide 3–6 keywords or phrases that reflect the article's content, which will help in indexing the article in search engines. Review

articles must include the term «review» as a keyword. Keywords must be identical in both languages and separated by semicolons.

2.4. Tables should be created using Times New Roman, 10 pt font, without any service symbols inside. Tables that are formatted using the tab key will not be accepted. Tables should be constructed clearly, have a title, and column headings must accurately correspond to their content. The location of the table and its sequential number must be indicated in the text.

2.5. Main Text of the Article. The structure of the full manuscript describing the results of original research must follow generally accepted templates and include the following required sections: «Introduction», «Objective», «Materials and Methods», «Results», «Discussion», «Limitations», «Authors' Contributions,» and «Conclusions».

2.6. Declaration on the Use of Artificial Intelligence (AI)

- Authors must disclose the use of AI tools, such as Copilot, ChatGPT, etc., during the preparation of the manuscript and describe the tasks for which they were used.
- Authors are responsible for verifying the accuracy, completeness, and impartiality of all AI-generated results, including the verification of sources. References generated by AI may be incorrect or fabricated.
- Authors must not list or cite AI as an author or co-author of the manuscript, as authorship entails responsibilities that can only be assigned to humans.
- The author is responsible for the content of the manuscript, the reliability of the data, uniqueness/originality, and compliance with ethical standards.
- The use of AI tools must be declared by adding a statement at the end of the manuscript when submitting it to the journal. The statement will be included in the published article before the reference list. Authors are encouraged to complete the GAIDeT Declaration (Generative Delegation Taxonomy), available at the provided link. The generated declaration should be submitted together with the manuscript.

2.7. References. The optimal number of references for original articles and lectures is 15–30 sources, and 30–60 sources for reviews. ***It is recommended to cite original works published in international journals within the last 5–7 years. References to conference abstracts and monographs should be minimized. The reference list should not include unpublished works, official documents, dissertation manuscripts, textbooks, or***

reference books. Additional information about the articles must be provided – DOI, PubMed ID, etc. If less than half of the references have DOI identifiers, the article cannot be published in an international scientific journal. References should be verified using <http://www.crossref.org/guestquery> or <https://scholar.google.com.ua/> before finalizing the list.

Each reference must appear on a new line, numbered sequentially, with citations in the text corresponding to these numbers in square brackets.

References in Cyrillic must be duplicated with an English version; provide the official name of the publication in Latin script or a transliterated one if the official version is unavailable. Example: **Ivanov AA, Petrov RK. Arthrodesis of the ankle joint. *TERRA ORTHOPAEDICA*. 2019;4:34–39. Doi:0000000000000000. (in Ukrainian, or English, or Serbian, etc.)**

The reference list must be arranged in the order of citation, not alphabetically, and must follow the Vancouver style.

The author is responsible for the accuracy of all cited sources.

2.8. Manuscript Submission. Only original manuscripts that have not been published elsewhere or submitted to other journals are accepted. The article should be emailed to the editorial office as a single file that includes all required components (title page, summary, keywords, article text, tables, reference list, and information about authors). Accompanying documents and copies of illustrations (figures, schemes, diagrams) must be sent as separate files in the same email, in the formats of the programs in which they were created. If the illustrations in the article are presented as photographs or raster images, a copy must be submitted in *.JPG or *.TIF format at original size and 300 dpi resolution. The physical size in centimeters must be sufficient for unambiguous perception and easy reading of the illustration's content. The color palette should be RGB or CMYK, without compression. Illustrations must be contrasting and clear.

Accompanying Documents. The original article must be accompanied by: confirmation that the study was conducted at the relevant institution; confirmation that all authors have reviewed the final version of the manuscript. These documents should be submitted as scanned files in the same email as the article.

On a separate page, provide the following information in both Ukrainian and English: last name, first name, and patronymic of each author; scientific degree and title, job title and place of employment with

the official address of the institution, e-mail, phone number, and ORCID Science registration number (if available). Also, indicate the corresponding author.

3. All articles undergo mandatory peer review. The article may be returned to the author for revision or shortening.

4. Plagiarism and Secondary Publications.

Manuscripts containing plagiarism or appropriation of research results that do not belong to the authors of this material are not accepted for publication in the journal. Authors can use the Advego Plagiatus software to check originality. The editorial office reserves the right to check submitted manuscripts for plagiarism. Text similarity greater than 20% is considered unacceptable.

Articles that have been previously published or submitted to other journals or collections are not accepted.

The article must be thoroughly edited and proofread by the author. Before sending the manuscript, carefully check and make sure that all of the above requirements are met.

Authors are responsible for the scientific and literary editing of the submitted material, citations, and references. However, the editorial board reserves the right to perform its own scientific and literary editing and to shorten the text without altering its content, or to reject the article if the submitted material does not meet the above-mentioned requirements in form or content. Materials that do not comply with the publication standards of the journal «TERRA ORTHOPAEDICA» will not be reviewed or returned. Disks, manuscripts, figures, photographs,

and other materials submitted to the editorial office will not be returned.

Articles by authors who are journal subscribers are prioritized for publication (upon proof of subscription).

5. Publication

Submission and peer review of articles are free of charge.

Payment is made only after the peer review is completed and the article is accepted for publication. Payment details will be sent to the corresponding author by email. Payment may be made in any convenient way: at a bank branch, through a terminal, or using electronic payment systems such as Privat24, LiqPay, Portmone, iPay, etc.

The publication fee is 3000 UAH per article; if there are color illustrations, the fee is 3500 UAH.

If payment is not received within 7 business days, the article will be removed from the current issue. After payment, the article will be included in the current or one of the following issues.

Publicly-funded PhD candidates who are the only authors of their articles (no co-authors involved) are exempted from publication fees. This exemption is applied within the quota of 5% of the total number of articles published in each volume of the journal. Having exceeded this quota, the journal shall prefer manuscripts which have passed the formal review earlier and meet the journal's requirements.

Submit materials for publication at the following link:

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSefTJTq7m7nWHaignKz8mLodbejc4wvaI8BB_scKWrlwsaMAQ/viewform

Адреса редакції: 01601, м. Київ, вул. Бульварно-Кудрявська, 27.
Тел.: (044) 486-42-49, 486-60-65, тел./факс: (044) 486-66-28, e-mail: terraorthopaedica@gmail.com.
Засновник та його адреса: ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України»,
01601, м. Київ, вул. Бульварно-Кудрявська, 27.
Видається 4 рази на рік. Мова видання: українська, англійська.
Сфера розповсюдження — загальнодержавна.
Мед. коректор — Грабар Н. М. Технічний секретар — Євлантьєва Т. А.
Переклад англійською — Кравченко О. М.
Підписано до друку: 07.04.2026 р. Наклад 1000 прим. Ціна договірна.
Верстка та друк: ТОВ «Про формат», (067) 235-22-56.