



# TERRA ORTHOPAEDICA

4

127 | 2025

*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

4 (127) – 2025

### EDITORIAL BOARD

**Editor-in-Chief A.P. Liabakh**

**Executive secretary O.O. Kostруб**

M.L. Ankin (Kyiv, Ukraine)  
O.A. Bur'yanov (Kyiv, Ukraine)  
C.N. van Dijk (Amsterdam, Netherlands)  
O.V. Dolhopolov (Kyiv, Ukraine)  
V.V. Filipchuk (Kyiv, Ukraine)  
V.A. Filipenko (Kharkiv, Ukraine)  
I.V. Fishchenko (Kyiv, Ukraine)  
G.V. Gayko (Kyiv, Ukraine)  
S.I. Gerasymenko (Kyiv, Ukraine)  
M.P. Grytsay (Kyiv, Ukraine)  
Y.M. Guk (Kyiv, Ukraine)  
O.G. Haiko (Kyiv, Ukraine)  
V.V. Hryhorovskiy (Kyiv, Ukraine)  
A.V. Kalashnikov (Kyiv, Ukraine)  
V.G. Klymovitskiy (Donetsk, Ukraine)  
M.O. Korzh (Kharkiv, Ukraine)  
I.M. Kurinnyi (Kyiv, Ukraine)  
O.E. Loskutov (Dnipro, Ukraine)  
S. Magomedov (Kyiv, Ukraine)  
W.J. Marczyński (Warsaw, Poland)  
Ph. Neyret (Lyon, France)  
J.A. Nyland (Louisville, USA)  
I.V. Poliachenko (Kyiv, Ukraine)  
R. Seil (Luxembourg)  
A.T. Stashkevych (Kyiv, Ukraine)  
I.V. Roy (Kyiv, Ukraine)  
S.S. Strafun (Kyiv, Ukraine)  
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

4 (127) – 2025

### РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

**Головний редактор А.П. Лябах**

**Відповідальний секретар О.О. Коструб**

М.Л. Анкін (Київ)  
О.А. Бур'янов (Київ)  
О.Г. Гайко (Київ)  
Г.В. Гайко (Київ)  
С.І. Герасименко (Київ)  
В.В. Григоровський (Київ)  
М.П. Грицай (Київ)  
Ю.М. Гук (Київ)  
К.Н. ван Дайк (Амстердам, Нідерланди)  
О.В. Долгополов (Київ)  
І.М. Зазірний (Київ)  
А.В. Калашніков (Київ)  
В.Г. Климовицький (Донецьк)  
М.О. Корж (Харків)  
І.М. Курінний (Київ)  
О.Є. Лоскутов (Дніпро)  
С. Магомедов (Київ)  
В.Й. Марчинський (Варшава, Польща)  
Ф. Нейрет (Ліон, Франція)  
Д.А. Найланд (Луїсвілл, США)  
Ю.В. Поляченко (Київ)  
В.О. Радченко (Харків)  
І.В. Рой (Київ)  
Р. Сейл (Люксембург)  
А.Т. Сташкевич (Київ)  
С.С. Страфун (Київ)  
В.А. Філіпенко (Харків)  
В.В. Філіпчук (Київ)  
Я.В. Фіщенко (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](mailto:tterraorthopaedica@gmail.com).  
Веб-сайт журналу: <http://visnyk.uaot.com.ua>.

Усі права захищені. Будь-яке відтворення матеріалів або фрагментів із них можливе  
лише за письмовою згодою авторів і редакції, посилання на видання обов'язкове.  
Редакція залишає за собою право редагувати подані матеріали.  
Затверджено до друку рішенням редколегії від 13.01.2026 р.

© Журнал «Terra Orthopaedica», 2025



## ЗМІСТ

## ОРИГІНАЛЬНІ ПУБЛІКАЦІЇ

**Розробка опитувальника для оцінки якості лікування вогнепальної травми надпліччя**

Телепенко Г.В. .... 3

**Моделювання роботи м'язів лопатки та ключиці при відведенні верхньої кінцівки**

Долгополов О.В., Безрученко С.О., Салиук Р. В., Суворов В.Л., Карпінська О.Д., Карпінський М.Ю. .... 8

**Особливості хірургічного лікування поперекового форамінального стенозу**

Шевчук А.В., Душний М.М. .... 20

**Patient-dependent risk factors for non-union of long bone fractures after metal osteosynthesis**

Олійник О.Є., Лоскутов О.Є., Якушев С.О., Синегубов Д.А. .... 36

**Принципи та результати консервативного лікування ризартрозу**

Тимошенко С.В. .... 37

## ДАЙДЖЕСТ

**LOTOS 2025 – Lviv October Trauma Ortho Symposium 10 жовтня 2025** ..... 43**Науково-практична конференція «Ампутації та протезування кінцівок: нові горизонти» 5 грудня 2025** ..... 45**Умови публікації в журналі «TERRA ORTHOPAEDICA»** ..... 47

## ORIGINAL PUBLICATIONS

**Development of a Questionnaire for Assessing the Quality of Treatment of Gunshot Injuries of the Shoulder Girdle**

Telepenko H.V. .... 3

**Modeling of Scapular and Clavicular Muscle Function During Upper Limb Abduction**

Dolhopolov O.V., Bezruchenko S.O., Saliuk R.V., Suvorov V.L., Karpinska O.D., Karpinskyi M.Yu. .... 8

**Features of Surgical Treatment of Lumbar Foraminal Stenosis**

Shevchuk A.V., Dushnyi M.M. .... 20

**Пацієнтозалежні фактори ризику незрощення переломів довгих кісток після металоостеосинтезу**

Олійник О.Є., Лоскутов О.Є., Якушев С.О., Синегубов Д.А. .... 36

**Principles and Outcomes of Conservative Treatment for Thumb Carpometacarpal Osteoarthritis**

Tymoshenko S.V. .... 37

## DIGEST

**LOTOS 2025 – Lviv October Trauma Ortho Symposium 10 жовтня 2025** ..... 43**Науково-практична конференція «Ампутації та протезування кінцівок: нові горизонти» 5 грудня 2025** ..... 45**Terms of publication in «TERRA ORTHOPAEDICA»** ..... 47

## Розробка опитувальника для оцінки якості лікування вогнепальної травми надпліччя

Телепенко Г.В.<sup>1</sup> ✉

**Мета:** Відкоригувати, спростити та адаптувати міжнародні опитувальники для оцінки функції верхньої кінцівки після вогнепальної травми надпліччя, розробити інструмент для стандартизованого визначення якості лікування. **Методи:** Проведено аналіз міжнародних опитувальників для оцінки функції верхньої кінцівки та проведено критичну ревізію запитань, які вони містять. Виконано порівняння змісту запитань з урахуванням частоти залученості населення України до різних видів спорту та побутової активності, що відображаються в зарубіжних опитувальниках. На основі отриманих результатів сформовано модифікований опитувальник, адаптований до національного контексту. **Результати:** Розроблений інструмент дозволив створити уніфікований і зрозумілий механізм оцінки функціональних результатів лікування вогнепальних ушкоджень надпліччя. Апробацію проведено серед 20 пацієнтів, яким було запропоновано як адаптований, так і зарубіжні аналоги опитувальників. Кожен учасник заповнив 4 варіанти опитувальників: 3 зарубіжних та 1 корегований. Підраховуючи бали та оцінюючи результат згідно градації кожного опитувальника, всі пацієнти отримували однакову групу результатів згідно своїх відповідей по всіх чотирьох шкалах. Усі респонденти відзначили переваги адаптованої версії, зокрема скорочення часу заповнення, підвищення зрозумілості формулювань та усунення проблем інтерпретації окремих питань. **Висновки:** Запропонований адаптований опитувальник може бути рекомендований як ефективний валідний та зручний інструмент для стандартизованої оцінки результатів хірургічного лікування вогнепальних травм надпліччя. Його застосування забезпечує підвищення якості оцінювання та впорядкування результатів клінічної практики у пацієнтів із зазначеною патологією.

**Ключові слова:** опитувальник, механізм оцінки, поранення, військова травма, надпліччя, лопатка.

### Вступ

Вогнепальні ураження верхньої кінцівки, зокрема ділянки надпліччя, є однією з найскладніших проблем сучасної відновної хірургії. В умовах збройної агресії проти України кількість таких травм істотно зросла, що робить питання їх лікування та реабілітації надзвичайно актуальним. Для пацієнтів ці ушкодження часто означають суттєве зниження функціональних можливостей, втрату працездатності та погіршення якості життя.

Об'єктивна оцінка результатів лікування посідає важливе місце в клінічній практиці. У світовій медицині з цією метою застосовують стандартизовані опитувальники: Oxford Shoulder Score [1],

DASH [2], ASES [3], та інші. Вони дозволяють оцінити функціональний стан кінцівки, порівнювати результати та відстежувати динаміку відновлення. Проте їх використання в Україні пов'язане з низкою труднощів. Зокрема, частина запитань стосується видів спорту чи побутових активностей, які є типовими для інших країн, але малопоширені серед наших пацієнтів. Крім того, дослівний переклад деяких формулювань ускладнює їх розуміння, що знижує достовірність відповідей.

Таким чином, постає завдання створити адаптований інструмент, який би зберігав валідність оригінальних шкал, але водночас враховував український соціокультурний простір. Це дозволить зробити процес опитування для пацієнта простішим і зрозумілішим, а для лікаря – отримати точніші й більш релевантні дані щодо ефективності лікування.

✉ Телепенко Г.В. [telepenko1505@gmail.com](mailto:telepenko1505@gmail.com)

<sup>1</sup>ДУ "Інститут травматології та ортопедії НАМН України", Україна, Київ

## Матеріали і методи

Для досягнення поставленої мети проведено аналіз найбільш поширених міжнародних опитувальників, що використовуються для оцінки функції верхньої кінцівки, зокрема DASH (Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand), ASES (American Shoulder and Elbow Surgeons score), Oxford Shoulder Score. Особливу увагу приділено як структурі запитань, так і їх змістовій спрямованості, що передбачала оцінку повсякденної активності, рівня болю та можливостей повернення до фізичних навантажень.

Після детального аналізу змісту проведено адаптацію окремих пунктів з урахуванням специфіки українського контексту. Зокрема, з 30 питань в опитувальнику DASH (Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand) потенційно проблемними для розуміння та надання відповідей українським пацієнтом є 3, а саме:

1. «Recreational activities in which you take some force or impact through your arm, shoulder or hand (e.g. playing golf, hammering, tennis, etc.)» – гольф та теніс є малопоширеними видами спорту в Україні, а слова (force та impact) можуть бути трактовані по різному.
2. «Recreational activities which require little effort (e.g. card playing, knitting, etc.)» – питання такого типу не мають особливого значення для функції плечового суглобу.
3. «Sexual activities» – питання даного роду можуть викликати збентеження у пацієнтів старшого віку та у осіб з певного роду дисфункціями.

Хоч DASH і охоплює функцію верхньої кінцівки загалом, але є неспецифічним методом оцінки саме плечового суглоба.

Шкала ASES (American Shoulder and Elbow Surgeons score) має обмежений набір запитань та є не об'єктивною для оцінки функції при легких ураженнях плечового поясу та при комбінованих пошкодженнях декількох суглобів верхньої кінцівки. Формулювання питань: «Wash back of opposite shoulder» – миття задньої поверхні протилежного плеча травмованою рукою, вимагає дуже чіткого перекладу та потребує більш чіткого формулювання, адже може вводити в оману з розумінням вимог запитання. «Throw a ball overhand» – кидати м'яч над головою, характерно для бейсболу та американського футболу, які не є поширеними видами спорту в Україні. Також проблеми із розумінням викликають запитання, в яких використовуються альтернативні системи вимірювання. До прикладу питання «Lift 10 pounds above shoulder» потребує додаткових обчислень для переведення фунтів в кілограми.

Oxford Shoulder Score (OSS) – загалом найбільш підходяща шкала для наших випадків має 12 запитань але з британськими культурними особливостями, наприклад:

«Putting on a jumper» – в британському розумінні це надягання светра, але українські пацієнти можуть плутати із спортивним одягом.

«Carrying a tray» – перенесення підносу, мало хто користується ними в побуті в Україні.

«Washing hair» – інколи трактується як миття голови, але треба пояснювати пацієнту що мається на увазі рухи руками над головою.

Питання, що стосувалися малопоширених в Україні видів діяльності, були замінені або переформульовані на більш зрозумілі та наближені до умов повсякденного життя наших пацієнтів. При цьому збережено загальну структуру та логіку оригінальних шкал, що дозволяє співставляти результати з міжнародними даними. Запропонований нами опитувальник:

- Зберігає структуру міжнародних опитувальників (біль, функція, соціальна активність).
- Пристосований під реалії повсякденного життя в Україні (адаптовані та чітко сформульовані питання).
- Легко застосовується у клінічній практиці (займає 5–7 хвилин).

Адаптований опитувальник було апробовано на групі з 20 пацієнтів із вогнепальними травмами надпліччя, які перебували на лікуванні після оперативних втручань. Усі пацієнти послідовно заповнили як модифікований, так і оригінальні зарубіжні опитувальники, тобто кожний пацієнт заповнив по 4 опитувальники. Під час тестування оцінювали зрозумілість формулювань, зручність у користуванні та тривалість заповнення.

Отримані результати було узагальнено та порівняно, що дало змогу визначити переваги й недоліки адаптованого варіанта та зробити висновки щодо його ефективності у клінічній практиці.

Вигляд опитувальника:

Будь ласка, дайте відповідь на кожне питання, оцінюючи Ваш стан за останній тиждень у відповідності до шкали від 0 до 4.

Оцінка	Значення
0	Неможливо виконати / дуже сильний біль
1	Значна проблема / сильний біль
2	Помірна проблема / помірний біль
3	Дуже незначна проблема / слабкий біль
4	Не маю проблем / немає болю

### 1. Біль

1. Наскільки сильний був біль у плечі протягом останнього тижня? \_\_\_\_\_

2. Біль при лежанні на боці з ураженим плечем: \_\_\_\_\_

3. Біль при піднятті руки догори (дістати предмет на верхній полиці): \_\_\_\_\_

4. Біль під час побутових справ (миття підлоги, приготування їжі, винесення сміття): \_\_\_\_\_

5. Біль уночі під час сну: \_\_\_\_\_

## 2. Побутова активність

6. Миття та розчісування волосся: \_\_\_\_\_

7. Миття спини / витертися після душу: \_\_\_\_\_

8. Одягнути светр через голову: \_\_\_\_\_

9. Застібання гудзиків або блискавки: \_\_\_\_\_

10. Витягнути телефон або гаманець із задньої кишені: \_\_\_\_\_

## 3. Домашні справи та фізичні навантаження

11. Нести пакет з продуктами: \_\_\_\_\_

12. Піднімати каструлю або чайник: \_\_\_\_\_

13. Пересунути стілець або легкі меблі: \_\_\_\_\_

14. Робота в саду / на городі: \_\_\_\_\_

15. Заправити ліжко: \_\_\_\_\_

## 4. Соціальна активність та відпочинок

16. Спілкування з родиною / друзями: \_\_\_\_\_

17. Улюблені види активності (спорт, прогулянки, поїздки): \_\_\_\_\_

18. Гра у футбол, волейбол або підтягування на турніку: \_\_\_\_\_

19. Легке хобі (настільні ігри, читання, робота з телефоном): \_\_\_\_\_

## 5. Робота та загальне самопочуття

20. Вплив болю або обмежень на роботу / навчання: \_\_\_\_\_

21. Обмеження у звичному ритмі життя: \_\_\_\_\_

22. Втома або слабкість у руці під час тривалої роботи: \_\_\_\_\_

23. Виконання завдань, що потребують сили (носіння важких предметів, забивання цвяха): \_\_\_\_\_

Узагальнююче запитання

24. Як би ви оцінили загальний стан вашого плеча та руки зараз?

(0 = дуже погано, 10 = повністю задовільно): \_\_\_\_\_

Оцінку результатів проводити наступним чином:

Максимальна сума балів згідно опитувальника 92 (23 запитання, 4 бали максимум за кожне питання)  $23 \times 4 = 92 = 100\%$ .

Фінальне питання (24) – суб'єктивна оцінка (0-10), яку можна використовувати як допоміж-

ний показник задоволеності станом плеча, що дає змогу оцінити загальні враження пацієнта від результату лікування, адже потреби у кожній людині різні та індивідуальні.

Таблиця №1

### Інтерпретація результатів опитувальника

Сума балів	Відсоток від максимальної оцінки	Ступінь обмеження функції	Інтерпретація
75–92	81-100%	Функція майже відновлена	Пацієнт практично не має обмежень у рухах та побутовій активності
57–74	61-80%	Легка обмеженість	Пацієнт може виконувати більшість дій, проте відчуває певний дискомфорт або слабкий біль
38–56	41-60%	Помірне обмеження	Пацієнт обмежений у частині побутових та фізичних навантажень, можливі труднощі у роботі та відпочинку
20–37	21-40%	Значне обмеження	Пацієнт суттєво обмежений у виконанні щоденних справ, потребує підтримки або адаптаційних заходів
0–19	0-20%	Важке порушення функції	Пацієнт не може виконувати більшість дій без болю або сторонньої допомоги

## Результати

В результаті проведеної роботи було створено адаптований опитувальник для оцінки функціональних результатів лікування вогнепальних травм надпліччя, який зберігає структуру міжнародних шкал, але враховує соціокультурні та побутові особливості українського контексту.

Апробація інструмента проводилась на групі з 20 пацієнтів, які перенесли оперативне лікування вогнепальних ушкоджень надпліччя. Кожен пацієнт заповнив як адаптований опитувальник, так і оригінальні міжнародні версії (DASH, ASES, Oxford Shoulder Score) та оцінив розроблений опитувальник за трьома критеріями:

**1. Зрозумілість та доступність:** всі респонденти відзначили, що адаптована версія зрозуміліша у формулюванні питань, що зменшувало ризик неправильного тлумачення.

**2. Швидкість заповнення:** середній час заповнення 5–7 хвилин, що зручно для клінічної практики.

**3. Актуальність запитань:** питання адаптовані під повсякденну діяльність українських пацієнтів, включаючи побутові та соціальні активності, що підвищує релевантність отриманих даних.

**4. Позитивна оцінка пацієнтів:** як результат усі учасники відзначили переваги адаптованої версії над оригінальними опитувальниками, особливо щодо легкості розуміння та відповідності власним фізичним можливостям.

Таким чином, розроблений опитувальник показав себе ефективним інструментом для стандартизованої оцінки функціональних результатів лікування, забезпечуючи швидке та точне визначення рівня відновлення функції надпліччя у пацієнтів із вогнепальними травмами.

## Обговорення

Лікування вогнепальних травм надпліччя є складним і багатогранним процесом, а об'єктивна оцінка його результатів вимагає інструментів, які відображають реальний стан пацієнта. Існуючі міжнародні опитувальники, зокрема DASH, ASES та Oxford Shoulder Score, містять питання про види спорту чи активності, які не завжди відповідають побуту українських пацієнтів. Це може призводити до неточностей щодо оцінки функціональних обмежень і спотворювати клінічну картину відновлення.

Адаптований опитувальник, розроблений у рамках цього дослідження, що є досить поширеною практикою для уточнення та покращення оцінки якості лікування більш вузької патології [4],[5],[6],[7], дозволяє враховувати локальні соціокультурні умови та повсякденні активності пацієнтів. Завдяки цьому лікар отримує більш релевантну інформацію щодо фактичної функції верхньої кінцівки, а пацієнт має можливість оцінити свій стан у знайомому і зрозумілому контексті.

Крім того, адаптація опитувальника сприяє підвищенню ефективності клінічної практики. Скорочення часу заповнення та спрощення формулювань дозволяє пацієнтам легше брати участь у оцінюванні, а лікарям – швидше отримувати точні дані для планування реабілітаційних програм. Інтеграція питань, що оцінюють соціальну активність та побутові функції, дозволяє більш комплексно оцінювати відновлення, включаючи можливість повернення до звичного способу життя та участі у соціальних активностях.

Таким чином, результати цього дослідження демонструють, що адаптація міжнародних опиту-

вальників до національних реалій підвищує точність оцінки функціональних результатів лікування, забезпечує стандартизовану методiku збору даних та сприяє більш комплексному розумінню стану пацієнтів після вогнепальних травм надпліччя.

## Висновки

Розроблено адаптований опитувальник для оцінки функціональних результатів лікування вогнепальних травм надпліччя, який враховує соціокультурні та побутові особливості українських пацієнтів.

Інструмент зберігає структуру міжнародних шкал (біль, функція, соціальна активність), що дозволяє проводити порівняння з даними інших клінік та міжнародними реєстрами.

Апробація показала високу зрозумілість запитань, зручність заповнення та релевантність питань до реального повсякденного життя пацієнтів, що підвищує достовірність отриманих даних.

Підрахувуючи бали та оцінюючи результат згідно градації кожного опитувальника, всі пацієнти отримували однаково групу результатів згідно своїх відповідей по всіх чотирьох шкалах. Виходячи з даних результатів можна зазначити, що валідність адаптованого опитувальника така ж сама, як і закордонних аналогів.

Використання адаптованого опитувальника сприяє стандартизації оцінки результатів лікування, підвищує ефективність клінічної практики та дозволяє комплексно оцінювати відновлення фізичної та соціальної функції пацієнтів.

Запропонований інструмент може бути рекомендований для широкого використання у клінічних умовах та наукових дослідженнях, що дозволить упорядкувати дані щодо ефективності лікування вогнепальних травм надпліччя в Україні.

## References

1. Страфун СС, Сергієнко РО, Богдан СВ, Юрійчук ЛМ. Результати протезування плечового суглоба. Травма. 2022;18(5):8–12. doi:10.22141/1608-1706.5.18.2017.114114. Strafun S, Sergienko R, Bohdan S, Yuriychuk L. Results of shoulder arthroplasty. Trauma. 2022;18(5):8–12. doi:10.22141/1608-1706.5.18.2017.114114. [in Ukrainian]
2. Шестопап НО. Реабілітаційне обстеження пацієнтів після вогнепальних поранень кисті і передпліччя. Спортивна медицина, фізична терапія та ерготерапія. 2021;2:133–139. doi:10.32652/spmed.2021.2.133-139. Shestopal NO. Rehabilitation examination of patients after gunshot wounds of the hand and forearm. Sports Med Phys Ther Ergon Ther. 2021;2:133–139. doi:10.32652/spmed.2021.2.133-139. [in Ukrainian]

3. Страфун СС, Гайович ВВ, Занько ІМ. Порівняння шкал-опитувальників для оцінки функції плечового суглоба у пацієнтів після однополюсного ендопротезування. Terra Orthopaedica. 2021;4(111):14–20. doi:10.37647/0132-2486-2021-111-4-14-20.

Strafun S, Haiovych V, Zanko I. Comparison of questionnaire scales to assess the function of the shoulder joint in patients after unipolar arthroplasty. Terra Orthop. 2021;4(111):14–20. doi:10.37647/0132-2486-2021-111-4-14-20. [in Ukrainian]

4. Shrestha S, Sapkota B, Thapa S, Khanal S. Translation, cross-cultural adaptation and validation of Patient Satisfaction with Pharmacist Services Questionnaire (PSPSQ 2.0) into the Nepalese version in a community settings. PLoS One. 2020;15(10):e0240488. doi:10.1371/journal.pone.0240488.

5. Zhang Y, Ren J, Zang Y, Guo W, Disantis A, Martin RL. Cross-culturally adapted versions of patient reported outcome measures for the lower extremity. Int J Sports Phys Ther. 2023;18(3):653–686. doi:10.26603/001c.74528.

6. Gökşen A, Çaylak R, Çekok FK, Kahraman T. Translation, cross-cultural adaptation, reliability, and convergent and known-group validity of the Turkish full version of the Hip Disability and Osteoarthritis Outcome Score in patients with hip osteoarthritis. Arch Rheumatol. 2023;39(2):180–193. doi:10.46497/ArchRheumatol.2024.10197.

7. Sigirtmac IC, Cigdem O. Systematic review of the quality of the cross-cultural adaptations of Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH). Med Lav. 2021;112(4):279–91. doi:10.23749/mdl.v112i4.11424.

## Development of a Questionnaire for Assessing the Quality of Treatment of Gunshot Injuries of the Shoulder Girdle

Telepenko H.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>SI “Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine”, Kyiv, Ukraine

**Summary. Objective.** This study aims to revise, simplify, and adapt international questionnaires for assessing upper limb function after gunshot injuries of the shoulder girdle, and to develop a tool for standardized evaluation of treatment quality.

**Methods.** An analysis of international upper limb function questionnaires was performed, followed by a critical review of their items. The content of the questionnaires was compared considering the patterns of sports and daily activities typical for the Ukrainian population. Based on the findings, a modified questionnaire was developed and adapted to the national context. **Results.** The developed tool provides a unified and comprehensible mechanism for evaluating functional outcomes of treatment for gunshot injuries of the shoulder girdle. The pilot study included 20 patients who were offered both the adapted questionnaire and international analogues. Each participant completed four questionnaires: three international instruments and the adapted version. After score calculation and result interpretation according to the grading system of each questionnaire, all patients were assigned to the same outcome category based on their responses across all four scales. All respondents highlighted the advantages of the adapted version, including shorter completion time, clearer wording, and elimination of difficulties in interpreting certain questions. **Conclusions.** The proposed adapted questionnaire may be recommended as an effective, valid, and user-friendly tool for standardized assessment of surgical treatment outcomes in patients with gunshot injuries of the shoulder girdle. Its application enhances the objectivity of evaluation and improves the consistency of clinical outcome reporting in this patient population.

**Keywords:** questionnaire; assessment tool; gunshot injury; military trauma; shoulder girdle; scapula.

## Моделювання роботи м'язів лопатки та ключиці при відведенні верхньої кінцівки

Долгополов О.В.<sup>1</sup>, Безрученко С.О.<sup>1</sup>✉, Салюк Р. В.<sup>1</sup>, Суворов В.Л.<sup>1</sup>, Карпінська О.Д.<sup>2</sup>, Карпінський М.Ю.<sup>2</sup>

**Реферат. Вступ.** Моделювання складного комбінованого руху, як відведення верхньої кінцівки, із залученням декількох суглобів та груп м'язів потребує складного математичного апарату. Саме тому його представляють, як послідовний рух в плечовому, грудинно-ключичному та надплечово-ключичному суглобах. Це не відповідає анатомічному руху, але дозволяє отримати уявлення про величини м'язових зусиль, які можуть виникати при відведенні кінцівки. **Мета.** Розглянути роботу м'язів, відповідальних за рух лопатки та ключиці при відведенні плеча. **Матеріали і методи.** Моделювання проводили в пакеті OpenSim. За основу взята модель DAS3. В структуру моделі входять 6 суглобових з'єднань: надплечово-ключичне, грудинно-ключичне, плечове, плечо-ліктьове, плечо-променево та променево-зап'ясткове. Модель містить 138 м'язів. Моделювали рухи у грудинно-ключичному суглобі та надплечово-ключичному. Відведення верхньої кінцівки вивчається в діапазоні від 0° до 90°. **Результати.** Грудинно-ключичний суглоб починає працювати при відведенні плеча біля 30°. Сила *m. rhomboid* зростає до 400 Н на куті підйому ключиці біля 20-25°. В подальшому на *m. rhomboid* впливає ротація лопатки і на максимумі відведення плеча сила м'яза становить 700 Н. Крутний момент зростає до 32 Нм. На початку руху лопатки вектор сили верхніх пучків *m. serratus anterior* направлений у бік ключиці, що обумовлює зниження сумарної сили до кута її підйому у 10°. При подальшому русі ключиці сила *m. serratus anterior* зростає до 370 Н до кута її підйому 20-25°. Крутний момент, який створює м'яз, має низхідний характер – від 30 Нм до 15 Нм. При підйомі ключиці нижня порція *m. serratus anterior* розвиває силу для утримання лопатки від 475 Н до 535 Н на максимумі від 20°. Крутний момент зростає після 10° підйому ключиці до 50 Нм. Початок руху ключиці супроводжується збільшенням сумарної сили *m. trapezius scapulae* до 1150 Н при куті ротації ключиці 10°. При подальшому її підйомі сила м'яза знижується до 970 Н. При ротації лопатки сила м'язу знову зростає до 1150 Н при куті абдукції плеча 90°. Збільшення сили *m. levator scapulae* до 200 Н спостерігаємо тільки на початку руху ключиці. Ротація лопатки потребує збільшення сили м'яза до 160 Н. **Висновок.** В результаті моделювання роботи м'язів, відповідальних за рух лопатки та ключиці було визначено порядок залучення суглобів і відповідних м'язів для забезпечення абдукції плеча до 90°. Отримані дані дозволяють визначити можливі порушення функціонування плечового поясу при ушкодженні ключиці чи лопатки, або при їх комбінованій травмі.

**Ключові слова:** моделювання, ключиця, лопатка, сила м'язів, відведення верхньої кінцівки.

### Вступ

Відведення плеча (абдукція) – це рух, при якому рука відводиться від тулуба в бічній площині. У

цьому процесі лопатка (*scapula*) та її суглоби відіграють ключову роль, забезпечуючи стабільність і координацію руху.

У процесі відведення плеча залучені плечовий, надплечово-ключичний та грудинно-ключичний суглоби. [1]

Лопатка забезпечує основу для рухів у плечовому суглобі та є базою для кріплення м'язів. Серед основних суглобів, пов'язаних з лопаткою є

✉ Безрученко С.О., [drbezruchenko@gmail.com](mailto:drbezruchenko@gmail.com)

<sup>1</sup>ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України», Київ, Україна

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

плечовий суглоб (glenohumeral joint), який відповідає за основний обсяг руху при відведенні. Надплечово-ключичний суглоб (acromioclavicular joint) – з'єднує акроміон лопатки з ключицею, забезпечуючи стабільність і дозволяючи незначні ковзаючі рухи. Грудинно-ключичний суглоб (sternoclavicular joint), що з'єднує ключицю з грудиною, дозволяє ключиці підніматися, опускатися та обертатися. Лопатково-грудний суглоб (scapulothoracic joint) – не справжній суглоб, а функціональне з'єднання між лопаткою та грудною кліткою. Лопатка ковзає по ребрах за допомогою м'язів.

Ключиця (clavicle) відіграє важливу роль у відведенні плеча (абдукції), забезпечуючи стабільність та підтримку рухів лопатки та плечового суглоба. Вона діє як анатомічна сполучна ланка між верхньою кінцівкою та тулубом, дозволяючи передавати рухи та сили через плечовий пояс. Ключиця виконує функції стабілізації плечового поясу – утримує лопатку на правильній відстані від тулуба, забезпечуючи стабільну основу для рухів руки; передачі рухів – координує рухи між тулубом, лопаткою та верхньою кінцівкою та захисту – захищає судинно-нервовий пучок і верхню частину легень, що лежать під нею.

При відведенні плеча виділяють декілька фаз руху суглобів [2]:

0–30° (початкова фаза). Основний рух відбувається в плечовому суглобі. Лопатка та ключиця залишаються відносно стабільними, але може початись легке зміщення вгору. Основні м'язи: надостъовий (supraspinatus) та дельтоподібний (deltoid).

30–90° (середня фаза). Лопатка починає активно рухатися, виконуючи зовнішнє обертання (upward rotation) і піднімання. Надплечово-ключичний суглоб дозволяє легке обертання ключиці, а у грудинно-ключичному суглобі рух ключиці забезпечує опору і рухомість лопатки. Піднімання ключиці (elevation) на 15–20° дозволяє лопатці обертатися вгору (upward rotation). М'язи, що відповідають за рух – верхня та нижня частини трапецієподібного м'яза (trapezius), передній зубчастий м'яз (serratus anterior).

90–180° (кінцева фаза). Лопатка продовжує обертатися вгору та назовні, щоб забезпечити повний діапазон руху. Лопатково-грудний суглоб дозволяє ковзання лопатки по грудній клітці. Для досягнення повної елевачії (180°) необхідне додаткове обертання хребта та нахил тулуба. М'язи, які забезпечують рух: трапецієподібний, передній зубчастий, ромбоподібні м'язи. Ключиця продовжує підніматися та обертатися назад (posterior rotation) у грудинно-ключичному суглобі, дозво-

ляючи лопатці завершити своє зовнішнє обертання. Максимальний кут піднімання ключиці може досягати 30–40°, що необхідно для повного відведення руки до 180°. Надплечово-ключичний суглоб забезпечує стабільність і дозволяє лопатці ковзати по грудній клітці через лопатково-грудний суглоб.

Відведення плеча – це складний рух, який включає скоординовану роботу всіх перелічених суглобів і м'язів. Воно поділяється на кілька фаз, де лопатка відіграє важливу роль у так званому лопатково-плечовому ритмі (scapulohumeral rhythm). Цей ритм полягає в тому, що на кожні 2° відведення в плечовому суглобі припадає приблизно 1° руху лопатки. Відведення плеча відбувається завдяки скоординованій роботі плечового поясу, де ключиця забезпечує зв'язок між лопаткою та тулубом. Її роль змінюється залежно від фази абдукції [3]

Моделювання такого складного комбінованого руху із залученням декількох суглобів та груп м'язів потребує дуже складного математичного апарату, тому при моделюванні виконують вимушене спрощення, і представляють відведення кінцівки, як послідовний рух в плечовому, грудинно-ключичному та надплечово-ключичному суглобах. Це припущення не відповідає анатомічному руху, але дозволяє отримати уявлення про величини м'язових зусиль, які можуть виникати при відведенні верхньої кінцівки. [4, 5, 6].

М'язи, що підтримують рух лопатки та ключиці при абдукції плеча:

**Передній зубчастий м'яз (serratus anterior)** – відповідає за зовнішнє обертання та протракцію (висування вперед) лопатки. Опосередковано впливає на ключицю через її дію на лопатку, сприяючи її протракції.

**Трапецієподібний м'яз (trapezius)** – верхня частина піднімає лопатку та ключицю, середня та нижня – обертають лопатку назовні та сприяють стабілізації та обертанню ключиці.

**Ромбоподібні м'язи (rhomboids)** – стабілізують лопатку, запобігаючи надмірному висуванню.

**М'яз-підіймач лопатки (levator scapulae)** – допомагає піднімати лопатку.

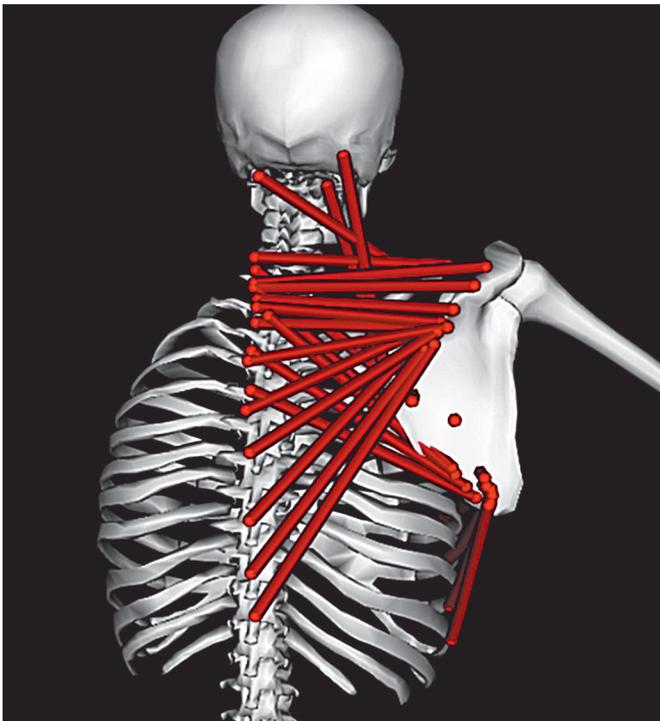
Лопатка виконує кілька ключових функцій під час відведення: стабілізації – вона є платформою для плечового суглоба, забезпечуючи стабільну основу для руху руки; обертання – зовнішнє обертання лопатки (upward rotation) дозволяє плечовій кістці рухатися вгору без обмежень; координації – лопатка забезпечує плавність і ефективність руху, розподіляючи навантаження між суглобами та м'язами. Ключиця забезпечує стабільність і координацію між лопаткою, плечовим суглобом і тулубом [7].

**Мета роботи.** Розглянути роботу м'язів, відповідальних за рух лопатки та ключиці при відведенні плеча.

## Матеріали і методи

Моделювання проводили в пакеті OpenSim [8]. OpenSim – відкрита платформа, розроблена в Центрі біомедичних обчислень НІН Стенфордського університету для м'язово-скелетного моделювання, яка дозволяє будувати цифрові моделі людського тіла, відтворювати рухи та оцінювати внутрішні біомеханічні параметри такі як м'язові сили, реактивні навантаження в суглобах та інше.

В основу взята модель DAS3 (рис. 1), яка є компонентом проекту Dynamic Arm Simulator, використовується для симуляції в реальному часі біомеханіки плечового поясу та верхньої кінцівки. Цей симулятор був створений в рамках проекту НІН «Контрольована мозком гібридна функціональна електрична стимуляція» під керівництвом доктора Роберта Ф. Кірша з Case Western Reserve University. Фундаментальні параметри та математичне підґрунтя моделі описані в публікації Chadwick E. та співавторів [5].



**Рис. 1.** Зовнішній вигляд моделі DAS3

В структуру вищезгаданої моделі входять 6 суглобових з'єднань: надплечово-ключичне (*articulatio acrimio-clavicularis – ac*), грудинно-ключичне (*articulatio sternoclavicularis – sc*), плечове (*articulatio glenohumeralis – gh*), плечо-ліктьове (*articulatio humeroulnaris – hu*), пле-

чо-променево (*articulatio humeroradialis – hr*) та променево-зап'ясткове (*articulatio radiocarpalis – rc*). Загалом модель містить 138 м'язів.

Для вивчення відведення плеча необхідно змодельовувати рухи у грудинно-ключичному суглобі (SC) та надплечово-ключичному (AC). В моделі відведення здійснюється зміна кута в суглобах по осі Z. Виходячи з особливості моделі, відведення верхньої кінцівки вивчається від 0° до 90° [9].

Сила, яку розвивають м'язи верхньої кінцівки та плеча, є ключовим аспектом біомеханіки людського руху. Вона залежить від кількох факторів:

- Фізіологічний поперечний переріз м'яза (ФПП): Чим більший ФПП, тим більшу силу може генерувати м'яз. Наприклад, дельтоподібний м'яз завдяки своїй структурі здатен створювати значну силу для підняття руки.

- Довжина м'яза: Максимальна сила досягається при оптимальній довжині м'язових волокон, коли актин і міозин мають найбільшу зону перекриття (згідно з моделлю ковзних ниток).

- Кут прикладання сили: Ефективність м'яза залежить від кута, під яким він прикріплюється до кістки, що впливає на механічний момент.

Крутний момент (або момент сили) є фізичною величиною, яка характеризує обертальну дію сили відносно точки чи осі обертання. У контексті верхньої кінцівки крутний момент виникає, коли м'язи генерують силу, що передається через важелі (кістки) до суглобів. Формула крутного моменту виглядає так:

$$M = F \cdot d \cdot \sin\theta$$

де M – крутний момент (Н•м),

F – сила, прикладена м'язом (Н),

d – відстань від осі обертання до точки прикладання сили (довжина важеля),

$\theta$  – кут між вектором сили та важелем.

У плечовому суглобі крутний момент залежить від позиції руки. Наприклад, при відведенні руки в сторону дельтоподібний м'яз створює крутний момент. Максимальний крутний момент виникає, коли рука перебуває під кутом приблизно 90° до тулуба, оскільки довжина важеля та кут прикладання сили є оптимальними.

Крутний момент також залежить від зовнішніх навантажень (наприклад, ваги, яку тримає людина) та протидії сил тяжіння. У динамічних рухах сумарний крутний момент є результатом дії м'язових сил, інерційних сил і зовнішніх факторів.

## Результати

Абдукція плеча – доволі складний рух, до якого залучено майже всі суглоби плечового поясу: плечовий суглоб (*glenohumeral joint*),

грудинно-ключичний суглоб (sternoclavicular joint), (в укр. перекл.) акроміально-ключичний суглоб (acromioclavicular joint) і лопатково-грудний суглоб (scapulothoracic joint, хоча це не справжній суглоб, а функціональна взаємодія).

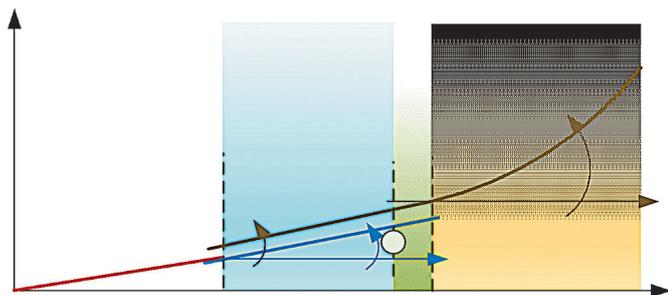
Відведення до  $30^\circ$  здійснюється переважно за рахунок плечового суглоба. Надостовий м'яз (supraspinatus), є основним рушієм абдукції в початковій фазі, він ініціює початок руху. В цій фазі також активні дельтоподібний м'яз (зокрема його середня частина), який забезпечує так звану депресію голівки плеча та інші м'язи ротаторної манжети для стабілізації плечового суглобу.

Для подальшого руху залучаються грудинно-ключичний суглоб, який піднімає ключицю та через надплечово-ключичний суглоб – лопатку. Кут підйому ключиці становить за анатомічними даними від  $5^\circ$  до  $30^\circ$ , що відповідає куту відведення плеча десь від  $30^\circ$  до  $60^\circ$ .

Для подальшої абдукції більше  $60^\circ$  залучається надплечово-ключичний суглоб.

Але основний внесок в абдукцію плеча (після  $30^\circ$ ) забезпечує ротація лопатки вгору (upward rotation) у лопатково-грудному суглобі, що здійснюється за участі м'язів, таких як трапецієподібний (trapezius) і передній зубчастий (serratus anterior). В моделі цей суглоб не розглядається, тому роботу м'язів будемо розглядати через рух надплечово-ключичного суглоба. В нашій моделі розглядається відведення плеча до  $90^\circ$ , що відповідає куту підйому лопатки  $20^\circ$ .

Схематично рух суглобів при абдукції плеча показано на рис. 2.



**Рис. 2.** Схема роботи суглобів плечового поясу при абдукції плеча.

До кута абдукції плеча переважно працює плечовий суглоб. Починаючи з кута абдукції плеча близько  $30^\circ$  в рух залучається ключиця. Її обсяг руху в грудинно-ключичному суглобі становить від  $5^\circ$  до  $30^\circ$ . Підйом ключиці відбувається до кута абдукції плеча приблизно  $60^\circ$ . При підйомі ключиці на  $20\text{--}25^\circ$  починається рух лопатки у надплечово-ключичному суглобі. Обсяг руху становить від  $0^\circ$  до  $30^\circ$  при абдукції плеча до  $90^\circ$ .

В моделі, яку розглядаємо, відведення плеча

включає скоординовану роботу **плечового, грудинно-ключичного та надплечово-ключичного суглобів.**

Розглянемо роботу м'язів, відповідальних за рух ключиці і лопатки при абдукції плеча.

Ромбоподібні м'язи (mm.rhomboid) працюють у тісній взаємодії з грудинно-ключичним і надплечово-ключичним суглобами, забезпечуючи стабільність і баланс рухів лопатки. Вони відіграють допоміжну, але важливу роль у відведенні плеча (абдукції), забезпечуючи стабілізацію лопатки та підтримання її правильного положення під час руху. Ці м'язи розташовані у верхній частині спини між хребтом і медіальним краєм лопатки.

В початковій фазі ( $0\text{--}30^\circ$ ) переважно працюють м'язи, відповідальні за рух плечового суглоба. Грудинно-ключичний суглоб починає працювати при відведенні плеча біля  $30^\circ$  (рис. 2). Ключиця з цього моменту починає поступовий підйом до кута близько  $30^\circ$ , одночасно з нею відбувається ротація лопатки. Сила mm.rhomboid зростає до 400 Н на куті підйому ключиці біля  $20\text{--}25^\circ$  (рис. 3, а). В подальшому на mm.rhomboid впливає ротація лопатки (рис. 3, в) і на максимумі відведення плеча ( $90^\circ$ ) сила м'яза становить 700 Н.

Крутний момент грудинно-ключичного суглоба, який створюють ромбовидні м'язи зростає до 32 Нм при куті підйому  $20\text{--}25^\circ$  (рис. 3, б). Для надплечово-ключичного суглобу крутний момент направлений у бік дії вектора сили м'язів, максимум становить 72 Нм (рис. 3, г).

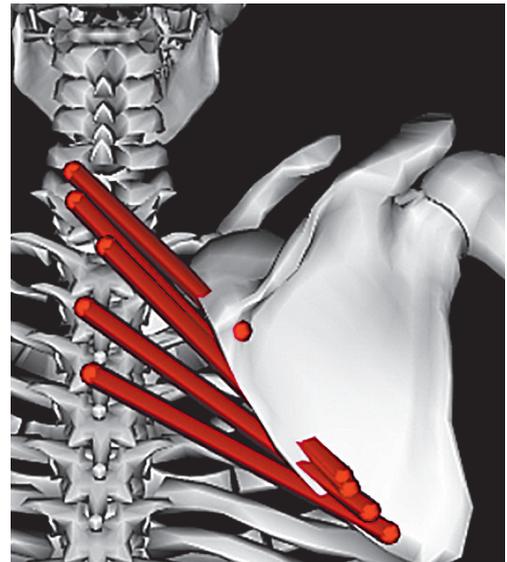
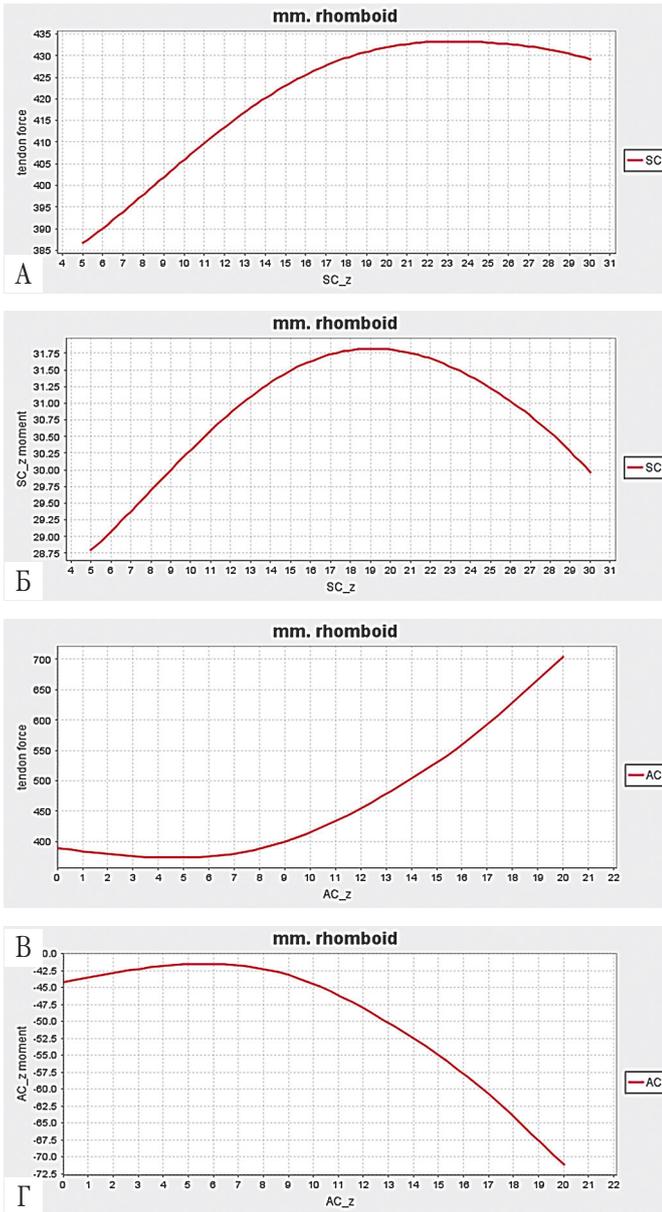
Таким чином, сила mm.rhomboid при відведенні плеча до  $90^\circ$  зростає від  $\sim 380$  Н до  $\sim 700$  Н.

**Передній зубчастий м'яз (serratus anterior)** відіграє ключову роль у відведенні плеча (абдукції), забезпечуючи рух і стабілізацію лопатки в рамках лопатково-плечового ритму. Він розташований на бічній поверхні грудної клітки, прикріплюючись до зовнішньої поверхні 1–8/9 ребер і до медіального краю лопатки.

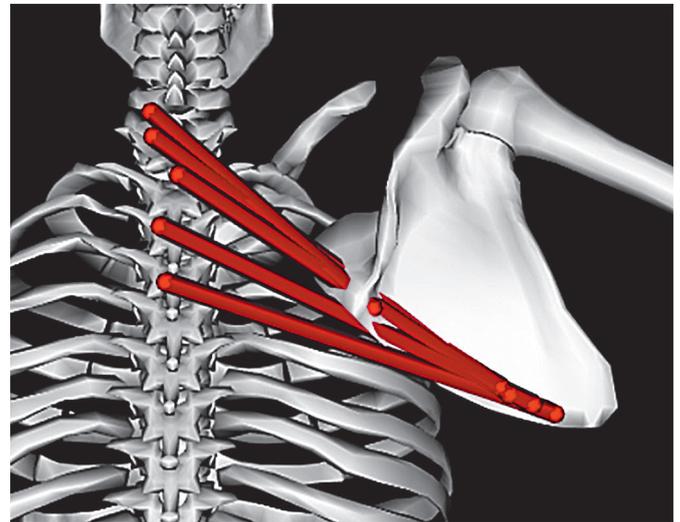
Верхня порція починається від 1–2 ребер і прикріплюється до верхнього кута лопатки. В моделі середня і нижня порції serratus anterior явно не поділені. Анатомічно м'яз починається від 2 до 8/9 ребер і прикріплюється до медіального краю лопатки.

Основні функції полягають у висуванні лопатки вперед, її зовнішньому обертанні та стабілізації. Верхня порція додатково сприяє стабілізації верхнього кута лопатки та незначному її підніманню

Верхня порція m. serratus anterior безпосередньо не пов'язана з ключицею, але при абдукції плеча, лопатка починає рух одночасно з ключицею (від  $30^\circ$  до  $60^\circ$  абдукції) (рис. 4, в). На початковому етапі руху лопатки, вектор дії сили верхніх пучків m. serratus anterior направлений у бік ключиці,



Максимальний кут підйому ключиці



Максимальний кут ротації лопатки

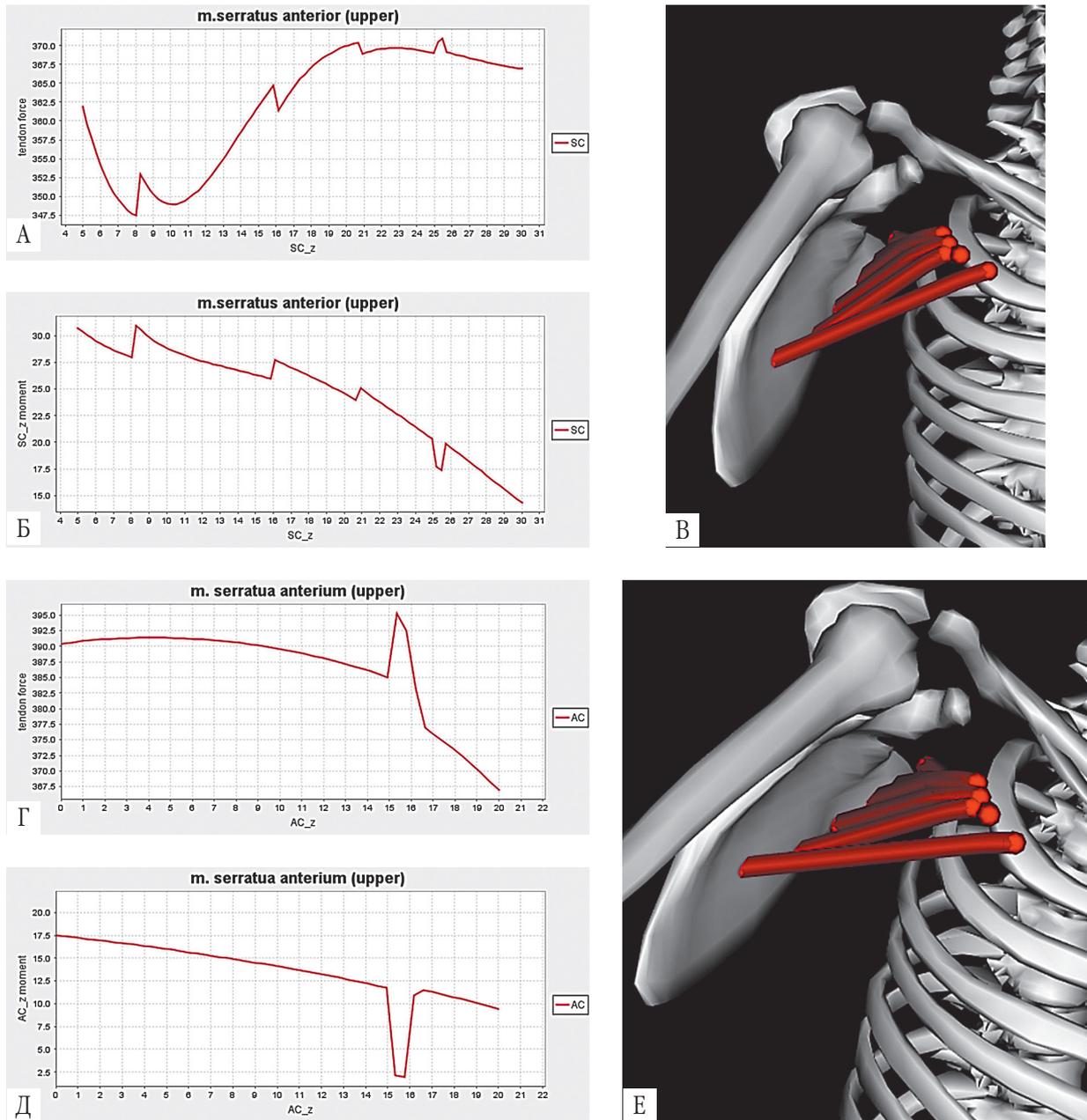
**Рис. 3.** Робота ромбовидних м'язів при відведенні плеча: сила м'язів (А) та крутні моменти (Б) при роботі грудинно-ключичного (SC\_z) суглоба, сила м'язів (В) та крутних моментів (Г) надплечово-ключичного (AC\_z) суглоба

тобто вони практично не працюють, що обумовлює зниження сумарної сили до кута підйому ключиці у 10°, що відповідає приблизно куту 35–40° абдукції плеча. В подальшому, при русі ключиці пучки *m. serratus anterior* включаються в роботу, сила зростає до 370 Н при куті підйому ключиці 20–25° (рис. 4, а). На цьому етапі в рух включається лопатка, яка продовжує натягування м'язів, але вектор дії сили стає майже горизонтальним (рис. 4, г), що призводить до постійного навантаження м'яза (сила стабілізації лопатки). При куті підйому плеча близько до 80–85° і куті ротації лопатки 35–40°, вектор дії сили м'яза змінюється, в роботу стабілізації залучаються інші м'язи, сила *m. serratus anterior* поступово знижується.

Крутний момент грудинно-ключичного суглоба, який створює *m. serratus anterior* має низхідний характер – від 30 Нм до 15 Нм (рис. 4, б), для надплечово-ключичного суглоба крутний момент ще менший, і також зменшується по мірі абдукції плеча від 17,5 Нм до 10 Нм. При роботі *m. serratus anterior* поступово залучає відповідні пучки м'яза, що обумовлює зубоподібний вигляд графіків.

Верхня порція *m. serratus anterior lower* специфічні функції в координації з грудинно-ключичним (SC) та надплечово-ключичним (AC) суглобами. Вона менш активна в порівнянні з нижньою порцією під час абдукції, але її функція полягає в стабілізації та координації рухів лопатки.

Нижня порція *m. serratus anterior* кріпиться до



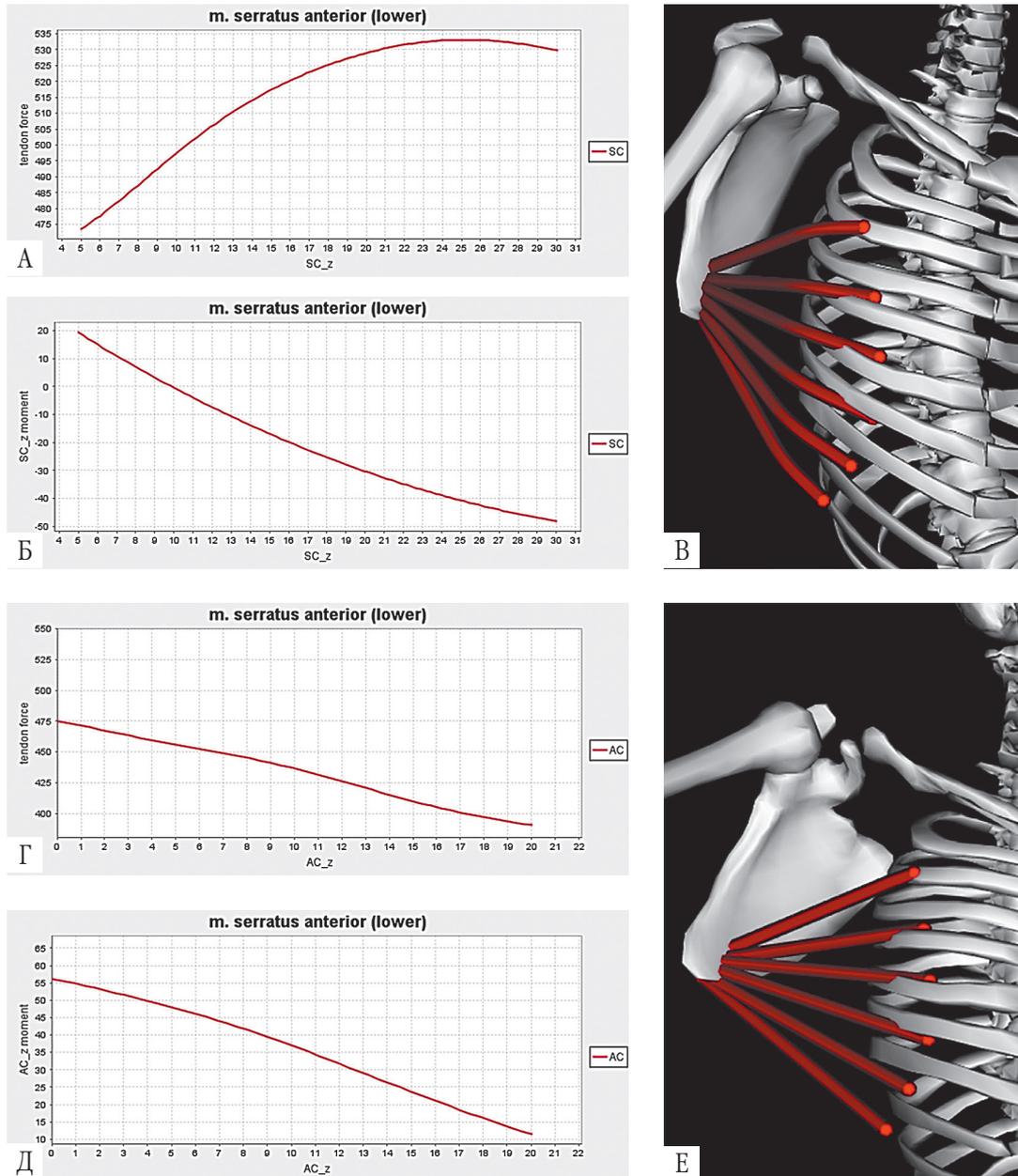
**Рис. 4.** Функція *m. serratus anterior (upper)* при абдукції плеча до 90° сила м'яза (А) та крутний момент (Б) при роботі грудинно-ключичного суглоба (SC) (В) ілюстрація максимального кута підйому ключиці в моделі сила м'яза (Г) та крутний момент (Д) при роботі надплечово-ключичного суглоба (AC) (Е) ілюстрація максимального кута підйому лопатки в моделі

нижніх країв лопатки та ребер, не має безпосереднього з'єднання з ключицею, але робота починається з руху лопатки одночасно з підйомом ключиці при куті абдукції 30°.

Виходячи з даних моделювання, основне завдання *m. serratus anterior (lower)* полягає в стабілізації лопатки, тобто її притискання до ребер. При підйомі ключиці нижня порція *m. serratus anterior* розвиває силу для утримання лопатки від 475 Н до 535 Н на максимумі від 20° (рис. 5, а). Далі м'язи утримують лопатку від подальшої її елевації без

помітної зміни сили. Рух лопатки майже не впливає на силу *m. serratus anterior* (рис. 5, г) через те, що за ретракцією відповідають інші, більш сильні м'язи, такі як *m. trapezius* та *mm. rhomboid*.

Крутний момент грудинно-ключичного суглоба, який створює нижня порція *m. serratus anterior* зростає після 10° підйому ключиці (40–45° абдукції плеча) і сягає 50 Нм (рис. 5, б). Крутний момент надплечово-лопаткового суглоба падає, відповідно зменшенню сили *m. serratus anterior* при ротації лопатки (рис. 5, д).



**Рис. 5.** Функція *m. serratus anterior* (lower) при абдукції плеча до 90° сила м'яза (А) та крутний момент (Б) при роботі грудинно-ключичного суглоба (SC) (В) ілюстрація максимального кута підйому ключиці в моделі сила м'яза (Г) та крутний момент (Д) при роботі надплечово-ключичного суглоба (AC) (Е) ілюстрація максимального кута підйому лопатки в моделі

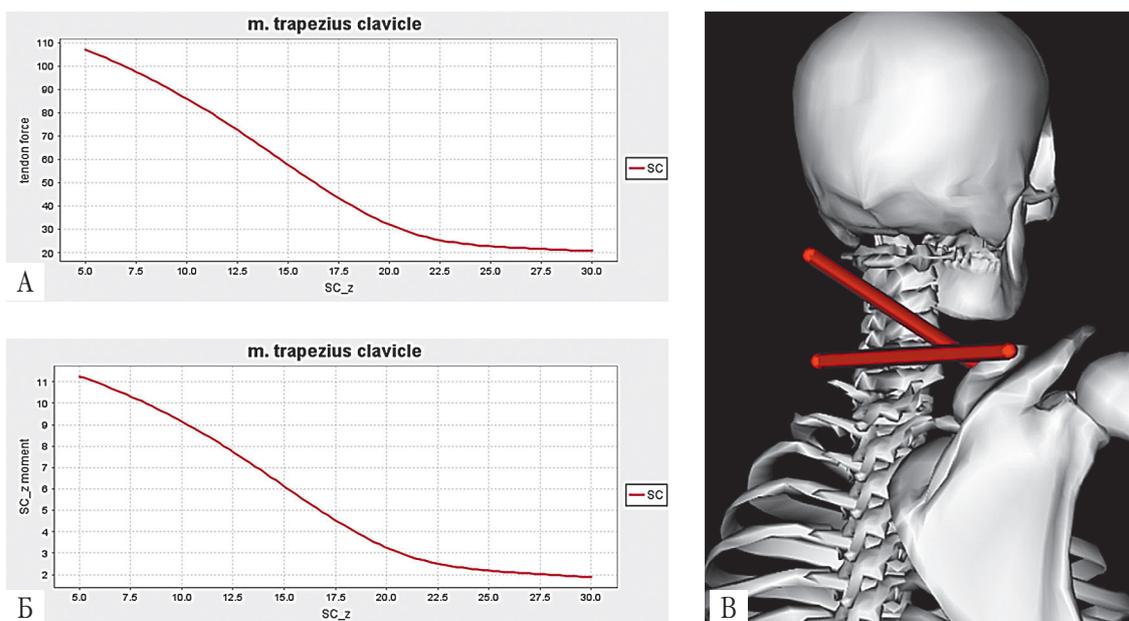
**Трапецієподібний м'яз** складається з трьох частин: верхньої, середньої і нижньої. При відведенні плеча до 90° основну роль відіграють верхня і середня частини м'яза.

**Верхня частина трапецієвидного м'язу (*m. trapezius clavicle* – аббревіатура в моделі)** кріпиться до **латеральної третини ключиці** та акроміона лопатки. Цей м'яз піднімає лопатку виключно через надплечово-ключичний суглоб, тобто до кута 30° ключиці чи 60° абдукції плеча.

При відведенні плеча сила верхньої частини трапецієподібного м'язу зменшується (рис. 6, а) через

**зміну кута прикладання сили, тобто** лінія дії м'яза (вектор сили) стає менш перпендикулярною до осі обертання ключиці, що знижує ефективність моменту сили (рис. 6, б). Крім того, на початкових етапах відведення значна частина роботи припадає на інші м'язи, зокрема надостьовий та дельтоподібний м'яз (*m. deltoideus*). *Trapezius clavicle* забезпечує підйом плеча до кута приблизно 60°.

Для подальшого руху необхідна дія надплечово-ключичного суглоба, в дії якого бере участь середня і нижня частини – *m. trapezius scapulae* (рис. 7)



**Рис. 6.** Функція *m. trapezius clavicle* при абдукції плеча до  $90^\circ$  сила м'яза (А) та крутний момент (Б) при роботі грудинно-ключичного суглоба (SC) В) ілюстрація максимального кута підйому ключиці в моделі

Початок руху ключиці супроводжується збільшенням сумарної сили *m. trapezius scapulae* до 1150 Н при куті ротації ключиці біля  $10^\circ$  (кут абдукції плеча біля  $40^\circ$ ). При подальшому підйомі ключиці сила м'яза поступово знижується до 970 Н (рис. 7, а). Це пов'язано з тим, що деякі порції м'яза змінюють свою орієнтацію, що призводить до зміни кута дії вектора сили (рис. 7, в).

Ротація лопатки призводить до того, що м'яз виконує роботу по ретракції лопатки, і сила знову зростає – з 970 Н до 1150 Н при куті абдукції плеча  $90^\circ$  (рис. 7, г, е).

Крутні моменти зростають як при підйомі ключиці (рис. 7, б), так і при ротації лопатки (рис. 7, д), направлені в протилежний бік від дії вектора сили.

Для *m. trapezius scapulae* можна помітити хвилястий характер зміни сили – спочатку наростання до кута абдукції плеча до  $45^\circ$ , незначне спадання при абдукції близько  $60^\circ$ , і знову збільшення при подальшому відведенні плеча.

М'яз, що піднімає лопатку (*m. levator scapulae*), відіграє важливу роль у русі та стабілізації лопатки під час відведення плеча до  $90^\circ$ . Хоча його основна функція пов'язана з підняттям лопатки, він також бере участь у синергії з іншими м'язами плечового поясу, зокрема трапецієподібним м'язом (*m. trapezius*), для забезпечення правильного руху та стабільності лопатки.

При підйомі ключиці спостерігаємо збільшення сили *m. levator scapulae* до 200 Н тільки на початку її руху. Подальший підйом супроводжується виключно підтриманням сили на цьому рівні (рис. 8, а). Подальша абдукція плеча, коли в робо-

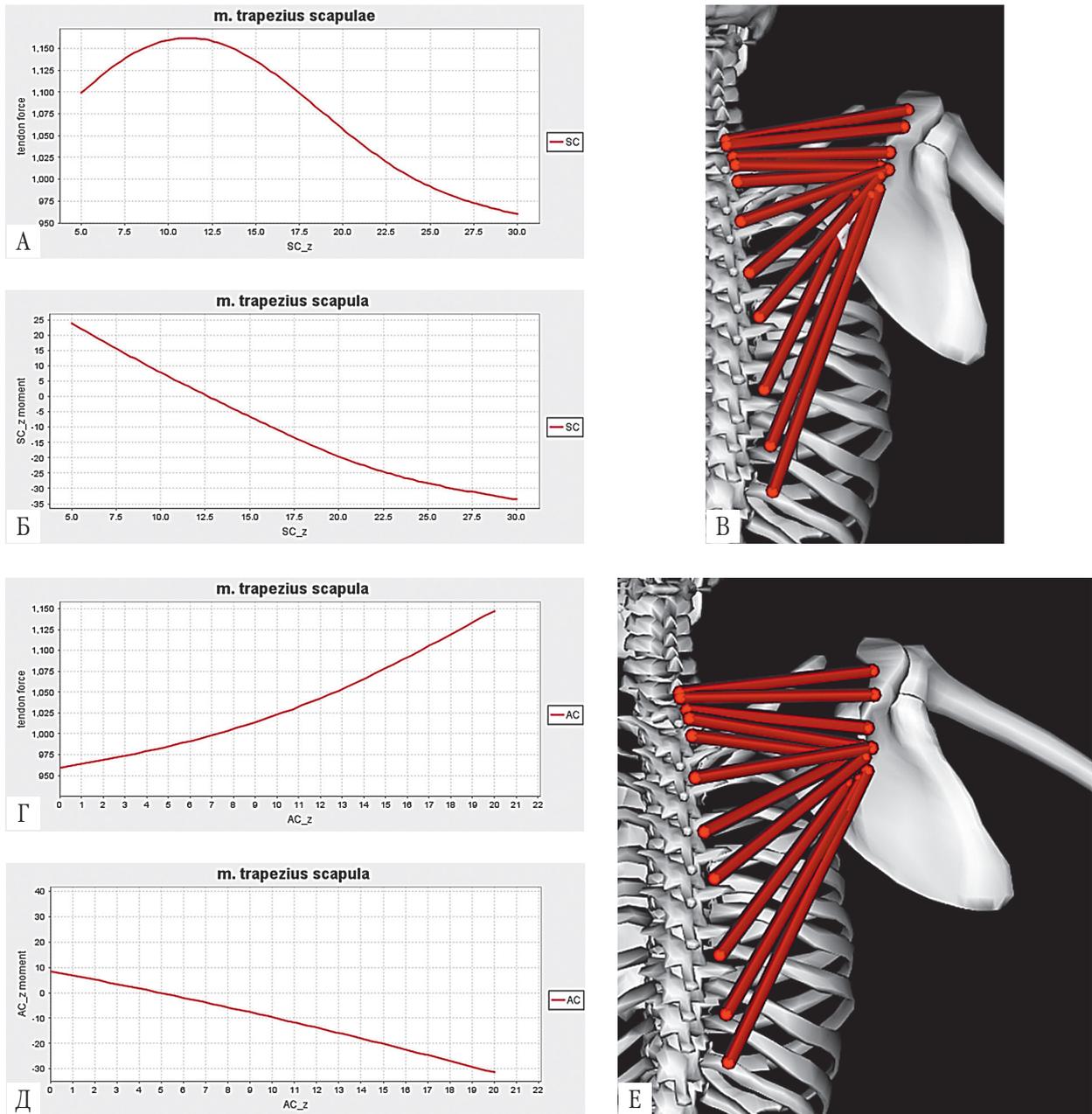
ту залучається лопатка, спостерігається незначне зменшення сили – приблизно до кута ротації  $10^\circ$ , що відповідає зоні одночасного руху грудинно-ключичного і надплечово-ключичного суглобів. В подальшому ротація лопатки потребує збільшення сили *m. levator scapulae* від 160 Н до 190 Н (рис. 8, г). Відповідно крутні моменти відображають зміну сили м'яза – рис. 8, б, д.

*M. levator scapulae* працює разом із *m. trapezius scapulae* для стабілізації верхнього кута лопатки. У той час як верхня частина трапецієподібного м'яза тягне акроміон вгору, *m. levator scapulae* утримує медіальний край і верхній кут лопатки, забезпечуючи контрольовану ротацію. Він також працює у зв'язці з ромбоподібними м'язами (*mm. rhomboidei*), які допомагають стабілізувати лопатку в горизонтальній площині.

## Обговорення

При абдукції плеча до  $90^\circ$  м'язи, що відповідають за рух і стабілізацію ключиці та лопатки відіграють ключову роль, забезпечуючи скоординовану роботу плечового поясу в рамках скапулогуморального ритму. Основні м'язи, які приймають участь у стабілізації лопатки – трапецієподібний м'яз (*m. trapezius*), м'яз, що піднімає лопатку (*m. levator scapulae*), передній зубчастий (*m. serratus anterior*) та ромбоподібні м'язи (*mm. rhomboidei*). Їхня робота синергічно пов'язана з грудинно-ключичним і акроміально-ключичним суглобами.

На початку відведення плеча (від 0 до  $30^\circ$ )



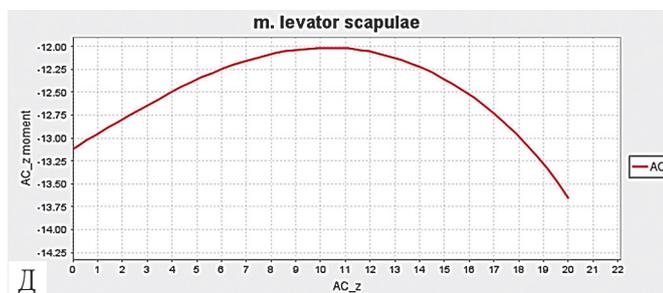
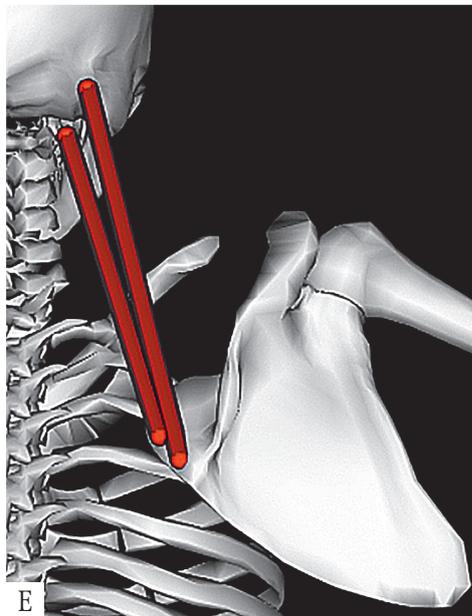
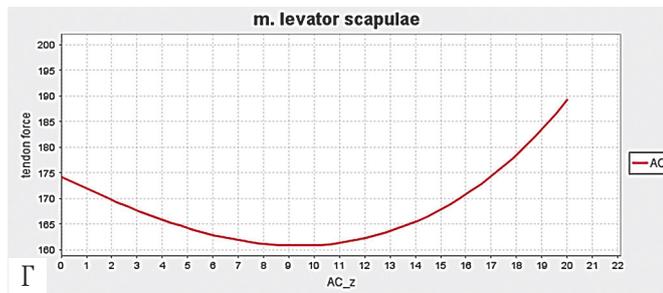
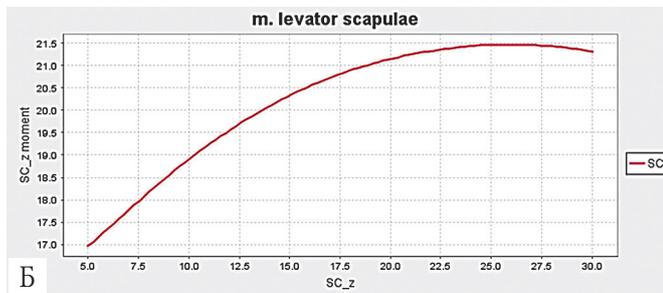
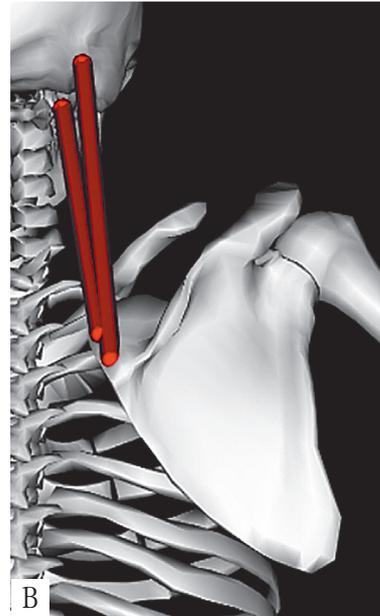
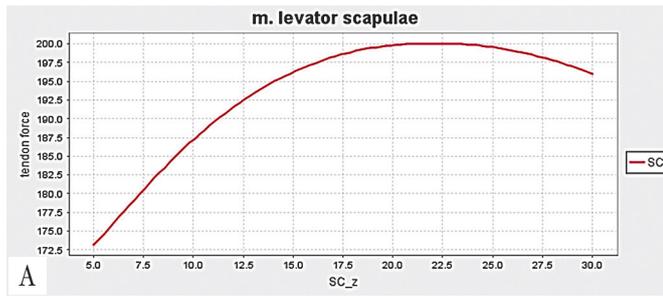
**Рис. 7.** Функція *m. trapezius scapulae* при абдукції плеча до 90° сила м'яза (А) та крутний момент (Б) при роботі грудинно-ключичного суглоба (SC) В) ілюстрація максимального кута підйому ключиці в моделі сила м'яза (Г) та крутний момент (Д) при роботі надплечово-ключичного суглоба (AC) Е) ілюстрація максимального кута підйому лопатки в моделі

основне навантаження припадає на дельтоподібний, надостовий м'язи та м'язи ротаторної манжети плечового суглоба. Трапецієподібний м'яз (верхня і середня частини) і *m. levator scapulae* стабілізують лопатку і ключицю, готуючи їх до ротації. Тобто м'язи виконують виключно роль стабілізації лопатки.

При подальшому відведенні від 30° до 90°, ротація лопатки вгору стає домінуючою. Верхня і нижня частини трапецієподібного м'яза та передній зубчастий м'яз беруть активну участь у рота-

ції лопатки, а середня частина трапецієподібного і ромбоподібні м'язи забезпечують її стабільність.

Розглянуті аспекти роботи м'язів і суглобів при відведенні плеча дають підстави для передбачення наслідків при комбінованому переломі ключиці і верхнього краю лопатки, який суттєво порушує біомеханіку плечового поясу, обмежуючи відведення плеча через ураження ключових кісткових і суглобових структур. Перелом ключиці, особливо в латеральній третині, порушує стабільність грудинно-ключичного суглоба, зменшуючи здатність



**Рис. 8.** Функція *m. levator scapulae* при абдукції плеча до 90° сила м'яза (А) та крутний момент (Б) при роботі грудинно-ключичного суглоба (SC) В) ілюстрація максимального кута підйому ключиці в моделі сила м'яза (Г) та крутний момент (Д) при роботі надплечово-ключичного суглоба (AC) еЕ) ілюстрація максимального кута підйому лопатки в моделі

ключиці підніматися (15–20°) і здійснювати ротацію назад (20–35°), що обмежує передачу руху до лопатки. Перелом верхнього краю лопатки, зокрема акроміона чи верхнього кута, порушує ротацію лопатки вгору (30–40°) в акроміально-ключичному суглобі, що є критичним для скапулогуморального ритму (2:1). Це призводить до нестабільності плечового поясу, зниження амплітуди відведення та компенсаторних рухів, таких як надмірне підняття плечового поясу.

М'язи, що відповідають за рух ключиці та ло-

патки, зазнають функціональних порушень. Верхня частина трапецієподібного м'яза (*m. trapezius clavicle*) втрачає ефективність через зміщення точок прикріплення на ключиці чи акроміоні (*m. trapezius scapula*), що обмежує її здатність підняти ключицю та здійснювати ротацію лопатки. М'яз, що піднімає лопатку (*m. levator scapulae*), через ураження верхнього кута лопатки не може стабілізувати її, а передній зубчастий м'яз (*m. serratus anterior*) і нижня частина трапецієподібного м'яза втрачають здатність формувати

силову пару для ротації лопатки вгору. Середня частина трапецієподібного м'яза та ромбоподібні м'язи (mm. rhomboidei) не можуть ефективно стабілізувати лопатку в горизонтальній площині, що посилює порушення скапулогуморального ритму та обмежує відведення плеча.

## Висновки

В результаті моделювання роботи м'язів, відповідальних за рух лопатки та ключиці було визначено порядок залучення суглобів і відповідних м'язів для забезпечення абдукції плеча до 90°. Отримані дані дозволили визначити можливі порушення функціонування плечового поясу при ушкодженні ключиці чи лопатки, або при їх комбінованій травмі.

## References

1. Cowan PT, Mudreac A, Varacallo MA. Anatomy, Back, Scapula. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK531475/>
2. Contemori S, Panichi R, Biscarini A. Effects of scapular retraction/protraction position and scapular elevation on shoulder girdle muscle activity during glenohumeral abduction. *Hum Mov Sci*. 2019;64:55-66. doi: 10.1016/j.humov.2019.01.005
3. Yabata K, Fukui T. Characteristics of the scapula movement during shoulder elevation depend on posture. *J Phys Ther Sci*. 2022;34(7):478-484. doi: 10.1589/jpts.34.478.
4. Тяжелов ОА, Органов ВВ, Гончарова ЛД. Исследование работы мышц вращательной манжеты плеча на статической модели. *Травма*. 2005;6(4):407-412. Tyazhe-

- lov OA, Organov VV, Goncharova LD. Study of the function of the rotator cuff muscles on a static model. *Trauma*. 2005;6(4):407-412.[in Russian]
5. Chadwick E, Blana D, Kirsch R, van den Bogert A. Real-time simulation of three-dimensional shoulder girdle and arm dynamics. *IEEE Trans Biomed Eng*. 2014;61(7):1947-56. doi:10.1109/TBME.2014.2309727.
6. Saul KR, Hu X, Goehler CM, Vidt ME, Daly M, Velisar A, et al. Benchmarking of dynamic simulation predictions in two software platforms using an upper limb musculoskeletal model. *Comput Methods Biomech Biomed Engin*. 2015;18:1445-1458.
7. Paine R, Voight ML. The role of the scapula. *Int J Sports Phys Ther*. 2013;8(5):617-29
8. Delp SL, Anderson FC, Arnold AS, Loan P, Habib A, John CT, et al. OpenSim: open-source software to create and analyze dynamic simulations of movement. *IEEE Trans Biomed Eng*. 2007;54(11):1940-50. doi:10.1109/TBME.2007.901024.
9. Seth A, Matias R, Veloso AP, Delp SL. A Biomechanical Model of the Scapulothoracic Joint to Accurately Capture Scapular Kinematics during Shoulder Movements. *PLoS One*. 2016;11(1):e0141028. doi: 10.1371/journal.pone.0141028.
10. Долгополов ОВ. Хірургічне лікування ушкодженнь 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]

## Modeling of Scapular and Clavicular Muscle Function During Upper Limb Abduction

Dolgoplov O.V.<sup>1</sup>, Bezruchenko S.O.<sup>1</sup>✉, Saliuk R.V.<sup>1</sup>, Suvorov V.L.<sup>1</sup>, Karpinska O.D.<sup>2</sup>, Karpinskyi M.Yu.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>SI «Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine», Kyiv, Ukraine  
<sup>2</sup>SI «Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology of NAMS of Ukraine», Kharkiv, Ukraine

**Summary. Introduction.** Modeling combined movements, such as upper limb abduction involving multiple joints and muscle groups, requires advanced mathematical tools; therefore, it is often represented as a sequence of motions in the glenohumeral, sternoclavicular, and acromioclavicular joints. Although this approach does not fully replicate anatomical movement, it provides valuable insight into the magnitude of muscle forces generated during limb abduction. **Objective.** This study aimed to analyze the muscle forces responsible for scapular and clavicular movement during shoulder abduction. **Materials and Methods.** Modeling was performed using the OpenSim software package based on the DAS3 model. The model included six joints:

acromioclavicular, sternoclavicular, glenohumeral, humeroulnar, humeroradial, and radiocarpal. A total of 138 muscles were included. Movements in the sternoclavicular and acromioclavicular joints were simulated. The abduction of the upper limb was analyzed within a range of  $0^\circ$  to  $90^\circ$ . **Results.** The sternoclavicular joint becomes active when shoulder abduction reaches approximately  $30^\circ$ . The force of the rhomboid muscles increases to 400 N at a clavicular elevation angle of approximately  $20\text{--}25^\circ$ . Subsequently, scapular rotation affects the rhomboid muscles, reaching a maximum force of 700 N at full shoulder abduction, with the torque increasing to  $32\text{ N}\cdot\text{m}$ . At the onset of scapular movement, the force vector of the upper fibers of the serratus anterior is directed toward the clavicle, causing a decrease in total force up to an elevation angle of  $10^\circ$ . With further clavicular movement, serratus anterior force increases to 370 N at an elevation angle of  $20\text{--}25^\circ$ , while the generated torque decreases from  $30\text{ N}\cdot\text{m}$  to  $15\text{ N}\cdot\text{m}$ . During clavicular elevation, the lower portion of the serratus anterior generates forces ranging from 475 N to 535 N at a maximum angle of  $20^\circ$  to stabilize the scapula. The corresponding torque increases to  $50\text{ N}\cdot\text{m}$  after  $10^\circ$  of clavicular elevation. The onset of the clavicular movement is accompanied by an increase in the total trapezius muscle force to 1150 N at a clavicular rotation angle of  $10^\circ$ . With further elevation, the muscle force decreases to 970 N. During scapular rotation, trapezius muscle force increases again to 1150 N at  $90^\circ$  of shoulder abduction. The levator scapulae muscle reaches a force of 200 N only at the initial stage of clavicular movement, while scapular rotation requires an increase in muscle force up to 160 N. **Conclusions.** Modeling the function of muscles responsible for scapular and clavicular movement made it possible to determine the sequence of involvement of joints and corresponding muscles required to achieve shoulder abduction up to  $90^\circ$ . The obtained data allowed identification of potential functional disorders of the shoulder girdle in cases of clavicular or scapular injury, or combined trauma.

**Keywords:** modeling; clavicle; scapula; muscle force; upper limb abduction.

## Особливості хірургічного лікування поперекового форамінального стенозу

Шевчук А.В.<sup>1</sup>, Душний М.М.<sup>2</sup> ✉

**Резюме.** На сьогоднішній день малоінвазивна хірургія хребта стрімко розвивається. З'явилися нові методики лікування дегенеративно-дистрофічних захворювань хребта, проте результати лікування ще не до кінця відомі. Використання унілатеральної біпортальної ендоскопії в Україні є доволі обмеженим, що робить дослідження у даному напрямку вкрай актуальними. **Мета дослідження.** Провести аналіз результатів лікування та ускладнень після виконання унілатеральної біпортальної ендоскопічної декомпресії в лікуванні поперекового форамінального стенозу. **Матеріали та методи.** Дослідження проведено на базі МЦ «Ендоклінік» м. Рівне в період з січня по липень 2024 року. Вибірку склали  $n=50$  пацієнтів. Пацієнтам було проведено унілатеральну біпортальну ендоскопічну декомпресію міжхребцевого отвору на рівнях L3–L4 ( $n=1$ ), L4–L5 ( $n=19$ ) та L5–S1 ( $n=30$ ). **Результати.** Результати даного дослідження показали, що інтенсивність больового синдрому за VAS значно зменшилася за час спостереження. Передопераційний показник  $7,05 \pm 0,76$  у ділянці поперекового відділу хребта та  $7,15 \pm 0,81$  у нижній кінцівці, на другий день після операції показник VAS склав  $3,75 \pm 0,85$  та  $3,85 \pm 0,93$  відповідно. Через 3 місяці після операції біль у попереку був на рівні  $1,75 \pm 0,85$ , а через 6 місяців склав  $1,65 \pm 0,87$ . В той же час інтенсивність болю у нижній кінцівці становила  $1,75 \pm 0,85$  через 3 місяці та  $1,6 \pm 0,99$  – через 6 місяців. Дані результати свідчать про значну позитивну динаміку на усіх етапах спостереження. Показник обмеження життєдіяльності людини (ODI) був  $62,5 \pm 6,38\%$  у передопераційний період та знизився до  $21,7 \pm 4,21\%$  через 1 місяць після втручання, через 3 місяці даний показник становив  $14 \pm 5,39\%$  та  $12,1 \pm 6,17\%$  на 6 місяць спостереження. У 84% випадків лікування було досягнуто відмінного або позитивного результату. **Висновки.** Використання унілатеральної біпортальної ендоскопічної декомпресії при форамінальному стенозі є ефективним методом лікування. У порівнянні з відкритими видами оперативних втручань вище наведена методика має низку переваг.

**Ключові слова.** Унілатеральна біпортальна ендоскопія, поперековий форамінальний стеноз.

### Вступ

Поперековий форамінальний стеноз це патологія хребта, що зазвичай зумовлена дегенеративно-дистрофічними змінами дуговідросткових суглобів, міжхребцевих дисків, або внаслідок екструзії міжхребцевого диску чи кісти дуговідросткового суглоба.

За даними Orita S et al., поширеність поперекового форамінального стенозу становить 8–11% [1].

Таким чином, проблема набуває актуальності в умовах зростання частки осіб старшого віку в Україні, що зумовлює підвищення поширеності дегенеративно-дистрофічних захворювань. Отже, лікування цих захворювань є важливою складовою покращення якості життя даної категорії населення. Прогресуючий перебіг та неефективність консервативного лікування призводять до необхідності застосування хірургічних методик.

Виконання відкритої форамінотомії через доступ за Wiltse тривалий час вважалося золотим стандартом для лікування форамінального стенозу або екструзії у зоні міжхребцевого отвору [2,3,4]. Проте в останні роки малоінвазивні ендоскопічні методики лікування дегенеративно-дистрофічних

✉ Душний М.М., [mishadus1997@gmail.com](mailto:mishadus1997@gmail.com)

<sup>1</sup>ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України», Київ, Україна

<sup>2</sup>КП «Рівненська обласна клінічна лікарня імені Юрія Семенюка» РОР, Рівне, Україна

захворювань хребта набувають широкої популярності. Однією із найбільш ефективних хірургічних методик, що активно впроваджується у світі є унілатеральна біпорціальна ендоскопічна декомпресія (UBE) [5]. При форамінальному та центральному стенозі загальноприйнятним є інтерламінарний доступ, що дає можливість усунути можливий супутній центральний стеноз та здійснити декомпресію міжхребцевого отвору. Однак неможливість виконати повноцінну декомпресію ділянки міжхребцевого отвору в зоні виходу нервового корінця призводить до отримання незадовільних результатів при форамінальному стенозі. Тому виникла необхідність в оптимізації хірургічного лікування із застосуванням трансфорамінального доступу.

Мета дослідження. Провести аналіз результатів лікування та ускладнень після виконання унілатеральної біпорцяльної ендоскопічної декомпресії при поперековому форамінальному стенозі.

## Матеріали і методи

Дослідження ґрунтується на аналізі результатів лікування пацієнтів із поперековим форамінальним стенозом, яким проведено оперативне лікування на базі МЦ «Ендоклінік» м. Рівне в період з січня по липень 2024 року. Вибірку  $n=50$  пацієнтів із цим захворюванням склали 21 жінка та 29 чоловіків. Хворим було проведено унілатеральну біпорціальну ендоскопічну декомпресію міжхребцевого отвору на рівнях L3-L4 ( $n=1$ ), L4-L5 ( $n=19$ ) та L5-S1 ( $n=30$ ). Найчисленнішою була вікова група 60–70 років – 20 пацієнтів (табл. 1), в той час як у віковій групі 50–60 років було 17 пацієнтів, 70–80 років – 7, 40–50 років – 6. Класифікацію форамінального стенозу проводили згідно Lee [6] з поділом на три зони: I (вхідну), II (середню) та III (вихідну).

Таблиця №1

Розподіл пацієнтів за віком

Вік пацієнтів	40-50 років	50-60 років	60-70 років	70-80 років
Кількість пацієнтів	6	17	20	7

Критерії включення: дегенеративний поперековий форамінальний стеноз на одному рівні, біль, що виникає у ділянці відповідного дерматому (оцінка за VAS  $> 4$ ), наявність неврологічного дефіциту відповідно ураженого нервового корінця, відсутність позитивного ефекту від консервативного лікування протягом 6 тижнів, звуження міжхребцевого отвору підтвердженого результатами МРТ-дослідження, готовність взяти участь та дот-

римуватися запропонованого нами протоколу подальшого спостереження.

Критерії виключення: історія хірургічного втручання на поперековому відділі хребта на тому самому рівні, спондилолітез (ступінь за Meyer  $>1$ ), вроджений форамінальний стеноз, дегенеративний поперековий сколіоз (кут Кобба  $>20^\circ$ ), форамінальний стеноз, що спричинений екструзією міжхребцевого диску, післятравматичний форамінальний стеноз, пухлиноподібні утворення ділянки міжхребцевого отвору, клінічно значущий центральний стеноз хребтового каналу поперекового відділу хребта.

Оцінку результатів проводили за шкалою болю VAS та індексом обмеження життєдіяльності за шкалою Oswestry у передопераційний період, у першу добу після втручання, а також через 1, 3 і 6 місяців після операції. Окрім того враховували ступінь задоволеності пацієнтів оперативним втручанням, який визначали за модифікованою шкалою MacNab.

## Опис хірургічної методики

Операцію унілатеральної біпорцяльної ендоскопічної декомпресії міжхребцевого отвору виконували в положенні пацієнта на животі із зігнутими в кульшових і колінних суглобах нижніми кінцівками та з використанням спеціальних підкладок в області грудей та таза. Для виконання інтерламінарного доступу операційне поле маркується згідно методики [7] та під контролем електронно-оптичного перетворювача (ЕОП). Визначається 2 точки для виконання доступу. Дилататорами формуються 2 порти для проведення втручання. Вводиться ендоскоп з  $0^\circ$  оптикою в операційну рану та під ендоскопічним контролем візуалізується жовта зв'язка, дужка вище розташованого хребця. За допомогою радіочастотного аблятора виконується збільшення робочої зони. Після чого виконується часткова резекція остистого відростка, жовтої зв'язки та дужки вище розташованого хребця. При інтерламінарному доступі виконується часткова резекція нижнього та верхнього суглобових відростків до 50 % з метою декомпресії міжхребцевого отвору (рис. 1). Однак при значній резекції дуговідросткового суглобу (більше 50 %) існує ризик нестабільності у післяопераційний період. Також застосовують контрлатеральний субламінарний доступ, що актуально при форамінальному стенозі у II зоні. Цей доступ передбачає резекцію основи остистого відростка, жовтої зв'язки, дуговідросткового суглоба контрлатеральної сторони. Його перевага полягає у можливості більшої декомпресії міжхребцевого отвору, при меншій резекції дуговідросткового суглоба [8].

Під час роботи здійснюється безперервна подача фізіологічного розчину, температура якого становить 32–35°. Після завершення декомпресії інструменти забираються, виконується встановлення дренажу та ушивання ран.

Положення пацієнта при трансфорамінальному доступі є подібним інтерламінарному. Проксимальний порт при цьому доступі необхідно розташувати на 2-3 см від ніжки хребця під контролем ЕОПа. Дистальний порт розміщується на 2,5 см далі від проксимального. Орієнтиром для даного доступу є нижній край поперечного відростка вище розташованого хребця та латеральний край верхнього суглобового відростка нижче розташованого хребця, які виділяють за допомогою бура та кусачок Керрісона. Під ендоскопічним контролем виконується часткова резекція вищенаведених структур. Після чого візуалізується вихідний нервовий корінець та проводиться його декомпресія. Під час роботи проводиться коагуляція структур за допомогою радіочастотного аблятора.

Монопортальна черезшкірна ендоскопічна декомпресія міжхребцевого отвору – це методика, що передбачає виконання звільнення нервового корінця від компресії, використовуючи трансфорамінальний доступ, орієнтиром якого є трикутник Kambin [9]. До переваг даної методики належать: можливість виконання оперативного втручання під місцевим знеболенням, що є важливим для пацієнтів з важкою супутньою патологією [10], збереження заднього опорного комплексу хребця, що забезпечує стабільність хребтково-рухового сегменту. Тому з появою даної методики велика кількість спінальних хірургів почала широко впроваджувати її у свою практику [11,12]. Водночас дана методика має суттєві недоліки, до

яких належать: неможливість проведення оперативного втручання на рівні L5-S1 у разі високого стояння крила клубової кістки, маломобільність інструментів, пов'язана з технічними особливостями методики, висока вартість інструментів та їх низька міцність, збільшене інтраопераційне променеве навантаження, що пов'язане з виконанням доступу під постійним ЕОП контролем, а також труднощі досягнення I зони міжхребцевого отвору та виконання декомпресії у цій ділянці. Тому у зв'язку з вищенаведеними факторами виникла потреба у застосуванні альтернативної методики для лікування недискогенних стенозів.

Ще у 1996 році De Antoni et al. була запропонована методика біпортальної ендоскопії [13]. Однак поширення вона набула завдяки корейській спільноті спінальних хірургів. Перевагами даної методики є: хороша мобільність інструментів, використання типових спінальних та артроскопічних інструментів, що значно зменшує вартість оперативного втручання, а також значно знижує інтраопераційне радіаційне навантаження. В Україні дану методику почали широко використовувати спочатку для лікування екструзій міжхребцевих дисків [14,15] і згодом для лікування стенозів вертебрального каналу [5].

#### **Особливості хірургічного лікування поперекового форамінального стенозу**

Форамінальний стеноз – дегенеративне захворювання хребта, що виникає та розвивається поступово. Тому у багатьох випадках може проявлятися незначним болем у попереку, що іррадіює у нижню кінцівку, а може мати безсимптомний перебіг. Поступово можуть з'являтися поколювання, оніміння, скутість, зниження сили м'язів нижньої



**Рис. 1.** Ділянка міжхребцевого отвору до та після ендоскопічної декомпресії методом UBE

кінцівки, а також спазмування її чи м'язів попереку. Характерною особливістю форамінального стенозу є посилення больових відчуттів при вертикалізації та у сидячому положенні. Водночас при згинанні у поперековому відділі хребта рівень болю знижується, що зумовлено збільшенням висоти міжхребцевого отвору та зменшенням компресії нервового корінця.

Показання до ендоскопічної унілатеральної біпортальної декомпресії ділянки міжхребцевого отвору інтерламінарним доступом:

- поперековий форамінальний стеноз I та II зони згідно Lee [6];
- супутній центральний стеноз вертебрально-го каналу;
- супутня патологія міжхребцевого диску;
- виникнення повторного форамінального стенозу після проведення черезшкірної трансфорамінальної декомпресії міжхребцевого отвору.

Показання до ендоскопічної унілатеральної біпортальної декомпресії ділянки міжхребцевого отвору трансфорамінарним доступом:

- поперековий форамінальний стеноз III зони згідно Lee [6];
- супутній екстрафорамінальний стеноз;
- супутня екстрафорамінальна патологія міжхребцевого диску;
- Far-out синдром/форамінальний стеноз;
- попередня хірургія інтерламінарним доступом.

Протипоказання до проведення УВЕ: нестабільність хребтово-рухового сегмента, спондилолітез, пухлиноподібні утворення ділянки міжхребцевого диска, інфекційний процес у ділянці запланованого рівня, коагулопатія.

Показання для проведення монопортальної черезшкірної трансфорамінальної декомпресії міжхребцевого отвору: попередня УВЕ декомпресія або відкрита хірургія на запланованому рівні, наявність важкої соматичної патології, що не дозволяє проведення загального знеболення.

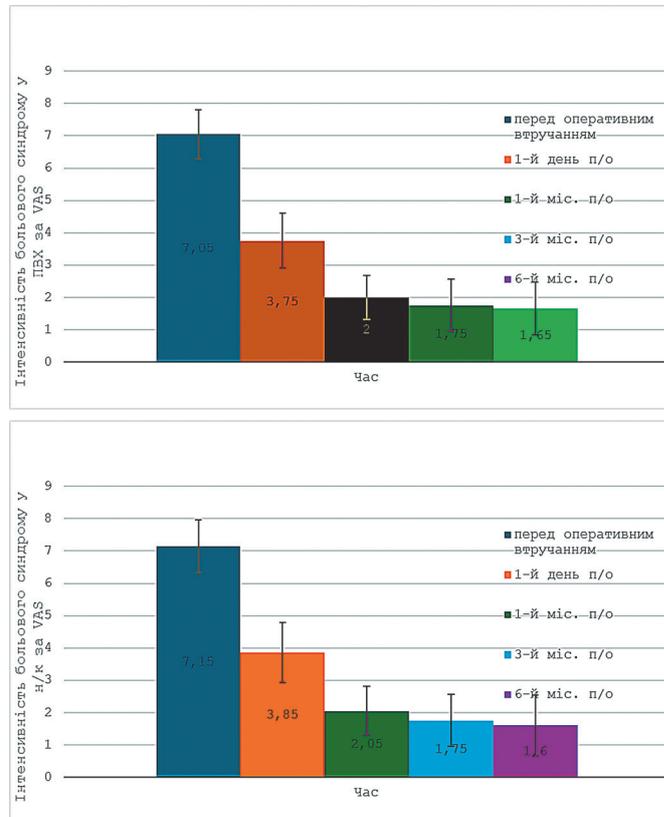
## Результати дослідження

За даними дослідження було проаналізовано результати хірургічного лікування хворих з форамінальним поперековим стенозом методом унілатеральної біпортальної ендоскопічної декомпресії міжхребцевого отвору 50 пацієнтам. Середній час оперативного втручання склав  $44,3 \pm 6,7$  хвилин, середня інтраопераційна крововтрата склала  $44,25 \pm 12,06$  мл. Показник ліжко-дня становив  $1,1 \pm 0,3$  дні, що значно менше у порівнянні з відкритими видами оперативних втручань.

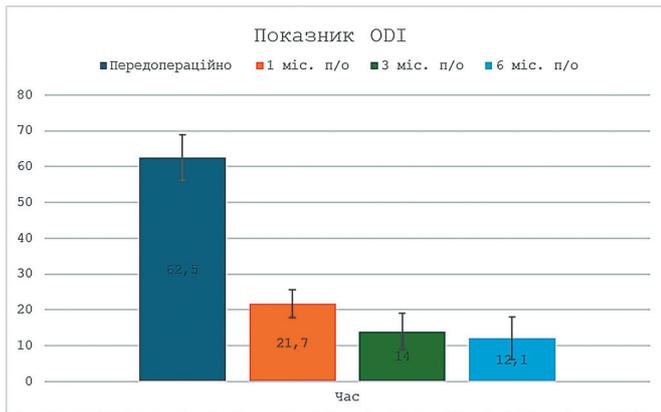
За оцінкою вираженості больового синдрому за VAS у ділянці поперекового відділу хребта та нижньої кінцівки виявлено значне полегшення больового синдрому у порівнянні з передопераційними показниками та зі збереженням позитивної динаміки на всіх етапах спостереження (рис. 2). До оперативного втручання больовий синдром у ділянці поперекового відділу хребта становив в середньому  $7,05 \pm 0,76$ ; на наступний день після операції –  $3,75 \pm 0,85$ ; через 1 місяць після оперативного втручання –  $2 \pm 0,72$ ; через 3 місяці –  $1,75 \pm 0,85$ , а через 6 місяців –  $1,65 \pm 0,87$ .

Передопераційний показник болю у нижній кінцівці був на рівні  $7,15 \pm 0,81$ ; на другий день після оперативного втручання –  $3,85 \pm 0,93$ ; через 1 місяць –  $2,05 \pm 0,8$ ; через 3 місяці –  $1,75 \pm 0,85$  та  $1,6 \pm 0,99$  через 6 місяців після оперативного втручання. Показник оцінки обмеження життєдіяльності (ODI) також показав значну позитивну динаміку у післяопераційний період (рис. 3). Показник ODI був  $62,5 \pm 6,38\%$  перед оперативним втручанням та знизився до  $21,7 \pm 4,21\%$  через 1 місяць після втручання, через 3 місяці даний показник становив  $14 \pm 5,39\%$  та  $12,1 \pm 6,17\%$  на 6-й місяць спостереження.

Кількість добрих та відмінних результатів згідно модифікованої шкали MacNab було досягнуто у



**Рис. 2.** Вираженість больового синдрому за VAS у ділянці поперекового відділу хребта та нижній кінцівці



**Рис. 3.** Оцінки обмеження життєдіяльності (ODI)

84%. У 5 випадках (10%) результат лікування оцінювався як задовільний, та в 3 випадках (6%) – як незадовільний.

Ускладнення:

Серед інтраопераційних ускладнень зустрічались:

- травматизація нервового корінця у 2 випадках (4%). Тоді в післяопераційний період спостерігався біль невропатичного характеру протягом 2 місяців, відповідно були призначені прегабаліни та препарати для покращення трофіки нервових структур. Дренаж у післяопераційний період не використовувався;

- у 2 випадках (4%) була неконтрольована інтраопераційна кровотеча, внаслідок якої було подовжено час оперативного втручання. Дане ускладнення було зумовлено пошкодженням корінцевої артерії. Під час оперативного втручання введено 1 г транексамової кислоти та застосовано гемостатичну губку Surgispon. Хоча повної зупинки кровотечі не було досягнуто, декомпресію міжхребцевого отвору було виконано, проте з збільшеним часом оперативного втручання та крововтратою. З метою уникнення розвитку гематоми, дренаж видалений на 3-й день після оперативного втручання.

Пошкоджень твердої мозкової оболонки та ліквореї не виявлено.

У післяопераційний період зафіксовано: у 7 випадках (14%) спостерігалися парестезії у ділянці відповідного нервового корінця, що може бути зумовлено його тривалою ішемією та незначною травматизацією при виконанні хірургічного лікування. Для покращення стану нервових структур використовували препарати вітамінів групи В та препарати, що сприяли відновленню проведення нервового імпульсу.

Випадків інфекційних ускладнень, епідуральної гематоми, порушень мозкового кровообігу, судом нижніх кінцівок не виявлено.

## Обговорення

Tseng SC та співавтори [16] опублікували порівняльне дослідження, яке продемонструвало результати лікування форамінального стенозу відкритими методиками (спондилодез із встановленням кейджа та транспедикулярних гвинтів із лямінектомією та без). Згідно з дослідженням передопераційний показник інтенсивності болю за шкалою VAS був 7,5 у групі з декомпресією та 8 у групі без декомпресії. Через 1 місяць після операції ці показники знизилися до 3,5 і 4 відповідно, через 3 місяці – до 2,5 і 3, а через 6 місяців – до 1 і 3. Передопераційний показник обмеження життєдіяльності за індексом ODI становив 55,56% в обох групах. Через 1 місяць після операції він знизився до 43,33% у групі з декомпресією та до 46,67% – у групі без декомпресії. Через 3 місяці показники становили 32,23% і 42,22% відповідно, а через 6 місяців – 22,23% і 37,78%. Серед ускладнень у 13 та 18,2% випадків спостерігалось просідання кейджа. Окрім того у одного пацієнта зафіксовано пошкодження твердої мозкової оболонки, а також помічено один випадок інфекції післяопераційної рани.

Fujita M та співавтори [17] провели дослідження, де однією з груп були пацієнти (n=39), яким було проведено спондилодез за допомогою транспедикулярних гвинтів та кейджа. Середній час оперативного втручання становив  $110 \pm 33$  хв, показник ліжко-дня –  $10 \pm 2,6$  днів, показник ODI був  $37 \pm 14\%$  у передопераційний період та  $18 \pm 17\%$  у післяопераційний (на 2 рік спостереження). Серед ускладнень було 2 випадки імплант-асоційованих ускладнень, а саме – неправильне проведення транспедикулярних гвинтів та 1 випадок поверхневої інфекції.

Порівнявши результати нашого дослідження з вищенаведеними, можна дійти висновку, що представлена методика має кращі результати лікування, а саме: зниження показників інтенсивності болю за шкалою VAS, зменшення тривалості перебування пацієнта на стаціонарному лікуванні, відсутність потреби у використанні систем стабілізації хребтово-рухового сегменту, відповідно менший ризик імплант-асоційованих ускладнень, зменшення травматичності та прискорення реабілітації.

Yang YC та співавтори [18] провели порівняльне дослідження трансфорамінального доступу за допомогою UBE методики та черезшкірної ендоскопічної декомпресії міжхребцевого отвору на рівні L5-S1. Згідно результатів даного дослідження у більше ніж 80% випадків було досягнуто відмін-

ний або добрий результати. У пацієнтів, яким було виконано монопортальну ендоскопічну декомпресію, частіше були виявлені залишкові явища невротії у післяопераційний період. Проте у групі біпортальної ендоскопічної декомпресії був більший ризик повернення симптомів у віддалений післяопераційний період – ймовірно через надлишкову резекцію дуговідросткового суглоба, що призвело до виникнення явищ нестабільності.

Tian D та співавтори [19] опублікували дослідження лікування форамінального стенозу у 10 пацієнтів з використанням UBE методики, а саме контрлатеральним доступом. У всіх випадках вдалося досягнути відмінних або добрих результатів, виходячи з яких, даний вид доступу дає змогу уникнути розвитку нестабільності на оперованому сегменті, оскільки не виникає потреби у значній резекції дуговідросткового суглоба, що у майбутньому забезпечує стабільність хребтово-рухового сегмента. Проте дане дослідження має певні обмеження, оскільки у вибірці були тільки пацієнти із стенозом I та II зони, а також спостереження за станом пацієнтів тривало менше 1 року.

## Висновки

1. Унілатеральна біпортальна ендоскопічна декомпресія має низку переваг у порівнянні з монопортальною черезшкірною ендоскопічною декомпресією, до яких належать: висока мобільність інструментів, можливість використання 2 портів, менше інтраопераційне променеве навантаження, використання типових спінальних інструментів, можливість проведення втручання на рівні L5-S1 при високому стоянні крила клубових кісток.

2. Застосування UBE при форамінальному стенозі виконується двома основними доступами. Використання інтерламінарного доступу дозволяє усунути стеноз у зоні I та II згідно Lee [6], а при трансфорамінальному доступі – виконати декомпресію у зоні II та III.

3. При виконанні відкритих методик зазвичай є потреба у проведенні стабілізації хребтово-рухового сегменту, що призводить до виникнення імплант-асоційованих ускладнень (міграція або злам металокопункції, розвиток синдрому суміжного сегменту). Також ці види втручань травматичні. Вищенаведені дані свідчать про вищий рівень болю за шкалою VAS (3,5 та 4) через 1 місяць після втручання у порівнянні з (2±0,72 та 2,05±0,8). Через 3 місяці показники становили 2,5 і 3 (відкрита методика) та 1,75±0,85 (UBE), що збільшує тривалість перебування пацієнта у стаціонарі. Показник ODI у групі після проведення відкритого

типу втручання перед операцією становив 55,56% в обох групах. Через 1 місяць після втручання він знизився до 43,33% та 46,67%, а через 3 місяці – до 32,23% та 42,22%. У свою чергу, за результатами нашого дослідження показник ODI перед операцією був 62,5 ± 6,38%, через 1 місяць після втручання знизився до 21,7 ± 4,21%, а через 3 місяці становив 14 ± 5,39%. Отже враховуючи отримані дані, можна зробити висновок, що використання UBE є менш травматичним, сприяє більш швидкій реабілітації та поверненню до повсякденного життя.

4. Частота інтраопераційних та післяопераційних ускладнень є вищою у групі із відкритими методиками лікування форамінального стенозу. Також ці ускладнення пов'язані з постановкою металокопункцій та потребують повторних оперативних втручань у майбутньому через розвиток синдрому суміжного сегменту. Ускладнення, що виникають при ендоскопічному лікуванні можуть бути усунуті під час втручання (накладання швів при пошкодженні твердої мозкової оболонки, зупинка кровотечі), та рідше потребують проведення повторних оперативних втручань.

5. Інтраопераційне пошкодження паравертебральних м'язів внаслідок прямої дисекції м'язів, денервації та тривалої ішемії може призвести до появи синдрому «невдало прооперованого хребта». Fu CJ et al. провели дослідження та порівняли жирову інфільтрацію м'язів після відкритого та мінінвасивного оперативного втручання [20]. Було встановлено, що жирова інфільтрація та дегенерація м'язів була значно більше виражена після відкритого втручання, що суттєво впливає на тривалість реабілітаційного терміну та застосування додаткових реабілітаційних заходів.

6. Диференційоване застосування UBE при форамінальному стенозі поперекового відділу хребта дозволяє отримати добрі післяопераційні та віддалені результати лікування пацієнтів. Основними перевагами даного виду лікування є його менша травматичність, нижча частота ускладнень, скорочення терміну перебування пацієнта у стаціонарі, краща інтраопераційна візуалізація, скорочення реабілітаційного терміну лікування та швидше повернення пацієнта до повсякденного життя.

## References

- Orita S, Inage K, Eguchi Y, Kubota G, Aoki Y, Nakamura J. Lumbar foraminal stenosis, the hidden stenosis including at L5/S1. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2016;26(7):685-93. doi:10.1007/s00590-016-1806-7.
- Donaldson WF 3rd, Star MJ, Thorne RP. Surgical treatment for the far lateral herniated lumbar disc. *Spine (Phila Pa 1976).* 1993;18(10):1263-1267. doi:10.1097/00007632-

199308000-00003.

3. Epstein NE. Foraminal and far lateral lumbar disc herniations: surgical alternatives and outcome measures. *Spinal Cord*. 2002;40(10):491–500. doi:10.1038/sj.sc.3101319.
4. Kunogi J, Hasue M. Diagnosis and operative treatment of intraforaminal and extraforaminal nerve root compression. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1991;16(11):1312–1320. doi:10.1097/00007632-199111000-00012.
5. Soliman HM. Irrigation endoscopic decompressive laminotomy: a new endoscopic approach for spinal stenosis decompression. *Spine J*. 2015;15(10):2282–2289. doi:10.1016/j.spinee.2015.07.009.
6. Lee SH, Kim BU, Ahn Y. Operative failure of percutaneous endoscopic lumbar discectomy: a radiologic analysis of 55 cases. *Spine*. 2006;31(10):E285–E290. doi:10.1097/01.BRS.0000214885.31707.1f.
7. Liu Y, Li X, Tan H, Hao X, Zhu B, Yang Y, Yu L. Learning curve of uniportal compared with biportal endoscopic techniques for the treatment of lumbar disc herniation. *Orthop Surg*. 2025;17(2):513–524. doi:10.1111/os.14312.
8. Akbary K, Kim JS, Park CW, Jun SG, Hwang JH. Biportal endoscopic decompression of exiting and traversing nerve roots through a single interlaminar window using a contralateral approach: technical feasibilities and morphometric changes of the lumbar canal and foramen. *World Neurosurg*. 2018;117:153–161. doi:10.1016/j.wneu.2018.05.111.
9. Tumialán LM, Madhavan K, Godzik J, Wang MY. The history of and controversy over Kambin's triangle: a historical analysis of the lumbar transforaminal corridor for endoscopic and surgical approaches. *World Neurosurg*. 2019;123:402–408.
10. Lewandrowski KU. Endoscopic transforaminal and lateral recess decompression after previous spinal surgery. *Int J Spine Surg*. 2018;12(2):98–111. doi:10.14444/5016.
11. Ahn Y, Oh HK, Kim H, Lee SH, Lee HN. Percutaneous endoscopic lumbar foraminotomy: an advanced surgical technique and clinical outcomes. *Neurosurgery*. 2014;75(2):124–133. doi:10.1227/NEU.0000000000000361.
12. Yeung A, Gore S. Endoscopic foraminal decompression for failed back surgery syndrome under local anesthesia. *Int J Spine Surg*. 2014;8:22. doi:10.14444/1022.
13. De Antoni DJ, Claro ML, Poehling GG, Hughes SS. Translaminar lumbar epidural endoscopy: anatomy, technique, and indications. *Arthroscopy*. 1996;12:330–334. doi:10.1016/S0749-8063(96)90069-9.
14. Балан ВС, Фіщенко ЯВ, Кравчук ЛД, Щегольков ЄЕ. Оцінка ефективності унілатеральної біпортальної ендос-

копічної дискетомії в порівнянні з інтерламінарною мікродискетомією в лікуванні гриж міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта. *Клінічна та профілактична медицина*. 2024;(1):57–64. doi:10.31612/2616-4868.1.2024.07.

- Balan VS, Fishchenko YaV, Kravchuk LD, Shchegolkov EE. Evaluation of the effectiveness of unilateral biportal endoscopic discectomy in comparison with interlaminar microdiscectomy in the treatment of herniated intervertebral discs of the lumbar spine. *Clin Prev Med*. 2024;(1):57–64. doi:10.31612/2616-4868.1.2024.07.
15. Улещенко ДВ, Шашкевич АТ, Бублик ЛО, Фіщенко ЯВ, Шевчук АВ. Результати хірургічного лікування гриж міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта в залежності від локалізації за класифікатором MSU. *Terra Orthop*. 2025;(3):4–10. doi:10.37647/2786-7595-2024-122-3-4-10.
- Uleshchenko DV, Stashkevych AT, Bublyk LO, Fishchenko YaV, Shevchuk AV. The results of surgical treatment of intervertebral disc herniation in lumbar spine depending on localization according to MSU. *Terra Orthop*. 2025;(3):4–10. doi:10.37647/2786-7595-2024-122-3-4-10.
16. Tseng SC, Lin YH, Wu YC, Shih CM, Chen KH, Lee CH. Indirect decompression via oblique lumbar interbody fusion is sufficient for treatment of lumbar foraminal stenosis. *Front Surg*. 2022;9:911514. doi:10.3389/fsurg.2022.911514.
17. Fujita M, Inui T, Oshima Y, Iwai H, Inanami H, Koga H. Comparison of outcomes of lumbar interbody fusion and full-endoscopic laminectomy for L5 radiculopathy caused by lumbar foraminal stenosis. *Neurol Med Chir (Tokyo)*. 2022;62(6):270–277. doi:10.2176/jns-nmc.2021-0381.
18. Yang YC, Hsieh MH, Chien JT, Liu KC, Yang CC. Outcomes of FETD versus UBE in the treatment of L5–S1 foraminal stenosis: a comparative study. *Heliyon*. 2024;10(6):e27592. doi:10.1016/j.heliyon.2024.e27592.
19. Tian D, Zhu B, Liu J, Chen L, Sun Y, Zhong H. Contralateral inclinatory approach for decompression of the lateral recess and same-level foraminal lesions using unilateral biportal endoscopy: a technical report. *Front Surg*. 2022;9:959390. doi:10.3389/fsurg.2022.959390.
20. Fu CJ, Chen WC, Lu ML, Cheng CH, Niu CC. Comparison of paraspinal muscle degeneration and decompression effect between conventional open and minimally invasive approaches for posterior lumbar spine surgery. *Sci Rep*. 2020;10(1):14635. doi:10.1038/s41598-020-71515-8.

## Features of Surgical Treatment of Lumbar Foraminal Stenosis

Shevchuk A.V.<sup>1</sup>, Dushnyi M.M.<sup>2</sup>✉

<sup>1</sup>SI «Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine», Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>ME «Rivne Regional Clinical Hospital named after Yurii Semeniuk» of the Rivne Regional Council, Rivne, Ukraine

**Summary.** Minimally invasive spine surgery is currently undergoing rapid development. New techniques for the treatment of degenerative-dystrophic diseases of the spine have been introduced; however, long-term treatment outcomes remain insufficiently studied. The use of unilateral biportal endoscopy in Ukraine is still limited, which makes research in this field particularly relevant. **Objective.** This study aimed to analyze the outcomes of treatment and complications after unilateral biportal

*endoscopic decompression in patients with lumbar foraminal stenosis. **Materials and Methods.** The study was conducted at the Endoclinic Medical Center in Rivne from January to July 2024. The study cohort consisted of 50 patients. All patients underwent unilateral biportal endoscopic decompression of the intervertebral foramen at the following levels: L3–L4 (n=1), L4–L5 (n=19), and L5–S1 (n=30). **Results.** The results of our study showed that pain intensity according to the Visual Analog Scale (VAS) significantly decreased during the observation period. The preoperative score was  $7.05 \pm 0.76$  for the lumbar spine and  $7.15 \pm 0.81$  for the lower limb; on the second postoperative day, VAS scores decreased to  $3.75 \pm 0.85$  and  $3.85 \pm 0.93$ , respectively. At 3 and 6 months after surgery, lower back pain intensity decreased to  $1.75 \pm 0.85$  and  $1.65 \pm 0.87$ ; a similar trend was observed for pain in the lower limbs ( $1.75 \pm 0.85$  and  $1.6 \pm 0.99$ ). These results indicate a significant positive dynamics at all stages of follow-up. The Oswestry Disability Index (ODI) was  $62.5 \pm 6.38\%$  preoperatively and decreased to  $21.7 \pm 4.21\%$  one month after surgery; at 3 months it was  $14 \pm 5.39\%$  and  $12.1 \pm 6.17\%$  at 6 months of follow-up. Overall, excellent or good clinical outcomes were achieved in 84% of cases. **Conclusions.** Unilateral biportal endoscopic decompression is an effective method for the treatment of lumbar foraminal stenosis. Compared with open surgical procedures, this technique offers a number of advantages.*

**Key words:** *unilateral biportal endoscopy; lumbar foraminal stenosis.*

## Patient-Dependent Risk Factors for Nonunion of Long Bone Fractures After Metal Osteosynthesis

Oliinyk O.Ie.<sup>1</sup>, Loskutov O.Ie.<sup>1</sup>, Yakushev S.O.<sup>1</sup>, Synieubov D.A.<sup>1</sup>✉

**Summary. Background.** Delayed consolidation and nonunion after long bone fractures remain among the most severe complications in the surgical treatment of musculoskeletal injuries. **Objective.** The study aims to determine the impact of patient-dependent risk factors for nonunion of long bone fractures after metal osteosynthesis and to rank these factors depending on fracture location. **Materials and Methods.** A total of 165 patients who underwent metal osteosynthesis for long bone fractures (64 females and 101 males) and were treated for impaired reparative osteogenesis and nonunion were evaluated. The systematization of cases of nonunion of fractures was carried out according to the Weber-Cech classification. Patient-dependent factors (patient's age, gender, smoking, alcohol abuse, overweight, use of nonsteroidal anti-inflammatory drugs, comorbidity) were studied. **Results and Discussion.** The incidence of nonunion was higher in males than in females. The oligoplastic type of nonunion was more common than other types of impaired bone healing. A higher incidence of aplastic nonunion of humeral fractures was observed in females; for the lower extremities, oligoplastic nonunion most often occurred in males. Hyperplastic nonunion predominated exclusively in the group of segments of the lower extremities. Statistical analysis of risk factors for nonunion demonstrates a strong influence of smoking and the use of nonsteroidal anti-inflammatory drugs. **Conclusions.** Smoking and the use of nonsteroidal anti-inflammatory drugs are the key factors influencing nonunion formation in long bone fractures. The distribution of prognostic factors for the formation of a false joint by morphological features demonstrates a homogeneous trend of ranking in the following areas: nonsteroidal anti-inflammatory drugs, age, smoking, gender, comorbidity, and alcohol consumption. The identification and ranking of these factors will allow for accurate clinical profiling of patients with long bone nonunion and for assessing the prognostic impact of these factors in individual clinical cases.

**Key words:** long bone fracture; fracture nonunion; osteosynthesis; patient-dependent risk factors.

### Introduction

Delayed consolidation and nonunion formation after long bone fractures remain one of the complications of surgical treatment of musculoskeletal injuries, which has a significant social and economic impact on the healthcare system [1]. This is associated with prolonged treatment, including multiple surgical interventions. The outcomes of such repeated procedures may be unfavorable, leading to further patient disability and inability to restore work capacity. Healthcare costs for patients diagnosed with nonunion, according to numerous studies, are more than twice as high as those for patients with uncomplicated fracture union [2]. The overall risk of

nonunion is up to 5%, whereas for certain fractures in older patients this risk may increase to 9% [3, 4]. In high-energy open fractures of long bones, the risk of nonunion increases significantly and may be up to 19 times higher compared with closed fractures [5]. Certain anatomical regions demonstrate a higher incidence of nonunion, particularly fractures of the humerus, femur, tibia, and forearm bones [6]. Recent studies have identified factors associated with impaired fracture healing, allowing for more targeted patient monitoring and treatment strategies [3–16]. Several reports indicate a number of factors associated with the incidence of long bone nonunion in the elderly [6]. Other presumed risk factors for nonunion include male gender, smoking, and diabetes; however, these factors have not been clearly quantified, as some studies lacked adequate control for the presence of comorbidities [17].

✉Synieubov D.A., [sineubovda@ukr.net](mailto:sineubovda@ukr.net)

<sup>1</sup>Dnipro State Medical University, Dnipro, Ukraine

Thus, the contradictory data regarding fracture union complications and the uncertainty surrounding the influence of factors affecting impaired regeneration and false joint formation reported in the literature highlight the relevance and need for further investigation. Timely diagnosis based on a standardized definition of long bone nonunion is crucial for early prognostic assessment at the stage of primary surgical intervention and for determining the optimal treatment strategy for patients with impaired fracture repair. Accordingly, the present study aims to identify patient-dependent predictors of impaired bone regeneration and nonunion after metal osteosynthesis (MOS), depending on the localization of long bone fractures.

**Objective.** This study aims to determine the impact of patient-dependent risk factors for nonunion of long bone fractures after MOS and their ranking depending on the localization of the injury.

## Materials and Methods

The study was conducted at the clinical bases of the Department of Traumatology and Orthopedics of Dnipro State Medical University from 2009 to 2022. A homogeneous cohort of 165 patients (64 females and 101 males) with long bone fractures treated by MOS was formed. The patients were admitted to the clinic within a period of three months to three years after the initial surgery due to complications associated with impaired reparative osteogenesis and nonunion formation.

Cases of long bone nonunion after MOS were systematized according to morphological characteristics using the Weber-Cech classification (1976) [18].

To analyze factors influencing long bone fracture nonunion, patient-dependent risk factors were assessed, including:

- patient age [19–21];
- patient gender [4, 6];
- smoking [4, 8, 19, 22, 23];
- alcohol abuse [19, 20, 23, 24];
- overweight [19, 20, 22, 24, 25];
- use of nonsteroidal anti-inflammatory drugs (NSAIDs) [4, 20, 24, 26];
- comorbidity [19, 27].

Statistical analysis was performed using a descriptive method. The total sample was initially divided by gender (females, n=64; males, n=101). Each gender sample was then divided into groups depending on the nature of the nonunion by localization. Results for each sample size were presented as minimum and maximum values, median, and mean values. The assessment of the presence of the nonunion criterion assumed an integer value.

## Discussion

It should be noted that the identification of such risk factors as patient gender, smoking, alcohol abuse, and overweight did not raise questions regarding the analysis in the study design. In contrast, the inclusion of factors such as age, use of NSAIDs, and comorbidity raised certain questions regarding the subsequent determination of the possibility of their inclusion in the further analysis.

The literature review on the issue of determining the risks of bone nonunion according to age-related thresholds did not provide a clear answer. Numerous studies have demonstrated the influence of age on delayed union or nonunion [28]. Age is considered a risk factor due to the presence of osteoporosis, metabolic changes, and reduced compliance of elderly patients with postoperative recommendations regarding timing and load-bearing of the operated limb [29]. According to the literature, bone nonunion, depending on the localization of the fracture and the age of the patients, was as follows: humerus – 30–60 years [30], forearm bones – 30–55 years [31, 32], femur – 31–60 years [33–36], and tibia – 30–55 [10,13,37]. Given the variability in defining age thresholds as a risk factor for nonunion, a cut-off value of 45 years and older was selected for all subgroups in the present study.

Consideration of NSAID administration as a risk factor also requires careful discussion. Numerous studies have reported the negative effects of NSAIDs on osteogenesis [47-51]. In particular, the literature discusses certain negative reactions to NSAIDs that are directly related to pain relief in bone fractures, such as an increased risk of fracture nonunion [38,39]. It is known that reparative regeneration of fractures is a complex process that includes elements of inflammation (particularly, the reaction of macrophages and osteoclasts) aimed at removing dead cells and destroyed intercellular matrix, stimulation of the production of growth factors, proliferation and differentiation of mesenchymal stem cells, synthesis of collagen and proteoglycans, and formation of newly formed bone and cartilage structures [40,41]. Cyclooxygenase-2 (COX-2) activity, which is intensively expressed at the injury site, plays a crucial role in effective repair, as prostaglandins E2 and I2 (prosta-cyclin) synthesized via this pathway regulate cellular proliferation and improve microcirculation. Prostaglandin E2, through interaction with EP2 and EP4 receptors, induces the synthesis of several growth factors, including bone morphogenetic proteins (BMPs), and accelerates bone remodeling and ossification of newly formed tissue [42]. By inhibiting COX-2 activity at the injury site, NSAIDs may suppress reparative

processes and negatively affect new bone formation in the fracture area. This effect has been confirmed in a number of experimental and laboratory studies using biological models [43]. For example, Pountos et al. (2021) demonstrated that NSAID-induced reduction of prostaglandin E2 concentration at the injury site may inhibit chondrogenesis and osteogenesis by decreasing the expression of genes responsible for the synthesis of growth factors TGF- $\beta$ 3 and FGF-1. Janssen et al. (2017) showed that NSAID administration inhibited chondrocyte differentiation and bone mineralization following experimental fracture. A meta-analysis of 47 studies evaluating the effects of NSAIDs on the consequences of experimental fractures in laboratory animals revealed a statistically significant reduction in biomechanical properties of repaired bone. However, a significant difference was observed in the effect of NSAIDs among different animal species (in particular, no negative effect of these drugs on the stiffness of newly formed bone in mice was noted), as well as between females and males, and across different injury localizations [46]. In addition to the negative biochemical impact on reparative regeneration, the duration and dosage of NSAID use are relevant. Thus, NSAID administration for up to two weeks has not been shown to significantly increase the risk of nonunion [47]. At the same time, some studies have determined a high risk of nonunion when using NSAIDs for more than 2 weeks; these terms are highly dependent on the localization of the fracture [49,50,52] and pharmacological properties of the NSAIDs themselves [51]. Accordingly, for patient selection in the present study, a risk group was defined for NSAID use for 30 days or longer.

Comorbidity, as a risk factor for long bone nonunion, was assessed as a qualitative indicator. It should be noted that according to formal criteria, all patient-dependent factors of influence can be attributed to comorbidity; however, from the point of view of detailing and determining the influence and calculating the prediction of nonunion, this loses its meaning. Therefore, comorbidity in this study was considered as a present or absent criterion, which was added to the study design. Comorbidity was determined in the presence of the following diagnoses observed in patients: hypertension, heart disease, vascular diseases, diabetes, etc. [19, 27].

## Results

Data on the distribution of patients included in the study according to fracture localization, gender, and age are presented in Table 1. The main group was mostly comprised of males (101 patients, 61%); females were only 64 patients (39%). It should be noted that 146 out of 165 patients were of working age (Table 1).

According to the Weber-Cech classification (1976) [18], the studied cases of long bone nonunion after MOS were distributed by morphological factor as shown in Table 2 and Table 3.

The number of nonunion cases was higher in males than in females, and this trend was observed across all fracture localizations.

The main group of patients was further systematized into four clinical and radiological subgroups, the distribution of which was carried out taking into

Table №1

**Distribution of patients by fracture localization, gender, and age**

Age \ Gender	18-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71+	Total	Average age
<b>Humerus</b>									
M	0	5	6	2	1	1	1	16	39.3
F	0	1	5	6	5	4	2	23	48.9
Generally	0	6	11	8	6	5	3	39	44.1
<b>Forearm bones</b>									
M	0	3	9	4	2	0	0	18	37.4
F	0	4	2	1	1	0	0	8	36.8
Generally	0	7	11	5	3	0	0	26	37.1
<b>Femur</b>									
M	2	6	8	7	4	2	1	30	41.2
F	0	4	3	3	5	3	2	20	47.2
Generally	2	10	11	10	9	5	3	50	44.2
<b>Tibia</b>									
M	4	8	10	9	5	1	0	37	37.6
F	2	2	1	3	3	2	0	13	46
Generally	6	10	11	12	8	3	0	50	41.8

Table №2

**Distribution of nonunion cases by fracture localization, gender, and age**

Type of nonunion	Slow consolidation	False joints			Total
					
Gender		Hyperplastic	Oligoplastic	Aplastic	
Humerus					
M	4	-	5	7	16
F	-	-	9	14	23
Generally	4	-	14	21	39
Forearm bones					
M	4	-	8	6	18
F	-	-	3	5	8
Generally	4	-	11	11	26
Femur					
M	1	1	24	4	30
F	2	1	12	5	20
Generally	3	2	36	9	50
Tibia					
M	5	4	22	6	37
F	0	1	8	4	13
Generally	5	5	30	10	50

account the medical history, analysis of clinical data, radiological examination in the temporal aspect, and additional examination methods.

The first group included 16 patients (10%) (Table 3) who had delayed consolidation of diaphyseal fractures of long bones in the period from 4 to 6 months after the injury and MOS. Radiographs of these patients clearly demonstrated a gap between the fragments with the absence of periosteal reaction or an indistinct gap between the fragments with the presence of a delicate periosteal callus. The second group included 91 patients (55%) with oligoplastic nonunion of long bones (Table 3). At 6 to 9 months after MOS, radiological examination of these patients demonstrated the absence of elements of fracture consolidation and formation of fibrous and/or cartilaginous tissue between the fragments, manifested by the presence of a gap between the fragments and the absence of bone callus elements. The third group consisted of 7 patients (4%) with hyperplastic nonunion of long bones (Table 3). According to X-ray examination, this group was characterized by the presence of significant expansion of the ends of the bone ("elephant foot" type) [18] or a less pronounced amount of reactive tissue at the ends of bone fragments ("horse hoof" type) [18]. The fourth group included 51 patients (31%) with aplastic non-

union of bones (Table 3). Radiologically, this group demonstrated the absence of bone callus formation, the presence of fragments with osteolysis, sharpening of fragment ends, closure of the bone medullary canals, and the development of osteosclerosis.

It is noteworthy that the oligoplastic type of nonunion was observed in almost half of the cases and, depending on the localization, exceeded other types of bone union disorders. In addition, aplastic nonunion in the humerus segment predominated in females, whereas in the lower extremities there was a tendency toward oligoplastic nonunion with a predominance in males. Hyperplastic nonunion predominated exclusively in the lower extremity segment group.

The data obtained during the collection of information on risk factors are presented in Table 4. For clarity of interpretation of the obtained and statistically processed data, petal diagrams were constructed (Fig. 1).

Where  $n^*$  is the number of recorded cases.

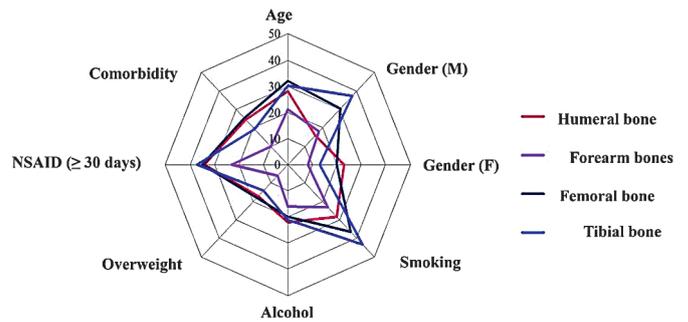
Statistical analysis of the data demonstrates a strong impact of smoking and NSAID use in the overall group and in all localization-based subgroups, with pronounced peaks (Fig. 1). The gender factor traditionally demonstrates a male predominance, with the exception of false shoulder joints, where

*Table №3*  
**Overall distribution of patients into subgroups according to the Weber-Cech classification (1976)**

Groups of observation	Number (n)	Percent (%)	Type of nonunion
First group	16	10	Slow consolidation
Second group	91	55	 Oligoplastic
Third group	7	4	 Hyperplastic
Fourth group	51	31	 Aplastic
Total	165	100	

female patients prevail. Comorbidity, despite the expected significant influence, showed no substantial effect, which is somewhat surprising in comparison with smoking, NSAID administration, and gender. When comparing the obtained data across localization-based subgroups, differences in nonunion risk factors for the humerus are noteworthy, particularly with respect to gender, smoking, and comorbidity.

Analysis of the relationship between the distribution of risk factors and the morphological type



**Fig. 1.** Diagram of the generalized distribution of risk factors in the group of patients.

of nonunion is presented in Figures 1–3. Within the framework of prognostic modeling, a high degree of uncertainty was observed regarding the distribution of influencing factors in the subgroup of patients with delayed consolidation. Ranking of risk factors by their relative nature in this subgroup (Fig. 2) revealed the following order: age, gender, and the use of NSAIDs. Other analyzed factors did not demonstrate statistically significant influence. From the perspective of constructing a clinical model of a patient with long bone nonunion, delayed consolidation should be considered as a transitional state characterized by uncertainty in the direction of the reparative regeneration process toward the development of a type of nonunion. This conceptualization supports the paradigm of delayed consolidation as a potential predictor of nonunion, warranting further detailed study.

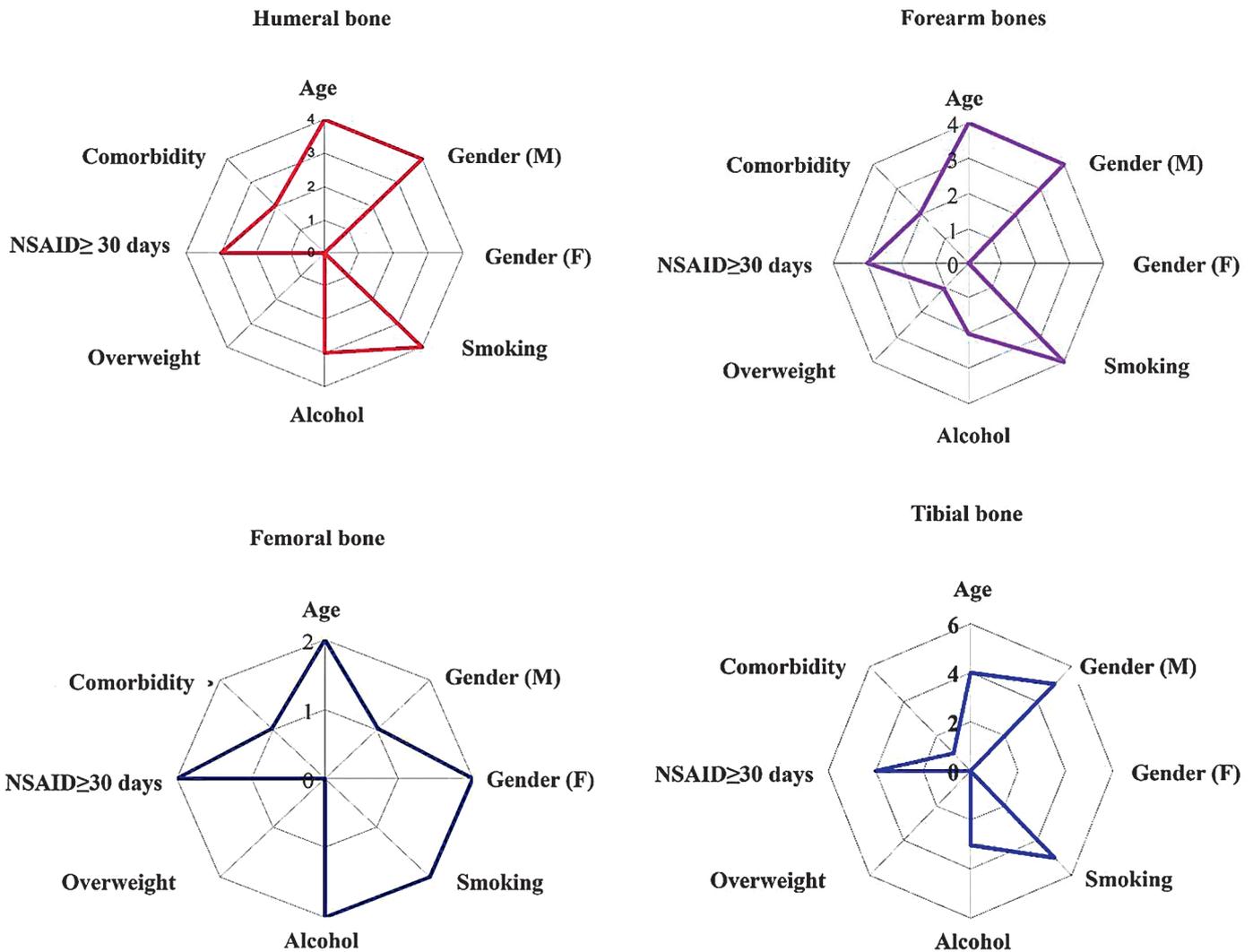
Evaluation of the distribution of prognostic factors influencing delayed consolidation (Fig. 2) and morphologically defined nonunion types (Fig. 3) demonstrated a more homogeneous ranking pattern: NSAID use, age, smoking, gender, comorbidity, and alcohol consumption, with greater predominance observed in fractures of the femur and tibia. It should be noted that male predominance persisted in both oligoplastic and hyperplastic nonunion subgroups, except in shoulder localization. At the same time, hyperplastic nonunion demonstrated the highest prevalence in tibial fractures, with absolute values for all analyzed factors nearly twice as high compared with

**Overall distribution of patient-related risk factors in the observation group**

Localization of fracture	Age (n*)	Gender M/F (n)	Smoking (n)	Alcohol (n)	Excess weight (n)	NSAIDs (>30 days) (n)	Comorbidity
Humerus	28	16/23	28	22	17	34	24
Forearm bones	21	18/8	23	16	6	23	10
Femur	32	30/20	36	20	18	35	25
Tibia	30	37/13	43	21	14	37	19
Total	111	101/64	130	79	55	129	78

*Table №4*

Where n\* is the number of recorded cases.



**Fig. 2.** Diagram of the distribution of risk factors in a subgroup of patients with slow consolidation

other localizations. In contrast, shoulder localization was predominantly associated with aplastic nonunion, with an advantage in females against the background of the predominant use of NSAIDs.

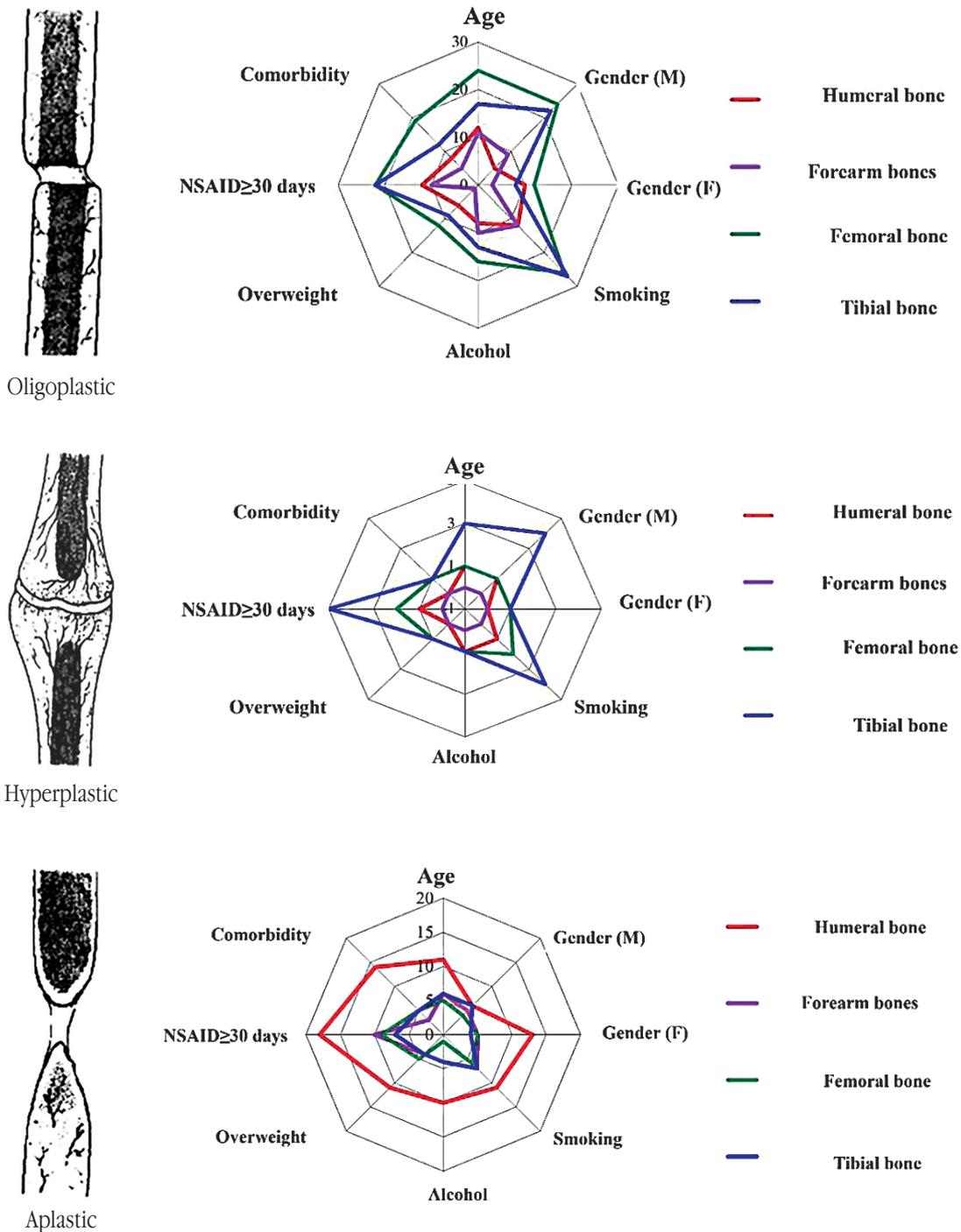
## Conclusions

Thus, the study of factors contributing to the formation of long bone nonunion remains relevant, since both quantitative and qualitative indicators of MOS continue to demonstrate a persistent rate of these complications despite the improvement of osteosynthesis methods. The relevance of this issue is further emphasized by the high incidence of nonunion complications among individuals of working age.

Smoking and the use of NSAIDs are the main sources of influence on the formation of long bone nonunion, which forces us to look for levers of influence on bad habits and optimization of drug treatment. In the pursuit of an “ideal” osteosynthesis tech-

nique, the patient is often overlooked; however, even with technically optimal fixation, an “ideal patient” does not exist. The role of comorbidity as a contributing factor to long bone nonunion requires continued investigation and more detailed evaluation. Data analysis demonstrates a strong influence of smoking factors and the use of NSAIDs in the general group and in all subgroups by localization with large peaks. The gender factor traditionally demonstrates male predominance, with the exception of shoulder nonunion, where female patients predominate.

The distribution of prognostic factors according to the morphological type of nonunion revealed a homogeneous trend of ranking in the following areas: the use of NSAIDs, age, smoking, gender, comorbidity, and alcohol consumption. Compliance with the definition and ranking of these factors will allow to form an accurate picture both for clinical modeling of a patient with long bone nonunion, and for determining their prognostic impact for a specific clinical case.



## References

1. Hak DJ, Fitzpatrick D, Bishop JA, Marsh JL, Tilp S, Schnettler R, et al. Delayed union and nonunions: epidemiology, clinical issues, and financial aspects. *Injury*. 2014;45(Suppl 2): S3–7. doi:10.1016/j.injury.2014.04.002.
2. Antonova E, Le TK, Burge R, Mershon J. Tibia shaft fractures: costly burden of nonunions. *BMC Musculoskelet Disord*. 2013;14:42. doi:10.1186/1471-2474-14-42.
3. Mills LA, Aitken SA, Simpson AHRW. The risk of non-union per fracture: current myths and revised figures from a population of 4 million adults. *Acta Orthop*. 2017;88:434–9. doi:10.1080/17453674.2017.1321351.
4. Zura R, Xiong Z, Einhorn T, Watson JT, Ostrum RF, Prayson MJ, et al. Epidemiology of fracture nonunion in 18 human bones. *JAMA Surg*. 2016;151:e162775. doi:10.1001/jamasurg.2016.2775.
5. Mills L, Tsang J, Hopper G, Keenan G, Simpson AH. The multifactorial etiology of fracture nonunion and the importance of searching for latent infection. *Bone Joint Res*. 2016;5:512–9. doi:10.1302/2046-3758.510.BJR-2016-0138.
6. Ekegren CL, Edwards ER, de Steiger R, Gabbe BJ. Incidence, costs and predictors of non-union, delayed union and mal-union following long bone fracture. *Int J Environ Res Public Health*. 2018;15:2845. doi:10.3390/ijerph15122845.
7. Jensen SS, Jensen NM, Gundtoft PH, Kold S, Zura R, Viberg B.

- Risk factors for nonunion following surgically managed, traumatic, diaphyseal fractures: a systematic review and meta-analysis. *EFORT Open Rev.* 2022;7(7):516–25. doi:10.1530/EOR-21-0137.
8. Santolini E, West RM, Giannoudis PV. Leeds–Genoa Non-Union Index: a clinical tool for assessing the need for early intervention after long bone fracture fixation. *Int Orthop.* 2020;44:161–72. doi:10.1007/s00264-019-04376-0.
  9. Gaddi D, Gatti SD, Piatti M, Poli A, De Rosa L, Riganti A, et al. Non-Union Scoring System (NUSS): is it enough in clinical practice? *Indian J Orthop.* 2023;57:137–45.
  10. O'Halloran K, Coale M, Costales T, Zerhusen T, Castillo RC, O'Toole RV. Will my tibial fracture heal? Predicting nonunion at the time of definitive fixation based on commonly available variables. *Clin Orthop Relat Res.* 2016;474:1385–95. doi:10.1007/s11999-016-4821-4.
  11. Massari L, Benazzo F, Falez F, Cadossi R, Perugia D, Pietrogrande L, et al. Can clinical and surgical parameters be combined to predict how long it will take a tibia fracture to heal? A prospective multicentre observational study: the FRACTING study. *Biomed Res Int.* 2018;2018:1809091. doi:10.1155/2018/1809091.
  12. Chloros GD, Kanakaris NK, Vun JSH, Howard A, Giannoudis PV. Scoring systems for early prediction of tibial fracture nonunion: an update. *Int Orthop.* 2021;45:2081–91. doi:10.1007/s00264-021-05088-0.
  13. Makaram NS, Leow JM, Clement ND, Oliver WM, Ng ZH, Simpson C, et al. Risk factors associated with delayed and aseptic nonunion following tibial diaphyseal fractures managed with intramedullary nailing. *Bone Jt Open.* 2021;2(4):227–35. doi:10.1302/2633-1462.24.BJO-2021-0012.R1.
  14. Wittauer M, Burch MA, McNally M, Vandendriessche T, Clauss M, Della Rocca GJ, et al. Definition of long-bone nonunion: a scoping review of prospective clinical trials to evaluate current practice. *Injury.* 2021;52:3200–5. doi:10.1016/j.injury.2021.09.008.
  15. Quarta D, Grassi M, Lattanzi G, Gigante AP, D'Anca A, Potenza D. Three predictive scores compared in a retrospective multicenter study of nonunion tibial shaft fracture. *World J Orthop.* 2024;15(6):560–9. doi:10.5312/wjo.v15.i6.560.
  16. Andrzejowski P, Giannoudis PV. The 'diamond concept' for long bone non-union management. *J Orthop Traumatol.* 2019;20:21. doi:10.1186/s10195-019-0528-0.
  17. Nandra R, Grover L, Porter K. Fracture non-union epidemiology and treatment. *Trauma.* 2015;18:3–11.
  18. Weber BG, Cech O. *Pseudarthrosis*. New York: Grune & Stratton; 1976. 323 p.
  19. Chitnis AS, Vanderkarr M, Sparks C, McGlohorn J, Holy CE. Complications and its impact in patients with closed and open tibial shaft fractures requiring open reduction and internal fixation. *J Comp Eff Res.* 2019;8:1405–16. doi:10.2217/cer-2019-0108.
  20. Ding L, He Z, Xiao H, Chai L, Xue F. Factors affecting the incidence of aseptic nonunion after surgical fixation of humeral diaphyseal fracture. *J Orthop Sci.* 2014;19:973–7. doi:10.1007/s00776-014-0640-1.
  21. Lack WD, Starman JS, Seymour R, Bosse M, Karunakar M, Sims S, et al. Any cortical bridging predicts healing of tibial shaft fractures. *J Bone Joint Surg Am.* 2014;96:1066–72. doi:10.2106/JBJS.M.00385.
  22. Metsemakers WJ, Handojo K, Reynders P, Sermon A, Vanderschot P, Nijs S. Individual risk factors for deep infection and compromised fracture healing after intramedullary nailing of tibial shaft fractures: a single centre experience of 480 patients. *Injury.* 2015;46:740–5. doi:10.1016/j.injury.2014.12.018.
  23. Wu CL, Chang HC, Lu KH. Risk factors for nonunion in 337 displaced midshaft clavicular fractures treated with Knowles pin fixation. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2013;133:15–22. doi:10.1007/s00402-012-1631-3.
  24. Wu KJ, Li SH, Yeh KT, Chen IH, Lee RP, Yu TC, et al. The risk factors of nonunion after intramedullary nailing fixation of femur shaft fracture in middle-aged patients. *Medicine (Baltimore).* 2019;98:e16559. doi:10.1097/MD.00000000000016559.
  25. Metsemakers WJ, Roels N, Belmans A, Reynders P, Nijs S. Risk factors for nonunion after intramedullary nailing of femoral shaft fractures: remaining controversies. *Injury.* 2015;46:1601–7. doi:10.1016/j.injury.2015.05.007.
  26. Donohue D, Sanders D, Serrano-Riera R, Jordan C, Gaskins R, Sanders R, et al. Ketorolac administered in the recovery room for acute pain management does not affect healing rates of femoral and tibial fractures. *J Orthop Trauma.* 2016;30:479–82. doi:10.1097/BOT.0000000000000620.
  27. Thakore RV, Francois EL, Nwosu SK, Attum B, Whiting PS, Siuta MA, et al. The Gustilo–Anderson classification system as predictor of nonunion and infection in open tibia fractures. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2017;43:651–6. doi:10.1007/s00068-016-0725-y.
  28. Niikura T, Lee SY, Sakai Y, Nishida K, Kuroda R, Kurosaka M. Causative factors of fracture nonunion: the proportions of mechanical, biological, patient-dependent, and patient-independent factors. *J Orthop Sci.* 2014;19:120–4. doi:10.1007/s00776-013-0472-4.
  29. Zaghoul A, Haddad B, Barksfield R, Davis B. Early complications of surgery in operative treatment of ankle fractures in those over 60: a review of 186 cases. *Injury.* 2014;45:780–3. doi:10.1016/j.injury.2013.11.008.
  30. Terer E, Ayumba B, Kisorio J. Outcomes of operative management of humerus fracture nonunion among adults. *Int J Sci Res Publ.* 2024;14(5). doi:10.29322/IJSRP.14.05.2024.p1490.
  31. Dimartino S, Pavone V, Carnazza M, Cuffaro ER, Sergi F, Testa G. Forearm fracture nonunion with and without bone loss: an overview of adult and child populations. *J Clin Med.* 2022;11(14):4106. doi:10.3390/jcm11144106.
  32. Boussakri H, Elibrahimi A, Bachiri M, Elidrissi M, Shimi M, Malays EA. Nonunion of fractures of the ulna and radius diaphyses: clinical and radiological results of surgical treatment. *MOJ Orthop Rheumatol.* 2016;10(2):27–34. doi:10.5704/MOJ.1607.006.
  33. Kraus KR, Flores JW, Slaven JE, Sharma I, Arnold PK, Mullis BH, et al. A scoring system for predicting nonunion after intramedullary nailing of femoral shaft fractures. *JAAOS Glob Res Rev.* 2024;8(9):e24.00214. doi:10.5435/JAAOSGlobal-D-24-00214.
  34. Ma YG, Hu GL, Hu W, Liang F. Surgical factors contributing to nonunion in femoral shaft fracture following intramedullary nailing. *Chin J Traumatol.* 2016;19:109–12. doi:10.1016/j.cjte.2016.01.012.
  35. Metsemakers WJ, Roels N, Belmans A, Reynders P, Nijs S. Risk factors for nonunion after intramedullary nailing of femoral shaft fractures: remaining controversies. *Injury.* 2015;46:1601–7. doi:10.1016/j.injury.2015.05.007.
  36. Millar MJ, Wilkinson A, Navarre P, Steiner J, Vohora A, Haddad A, et al. Nail fit: does nail diameter to canal ratio predict the need for exchange nailing in the setting of aseptic, hypertrophic femoral nonunions? *J Orthop Trauma.* 2018;32:245–50. doi:10.1097/BOT.0000000000001110.
  37. Alam MA, Shirazi AF, Alaradi H. Association of fracture location and pattern with nonunion or malunion in tibia fractures managed with intramedullary nailing: a retrospective study. *Cureus.* 2023;15(11):e49156. doi:10.7759/cureus.49156.
  38. White AE, Henry JK, Dziadosz D. The effect of nonsteroidal antiinflammatory drugs and selective COX-2 inhibitors on bone

healing. *HSSJ*. 2021;17(2):231–4. doi:10.1177/1556331621998634.

39. George MD, Baker JF, Leonard CE, Mehta S, Miano TA, Hennesy S. Risk of nonunion with nonselective NSAIDs, COX-2 inhibitors, and opioids. *J Bone Joint Surg Am*. 2020;102(14):1230–8. doi:10.2106/JBJS.19.01415.

40. Ehnert S, Relja B, Schmidt-Bleek K, Fischer V, Ignatius A, Linnemann C, et al. Effects of immune cells on mesenchymal stem cells during fracture healing. *World J Stem Cells*. 2021;13(11):1667–95. doi:10.4252/wjsc.v13.i11.1667.

41. Ono T, Takayanagi H. Osteoimmunology in bone fracture healing. *Curr Osteoporos Rep*. 2017;15(4):367–75. doi:10.1007/s11914-017-0381-0.

42. Lisowska B, Kosson D, Domaracka K. Lights and shadows of NSAIDs in bone healing: the role of prostaglandins in bone metabolism. *Drug Des Devel Ther*. 2018;12:1753–8. doi:10.2147/DDDT.S164562.

43. Boursinos LA, Karachalios T, Poultsides L, Malizos KN. Do steroids, conventional non-steroidal anti-inflammatory drugs

and selective COX-2 inhibitors adversely affect fracture healing? *J Musculoskelet Neuronal Interact*. 2009;9(1):44–52.

44. Pountos I, Panteli M, Walters G, Giannoudis PV. NSAIDs inhibit bone healing through the downregulation of TGF- $\beta$ 3 expression during endochondral ossification. *Injury*. 2021;52(6):1294–9. doi:10.1016/j.injury.2021.01.007.

45. Janssen MP, Caron MM, van Rietbergen B, Surtel DA, van Rhijn LW, Welting TJ, et al. Impairment of the chondrogenic phase of endochondral ossification in vivo by inhibition of cyclooxygenase. *Eur Cell Mater*. 2017;34:202–16. doi:10.22203/eCM.v034a13.

46. Al-Waeli H, Reboucas AP, Mansour A, Morris M, Tamimi F, Nicolau B. Non-steroidal anti-inflammatory drugs and bone healing in animal models: a systematic review and meta-analysis. *Syst Rev*. 2021;10(1):201. doi:10.1186/s13643-021-01690-w.

47. Al Farihi A. Comparison of the rate of delayed/nonunion in fifth metatarsal fractures receiving anti-inflammatory medications. *J Exp Orthop*. 2021;8(1):115. doi:10.1186/s40634-021-00435-x.

## Пацієнтозалежні фактори ризику незрошення переломів довгих кісток після металоостеосинтезу

Олійник О.Є.<sup>1</sup>, Лоскутов О.Є.<sup>1</sup>, Якушев С.О.<sup>1</sup>, Синьгубов Д.А.<sup>1✉</sup>

<sup>1</sup>Дніпровський державний медичний університет, Дніпро, Україна

**Актуальність:** Затримка консолідації та формування незрошення після переломів довгих кісток залишається одним із важких ускладнень в хірургічному лікуванні травм опорно-рухової системи. **Мета дослідження:** Визначити вплив пацієнтозалежних факторів ризику незрошення переломів довгих кісток після металоостеосинтезу та їх ранжування в залежності від локалізації пошкодження. **Матеріали і методи:** Було досліджено групу з 165 пацієнтів після металоостеосинтезу переломів довгих кісток (64 жінки та 101 чоловік), які лікувалися з приводу порушень репаративного остеогенезу та формування несправжніх суглобів. Систематизація випадків незрошень переломів проводилась за класифікацією Weber-Cech. Досліджувались пацієнтозалежні фактори (вік хворого, стать, тютюнопаління, зловживання алкоголем, надмірна вага, застосування нестероїдних протизапальних засобів, коморбідність). **Результати та їх обговорення:** Кількість випадків незрошень у чоловіків переважало в порівнянні з жінками. Олігопластичний вид незрошення перевищував інші види порушень зрошення кісток. Відмічається перебільшення апластичного незрошення переломів плечової кістки у жінок, для нижніх кінцівок найчастіше відбувалося олігопластичне незрошення переважно у чоловіків. Гіперпластичне незрошення виключно переважає в групі сегментів нижніх кінцівок. Статистичний аналіз факторів ризику незрошення демонструє великий вплив факторів куріння та застосування нестероїдних протизапальних засобів. **Висновки:** Куріння та вживання нестероїдних протизапальних засобів є основним джерелом впливу на формування незрошення переломів довгих кісток. Розподіл прогностичних факторів на формування несправжнього суглоба за морфологічними ознаками вказує на однорідну тенденцію ранжування за наступними напрямками: нестероїдні протизапальні засоби, вік, куріння, стать, коморбідність, алкоголь. Визначення та ранжування цих факторів дозволить сформувати точне уявлення як для клінічного моделювання хворого з несправжнім суглобом довгих кісток, так і для визначення їх прогностичного впливу для конкретного клінічного випадка.

**Ключові слова:** перелом довгих кісток, незрошення переломів, остеосинтез, пацієнтозалежні фактори ризику.

## Принципи та результати консервативного лікування ризартрозу

Тимошенко С.В. 

**Реферат.** Значна розповсюдженість ризартрозу і великий арсенал засобів консервативного лікування вимагає кількісного визначення його ефективності. **Мета:** Кількісно оцінити ефективність комплексу заходів консервативного лікування артрозу зап'ястно-п'ястного суглоба великого пальця кисті. **Матеріали і методи.** Проведена оцінка результатів консервативного лікування 270 пацієнтів з ризартрозом, серед них 224 жінки та 36 чоловіків, середній вік яких становив 59 років (діапазон 36–84; IQR 12 років). Комплекс лікування включав модифікацію навантажень, ортезування, прийом НПЗП, хондропротекторів, фізіотерапію та спеціалізовану ЛФК. Оцінювались показники qDASH в динаміці та рівень повернення пацієнтів до хірургічного лікування після курсу консервативного лікування в залежності від стадії ризартрозу за Ітоном – Літтлером. **Результати.** Консервативне лікування дозволяє знизити рівень недієздатності верхньої кінцівки для першої стадії на 7 (діапазон 4,5-9,1) IQR 4 балів qDASH; другої стадії 6,8 (діапазон 0 – 9,1) IQR 4,6; для третьої стадії 5,7 (діапазон 4,5-13,7) IQR 4,6; і для четвертої стадії 6,9 (діапазон 4,5-11) IQR 4,6 балів. Високі залишкові показники недієздатності кінцівки мали 52 пацієнти (19%), і, відповідно, потребували хірургічного лікування. Таким чином, призначення хірургічного лікування лише після курсу комплексного консервативного лікування демонструє високу ефективність такого підходу.

**Ключові слова:** ризартроз, консервативне лікування, стадії

### Вступ

Деформуючий остеоартроз суглобів кисті, зокрема зап'ястно-п'ястного суглоба великого пальця кисті (ризартроз), за зведеними статистичними даними посідає третє місце за поширеністю в загальній популяції, поступаючись гонартрозу та коксартрозу. На сьогодні існує значна різноманітність як консервативних, так і хірургічних методів лікування цього захворювання.

Через великий спектр лікувальних підходів потребує уточнення роль і місце іммобілізації суглобів великого пальця [1], застосування нестероїдних протизапальних засобів (НПЗП) [2], різних хондропротекторів [3], фізіотерапевтичних методів [4], спеціальної лікувальної фізкультури [5] та модифікації функціональних навантажень [6].

Значна поширеність ризартрозу та наявність великого арсеналу засобів консервативного лікування зумовлюють необхідність кількісної оцінки їх ефективності, оскільки наразі остаточно не визначено пріоритетність консервативного чи хірургічного

лікування пацієнтів з первинним зверненням залежно від стадії захворювання [7]. Тривають дискусії щодо ефективності як різних методів, компонентів консервативного лікування, так і їх комбінацій [1,3,5].

Клінічне значення чотириступеневої класифікації ризартрозу за Ітоном – Літтлером (Eaton – Littler), що ґрунтується на рентгенологічних ознаках [8], потребує подальшого уточнення, насамперед у контексті вибору тактики лікування залежно від стадії захворювання, що й надалі залишається предметом активних наукових дискусій [6,7].

Відомо, що навіть виражені клінічні прояви на фоні дегенеративних змін у зап'ястно-п'ястному суглобі великого пальця кисті, які відповідають III–IV стадіям артрозу, можуть демонструвати позитивну відповідь на консервативне лікування, зумовлюючи суттєве суб'єктивне покращення. Водночас нерідко спостерігаються випадки недостатньої ефективності комплексної консервативної терапії у пацієнтів з I–II стадіями захворювання, що стимулює хворих до вибору хірургічного втручання.

Це дещо змінює сталу ортопедичну парадигму формування показань до хірургічного лікування,

 Тимошенко С.В., [setym@ukr.net](mailto:setym@ukr.net)

<sup>1</sup>ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України», Київ, Україна

яке ґрунтується на ступені клініко-рентгенологічних змін, що і зумовлює науковий інтерес, з якого випливає мета нашого дослідження.

**Мета:** Кількісно оцінити ефективність комплексу заходів з консервативного лікування артрозу зап'ястно-п'ястного суглоба великого пальця кисті, в тому числі в залежності від стадії захворювання.

## Матеріали і методи

За первинної консультацією з діагнозом первинний ідіопатичний ризартроз звернулись 270 пацієнтів – 224 жінки та 36 чоловіків, середній вік – 59 років (діапазон 36–84; IQR 12 років) У таблиці наведено розподіл пацієнтів за класифікацією Ітона – Літтлера, які в процесі діагностики та лікування з'явилися на повторний огляд та тих пацієнтів, які врешті потребували хірургічного лікування ризартрозу (таблиця 1).

Під час первинного огляду всім пацієнтам було призначено комплекс консервативного лікування, який включав низку обов'язкових компонентів, що мають опубліковану доказову базу ефективності при лікуванні ризартрозу. **Модифікація навантажень** передбачала надання пацієнтам ілюстрованих рекомендацій щодо уникнення типових провокативних дій, насамперед силових опозиційних та «ключових» захватів (відкривання банок і пляшок зі щільно закритими гвинтовими кришками). Також рекомендувалося використання спеціалізованих допоміжних пристроїв, а також інструментів і побутових предметів із ширшими або модифікованими рукоятками. Для **ортезування** пацієнти застосовували спеціалізований індивідуально виготовлений (рис. 1а) або серійний ортез, який стабілізував зап'ястно-п'ястний та частково п'ястно-фаланговий суглоби великого пальця кисті без обмеження функції кистьового та міжфалангового суглобів. Ортез призначався для постійного використання протягом 3–4 тижнів, за винятком часу гігієни рук та фізіотерапевтичних процедур.

У подальшому його застосування рекомендувалося лише у разі рецидиву больового синдрому, або при підвищених функціональних навантаженнях. **Нестероїдні протизапальні засоби** призначалися місцево у формі мазей тричі на добу на ділянку зап'ястка, кисті та нижню третину передпліччя протягом трьох тижнів. **Фізіотерапевтичне лікування** включало комбіноване застосування фонофорезу з гідрокортизоном та магнітолазерної терапії (по 10 сеансів), а також теплові процедури. **Хондропротекторна терапія** проводилася із застосуванням хондроїтину сульфату натрію у дозі 500 мг двічі на добу протягом трьох місяців. **Лікувальна фізкультура** спеціально адаптована для пацієнтів із ризартрозом, включала спеціальні вправи (рис. 1б), спрямовані на зміцнення першого тильного міжкісткового м'яза, який є активним стабілізатором зап'ястно-п'ястного суглоба великого пальця кисті. Локальні ін'єкції в структури суглоба у даної групи пацієнтів не застосовувалися.

Пацієнтам призначався повторний огляд через 3 місяці після первинного огляду на початку лікування з повторним тестуванням за шкалою qDASH у прямому українському перекладі.

На повторний огляд звернулась лише частина пацієнтів (див. таблицю 1), як правило із залишковими скаргами на стан кисті того чи іншого рівня. Серед них і хворі, які у подальшому звернулись до хірургічного лікування, можливість якого окреслювалась ще на первинній консультації.

Ефективність консервативного лікування оцінювалась за динамікою показників недієздатності верхньої кінцівки за шкалою qDASH [9] та чисельністю повторних звернень пацієнтів для хірургічного лікування.

## Результати

Результати консервативного лікування пацієнтів, які звернулись на повторний огляд з ризартрозом різної стадії за класифікацією Ітона – Літтлера

Таблиця №1

### Кількісний розподіл пацієнтів дослідження за стадіями, які в процесі лікування з'явилися на повторний огляд, та які врешті потребували хірургічного лікування ризартрозу

	Пацієнти/ кількість та %	1 стадія	2 стадія	3 стадія	4 стадія
<b>Первинний огляд</b> кількість	270(100%)	21	65	117	67
<b>Повторний огляд</b> кількість та % від первинного звернення	101(37%)	4(33%)	29(44%)	44(38%)	24(36%)
<b>Хірургічне лікування;</b> кількість та % від первинного звернення	52 (19%)	0(0%)	9(14%)	24 (21%)	19(28%)



**Рис. 1.** А. Спеціалізований кастомний ортез  
 Б. Лікувальна фізкультура передбачала вправи, скеровані на зміцнення першого тильного міжкісткового м'яза

представлені в таблиці 2. Переважній частині пацієнтів комплексне консервативне лікування приносило значне, а іноді й суттєве покращення.

У групах пацієнтів, стратифікованих за стадіями ризартрозу, динаміка функціональної недієздатності верхньої кінцівки за шкалою qDASH статистично достовірно не відрізнялася ( $p \geq 0,05$ ) ані від показників, розрахованих для всієї вибірки, ані між окремими групами.

Високі залишкові показники функціональної недієздатності верхньої кінцівки після консервативного лікування відзначено у 52 пацієнтів (19% від числа осіб з первинним зверненням), що зумовило необхідність подальшого хірургічного лікування. У більшості випадків оперативне втручання виконувалося в обсязі трапезектомії з пластиком зв'язкового апарату суглоба за одним із загальноприйнятих методів. У поодиноких випадках у пацієнтів, зайнятих тяжкою фізичною працею, застосовувався артрорез зап'ястно-п'ястного суглоба великого пальця кисті.

Пацієнти з I стадією ризартрозу хірургічному лікуванню не підлягали. У групі з II стадією оперативне лікування знадобилося 9 пацієнтам (14%), при III стадії – 24 пацієнтам (21%), а при IV стадії – 19 пацієнтам (28%).

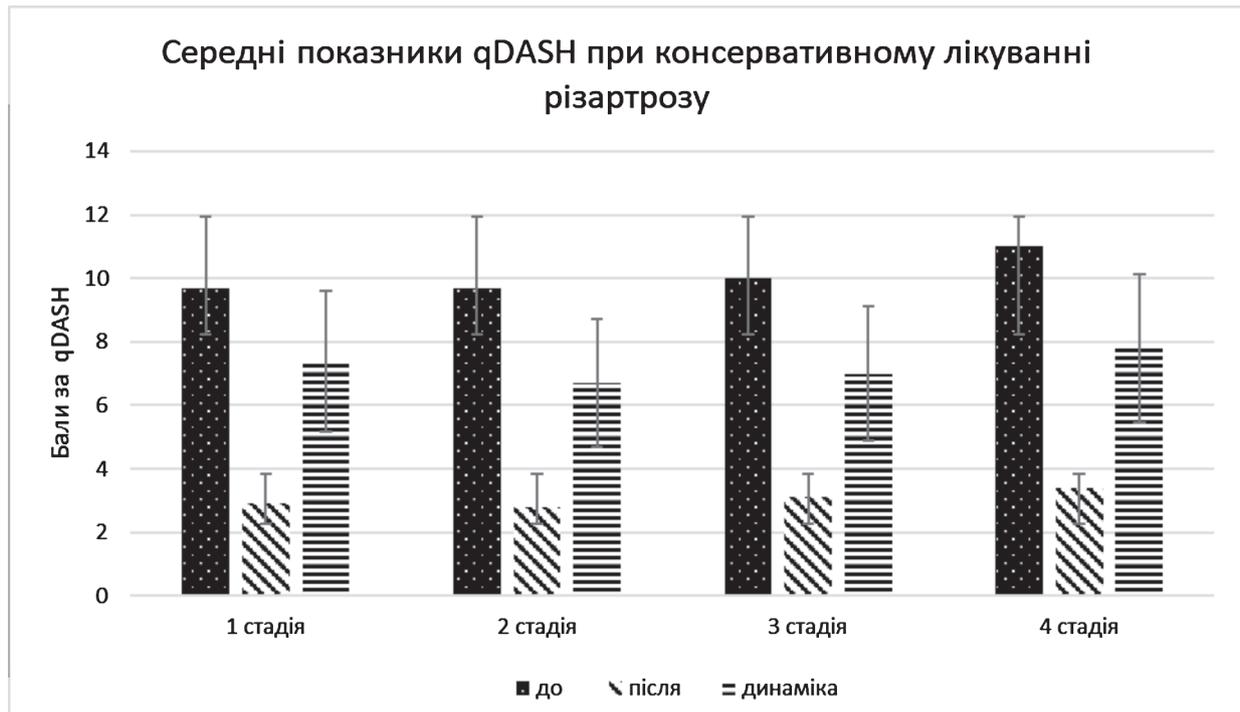
Окрім показників медіани, діапазону та міжквартильного розмаху (IQR), були також обчислені середні значення балів функціональної недієздатності за шкалою qDASH до та після консервативного лікування, а також оцінена їх динаміка, що представлено у вигляді порівняльної гістограми на **рисунку 2**.

Наочно встановлено, що ані за абсолютними показниками функціональної недієздатності верхньої кінцівки до та після проведення комплексного консервативного лікування, ані за показниками їх динаміки в межах середнього стандартного відхилення, статистично значущих відмінностей між групами пацієнтів, стратифікованими за стадіями ризартрозу, не виявлено.

Таблиця №2

**Результати консервативного лікування пацієнтів, які звернулись на повторний огляд з ризартрозом різної стадії за класифікацією Ітона – Літлера**

Стадії	До лікування Бали за qDASH	Після лікування Бали за qDASH	Динаміка Бали за qDASH
1 стадія медіана (діапазон) IQR	9,1 (6,8-13,6) 6,3	2,3 (0-4,5) 3,4	7 (4,5-9,1) 4
2 стадія медіана (діапазон) IQR	11,4 (6,8-13,6) 4,6	2,3 (2,3-6,8) 2,2	6,8 (0-9,1) 4,6
3 стадія медіана (діапазон) IQR	11,4 (6,8-18,2) 5,7	3,4 (2,3-4,5) 2,2	5,7 (4,5-13,7) 4,6
4 стадія медіана (діапазон) IQR	12,5 (6,8-18,2) 6,8	3,4 (2,3-6,8) 2,2	6,9 (4,5-11) 4,6
Всі стадії медіана (діапазон) IQR	11,4 (6,8-18,2) 6,8	2,3 (0-6,8) 2,2	8 (0-15,9) 4,6



**Рис. 2.** Середні показники балів недієздатності за qDASH, до консервативного лікування, після нього та динаміка показників

## Обговорення

Отримані результати свідчать про доцільність тактики призначення хірургічного лікування виключно після завершення повного курсу комплексної консервативної терапії. Такий підхід демонструє високу клінічну ефективність, оскільки у значної частини пацієнтів досягається істотне зменшення основних клінічних проявів різартрозу без необхідності оперативного втручання.

Після проведення консервативного лікування у більшості пацієнтів відзначалося зниження інтенсивності больового синдрому, покращення функціональної спроможності кисті та зростання сили основних типів захватів. Важливим механізмом такого покращення, імовірно, є редукція набряково-анталгічного компонента ураження, що у свою чергу, сприяє збільшенню амплітуди рухів у зап'ястно-п'ястному суглобі великого пальця кисті. Ці клінічні зміни закономірно відображалися у зниженні кількісних показників функціональної недієздатності верхньої кінцівки за шкалою qDASH.

Особливу увагу привертає відносна однорідність показників функціональної недієздатності як при первинному, так і при повторному зверненні пацієнтів, незалежно від рентгенологічної стадії захворювання. Така закономірність пояснюється суб'єктивними особливостями перебігу різартрозу: пацієнти, як правило, звертаються за медичною

допомогою лише після досягнення певного «порогового» рівня болю, функціональних обмежень та зниження якості життя, незалежно від ступеня структурних змін у суглобі.

З іншого боку, отримані дані можуть свідчити про обмежену кореляцію між клінічною симптоматикою та стадійною класифікацією різартрозу за Ітоном – Літлером, яка ґрунтується переважно на рентгенологічних ознаках дегенеративно-дистрофічних змін у зап'ястно-п'ястному суглобі великого пальця кисті. Це узгоджується з даними літератури, які вказують на те, що вираженість больового синдрому та функціональних порушень не завжди прямо відповідає ступеню рентгенологічних змін [5,6,7].

Ймовірно, вагому роль у клінічній декомпенсації різартрозу відіграють запальні компоненти, зокрема синовіт та капсуліт, які можуть виникати або загострюватися внаслідок гострого перевантаження, мікротравматизації чи додаткової травми суглоба. Такі процеси здатні суттєво погіршувати функцію та посилювати больовий синдром незалежно від стадії структурних змін, зафіксованих рентгенологічно.

У сукупності наведені спостереження підтверджують необхідність комплексної клініко-функціональної оцінки пацієнтів із різартрозом, яка повинна включати не лише рентгенологічну стадію захворювання, але й інтенсивність больового синдрому, функціональні обмеження, наявність запальних проявів та індивідуальні вимоги до

функції кисті. Саме такий підхід дозволяє обґрунтовано визначати показання до хірургічного лікування та уникати передчасних оперативних втручань.

**Обмеження дослідження.** Дослідження має низку обмежень, зокрема одноцентровий та ретроспективний дизайн, що може впливати на узагальненість отриманих результатів. У межах дослідження не проводилася об'єктивна оцінка амплітуди рухів та сили захватів кисті. Відтак аналіз ефективності лікування ґрунтувався переважно на суб'єктивній, хоча й валідованій, шкалі qDASH. Подальші проспективні багатоцентрові дослідження з використанням об'єктивних функціональних показників є доцільними.

**Конфлікт інтересів** – відсутній.

## Висновки

1. Консервативне комплексне консервативне лікування показало свою високу ефективність для всіх стадій ризартрозу у межах зменшення недієздатності кінцівки на медіана 8 (діапазон 0-15,9) IQR 4,6 балів за qDASH.

2. За показниками динаміка функціональних показників та остаточні результати комплексного консервативного лікування суттєво не відрізнялись по між собою у пацієнтів з різними стадіями ризартрозу за Ітоном – Літлером.

3. Високі залишкові показники недієздатності кінцівки після комплексного консервативного лікування мали 52 пацієнта (19%), і, відповідно, потребували хірургічного втручання. Таким чином призначення хірургічного лікування лише після курсу комплексного консервативного лікування демонструє високу ефективність такого підходу.

## References

1. Wells A, Sangiacomo F, Brown L, Hollins N. The effectiveness of orthoses as a conservative treatment in treating carpometacarpal joint osteoarthritis: a systematic review. *Med Res Arch.* 2024;12(4):5176. doi:10.18103/mra.v12i4.5176.
2. Mi H, Oh C, Towheed T. Systematic review of non-surgical therapies for osteoarthritis of the hand. *Eur J Rheumatol.* 2024;11(Suppl 1):S53-S67. DOI: 10.5152/eurjrheum.2023.21197
3. Fuggle N, Bere N, Bruyère O, Rannou F, Uebelhart D, Veronese N, et al. Management of hand osteoarthritis: from an US evidence-based medicine guideline to a European patient-centric approach. *Aging Clin Exp Res.* 2022;34(9):1985–1995. doi:10.1007/s40520-022-02176-y.
4. Jeevrajani JM, Sheth M. Physiotherapeutic approaches in thumb carpometacarpal joint arthritis for pain, function, and grip strength. *J Integr Health Sci.* 2023;11(2):89-91. doi:10.4103/jihs.jihs\_38\_23.
5. Karanasios S, Mertyri D, Karydis F, Gioftsos G. Exercise-based interventions are effective in the management of patients with thumb carpometacarpal osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Healthcare (Basel).* 2024;12(8):823. doi:10.3390/healthcare12080823.
6. Leigheb M, Artiles-Sánchez J, Alonso-Perez JL, Sosa-Reina MD, Valdes K, Villafañe JH. An update of the effectiveness of conservative interventions on function in patients with thumb carpometacarpal osteoarthritis: a systematic review. *Minerva Orthop.* 2024;75(3):233-242. doi:10.23736/S2784-8469.24.04423-7.
7. Tsehaie J, Porsius JT, Rizopoulos D, Slijper HP, Feitz R, Hovius SER, et al. Response to conservative treatment for thumb carpometacarpal osteoarthritis is associated with conversion to surgery: a prospective cohort study. *Phys Ther.* 2019;99(5):570–576. doi:10.1093/ptj/pzz009.
8. Eaton RG, Littler JW. Ligament reconstruction for the painful thumb carpometacarpal joint. *J Bone Joint Surg Am.* 1973;55(8):1655–1666. doi:10.2106/00004623-197355080-00002 (як приклад першоджерела класичної класифікації).
9. Gummesson C, Ward MM, Atroshi I. The shortened Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand questionnaire (Quick-DASH): validity and reliability based on responses within the full-length DASH. *BMC Musculoskelet Disord.* 2006;7:44. doi:10.1186/1471-2474-7-44.

## Principles and Outcomes of Conservative Treatment for Thumb Carpometacarpal Osteoarthritis

Tymoshenko S.V.<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup>SI «Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine», Kyiv, Ukraine

**Summary.** The high prevalence of thumb carpometacarpal (CMC) osteoarthritis and the wide range of available conservative treatment options highlight the need for quantitative assessment of their effectiveness. **Objective.** This study aimed to quantitatively evaluate the effectiveness of a multimodal conservative treatment program for thumb CMC osteoarthritis. **Materials and Methods.** The outcomes of conservative treatment were evaluated in 270 patients with thumb CMC osteoarthritis (224 females and 36 males; median age 59 years, range 36–84, IQR 12). The treatment program included load modification, orthosis use, NSAIDs, physiotherapy, chondroprotective agents, and targeted therapeutic exercises. Changes in qDASH scores over time were

assessed, as well as the rate of subsequent conversion to surgical treatment depending on the Eaton–Little stage. **c** Conservative treatment resulted in a reduction in upper-limb disability across all stages of the disease. In patients with stage I, median improvement in qDASH score was 7 points (range 4.5–9.1), with an interquartile range (IQR) of 4 points. For stage II, median improvement was 6.8 points (range 0–9.1), with an IQR of 4.6. Stage III demonstrated 5.7 points (range 4.5–13.7), with an IQR of 4.6, while stage IV showed 6.9 points (range 4.5–11), with an IQR of 4.6. High residual disability persisted in 52 patients (19%), requiring surgical intervention. Thus, initiating surgical treatment only after completing a structured conservative program demonstrates high effectiveness of this staged approach.

**Key words:** thumb CMC osteoarthritis; conservative treatment; Eaton–Little stages.

## LOTOS 2025 — Lviv October Trauma Ortho Symposium



10 жовтня 2025 року у Львові відбувся масштабний науково-практичний симпозиум **LOTOS 2025 – Lviv October Trauma Ortho Symposium**, присвячений сучасним підходам до лікування складної поліструктурної травми, в тому числі бойових та вогнепальних ушкоджень. Цей захід, що став однією з найпотужніших подій року в **ортопедії та травматології України**, був організований **Всеукраїнською громадською організацією «Українська асоціація ортопедів-травматологів» (УАОТ)** під науковим керівництвом чл.-кор. НАМН України, професора Сергія Страфуна. Симпозиум був рекомендований як подія **безперервного професійного розвитку (БПР)** та сертифікований відповідним провайдером, що підтвердило його значення для практикуючих спеціалістів.

### Мета та загальний формат заходу

Основна мета LOTOS 2025 — створити професійний майданчик, де провідні українські та міжнародні фахівці могли б обмінятися досвідом, обговорити найбільш актуальні проблеми поліструктурної травми та виробити консенсусні підходи, що спираються на сучасні світові стандарти. Симпозиум поєднав наукові доповіді, клінічні кейси, майстер-класи та дискусійні сесії, спрямовані на підвищення якості надання медичної допомоги постраждалим з тяжкими ушкодженнями.

Програма заходу включала кілька тематичних блоків, що охоплюють широкий спектр клінічних та практичних аспектів:

- поліструктурні та вогнепальні ушкодження верхніх і нижніх кінцівок;
- лікування вогнепальних травм хребта і спинного мозку;
- сучасні підходи до реконструктивної хірургії і ендопротезування;
- питання ампутації та протезування;
- міждисциплінарні рішення та новітні технології, включно з використанням штучного інтелекту у плануванні операцій.

## Науковий контент і ключові доповіді

Програма LOTOS 2025 вирізнялася високим науковим рівнем та практичною спрямованістю. Доповідачі представили результати сучасних досліджень і власний клінічний досвід, розкриваючи як загальні, так і спеціалізовані аспекти лікування складних травм:

- Один із ключових блоків був присвячений **помилкам та ускладненням бойової травми кінцівок**, де розглядалися питання турнікетної ішемії, фасціотомії, а також стратегій лікування вогнепальних переломів.

- У секції, що стосувалася **реконструкції тканин та ендопротезування**, були представлені сучасні підходи до дефектів м'яких тканин, індивідуального ендопротезування великих суглобів та інноваційні технології, включно з адитивними методами.

- Особливу увагу було приділено **травмам верхніх кінцівок та нейротравмам**, де автори доповідей поділилися власними рішеннями щодо реконструктивного лікування, нюансів артропластики та відновлення нервових функцій.

Центральні дискусії зібрали фахівців різних профілів — ортопедів, травматологів, хірургів, анестезіологів, радіологів, фізичної та реабілітаційної ме-

дицини — що сприяло формуванню міждисциплінарного підходу до складних клінічних випадків.

## Міжнародна участь та практичне значення

Одним із важливих аспектів LOTOS 2025 стала міжнародна участь: доповідачі з Великої Британії, Бельгії та Польщі поділилися своїм досвідом, що дозволило українським слухачам ознайомитися із найновішими світовими практиками. Це підсилювало не лише академічний рівень заходу, але й сприяло інтеграції української медичної спільноти в глобальний професійний дискурс.

Важливо, що симпозіум не був лише теоретичною платформою: окремі майстер-класи передбачали практичні навички з можливістю отримати додаткові бали БПР, що є важливим для безперервного професійного розвитку лікарів.

## Висновки та перспективи

LOTOS 2025 підтвердив своє значення як ключової події для української ортопедії та травматології 2025 року. Він сприяв підвищенню професійної компетентності, зміцненню міждисциплінарних зв'язків серед медичних фахівців та посиленню міжнародної співпраці. Симпозіум став майданчиком, де не лише обміювались знаннями, але й формували практичні алгоритми, що можуть бути впроваджені в повсякденну клінічну практику.

Планується, що LOTOS стане щорічною традицією, закріпивши за собою роль важливого центру фахового діалогу, де українські спеціалісти та їхні іноземні колеги разом працюватимуть над оптимізацією лікування складних травм та підвищенням якості життя пацієнтів.

## НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ «АМПУТАЦІЇ ТА ПРОТЕЗУВАННЯ КІНЦІВОК: НОВІ ГОРИЗОНТИ»



5 грудня 2025 року в м. Київ у готелі «Русь» відбулася науково-практична конференція з міжнародною участю **«Ампутації та протезування кінцівок: нові горизонти»**, присвячена сучасним аспектам ампутації, реконструктивної хірургії, протезування та реабілітації пацієнтів із травмами кінцівок. Захід був організований відділом патології стопи та складного протезування ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України» за підтримки **Міжнародної асоціації медицини (МАМ)** у змішаному форматі (офлайн/онлайн), що дозволило об'єднати широкий професійний

загал фахівців в умовах як стаціонарної, так і віддаленої участі.

Конференція мала на меті створити платформу для обміну практичними знаннями, сучасними методиками лікування, а також обговорення міждисциплінарних підходів до роботи з пацієнтами, які пережили ампутацію та потребують подальшого протезування і відновлення функцій. Аудиторією заходу стали травматологи, хірурги, військові хірурги, неврологи, ревматологи, а також спеціалісти з функціональної діагностики, анестезіологи та сімейні лікарі.

## Організація та формат

Конференція «Ампутації та протезування кінцівок: нові горизонти» пройшла у гібридному форматі, що поєднував живу участь делегатів у Києві з можливістю онлайн-перегляду трансляції в режимі реального часу. Учасники мали доступ до майстер-класів і сесій з інтерактивними відповідями на запитання, а також можливість переглянути архів матеріалів заходу після його завершення. Передбачалося розіграш сертифікатів на стажування, навчальні курси для лікарів-інтернів, і спеціальні умови участі для військових та інтернів.

Окрім класичної конференційної частини, програма включала **серію практичних майстер-класів**, у яких розглядалися застосування інноваційних технологій у практиці ортопедів-травматологів, зокрема остеointегративне протезування та сучасні підходи до регенеративної терапії.

## Основні тематичні блоки

Програма конференції була структурована навколо ключових клінічних та практичних тем, що відображають сучасний стан і виклики у сфері ампутації та протезування кінцівок:

### 1. Ампутація та реконструкція нижньої кінцівки.

У цій секції спікери обговорили критичні аспекти планування та виконання ампутаційних втручань із урахуванням умов бойового чи травматичного ураження кінцівок. Була представлена оцінка критеріїв збереження/ампутації, аналіз тактичних помилок і підходів до оптимізації подальшого лікування і протезування.

### 2. Критерії оцінки та клінічні рішення.

Фокус блоку — оцінювання стану травмованої кінцівки в умовах сучасних бойових дій, визначення параметрів, що впливають на рішення про ампутацію чи реконструкцію, що є особливо актуальним в контексті великої кількості складних травм під час війни.

### 3. Хірургічне лікування та реабілітація.

Експерти представили підходи до хірургічного усунення травматичних дефектів тканин, корекції

деформацій стопи, а також алгоритми післяопераційної реабілітації та адаптації пацієнтів до протезів.

### 4. Використання сучасних технологій.

Окремий блок був присвячений впровадженню новітніх технологій у практику ортопедії та травматології — зокрема регенеративних методів, інтегрованих систем для протезування, а також майстер-класам із їх застосування.

## Спікери та експертний склад

У конференції взяли участь провідні українські фахівці з ортопедії, травматології, біоматеріалів та реабілітаційної медицини. Серед них — професори, кандидати наук, клініцисти та виробничі експерти з провідних медичних і наукових установ, що спеціалізуються на патології стопи, складному протезуванні, ортезуванні та біомедичних технологіях.

Такий різнопрофільний склад сприяв мультидисциплінарному підходу в обговоренні сучасних проблем, що виникають на перетині хірургічної ампутації, вибору тактики лікування та індивідуального протезування для оптимального повернення пацієнтів до активного життя.

## Значення та перспективи

Конференція «Ампутації та протезування кінцівок: нові горизонти» стала важливим майданчиком для професійного зростання, де були поєднані теоретичні знання та практичний досвід, що має велике соціальне значення в умовах сучасних викликів. Обговорення проблем та обмін досвідом між хірургами, травматологами, реабілітологами та іншими спеціалістами сприяють підвищенню якості медичної допомоги пацієнтам з ампутаціями та їх інтеграції у суспільство.

У майбутньому подібні заходи можуть стати ключовими у формуванні комплексних національних стандартів лікування та реабілітації пацієнтів після ампутації, впровадженні інновацій у практику та посиленій співпраці між науковими та клінічними центрами в Україні.

## 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.
- 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. 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 англомовному 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 заголовки 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»; «Матеріали і методи»; «Результати»; «Обговорення»; «Обмеження», «Творчий внесок авторів» «Заключення».

2.6. **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 кирилицемовним написанням 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.

2.7. **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: супровідний лист від керівництва установи, в якому проводилося дослідження; декларація про наявність або відсутність конфлікту інтересів; авторська угода. 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 plagiatus. Редакція зберігає за собою право перевірки поданих рукописів на наявність плагіату. Текстова схожість в об'ємі понад 20% вважається непринятною.

Статті, що раніше були опубліковані або направлені 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. Матеріали, 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.

**Матеріали для публікації надсилайте за посиланням: [https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSefTJTq7m7nWHaignKz8mLodbejc4wvaI8BB\\_sckWrlwsaMAQ/viewform](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. 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. **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.

2.7. **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: a cover letter from management of the institution where the research was conducted, a declaration of the presence or absence of a conflict of interest, and an author agreement. 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.

**Submit materials for publication at the following link:** [https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSefTJTq7m7nWHaignKz8mLodbejc4wvaI8BB\\_scKWrlwsaMAQ/viewform](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: 13.01.2026 р. Наклад 1000 прим. Ціна договірна.  
Верстка та друк: ТОВ «Про формат», (067) 235-22-56.