

## Зміст

## ОРИГІНАЛЬНІ СТАТТІ

|                                                                                                                                                                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Бурлука В. В., Дорош В. М.</b><br>Шляхи покращення результатів<br>лікування тяжких поєднаних травм таза<br>в сучасних умовах.....                                                                                                 | 5  |
| <b>Богдан С. В.</b><br>Вплив термінів із моменту травми<br>на прогресування ротаторної<br>артропатії плечового суглоба<br>(ретроспективне дослідження).....                                                                          | 12 |
| <b>Страфун С. С., Гайович В. В., Телепенко Г. В.</b><br>Шкала-предиктор відновлення функції<br>верхньої кінцівки за вогнепальної травми<br>надпліччя (пропозиції до використання).....                                               | 17 |
| <b>Тимошенко С. В., Котова М. В.</b><br>Ефективність артрорезу кистьового суглоба<br>за різних ортопедичних патологій<br>верхньої кінцівки.....                                                                                      | 24 |
| <b>Макаров В. Б., Корж М. О.</b><br>Короткострокові результати використання<br>індивідуальних 3D-друкованих<br>базових пластин у зворотному<br>ендопротезуванні плечового суглоба.....                                               | 29 |
| <b>Мателенок Є. М.</b><br>Прояви гетеротопічної осифікації в пацієнтів<br>із переломами головки променевої кістки<br>в поєднанні з вивихами передпліччя.....                                                                         | 38 |
| <b>Коструб О. О., Дідух П. В., Нікіфорова І. М.,<br/>Засаднюк І. А., Блонський Р. І., Подік В. А.</b><br>Критичні параметри розташування каналів<br>під час пластики передньої схрещеної зв'язки:<br>ретроспективний МРТ-аналіз..... | 43 |
| <b>Golovakha M. L., Bondarenko S. A.</b><br>Assessment of the accuracy of reproduction<br>of the lower limb axis using an individual<br>instrument during endoprosthesis<br>with kinematic alignment of the knee joint.....          | 52 |
| <b>Мезенцев А. О., Петренко Д. Є., Демченко Д. О.</b><br>Результати хірургічного лікування<br>істмічного спондилолітезу<br>з великим ступенем зсуву.....                                                                             | 58 |
| <b>Магомедов С., Поляченко Ю. В.,<br/>Грицай М. П., Літовка І. Г., Сабашов В. І.,<br/>Дехтеренко Н. О., Кузуб Т. А.</b><br>Інтерлейкін-6 та білки гострої фази<br>як біомаркери септичного остеоартриту.....                         | 66 |
| <b>КОРОТКІ ПОВІДОМЛЕННЯ<br/>ТА НОТАТКИ З ПРАКТИКИ</b>                                                                                                                                                                                |    |
| <b>Khomenko I. P., Ankin M. L.,<br/>Ladyka V. O., Nehoduiko V. V.,<br/>Tertyshnyi S. V., Balaban I. O.</b><br>Clinical case of reconstruction of gunshot<br>foot injury using the alt free flap technique.....                       | 71 |
| <b>Шевченко І. В., Губський С. С., Златнік Р. В.,<br/>Данишук З. М., Іванова Н. В., Мальцева В. Є.</b><br>Кавернозна медулярна гемангіома<br>в дистальному відділі лівої стегнової кістки:<br>клінічний випадок.....                 | 77 |
| <b>ОГЛЯДИ ТА РЕЦЕНЗІЇ</b>                                                                                                                                                                                                            |    |
| <b>Бур'янов О. А., Смик О. О., Саленко М. С.</b><br>Способи реіннервації після ампутацій<br>у пацієнтів із наслідками бойових уражень<br>(огляд літератури).....                                                                     | 83 |

## Contents

## ORIGINAL ARTICLES

|                                                                                                                                                                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Burluka V. V., Dorosh V. M.</b><br>Ways to improve the results of treatment<br>of severe combined pelvic injuries<br>in modern conditions.....                                                                           | 5  |
| <b>Bohdan S. V.</b><br>The effect of time since injury<br>on the progression of rotator cuff<br>arthropathy of the shoulder<br>(retrospective study).....                                                                   | 12 |
| <b>Strafun S. S., Haiiovych V. V., Telepenko G. V.</b><br>Predictor scale of upper extremity<br>function recovery in military trauma<br>of the upper arm (offer to use).....                                                | 17 |
| <b>Tymoshenko S. V., Kotova M. V.</b><br>Total wrist arthrodesis efficiency<br>in various upper limb<br>orthopedic pathologies.....                                                                                         | 24 |
| <b>Makarov V. B., Korzh M. O.</b><br>Short-term outcomes of using custom<br>3D printed base plates<br>in reverse shoulder arthroplasty<br>for patients with glenoid cavity defects.....                                     | 29 |
| <b>Matelenok Ye. M.</b><br>Manifestations of heterotopic ossification<br>in patients with radial head fractures<br>combined with forearm dislocations.....                                                                  | 38 |
| <b>Kostrub O. O., Didukh P. V., Nikiforova I. M.,<br/>Zasadnyuk I. A., Blonskyi R. I., Podik V. A.</b><br>Critical parameters of tunnel positioning<br>in ACL reconstruction:<br>a retrospective MRI analysis.....          | 43 |
| <b>Golovakha M. L., Bondarenko S. A.</b><br>Assessment of the accuracy<br>of reproduction of the lower limb axis using<br>an individual instrument during endoprosthesis<br>with kinematic alignment of the knee joint..... | 52 |
| <b>Mezentsev A. O., Petrenko D. Ye., Demchenko D. O.</b><br>Results of surgical<br>treatment of high-grade<br>spondylolisthesis.....                                                                                        | 58 |
| <b>Magomedov S., Polyachenko Yu. V.,<br/>Hrytsai M. P., Litovka I. H., Sabadosh V. I.,<br/>Dekhterenko N. O., Kuzub T. A.</b><br>Interleukin-6 and acute phase proteins<br>as biomarkers of septic osteoarthritis.....      | 66 |
| <b>SHORT REPORTS AND NOTES<br/>FROM PRACTICE</b>                                                                                                                                                                            |    |
| <b>Khomenko I. P., Ankin M. L.,<br/>Ladyka V. O., Nehoduiko V. V.,<br/>Tertyshnyi S. V., Balaban I. O.</b><br>Clinical case of reconstruction of gunshot<br>foot injury using the alt free flap technique.....              | 71 |
| <b>Shevchenko I. V., Hubskeyi S. S., Zlatnik R. V.,<br/>Danyshchuk Z. M., Ivanova N. V., Maltseva V. Ye.</b><br>Cavernous medullary hemangioma<br>of the distal left femur:<br>a case report.....                           | 77 |
| <b>DIGEST AND REVIEWS</b>                                                                                                                                                                                                   |    |
| <b>Buryanov O. A., Smyk O. O., Salenko M. S.</b><br>Methods of reinnervation after amputations<br>in patients with the consequences<br>of combat injuries (literature review).....                                          | 83 |

**Колесніченко В. А., Піонтковський В. К.,  
Гольбаум М. Б., Чернишов О. Г.,  
Палкін О. В., Палкін Б. В.**

Фактори ризику рецидиву грижі  
міжхребцевого диска поперекового  
відділу хребта після первинної ендоскопічної  
трансфорамінальної диссектомії.

Повідомлення 1 (огляд літератури).....

92

**Інюшина А. В., Заверуха Н. В.,  
Григор'єва Н. В., Процюк О. В.**

Остеоартрит і геріатричні синдроми:  
особливості взаємозв'язку та можливості  
менеджменту (огляд літератури).....

99

#### ХРОНІКА

Актуальні питання сучасної  
травматології та ортопедії.....

110

До 100-річчя професора

Юрія Юлійовича Колонтая —  
пам'ять про вчителя (1925–2025).....

111

#### ЮВІЛЕЇ

Олександр Євгенійович Лоскутов.....

112

**Kolesnichenko V. A., Piontkovskyi V. K.,  
Holbaum M. B., Chernyshov O. G.,  
Palkin O. V., Palkin B. V.**

Risk factors recurrence  
lumbar intervertebral disc  
herniation after primary  
endoscopic transforaminal discectomy.

Part 1 (literature review).....

92

**Iniushyna A. V., Zaverukha N. V.,  
Grygorieva N. V., Protsiuk O. V.**

Osteoarthritis and geriatric syndromes:  
features of the relationship and management  
opportunities (literature review).....

99

#### CHRONICLE

Current issues of modern  
traumatology and orthopedics.....

110

To the 100<sup>th</sup> anniversary

of Professor Yuri Yuliyovych Kollontai —  
memory of the teacher (1925-2025).....

111

#### ANNIVERSARIES

Oleksandr Yevgenijovych Loskutov.....

112

## ОРИГІНАЛЬНІ СТАТТІ

УДК 616.718.1:617.5-001](477)(045)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-5987202525-11>**Шляхи покращення результатів лікування  
тяжких поєднаних травм таза в сучасних умовах****В. В. Бурлука<sup>1</sup>, В. М. Дорош<sup>2</sup>**<sup>1</sup> Українська військово-медична академія, Київ<sup>2</sup> КНП «Київська міська клінічна лікарня швидкої медичної допомоги». Україна

*Objective.* To analyze the treatment of victims with severe combined pelvic trauma in the conditions of the existing trauma care system in Ukraine and to identify ways to improve the results of treatment of such injuries. *Methods.* The work was based on a study of the results of treatment of 406 victims with unstable pelvic injuries in polytrauma (UPIP) ( $ISS \geq 17$  points). Of these, 249 (61.3 %) patients died in different periods of traumatic illness (TI). Two clinical groups were formed: the first — 137 (33.7 %) patients, in whom differential surgical treatment tactics were performed based on the developed scales for assessing the severity of injury, the prognosis of the course of TI depending on its periods, as well as the proposed modern methods of diagnosis and surgical treatment of injuries of the pelvis and other anatomical areas, the second — 269 (66.3 %) patients, in whom generally accepted surgical treatment tactics were used. *Results.* Active surgical tactics using a differential approach allowed to increase the number of internal (combined) metal osteosynthesis in this category of victims from 40.4 to 72.1 %, to reduce the proportion of conservative treatment from 53.7 to 30.6%, and the active implementation of an improved protocol scheme for surgical treatment of victims with NUTP during hospitalization allowed to reduce mortality in the acute period of TC (up to 48 hours) from 77.7 to 63.9 %,  $p < 0.05$ , overall mortality from 69.9 to 44.5% ( $p < 0.01$ ). *Conclusions.* The timing of delivery of a victim with a severe combined pelvic injury to a specialized trauma department is crucial at the prehospital stage of saving the patient's life. The tactics of surgical interventions for injuries of extrapelvic localization, unstable pelvic fractures, pelvic organ trauma in the acute period of TI should be based on urgent indications, aimed primarily at stopping intrapelvic bleeding, the possibility of conducting single-stage or sequential emergency external fixation of the pelvic ring. *Key words.* Polytrauma, unstable pelvis, surgical treatment.

*Мета.* Проаналізувати лікування постраждалих із тяжкою поєднаною травмою таза в умовах існуючої системи надання травматологічної допомоги в Україні та визначити шляхи покращення результатів. *Методи.* Досліджено результати лікування 406 постраждалих із нестабільними ушкодженнями таза в разі політравми (НУТП) ( $ISS \geq 17$  балів). Із них 249 (61,3 %) пацієнтів померли в різні періоди травматичної хвороби (ТХ). Сформовано дві клінічні групи: перша — 137 (33,7 %) осіб, у яких проводилась диференційна тактика операційних втручань на основі розроблених шкал оцінки тяжкості травми, прогнозу перебігу ТХ залежно від її періодів, а також запропонованих сучасних методів діагностики і хірургічного лікування ушкоджень таза й інших анатомічних ділянок; друга — 269 (66,3 %) пацієнтів, яким застосовували загальноприйняті втручання. *Результати.* Активна оперативна тактика з використанням диференційного підходу дозволила збільшити кількість внутрішнього (комбінованого) металоостеосинтезу в цій категорії постраждалих з 40,4 до 72,1 %, зменшити питому вагу консервативного лікування з 53,7 до 30,6 %, а активне впровадження удосконаленої протокової схеми втручань в осіб із НУТП під час госпіталізації дозволило знизити летальність у гострому періоді ТХ (до 48 годин) з 77,7 до 63,9 % ( $p < 0,05$ ), загальну летальність із 69,9 до 44,5 %, ( $p < 0,01$ ). *Висновки.* Термін доставлення постраждалого з тяжкою поєднаною травмою таза до спеціалізованого травматологічного відділення має вирішальне значення на догоспітальному етапі для збереження його життя. Тактика операційних втручань у разі ушкоджень позатазової локалізації, нестабільних переломів таза, травми тазових органів у гострому періоді ТХ повинна ґрунтуватися на невідкладних показаннях, направлених на зупинку внутрішньотазової кровотечі, із можливістю проведення одномоментної або послідовної екстреної зовнішньої фіксації тазового кільця.

**Ключові слова.** Політравма, нестабільний таз, хірургічне лікування

## Вступ

У структурі політравми питома вага ушкоджень тазової ділянки складає 11,6–15,3 % [5, 10]. Сучасні травми цієї локації — це переважно (в 60–70 % випадків) тяжкі множинні та поєднані. Під час їхнього лікування важливе місце займає якість організації надання медичної допомоги починаючи з місця події. За інформацією німецького реєстра травм, ушкодження живота і кісток таза спостерігається в 25–35 % усіх випадків у пацієнтів із політравмою з летальністю до 55 % [5]. Незворотня крововтрата внаслідок внутрішньотазової кровотечі є основною причиною летальності в гострому періоді травми в 10–58 % спостережень [4]. Середній час госпіталізації постраждалих із політравмою в Германії та США складає від 18 до 46 хвилин [5], причому більшість за допомогою аеромедичної евакуації (гелікоптерами). У той самий час, більше 90 % випадків в Україні доставляються санітарним транспортом.

Якість лікування на госпітальному етапі великою мірою залежить від оснащення стаціонару, наявності спеціалістів (хірург, анестезіолог, травматолог, нейрохірург), знань і практичних навичок з основних лікувально-тактичних алгоритмів за умов нестабільних ушкоджень таза і травм інших анатомічних ділянок, що, у свою чергу, визначається наявністю в країні закладів (центрів травми) для розробки схем (гадлайнів, протоколів) та практичної підготовки спеціалістів для різних рівнів надання медичної допомоги (района, міська, обласна лікарні). У більшості розвинених країн створені регіональні травматологічні системи транспортування постраждалих із місця отримання ушкодження в спеціалізовані травмоцентри (ТЦ) різного рівня. Водночас вид санітарного транспорту і рівень ТЦ визначаються тяжкістю травми пацієнта. Швидке транспортування постраждалих із тяжкою поєднаною травмою в ТЦ 1-го рівня може бути досягнуте за наявності необхідного числа, повноти територіального охоплення і транспортної доступності цих ТЦ. Так, наприклад, в Германії в 2006 році було 108 ТЦ 1-го рівня, 209 — 2-го і 431 — 3–4 рівнів [5].

**Мета:** провести аналіз та визначити шляхи покращення результатів лікування постраждалих з тяжкою поєднаною травмою таза в умовах існуючої системи надання травматологічної допомоги в Україні.

## Матеріал і методи

Матеріали дослідження розглянуто й ухвалено комітетом із біоетики (протокол № 70 від 25.03.2024 р.). Всі пацієнти дали інформовану згоду.

Основу роботи склали дослідження результатів лікування (догоспітальний і госпітальний етапи) 406 постраждалих із нестабільними ушкодженнями таза в разі політравми (НУТП) (ISS  $\geq$  17 балів), які знаходились на стаціонарному лікуванні у відділенні політравми Київської міської клінічної лікарні швидкої медичної допомоги («КМК ЛШМД»). Із них 249 (61,3 %) пацієнтів померли в різні періоди травматичної хвороби. Для встановлення напрямів покращення результатів лікування постраждалих із тяжкими поєднаними травмами таза в умовах існуючої системи надання травматологічної допомоги в Україні, на прикладі «КМК ЛШМД» сформовано дві клінічні групи. Перша (основна) — 137 (33,7 %) осіб, яким проведено диференційну тактику оперативного втручання на основі розроблених шкал оцінювання тяжкості травми, прогнозу перебігу травматичної хвороби (ТХ) залежно від її періодів, а також запропонованих сучасних методів діагностики і хірургічного лікування ушкоджень таза й інших анатомічних ділянок (АД). Друга (порівняння) — 269 (66,3 %) хворих, яким застосовували хірургічну тактику лікування згідно з «Тимчасовими галузевими уніфікованими стандартами медичних технологій діагностично-лікувального процесу стаціонарної допомоги дорослому населенню в ЛПЗ України», які затверджено наказом МОЗ України № 226 від 27 липня 1998 р.

Усі постраждалі госпіталізовані до «КМК ЛШМД» у гострому періоді ТХ (до 48 год). Для об'єктивізації отриманих даних, основна група і група порівняння були сформовані таким чином, що не відрізнялись за статтю, віком пацієнтів, видом травматизму і механізмом ушкодження, кількістю і тяжкістю ушкоджених АД, тяжкістю ураження й травматичного шока, характером ушкоджень тазового кільця і тазових органів.

Ретроспективний аналіз показав, що більше ніж у половини (51,9 %) пацієнтів із поєднаною травмою таза переломи носили нестабільний характер із перевагою ротаційно нестабільних (тип В) — 303 (74,6 %), серед яких тип ВІ склав 84,8 %. У той самий час, вертикально нестабільні ушкодження (тип С) спостерігались у 103 (25,4 %) хворих, серед яких тип СІ склав 61,2 %. Слід зазначити, що поряд із нестабільними ушкодженнями кісток таза, у 48 (11,8 %) випадках були



Таблиця 1

**Розподіл постраждалих за тяжкістю анатомічних ушкоджень  
згідно зі шкалою ISS/ATS у групах дослідження**

| Стан<br>(ISS) бали        | Тяжкість анатомічних ушкоджень (ATS),<br>бали | Група             |                      | Критерій<br>Хі-квадрат |
|---------------------------|-----------------------------------------------|-------------------|----------------------|------------------------|
|                           |                                               | основна (n = 137) | порівняння (n = 269) |                        |
| Стабільний, межовий 17–25 | Нетяжка травма ≤ 24                           | 43 (31,38 %)      | 91 (33,83 %)         | 0,245                  |
| Нестабільний 26–40        | Тяжка травма 25–41                            | 57 (41,61 %)      | 101 (37,55 %)        | 0,629                  |
| Критичний > 40            | Вкрай тяжка травма ≥ 42                       | 37 (27,01 %)      | 77 (28,62 %)         | 0,118                  |

*Примітка.* Розбіжності між показниками групи основної і порівняння статистично не достовірні ( $p > 0,05$ ).

переломи кісток кульшової западини. Поєднану травму тазових органів (сечовий міхур, уретра, пряма кишка) спостерігали в 98 (24,1 %) хворих.

Тяжкість анатомічних ушкоджень в обох групах оцінювали за розробленою нами шкалою ATS [3]. Кореляція з існуючою багатовживаною шкалою ISS — К. С. Раре та співавт. запропонували розподіл пацієнтів у групах таким чином, як у табл. 1 [2].

Загалом, у стабільному і межовому стані було 33 % постраждалих, у нестабільному — 38,9 %, критичному — 28,1 %. Більшість пацієнтів (67 %) потребувала прийняття невідкладних рішень із визначенням обсягу та послідовності операцій.

### Результати та їх обговорення

Проведене нами дослідження на догоспітальному етапі засвідчило, що середній термін доставляння постраждалого з тяжкою поєднаною травмою таза склав ( $52,1 \pm 2,6$ ) хв, коливаючись від 10 хв до 2 год 20 хв. За даними літератури [8, 10], якщо цей час більше 15–20 хв, то лише спеціалізована бригада або найкраще, аеромедична евакуація, може запобігти негативному наслідку травми. Тому час доставляння постраждалого до спеціалізованого стаціонару відіграє надважливу роль для збереження життя.

Діагностичні заходи визначалися гемодинамічною стабільністю пацієнта і в повному обсязі включали СКТ, рентгенологічні дані, УЗД (FAST протокол), у мінімальному — лише рентгенологічні (багатопроєкційні косі рентгенограми) і УЗД у скороченому варіанті зі з'ясуванням прямої кореляційної залежності об'єму і локалізації внутрішньотазової гематоми з типом нестабільності тазового кільця, що дозволило в 67,9 % випадків встановити достовірний діагноз. В екстреному порядку СКТ проводили лише в гемодинамічно стабільних пацієнтів без інотропної підтримки в разі підозри на ушкодження задніх структур таза.

У постраждалих з НУТП, під час госпіталізації в стаціонар для хірургічного гемостазу в 134 (33 %) випадках виконано екстрену зовнішню

фіксацію тазового кільця: у 75 (54,7 %) осіб основної і 59 (21,9 %) групи порівняння ( $p < 0,01$ ;  $\chi^2 = 44,195$ ). Здебільшого накладали АЗФ — передня рама в різних варіантах — 120 (89,6 %) хворих, у 14 (10,5 %) — виконано стабілізацію таза щипцями Ганца, причому в 10 (7,5 %) з них була комбінація передньої рами і щипців. Серед померлих постраждалих обох груп, екстрену зовнішню фіксацію під час надходження використано лише в 48 (19,3 %) випадках, що обумовлено як тяжкістю травми (через що проведено діагностичний процес у мінімальному обсязі), так і недостатньою організацією роботи ургентних хірургічних бригад.

У 62 (82,7 %) пацієнтів основної і 26 (44,1 %) групи порівняння стабілізація таза виконана в перші 3 год після надходження, ( $p < 0,01$ ;  $\chi^2 = 21,824$ ). У постраждалих зі стабільним, межовим або нестабільним станом відбувалося статистично достовірне ( $p < 0,05$ ) підвищення систолічного артеріального тиску (АТ) на 10–15 мм рт. ст. уже на 1–3-тю годину після виконання екстреної зовнішньої фіксації й адекватної інтенсивної терапії, у разі вкрай тяжкої травми (критичний стан), систолічний АТ знаходився на критично допустимому рівні (не нижче 90 мм рт. ст.) до 8–10 год завдяки екстреному хірургічному гемостазу.

У гемодинамічно нестабільних пацієнтів основної групи (систолічний АТ менше 90 мм рт. ст. протягом 2-х годин, не дивлячись на екстрену зовнішню фіксацію таза і виключення подальшої кровотечі в інших АД), із метою гемостазу виконано тампонаду порожнини таза — 5 (3,7 %) постраждалих. Водночас усі травми таза були типу С: в 4-х випадках проведено накладання вентральної рами і щипців Ганца, перев'язка судин (*a. iliaca interna* — 1, *a. et v. iliaca interna* — 2, *v. v. iliaca externa et interna* — 1) з екстраперитонеальною тазовою тампонадою; у 1 особи через ушкодження вен пресакрального сплетення виконано стабілізацію таза вентральною рамою, аргоно-плазмову коагуляцію зони кровотечі, тампонаду. Чотири пацієнти з п'яти померли. Деякі автори

[8, 9] вважають, що під час надання спеціалізованої хірургічної допомоги необхідно більш широко використовувати ендovasкулярні методики зупинки внутрішньотазової кровотечі (РЕБОА — реанімаційна ендovasкулярна балонна оклюзія аорти) у критичних пацієнтів зі залученням судинних хірургів, за необхідності, і за показань проводити ангіографічні дослідження. У 17–45 % таких випадків потрібно виконувати послідовну ангіографію з емболізацією судини й остаточним гемостазом, особливо в разі артеріальної кровотечі [10].

Розглядаються питання проведення малоінвазивних втручань у гострому періоді для стабільних і межових пацієнтів (ISS 17–25 балів) і в першу чергу для фіксації задніх відділів таза — черезшкірна крижово-клубова фіксація канюльованими гвинтами, черезшкірна задня мостоподібна трансклубова фіксація транспедиккулярною системою [11]. Для постраждалих у нестабільному і критичному станах (ISS — 26–40 і > 40 балів) для гострого періоду, на думку багатьох медиків, найоптимальнішими є щипці Ганца на задні структури (вертикальне зміщення половини таза), передня рама в простій модифікації або їхнє поєднання разом з екстраперитонеальною тампонадою таза [6, 7].

Залежно від локалізації і тяжкості позатазової травми нами запропоновано схеми дій хірургічної бригади в гострому періоді ТХ за тяжких і вкрай тяжких ушкоджень.

Фіксація нестабільного тазового кільця в разі тазово-черепно-мозкової травми проводилась одночасно АЗФ або щипцями Ганца (9 випадків), за тазово-торакальної — послідовно після невідкладних операцій на органах грудної клітини (ОГК) (13 осіб), за умов тазово-абдомінальної з вертикально-нестабільним тазовим кільцем (тип С) — послідовно перед втручаннями на органах черевної порожнини (ОЧП), або після проведення тампонади черевної порожнини в разі розтовчення паренхімних органів і значної крововтрати (6 пацієнтів), для ротаційно-нестабільних ушкоджень — послідовно, після невідкладних операцій на ОЧП, за тазово-скелетної травми фіксацію нестабільного тазового кільця проводили в першу чергу.

Активне впровадження удосконаленої протоколної схеми хірургічного лікування постраждалих із НУТП під час надходження з визначенням тяжкості травми, послідовності та пріоритетності хірургічних втручань, використання принципів «damage control» для нестабільних і критичних пацієнтів (ISS — 26–40, > 40 балів); впровадження протоколів дій хірургічних бригад залежно від

локалізації і тяжкості позатазової травми дозволило знизити летальність серед хворих від ТХ (до 48 год) із 77,7 до 63,9 %,  $p < 0,05$ , загальну летальність з 69,9 до 44,5 % ( $p < 0,01$ ).

Активна хірургічна тактика в II, III, IV періодах ТХ з використанням диференційного підходу дозволила збільшити кількість внутрішнього (комбінованого) металоостеосинтезу (МОС) у цій категорії постраждалих з 40,4 до 72,1 %, зменшити питому вагу консервативного лікування з 53,7 до 30,6 %.

Із метою встановлення критеріїв для вибору хірургічної тактики в осіб із НУТП у II, III, IV періодах ТХ проведено аналіз подальшого лікування 221 (54,4 %) пацієнта з обох груп — 98 (71,5 %) основної і 123 (45,7 %) — групи порівняння, які не померли в гострому періоді. Брали до уваги тяжкість травми, прогноз клінічного перебігу ТХ, тип нестабільності таза, наявність супутніх ушкоджень тазової і позатазової локалізації, методику лікування нестабільних переломів тазового кільця.

Хірургічне лікування нестабільних ушкоджень тазового кільця, а до нього відносили: АЗФ у різних модифікаціях, як кінцевий спосіб лікування, внутрішній МОС (первинний внутрішній, заміна АЗФ на внутрішню фіксацію), комбінований МОС, проведене в 68 (69,4 %) постраждалих основної і у 57 (46,3 %) — групи порівняння, ( $p < 0,01$ ;  $\chi^2 = 11,791$ ). Консервативне лікування мало місце у 30 (30,6 %) пацієнтів основної і 66 (53,7 %) — групи порівняння, що в першу чергу обумовлено як тяжкістю травми, так і пізньою діагностикою нестабільних ушкоджень таза. Характеристики методик хірургічного лікування нестабільного тазового кільця залежно від типу перелому наведено в таблиці 2.

Наш підхід до вибору способів, строків, інвазивності й обсягу операцій, направлених на корекцію ушкоджень тазового кільця в постраждалих основної групи був індивідуальним залежно від типу нестабільності таза і прогнозу клінічного перебігу ТХ.

Найоптимальнішими вважали виконання інвазивних втручань (внутрішній МОС, комбінований МОС) у ранньому та пізньому періодах ТХ до 21 доби після травми. За нашими даними, в основній групі інвазивні операції на кістках таза в 2,9 % випадків (МОС вентрального відділу таза під час втручань на тазових органах) проведені в першу добу після травми, в 51,5 % — до 21 доби після травми, в 20,6 % — в строки більше 21 доби. Для групи порівняння відмічається статистично значиме зменшення кількості інвазивних втручань в строки до 21 доби після травми — 10,5 % ( $p < 0,01$ ;  $\chi^2 = 23,584$ ), і збільшення їхньої

кількості в строки більше 21 доби до 29,8 % (різниця з основною групою статистично не значуща,  $p > 0,05$ ;  $\chi^2 = 1,418$ ). Розгорнутий аналіз термінів проведення операційних втручань залежно від типу перелому кісток таза в групах дослідження наведено в таблицях 3, 4.

Для аналізу функціональних результатів лікування використовували шкалу S. A. Majeed [1]. Застосу-

вання лише консервативного методу за нестабільних ушкоджень таза призводить до незадовільних результатів у 35–66,7 % або до незадовільних і задовільних разом у 72,8–85 % [5]. Аналіз функціональних результатів лікування постраждалих із НУТП проведено в 121 (77,1 %) пацієнта зі 157, які вижили і яким виконували як хірургічну корекцію, так і консервативне лікування нестабільного тазового кільця.

Таблиця 2

**Методики хірургічного лікування нестабільного тазового кільця залежно від типу перелому в II, III, IV періодах ТХ**

| Операція                 | Група            |             |                      |            | Усього      |
|--------------------------|------------------|-------------|----------------------|------------|-------------|
|                          | основна (n = 98) |             | порівняння (n = 123) |            |             |
|                          | тип В            | тип С       | тип В                | тип С      |             |
| АЗФ, як кінцевий варіант | 16 (32 %)        | 3 (16,7 %)  | 29 (59,2 %)          | 5 (62,5 %) | 53 (42,4 %) |
| Заміна МОС               | 17 (34 %)        | 9 (50 %)    | 8 (16,4 %)           | 3 (37,5 %) | 37 (29,6 %) |
| Первинний внутрішній МОС | 14 (28 %)        | 4 (22,2 %)  | 6 (12,2 %)           | —          | 24 (19,2 %) |
| Комбінований МОС         | 3 (6 %)          | 2 (11,1 %)  | 6 (12,2 %)           | —          | 11 (8,8 %)  |
| Разом                    | 50 (51 %)        | 18 (18,4 %) | 49 (39,8 %)          | 8 (6,5%)   | 125 (100 %) |

*Примітки:* n — кількість пацієнтів, які вижили в гострому періоді ТХ; різниця між показниками статистично значуща: для ушкоджень типу В —  $p < 0,01$ ;  $\chi^2 = 7,605$ ; С —  $p < 0,05$ ;  $\chi^2 = 6,286$ .

Таблиця 3

**Терміни виконання хірургічних втручань за нестабільних ушкоджень тазового кільця типу В у постраждалих у групах дослідження**

| Спосіб                   | Група            |             |                     |              | Усього       |
|--------------------------|------------------|-------------|---------------------|--------------|--------------|
|                          | основна (n = 50) |             | порівняння (n = 49) |              |              |
|                          | 3–21 доба        | > 21 доби   | 3–21 доба           | > 21 доби    |              |
| Заміна МОС               | 12 (48,0 %)      | 5 (55,56 %) | 2 (4,08 %)          | 6 (12,24 %)  | 25 (46,30 %) |
| Первинний внутрішній МОС | 10 (40,0 %)      | 4 (44,44 %) | 2 (4,08 %)          | 4 (8,16 %)   | 20 (37,04 %) |
| Комбінований МОС         | 3(12,0 %)        | —           | 2 (4,08 %)          | 4 (8,16 %)   | 9 (16,67 %)  |
| Разом                    | 25 (50,0 %)      | 9 (18,0 %)  | 6 (12,24 %)         | 14 (28,57 %) | 54 (100 %)   |

*Примітки:* різниця між показниками основної групи і групи порівняння статистично значуща: заміна МОС —  $p < 0,05$ ;  $\chi^2 = 4,588$ ; за загальною кількістю (заміна МОС + первинний внутрішній МОС + комбінований МОС) —  $p < 0,01$ ;  $\chi^2 = 7,436$ ; статистично не значима: первинний внутрішній МОС —  $p > 0,05$ ;  $\chi^2 = 2,540$ ; комбінований МОС —  $p > 0,05$ ;  $\chi^2 = 3,600$ .

Таблиця 4

**Терміни виконання хірургічних втручань за нестабільних ушкоджень тазового кільця типу С у постраждалих у групах дослідження**

| Спосіб                   | Група            |             |                    |             | Усього       |
|--------------------------|------------------|-------------|--------------------|-------------|--------------|
|                          | основна (n = 18) |             | порівняння (n = 8) |             |              |
|                          | 3–21 доба        | > 21 доби   | 3–21 доба          | > 21 доби   |              |
| Заміна МОС               | 4 (22,22 %)      | 5 (27,78 %) | —                  | 3 (37,50 %) | 12 (66,67 %) |
| Первинний внутрішній МОС | 4 (22,22 %)      | —           | —                  | —           | 4 (22,22 %)  |
| Комбінований МОС         | 2 (11,11 %)      | —           | —                  | —           | 2 (11,11 %)  |
| Разом                    | 10 (55,55 %)     | 5 (27,78 %) | —                  | 3 (37,50 %) | 18 (100 %)   |

*Примітки:* різниця між показниками основної групи і групи порівняння статистично значуща: заміна МОС —  $p < 0,05$ ;  $\chi^2 = 4,588$ ; за загальною кількістю (заміна МОС + первинний внутрішній МОС + комбінований МОС) —  $p < 0,01$ ;  $\chi^2 = 7,436$ .

За ротаційно-нестабільних переломів (тип В) через 6 міс. після травми майже в 2 рази збільшилась кількість відмінних і добрих результатів — з 37,2 до 78,1 %,  $p < 0,01$ ;  $\chi^2 = 14,294$ ; у 3 рази зменшились незадовільні через 12, 18 міс. після травми — з 25,6 до 7,3 %,  $p < 0,05$ ;  $\chi^2 = 14,294$  за такий рахунок:

- зростання кількості внутрішнього МОС разом із комбінованим по відношенню до зовнішнього МОС АЗФ із 27,9 до 58,5 %,  $p < 0,05$ ;  $\chi^2 = 4,253$ ;

- збільшення операцій на кістках таза, виконаних на 3–21 добу після травми з урахуванням її тяжкості і супутніх ушкоджень позатазової локалізації з 33,3 до 83,3 %,  $p < 0,01$ ;  $\chi^2 = 9,000$ ;

- зменшення консервативних методик лікування з 37,2 до 17,1 %,  $p < 0,05$ ;  $\chi^2 = 4,280$ ;

- у разі кінцевого лікування зовнішнім МОС, проведення перемонтажу АЗФ з його модифікацією для закритої репозиції ушкоджень таза з 20 до 80 %.

У разі вертикально-нестабільних ушкоджень (тип С) через 6 міс. після травми не виявлено статистично значущої різниці у функціональних результатах лікування, через 12 (18) міс. — збільшилась кількість добрих результатів з 10,5 до 44,4 % (50 %),  $p < 0,05$ ;  $\chi^2 = 5,392$  ( $p < 0,01$ ;  $\chi^2 = 6,894$ ) і зменшились незадовільні з 47,4 (42,1 %) до 11,1 %,  $p < 0,05$ ;  $\chi^2 = 5,816$  ( $\chi^2 = 4,502$ ). Усі ці зміни вдалося досягнути за рахунок:

- збільшення частки внутрішнього МОС разом із комбінованим по відношенню до зовнішнього МОС в 2,5 рази ( $p < 0,05$ ;  $\chi^2 = 4,500$ );

- проведення більшості операцій (80 %) на 3–21 добу після травми ( $p < 0,05$ ;  $\chi^2 = 4,800$ );

- зменшення консервативних методик лікування з 68,4 до 33,3 % ( $p < 0,05$ ;  $\chi^2 = 4,555$ ).

Здійснений аналіз висновків судово-медичних експертиз 249 постраждалих із НУТП, які померли, показав, що в основній групі загальна летальність складала 61 (44,5 %) випадок, у групі порівняння — 188 (69,9 %). Серед осіб із НУТП, які померли в обох групах не виявлено статистично значущої різниці як за кількістю ушкоджених АД, так і за типами нестабільності тазового кільця, що дає підстави вважати тяжкість анатомічних ушкоджень під час надходження головним об'єктивним критерієм для вибору правильної прогнозованої диференційної хірургічної тактики лікування ушкоджень як тазової, так і позатазової локалізації. Загалом, у 149 (59,8 %) постраждалих, які померли, травми інших АД, як правило, носили конкуруючий, а іноді і домінуючий характер, у інших 100 (40,2 %) — травма таза була домінуючою і саме вона відіграла провідну роль у танатогенезі.

Згідно з одержаними даними, у разі нетяжкої травми ( $ATS \leq 24$  бали) в основній групі летальність складала 25,6 на противагу 49,5 % в групі порівняння ( $p < 0,01$ ;  $\chi^2 = 6,839$ ); для тяжкої травми ( $ATS = 25–41$  бал) вона значно збільшилась, в основній групі становила 50,9, порівняння — 83,2 % ( $p < 0,01$ ;  $\chi^2 = 21,995$ ); за вкрай тяжкої травми ( $ATS \geq 42$  балів) залишилась на високому рівні в обох групах дослідження, в основній — 56,8, у групі порівняння — 76,6 %,  $p < 0,05$ ;  $\chi^2 = 4,713$ , що вказує на ефективність запропонованої нами диференційної хірургічної тактики лікування постраждалих із НУТП.

Найбільша кількість померлих припадала саме на гострий період ТХ — 185 (74,3 %) постраждалих, в основній 63,9, у групі порівняння — 77,7 % ( $p < 0,05$ ;  $\chi^2 = 4,543$ ). Головні причини — травматичний шок і крововтрата. У ранньому періоді ТХ від ускладнень (наростаючої поліорганної недостатності) померло 21,4 % пацієнтів. Аналіз отриманих результатів відповідає літературним джерелам [9, 10], де загальна летальність у гострому періоді ТХ складала 63,6 %, із них протягом перших 3-х діб — 22,7 %.

Необхідно зазначити, що у 72 (28,9 %) випадках висновок судово-медичної експертизи не співпадав із остаточним діагнозом у визначенні тяжкості ушкодження тазового кільця в бік його спрощення, що значно впливало на якість надання травматологічної допомоги. Найбільша кількість неспівпадінь за добової летальності — 45 (39,5 %) випадків (в основній групі 33,3 проти 40,9 % в групі порівняння,  $p > 0,05$ ;  $\chi^2 = 0,406$ ), у разі летального наслідку на 2–7 добу — відповідно 8,6 і 25,9 %,  $p < 0,05$ ;  $\chi^2 = 4,486$ , що пов'язане з точнішою діагностикою ушкоджень таза, у строки летальності більше 7 діб в основній групі взагалі не було неспівпадінь із висновками судово-медичної експертизи.

## Висновки

Термін доставлення постраждалого з тяжкою поєднаною травмою таза до спеціалізованого травматологічного відділення має вирішальне значення на догоспітальному етапі для збереження життя пацієнта.

Схема променевої діагностики нестабільних ушкоджень таза в тяжких і вкрай тяжких постраждалих із гемодинамічною нестабільністю, яка включає рентгенографію таза в багатопроєкційних косих проєкціях з УЗД у скороченому варіанті з встановленням прямої кореляційної залежності обсягу та локалізації внутрішньотазової гематоми з типом нестабільності тазового кільця дозволила в 67,9 % випадків встановити достовірний діагноз.



Тактика операційних втручань у разі ушкоджень позатазової локалізації, нестабільних переломів таза, травм тазових органів у гострому періоді травматичної хвороби повинна ґрунтуватися на невідкладних показаннях, із дотриманням принципів «damage control», направлених у першу чергу на зупинку внутрішньотазової кровотечі (АЗФ, РЕБОА, тампонада таза, ангіографія з емболізацією), можливістю проведення одномоментної або послідовної екстреної зовнішньої фіксації тазового кільця.

Активна хірургічна тактика в ранньому та пізньому періодах травматичної хвороби з використанням диференційного підходу дозволила збільшити кількість внутрішнього (комбінованого) МОС нестабільних ушкоджень таза з 40,4 до 72,1 %, зменшити питому вагу консервативного лікування з 53,7 до 30,6 %.

Упровадження в практику удосконаленої схеми лікування пацієнтів із політравмою і нестабільними ушкодженнями таза під час госпіталізації з використанням протокольних дій хірургічних бригад залежно від тяжкості і локалізації позатазової травми, застосування диференційної хірургічної тактики дозволило достовірно знизити як летальність у гострому періоді травматичної хвороби (до 48 годин) з 77,7 до 63,9 %, так і загальну летальність з 69,9 до 44,5 %.

**Конфлікт інтересів.** Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

**Перспективи подальших досліджень.** Запропонована тактика хірургічного лікування нестабільних ушкоджень тазового кільця залежно від періодів травматичної хвороби може бути впроваджена в роботу травматологічних відділень України з оцінюванням її ефективності та визначення подальших кроків для зменшення летальності і покращення функціональних результатів лікування.

**Інформація про фінансування.** Жодних вигод у будь-якій формі не було і не буде отримано від виробників пристроїв, які було залучено до нашого дослідження.

**Внесок авторів.** Бурлука В. В. — обґрунтував доцільність дослідження, розробив його методику, провів дослідження, проаналізував результати, написав 80 % тексту

статті; Дорош В. М. — приймав участь в аналізі результатів дослідження та в формулюванні і написанні висновків роботи, сформував список літературних джерел.

## Список літератури

1. Majeed, S. (1989). Grading the outcome of pelvic fractures. *The journal of bone and joint surgery. British volume*, 71-B(2), 304–306. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.71b2.2925751>
2. Pape, H., Giannoudis, P. V., Krettek, C., & Trentz, O. (2005). Timing of fixation of major fractures in blunt Polytrauma. *Journal of orthopaedic trauma*, 19(8), 551–562. <https://www.doi.org/10.1097/01.bot.0000161712.87129.80>
3. Zarutsky, Ya. L., Denysenko, V. M., Zhovtonozhko, O. I., ... & Burluka, V. V. (2011). Method of anatomical assessment of polytrauma. Patent for utility model № 61359, Ukraine (in Ukrainian)
4. Ankin, N., Burluka, V., Maksymenko, M., & Pastushkov, A. (2014). Analysis of the causes of lethal outcomes among victims with unstable pelvic injuries in polytrauma. *Trauma*, 15(2), 78–81. <https://www.doi.org/10.22141/1608-1706.2.15.2014.81369>
5. Tile, M., Helfet, D. L., & Kellam, J. F. (2015). Fractures of the pelvis and acetabulum. Fractures of the Pelvis and Acetabulum. <https://www.doi.org/10.1055/b-0035-121619>
6. Chiara, O., Di Fratta, E., Mariani, A., Michaela, B., Prestini, L., Sammartano, F., & Cimbanassi, S. (2016). Efficacy of extra-peritoneal pelvic packing in hemodynamically unstable pelvic fractures, a propensity score analysis. *World journal of emergency surgery*, 11(1). <https://www.doi.org/10.1186/s13017-016-0077-2>
7. Burlew, C. C., Moore, E. E., Stahel, P. F., Geddes, A. E., Wagenaar, A. E., Pieracci, F. M., ... & Mauffrey, C. (2017). Preperitoneal pelvic packing reduces mortality in patients with life-threatening hemorrhage due to unstable pelvic fractures. *Journal of trauma and acute care surgery*, 82(2), 233–242. <https://www.doi.org/10.1097/ta.0000000000001324>
8. Tesoriero, R. B., Bruns, B. R., Narayan, M., Dubose, J., Guliani, S. S., Brenner, M. L., ... & Scalea, T. M. (2017). Angiographic embolization for hemorrhage following pelvic fracture. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 82(1), 18–26. <https://www.doi.org/10.1097/ta.0000000000001259>
9. Tang, J., Shi, Z., Hu, J., Wu, H., Yang, C., Le, G., & Zhao, J. (2019). Optimal sequence of surgical procedures for hemodynamically unstable patients with pelvic fracture: A network meta-analysis. *The American journal of emergency medicine*, 37(4), 571–578. <https://www.doi.org/10.1016/j.ajem.2018.06.027>
10. Incagnoli, P., Puidupin, A., Ausset, S., Beregi, J. P., Bessereau, J., Bobbia, X., ... & Kipnis, E. (2019). Early management of severe pelvic injury (first 24 hours). *Anaesthesia critical care & pain medicine*, 38(2), 199–207. <https://www.doi.org/10.1016/j.accpm.2018.12.003>
11. Chung, H. J., Kim, D. S., Kwon, H. Y., Bae, K. S., & Park, J. (2021). Risk factors for mortality associated with pelvic fractures at a level I trauma center. *Orthopedics*, 44(6). <https://www.doi.org/10.3928/01477447-20211001-17>

|                                           |                                           |                                 |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------|
| Стаття надійшла до редакції<br>13.03.2025 | Отримано після рецензування<br>01.05.2025 | Прийнято до друку<br>05.05.2025 |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------|

## WAYS TO IMPROVE THE RESULTS OF TREATMENT OF SEVERE COMBINED PELVIC INJURIES IN MODERN CONDITIONS

V. V. Burluka <sup>1</sup>, V. M. Dorosh <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ukrainian military medical academy, Kyiv

<sup>2</sup> CNE «Kyiv City Clinical Emergency Medical Hospital». Ukraine

✉ Volodimir Burluka, MD, DMSci, Prof.: byrvv66@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-0866-4357>

✉ Viktor Dorosh: viktorMD@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0002-8394-9160>

УДК 616.727.2-001.1-002:616.74-007.23](045)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872025212-16>

## Вплив термінів із моменту травми на прогресування ротаторної артропатії плечового суглоба (ретроспективне дослідження)

С. В. Богдан

ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України», Київ

*Rotator cuff disease is a disease of the shoulder joint, which is characterized by insufficient function of the rotator cuff of the shoulder, degenerative changes in the joint capsule and migration (displacement) of the humeral head. The objective of the study is to investigate the influence of time since injury on the progression of rotator cuff arthropathy of the shoulder joint. Materials and methods. We included 91 patients in the study who, at the time of examination, had rotator cuff arthropathy of varying degrees. The age of the patients ranged from 35 to 80 years. The average age was  $(48.2 \pm 19.8)$  years. The inclusion criteria for the study were as follows: the presence of rotator cuff arthropathy of any degree, clear indication to the patient of the time since the injury, the presence of an MRI scan with a magnetic field strength of 1.5 Tsl, age 35 to 80 years, the absence of concomitant pathology of the shoulder (homarthrosis, calcifying tendinitis and any bone pathology of the proximal epimetaphysis of the humerus). The degree of rotator cuff arthropathy, damage to the soft tissue structures of the shoulder joint, and the time from injury to the patient's visit were determined. Results. The vast majority of patients had stage 2 rotator cuff arthropathy — 60.4 %, a slightly smaller number of patients had stage 1. rotator arthropathy — 23.1 %, patients with 3–5<sup>th</sup> degree. rotator arthropathy was significantly less — a total of 16.5 %. With an increase in the average terms from the moment of injury, the degree of rotator arthropathy increases. For the development of rotator arthropathy of the 1<sup>st</sup> degree, an average term of  $(5.16 \pm 1.54)$  months after injury is required, while for the development of rotator arthropathy of the 4<sup>th</sup> degree, an average term of  $(11.25 \pm 4.6)$  months after injury is required. Conclusions. There is a weak ( $r = 0.31$ ;  $p = 0.051$ ), but significant dependence of the influence of the term from the moment of injury on the degree of rotator arthropathy. Thus, with an increase in the terms from the moment of injury, the degree of rotator arthropathy of the shoulder joint may also increase. Keywords. Shoulder joint, rotator cuff of the shoulder, rotator arthropathy.*

Ротаторна артропатія — це захворювання плечового суглоба, яке характеризується недостатньою функцією ротаторної манжети плеча, дегенеративними змінами плечового суглоба і міграцією (зміщенням) головки плеча. Мета. Дослідити вплив термінів із моменту травми на прогресування ротаторної артропатії плечового суглоба. Методи. До дослідження включили 91 хворого, які на момент огляду мали діагноз «ротаторна артропатія плечового суглоба» різного ступеня. Вік пацієнтів складав від 35 до 80 років, середній  $(48,2 \pm 19,8)$  року. Критерії включення до дослідження були наступними: наявність ротаторної артропатії ПС будь-якого ступеня, чітке вказання хворим термінів із моменту травми, наявність МРТ-дослідження з силою магнітного поля 1,5 Тсл, вік 35 до 80 років, відсутність супутньої патології ПС (омартроз, кальцинуючий тендиніт та будь-яка кісткова патологія проксимального епіметафізу плечової кістки. Визначали ступінь ротаторної артропатії, ушкодження м'якотканинних структур плечового суглоба, термін від травми до звернення пацієнта. Результати. Переважна більшість хворих мали 2 ст. ротаторної артропатії — 60,4 %, дещо менша кількість пацієнтів із 1 ст. — 23,1 %, осіб із 3–5 ст. було значно менше — сумарно 16,5 %. Зі збільшенням середніх термінів від моменту травми зростає ступінь ротаторної артропатії, для розвитку 1-го ступеня необхідні середні терміни  $(5,16 \pm 1,54)$  міс. після травми, тоді як для 4-го —  $(11,25 \pm 4,6)$  міс. Висновки. Існує слабка ( $r = 0,31$ ;  $p = 0,051$ ), але достовірна залежність впливу терміну з моменту травми на ступінь ротаторної артропатії. Отже, зі збільшенням часу із моменту травми може зростати й ступінь ротаторної артропатії плечового суглоба. Дане дослідження потребує продовження для визначення тенденцій прогресування ротаторної артропатії та більш точної статистичної обробки даних хворих з 3–5 ст. захворювання.

**Ключові слова.** Плечовий суглоб, ротаторна манжета плеча, ротаторна артропатія

## Вступ

Артропатія плечового суглоба (ПС) — це стан суглоба, який характеризується недостатньою функцією ротаторної манжети плеча (РМП) через або внаслідок її ушкодження, дегенеративними змінами ПС і міграцією (зміщенням) головки плеча [1–4]. Артропатія ПС в англійській літературі зустрічається частіше як словосполучення «rotator cuff tear arthropathy» або «cuff tear arthropathy», в україномовній літературі досить часто вживається вираз «ротаторна артропатія», який ми надалі й використовуємо. Сухожилки РМП відіграють вирішальну роль у динамічній стабілізації природно-нестабільного ПС [1]. Порушення цієї динамічної стабілізації з будь-якої причини призводить до розвитку дегенеративних змін у суглобі, так званої ротаторної артропатії.

Етіологія та фактори, які впливають на прогресування ротаторної артропатії ПС, залишаються малодослідженими. Із літературних джерел відомо, що лише у 4 % хворих із ушкодженням сухожилків РМП розвивається ротаторна артропатія [1–4]. Звичайно, за масивних розривів сухожилків РМП цей відсоток збільшується і сягає 50 і більше, та далеко не кожен масивний розрив сухожилків РМП призводить до ротаторної артропатії, а тим більше до її прогресування [5–7].

За деякими даними, терміни ушкодження РМП мають вплив на прогресування ротаторної артропатії [8–10]. Проте, на практиці ми часто зустрічаємо хворих з ознаками ротаторної артропатії без суттєвих змін протягом кількох місяців.

Публікацій стосовно впливу термінів захворювання на прогресування ротаторної артропатії дуже мало. Саме тому більшість лікарів-практиків нехтують можливістю прогресування ротаторної артропатії, що спричинює пізнє звернення хворих, коли єдиним можливим варіантом хірургічного лікування є реверсивне протезування ПС.

**Мета:** дослідити вплив термінів із моменту травми на прогресування ротаторної артропатії плечового суглоба.

## Матеріал і методи

Із 2014 по 2024 роки на базі клініки реконструктивно-відновної хірургії верхньої кінцівки ДУ «Національний інститут травматології та ортопедії НАМН України» (м. Київ) проведено лікування 1 094 хворих із різноманітними розривами сухожилків РМП. Із них у 433 пацієнтів був розрив сухожилка надостового м'яза (частковий чи повний), у 402 — ушкодження сухожилка

надостового м'яза в комбінації з частковими розривами сухожилків підлопаткового (298 осіб) та підостового м'язів (104 випадки). У 259 хворих ми спостерігали масивні розриви сухожилків РМП (повношарові розриви 2-х і більше).

До дослідження ми включили 91 хворого, які на момент огляду мали ротаторну артропатію ПС різного ступеня. Вік пацієнтів складав від 35 до 80 років. Середній вік становив  $(48,2 \pm 19,8)$  року. У табл. 1 наведено розподіл групи дослідження за віком та статтю.

Усі хворі були обстежені до початку лікування клінічно, рентгенологічно. Виконано рентгенографію ПС у прямій проекції (рис. 1) для визначення ступеня ротаторної артропатії за Namada [1, 7]. Нормальною величиною акроміально-плечового інтервалу вважали 8–12 мм [11–13]. Також усім пацієнтам здійснено МРТ-дослідження анатомічних структур ПС, у тому числі сухожилків і м'язів РМП у режимах: T1, T2, Pd та Pdfatsat. Визначали ступінь ротаторної артропатії, ушкодження м'якотканинних структур ПС, термін від травми до звернення.

Критерії включення до дослідження були наступними: наявність ротаторної артропатії ПС будь-якого ступеня, чітке вказання хворим термінів із моменту травми, наявність МРТ-дослідження з силою магнітного поля 1,5 Тсл, вік від 35 до 80 років, відсутність супутньої патології ПС (омартроз, кальцинуючий тендиніт та будь-яка кісткова патологія проксимального епіметафізу плечової кістки).

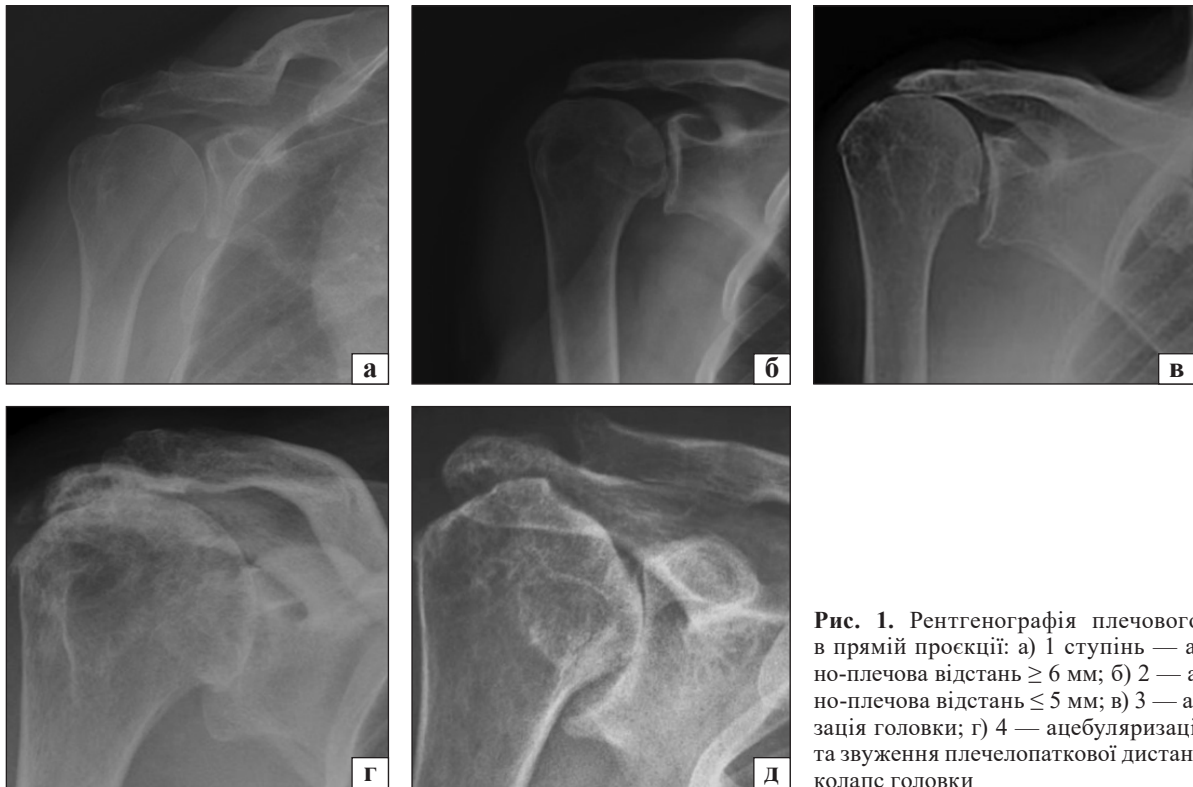
Статистична обробка даних проводилася за допомогою пакета STATISTICA 12,0 by StatSoft, Inc. of USA (ліцензія № ALXR712D833252FAN3). Застосовували методи описової статистики, дані наводили у вигляді середнього вибіркового і його стандартного відхилення ( $M \pm SD$ ) за умов нормального розподілу й у вигляді медіани і квартилів ( $Me [25Q-75Q]$ ) у разі розподілу, відмінного від нормального.

Таблиця 1

Розподіл групи дослідження за віком та статтю

| Вік (років) | Стать, (%) |        | p*    |
|-------------|------------|--------|-------|
|             | чоловіча   | жіноча |       |
| 35–45       | 0          | 4      | —     |
| 46–60       | 10         | 24     | 0,084 |
| 61–80       | 14         | 39     | 0,033 |
| Усього      | 24         | 67     | 0,026 |

Примітка. \* — критерій Манна-Уїтні.



**Рис. 1.** Рентгенографія плечового суглоба в прямій проекції: а) 1 ступінь — акроміально-плечова відстань  $\geq 6$  мм; б) 2 — акроміально-плечова відстань  $\leq 5$  мм; в) 3 — ацебуляризація головки; г) 4 — ацебуляризація головки та звуження плечелопаткової дистанції; д) 5 — колапс головки

Для порівняння результатів використовували критерій Стюдента (для двох груп за умов нормального розподілу показників) і критерії Манна-Уїтні (для двох або більше груп під час аналізу показників, які демонстрували розподіл, відмінний від нормального). Відмінності розподілу двох вибірок оцінювали за допомогою критерію  $\chi^2$ . Кількісні дані подані у вигляді  $n$  (%). Розрахунок ( $M \pm SD$ ) за умов непараметричного розподілу значень використовували для порівняння отриманих нами результатів. Відмінності між показниками вважали вірогідними за умови  $p < 0,05$ .

## Результати

У табл. 2 показано розподіл хворих за ступенем ротаторної артропатії згідно з рентгенографічним дослідженням. Переважна більшість пацієнтів мали 2 ст. — 60,4 %, децю менша кількість мали 1 ст. — 23,1 %, із 3–5 ст. значно менше — сумарно 16,5 %.

У табл. 3 показано середні терміни від травми до моменту встановлення діагнозу для кожного зі ступенів ротаторної артропатії. Зі збільшенням середніх термінів від моменту травми зростає ступінь ротаторної артропатії. Для розвитку 1 ст. необхідні середні терміни ( $5,16 \pm 1,54$ ) міс. після травми, тоді як для 4 ст. — ( $11,25 \pm 4,6$ ) міс. Проте ця тенденція прослідковується не в усіх випадках.

**Таблиця 2**  
**Розподіл хворих за ступенем ротаторної артропатії згідно з рентгенографічним дослідженням**

| Ступінь ротаторної артропатії | Кількість хворих, (%) |
|-------------------------------|-----------------------|
| 1                             | 21 (23,1)             |
| 2                             | 55 (60,4)             |
| 3                             | 8 (8,8)               |
| 4                             | 4 (4,4)               |
| 5                             | 3 (3,3)               |

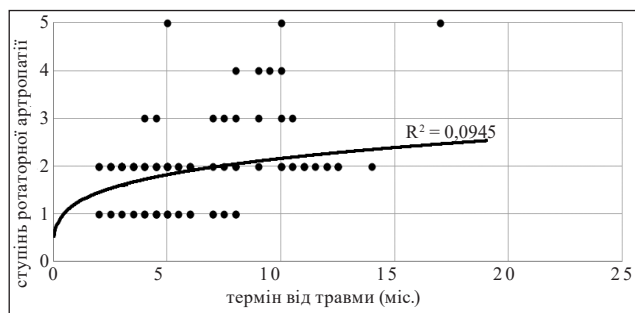
**Таблиця 3**  
**Середні терміни від травми до моменту встановлення діагнозу для кожного зі ступенів ротаторної артропатії**

| Ступінь | Середній термін захворювання, (міс.) |
|---------|--------------------------------------|
| 1       | $5,01 \pm 1,71$                      |
| 2       | $6,35 \pm 3,5$                       |
| 3       | $7,56 \pm 2,37$                      |
| 4       | $11,25 \pm 4,6$                      |
| 5       | $10,70 \pm 6,03$                     |

**Примітки:** Результати подано у вигляді ( $M \pm SD$ ); де  $M$  — середнє значення показника в групі,  $SD$  — стандартне відхилення.

Середні показники розвитку ротаторної артропатії 5 ст. можуть з'явитися раніше ніж 4 ст. Напевно, це пов'язано з впливом інших чинників, які нам необхідно буде дослідити.





**Рис. 2.** Вплив терміну з моменту травми на ступінь ротаторної артропатії плечового суглоба

Для уточнення впливу термінів із моменту травми на ступінь ротаторної артропатії ми провели кореляційний аналіз, ураховуючи показники кожного хворого (рис. 2).

Як бачимо з рис. 2, існує слабка ( $r = 0,31$ ;  $p = 0,051$ ), але достовірна залежність впливу терміну з моменту травми на ступінь ротаторної артропатії. Отже, зі збільшенням часу із моменту травми може зростати і ступінь ротаторної артропатії.

## Обговорення

У літературі дуже широко обговорюється вплив термінів із моменту травми на прогресування розриву сухожилків РМП [11, 14–16]. Більшість авторів зазначають, що стабільні розриви сухожилків РМП не зростають із часом, прогресуючі — мають тенденцію до збільшення. Водночас число прогресуючих розривів суттєво більше, ніж число стабільних [13–16]. Підсумовуючи зазначимо, що ми можемо спостерігати масивні розриви сухожилків РМП навіть без їхнього травматичного ушкодження.

У роботі А. Bedi та співавт. розподіляють розриви сухожилків РМП на ті, що мають больовий синдром та так звані безсимптомні. Проведене авторами дослідження за допомогою УЗД апарата показало, що у 49 % хворих із безсимптомним перебігом захворювання величина розриву збільшується на 5 мм і більше в середні терміни 2,8 року. У 46 % пацієнтів, які мали безсимптомний перебіг захворювання, з'являється больовий синдром у середні терміни 2,6 року. Ризики збільшення повношарових розривів сухожилків РМП були суттєво більшими ніж часткових розривів і становили через 2, 5 і 8 років 26, 58 і 80 % відповідно [16]. У цьому дослідженні автори виділили ризики для прогресування розриву сухожилків РМП, серед них: вік хворого, час від встановлення діагнозу, характер ушкодження сухожилків (повношаровий чи частковий розрив), локалізація розриву.

Дещо схоже дослідження проведено С. А. Kwong та співавт., у якому вони виявили великий масив пацієнтів із прогресуванням повношарових розривів сухожилків РМП у терміни 3 роки і більше та рекомендували проводити артроскопічний шов сухожилків РМП із метою запобігання прогресуванню ушкоджень [17]. Дослідженню факторів, які впливають на прогресування розривів сухожилків РМП автори не приділили достатньої уваги.

Публікації щодо прогресування саме артропатії ПС і чинників, які на це впливають дуже мало. Це, насамперед, пов'язано з тим, що хворі під час звернення мають виражений больовий синдром, контрактуру ПС і потребують лікування, яке переважно є хірургічним. Тому здебільшого літературні джерела стосуються реверсивного протезування ПС, яке є найбільш ефективним під час лікування цієї групи пацієнтів [11, 14]. Ураховуючи неможливість тривалого спостереження за хворими, оптимальними у цих випадках є методи статистичного аналізу.

Отримані нами результати дослідження показують, що терміни з моменту травми незначно впливають на прогресування ротаторної артропатії ПС. Можливо це пов'язано з невеликим часом спостереження (до 2-х років), а може й через інші фактори: величина розриву сухожилків РМП, наявність ушкодження чи медіальної дислокації сухожилка довгої головки біцепса.

У роботі R. Furuhashi та співавт. проаналізовано зміщення головки плеча на  $21^\circ$  ПС, яке виявило, що розриви сухожилків підостового м'яза та довгої головки біцепса відіграють основну роль в міграції головки плеча краніально, а в разі ушкодження підлопаткового м'яза та довгої головки біцепса відбувається зменшення відстані між плечем і лопаткою, тобто суглобового хряща ПС [18].

Перспективним напрямом нашого дослідження вважаємо вивчення таких чинників: вік, стать, комбінація та величина розриву сухожилків РМП та інших структур ПС на прогресування ротаторної артропатії.

## Висновки

Існує слабка ( $r = 0,31$ ;  $p = 0,051$ ), але достовірна залежність впливу терміну з моменту травми на ступінь ротаторної артропатії.

Зі збільшенням термінів із моменту травми може зростати і ступінь ротаторної артропатії ПС.

Дане дослідження потребує продовження для визначення тенденцій прогресування ротаторної

артропатії та більш точної статистичної обробки даних хворих із 3–5 ст. цього захворювання.

**Конфлікт інтересів.** Автор декларує відсутність конфлікту інтересів.

**Перспективи подальших досліджень.** Перспективним напрямом нашого дослідження ми вважаємо дослідження інших факторів, таких як вік, стать, комбінація та величина розриву сухожильків РМП та інших структур ПС на прогресування ротаторної артропатії. Окрім того, необхідно продовжити дослідження хворих з 3, 4, 5 ст ротаторної артропатії для збільшення статистичної значущості нашого дослідження.

**Інформація про фінансування.** Жодних вигід у будь-якій формі отримано не буде.

**Внесок автора.** Богдан С. В. — збирання й обробка матеріалів, аналіз отриманих даних, написання тексту.

## Список літератури

- Matsen, F. A., Cordasco, F. A., Sperling, J. W., & Lippitt, S. B. (2022). Rockwood and Matsen's the shoulder E-book: Rockwood and Matsen's the shoulder E-book. Elsevier Health Sciences.
- Chalmers, P. N., Salazar, D. H., Steger-May, K., Chamberlain, A. M., Stobbs-Cucchi, G., ..., & Yamaguchi K. (2016). Radiographic progression of arthritic changes in shoulders with degenerative rotator cuff tears. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 25(11), 1749–1755. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2016.07.022>.
- Larsen, J. B., Østergaard, H. K., Thillemann, T. M., Falstie-Jensen, T., Reimer, L. C., Noe, S., Jensen, S. L., & Mechlenburg, I. (2022). Are progressive shoulder exercises feasible in patients with glenohumeral osteoarthritis or rotator cuff tear arthropathy? *Pilot and feasibility studies*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40814-022-01127-8>
- Mizuki, Y., Tamai, M., Senjyu, T., & Takagishi, K. (2022). Arthroscopic extreme Medialized repair for massive rotator cuff tear: Resection of cartilage and Subchondral bone over the top of the humeral head. *Arthroscopy techniques*, 11(6), e965–e970. <https://doi.org/10.1016/j.eats.2022.01.017>
- Clifford, A. L., Hurley, E., Anakwenze, O., & Klifto, C. S. (2024). Rotator cuff arthropathy: A comprehensive review. *Journal of hand surgery global online*, 6(4), 458–462. <https://doi.org/10.1016/j.jhsg.2023.12.014>
- Thacher, R. R., Heaps, B. R., & Dines, J. S. (2020). Superior capsule reconstruction: A glimpse into the future? *HSS Journal®: The Musculoskeletal journal of hospital for special surgery*, 16(2 suppl), 503–506. <https://doi.org/10.1007/s11420-020-09796-y>
- Brolin, T. J., Updegrave, G. F., & Horneff, J. G. (2017). Classifications in brief: Hamada classification of massive rotator cuff tears. *Clinical orthopaedics & related research*, 475(11), 2819–2823. <https://doi.org/10.1007/s11999-017-5340-7>
- Stanborough, R. O., Bestic, J. M., & Peterson, J. J. (2022). Shoulder osteoarthritis. *Radiologic clinics of North America*, 60(4), 593–603. <https://doi.org/10.1016/j.rcl.2022.03.003>
- Eajazi, A., Kussman, S., LeBedis, C., Guermazi, A., Kom-pel, A., Jawa, A., & Murakami, A. M. (2015). Rotator cuff tear arthropathy: Pathophysiology, imaging characteristics, and treatment options. *American journal of roentgenology*, 205(5), W502–W511. <https://doi.org/10.2214/ajr.14.13815>
- Naunton, J., Street, G., Littlewood, C., Haines, T., & Malliaras, P. (2020). Effectiveness of progressive and resisted and non-progressive or non-resisted exercise in rotator cuff related shoulder pain: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Clinical rehabilitation*, 34(9), 1198–1216. <https://doi.org/10.1177/0269215520934147>
- Cvetanovich, G. L., Waterman, B. R., Verma, N. N., & Romeo, A. A. (2019). Management of the irreparable rotator cuff tear. *Journal of the American academy of orthopaedic surgeons*, 27(24), 909–917. <https://doi.org/10.5435/jaaos-d-18-00199>
- Verhaegen, F., Meynen, A., Plessers, K., Scheyls, L., & De-beer, P. (2021). Quantitative SSM-based analysis of humeral head migration in rotator cuff tear arthropathy patients. *Journal of orthopaedic research*, 40(7), 1707–1714. <https://doi.org/10.1002/jor.25195>
- Rugg, C. M., Gallo, R. A., Craig, E. V., & Feeley, B. T. (2018). The pathogenesis and management of cuff tear arthropathy. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 27(12), 2271–2283. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2018.07.020>
- Stenson, J. F., Mills, Z. D., Dasari, S. P., Whitson, A. J., Hsu, J. E., & Matsen, F. A. (2024). Managing rotator cuff tear arthropathy: A role for cuff tear arthropathy hemiarthroplasty as well as reverse total shoulder arthroplasty. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 33(3), e162–e174. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2023.06.014>
- Ijuin, T., Iuchi, T., Tawaratsumida, H., Masuda, Y., Tokushige, A., Maeda, S., & Taniguchi, N. (2023). Development of a novel animal model of rotator cuff tear arthropathy replicating clinical features of progressive osteoarthritis with subchondral bone collapse. *Osteoarthritis and Cartilage Open*, 5(3), 100389. <https://doi.org/10.1016/j.ocarto.2023.100389>
- Bedi, A., Bishop, J., Keener, J., Lansdown, D. A., Levy, O., MacDonald, P., Maffulli, N., Oh, J. H., Sabesan, V. J., Sanchez-Sotelo, J., Williams, R. J., & Feeley, B. T. (2024). Rotator cuff tears. *Nature reviews disease primers*, 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41572-024-00492-3>
- Kwong, C. A., Ono, Y., Carroll, M. J., Fruson, L. W., More, K. D., Thornton, G. M., & Lo, I. K. (2019). Full-thickness rotator cuff tears: What is the rate of tear progression? A systematic review. *Arthroscopy: the journal of arthroscopic & related surgery*, 35(1), 228–234. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2018.07.031>
- Furuhata, R., Matsumura, N., Oki, S., Nishikawa, T., Kimura, H., Suzuki, T., Nakamura, M., & Iwamoto, T. (2022). Risk factors of radiographic severity of massive rotator cuff tear. *Scientific reports*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-17624-y>

|                                           |                                           |                                 |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------|
| Стаття надійшла до редакції<br>23.04.2025 | Отримано після рецензування<br>12.05.2025 | Прийнято до друку<br>13.05.2025 |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------|

## THE EFFECT OF TIME SINCE INJURY ON THE PROGRESSION OF ROTATOR CUFF ARTHROPATHY OF THE SHOULDER (RETROSPECTIVE STUDY)

S. V. Bohdan

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

✉ Sergiy Bohdan: sergey-mena@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0001-6681-9615>

УДК 616.747+616.717.1+616.727.1]-001.45-089(045)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872025217-23>

## Шкала-предиктор відновлення функції верхньої кінцівки за вогнепальної травми надпліччя (пропозиції до використання)

С. С. Страфун, В. В. Гайович, Г. В. Телепенко

ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України», Київ

*Objective.* To determine the prognostic value of the extent of damage in military trauma to the upper arm for surgical intervention to improve the results of restoring upper limb function. *Methods.* A retrospective analysis of 30 cases of military trauma of the upper arm in combatants of the Armed Forces of Ukraine was conducted from the stage of admission to our hospital for treatment until 4 months after surgery. Functional outcomes were assessed using the Oxford Shoulder Score (OSS) scale 4 months after surgery. A previously developed scale was used to predict the recovery of upper limb function after military trauma of the upper arm to predict the consequences of surgery. *Results.* All 30 patients had a gunshot injury to the upper arm as a result of a shrapnel or bullet wound received during combat missions in the war on the territory of Ukraine. All 30 combatants received qualified medical care, underwent staged surgical interventions and a course of rehabilitation recovery. Based on the data of a retrospective analysis of patients, the correlation of rehabilitation results according to the OSS scale and the results of the assessment according to the scale-predictor of recovery of upper limb function in case of gunshot injury to the upper arm is traced. *Conclusions.* The results obtained after the assessment using the predictor scale serve as an aid in deciding on the feasibility and scope of surgical intervention. The decisive factor is the professionalism of the doctor and the patient's willingness to take risks to restore limb function in severe injuries of the upper arm in a large scope of trauma. *Keywords.* Upper arm, assessment scale, predictor scale, combat injury, war, gunshot wound, surgical intervention, military personnel.

*Мета.* Визначити прогностичне значення обсягу ушкоджень у разі вогнепальної травми надпліччя для проведення хірургічного втручання з метою покращення результатів відновлення функції верхньої кінцівки. *Методи.* Виконано ретроспективний аналіз 30 випадків вогнепального ураження надпліччя військовослужбовців ЗСУ починаючи з госпіталізації та через 4 міс. після операції. Оцінювання функціональних результатів проводили за шкалою Oxford Shoulder Score (OSS) через 4 міс. після хірургічного втручання. Використовували попередньо розроблену шкалу-предиктор відновлення функції верхньої кінцівки в разі вогнепального ушкодження надпліччя для прогнозування наслідків втручання. *Результати.* Усі пацієнти мали вогнепальну травму надпліччя внаслідок осколкового або кульового поранення отриманого під час виконання бойових завдань у війні на території України. Комбатантам надано кваліфіковану лікарську допомогу, здійснено етапні хірургічні втручання та курс реабілітаційного відновлення. Відповідно до показників ретроспективного аналізу, прослідковано кореляцію результатів реабілітації щодо значень за шкалою OSS і оцінюванням за шкалою-предиктором відновлення функції верхньої кінцівки за вогнепальної травми надпліччя. *Висновки.* Проаналізовано існуючі шкали оцінювання функції верхньої кінцівки, сфери їхнього використання та питання, за якими визначають ефективність застосування цих класифікацій під час лікування та реабілітації пацієнтів. Запропонована нами шкала слугує допоміжним елементом для прийняття рішення про доцільність та обсяг хірургічного втручання в разі вогнепальної травми надпліччя, бо прогнозує його ефективність та можливі наслідки, також може використовуватись для інформування пацієнта про результативність відновлення. Вирішальним фактором є професіоналізм лікаря та готовність хворого ризикувати за для відновлення функції кінцівки за умов важких поранень надпліччя та значного травмування.

**Ключові слова.** Надпліччя, шкала оцінювання, шкала-предиктор, бойова травма, війна, хірургічне втручання, військовослужбовці

## Вступ

Актуальність використання оціночних шкал функції верхньої кінцівки обумовлена необхідністю мати детальний інструмент для визначення порушення через зростаючу кількість осіб із пораненнями зони надпліччя, тому є невід'ємною частиною роботи сучасного ортопеда-травматолога. За їхньою допомогою проводиться визначення ступеня ураження структур того чи іншого сегмента або рівня больового синдрому в пацієнтів. За вогнепальної травми надпліччя ушкодження зазнають декілька анатомічних структур: кістки, суглоби, м'язи, сухожилки, нерви [1]. Українські науковці оцінюють функціональний стан плечового суглоба за Oxford Shoulder Score (OSS) та Visual Analog Scale (VAS) через 6 та 12 міс. після операції [2]. Проте в разі значного больового синдрому інколи неможливо адекватно визначити ступінь порушення функції верхньої кінцівки за існуючими шкалами, такими як OSS [3], Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH) [4], American Shoulder and Elbow Surgeons Standardized Assessment Form (ASES) [5], University of California at Los Angeles Shoulder Score (UCLASS) [6] та ін. Постає питання про необхідність створення адаптованої шкали, тобто зовсім нового засобу для оцінювання або формування реабілітаційного прогнозу верхньої кінцівки в таких осіб, кількість яких невинно збільшується під час продовження та посилення бойових дій на території України.

*Мета:* визначити прогностичне значення обсягу ушкоджень у разі вогнепальної травми надпліччя для проведення хірургічного втручання з метою покращення результатів відновлення функції верхньої кінцівки.

## Матеріал і методи

Матеріали дослідження розглянуто й ухвалено комітетом із біоетики при «ІТО НАМНУ» (протокол № 2 від 07.02.2025 р.). Усі залучені до дослідження пацієнти ознайомлені з планом хірургічних утручань і підписали інформовану згоду.

Майже за 3 роки війни нами хірургічно проліковано 52 особи чоловічої статі, віком від 32 до 53 з вогнепальною травмою надпліччя.

Проте під час аналізу структури вогнепальної травми надпліччя для прийняття рішення про доцільність лікування дані про вік, стать і супутні ушкодження не є вирішальними. Переважній більшості поранених проводили складні реконструктивні оперативні втручання для відновлення функції кінцівки. Вони включали в себе

заміщення кісткових дефектів із застосуванням аутотрансплантата кісткової тканини з крила клубової кістки — 43 особи, пересадки невідільних клаптів таких як: торакодорзальний на судинно-нервовій ніжці — 14 поранених, місцевий ротаційний клапот — 8. Виконували імплантації арикулюючого спейсера головки плечової кістки 19 пацієнтам із подальшою заміною на ендопротез плечового суглоба. Металоостеосинтези різної категорії складності здійснювали 52 особам. Усі ці хірургічні втручання займали досить тривалий час та потребували значних фізичних і психологічних зусиль хірурга та пацієнта на подальших етапах післяопераційної реабілітації. Вогнепальна травма надпліччя вимагає особливої уваги, оскільки результативність операції в цій зоні є передумовою для подальшої реабілітації та відновлення функції всієї верхньої кінцівки. Ускладнення, які виникали в післяопераційному періоді, значно впливали або унеможлилювали отримання задовільного результату реабілітації. Їхній аналіз у разі вогнепальної травми верхньої кінцівки наведено Г. Б. Коловим та співавт. [7]. Під час вивчення таких переломів кісток надпліччя використовували відомі класифікації:

1. Крейга — переломи ключиці (ключиця та ключично-дзюбоподібні зв'язки) [8];

2. Goss-Ideberg — переломи суглобової поверхні лопатки в поєднанні з тілом та відростками [9];

3. Ogawa — переломи дзюбоподібного відростка [10];

4. Gustilo Classification — дефекти м'яких тканин [11];

5. Oxford Shoulder Score (OSS) — оцінювання функціональних результатів.

Також користувалися попередньо розробленою шкалою-предиктором відновлення функції верхньої кінцівки за вогнепальної травми надпліччя для прогнозування наслідків хірургічного втручання та визначення ступеня реабілітаційного потенціалу пацієнта.

Розподіл за балами засновано на суб'єктивній оцінці реабілітаційного потенціалу таких хворих. На нашу думку, ушкодження базових м'язів або нервів, які їх іннервують і кісткові дефекти потребують більше часу й зусиль для відновлення. Тому вони отримали по 10 балів (min — 0, max — 65) (табл. 1).

Нами виділено 3 групи пацієнтів із розподіленням за кількістю набраних балів за структурою ушкоджень у зоні надпліччя та плечового суглоба на момент госпіталізації до нас у відділення (1 — 35+; 2 — 20–30; 3 — до 20).



Таблиця 1

**Система оцінювання за бальною градацією структури ушкоджень надпліччя**

| Ушкодження                                  | Бал |
|---------------------------------------------|-----|
| Дельтоподібний м'яз або <i>n. axillaris</i> | 10  |
| Кісткові дефекти, які потребують пластики   | 10  |
| Торакодорзальний пучок                      | 10  |
| Ротаторна манжета плеча — більше 5 міс.*    | 5   |
| Дефект м'яких тканин у зоні надпліччя       | 5   |
| <i>N. subscapularis</i>                     | 5   |

*Примітка.* \* — ступінь жирового переродження та/або гіпертрофії після 5 міс. є проблематичними для лікування.

Для аналізу результатів оцінювання ефективності цієї шкали було відібрано 30 осіб із 52, спостереження за ними було довготривалим і наявні віддалені результати [12]. Ці комбатанти мали бальну градацію більше 5.

### Результати

Усі 30 пацієнтів мали вогнепальну травму надпліччя внаслідок осколкового або кульового поранення отриманого під час виконання бойових завдань у війні на території України. Вони отримали кваліфіковану лікарську допомогу, пройшли етапні хірургічні втручання та курс реабілітаційного відновлення. Структуру ушкоджень наведено в таблиці 2.

**Структура ушкоджень надпліччя**

Таблиця 2

| Пацієнт | Лопатка | Ключиця | Плеце | Дельта / <i>n. axillaris</i> | Торакодорзальний пучок | Ротаторна манжета плеча | Дефект м'яких тканин | <i>n. subscapularis</i> | Бал |
|---------|---------|---------|-------|------------------------------|------------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|-----|
| 1       | +       | —       | +     | +                            | —                      | —                       | —                    | —                       | 30  |
| 2       | +       | —       | +     | +                            | —                      | —                       | +                    | —                       | 35  |
| 3       | +       | —       | —     | —                            | —                      | +                       | —                    | —                       | 15  |
| 4       | +       | —       | —     | —                            | —                      | +                       | —                    | —                       | 15  |
| 5       | +       | —       | —     | —                            | —                      | —                       | —                    | —                       | 10  |
| 6       | +       | —       | —     | —                            | —                      | +                       | +                    | —                       | 20  |
| 7       | +       | —       | +     | +                            | —                      | +                       | +                    | —                       | 40  |
| 8       | +       | —       | —     | +                            | —                      | —                       | +                    | —                       | 25  |
| 9       | +       | —       | —     | —                            | —                      | +                       | +                    | —                       | 20  |
| 10      | +       | —       | —     | +                            | —                      | +                       | —                    | —                       | 25  |
| 11      | +       | —       | +     | —                            | +                      | —                       | —                    | +                       | 35  |
| 12      | —       | +       | +     | +                            | —                      | +                       | —                    | —                       | 35  |
| 13      | +       | —       | —     | +                            | —                      | +                       | +                    | —                       | 30  |
| 14      | +       | —       | +     | +                            | —                      | —                       | —                    | +                       | 35  |
| 15      | +       | —       | +     | —                            | —                      | —                       | —                    | —                       | 20  |
| 16      | +       | —       | —     | —                            | +                      | —                       | —                    | +                       | 25  |
| 17      | —       | +       | +     | —                            | —                      | —                       | +                    | —                       | 25  |
| 18      | —       | —       | +     | —                            | —                      | —                       | +                    | —                       | 15  |
| 19      | —       | +       | —     | +                            | —                      | —                       | —                    | —                       | 20  |
| 20      | +       | —       | —     | —                            | —                      | —                       | —                    | +                       | 15  |
| 21      | —       | —       | +     | —                            | +                      | —                       | —                    | —                       | 20  |
| 22      | —       | —       | +     | —                            | —                      | +                       | +                    | —                       | 20  |
| 23      | +       | —       | —     | —                            | —                      | +                       | —                    | —                       | 15  |
| 24      | +       | —       | —     | —                            | —                      | —                       | —                    | +                       | 15  |
| 25      | +       | —       | +     | —                            | —                      | —                       | —                    | —                       | 20  |
| 26      | +       | —       | —     | —                            | —                      | —                       | —                    | —                       | 10  |
| 27      | —       | —       | —     | —                            | —                      | +                       | +                    | +                       | 15  |
| 28      | +       | —       | —     | —                            | —                      | —                       | +                    | —                       | 15  |
| 29      | —       | —       | +     | —                            | —                      | —                       | +                    | —                       | 15  |
| 30      | +       | +       | +     | +                            | —                      | +                       | +                    | —                       | 50  |

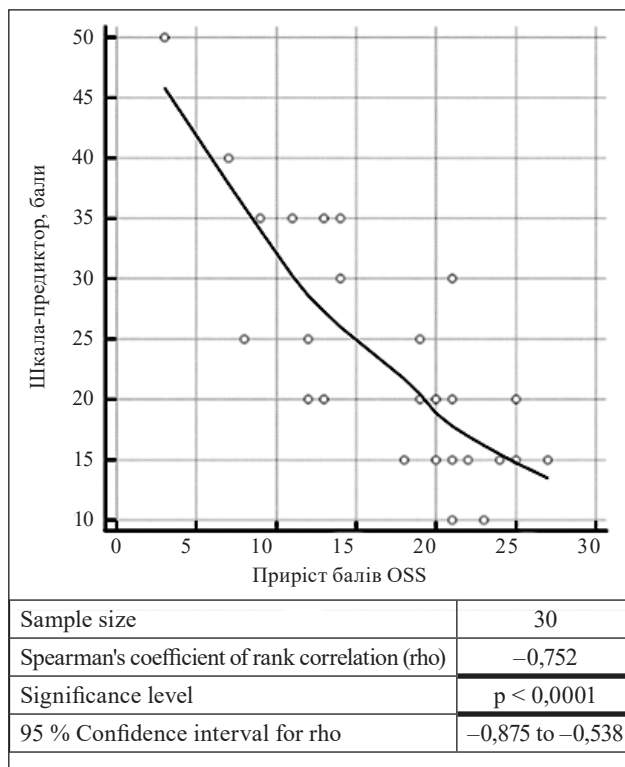
Таблиця 3

**Результати опитування  
за шкалою Oxford Shoulder Score**

| Пацієнт | До втручання | Після операції | Приріст балів |
|---------|--------------|----------------|---------------|
| 1       | 19           | 33             | 14            |
| 2       | 13           | 26             | 13            |
| 3       | 29           | 47             | 18            |
| 4       | 20           | 40             | 20            |
| 5       | 22           | 43             | 21            |
| 6       | 20           | 33             | 13            |
| 7       | 15           | 22             | 7             |
| 8       | 23           | 31             | 8             |
| 9       | 22           | 35             | 13            |
| 10      | 19           | 31             | 12            |
| 11      | 12           | 23             | 11            |
| 12      | 15           | 29             | 14            |
| 13      | 11           | 32             | 21            |
| 14      | 14           | 25             | 9             |
| 15      | 19           | 38             | 19            |
| 16      | 15           | 34             | 19            |
| 17      | 13           | 32             | 19            |
| 18      | 20           | 42             | 22            |
| 19      | 19           | 39             | 20            |
| 20      | 24           | 46             | 22            |
| 21      | 17           | 38             | 21            |
| 22      | 22           | 37             | 25            |
| 23      | 19           | 44             | 25            |
| 24      | 21           | 45             | 24            |
| 25      | 19           | 31             | 12            |
| 26      | 25           | 48             | 23            |
| 27      | 21           | 42             | 21            |
| 28      | 20           | 47             | 27            |
| 29      | 23           | 44             | 21            |
| 30      | 18           | 21             | 3             |

Шкала OSS — суб'єктивна шкала оцінювання функціонального стану плечового суглоба: хворий відповідав на дванадцять запитань, відповідь на кожне з них оцінювалась від 0 до 4 балів. Їхня максимальна кількість — 48, мінімальна — 0. Кількість балів від 0 до 19 оцінювали як незадовільний результат, 20–29 — задовільний результат, 30–39 — добрий, 40–48 — відмінний. Результати опитування за шкалою OSS подано в таблиці 3.

Відповідно до ретроспективного аналізу пацієнтів, прослідковується кореляція результатів реабілітації за оцінкою за шкалою OSS та результатами за шкалою-предиктором відновлення функції верхньої кінцівки в разі вогнепальної



**Рис. 1.** Коефіцієнт рангової кореляції Спірмена  $R = -0,752$ ; рівень статистичної значущості  $p < 0,0001$

травми надпліччя: 6 хворих (№ 2, 7, 11, 12, 14, 30) — 35+ балів, 4 міс. за OSS — 22, 26, 23, 29, 25, 21 бал відповідно; 13 осіб (№ 1, 6, 8, 9, 10, 13, 15, 16, 17, 19, 21, 22, 25) — 20–30 балів, 4 міс. за OSS — 33, 33, 31, 35, 31, 32, 38, 34, 32, 39, 38, 37, 31 бал відповідно; 11 комбатантів (№ 3, 4, 5, 18, 20, 23, 24, 26, 27, 28, 29) — до 20 балів, 4 міс. за OSS — 47, 40, 43, 42, 46, 44, 45, 48, 42, 47, 44 бали відповідно. Оскільки термін 4 міс. є адекватним періодом для післяопераційного загоєння та курсу первинної реабілітації, до уваги брались бал OSS до операції, обсяг хірургічного втручання та функціональні результати через 4 міс.

Статистично доведено обернено пропорційну залежність між балом за шкалою-предиктором і приростом балів за OSS.

За великої кількості травмованих пацієнтів унаслідок військових дій, так само як на етапі сортувального пункту в бойових умовах, необхідно розуміти та намагатись передбачати результат лікування та надання допомоги пораненим виходячи з обсягу травми. Нами було розроблено та проведено внутрішнє оцінювання ефективності шкали-предиктора за вогнепальної травми надпліччя на основі ретроспективних даних 30 пацієнтів, яких прооперовано однією командою хірургів. Запропонована нами шкала-предиктор

є допоміжним засобом для прийняття рішення про доцільність і обсяг втручання за вогнепальної травми надпліччя. Адже використовуючи «одно-разові» резерви організму такі як: кісткова пластика з крила однієї клубової кістки або з обох одразу, *n. suralis*, сухожилок *m. palmaris* (за його наявності) або *m. semitendinosus*, різноманітні ротаційні та невільні клапти, ми зменшуємо депо для подальших відновних хірургічних втручань і можливості лікування пацієнта з використанням аутотрансплантатів у майбутньому. Перспективність відновлення функції кінцівки є якщо не визначальним, то одним із найважливіших чинників доцільності проведення операції. Наочна важкість травми 35+ балів за шкалою-предиктором відновлення функції верхньої кінцівки в разі вогнепального ушкодження надпліччя наведена в клінічному випадку.

#### Клінічний випадок

Складна вогнепальна травма надпліччя з ураженням майже всіх структур (рис. 1, 2). По 10 балів — кістковий дефект акроміального кінця ключиці; проксимального відділу плечової кістки; ості

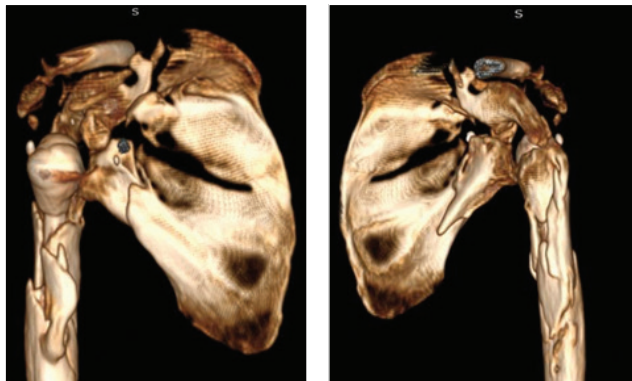


Рис. 1. КТ військовослужбовця зі складною вогнепальною травмою надпліччя (50 балів за шкалою-предиктором, відноситься до групи 35+ балів)



Рис. 2. Шкірні покриви того ж самого пацієнта на момент хірургічного втручання

й акроміального відростка лопатки з переломом тіла лопатки, ушкодження дельтоподібного м'яза та *n. Axillaris*; по 5 — травма ротаторної манжети плеча, дефект м'яких тканин в області надпліччя.

Пацієнту виконано довготривале хірургічне втручання, понад 8 годин. Використано кістковий трансплантат для заміщення дефекту ості й акроміального відростка лопатки 11 см. Імплантовано артикулюючий спейсер головки плечової кістки. Проведено металоостеосинтез чотирма накладними пластинами (рис. 3).

Виконано пересадку невільного активного торакодорзального клаптя для заміщення дефекту дельтоподібного м'яза та шкірних покривів (рис. 4).

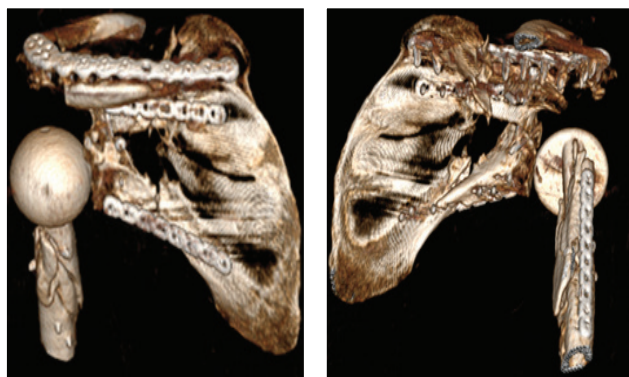


Рис. 3. Післяопераційна КТ того ж пацієнта



Рис. 4. Невільний активний торакодорзальний клапоть

Використання торакодорзального клаптя обумовлене не ушкодженням судин, а шкірно-м'язовим дефектом у зоні надпліччя плеча, або нефункціонуючим дельтоподібним м'язом.

Через 3 міс. після хірургічного втручання приріст за шкалою OSS склав 3 бали, з 18 до 21.

## Обговорення

Проаналізовано існуючі шкали оцінювання функції верхньої кінцівки, сфери їхнього використання та питання, за якими визначають ефективність застосування цих класифікацій під час лікування та реабілітації пацієнтів.

У спостереженні G. Hohenberger та співавт. вивчено, що оцінка за DASH позитивно корелює з відповідним балом тяжкості спотворених кінцівок. Проте автори зазначають, що існує необхідність у подальших дослідженнях із більшою кількістю пацієнтів для перевірки отриманих результатів, щоб зробити висновки щодо точних предикторів [13].

У метааналізі Н. М. Kim та співавт. проаналізовано 252 дослідження (32 072 пацієнти; середній вік 59,6 р.; середній індекс маси тіла 28,7; середній час спостереження 27,8 міс.). Автори зазначили, що найбільш часто використовуваними були оцінки American Shoulder and Elbow Surgeon (ASES) (n = 183; 73 %) та Visual Analog Scale (VAS) (n = 163; 65 %). Вони рекомендують широке впровадження балів ASES і UCLA для клінічної та наукової стандартизації; проте UCLA PROM вимагає особистого тестування діапазону рухів і сили, що є практичним обмеженням і перешкодою для довгострокового спостереження [14].

Підсумовуючи наявну інформацію, ми дійшли висновку, що порівнювати ці класифікації із запропонованою нами шкалою-предиктором відновлення функції верхньої кінцівки за вогнепальної травми надпліччя не є доречним. Оскільки за їхньою допомогою оцінюється функціональність верхньої кінцівки лише до хірургічного втручання та після. Проте за умов використання нашої шкали-предиктора, з'являється можливість оцінити та прогнозувати результат хірургічного лікування та подальшої реабілітації.

У літературі описано варіанти застосування шкал-предикторів для прогнозування тривалості хірургічного втручання [15], оцінки та прогнозування ризиків під час хірургічного втручання [16], прогнозування рівню больового синдрому в пацієнтів у післяопераційному періоді [17], але застосування класифікацій для прогнозування рівня відновлення функції верхньої кінцівки на

етапі передопераційного обстеження не визначене та потребує доопрацювання в сучасній медичній практиці. Наша шкала-предиктор може стати одним із перших кроків до популяризації та просування цього методу прогнозування.

## Висновки

Запропонована нами шкала слугує допоміжним елементом для прийняття рішення про доцільність та обсяг хірургічного втручання в разі вогнепальної травми надпліччя, бо прогнозує ефективність лікування та можливі наслідки, а також може використовуватись для інформування пацієнта про результативність його відновлення. Бальна градація згідно зі шкалою-предиктором: 35+ балів — надто ризикована або технічно неможлива операція з несприятливим або якісно незначущим прогнозом; 20–30 — технічно можливе проведення хірургічного втручання із прогнозованим покращуючим якість життя результатом; до 20 балів — необхідно виконувати втручання та проводити реконструкцію, ця група пацієнтів має сприятливий прогноз щодо реабілітації та майже повне відновлення функції кінцівки.

Вирішальним фактором є професіоналізм лікаря та готовність пацієнта пройти складний шлях задля відновлення функції кінцівки в разі важких поранень надпліччя та великого обсягу травми.

**Конфлікт інтересів.** Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

**Перспективи подальших досліджень.** Поглиблене вивчення віддалених наслідків поранень і результатів лікування цих пацієнтів.

**Інформація про фінансування.** Це дослідження не є комерційним і не має стороннього фінансування.

**Внесок авторів.** Страфун С. С. — ідея та концепція дослідження, оцінка результатів дослідження, формулювання висновків; Гайович В. В. — літературний пошук, оцінка результатів й обговорення результатів дослідження; Тепленко Г. В. — структура та написання роботи, формулювання методів дослідження, зведення даних результатів дослідження, статистична обробка результатів, оформлення літературних джерел, вибірка пацієнтів, обробка медичної документації, зведення даних у таблиці Excel.

## Список літератури

1. Wagner, E. R., McLaughlin, R., Sarfani, S., Cofield, R. H., Sperling, J. W., Sanchez-Sotelo, J., & Elhassan, B. T. (2018). Long-term outcomes of Glenohumeral arthrodesis. *Journal of bone and joint surgery*, 100(7), 598–604. <https://doi.org/10.2106/jbjs.17.00428>
2. Bondarenko, S., Fomin, O., & Lazarenko, I. (2024). Early results of shoulder arthrodesis with 3d-titanium implants for treatment of severe gunshot wounds of the shoulder girdle. *Orthopaedics traumatology and prosthetics*, (1), 5–12. <https://doi.org/10.15674/0030-5987202415-12>
3. Strafun, S., Sergienko, R., & Yuriychuk L. (2017). Results of shoulder arthroplasty. *Trauma*, 18(5), 8–12. <https://doi.org/10.15674/0030-5987201718-5-8>



- org/10.22141/1608.1706.5.18.2017.11114
4. Shestopal, N., Kovel'ska, A., Vasylenko, Y., & Kikh, A. (2022). The specificity of using physical therapy of the patients after gunshot wounds of the upper limb. *Zdravot-nické listy*, 10(2), 54–60. <https://doi.org/10.32782/1339-3022/2022/2.10.9>
  5. Strafun, S., V. Haiovych, & I. Zanko. (2021). Comparison of questionnaire scales to assess the function of the shoulder joint in patients after unipolar arthroplasty. *Terra orthopaed-ica*, 4(111), 14–20. <https://doi.org/10.37647/0132-2486-2021-111-4-14-20>
  6. Moorthy, V., Chen, J. Y., Lee, M., Ang, B. F., & Lie, D. T. (2021). The UCLA shoulder score is a better predictor of treatment success than the constant and Oxford shoulder scores after Arthroscopic rotator cuff repair: A 2-Year follow-up study. *Arthroscopy, sports medicine, and rehabilitation*, 3(2), e485–e490. <https://doi.org/10.1016/j.asmr.2020.11.003>
  7. Kolov, H. (2024). Infectious complications after Osteosyn-thesis of long bones of the lower limbs: Clinical and nosolog-ical aspects. *Terra orthopaedica*, 2(121), 24–30. <https://doi.org/10.37647/2786-7595-2024-121-2-24-30>
  8. O'Neill, B. J., Hirpara, K. M., O'Briain, D., McGarr, C., & Kaar, T. K. (2010). Clavicle fractures: A comparison of five classification systems and their relationship to treatment out-comes. *International Orthopaedics*, 35(6), 909–914. <https://doi.org/10.1007/s00264-010-1151-0>
  9. Hong, N. W., Jones, C. W., & Hong, T. F. (2022). Deltoid Takedown approach to Ideberg VI/AO F2(4) glenoid fossa fractures. *JSES reviews, reports, and techniques*, 2(4), 559–570. <https://doi.org/10.1016/j.xrrt.2022.06.005>
  10. Ogawa, K., Yoshida, A., Takahashi, M., & Ui, M. (1997). Fractures of the coracoid process. The journal of bone and joint surgery. *British volume*, 79-B(1), 17–19. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.79b1.0790017>
  11. Kim, P. H., & Leopold, S. S. (2012). Gustilo-Anderson classification. *Clinical orthopaedics & related research*, 470(11), 3270–3274. <https://doi.org/10.1007/s11999-012-2376-6>
  12. Telepenko, H., & Haiovych, V. (2024). Analysis of early sur-gical treatment of incorrectly consolidated gunshot fractures of the scapula. *Terra orthopaedica*, 2(121), 4–9. <https://doi.org/10.37647/2786-7595-2024-121-2-4-9>
  13. Hohenberger, G. M. (2020). Traumatic upper extremity inju-ries: Analysis of correlation of mangled extremity severity score and disabilities of the arm, shoulder and hand score. *Turkish journal of trauma and emergency surgery*. <https://doi.org/10.14744/tjtes.2019.44939>
  14. Kim, H. M., Leary, E., Baker, C. L., Barnes, L. A., Creigh-ton, R. A., Cuomo, F., ... McCall, K. (2024). Analyzing practice pattern in treating partial-thickness rotator cuff tears: A dual perspective from national database and American shoulder and elbow surgeons PARCIAL re-search group. *JSES International*, 9(1), 91–97. <https://doi.org/10.1016/j.jseint.2024.08.196>
  15. Adams, T., O'Sullivan, M., & Walker, C. (2023). Surgical procedure prediction using medical ontological information. *Computer methods and programs in biomedicine*, 235, 107541. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2023.107541>
  16. Carlisle, J. B. (2019). Risk prediction models for major surgery: *Composing a new tune*. *Anaesthesia*, 74(S1), 7–12. <https://doi.org/10.1111/anae.14503>
  17. Papadomanolakis-Pakis, N., Munch, P. V., Carlé, N., Uhr-brand, C. G., Haroutounian, S., & Nikolajsen, L. (2024). Prognostic clinical prediction models for acute post-surgical pain in adults: A systematic review. *Anaesthesia*, 79(12), 1335–1347. <https://doi.org/10.1111/anae.16429>

|                                           |                                           |                                 |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------|
| Стаття надійшла до редакції<br>07.01.2025 | Отримано після рецензування<br>18.03.2025 | Прийнято до друку<br>21.03.2025 |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------|

## PREDICTOR SCALE OF UPPER EXTREMITY FUNCTION RECOVERY IN MILITARY TRAUMA OF THE UPPER ARM (OFFER TO USE)

S. S. Strafun, V. V. Haiovych, G. V. Telepenko

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

✉ Sergiy Strafun, MD, Prof.: [strafun-s@ukr.net](mailto:strafun-s@ukr.net); <https://orcid.org/0000-0003-2485-5487>

✉ Vasyi Haiovych, MD, DMSci: <https://orcid.org/0000-0003-4548-0207>

✉ Hlib Telepenko: [telepenko1505@gmail.com](mailto:telepenko1505@gmail.com); <https://orcid.org/0000-0003-4829-0986>

УДК 616.727.4-089.881:617.571](045)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872025224-28>

## Ефективність артродезу кистьового суглоба за різних ортопедичних патологій верхньої кінцівки

С. В. Тимошенко, М. В. Котова

ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України», Київ

*Wrist arthrodesis for different pathologies has important specific features and yields varying functional outcomes. Objective. Based on the analysis of functional parameters dynamics to assess the total wrist arthrodesis efficacy for different upper limb pathologies. Methods. An analysis was performed on the dynamics of cylindrical grip strength and upper limb disability (qDASH score) before and one year after total wrist arthrodesis in 49 patients with various conditions, including wrist osteoarthritis, chronic brachial plexus injuries, distal radius giant cell tumor, rheumatoid arthritis, and wartime wrist joint injuries. Results. Wrist arthrodesis improved cylindrical grip strength in patients with degenerative wrist osteoarthritis by a median of 14 kg (range: 7–15 kg; IQR: 1 kg), in tumors by a median of 10 kg (range: 8–11 kg; IQR: 1,5 kg), and in consequences of wartime injuries involving joint surface defects by a median of 4 kg (range: 2–39 kg; IQR: 3 kg). In cases of rheumatoid arthritis, the median improvement was 3,4 kg (range: 2–9 kg; IQR: 2 kg). Effectiveness was minimal in patients with chronic brachial plexus injuries. The greatest reduction in upper limb disability (qDASH score) was observed in patients with of wartime wrist trauma consequences, with a median improvement of 40 points (range: 0–68 points; IQR: 27 points). In wrist osteoarthritis, the median improvement was 20 points (range: 9–39 points; IQR: 9 points), while relatively minor improvements were noted in patients with tumors, rheumatoid arthritis, and brachial plexus injuries. Total wrist arthrodesis is an effective surgical procedure; however, depending on the pathology, the indications, surgical conditions, techniques, and outcomes differ significantly and are notably varied. Keywords. Arthrodesis, wrist joint, osteoarthritis, arthritis, wartime injuries, brachial plexus.*

Артродез кистьового суглоба за різних патологій має важливі особливості та різниться за функціональними результатами. Мета. На підставі оцінювання динаміки функціональних показників визначити ефективність операції повного (тотального) артродезу кистьового суглоба за умов патологій верхньої кінцівки. Методи. Аналіз динаміки показників сили циліндричного захвату кисті та ступеня недієздатності верхньої кінцівки (qDASH) до і через рік після тотального артродезу кистьового суглоба в 49 пацієнтів із різними (деформуючий артроз кистьового суглоба, застаріле ушкодження плечового сплетення, гігантноклітинна пухлина дистального метакарпівського променевої кістки, ревматоїдний артрит суглоба, наслідки вогнепальних поранень зап'ястка) патологіями. Результати. Артродез кистьового суглоба покращує силу циліндричного захвату під час лікування деформуючого артрозу кистьового суглоба на — 14 кг (медіана) (діапазон: 7–15 кг; IQR: 1 кг); під час лікування пухлин — медіана 10,0 кг (діапазон: 8–11 кг; IQR: 1,5 кг); наслідків вогнепальних поранень із дефектом суглобових поверхонь — медіана 4 кг (діапазон: 2–39 кг; IQR: 3 кг), ревматоїдного артрит — медіана 3,4 кг (діапазон: 2–9 кг; IQR: 2 кг), а за ушкоджень плечового сплетення його ефективність мінімальна. Найкраще артродез знижує недієздатність верхньої кінцівки за шкалою qDASH у пацієнтів із наслідками вогнепальної травми — медіана 40 (діапазон: 0–68; IQR: 27) балів; помітно менше під час лікування артрозу кистьового суглоба — медіана 20 (діапазон: 9–39; IQR: 9) балів та відносно невелику динаміку зменшення недієздатності за наслідків пухлин, артритів та уражень плечового сплетення. Артродез кистьового суглоба — дієва хірургічна процедура, проте залежно від патології покази, умови та техніка виконання, як і результати, достовірно відрізняються поміж собою, але в значному ступені неоднорідні.

**Ключові слова.** Артродез, кистьовий суглоб, артроз, артрит, вогнепальні ушкодження, плечове сплетення

## Вступ

Питання вивчення ефективності артророзезу кистьового суглоба наразі потребує додаткової уваги через високий відсоток бойової травматичності. Перші наукові публікації щодо артророзезу й анкілозу кистьового суглоба відносяться до початку XX століття. Так у 1911 році R. Eden [1] описав саме цю патологію в разі туберкульозу, а вже у 1923 році E. Hey-Groves [2] детально дослідив операцію артророзезу зап'ястка, як варіант хірургічного лікування різних захворювань, включаючи післятравматичні стани.

Останніми десятиріччями набули широкого розвитку хірургічні втручання, які зберігають рухи в кистьовому суглобі: видалення низки кісток зап'ястка; часткові міжзап'ястні артророзези [3, 4]; ендопротезування кистьового суглоба [5]. Проте, по-перше, частина з них через певний час втрачає свою ефективність і врешті-решт спричинює виконання тотального артророзезу, як остаточної процедури лікування [4]. По-друге, унаслідок виражених структурно-функціональних розладів як ділянки зап'ястка, так і всієї кінцівки, здебільшого неможливе збереження рухів у кистьовому суглобі, що і потребує первинного його артророзезу [6]. Інформація з літературних джерел щодо використання артророзезу кистьового суглоба суттєво відрізняється [6, 7]. Тому вважаємо за доцільне уточнити результати артророзезу зап'ястка, особливо з урахуванням різних патологій верхньої кінцівки, адже існує значна специфіка проведення втручання за цих станів, як за показами, так і за технікою виконання. Також важливо вивчити ступінь відновлення сили циліндричного захвату кисті та змін неідеальності верхньої кінцівки за qDASH, окреслити важливі технічні особливості процедури.

**Мета:** на підставі оцінювання динаміки функціональних показників визначити ефективність операції повного (тотального) артророзезу кистьового суглоба за умов патологій верхньої кінцівки.

## Матеріал і методи

**Дизайн дослідження:** ретроспективне, одноцентрове, серія клінічних випадків. Критерії включення: дорослі пацієнти ( $\geq 18$  років), яким було виконано тотальний артророзез кистьового суглоба за таких п'яти типів уражень і ушкоджень: дегенеративні зміни (деформуючий артроз кистьового суглоба внаслідок післятравматичних або дегенеративних уражень); ревматоїдний артрит; гігантоклітинна пухлина дистального метаепіфіза променевої кістки; застарілі ушкодження плечового сплетення; вогнепальні поранення зап'ястка з дефектами кісток і суглобових поверхонь.

Комісія з біоетики ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України» розглянула матеріали статті й дійшла висновку, що дослідження виконано з дотриманням біоетичних вимог згідно з Гельсінською конвенцією Ради Європи про права людини і біомедицини, відповідних законів України (№ 3 від 26.04.2025).

У таблиці 1 наведено популяційний розподіл пацієнтів за патологіями, які спричинили необхідність артророзезу.

Із метою з'ясування ефективності артророзезу визначали силу циліндричного захвату повіреним кистьовим динамометром та показники неідеальності верхньої кінцівки до 12 міс. і більше після операції за стандартною шкалою qDASH [8].

**Хірургічне лікування.** Для всіх груп пацієнтів втручання проводилось стандартним тильним доступом, застосовувалась металокарктурація — пластини та гвинти. Перед артророзезом разом із хворим узгоджувалась майбутня позиція кистьового суглоба, а там де можливо — моделювалась за допомогою гіпсової пов'язки, ортеза або простою ручною фіксацією. Здебільшого обирались або нейтральне положення, або розгинання  $10^\circ$ , нейтральне положення відносно ліктьової/променевої девіації. Для дегенеративних і запальних захворювань використовували стандартні спеціалізовані металокарктури для артророзезу зап'ястка, для інших патологій — прямі пластини (як для синтезу кісток передпліччя), які товщі і довші за спеціалізовані.

Таблиця 1

### Демографічна характеристика пацієнтів і термін від початку захворювання/травми

| Характеристика                          | Ревматоїдний артрит (n = 10) | Травма плечового сплетення (n = 7) | Пухлини ділянки зап'ястка (n = 11) | Артроз кистьового суглоба (n = 9) | Вогнепальна травма (n = 12) |
|-----------------------------------------|------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| Вік, роки, M $\pm$ SD                   | 31 $\pm$ 7                   | 22 $\pm$ 4                         | 37 $\pm$ 7                         | 54 $\pm$ 11                       | 39 $\pm$ 7                  |
| Чоловік                                 | 3 (30 %)                     | 6 (86 %)                           | 6 (55 %)                           | 7 (78 %)                          | 12 (100 %)                  |
| Жінка                                   | 7 (70 %)                     | 1 (14 %)                           | 5 (45 %)                           | 2 (22 %)                          | 0                           |
| Давність захворювання (M $\pm$ SD), міс | 93 $\pm$ 58                  | 22 $\pm$ 4                         | 7 $\pm$ 3                          | 106 $\pm$ 57                      | 6 $\pm$ 5                   |

Положення пластини традиційне: дистально-тильна поверхня третьої п'ясткової кістки, проксимально до тилу променевої кістки. Проводилась резекція суглобових поверхонь променево-зап'ястного, середньо-зап'ястного та третього зап'ястно-п'ястного суглобів. За локальних структурних потреб (після вогнепальних травм у 7 із 12 пацієнтів, та завжди в разі гігантоклітинних пухлин) виконувалась кісткова пластика. За умов ліктьово-зап'ястного конфлікту проводилась крайова резекція тригранної та частини півмісяцевої кісток, за променево-ліктьового — тангенційна резекція головки ліктьової кістки. Імобілізація зап'ястка — 2 міс.

Особливостями артрорезу за гігантоклітинних пухлин дистального метаепіфізу променевої кістки була необхідність повної резекції всього метаепіфіза єдиним блоком, часто з м'якотканинними компонентами пухлини, що вийшли за межі метаепіфіза. Після такої резекції легко втратити анатомічні орієнтири, порушивши під час артрорезу вісь, ротацію, довжину сегмента. Тому перед видаленням пухлини ми застосовували тимча-

сове накладення майбутньої фіксуєної пластини на неуразнені сегменти променевої та третьої п'ясткової кісток на 4–5 гвинтах. Потім знімали пластину перед резекційним етапом, а отвори лишались як надійний орієнтир для завершення артрорезу з кістковою пластиною.

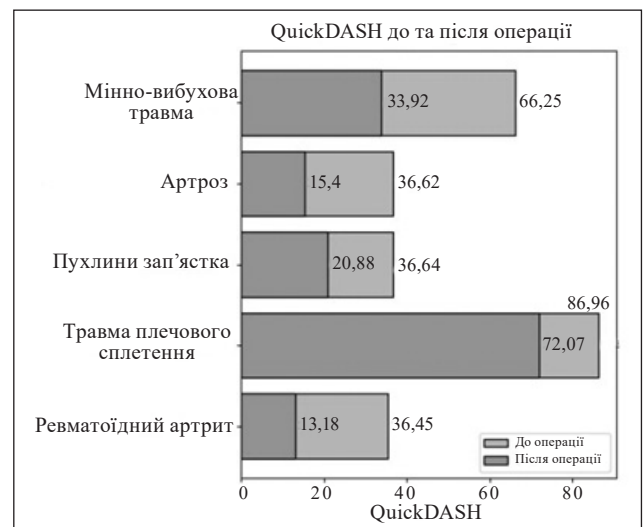
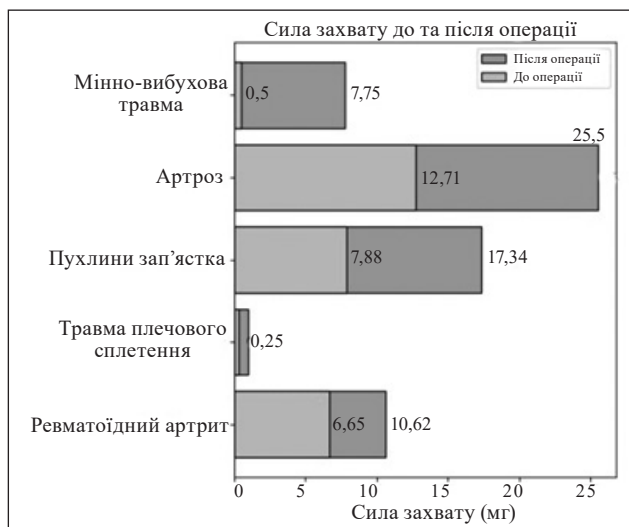
### Результати та їх обговорення

У всіх розглянутих для здійснення кількісного аналізу випадках анкілоз зап'ястка розвивався в терміни 2–3 міс. після артрорезу.

Доопераційні середні показники сили циліндричного захвату, недієздатності верхньої кінцівки та їхні кінцеві значення через рік після втручання внаслідок досягнення анкілозу зап'ястка наведені в гістограмах на рисунку.

Ефективність артрорезу характеризували показники динаміки сили та недієздатності верхньої кінцівки, подані в таблиці 2.

Як за початковими даними, так і за результатами і динамікою змін, обраховані параметри принципово й достовірно відрізнялись у різних групах між собою (рівень значущості від 0,02 до 0,001).



**Рисунок.** Середні показники сили циліндричного захвату та недієздатності верхньої кінцівки до та через рік після артрорезу кистьового суглоба за різних патологій

Таблиця 2

#### Динаміка сили захвату кисті та функціональної недієздатності верхньої кінцівки за шкалою qDASH

| Ураження                     | Медіана сили захвату, кг (IQR) | Діапазон сили захвату, кг | Медіана qDASH, бали (IQR) | Діапазон qDASH, бали |
|------------------------------|--------------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|
| Вогнепальна травма           | 4,0 (3,0)                      | 2–39                      | 39,7 (27,4)               | 0,0–68,1             |
| Деформуючий артроз           | 14,0 (1,0)                     | 7–15                      | 20,4 (9,0)                | 9,1–38,6             |
| Пухлина                      | 10,0 (1,5)                     | 8–11                      | 15,9 (10,2)               | 4,6–34,1             |
| Ураження плечового сплетення | 0,0 (1,0)                      | 0–3                       | 15,9 (6,8)                | 6,8–22,7             |
| Ревматоїдний артрит          | 3,4 (2,0)                      | 2–9                       | 15,9 (26,1)               | 4,5–50,0             |

Примітки: IQR — міжквартильний розмах, qDASH — скорочена шкала оцінки недієздатності верхньої кінцівки.



Підбиваючи підсумки результатів артрорезу, зазначимо, що мінімальний приріст сили циліндричного захвату та зменшення дієздатності зафіксовано в пацієнтів із наслідками ушкодження плечового сплетення. Це можна пояснити з позиції принципів ортопедичної корекції цієї патології [9], коли артрорез кистьового суглоба лише перша, багато у чому підготовча операція, яка передувє комплексу функцієутворюючих втручань (сухожилко-м'язові транспозиції, артрорез плечового суглоба тощо) і самостійно не змінює інтегральні функції кінцівки. Не покращує артрорез і силу захвату, лише створює умови для подальших реконструкцій.

Найкращий приріст динаміки сили захвату і балів qDASH демонструє кінцівка на фоні її важкої поліструктурної травми, яка з точки зору структурно-функціональних втрат зап'ястка та кисті часто виглядає катастрофічною. Приріст сили та дієздатності може бути пов'язаний із відновленням як прямих, так і опосередкованих наслідків поранення. Адже після артрорезу знімається іммобілізація, відбувається загоєння, знижується больовий синдром, зменшуються частота нейропатій і трофічних розладів, усуваються контрактури пальців і наслідки ішемічних та інших супутніх ушкоджень як ураженої кінцівки, так і за політравми.

Артрорез зап'ястка в разі деформуючого артрозу кистьового суглоба виконується досить регулярно. Згідно з недавніми публікаціями L. Adey [10], межі ефективності артрорезу за цієї патології складали: для відновлення сили захвату кисті — до 79 % від показника здорової руки, а залишкова функціональна недієздатність верхньої кінцівки — у середньому 25 балів за шкалою DASH. За нашими результатами, артрорез в разі артрозу забезпечував відновлення сили захвату в середньому до Ме 27,0 кг (діапазон: 17–30 кг; IQR: 4,0 кг), що загалом відповідає відомим даним. Відновлення рівня функціональної недієздатності було менш суттєвим — до рівня Ме 16 балів (діапазон: 6,8–20,5; IQR: 3,5) за qDASH. Ця розбіжність може бути зумовлена нашою малочисельною вибіркою і потребує подальших уточнень.

Ефективність артрорезу та динаміка даних недієздатності за умов наслідків артриту та пухлин загалом схожі. Утім показники сили захвату за ревматоїдного артриту відновлювались помітно гірше — Ме 11 кг (діапазон: 4–18 кг; IQR: 7,5 кг), проти Ме 17,5 кг (діапазон: 14–20 кг; IQR: 2,5 кг) після артрорезу з приводу пухлин, імовірно через

системне ураження інших дрібних суглобів кисті й пальців у разі артриту.

Отже, це дослідження наводить результати операції артрорезу кистьового суглоба в пацієнтів із п'ятьма принципово різними патологіями верхньої кінцівки. Потреба в цій операції за умов зазначених нозологій виникає рідко, але потребує додаткового вивчення. З огляду на те, що рухи в зап'ястку важливі для маніпулювання кистю в тісних просторах, а також для гігієни, їхня цінність очевидна. Зазначимо, що артрорез принципово вирішує проблему нестабільності суглоба, значним чином зменшує больовий синдром, покращує вигляд і показники сили захвату, інтегральну функцію верхньої кінцівки. Тому не зважаючи на зникнення рухів у суглобі, пацієнти зважуються на виконання цієї процедури.

Попри очевидні обмеження цього дослідження (ретроспективність, одноцентровість, мала репрезентативність груп), певні висновки про ефективність артрорезу кистьового суглоба для цих хворих можна зробити, проте отримані показники слід вважати наближеними.

## Висновки

Серед п'яти патологій верхньої кінцівки артрорез кистьового суглоба найкраще збільшує силу циліндричного захвату під час лікування деформуючого артрозу цієї локалізації, а саме на Ме 14 кг (діапазон: 7–15 кг; IQR: 1 кг).

Дещо меншу динаміку відновлення сили демонструє артрорез у разі лікування пухлин — Ме 10 кг (діапазон: 8–11 кг; IQR: 1,5 кг); вогнепальних поранень із дефектом суглобових поверхонь — Ме 4 кг (діапазон: 2–39 кг; IQR: 3 кг); ревматоїдного артриту Ме 3,4 кг (діапазон: 2–9 кг; IQR: 2 кг). За ушкоджень плечового сплетення його ефективність мінімальна.

Найкраще артрорез знижує недієздатність верхньої кінцівки за шкалою qDASH у разі вогнепальної травми — Ме 40 (діапазон: 0–68; IQR: 28) балів, помітно менше за артрозу кистьового суглоба — Ме 20 (діапазон: 9–39; IQR: 9) балів, та ще меншу динаміку демонструє під час лікування пухлин, артритів та уражень плечового сплетення.

**Конфлікт інтересів.** Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

**Перспективи подальших досліджень.** Актуальним є подальше вивчення ефективності артрорезу в проспективних дослідженнях. Порівняння багатоцентрових робіт і збільшення репрезентативності груп дасть змогу покращити результати.

**Інформація про фінансування.** Автори заявляють про відсутність фінансових інтересів під час написання статті.

**Внесок авторів.** Тимошенко С. В. — ідея, концепція дослідження, написання тексту, обрахунки даних; Котова М. В. — участь у хірургічних втручаннях, заповнення первинної документації та реєстрація віддалених результатів.

### Список літератури

1. Eden, R. (1911). Arthrodesis for tuberculosis of the wrist. *British Medical Journal*, 2(2601), 1413–1414.
2. Hey-Groves, E. W. (1923). *Arthrodesis: with a review of 300 cases*. Bristol: John Wright & Sons.
3. Reyniers, P., van Beek, N., De Schrijver, F., & Goeminne, S. (2023). Proximal row carpectomy versus four-corner arthrodesis in the treatment of SLAC and SNAC wrist: Meta-analysis and literature review. *Hand surgery & rehabilitation*, 42(3), 194–202. <https://doi.org/10.1016/j.hansur.2023.02.004>
4. Hones, K. M., Hao, K. A., Rakauskas, T. R., Densley, S., Hampton, H., Kim, J., Wright, T. W., & Chim, H. (2024). Four-corner fusion versus proximal row carpectomy for scapholunate advanced collapse and scaphoid nonunion advanced collapse wrist: A systematic review and meta-analysis. *Journal of hand surgery (American Volume)*, 49(7), 633–638. <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2024.01.011>
5. Eschweiler, J., Li, J., Quack, V., Rath, B., Baroncini, A., Hildebrand, F., & Migliorini, F. (2022). Total wrist arthroplasty — A systematic review of the outcome, and an introduction of Free Move — an approach to improve TWA. *Life*, 12(3), 411. <https://doi.org/10.3390/life12030411>
6. Rodriguez-Merchan, E. C., Tabeayo-Alvarez, E. D., Shojaie, B., & Kachooei, A. R. (2023). Total wrist arthrodesis: An update on indications, technique and outcomes. *Archives of bone and joint surgery*, 11(3), 144–153. <https://doi.org/10.22038/ABJS.2022.65875.3154>
7. Hazewinkel, M. H. J., Lans, J., Lunn, K. N., Garg, R., Eberlin, K. R., & Chen, N. C. (2020). Complications and factors associated with reoperation following total wrist fusion. *Journal of wrist surgery*, 9(6), 498–508. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1714095>
8. Franchignoni, F., Vercelli, S., Giordano, A., Sartorio, F., Bravini, E., & Ferriero, G. (2014). Minimal clinically important difference of the Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand outcome measure (DASH) and its shortened version (Quick-DASH). *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 44(1), 30–39. <https://doi.org/10.2519/jospt.2014.4893>
9. Strafun, S. S. (1999). Comprehensive orthopedic treatment of patients with chronic injuries of the brachial plexus and peripheral nerves of the upper limb. Ukrainian research institute of traumatology and orthopedics. (in Ukrainian)
10. Adey, L., Ring, D., & Jupiter, J. B. (2005). Health status after total wrist arthrodesis for posttraumatic arthritis. *Journal of hand surgery (American Volume)*, 30(5), 932–936. <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2005.06.004>

|                                           |                                           |                                 |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------|
| Стаття надійшла до редакції<br>29.04.2025 | Отримано після рецензування<br>06.05.2025 | Прийнято до друку<br>07.05.2025 |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------|

## TOTAL WRIST ARTHRODESIS EFFICIENCY IN VARIOUS UPPER LIMB ORTHOPEDIC PATHOLOGIES

S. V. Tymoshenko, M. V. Kotova

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

✉ Serhii Tymoshenko, MD, PhD: setym@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0001-6384-4153>

✉ Maria Kotova, MD: markuzmari@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0005-8686-2641>

УДК 616.727.2-089.843(045)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872025229-37>

## Короткострокові результати використання індивідуальних 3D-друкованих базових пластин у зворотному ендопротезуванні плечового суглоба

В. Б. Макаров<sup>1,2</sup>, М. О. Корж<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України», Харків

<sup>2</sup> КНП «Міська клінічна лікарня № 16» ДМР, Дніпро, Україна

*Objective.* To conduct a retrospective analysis of the short-term clinical and radiographic outcomes of reverse total shoulder arthroplasty using custom glenoid base plates in patients with glenoid cavity defects. *Methods.* We retrospectively studied the surgical outcomes of 10 patients with defects of the glenoid cavity who underwent reverse total shoulder arthroplasty using individual glenoid base plates. The average follow-up period post-surgery was  $(2.6 \pm 1.6)$  years. The mean age of the patients was  $(62.4 \pm 5.6)$  years, including 7 women (70 %) and 3 men (30 %). Two patients (one woman and one man) underwent RTSA on both shoulders, resulting in a total of 12 RTSA procedures performed on 10 patients. All patients underwent shoulder joint imaging using spiral computed tomography, modeling of the individual base plate implant for the glenoid part of the endoprosthesis, and fabrication of the implant using 3D printing with titanium powder. The function of the shoulder joint was evaluated using the Constant-Murley Shoulder Score (CMS). *Results.* The mean cortical index was  $0.38 \pm 0.06$ . Lateralization and distalization angles were measured at  $80^\circ \pm 5.6^\circ$  and  $55^\circ \pm 8.2^\circ$ , respectively. The average active range of motion for external rotation was  $60^\circ \pm 5.5^\circ$ , flexion and elevation of the upper limb at the shoulder joint (including the scapula) was  $135^\circ \pm 8.4^\circ$ , internal rotation was  $85^\circ \pm 3.4^\circ$ , and abduction of the shoulder joint (including the scapula) was  $145^\circ \pm 10.2^\circ$ . The mean score on the CMS scale was 85. *Conclusion.* The retrospective analysis demonstrates a significant reduction or complete absence of pain syndrome along with improved functional outcomes in patients after RTSA with glenoid cavity defects when using custom base plates for the glenoid part of the reverse shoulder endoprosthesis. *Keywords.* Reverse total shoulder arthroplasty, RTSA, proximal humerus fracture, glenoid cavity defect, shoulder osteoarthritis, additive technology, 3D printing, porous titanium custom implants, Constant-Murley Score.

*Мета.* Провести ретроспективний аналіз короткострокових клінічних і рентгенографічних результатів зворотного ендопротезування плечового суглоба з використанням індивідуальних базових пластин у пацієнтів із дефектами суглобової западини лопатки. *Методи.* Вивчено результати хірургічного лікування 10 осіб із дефектами суглобової западини лопатки, яким було проведене RTSA з використанням індивідуальних гленоїдальних базових пластин. Середній післяопераційний термін спостереження —  $(2,6 \pm 1,6)$  року. Середній вік пацієнтів становив  $(7$  жінок і  $3$  чоловіків)  $(62,4 \pm 5,6)$  років. Двом особам (жінка та чоловік) виконано RTSA обох плечових суглобів. Отже проведено 12 RTSA 10 хворим. Усім здійснено моделювання та друк на 3D-принтері індивідуального імплантата базової пластини гленоїдальної частини ендопротеза. Функцію плечового суглоба за результатами лікування оцінювали в балах за шкалою Constant-Murley Shoulder Score (CMS). *Результати.* Середній кірковий індекс склав  $(0,38 \pm 0,06)$ . Кут латералізації склав  $80^\circ \pm 5,6^\circ$ , дисталізації —  $55^\circ \pm 8,2^\circ$ . Активний обсяг рухів зовнішньої ротації в середньому склав  $60^\circ \pm 5,5^\circ$ , згинання та підйому верхньої кінцівки в плечовому суглобі до переду разом із лопаткою —  $135^\circ \pm 8,4^\circ$ , внутрішньої ротації —  $85^\circ \pm 3,4^\circ$ , відведення в плечовому суглобі, разом з лопаткою —  $145^\circ \pm 10,2^\circ$ . Середній бал за шкалою CMS — 85. *Висновок.* Ретроспективний аналіз довів, що в пацієнтів після RTSA з дефектами гленоїдальної западини фіксується зменшення або повна відсутність больового синдрому з одночасним покращенням функціональних показників за умов використання індивідуальних базових пластин гленоїдальної частини зворотного ендопротеза плечового суглоба.

**Ключові слова.** Зворотне ендопротезування плечового суглоба, перелом проксимального відділу плечової кістки, дефект гленоїдальної западини, остеоартроз плечового суглоба, адитивні технології, 3D-друк, пористі титанові індивідуальні імплантати, Constant-Murley Score

## Вступ

Зворотне ендопротезування плечового суглоба (RTSA) є ефективним методом хірургічного лікування багатофрагментарних переломів проксимального відділу плечової кістки на фоні зниження мінеральної щільності кісткової тканини та їх наслідків, особливо в пацієнтів похилого віку [1]. Протягом останніх десятирічь спостерігається збільшення використання RTSA у світі, з одночасним зростанням кількості різних видів зворотних ендопротезів плечового суглоба [2]. Незважаючи на вже існуючий досвід RTSA протягом 40 років, складні втрати кістки суглобової частини лопатки, її деформації залишаються значною проблемою [3]. Викривлення та дефекти гленоїдальної западини можуть виникати внаслідок важких дегенеративних або посттравматичних змін, уроджених аномалій, пухлин або після первинного тотального ендопротезування плеча. Відсутність достатньої площі контакту з базовою пластиною гленоїдального компонента ендопротеза та низька якість кістки призводять до ранньої нестабільності, порушення функцій і болювого синдрому [3, 4].

Для вирішення цього складного питання використовуються різні підходи: ексцентричне розширення фрезами гленоїдальної западини, кісткова ауто- або алопластика, використання металевих базових пластин із альтернативним розташуванням центрального гвинта чи металевих базових пластин із пористими поверхнею чи аугментами [5]. Проте клінічні результати під час їхнього використання залишаються неоднозначними. Високий рівень ускладнень, включаючи нестабільність імплантата, відсутність його інтеграції спонукає на пошук нових методик вирішення проблеми дефектів суглобової западини лопатки [6].

У декількох літературних джерелах уже наведено задовільні короткострокові клінічні та рентгенологічні результати RTSA з використанням індивідуальних імплантатів, отриманих за допомогою адитивних технологій [4–7]. Упровадження комп'ютерного моделювання з подальшим 3Д-друком із титанового порошку для створення індивідуального базового компонента гленоїдальної западини для заміщення дефектів є одним із перспективних напрямів вирішення цього питання.

**Мета:** ретроспективно проаналізувати короткострокові клінічні та рентгенографічні результати зворотного ендопротезування плечового суглоба з використанням індивідуальних базових

пластин у пацієнтів із дефектами суглобової западини лопатки.

## Матеріал і методи

До ретроспективного дослідження увійшли 10 хворих із дефектами суглобової западини лопатки, яким проведене RTSA з використанням індивідуальних базових пластин. Виконання дослідження схвалено комісією з біоетики ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України» (22.04.2019, протокол № 191, 20.02.2023, протокол № 229). Усі пацієнти надали письмову інформовану згоду, підтверджуючи свою добровільну участь і розуміння процедур дослідження, потенційних ризиків і переваг. Середній післяопераційний термін спостереження —  $(2,6 \pm 1,6)$  року (від 2 до 5), а середній вік пацієнтів — (7 жінок, 3 чоловіки)  $(62,4 \pm 5,6)$  року (від 50 до 70). Двом хворим (жінка та чоловік) проведено RTSA обох плечових суглобів. Отже, виконано 12 RTSA у 10 пацієнтів.

Хірургічне лікування хворих здійснено в період 2019–2025 р. на базі КНП «Міська клінічна лікарня № 16» (Дніпро, Україна). Усі пацієнти відповідали таким умовам включення:

- вік не менше 50 років;
- перелом ПБПК типу 11-B або 11-C за класифікацією АО/ОТА або його наслідками [8];
- остеоартроз плечового суглоба III ст. із наявністю дефекту гленоїдальної западини;
- виражене зниження мінеральної щільності кісткової тканини зі значенням кіркового індексу (KI)  $\leq 0,4$ .

У 8 осіб (3 чоловіки та 5 жінок) дефект гленоїдальної западини обумовлений посттравматичними змінами, у 2 (жінки) — остеоартритом плечового суглоба.

Усім хворим у передопераційному періоді проводили стандартне клінічне обстеження та рентгенологічне дослідження ПБПК травмованої верхньої кінцівки. Для виявлення особливостей зміщення уламків ПБПК і дефектів гленоїдальної западини всім пацієнтам виконували спіральну комп'ютерну томографію (СКТ).

Дослідження плечового суглоба виконували на спіральному комп'ютерному томографі AQUILION (Toshiba, Японія) з отриманням зрізів для побудови тривимірної моделі і подальшого моделювання індивідуального імплантата базової пластини гленоїдальної частини ендопротеза. На етапі співпраці з інженерами визначалися можливі розміри імплантата, його розташування,



напрямки проведення та кількість гвинтів для фіксації. Створювався також пристрій з пластика, що підлягає стерилізації, для коректної орієнтації та проведення осрової шпичі в гленоїдальну западину. Потім, згідно з отриманими моделями, на 3D-принтерах друкувалися імплантати з порошку титану.

#### *Особливості методики оперативного втручання*

Під загальною анестезією в положенні «пляжного крісла» виконувався дельтопекторальний доступ у всіх випадках. Особлива увага на акуратному звільненні м'яких тканин від фрагментів плечової кістки та рубців, як міжфрагментарних, так і між фрагментами плечової кістки та гленоїдальною западиною у випадку застарілих переломів ПВПК. Обов'язковим є необхідність мобілізації ПВПК так, щоб була можливість зробити правильний зріз головки плеча за направляючими, із наступним встановленням ретрактора для зміщення донизу плечової кістки. Залежно від конкретної ситуації можливе проведення мобілізації дельтоподібного м'яза від акроміона. Завжди ретельно видаляють рубцеві тканини в субакроміальному просторі, а також рубці, які заповнюють дефект гленоїдальної западини зі залишками суглобової губи та сухожилка довгої головки біцепса. В усіх випадках для проведення центральної шпичі використовувався надрукований на 3D-принтері пластиковий направляючий пристрій. Після чого на шпичю надягався пластиковий імплантат базової опори аналогічний титановому для визначення його орієнтації, розташування та необхідності видалення м'яких тканин і кістки (але слід уникати надмірного видалення). Далі за допомогою імпактору досягалася пресс-фіт-фіксація надрукованого пористого імплантата. Візуальне підтвердження повної установки проводилося за допомогою перевірки наявності зазору в отворах для гвинтів та легкого ручного тестування з використанням гачка. Імплантат у всіх випадках щільно розташовувався без хитання, для досягнення додаткової початкової його стабільності проводилася фіксація 3,5 мм титановими гвинтами згідно з 3D-плануванням. Далі на конус Морзе базової пластини встановлювалася металева гленосфера, покрита алмазоподібною плівкою (DLC) (рис. 1) із подальшим встановленням плечового компонента ендопротеза та стандартним завершенням хірургічної операції. Усі RTSA виконувалися одним і тим самим хірургом. Додаткове закріплення базової пластини цемент-



Рис. 1. Гленосфера, яка покрита DLC

том не використовувалося в жодному випадку. Ретроверсія ніжки ендопротеза: 10° у 12 випадках.

Реабілітаційний протокол застосовано стандартний. Післяопераційна фіксація верхньої кінцівки у всіх пацієнтів проводилася пов'язкою типу Дезо 4 тижні. Пасивні рухи в ліктьовому та плечовому суглобах дозволені на 2–3 добу після операції під контролем інструктора фізіотерапевта, активні — через 3–4 тижні. Після операції пацієнтів запрошували на контрольні огляди через 3, 6 і 12 місяців, а також щорічно для рентгенографічного оцінювання в двох проекціях.

Під час використання стандартних зворотних ендопротезів плеча латералізація й офсет залежать від гемісфери та дизайну плечового компонента, а також вкладок. У наших випадках індивідуальне тривимірне біомеханічне моделювання дозволило закладати латералізацію в базову пластину.

Мінеральну щільність кісткової тканини у всіх пацієнтів оцінювали за рентгенограмами плечової кістки в передньо-задній проекції з обчисленням KI [9]. Наявність дефекту шийки лопатки оцінювалася відповідно до класифікації Nerot-Sirveaux [10, 11].

Латералізація та дисталізація вимірювалися за допомогою кутів, описаних Boutsiadis та співавт. [12].

Рентгенологічна характеристика ознак лізису кісткової тканини навколо гленоїдальної западини проводилася відповідно до класифікації Souter's-Deutsch [13].

У 3 хворих унаслідок травми спостерігався багатофрагментарний перелом ПВПК одночасно з переломом гленоїдальної западини: ІВ типу за класифікацією Ideberg-Goss [14] у 1 пацієнтки, ІІ типу — в 2-х. Через відсутність хірургічного лікування в перші місяці після травми сформувався післятравматичний дефект гленоїдальної западини.

Підсумовуючи зазначимо, що ми ці випадки розглядали в межах концепції післятравматичного остеоартриту плечового суглоба з дефектом гленоїдальної западини, що підлягає класифікації за Walch [15].

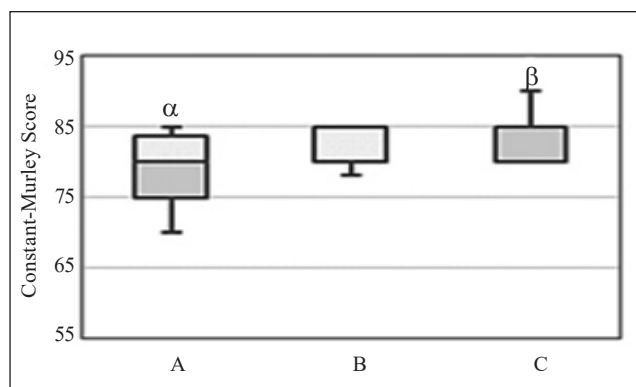
Функцію плечового суглоба за результатами лікування оцінювали в балах за шкалою Constant-Murley Shoulder Score (CMS) [16] — функціональною шкалою з максимальним загальним балом 100, що відображає оптимальну функцію плеча. Аналіз результатів лікування здійснювали через 3, 6 і 12 міс. після хірургічного втручання. Бали за системою CMS для кожного пацієнта визначали з точністю до цілого з огляду на цілочисленність шкали.

*Статистичний аналіз.* Кількісні оцінки визначалися як середнє ( $\bar{x}$ )  $\pm$  середнє квадратичне відхилення середнього арифметичного (SE). Відмінності між функціональними результатами в балах CMS оцінювали за допомогою критерію Тьюкі на рівні значущості  $p < 0,05$  на основі результатів одностороннього дисперсійного аналізу (ANOVA).

### Результати та їх обговорення

Виконано 10 пацієнтам 12 RTSA. Середній післяопераційний термін спостереження —  $(2,6 \pm 1,6)$  року (від 2 до 5). На момент останнього контролю в жодного з прооперованих не зафіксовано ускладнень, які вплинули на кінцевий результат.

KI визначено на рівні  $0,38 \pm 0,06$  (0,30–0,40). Тип перелому 11-С за АО/ОТА спостерігався у 8 пацієнтів, остеоартроз плечового суглоба III ст. — у 2-х.



**Рис. 2.** Динаміка змін функціональних результатів пацієнтів за середніми балами CMS через 3 (А), 6 (В) та 12 (С) міс. після операції; верхня і нижня межі прямокутника — лінії 25 і 75 % кватилів; горизонтальна лінія всередині прямокутника — медіана; темний і світлий колір позначають відповідно 50 і 75 % кватилі; межі вертикальних ліній — мінімальне та максимальне значення; різні літери позначають результати, які мають статистично значущі ( $p < 0,05$ ) відмінності

Згідно з класифікацією дефектів гленоїдальної западини за Walch у 2 осіб спостерігався тип B1, у 2 — B2 і у 6 — тип C [15].

Латералізація та дисталізація [12] зазначена на рівні: кут латералізації —  $80^\circ \pm 5,6^\circ$ , дисталізації —  $55^\circ \pm 8,2^\circ$ .

У 2 хворих рентгенологічна характеристика ознак лізису кісткової тканини навколо базової пластини показала через 2 роки II ст. відповідно до класифікації Souter's-Deutsch [13] без ознак порушення функції та больового синдрому.

Скапулярна виїмка, яка є специфічним ускладненням реверсивного ендопротезування плеча за період спостереження не мала місця в жодному випадку.

Активний обсяг рухів зовнішньої ротації в середньому склав  $60^\circ \pm 5,5^\circ$ , згинання та підйому верхньої кінцівки в плечовому суглобі до переду разом із лопаткою —  $135^\circ \pm 8,4^\circ$ , внутрішньої ротації —  $85^\circ \pm 3,4^\circ$ , відведення в плечовому суглобі, разом із лопаткою —  $145^\circ \pm 10,2^\circ$ . Усі пацієнти задоволені результатом операції. Середній бал за шкалою CMS — 85.

#### Клінічний приклад

Пацієнт С., 60 років, надійшов до відділення політравми КНП «МКЛ № 16» ДМР з діагнозом: застарілий переломовивих правого і лівого плечових суглобів із вираженою привідною контрактурою та больовим синдромом (АО/ОТА 11-С3, KI = 0,3), 2 міс. після травми, дефект суглобової поверхні гленоїдальної западини за Walch тип C (рис. 3, 4).

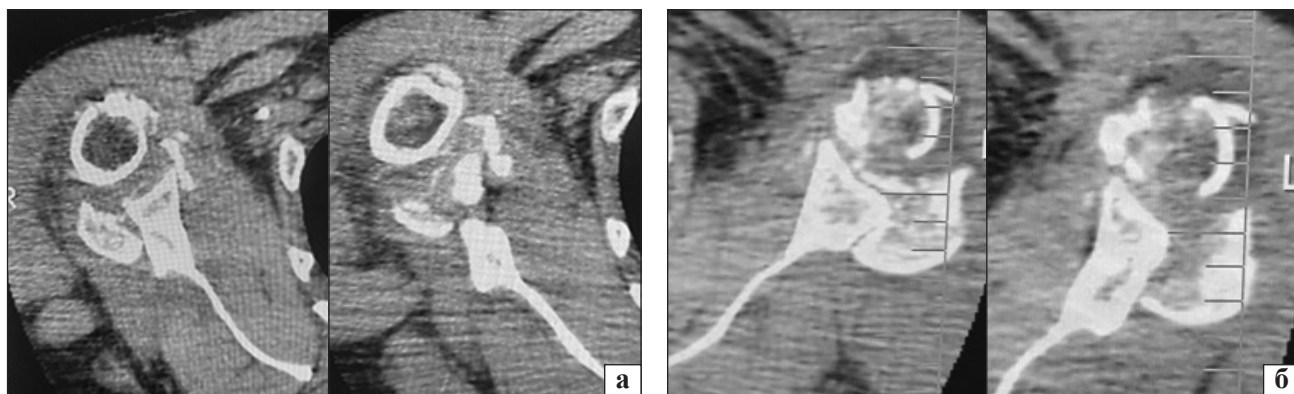
За даними СКТ проведено як індивідуальне проектування пластикових 3D-кондукторів під осьову спицю, так і індивідуальне моделювання та виготовлення пористої гленоїдальної опорної пластини під гемісферу ендопротеза Evolutis (рис. 5, 6).

Під загальною та провідниковою анестезією пацієнтові С. на першому етапі виконано: первинне тотальне гібридне реверсивне ендопротезування правого плечового суглоба з індивідуальною пористою титановою опорною 3D-пластиною з урахуванням заміщення дефектів гленоїдальної западини (рис. 7, 8).

Імобілізація пов'язкою типу Дезо тривала 4 тижні. Пасивні рухи в плечовому суглобі під контролем інструктора з лікувальної фізкультури розпочато на 1-му тижні після операції, активні — через 4 тижні. Функція правого плечового суглоба відновилася: показник за Constant-Murley через 3 міс. після операції дорівнював 80 балів, через 6 міс. — 85 балів (рис. 8).



**Рис. 3.** Фото рентгенограм пацієнта С., 60 років, 11-С3, 2 міс. після травми, дефект суглобової поверхні гленоїдальної западини правого (а) та лівого (б) плечових суглобів



**Рис. 4.** Фото СКТ-сканів пацієнта С., 60 років, 11-С3, 2 міс. після травми, дефект суглобової поверхні гленоїдальної западини правого (а) та лівого (б) плечових суглобів

На другому етапі через 8 міс. під загальною та проводниковою анестезією пацієнтові С. виконано первинне тотальне гібридне реверсивне ендопротезування лівого плечового суглоба Evolutis з індивідуальною пористою титановою опорною 3D-пластиною з урахуванням заміщення дефектів гленоїдальної западини (рис. 9–12).

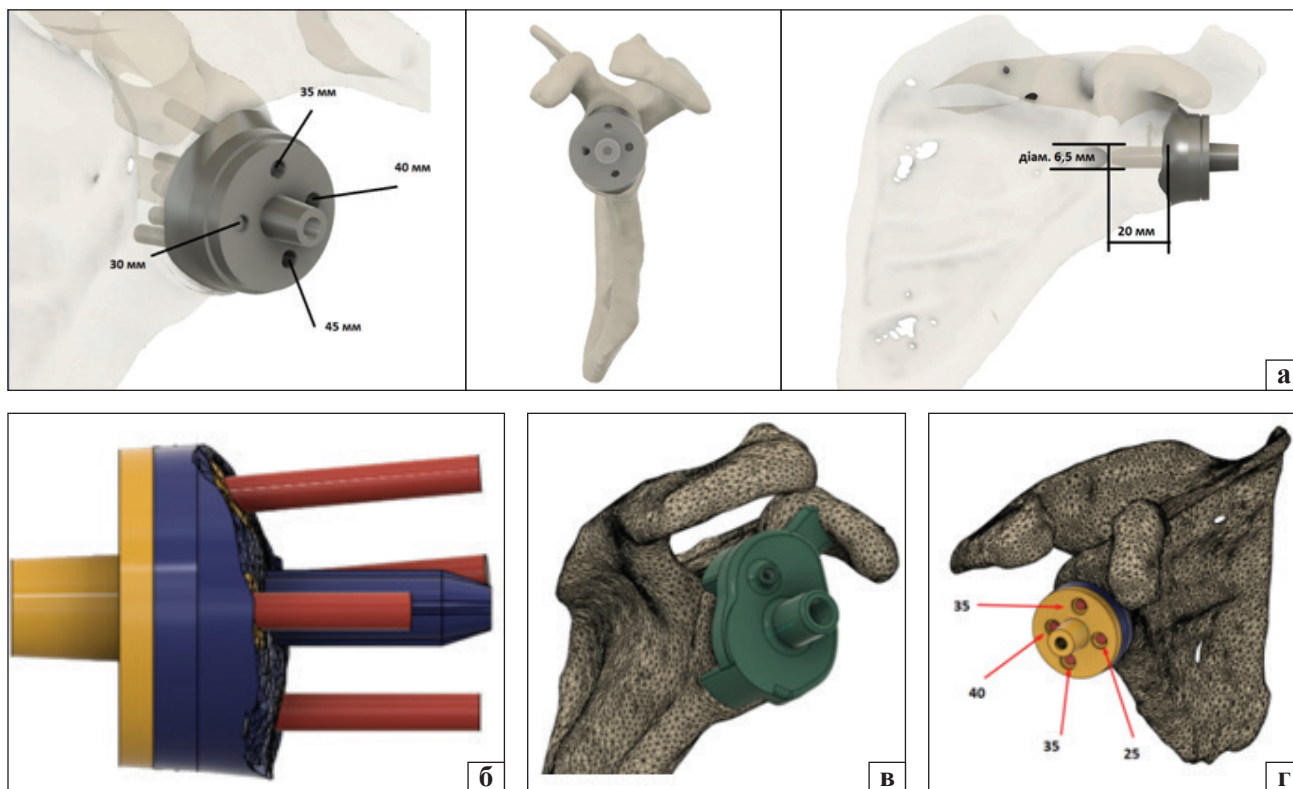
Використання 3D-моделювання з урахуванням дефекту гленоїдальної суглобової поверхні та створення індивідуальної гленоїдальної частини реверсивного ендопротеза плечової кістки з трабекулярного титану дозволили отримати відмінний стійкий результат — 85 балів за системою Constant-Murley Shoulder Score.

Перевага RTSA над консервативним лікуванням у пацієнтів дуже похилого віку (старше 80 років) із варусними задньомедіальними та вальгусними імпактними переломами не є однозначно підтвердженою [17]. Водночас, у осіб

віком до 80 років RTSA показало свою перевагу за функціональними результатами порівняно з консервативним лікуванням і геміартропластикою в більшості досліджень. Останні спостереження також демонструють перевагу RTSA над відкритим вправленням та внутрішньою фіксацією у пацієнтів старше 60 років [18]. Більшість авторів рекомендують виконання RTSA в гострій фазі після травми ПБПК, хоча деякі дослідження не виявили суттєвої різниці порівняно з проведенням RTSA у відстроченому періоді після травми [19].

Реверсивне ендопротезування плеча стало успішним хірургічним рішенням для багатьох пацієнтів із переломами ПБПК. Переваги RTSA визнані для переломів із серйозним ураженням головки, проте вони не є такими очевидними для межових варусних задньомедіальних і вальгусних переломів [20].

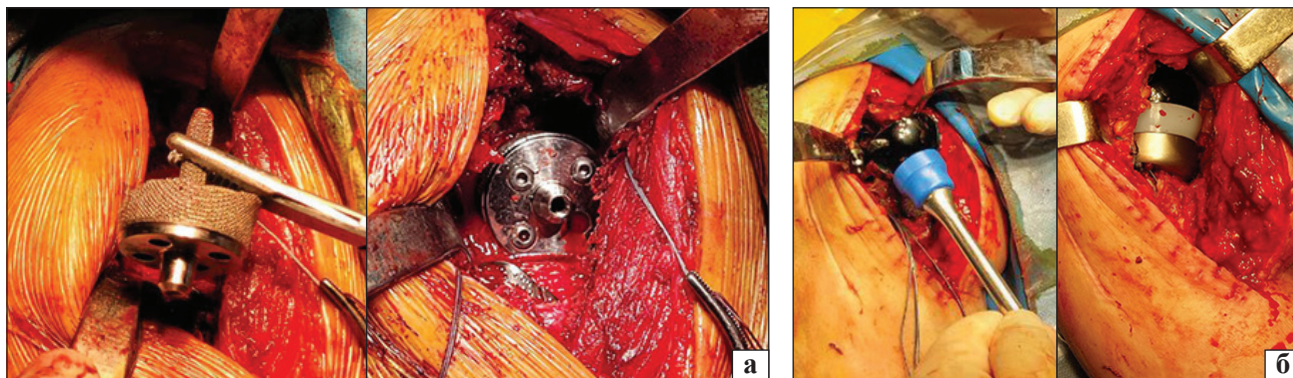




**Рис. 5.** Етапи моделювання за умов дефекту гленоїдальної западини: різнопроекційне зображення гленоїдальної опорної пластини (а); Custom-моделювання та виготовлення пористої гленоїдальної опорної пластини під гемісферу ендопротеза Evolutis (б); комп'ютерна 3D-модель із кондуктором для осової спиці (в) та гленоїдальної опорної пластини під гемісферу ендопротеза Evolutis з урахуванням заміщення дефектів (г)

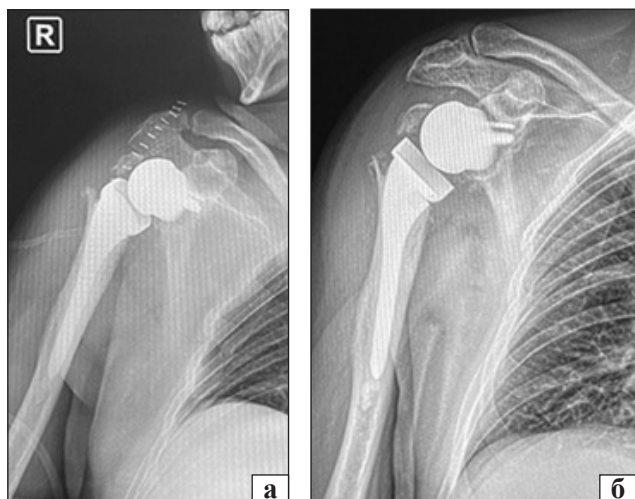


**Рис. 6.** Пластикова надрукована модель розробленої гленоїдальної опорної пластини з урахуванням дефектів гленоїдальної западини лопатки справа

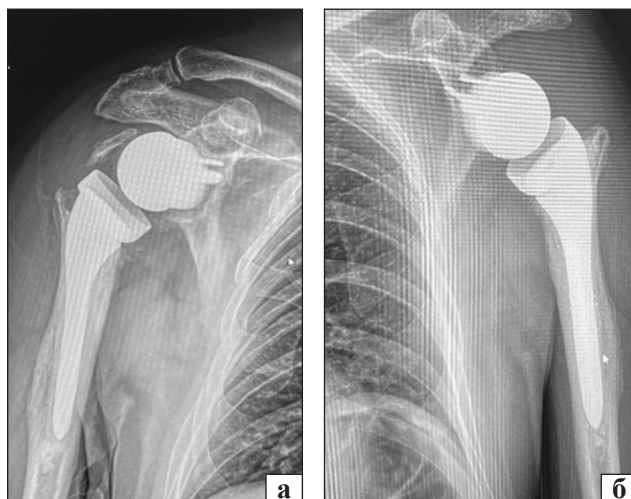


**Рис. 7.** Етап і хірургічне лікування пацієнта С.: імплантація гленоїдальної опорної 3D-пластини (а) та її вигляд в операційній рані (б)

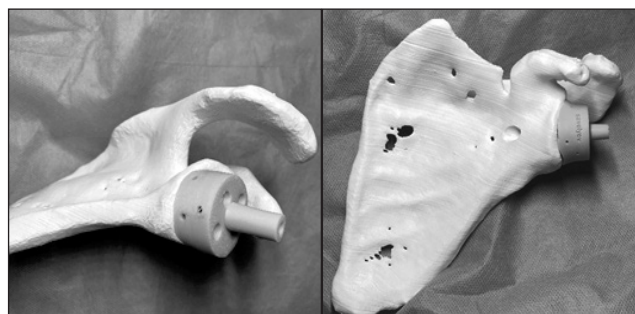




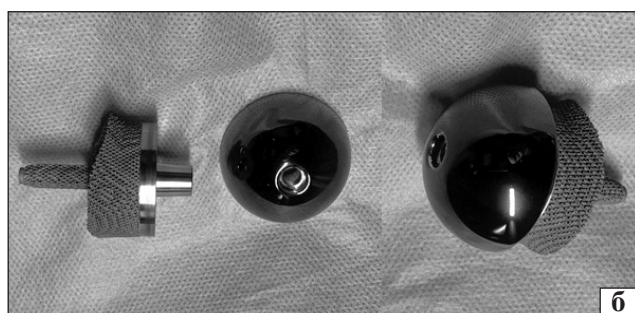
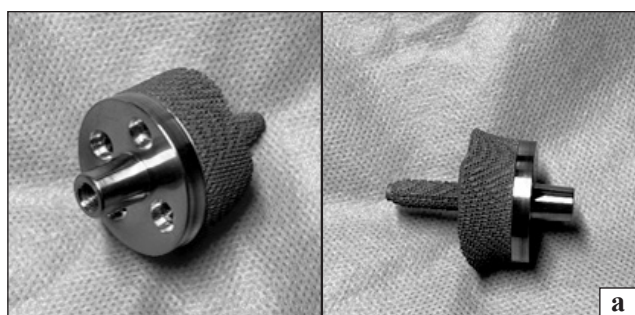
**Рис. 8.** Рентгенограми пацієнта С. відразу (а) та через 3 міс. (б) після операції



**Рис. 11.** Фото рентгенограм правого (а) та лівого (б) плечового суглобів пацієнта С. через 2 роки після операції — повна остеоінтеграція без ознак лізису



**Рис. 9.** Пластикова надрукована модель розробленої гленоїдальної опорної пластини з урахуванням дефектів гленоїдальної западини лопатки лівої



**Рис. 10.** Надрукована титанова пориста базова індивідуальна гленоїдальна пластина з урахуванням дефектів (а); гленоїдальна пластина з гленосферою, що покрита алмазоподібною плівкою (DLC) (б)



**Рис. 12.** Фото пацієнта С. через 2 роки після RTSA — функціональний результат

Сучасні конструкції базових (опорних) пластин за RTSA мають низький рівень невдач, але за умов дефектів гленоїдальної западини необхідний подальший аналіз, щоб визначити, чи є критичним ступінь можливості їх застосування чи краще використовувати індивідуальні 3Д-друковані гленоїдальні аугменти або базові пластини [21].

Перші моделі зворотного тотального ендопротезування плеча продемонстрували високі показники ускладнень і повторних операцій, пов'язаних зі структурою стандартної гленоїдної базової пластини. Хоча сучасні версії ендопротезів зменшили кількість випадків невдач, повідомляється про збільшений ризик ускладнень RTSA, коли використовуються кісткові трансплантати для заміщення дефектів гленоїдальної западини протягом перших двох років після операції [22].

У деяких публікаціях [23, 24] доведено, що клінічно значущі покращення, про які повідомляють пацієнти та визначені за допомогою шкал, після RTSA у разі дефектів гленоїдальної западини та використання індивідуальних базових опорних пластин, відмічаються лише через рік після операції. Це робить наші спостереження коректними для порівняння.

Показники анатомо-функціонального покращення, які ми отримали, узгоджуються з результатами попередніх досліджень, які використовували індивідуальні імплантати для усунення дефіциту кістки гленоїдальної западини за RTSA [25].

На сьогодні імплантація базової пластини за RTSA залишається викликом і є технічно складною навіть для досвідченого хірурга. Нестабільність гленоїдального компонента є однією з поширених причин для ревізійного ендопротезування плеча [22–25]. Тому ми вважаємо за доцільне використовувати індивідуальні базові пластини гленоїдальної частини зворотного ендопротеза плечового суглоба в разі дефектів кісткової тканини суглобового відростка лопатки. Наші спостереження свідчать про зменшення або повну відсутність больового синдрому в пацієнтів після RTSA з одночасним зростанням функціональних результатів. Отже зафіксоване значне збільшення обсягу активних рухів і покращення якості життя внаслідок повноцінного використання верхньої кінцівки в повсякденній життєдіяльності.

Обмеженням цієї публікації є ретроспективне дослідження з невеликою кількістю пацієнтів і коротким періодом спостереження, натомість довший є необхідним для визначення тривалості стабільності цих імплантатів.

**Конфлікт інтересів.** Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

**Перспективи подальших досліджень.** Перспективними є дослідження щодо аналізу остеоінтеграції індивідуальних титанових пористих конструкцій, надрукованих на 3Д-принтері й вивчення віддалених результатів після зворотного ендопротезування плечового суглоба.

**Інформація про фінансування.** Жодної вигоди в будь-якій формі не було і не буде отримано від комерційної сторони, пов'язаної прямо чи опосередковано з предметом цієї статті.

**Внесок авторів.** Макаров В. Б. — концепція і дизайн, збір та обробка матеріалів, аналіз отриманих даних, написання тексту; Корж М. О. — концепція, написання тексту, редагування тексту.

## Список літератури

1. Patel, A. H., Wilder, J. H., Ofa, S. A., Lee, O. C., Iloanya, M. C., Savoie, F. H., & Sherman, W. F. (2022). How age and gender influence proximal humerus fracture management in patients older than fifty years. *JSES international*, 6(2), 253–258. <https://doi.org/10.1016/j.jseint.2021.11.007>
2. Alberio, R. L., Landrino, M., Fornara, P., & Grassi, F. A. (2019). Short-term outcomes of the Grammont reverse shoulder arthroplasty: Comparison between first and second generation delta prosthesis. *Joints*, 07(04), 141–147. <https://doi.org/10.1055/s-0041-1731010>
3. Entessari, M., Bar-Eli, H., & Bernal, J. (2022). A case of proximal humerus fracture dislocation presenting with failed primary open reduction and internal fixation followed by salvage reverse total shoulder arthroplasty. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.29407>
4. Virani, S., Shah, N., Assiotis, A., Rumian, A., & Uppal, H. (2022). Strategies for the planning of complex shoulder arthroplasty: Use of a custom-made glenoid component in reverse shoulder arthroplasty for a neglected posterior fracture dislocation of the shoulder with malunited scapula fractures and severe eccentric glenoid bone loss. *Shoulder & elbow*, 15(3\_suppl), 110–116. <https://doi.org/10.1177/17585732221146180>
5. Gruber, M. S., Schwarz, T., Lindorfer, M., Rittenschober, F., Bischoffreiter, M., Hochreiter, J., & Ortmaier, R. (2022). Clinical and radiological outcomes after total shoulder arthroplasty using custom-made glenoid components: A systematic review. *Journal of clinical medicine*, 11(24), 7268. <https://doi.org/10.3390/jcm11247268>
6. Twomey-Kozak, J., Adu-Kwarteng, K., Lunn, K., Briggs, D., Hurley, E., Anakwenze, O., & Klifto, C. (2024). Recent advances in the design and application of shoulder arthroplasty implant systems and their impact on clinical outcomes: A comprehensive review. *Orthopedic research and reviews*, 16, 205–220. <https://doi.org/10.2147/orr.s312870>
7. Leafblad, N., Asghar, E., & Tashjian, R. Z. (2022). Innovations in shoulder arthroplasty. *Journal of clinical medicine*, 11(10), 2799. <https://doi.org/10.3390/jcm11102799>
8. Marongiu, G., Leinardi, L., Congia, S., Frigau, L., Mola, F., & Capone, A. (2020). Reliability and reproducibility of the new AO/OTA 2018 classification system for proximal humeral fractures: A comparison of three different classification systems. *Journal of orthopaedics and traumatology*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/s10195-020-0543-1>
9. Den Teuling, J., Pauwels, B., Janssen, L., Wyers, C., Janzing, H. M., Van den Bergh, J., & Morrenhof, J. W. (2017). The influence of bone mineral density and cortical index on the complexity of fractures of the proximal humerus. *Bone & joint research*, 6(10), 584–589. <https://doi.org/10.1302/2046-3758.610.bjr-2017-0080>
10. Young, B. L., Cantrell, C. K., & Hamid, N. (2018). Classifications in brief: The nerot-sirveaux classification for scapular notching. *Clinical orthopaedics & related research*, 476(12), 2454–2457. <https://doi.org/10.1097/corr.0000000000000442>
11. Sirveaux, F., Favard, L., Oudet, D., Huquet, D., Walch, G., & Mole, D. (2004). Grammont inverted total shoulder arthroplasty in the treatment of glenohumeral osteoarthritis with massive rupture of the cuff. *The journal of bone and joint surgery*.

- British volume, 86-B(3), 388–395. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.86b3.14024>
12. Boutsiadis, A., Lenoir, H., Denard, P. J., Panisset, J., Brosard, P., Delsol, P., ... Barth, J. (2018). The lateralization and distalization shoulder angles are important determinants of clinical outcomes in reverse shoulder arthroplasty. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 27(7), 1226–1234. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2018.02.036>
  13. Deutsch, A., Abboud, J. A., Kelly, J., Mody, M., Norris, T., Ramsey, M. L., ... Williams, G. R. (2007). Clinical results of revision shoulder arthroplasty for glenoid component loosening. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 16(6), 706–716. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2007.01.007>
  14. Ideberg, R., Grevsten, S., & Larsson, S. (1995). Epidemiology of scapular fractures incidence and classification of 338 fractures. *Acta Orthopaedica Scandinavica*, 66(5), 395–397. <https://doi.org/10.3109/17453679508995571>
  15. Walch, G., Badet, R., Boulahia, A., & Khoury, A. (1999). Morphologic study of the glenoid in primary glenohumeral osteoarthritis. *The journal of arthroplasty*, 14(6), 756–760. [https://doi.org/10.1016/s0883-5403\(99\)90232-2](https://doi.org/10.1016/s0883-5403(99)90232-2)
  16. Constant, C. R., & G. Murley, A. H. (1987). A clinical method of functional assessment of the shoulder. *Clinical orthopaedics and related research*, 214(&NA;), 160–164. <https://doi.org/10.1097/00003086-198701000-00023>
  17. Franceschi, F., Giovannetti de Sanctis, E., Gupta, A., Athwal, G. S., & Di Giacomo, G. (2023). Reverse shoulder arthroplasty: State-of-the-art. *Journal of ISAKOS*, 8(5), 306–317. <https://doi.org/10.1016/j.jisako.2023.05.007>
  18. Lin, C. C., Karlin, E., Boin, M. A., Dankert, J. F., Larose, G., Zuckerman, J. D., & Virk, M. S. (2022). Operative treatment of proximal humeral fractures with reverse total shoulder arthroplasty in patients ≥65 years old. *JBJS Reviews*, 10(5). <https://doi.org/10.2106/jbjs.rvw.21.00245>
  19. Lu, V., Jegatheesan, V., Patel, D., & Damos, P. (2023). Outcomes of acute vs. delayed reverse shoulder arthroplasty for proximal humerus fractures in the elderly: A systematic review and meta-analysis. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 32(8), 1728–1739. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2023.03.006>
  20. Lanzetti, R. M., Gaj, E., Berlinberg, E. J., Patel, H. H., & Spoliti, M. (2022). Reverse total shoulder arthroplasty demonstrates better outcomes than angular stable plate in the treatment of three-part and four-part proximal humerus fractures in patients older than 70 years. *Clinical orthopaedics & related research*, 481(4), 735–747. <https://doi.org/10.1097/corr.0000000000002480>
  21. Lo, E. Y., Nazemi, M., Ouseph, A., Edwards, A. S., Weingast, N., & Krishnan, S. G. (2024). Short-term radiographic outcomes of bone versus metallic augmented, central screw type baseplate in reverse total shoulder arthroplasty: Matched case-control study. *Journal of shoulder and elbow arthroplasty*, 8. <https://doi.org/10.1177/24715492241259470>
  22. Lo, E. Y., Witt, A., Ouseph, A., Montemaggi, P., Garofalo, R., Sanders, A., Majekodunmi, T., Sodl, J., & Krishnan, S. G. (2025). Comparison of early and late aseptic baseplate failure in primary reverse shoulder arthroplasty with and without structural glenoid autograft. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 34(3), 820–827. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2024.05.038>
  23. Maggini, E., Warnhoff, M., Freisleder, F., & Scheibel, M. (2024). Metallic lateralized-offset glenoid reverse shoulder arthroplasty. *JBJS essential surgical techniques*, 14(3). <https://doi.org/10.2106/jbjs.st.23.00067>
  24. Spek, R. W., Hoogervorst, L. A., Brink, R. C., Schoones, J. W., Van Deurzen, D. F., & Van den Bekerom, M. P. (2024). Ten technical aspects of baseplate fixation in reverse total shoulder arthroplasty for patients without glenoid bone loss: A systematic review. *Clinics in shoulder and elbow*, 27(1), 81–100. <https://doi.org/10.5397/cise.2023.00493>
  25. Bodendorfer, B. M., Loughran, G. J., Looney, A. M., Velott, A. T., Stein, J. A., Lutton, D. M., Wiesel, B. B., & Murthi, A. M. (2021). Short-term outcomes of reverse shoulder arthroplasty using a custom baseplate for severe glenoid deficiency. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 30(5), 1060–1067. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2020.08.002>

|                                           |                                           |                                 |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------|
| Стаття надійшла до редакції<br>30.04.2025 | Отримано після рецензування<br>09.05.2025 | Прийнято до друку<br>12.05.2025 |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------|

## SHORT-TERM OUTCOMES OF USING CUSTOM 3D PRINTED BASE PLATES IN REVERSE SHOULDER ARTHROPLASTY FOR PATIENTS WITH GLENOID CAVITY DEFECTS

V. B. Makarov <sup>1,2</sup>, M. O. Korzh <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kharkiv

<sup>2</sup> Municipal non-profit enterprise «City Clinical Hospital № 16» of the Dnipro City Council. Ukraine

✉ Vasyi Makarov, MD, DMSci, PhD in Orthopaedics and Traumatology: vasyimakov2010@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-0936-7039>

✉ Mykola Korzh, MD, Prof. in Traumatology and Orthopaedics: mykola.korzh47@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-0489-3104>



УДК 616.717.5-001.514-001.52-001.6(045)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872025238-42>

## Прояви гетеротопічної осифікації в пацієнтів із переломами головки променевої кістки в поєднанні з вивихами передпліччя

Є. М. Мателенок

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

*Heterotopic ossifications (HO) is one from the negative consequences of the joint injuries, and they are especially significant for fractures and fracture-dislocations of the elbow, reaching 37 %. Objective. To study the frequency of occurrence and form of manifestation of HO in patients with fractures of the radial head (RH) in combination with dislocations of the forearm under the conditions of restoration of the head and the impossibility of its preservation. Methods. The study is based on a retrospective analysis of clinical observation material of 48 patients with dislocations of the forearm in combination with fractures of the RH, among which during surgical treatment in 39 patients the head of the radius was preserved (1<sup>st</sup> group), in 9 patients it was not possible to save the head (2<sup>nd</sup> group). Results. In 9 patients (23 %) of the 1<sup>st</sup> group and in 5 (56 %) of the 2<sup>nd</sup> group for an average period of 6 months, X-ray examination revealed manifestations of HO. Surgical interventions were performed later than 48 hours. It is noteworthy that among patients of the 1<sup>st</sup> group, HO, which caused limitation of the range of motion in the joint, occurred in 2 cases out of 9, that is, in 22 %, and among patients of the 2<sup>nd</sup> group, significantly more often — in 4 out of 5 patients, that is, in 80 % of cases. Differences between these indicators in groups are statistically significant ( $p < 0.05$ ). The functional assessment of the elbow joints by the Mayo Clinic Score in groups was significantly higher in the patients of the 1<sup>st</sup> group —  $(87 \pm 9)$  points compared to  $(49 \pm 16)$  in the patients of the 2<sup>nd</sup> group ( $p < 0.05$ ). Conclusions. In patients with fractures of the RH in combination with dislocations of the forearm in cases of impossibility of preserving the head, the formation of HO in the area of the elbow joint is observed more than twice as often compared to patients with preserved head (56 % vs. 23 %). HO of forms II and III are observed more than three times more often in patients with fractures of the RH in combination with dislocations of the forearm in cases of impossibility of preserving the head compared to cases of its restoration (80 % vs. 22 %). Given the high risk of HO in the elbow joint of patients with fractures of the RH in combination with dislocations of the forearm in case of impossibility of preserving the head, as well as in cases of postponement of the necessary surgical treatment for fractures in the elbow joint, it is necessary to take care of the available measures for the prevention of HO. Keywords. Heterotopic ossifications, elbow joint, fracture dislocation.*

Одним із негативних наслідків травм ліктьового суглоба є гетеротопічна осифікація (ГО), що сягає 37 %. Мета. Вивчити частоту виникнення і форми прояву гетеротопічних осифікатів у пацієнтів і з переломами головки променевої кістки в поєднанні з вивихами передпліччя за умов відновлення головки та неможливості її збереження. Методи. Дослідження базується на ретроспективному аналізі клінічного матеріалу спостереження 48 пацієнтів із вивихами передпліччя разом із переломами головки променевої кістки (ГПК), серед яких у процесі хірургічного лікування у 39 осіб вона була збережена (перша група), у 9 — ні (друга). Результати. У 9 випадках (23 %) першої групи та у 5 (56 %) другої на середній строк 6 міс. під час рентгенологічного обстеження виявлено прояви ГО. Хірургічні втручання їм виконано пізніше 48 годин. Зазначимо, що серед пацієнтів першої групи гетеротопічні осифікати, які обумовлювали обмеження обсягу рухів у суглобі, зафіксовано в 2 випадках із 9, тобто у 22 %, а серед осіб другої групи суттєво частіше — у 4 із 5 хворих, тобто в 80 % випадків. Різниця цих показників у групах статистично значуща ( $p < 0,05$ ). Функціональна оцінка ліктьових суглобів у групах за бальною шкалою клініки Mayo виявилась суттєво вищою в пацієнтів першої групи —  $(87 \pm 9)$  балів проти  $(49 \pm 16)$  другої групи ( $p < 0,05$ ). Висновки. У осіб із переломами ГПК у поєднанні з вивихами передпліччя в разі неможливості збереження головки формування гетеротопічних осифікатів у ділянці ліктьового суглоба діагностовано більш ніж у 2 рази частіше порівняно з хворими зі збереженою головою (56 проти 23 %). Гетеротопічні осифікати II і III форм спостерігаються більш ніж у 3 рази частіше у пацієнтів із переломами ГПК разом із вивихами передпліччя у разі неможливості збереження головки як порівняти з випадками її відновлення (80 проти 22 %). Ураховуючи високий ризик виникнення гетеротопічних осифікатів у ділянці ліктьового суглоба хворих із переломами ГПК у поєднанні з вивихами передпліччя в разі неможливості збереження головки, а також у випадках відтермінування необхідного хірургічного лікування за умов переломовивиху в ліктьовому суглобі, потрібно потурбуватись про доступні заходи профілактики ГО.

**Ключові слова.** Гетеротопічні осифікати, ліктьовий суглоб, переломовивих



## Вступ

Переломи головки променевої кістки (ГПК) складають близько 30 % травм у ділянці ліктьового суглоба [1]. Відомо, що ГПК є одним зі стабілізаторів ліктьового суглоба [2], крім цього, через плече-променеве зчленування передається 60 % осьового навантаження в цьому суглобі [1]. ГПК виконує суттєву роль у нормальному функціонуванні суглоба. На жаль, відновити ушкоджену головку в разі її багатоуламкового перелому вдається не завжди, хоча після створення більш адаптованих до величини уламків нових низькопрофільних пластин ця можливість зросла [3, 4]. У випадках переломів ГПК типу II і навіть типу III (за класифікацією Mason у модифікації Broberg-Morrey [5]), її видалення майже не впливає на функціонування суглоба [6, 7], проте, в разі неможливості виконання операції остеосинтезу багатоуламкових переломів головки, усе більш поширюється використання її ендопротезів [7, 8]. У разі наявності перелому головки IV типу, тобто в поєднанні з вивихом передпліччя, наслідки її видалення проявляються як обмеженням функції, так і щоденним болем у суглобі [9]. Одним із проявів негативних наслідків травм ліктьового суглоба є гетеротопічна осифікація (ГО) [10]. За переломів ГПК III та IV типу виникнення ГО за даними С. S. Fischer зі співавт. досягає 52,1 % [11].

*Мета:* вивчити частоту виникнення та форми прояву гетеротопічних осифікатів у пацієнтів із переломами головки променевої кістки в поєднанні з вивихами передпліччя за умов відновлення головки або неможливості її збереження.

## Матеріал і методи

Проаналізовано клінічні матеріали спостереження 48 пацієнтів із переломами ГПК IV типу без переломів інших кісток ліктьового суглоба, які лікувалися у ДУ «ІПХС ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України» в період 2009–2024 роки. Матеріали роботи розглянуті та ухвалені на засіданні комітету з біоетики та деонтології при ДУ «ІПХС ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України» (протокол № 250 від 10.03.2025 р.). Усі пацієнти підписали поінформовану згоду.

Середній вік хворих склав ( $41 \pm 2$ ) року, 18 чоловіків та 30 жінок. За ознакою збереження ГПК або видалення її уламків виділено дві групи. Першу склали 39 пацієнтів (16 чоловіків і 23 жінки), середній вік ( $45 \pm 2$ ) року (від 18 до 70), яким у процесі хірургічного втручання проведено усунення вивиху та відновлення ГПК. Другу групу склали 9 осіб (2 чоловіків і 7 жінок), середній вік

( $40 \pm 3$ ) років (від 27 до 52), у яких виконання остеосинтезу головки променевої кістки не було можливим, тобто головка не збережена. У 14 пацієнтів із 48 за рентгенологічного обстеження виявлені прояви ГО. У них оцінювали наявність та інтенсивність больових відчуттів, орієнтуючись на показники за Mayo Elbow Performance Index (MEPI) [5]: відсутність (0), незначний (1), помірний (2) та сильний (3) біль. Також вивчалась присутність і ступінь прояву нестабільності ліктьового суглоба за такими критеріями: наявність надмірної амплітуди рухів вальгус/варус (за розігнутого положення передпліччя) до  $10^\circ$  характеризували як нестабільність 1-го ступеня;  $>10^\circ$  — 2-го. ГО оцінювали з урахуванням запропонованих декількома авторами рентгенологічних характеристик осифіката і зменшенню обсягу рухів у ліктьовому суглобі [12, 13], за якими виділяли відповідно три форми:

I (легка) — обмеження амплітуди рухів  $< 30^\circ$ ;

II (помірна) —  $\geq 30^\circ$  (II А — згинально-розгинальних, II В — ротаційних, II С — обидва варіанти);

III (важка) — наявність кісткового анкілозу (III А — плече-ліктьового зчленування, III В — проксимального променево-ліктьового зчленування, III С — обох зчленувань).

Також фіксували обсяг рухів у суглобі та визначали інтегральне оцінювання функції кінцівки, використовуючи систему MEPI. Дані про стать, вік, наявність ГО та їхню форму, наявність і ступінь нестабільності суглоба, амплітуду рухів у ньому, оцінювання його функції за MEPI, а також строк тестування стану суглоба від моменту травми в цих 14 пацієнтів наведено в таблицях 1 та 2 відповідно до їх групової приналежності.

Для виявлення статистичної значущості різниці частотних величин використано метод розрізнення між двома пропорціями та Mann-Whitney U test для незалежних вибірок у програмі «Statistica».

## Результати та їх обговорення

Рентгенологічне та функціональне вивчення стану ліктьових суглобів пацієнтів проведено в строки від 5 до 9 міс. (через ( $6,5 \pm 0,4$ ) міс. у першій групі та через ( $6,2 \pm 0,4$ ) у другій). Серед 48 осіб ГО виявлені у 14 (29 %): 9 випадків із 39 — представники першої групи, тобто зі збереженою ГПК, що складало 23 %, 5 із 9 тобто 56 % другої групи, де головку не вдалось зберегти. Різниця показників відносної частоти спостереження ГО у групах статистично значуща ( $p < 0,05$ ).

О. А. Пахі зі співавт. [14] повідомляють, що за інших схожих умов у пацієнтів з ушкодженнями ліктьового суглоба, яким хірургічне втручання виконували пізніше 48 год після травми, ГО, які обумовлюють обмеження обсягу рухів у суглобі, спостерігали у 33 % випадків, а якщо раніше цього строку — 0 %. У 14 осіб з ГО з нашого дослідження, через різні обставини, втручання були виконані пізніше 48 год, ГО II та III форми реструувались у 6 випадках, що склало 42,8 %, причому із 9 хворих першої групи у 2 випадках — 22 %, а серед пацієнтів другої групи суттєво частіше — у 4 із 5, тобто у 80 %. Різниця цих показників частоти виникнення більш важких форм ГО в групах мають статистично значущий характер ( $p < 0,05$ ).

Обмеження рухів у суглобі неможливо однозначно пов'язати лише з наявністю ГО, не беручи до уваги інші чинники (фібротизація капсули та зв'язкових утворень, стан м'язів, пов'язаних із функціонуванням суглоба й ін.). Так, на рис. 1 наведено рентгенограми ліктьового суглоба пацієнта першої групи (випадок № 9), на яких видно, що величина осифікатів, їх розташування та зміна

локації зі зміною кута між плечем і передпліччям не дозволяють зробити упевнений висновок, що саме вони є основною причиною наявного обмеження рухів, тому логічно відносити ці осифікати до легкої форми (I).

На рис. 2 подано рентгенограми ліктьового суглоба пацієнта першої групи (випадок № 4) після досягнення консолидації головки через 7 міс. із моменту травми, на яких спостерігається компактний осифікат значного розміру, розташований у зоні вінцевого відростка ліктьової кістки. Він не має явного відношення до проксимального променево-ліктьового зчленування. Така рентгенологічна картина є підґрунтям вважати, що це гетеротопічне утворення дійсно є основною причиною обмеження саме згинально-розгинальних рухів, тобто відноситься до ГО форми II А.

У хворих другої групи рентгенологічно ГО форми II відрізнялись значнішою поширеністю як порівняти з осифікатами в пацієнтів першої групи.

На рис. 3 наведено рентгенограми ліктьового суглоба хворого другої групи (випадок № 4) через 7 міс. після усунення вивиху передпліччя та видалення уламків ГПК через неможливість остеосинтезу.

Таблиця 1

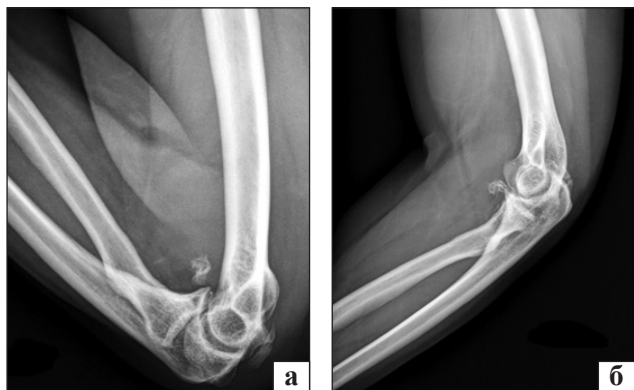
Дані пацієнтів першої групи з наявністю ГО

| №     | Стать | Вік (рік) | Біль | Нестабільність | ГО (форма) | Обсяг рухів (градуси) |                    | Оцінка функції суглоба (бал) | Строк із моменту травми (міс) |
|-------|-------|-----------|------|----------------|------------|-----------------------|--------------------|------------------------------|-------------------------------|
|       |       |           |      |                |            | розгинання/згинання   | супінація/пронація |                              |                               |
| 1     | ж     | 70        | 1    | —              | I          | 0/20/120 (100)        | 55/0/60 (115)      | 85                           | 6                             |
| 2     | ж     | 55        | 1    | —              | I          | 0/5//125 (120)        | 65/0/65 (130)      | 85                           | 6                             |
| 3     | ж     | 50        | —    | —              | I          | 0/5/120 (115)         | 65/0/75 (140)      | 100                          | 6                             |
| 4     | м     | 45        | —    | —              | IIA        | 0/20/115 (95)         | 75/0/75 (150)      | 95                           | 7                             |
| 5     | ж     | 48        | 1    | —              | I          | 0/45/110 (65)         | 5/0/5 (10)         | 80                           | 5                             |
| 6     | м     | 20        | —    | —              | IIIB       | 0/50/95 (45)          | 0/5/5 (0)          | 75                           | 7                             |
| 7     | м     | 50        | —    | —              | I          | 0/10/125 (115)        | 75/0/75 (150)      | 100                          | 7                             |
| 8     | ж     | 49        | 1    | —              | I          | 0/5/120 (115)         | 65/0/65 (130)      | 85                           | 6                             |
| 9     | м     | 37        | 1    | —              | I          | 0/50/125 (75)         | 75/0/70 (145)      | 80                           | 9                             |
| Разом |       | 48 ± 7    | —    | —              | —          | 94 ± 9                | 108 ± 20           | 87 ± 3                       | 6,5 ± 0,4                     |

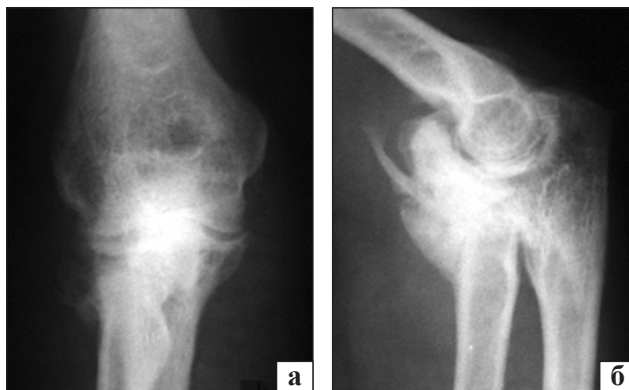
Таблиця 2

Дані пацієнтів другої групи з наявністю ГО

| №     | Стать | Вік (рік) | Біль | Нестабільність | ГО (форма) | Обсяг рухів (градуси) |                    | Оцінка функції суглоба (бал) | Строк із моменту травми (міс) |
|-------|-------|-----------|------|----------------|------------|-----------------------|--------------------|------------------------------|-------------------------------|
|       |       |           |      |                |            | розгинання/згинання   | супінація/пронація |                              |                               |
| 1     | ж     | 50        | 1    | 1              | I          | 0/25/120 (95)         | 55/0/45 (100)      | 75                           | 6                             |
| 2     | ж     | 46        | 1    | 1              | IIA        | 0/45//95 (50)         | 45/0/45 (90)       | 45                           | 7                             |
| 3     | ж     | 43        | 1    | 1              | IIA        | 0/40/105 (65)         | 65/0/60 (125)      | 45                           | 5                             |
| 4     | ж     | 45        | 1    | —              | IIC        | 0/38/58 (20)          | 5/0/5 (10)         | 30                           | 7                             |
| 5     | м     | 52        | —    | —              | IIIC       | 0/55/55 (0)           | 0/10/10 (0)        | 50                           | 6                             |
| Разом |       | 47 ± 2    | —    | —              | —          | 46 ± 17               | 65 ± 25            | 49 ± 7                       | 6,2 ± 0,4                     |



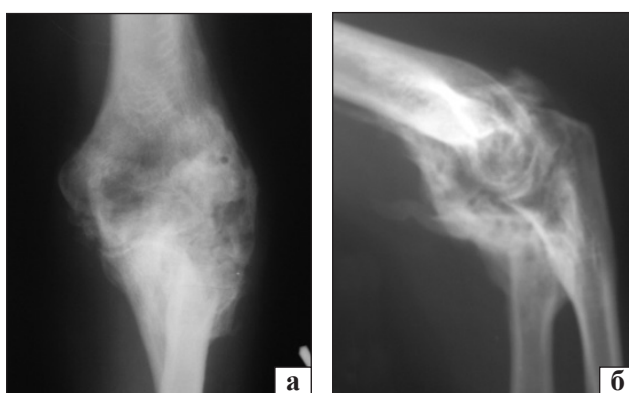
**Рис. 1.** Рентгенограми ліктьового суглоба пацієнта першої групи в бічній проєкції в положенні максимального згинання (а) та розгинання (б), ГО легкої форми (I)



**Рис. 3.** Рентгенограми ліктьового суглоба пацієнтки другої групи в прямій (а) і бічній (б) проєкціях із наявністю ГО форми II С



**Рис. 2.** Рентгенограми ліктьового суглоба пацієнта першої групи в прямій (а) та бічній (б) проєкціях після видалення фіксаторів із проксимального відділу променевої кістки, ГО форми II А



**Рис. 4.** Рентгенограми ліктьового суглоба пацієнта другої групи в прямій (а) та бічній (б) проєкціях, гетеротопічна осифікація форми III С

Рентгенограми демонструють картину ГО форми II С — щільний, значних розмірів осифікат займає простір, необхідний для переміщень кісткових суглобових утворень, і тому є очевидною причиною обмеження згинально-розгинальних і ротаційних рухів передпліччя.

Найбільш важка форма ГО (III) спостерігалась в обох групах. На рис. 4 подано рентгенограми ліктьового суглоба (випадок № 5) через 6 міс. після усунення вивиху передпліччя та видалення уламків ГПК через неможливість остеосинтезу. Осифікат зрілої структури формує між кістковими утвореннями суглоба кістковий міст, який повністю блокує згинально-розгинальні та ротаційні рухи передпліччя.

У 3-х випадках серед хворих другої групи спостерігали легкий ступінь нестабільності ліктьових суглобів у фронтальній площині, причому і за наявності в 2-х осіб ГО форми II А. Незначний непостійний біль у цій ділянці на момент оцінювання найближчих результатів відмічали 55 % пацієнтів першої групи та 60 — другої. Як свідчать дані роботи О. О. Коржа [15], не встанов-

лено залежності виникнення ГО від віку або статі хворих. Беручи до уваги схожість пацієнтів у групах за характером ушкоджень, можна припустити, що різниця в збереженні та відсутності ГПК становить основну причину розбіжності в частоті формування ГО та ступеня її прояву, що відбилося і на результатах оцінювання функціональних можливостей ліктьових суглобів у групах за бальною шкалою клініки Mayo. Ці показники виявились суттєво вище у першій групі —  $(87 \pm 9)$  проти  $(49 \pm 16)$  у хворих другої групи ( $p < 0,05$ ).

Таким чином, відсутність ГПК за умов значного ушкодження м'якотканинних утворень ліктьового суглоба, що відбувається в процесі вивиху передпліччя, припускає зниження ступеня його стабільності, що, напевно, позначається на частоті та характері формування ГО в цій ділянці. Поєднання декількох негативних чинників, у тому числі відтерміноване хірургічне втручання (більше 48 год після травми) та зниження ступеня стабільності ушкодженого суглоба, призводить до більш вираженої та важкої форми ГО.

## Висновки

У пацієнтів із переломами головки променевої кістки в поєднанні з вивихами передпліччя у випадках неможливості збереження головки формування гетеротопічних осифікатів у ділянці ліктьового суглоба спостерігається більш ніж у два рази частіше порівняно з хворими зі збереженою головою (56 проти 23 %).

Гетеротопічні осифікати II і III форм діагностуються більш ніж у три рази частіше в пацієнтів із переломами головки променевої кістки у поєднанні з вивихами передпліччя в разі неможливості збереження головки як порівняти з випадками її відновлення (80 проти 22 %).

Ураховуючи високий ризик виникнення гетеротопічних осифікатів у ділянці ліктьового суглоба хворих із переломами головки променевої кістки в поєднанні з вивихами передпліччя в разі неможливості збереження головки, а також у випадках відтермінування необхідного хірургічного лікування в разі переломовивихів у ліктьовому суглобі, потрібно потурбуватись про доступні заходи профілактики ГО.

**Конфлікт інтересів.** Автор декларує відсутність конфлікту інтересів.

**Перспективи подальших досліджень.** Наведені дані можуть бути використані травматологами-ортопедами для зменшення кількості виникнення таких ускладнень та зниження ступені їх прояву.

**Інформація про фінансування.** Жодних вигод у будь-якій формі не було і не буде отримано.

**Внесок автора.** Обґрунтування доцільності дослідження, виконання вибірки клінічного матеріалу, проведення його аналізу та оформлення результатів дослідження проведено автором одноосібно.

## Список літератури

- Burkhart, K. J., Wegmann, K., Müller, L. P., & Gohlk, F. E. (2015). Fractures of the radial head. *Hand Clinics*, 31(4), 533–546. <https://doi.org/10.1016/j.hcl.2015.06.003>
- Wegmann, K., Dargel, J., Burkhart, K. J., Brüggemann, G. P., & Müller, L. P. (2012). The Essex-Lopresti lesion. *Strategies in Trauma and Limb Reconstruction*, 7, 131–139. <https://doi.org/10.1007/s11751-012-0149-0>
- Meacher, H., Hermena, S., & Isaac, S. (2020). Open reduction and internal fixation versus radial head arthroplasty for mason III radialhead fractures: appraising the current literature evidence. *Cureus*, 12(4), e7501. <https://doi.org/10.7759/cureus.7501>
- Helmstetter, T., Maniglio, M., Fornaciari, P., Tannast, M., & Vial, P. (2024). Open reduction and internal fixation of modified Mason type III/IV radial head fractures with more than three fragments: an analysis of the clinical outcome and reoperation rate. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*, 34, 1121–1130. <https://doi.org/10.1007/s00590-023-03772-y>
- Broberg, M. A., & Morrey, B. F. (1987). Resultsof treatment of fracture-dislocationsof theelbow. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 216, 109–119. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3102139/>
- Antuña, S. A., Sánchez-Márquez, J. M., & Barco, R. (2010). Long-term results of radial head resection following isolated radial head fractures in patients younger than forty years old. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 92-A(3), 558–566. <https://doi.org/10.2106/JBJS.I.00332>
- Kumar, P., Jindal, K., Rajnish, R. K., Patel, S., Sharma, S., Kumar, V., & Aggarwal, S. (2022). Excision Versus Replacement in Unreparable Comminuted Fractures of the Radial Head: A Systematic Review of Outcomes and Complications. *Indian Journal of Orthopedics*, 56(8), 1305–1315. <https://doi.org/10.1007/s43465-022-00645-0>
- Songy, C. E., Kennon, J. D., Sanchez-Sotelo, J., O'Driscoll, S. W., & Morrey, M. E. (2021). Radial head replacement for acute radial head fractures: outcome and survival of three implant designs with and without cement fixation. *Journal of Orthopaedic Trauma*, 35(6), e202–e208. <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000001983>
- Herbertsson, P., Josefsson, P. O., Hasselius, R., Besjakov, J., Nyqvist, F., & Karlsson, M. K. (2004). Fractures of the radial head and neck treated with radial head excision. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 86-A(9), 1925–1930. <https://doi.org/10.2106/00004623-200409000-00010>
- Wahl, E. P., Casey, P. M., Risoli, T. J., Green, C. L., Richard, M. J., & Ruch, D. S. (2021). Heterotopic ossification formation after fractures about the elbow. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*, 31(6), 1061–1067. <https://doi.org/10.1007/s00590-020-02855-4>
- Fischer, C. S., Porsche, J., Leyder, D., Schüll, D., Histing, T., & Ziegler, P. (2025). Heterotopic ossification following severe radial head fractures: Clinical outcome and associated factors. *Joint Diseases and Related Surgery*, 36(1), 47–55. <https://doi.org/10.52312/jdrs.2025.1992>
- Foruria, A. M., Lawrence, T. M., Augustin, S., Morrey, B. F., & Sanchez-Sotelo, J. (2014). Heterotopic ossification after surgery for distal humeral fractures. *The Bone & Joint Journal*, 96-B(12), 1681–1687. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.96B12.34091>
- Hastings, H. 2<sup>nd</sup>, & Graham, T. J. (1994). The classification and treatment of heterotopic ossification about the elbow and forearm. *Hand Clinics*, 10, 417–437. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7962148/>
- Ilahi, O. A., Strausser, D. W., & Gabel, G. T. (1998). Post-traumatic heterotopic ossification about the elbow. *Orthopedics*, 21(3), 265–268. <https://doi.org/10.3928/0147-7447-19980301-09>
- Korzh, A. A. (1963). Heterotopic traumatic ossifications. MEDGIZ. (in russian)

|                                           |                                           |                                 |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------|
| Стаття надійшла до редакції<br>28.02.2025 | Отримано після рецензування<br>21.05.2025 | Прийнято до друку<br>23.05.2025 |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------|

## MANIFESTATIONS OF HETEROTOPIC OSSIFICATION IN PATIENTS WITH RADIAL HEAD FRACTURES COMBINED WITH FOREARM DISLOCATIONS

Ye. M. Matelenok

Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kharkiv

✉ Ye Matelenok, MD, DMSci, PhD in Orthopaedics and Traumatology: mate.evgeny@gmail.com



УДК 616.728.3:616.758]-089.844(045)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872025243-51>

## Критичні параметри розташування каналів під час пластики передньої схрещеної зв'язки: ретроспективний МРТ-аналіз

О. О. Коструб<sup>1</sup>, П. В. Дідух<sup>1</sup>, І. М. Нікіфорова<sup>2</sup>,  
І. А. Засаднюк<sup>1</sup>, Р. І. Блонський<sup>1</sup>, В. А. Подік<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup> Діагностичний центр М24, Київ, Україна

*Anterior cruciate ligament (ACL) rupture is one of the most common knee injuries requiring surgical intervention. The increasing number of revision surgeries indicates the potential presence of technical errors during primary reconstruction, emphasizing the importance of outcome analysis and careful surgical planning. MRI remains the gold standard not only for diagnosing ACL injuries and associated lesions, but also for evaluating postoperative changes. Objective. To assess MRI-based measurements of femoral and tibial tunnel inclination and entry point location as potential technical causes of ACL graft failure. Methods. A retrospective analysis was conducted on 105 knee MRI scans from patients following primary ACL reconstruction. The parameters evaluated included femoral and tibial tunnel inclination angles on coronal views, femoral tunnel entry point using a modified Bernhard and Hertel method, and tibial tunnel entry point assessed via the Amis and Jacob line. Results. A femoral tunnel angle within the 30°–50° range was found in 63 % of cases, with the optimal range of 32°–39° observed in 21 %. In 16 % of cases, the angle exceeded 50°, and in 3 % it was less than 17°. The femoral tunnel entry point fell within the normal range in 46 % of cases, while in 42 cases it was located outside the defined measurement rectangle. Tibial tunnel position on sagittal projection was anatomically correct in 38 % of cases, anteriorly displaced in 21 %, and posteriorly displaced in 41 %. The optimal tibial tunnel inclination angle ( $\geq 65^\circ$ ) was found in 61 % of cases. Graft integrity was preserved in 24 % of cases with posterior tibial tunnel positioning, and in only 6 % with anterior placement. Conclusions. Technical errors in tunnel formation are a common cause of ACL graft failure. Accurate determination of the tunnel entry point is the most critical factor, while tunnel angle plays a secondary, yet diagnostically valuable, role. These findings highlight the need for meticulous planning, including the use of MRI and intraoperative navigation techniques to optimize tunnel placement. Keywords. Anterior cruciate ligament (ACL), MRI, bone tunnels, graft.*

Розрив передньої схрещеної зв'язки (ПСЗ) — одна з найпоширеніших травм колінного суглоба. Зростання кількості ревізії-них операцій свідчить про можливі технічні помилки під час первинної реконструкції, що актуалізує необхідність аналізу результатів і ретельного планування. Магнітно-резонансна томографія (МРТ) є «золотим стандартом» у діагностиці як розривів ПСЗ, так і супутніх ушкоджень, а також ефективним інструментом для вивчення післяопераційних змін. Мета. Оцінити показники нахилу та розташування феморального та тибіального каналів за допомогою МРТ для виявлення можливих технічних причин ушкодження трансплантата ПСЗ. Методи. Проведено ретроспективний аналіз 105 МРТ обстежень колінного суглоба в пацієнтів після первинної пластики ПСЗ. Вимірювались: кут нахилу феморального і тибіального каналів у коронарній проєкції, положення точки входу феморального каналу. Результати. Кут нахилу стегнового каналу в межах 30°–50° виявлено у 63 % випадків, оптимальні 32°–39° — у 21 %. У 16 % пацієнтів він перевищував 50°, у 3 — менше 17°. Точка входу феморального каналу відповідала нормі в 46 % осіб, у 42 випадках спостерігалось розташування феморального каналу поза межами вимірюваного прямокутника. Положення тибіального каналу на сагітальній проєкції зберігало анатомічну межу в 38 % обстежень; у 21 він був зміщений допереду, у 41 — дозадю. Кут нахилу тибіального каналу був оптимальним ( $\geq 65^\circ$ ) у 61 % випадків. За заднього розташування каналу трансплантат зберігався у 24 % випадків, за переднього — у 6. Висновки. Поширеність технічних помилок під час формування кісткових каналів може бути причиною ушкодження трансплантата. Найкритичнішим є правильне визначення точки входу каналів, тоді як кут нахилу відіграє другорядну роль, проте є маркером технічної похибки. Результати підкреслюють необхідність ретельного планування, зокрема з використанням МРТ і додаткових методик навігації під час операції.

**Ключові слова.** Передня схрещена зв'язка, МРТ, кісткові канали, трансплантат

## Вступ

Розрив передньої схрещеної зв'язки (ПСЗ) — найчастіша травма зв'язок у колінному суглобі. Річна захворюваність лише в Сполучених Штатах становить приблизно 1 на 3 500 осіб і потребує 400 000 реконструкцій ПСЗ щорічно [1]. Інформація обмежена відсутністю будь-якого стандартного механізму епідеміологічного нагляду за загальним населенням і може бути не точною. Загалом наявні дані свідчать про те, що часто-та розривів ПСЗ зростає в пацієнтів різного віку протягом останніх десятиліть [2–10]. Відповідно збільшується й частота ревізійних реконструкцій [11]. Хоча літературні джерела не є однотайними щодо здатності реконструкції ПСЗ попередити посттравматичний остеоартроз (ОА), проте деякі дослідження знаходять докази кращої стабільності та запобігання подальшого ураження менісків і хряща після реконструкції ПСЗ [12–14]. Частота ревізійної реконструкції ПСЗ (РРПСЗ) коливається від 6–12 % за твердженням одних авторів [15] і до 20–25 % [16, 17] інших.

РРПСЗ призводить до гірших функціональних результатів ніж первинна (ПРПСЗ) [18]. Серед додаткових проблем пов'язаних із ревізією — подовження часу відновлення, триваліша втрата працездатності та більші економічні витрати, особливо в разі 2-етапних ревізій. Саме тому постає важливим питання планування ревізійної реконструкції та можливості проведення одностайної ревізії, бо ця техніка приводить до кращих результатів [19–21].

За травм ПСЗ візуалізація за допомогою магнітно-резонансної томографії (МРТ) є якісним інструментом для підтвердження ушкодження та діагностики супутніх травм. Проте МРТ також корисне для встановлення постопераційних змін після проведеної раніше ПРПСЗ і подальшого планування РРПСЗ.

**Мета:** визначити основні показники, які можна виявити на магнітно-резонансній томографії для планування подальшої тактики лікування в пацієнтів з ушкодженням трансплантата, також проаналізувати технічні чинники, які призводять до його ушкодження.

## Матеріал і методи

Проаналізовано результати МРТ-досліджень у пацієнтів із проведеною раніше ПРПСЗ. Обстеження здійснено на базі «Діагностичний центр М24», м. Київ із 2014 по 2024 р. Дослідження виконано з дотриманням етичних принципів,

включаючи положення Гельсинської декларації (2000 р.) та відповідного законодавства України.

Робота базується виключно на анонімізованих МРТ-даних, отриманих із дотриманням етичних вимог і без можливості ідентифікації осіб. Усього було вивчено 105 МРТ-обстежень пацієнтів із виконаною первинною реконструкцією ПСЗ і незадовільним, за даними МРТ, результатом із точки зору інтеграції трансплантата. Вік хворих становив ( $36 \pm 1$ ) років. До протоколу дослідження входили МРТ-знімки, а також висновки МРТ-обстеження. Вимірювались: кут нахилу феморального і тібіального каналів у коронарній проекції, положення точки входу феморального каналу за адаптованим методом Bernhard and Hertel, точка входу тібіального каналу за лінією Amis і Jacob. Усі обрахунки проводились за допомогою програмного забезпечення для перегляду МРТ-знімків (RadiAnt DICOM Viewer). Вимірювання заносились до таблиці Excel, після чого здійснювали статистичний аналіз даних. Додатково визначались кут нахилу латерального плато, площа ямки стегнової кістки, міграція та неспроможність фіксаторів, супутні ушкодження менісків.

*Коронарна проекція, кут нахилу стегнового каналу*

За анатомічної однопучкової реконструкції ПСЗ, феморальний тунель повинен бути розташований у місці кріплення нативної ПСЗ. Коректне розташування точки входу тунелю та його нахил мають принципове значення для кращого клінічного результату. Оптимальним вважається кут нахилу на прямій проекції в різних джерелах близько  $32^\circ$ – $39^\circ$  [22, 23]. Він забезпечує достатню довжину каналу для фіксації зв'язки, проте кут менше  $32^\circ$  також прийнятний. Але потрібно пам'ятати — чим довший канал, тим більша ймовірність його розширення після операції, що може привести до нестабільності трансплантата та його інтеграції. Також кут нахилу каналу опосередковано може вказувати на невірно визначену точку входу. Кут менше  $17^\circ$  може спричинити вертикалізацію зв'язки та відповідно нестабільність. Занадто гострий кут може призвести до недостатньої довжини каналу для фіксації зв'язки. Вимірювання виконувалося на коронарній проекції, на зрізі з найоптимальнішою візуалізацією каналу, між лінією, яка була проведена через середину діафізу стегнової кістки та лінією, проведеною через феморальний тунель.

Діапазон від  $30^\circ$  до  $50^\circ$  можна вважати хорошим результатом. У проведеному дослідженні

кут нахилу стегнового каналу в діапазоні від 30° до 50° був у 63 % обстежених. У 37 % кут нахилу стегнового каналу був поза межами оптимального діапазону. У таблиці 1 наведено кути та відсоткове співвідношення серед 105 МРТ-обстежень.

*Точка входу стегнового каналу на сагітальній проєкції*

За умов анатомічної однопучкової пластики зв'язки місце входу стегнового каналу повинно розташовуватись у місці кріплення нативної ПСЗ. Для визначення правильності його розташування найчастіше застосовують метод Bernhard and Hertel, за якого на рентгенівський або знімок комп'ютерної томографії наноситься прямокутник із сіткою. Основною лінією, яка його формує, є лінія Блюменсаата, дотична до даху міжвиросткової ямки. Далі до цієї лінії утворюємо паралельну дотичну нижнього краю латерального виростка. Після чого проводиться перпендикуляр до попередніх двох ліній по задньому краю латерального виростка та перпендикуляр по передньому його краю. Отриманий прямокутник оцінюють за двома напрямками — задньо-передньому та верхньо-нижньому і розділяють рівномірно сіткою 5 × 10 мм. Оптимальним розташуванням у задньо-передньому напрямі вважається 27 %, у верхньо-нижньому — 34 % [24, 25].

У нашому дослідженні ми адаптували метод Bernhard and Hertel для МРТ-знімків і вимірювали відстані в мм та проводили вирахування у відсотках шляхом складання стандартної пропорції. Для візуалізації точки входу були співставлені коронарна, сагітальна та аксіальна проєкції.

У разі виконання анатомічної однопучкової пластики ПСЗ, трансплантат повинен забезпечувати передньо-задню та ротаційну стабільність. Тому розташування точки входу стегнового каналу є надзвичайно важливим, адже відхилення від анатомічного може призводити до нестабільності в певному діапазоні рухів, обмеження рухів та ушкодження трансплантата. Оптимальним розташуванням раніше вважалось 24 % в задньо-передньому напрямі та 28 у верхньо-нижньому [24]. Проте в останніх анатомічних дослідженнях

середнім значенням вважається 27 % для задньо-переднього та 34 % для верхньо-нижнього напрямку [24, 25]. У спостереженні, урахувавши похибку, прийнято оптимальний діапазон у 20–30 % для задньо-переднього напрямку та 28–38 % для верхньо-нижнього.

У 42 випадках хоча б один показник дорівнював 0, тобто виходив за межі прямокутника та становить 44 % від загальної кількості. У 25 % осіб у задньо-передньому напрямку розташування каналу було в межах 20–30 %, у верхньо-нижньому — в 34 % пацієнтів на рівні 28–38 %. Проте лише у 44-х випадках розташування каналу в обох напрямках відповідало оптимальним межах, що дорівнює 46 % (табл. 2).

Розміщення точки входу феморального каналу є критично важливим кроком для успішного проведення реконструкції ПСЗ, адже значна похибка може призвести до негативного результату.

*Положення тібіального тунелю на сагітальній проєкції*

Розташування гомілкового тунелю на сагітальній проєкції повинне бути локалізоване за лінією Блюменсаата. Найчастіше застосованим методом вимірювання його позиції є лінія Amis і Jacob, яка проходить через найширшу частину заднього кута медіального великогомілкового плато, паралельно медіальній лінії суглоба [24]. Центр тунелю в ідеалі повинен бути розташований в 43 % від усієї сагітальної відстані плато великогомілкової кістки, вимірною від переднього краю великогомілкової. МРТ-вимірювання нативної ПСЗ коливаються від 27 до 60 % в одних дослідженнях [24, 26] та від 28 до 63 % в інших [27].

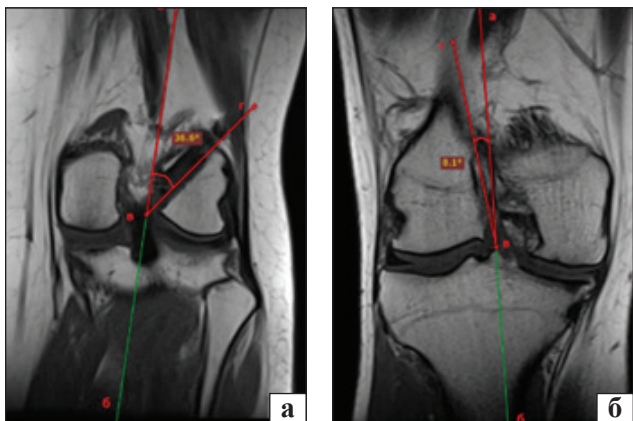
Для вимірювання розташування точки входу тібіального каналу вибирається проєкція, на якій канал найкраще видно та проводиться лінія Amis і Jacob. Першою визначають відстань від переднього краю великогомілкової кістки до переднього краю тунелю. Далі виконуємо ті самі дії для середини тунелю і його заднього краю. Дані оцінюємо у відсотках шляхом складання пропорцій.

Серед усіх пацієнтів тібіальний канал був розташований в передній точці менше ніж на 28 % у 21 % випадків. Цей показник може свідчити про те, що у цих осіб розташування великогомілкового каналу за лінією Блюменсаата. Воно призводить до імпіджменту з дахом міжвиросткової ямки та розвитку «циклоп-синдрому». У 19 пацієнтів із 20 зруйновано трансплантат ПСЗ, і в 1 випадку ознаки «циклоп-синдрому» й ушкодження трансплантата.

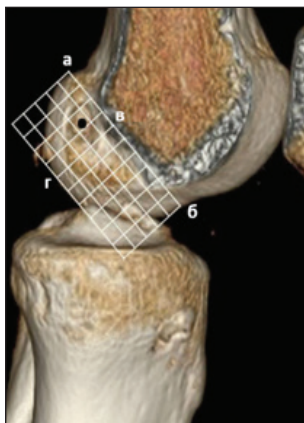
Таблиця 1  
Кут нахилу феморального каналу  
на коронарній проєкції

|                                      |      |       |       |       |      |
|--------------------------------------|------|-------|-------|-------|------|
| Кут нахилу (референтні значення) (°) | ≤ 17 | 17–32 | 32–39 | 39–50 | ≥ 50 |
| К-сть обстежень (%)                  | 3    | 30    | 21    | 30    | 16   |





**Рис. 1.** Вимірювання кута нахилу стегнового каналу на коронарній проекції: а) кут оптимальний і дорівнює 36,6°; б) кут надто вертикальний і дорівнює 8,1°. Лінія а-б проведена через середину діафізу стегнової кістки; лінія б-г проведена через феморальний канал; авг — кут нахилу каналу



**Рис. 2.** Метод Bernhard and Hertel, сітка 5 x 10 мм на КТ-зображенні для визначення точки входу стегнового каналу. Відстань а-б — задньо-передній напрям; в-г — верхньо-нижній; чорна позначка — точка входу стегнового каналу, яка знаходиться приблизно в 30 % в задньо-передньому напрямку та 27 у верхньо-нижньому

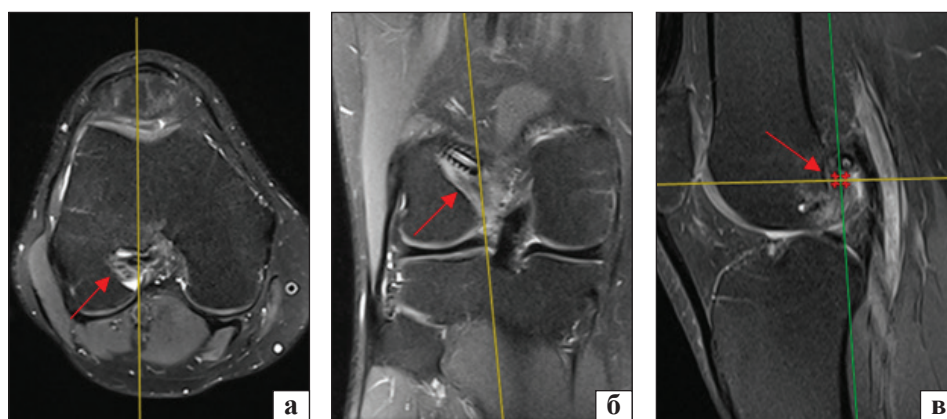
У 39 осіб розташування каналу в задній його точці було більше ніж 63 %, якщо він знаходиться занадто дозадю плато, може призвести до ротаційної нестабільності колінного суглоба (табл. 3).

*Вимірювання відстані точки входу тібіального каналу*

На рис. 6 канал розташований у передній точці в 59 % та в задній в 73 %. Показники свідчать про занадто заднє розташування каналу та вертикальне трансплантата.

*Вимірювання нахилу великогомілкового каналу в коронарній проекції*

Кут нахилу тібіального каналу є принциповим для транстібіальної техніки пластики передньої схрещеної зв'язки і повинен бути в межах 65°–70° [28]. Для анатомічної техніки пластики ПСЗ він не такий принциповий, адже від нього не залежить проведення стегнового каналу. Проте, якщо кут нахилу буде замалим через анатомічні особливості плато великогомілкової кістки, довжина каналу може бути занадто короткою. Недостатня довжина каналу може ускладнити фіксацію трансплантата, особливо це стосується інтерферентних гвинтів, а також невірному розміщенню точки входу каналу. Чим гостріший кут, тим овальнішою, а не круглою буде точка виходу, адже існує пряма залежність від кута нахилу до форми виходу тібіального каналу [29]. У таблиці 4 показано залежність діаметра точки входу каналу від кута нахилу.



**Рис. 3.** Співставлення проекцій для визначення точки входу стегнового каналу. а — аксіальна: стрілкою вказано де візуалізується феморальний канал у крайньому зрізі, лінія проекції сагітального зрізу; б — коронарна: стрілкою вказано візуалізацію феморального каналу в крайньому зрізі, лінія проекції сагітального зрізу; в — сагітальна, стрілкою вказано на коло, точка входу стегнового каналу, яка знаходиться на перетині ліній коронарної й аксіальної проекцій

Таблиця 2

Дані вимірювання точки входу феморального каналу за адаптованою для МРТ методикою Bernhard and Hertel

| Напрям                  | Задньо-передній |      |       |      | Верхньо-нижній |      |       |      |
|-------------------------|-----------------|------|-------|------|----------------|------|-------|------|
| Референтні значення (%) | 0               | < 20 | 20–30 | > 30 | 0              | < 28 | 28–38 | > 38 |
| К-сть обстежень (%)     | 11              | 4    | 25    | 60   | 34             | 19   | 34    | 13   |



Якщо місце виходу тібіального каналу буде овальним, це може призвести до розширення каналу та недостатнього прилягання трансплантата, що ускладнить його інтеграцію. Згідно з дослідженнями, найправильнішим кутом нахилу каналу є  $\geq 65^\circ$  [30–34].

Кут нахилу великогомілкового каналу вимірювався наступним чином: обиралась проєкція, де найкраще візуалізується початок каналу в колінному суглобі та його довжина, проводилась лінія паралельна плато великогомілкової кістки, до лінії плато утворювали лінію по ходу тібіального каналу, вимірювали кут між цими двома лініями. Якщо відстань була недостатньою для вірного вимірювання кута, лінія по ходу каналу виставлялась проєкційно. Із 105 МРТ-досліджень у 61 % випадків — кут нахилу  $\geq 65^\circ$  (прийнято за оптимальний), у 39 —  $< 65^\circ$ .

## Результати

У 63 % випадків кут нахилу стегового каналу на коронарній проєкції перебував у прийнятному діапазоні  $30^\circ$ – $50^\circ$ , причому найоптимальніші значення ( $32^\circ$ – $39^\circ$ ) спостерігалися у 21 %. У 3 % випадків кут менший за критичний (менше  $17^\circ$ ), тоді як у 16 % — перевищував  $50^\circ$ . Точка входу феморального каналу відповідала оптимальним межах у 46 % обстежень, тоді як у 42 випадках вона виходила за межі прямокутника на сагітальній проєкції.

Щодо тібіального каналу, його положення на сагітальній проєкції відповідало анатомічним межах у 38 % випадків, у 21 він був зміщений до переду, а в 41 — до задку. За заднього розташування

трансплантат зберігався у 24 % обстежень, а переднього — лише у 6 %. Кут нахилу тібіального каналу на коронарній проєкції перебував у межах норми у 61 % досліджень.

Отримані результати свідчать про поширені технічні відхилення під час формування каналів за пластики ПСЗ, що може впливати на успішність інтеграції трансплантата.

## Обговорення

Результати нашого дослідження підтверджують важливу роль точного формування феморального та тібіального каналів під час пластики ПСЗ. Зокрема, виявлено відхилення в кутах нахилу та розташуванні точок входу можуть прямо впливати на стабільність трансплантата й успішність інтеграції.

Подібні до наших значення вказані в роботах K. D. Illingworth і співавт. та A. P. Parkar і співавт., які зазначають, що оптимальним є кут  $35^\circ$ – $45^\circ$ , який запобігає надмірній вертикалізації зв'язки та нестабільності суглоба [22, 34, 35].

J. P. Rue і співавт. також підтверджують негативний вплив кутів  $< 25^\circ$  на клінічні результати [33]. Таким чином, наші дані узгоджуються з наведеними і демонструють значну частоту технічних похибок у формуванні каналу.

Точка входу стегового каналу лише у 46 % розташована в межах оптимальних анатомічних орієнтирів. Подібні результати отримали S. K. Nema і співавт., які виявили, що лише 35 % стегових каналів були правильно позиціоновані, що спричинювало імпіджмент трансплантата в 34 % пацієнтів [36].

Наше дослідження показало, що точка входу тібіального каналу лише в 38 % відповідала анатомічним межах на сагітальній проєкції. Це співпадає з даними M. Sharma і співавт., які виявили, що неправильне розташування цього каналу призводить до імпіджменту трансплантата й нестабільності колінного суглоба [37].

Щодо кута нахилу тібіального каналу, оптимальний —  $\geq 65^\circ$  був зафіксований лише у 61 % обстежень. S. M. Howell і співавт. та R. Simmons і співавт. рекомендують дотримуватись  $65^\circ$ – $70^\circ$ , оскільки гострі кути асоціюються з коротшими каналами, гіршою фіксацією трансплантата та підвищеним ризиком втрати згинання [30, 31].

Е. Рена і співавт. показали, що надто гострий кут сприяє овальному виходу каналу, що знижує прилягання трансплантата до стінок [32]. У нашому дослідженні в 49 % випадків він менший за рекомендований, що узгоджується з іншими джерелами, як можлива причина порушеної інтеграції.

Таблиця 3

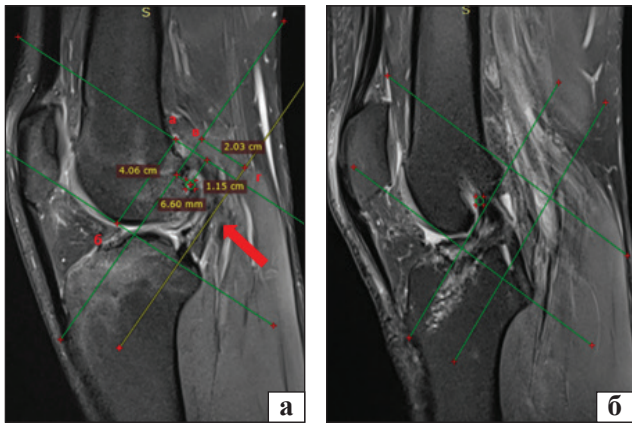
Дані при вимірюванні точки входу тібіального каналу на сагітальній проєкції

| Референтні значення (%) | $< 28$ | 28–63 | $> 63$ |
|-------------------------|--------|-------|--------|
| К-сть обстежень (%)     | 21     | 38    | 41     |

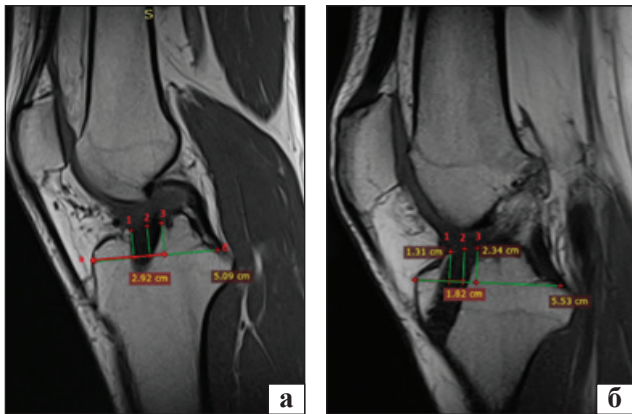
Таблиця 4

Залежність діаметра точки входу каналу (мм) від кута нахилу [29]

| Кут нахилу тібіального каналу | Діаметр каналу (мм) |      |      |
|-------------------------------|---------------------|------|------|
|                               | 8                   | 9    | 10   |
| $35^\circ$                    | 13,9                | 15,7 | 17,4 |
| $45^\circ$                    | 11,3                | 12,7 | 14,1 |
| $55^\circ$                    | 9,8                 | 10,9 | 12,2 |
| $65^\circ$                    | 8,8                 | 9,9  | 11,0 |
| $75^\circ$                    | 8,3                 | 9,3  | 10,3 |



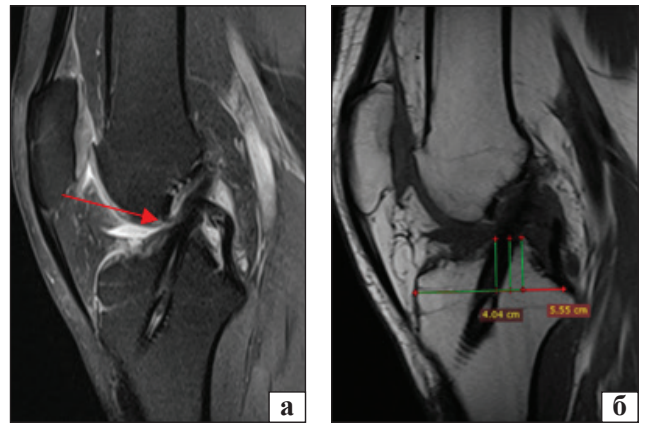
**Рис. 4.** МРТ, сагітальна проекція. Лінія а–б задньо-передній напрямок, лінія в–г верхньо-нижній. Стрілкою позначено коло, точка входу феморального каналу. На зображенні точка входу розташована у задньо-передньому напрямку та в 33 % у верхньо-нижньому (а); точка входу феморального каналу знаходиться поза прямокутником Bernhard and Hertel (б)



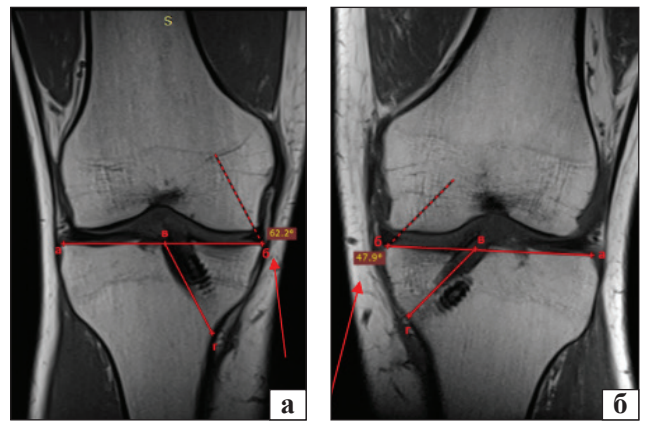
**Рис. 5.** Вимірювання точки входу тібіального каналу на сагітальній проекції МРТ-візуалізації. а–б лінія Amis i Jacob. 1 — точка переднього краю тібіального каналу, 2 — точка середини тібіального каналу, 3 — точка заднього краю тібіального каналу. На знімку розташування каналу в межах: 33–57 %, середина в 46 % від усієї передньо-задньої відстані плато, та знаходиться в допустимих межах (а); 24–42 %, середина в 33 % від усієї передньо-задньої відстані плато, та знаходиться занадто допереду. Трансплантат відсутній (б)

Використання МРТ для вивчення розташування каналів є ефективним. Проте, як зазначено в дослідженні А. Hart і співавт., навіть із використанням 3D-МРТ, точне відтворення їхнього анатомічного положення залишається складним завданням [38].

Наше дослідження має кілька обмежень: по-перше, ретроспективний характер може впливати на об'єктивність оцінки; по-друге, відсутність клінічної кореляції з функціональними результатами позначається на аналізі технічних помилок.



**Рис. 6.** Вимірювання точки входу тібіального каналу на сагітальній проекції МРТ-візуалізації (а). Сагітальна проекція в T2 режимі, стрілкою позначено інтегрований трансплантат ПСЗ (б)



**Рис. 7.** Вимірювання кута нахилу великогомілкового каналу на коронарній проекції. Лінія а–б проведена паралельно до плато, лінія в–г проведена через тібіальний канал. бвг — кут нахилу каналу, стрілка вказує на градуси. Кут нахилу 62° (а). Кут нахилу каналу занадто гострий — 48° (б)

## Висновки

Невірне визначення нахилу стегнового каналу виявлено у 37 % випадків. Лише в одному з 105 обстежень цей показник виходив за межі норми за умов оптимальних інших параметрів і зруйнованого трансплантата. Це не дозволяє стверджувати, що лише нахил каналу на коронарній проекції є причиною невдачі. Проте він може свідчити про загальну похибку формування каналу, зокрема щодо його довжини.

Точка входу феморального каналу є критично важливою. За адаптованим методом Bernhard and Hertel лише в 46 % випадків вона була в межах норми; у 42 — поза межами прямокутника на сагітальній проекції. Це вказує на можливу помилку під час визначення анатомічного місця кріплення ПСЗ, що може призвести до нестабільності,

імпіджменту, порушення інтеграції та втрати трансплантата. Метод потребує подальшого вдосконалення, зокрема розробки ПЗ для обробки МРТ.

Під час вимірювання кута нахилу тібіального каналу він часто виявлявся занадто гострим. Його вплив складно оцінити ізольовано через інші технічні похибки. Проте виявлено залежність кута від точки входу, що може впливати на інтеграцію трансплантата.

Здебільшого канал розміщувався більш дозadu, що ймовірно пов'язано з уникненням імпіджменту. У таких випадках трансплантат зберігався у 4 рази частіше, ніж за переднього розташування, що свідчить про небезпеку імпіджменту. Водночас занадто вертикальне розташування може не забезпечити ротаційної стабільності.

Максимально анатомічне проведення каналів є критичним для успішної реконструкції. Найважливішими технічними чинниками залишаються визначення точок входу феморального і тібіального каналів. Кут нахилу є менш принциповим, але може вказувати на технічні похибки. Тому необхідне ретельне планування, чітке визначення анатомічних орієнтирів та, за потреби, використання навігації або ЕОП.

**Конфлікт інтересів.** Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

**Перспективи подальших досліджень.** Незважаючи на обмеження, результати нашого дослідження підкреслюють важливість точного визначення точки входу та кута нахилу каналів під час реконструкції ПСЗ. Використання МРТ як інструмента для передопераційного планування та постопераційного аналізу може допомогти хірургам уникнути технічних помилок і покращити результати лікування.

**Інформація про фінансування.** Це дослідження не є комерційним і не має стороннього фінансування.

**Внесок авторів.** Коструб О. О. — ідея та концепція дослідження, вивчення результатів, формулювання висновків; Дідух П. В. — структура та написання роботи, формулювання методів дослідження; Нікіфорова І. М. — підготовка та добір МРТ-досліджень; Засаднюк І. А. — зведення даних результатів дослідження, статистична обробка результатів; Блонський Р. І. — оцінювання й обговорення результатів; Подік В. А. — літературний пошук, оформлення літературних джерел, зведення даних у таблиці Excel.

## Список літератури

1. Kaeding, C. C., Léger-St-Jean, B., & Magnussen, R. A. (2017). Epidemiology and diagnosis of anterior cruciate ligament injuries. *Clinics in sports medicine*, 36(1), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2016.08.001>.
2. Agel, J., Rockwood, T., & Klossner, D. (2016). Collegiate ACL injury rates across 15 sports. *Clinical journal of sport medicine*, 26(6), 518–523. <https://doi.org/10.1097/jsm.0000000000000290>.
3. Beck, N. A., Lawrence, J. T., Nordin, J. D., DeFor, T. A., & Tompkins, M. (2017). ACL tears in school-aged children and adolescents over 20 years. *Pediatrics*, 139(3). <https://doi.org/10.1542/peds.2016-1877>.
4. Kooy, C. E., Jakobsen, R. B., Fenstad, A. M., Persson, A., Visnes, H., Engebretsen, L., & Ekås, G. R. (2023). Major increase in incidence of pediatric ACL reconstructions from 2005 to 2021: A study from the Norwegian knee ligament register. *The American journal of sports medicine*, 51(11), 2891–2899. <https://doi.org/10.1177/03635465231185742>.
5. Duerr, R., Ormseth, B., Adelstein, J., Garrone, A., DiBartola, A., Kaeding, C., Flanigan, D., Siston, R., & Magnussen, R. (2023). Elevated posterior tibial slope is associated with anterior cruciate ligament reconstruction failures: A systematic review and meta-analysis. *Arthroscopy: The journal of arthroscopic & related surgery*, 39(5), 1299–1309.e6. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2022.12.034>.
6. Zbrojkiewicz, D., Vertullo, C., & Grayson, J. E. (2018). Increasing rates of anterior cruciate ligament reconstruction in young Australians, 2000–2015. *Medical journal of Australia*, 208(8), 354–358. <https://doi.org/10.5694/mja17.00974>.
7. Sutherland, K., Clatworthy, M., Fulcher, M., Chang, K., & Young, S. W. (2019). Marked increase in the incidence of anterior cruciate ligament reconstructions in young females in New Zealand. *ANZ Journal of surgery*, 89(9), 1151–1155. <https://doi.org/10.1111/ans.15404>.
8. Weitz, F. K., Sillanpää, P. J., & Mattila, V. M. (2019). The incidence of paediatric ACL injury is increasing in Finland. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy*, 28(2), 363–368. <https://doi.org/10.1007/s00167-019-05553-9>.
9. Best, M. J., Zikria, B. A., & Wilckens, J. H. (2020). Anterior cruciate ligament injuries in the older athlete. *Sports health: a multidisciplinary approach*, 13(3), 285–289. <https://doi.org/10.1177/1941738120953426>.
10. Ireland, M. L. (2002). The female ACL: Why is it more prone to injury? *Orthopedic clinics of north America*, 33(4), 637–651. [https://doi.org/10.1016/s0030-5898\(02\)00028-7](https://doi.org/10.1016/s0030-5898(02)00028-7).
11. Zbrojkiewicz, D., Vertullo, C., & Grayson, J. E. (2018). Increasing rates of anterior cruciate ligament reconstruction in young Australians, 2000–2015. *Medical journal of Australia*, 208(8), 354–358. <https://doi.org/10.5694/mja17.00974>.
12. Papaleontiou, A., Poupard, A. M., Mahajan, U. D., & Tsantanis, P. (2024). Conservative vs surgical treatment of anterior cruciate ligament rupture: A systematic review. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.56532>.
13. Fabricant, P. D., Lakomkin, N., Cruz, A. I., Spitzer, E., Lawrence, J. T., & Marx, R. G. (2016). Early ACL reconstruction in children leads to less meniscal and articular cartilage damage when compared with conservative or delayed treatment. *Journal of ISAKOS*, 1(1), 10–15. <https://doi.org/10.1136/jisakos-2015-000012>.
14. Fabricant, P. D., Lakomkin, N., Cruz, A. I., Spitzer, E., & Marx, R. G. (2016). ACL reconstruction in youth athletes results in an improved rate of return to athletic activity when compared with non-operative treatment: A systematic review of the literature. *Journal of ISAKOS*, 1(2), 62–69. <https://doi.org/10.1136/jisakos-2015-000013>.
15. Crawford, S. N., Waterman, M. B., & Lubowitz, J. H. (2013). Long-term failure of anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy: The journal of arthroscopic & related surgery*, 29(9), 1566–1571. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2013.04.014>.
16. Van Eck, C. F., Kropf, E. J., Romanowski, J. R., Lesniak, B. P., Tranovich, M. J., Van Dijk, C. N., & Fu, F. H. (2010). ACL Graft re-rupture after double-bundle reconstruction: Factors that influence the intra-articular pattern of injury. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy*, 19(3), 340–346. <https://doi.org/10.1007/s00167-010-1297-8>.
17. Thomas, N. P., Kankate, R., Wandless, F., & Pandit, H. (2005). Revision anterior cruciate ligament reconstruction using a 2-Stage technique with bone grafting of the tibial tunnel.



- The american journal of sports medicine*, 33(11), 1701–1709. <https://doi.org/10.1177/0363546505276759>
18. Yan, X., Yang, X., Feng, J., Liu, B., & Hu, Y. (2020). Does revision anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction provide similar clinical outcomes to primary ACL reconstruction? A systematic review and meta-analysis. *Orthopaedic surgery*, 12(6), 1534–1546. <https://doi.org/10.1111/os.12638>
  19. White, N. P., Borque, K. A., Jones, M. H., & Williams, A. (2020). Single-stage revision anterior cruciate ligament reconstruction: Experience with 91 patients (40 elite athletes) using an algorithm. *The American journal of sports medicine*, 49(2), 364–373. <https://doi.org/10.1177/0363546520976633>
  20. Matassi, F., Giabbani, N., Arnaldi, E., Tripodo, A., Bonaspetti, G., Bait, C., Ronga, M., Di Benedetto, P., Zaffagnini, S., Jannelli, E., Schiavone Panni, A., & Berruto, M. (2022). Controversies in ACL revision surgery: Italian expert group consensus and state of the art. *Journal of orthopaedics and traumatology*, 23(1). <https://doi.org/10.1186/s10195-022-00652-9>
  21. Ragab, A., Akeel, W., Ghanate, V., Elalfy, O., Guro, R., Chandratreya, A., & Chandratreya, A. (2020). Outcome of single stage revision ACL reconstruction. Retrospective study and review of literature. *Ortopedia traumatologia rehabilitacja*, 22(3), 187–194. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.3235>
  22. Illingworth, K. D., Hensler, D., Working, Z. M., Macalena, J. A., Tashman, S., & Fu, F. H. (2011). A simple evaluation of anterior cruciate ligament femoral tunnel position. *The American journal of sports medicine*, 39(12), 2611–2618. <https://doi.org/10.1177/0363546511420128>
  23. Parkar, A. P., Adriaensen, M. E., Strand, T., Inderhaug, E., Harlem, T., & Solheim, E. (2013). How to read post-operative radiographs and CT scans after single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Skeletal radiology*, 42(11), 1489–1500. <https://doi.org/10.1007/s00256-013-1686-4>
  24. Amis, A. A., & Jakob, R. P. (1998). Anterior cruciate ligament Graft positioning, tensioning and twisting. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy*, 6(S1). <https://doi.org/10.1007/s001670050215>
  25. Bird, J. H., Carmont, M. R., Dhillon, M., Smith, N., Brown, C., Thompson, P., & Spalding, T. (2011). Validation of a new technique to determine Midbundle femoral tunnel position in anterior cruciate ligament reconstruction using 3-Dimensional computed tomography analysis. *Arthroscopy: The journal of arthroscopic & related surgery*, 27(9), 1259–1267. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2011.03.077>
  26. Stäubli, H., & Rauschnig, W. (1994). Tibial attachment area of the anterior cruciate ligament in the extended knee position. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy*, 2(3), 138–146. <https://doi.org/10.1007/bf01467915>
  27. Frank, R. M., Seroyer, S. T., Lewis, P. B., Bach, B. R., & Verma, N. N. (2010). MRI analysis of tibial position of the anterior cruciate ligament. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy*, 18(11), 1607–1611. <https://doi.org/10.1007/s00167-010-1192-3>
  28. Howell, S., & Hull, M. (2009). Checkpoints for judging tunnel and anterior cruciate ligament Graft placement. *Journal of knee surgery*, 22(02), 161–170. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1247744>
  29. Strobil, M. (2002). *Manual of Arthroscopic surgery*. Springer Science & Business Media
  30. Howell, S. M., Gittins, M. E., Gottlieb, J. E., Traina, S. M., & Zoellner, T. M. (2001). The relationship between the angle of the tibial tunnel in the coronal plane and loss of flexion and anterior laxity after anterior cruciate ligament reconstruction. *The American journal of sports medicine*, 29(5), 567–574. <https://doi.org/10.1177/03635465010290050801>
  31. Simmons, R., Howell, S. M., & Hull, M. L. (2003). Effect of the angle of the femoral and tibial tunnels in the coronal plane and incremental excision of the posterior cruciate ligament on tension of an anterior cruciate ligament Graft. *The Journal of bone and joint surgery-american volume*, 85(6), 1018–1029. <https://doi.org/10.2106/00004623-200306000-00006>
  32. Peña, E., Calvo, B., Martinez, M., Palanca, D., & Doblaré, M. (2006). Influence of the tunnel angle in ACL reconstructions on the biomechanics of the knee joint. *Clinical biomechanics*, 21(5), 508–516. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2005.12.013>
  33. Rue, J. H., Ghodadra, N., & Bach, B. R. (2008). Femoral tunnel placement in single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *The American journal of sports medicine*, 36(1), 73–79. <https://doi.org/10.1177/0363546507311093>
  34. Rue, J., Ghodadra, N., Lewis, P., & Bach, B. (2008). Femoral and tibial tunnel position using a Transtibial drilled anterior cruciate ligament reconstruction technique. *Journal of knee surgery*, 21(03), 246–249. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1247826>
  35. Parkar, A. P., Adriaensen, M., Luyckx, T., Bellemans, J., & Victor, J. (2013). The femoral tunnel angle and inclination angle are reliable methods for evaluating tunnel position after ACL reconstruction. *Skeletal Radiology*, 42(3), 393–401. <https://doi.org/10.1007/s00256-012-1483-7>
  36. Nema, S. K., Balaji, G., Akkilagunta, S., Menon, J., Poduval, M., & Patro, D. (2017). Radiologic assessment of femoral and tibial tunnel placement based on anatomic landmarks in arthroscopic single bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Indian journal of orthopaedics*, 51(3), 286–291. [https://doi.org/10.4103/ortho.ijortho\\_219\\_16](https://doi.org/10.4103/ortho.ijortho_219_16)
  37. Sharma, M., Jain, H., Raichandani, K., & Agarwal, S. (2021). Evaluation of location of femoral and tibial tunnels after Arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction: A longitudinal study. *Journal of clinical and diagnostic research*. <https://doi.org/10.7860/jcdr/2021/48824.15534>
  38. Hart, A., McCarthy, M., ..., & Sheehan, J. (2020). Three-dimensional magnetic resonance imaging for guiding tibial and femoral tunnel position in anterior cruciate ligament reconstruction: a cadaveric study. *Orthopaedic journal of sports medicine*, 8(4). <https://doi.org/10.1177/2325967120915709>

|                                           |                                           |                                 |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------|
| Стаття надійшла до редакції<br>29.04.2025 | Отримано після рецензування<br>12.05.2025 | Прийнято до друку<br>19.05.2025 |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------|

## CRITICAL PARAMETERS OF TUNNEL POSITIONING IN ACL RECONSTRUCTION: A RETROSPECTIVE MRI ANALYSIS

O. O. Kostrub <sup>1</sup>, P. V. Didukh <sup>1</sup>, I. M. Nikiforova <sup>2</sup>, I. A. Zasadnyuk <sup>1</sup>, R. I. Blonskyi <sup>1</sup>, V. A. Podik <sup>1</sup>

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

<sup>2</sup> Diagnostic center M24, Kyiv. Ukraine

✉ Oleksandr Kostrub, MD, DMSci, Prof.: [akostrub@ukr.net](mailto:akostrub@ukr.net); <https://orcid.org/0000-0001-7925-9362>

✉ Petro Didukh, MD: [didukhtravm@gmail.com](mailto:didukhtravm@gmail.com) ; <https://orcid.org/0000-0002-7848-7061>

✉ Iryna Nikiforova, MD: [iryna.nikiforova.m24@gmail.com](mailto:iryna.nikiforova.m24@gmail.com); <https://orcid.org/0009-0006-8933-6759>

✉ Ivan Zasadnyuk, MD, PhD: [zasadnyuk@ukr.net](mailto:zasadnyuk@ukr.net); <https://orcid.org/0000-0002-1099-4454>

✉ Roman Blonskyi, MD, DMSci: [drblonskiy@ukr.net](mailto:drblonskiy@ukr.net); <https://orcid.org/0000-0003-2310-6345>

✉ Volodymyr Podik, MD: [podikvolodymyr@gmail.com](mailto:podikvolodymyr@gmail.com); <https://orcid.org/0000-0002-4644-9159>

УДК 616.728.3-089.843-72(045)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872025252-57>

## Assessment of the accuracy of reproduction of the lower limb axis using an individual instrument during endoprosthetics with kinematic alignment of the knee joint

M. L. Golovakha<sup>1</sup>, S. A. Bondarenko<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Zaporizhia State Medical and Pharmaceutical University. Ukraine

<sup>2</sup> Clinic «Motor Sich», Zaporizhia. Ukraine

*Objective.* To assess the accuracy of reproduction of the kinematic axis of the lower limb using an individual instrument during total knee arthroplasty (TKA) by comparative radiographic analysis before and after surgery. *Methods.* Using radiographic analysis, an analysis of the knee arthroplasty of 10 patients operated on using an individual instrument was performed, the kinematic axis was restored (3 men and 7 women). The age range was from 56 to 71 years. Before surgery, patients underwent computed tomography of the lower limbs, and after it, radiography with vertical positioning of the feet. The individual instrument was manufactured using the original method. *Results.* A comprehensive assessment of the accuracy of reproduction of spatial landmarks of the lower limb during TKA was carried out using an individual surgical instrument developed on the basis of computed tomography and the principles of kinematic alignment. Analysis of deviations of the proximal medial tibial angle in the postoperative period revealed a mean absolute error of 0.15°, with a mean relative error of 0.74 %. At the same time, for the distal lateral femoral angle, an absolute error of 0.24° and a relative error of 0.27 % were established. Preoperatively, the mean value of the planned axis was 88.71°, postoperatively — 86.58°, which corresponds to a mean varus deviation of 2.15° and a relative error of 2.47 %. At the same time, it was found that the technical axis indicators were 88.55° before surgery and 86.67° after, respectively, with a mean varus deviation of 1.88° and a relative error of 2.28 %. *Conclusion.* A custom instrument allows for accurate reproduction of the kinematic axis of the lower limb, which can be crucial for achieving functional outcome and patient satisfaction.

*Мета.* Оцінити точність відтворення кінематичної осі нижньої кінцівки за допомогою індивідуального інструмента під час тотального ендопротезування колінного суглоба (ТЕКС) шляхом порівняльного рентгенометричного аналізу до та після операції. *Методи.* Використовуючи рентгенометрію, проведено аналіз ендопротезування колінного суглоба 10 пацієнтів, оперованих за допомогою індивідуального інструмента. Було відновлено кінематичну вісь (3 чоловіки та 7 жінок). Віковий діапазон становив від 56 до 71 року. До операції хворим виконували комп'ютерну томографію нижніх кінцівок, а після неї рентгенографію з вертикальним установами положення стоп. Індивідуальний інструмент виготовляли за оригінальною методикою. *Результати.* Здійснено комплексне оцінювання точності відтворення просторових орієнтирів нижньої кінцівки під час ТЕКС із застосуванням індивідуального хірургічного інструмента, розробленого на основі комп'ютерної томографії та принципів кінематичного вирівнювання. Аналіз відхилень проксимального медіального великогомілкового кута в післяопераційному періоді виявив середню абсолютну похибку 0,15°, за середньої відносної похибки 0,74 %. Водночас, для дистального латерального стегнового кута встановлено абсолютну похибку 0,24°, а відносну — 0,27 %. Доопераційно середнє значення запланованої осі становило 88,71°, післяопераційно — 86,58°, що відповідає середньому варусному відхиленню 2,15° та відносній похибці 2,47 %. Водночас, виявлено, що показники технічної осі становили відповідно 88,55° до операції та 86,67° після, із середнім варусним відхиленням 1,88° і відносною похибкою 2,28 %. *Висновок.* Індивідуальний інструмент дозволяє точно відтворити кінематичну вісь нижньої кінцівки, що може мати вирішальне значення для досягнення функціонального результату та задоволення пацієнтів. *Ключові слова.* Ендопротезування колінного суглоба, кінематична вісь, індивідуальний інструмент, рентгенографія, артропластика.

**Keywords.** Knee joint, endoprosthesis, kinematic axis, surgical treatment, individual instrument, radiography, arthroplasty



## Introduction

For many years, total knee arthroplasty (TKA) has remained one of the leading treatment options for degenerative and dystrophic disorders of the knee joint. However, alongside the growing number of procedures performed, there has also been an increase in the proportion of patients who report dissatisfaction with the outcome — currently reaching up to 30 % [1, 2]. This trend has prompted the development of new technologies and refinement of existing techniques, including the introduction of computer navigation systems, patient-specific instruments, robotic-assisted platforms, and continuous improvement in surgical expertise [5, 6].

For a long time, mechanical alignment of the lower limb during prosthesis implantation was considered the «gold standard» [3]. Nevertheless, even proponents of this approach acknowledge that up to 20 % of patients remain unsatisfied with the results [4], which has driven the search for alternative concepts.

One such contemporary concept is kinematic alignment, which is based on individualizing component placement according to the patient's native anatomy. Although the idea itself is not new — first described by Hungerford, Kenna, and Krackow in the 1980s [9, 10], and approved by the FDA in 1984 — its practical implementation was limited for decades due to technological constraints. Only in 2006 were the first procedures performed using the kinematic alignment approach, at that time still employing conventional surgical instruments.

The essence of the method lies in positioning the prosthetic components in a manner that most accurately replicates the patient's pre-arthritis limb alignment, even if it differs from the mechanically neutral axis. The femoral component is implanted to reflect the patient's original anatomy prior to disease progression. The tibial component is likewise aligned to match the natural tibial slope and orientation, which helps achieve optimal soft tissue balance.

To date, an increasing body of literature supports the superiority of kinematic alignment over mechanical alignment in terms of functional outcomes [11–14], with revision rates remaining comparable to those of traditional mechanical alignment techniques [15, 16].

*Objective:* to evaluate the accuracy of reproducing the kinematic axis of the lower limb following total knee arthroplasty using a patient-specific instrument, based on a comparative analysis of preoperative and postoperative radiographic measurements.

## Materials and Methods

The study was approved by the Bioethics Committee (protocol No. 8 dated December 26, 2022) in accordance

with the ICH GCP guidelines, the 2002 Helsinki Declaration of Human Rights, the Council of Europe Convention on Human Rights and Biomedicine (adopted in 1977), and the current legislation of Ukraine. Statistical processing of the obtained numerical data was performed using a computer and licensed software packages Office Excel 2010 and STATISTICA 13.0 TIBCO Software Inc. (License JPZ804I382130ARCN10-J).

This study presents the results of total knee arthroplasty (TKA) in 10 patients who underwent surgery using patient-specific instrumentation (PSI) for kinematic alignment. All procedures were performed at the Department of Traumatology and Orthopedics of the «Motor Sich» Clinic. The study cohort included 10 patients treated for degenerative pathology of the knee joint. Among them were 3 men (30 %) and 7 women (70 %). The age range of the patients was from 56 to 71 years. Four patients (40 %) were classified as middle-aged (44–60 years), and six patients (60 %) as elderly (60–75 years).

The mean age of the cohort was 64.1 years, indicating a predominance of elderly patients. The body mass index (BMI) ranged from 24.3 to 32.3 kg/m<sup>2</sup>, with an average value of 27.2 kg/m<sup>2</sup>, reflecting a tendency toward overweight in the majority of cases. In three male patients, the BMI was within normal limits or slightly elevated (24.3–28.8 kg/m<sup>2</sup>). Among female patients, five were classified as overweight (25.7–27.2 kg/m<sup>2</sup>), and two had class I obesity (30.8 and 32.3 kg/m<sup>2</sup>).

All patients exhibited varus deformity of the lower limb, with angular deviation not exceeding 9°. The minimum measured value was 6°, and the maximum was 9°. The mean varus deformity was 7.8° (Table 1). These data were taken into account during preoperative assessment of limb alignment and planning of the surgical intervention.

*Table 1*  
**General characteristics of the patients**

| No.  | Sex | Age (years) | BMI (kg/m <sup>2</sup> ) | Varus (°) |
|------|-----|-------------|--------------------------|-----------|
| 1    | M   | 58          | 24.5                     | 7         |
| 2    | M   | 60          | 28.8                     | 8         |
| 3    | M   | 62          | 24.3                     | 9         |
| 4    | W   | 56          | 26.1                     | 6         |
| 5    | W   | 63          | 25.7                     | 7         |
| 6    | W   | 65          | 26.8                     | 8         |
| 7    | W   | 67          | 27.2                     | 7         |
| 8    | W   | 69          | 25.9                     | 8         |
| 9    | W   | 70          | 30.8                     | 9         |
| 10   | W   | 71          | 32.3                     | 9         |
| Mean |     | 64.1        | 27.2                     | 7.8       |

Prior to surgery, all patients underwent full-length computed tomography (CT) scans of the lower limbs in a standing position with standardized foot alignment. Postoperatively, full-length weight-bearing radiographs of the lower limbs were performed using the same positioning protocol. To evaluate the outcome, the position of the kinematic axis in the frontal plane at the level of the tibial plateau was compared pre- and postoperatively.

Statistical analysis of the collected data was performed using Microsoft Office Excel 2010 and STATISTICA 13.0 (TIBCO Software Inc., License JP-Z804I382130ARCN10-J). The study protocol was approved by the Bioethics Committee of Zaporizhzhia State Medical and Pharmaceutical University (Protocol No. 7 dated October 26, 2016).

## Results

All patients underwent postoperative full-length radiographic examination of the lower limbs in order to measure the kinematic axis, as well as the medial tibial and lateral femoral angles.

Figure 1 illustrates the radiograph of the lower limbs of patient S., 65 years old, prior to surgery on the left

knee. The image shows the result of three-dimensional alignment of the limb and the postoperative radiograph.

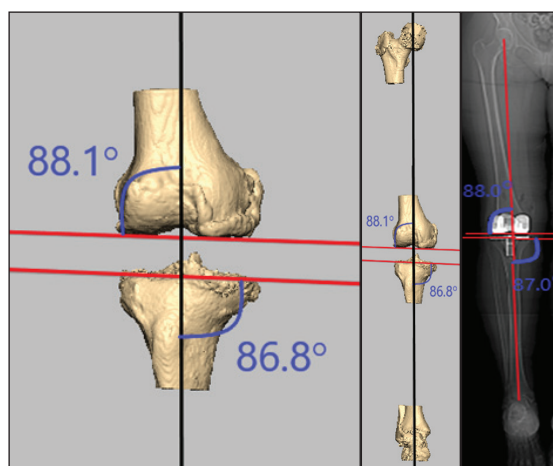
Radiographic measurement methodology for the lower limb. The image illustrates the three key parameters assessed, along with an example of kinematic alignment measurement and the corresponding postoperative full-length radiograph (Fig. 2).

The results of the initial 10 cases of kinematic alignment planning using a patient-specific instrument are presented in Table 1.

Postoperative full-length radiographs of the lower limbs were successfully obtained for all 10 patients (100 % of those operated). Within the scope of this study, a comprehensive evaluation was conducted to assess the accuracy of reproducing the spatial anatomical landmarks of the lower limb during total knee arthroplasty using a patient-specific surgical instrument. This instrument was designed based on computed tomography data and the principles of kinematic alignment. The primary objective was to determine the degree of conformity between the actual positioning of the prosthetic components and the preoperatively planned parameters within the plane of the anatomical kinematic axis.



**Fig. 1.** Patient S., 65 years old. Alignment result of the left lower limb achieved precisely according to the kinematic alignment plan. The postoperative radiograph of the left knee demonstrates the reconstructed kinematic axis



**Fig. 2.** Preoperative planning showed a distal lateral femoral angle of 88.1°, which postoperatively measured 88.0°. The planned proximal medial tibial angle was 86.8°, with a postoperative result of 87.0°. The planned kinematic axis demonstrated a 1° varus deviation

Analysis of deviations in the proximal medial tibial angle in the postoperative period revealed a mean absolute error of  $0.15^\circ$ , with a mean relative error of  $0.74\%$ , indicating a high level of reproducibility for this anatomical landmark (Fig. 3). Meanwhile, assessment of the distal lateral femoral angle showed an absolute error of  $0.24^\circ$  and a relative error of  $0.27\%$  (Fig. 4). These results demonstrate consistent accuracy in prosthetic component positioning at the distal femur and tibia when utilizing individualized preoperative planning.

Additionally, a comparison was made between the planned and achieved kinematic axis, derived from the aforementioned angular measurements (Table 2 and Fig. 5). The average preoperative planned axis was  $88.71^\circ$ , while the postoperative measurement was  $86.58^\circ$ , corresponding to a mean varus deviation of  $2.15^\circ$  and a relative error of  $2.47\%$ . Similarly, when evaluating the actual (measured) axis based on the postoperative angular values, the preoperative value was  $88.55^\circ$  and the postoperative value was  $86.67^\circ$ , reflecting a mean varus deviation of  $1.88^\circ$  and a relative error of  $2.28\%$ .

## Discussion

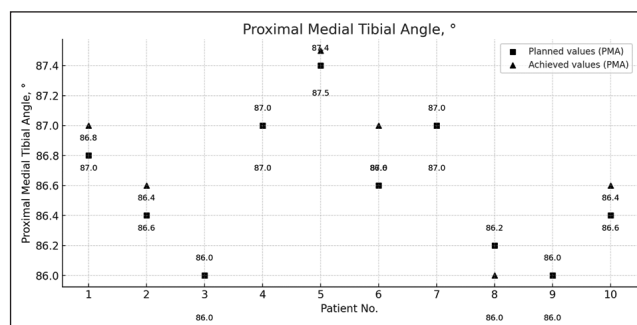
The obtained results confirm that the use of patient-specific instrumentation (PSI) in total knee arthroplasty (TKA) allows for high-precision replication of both anatomical angles and the complete kinematic axis of the lower limb. The observed absolute and relative deviations remained within clinically acceptable limits, demonstrating the reliability of the technique and its suitability for routine application in orthopedic reconstructive surgery.

The application of kinematic alignment principles, as opposed to the traditional mechanical axis concept, enables a more physiological placement of prosthetic components, taking into account the patient's native rotational and coronal anatomy. This is particularly relevant in patients with pronounced individual anatomical variations, where a mechanically neutral axis may not correspond to the pre-arthritic limb configuration.

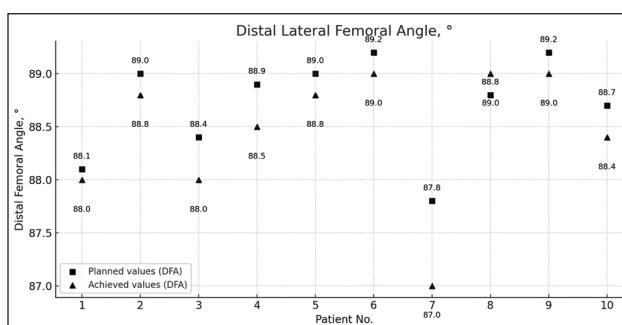
Table 2

**Radiographic measurements of the lower limb in patients operated using a patient-specific instrument for kinematic axis restoration, before and after surgery**

| Patient number | Proximal medial tibial angle ( $^\circ$ ) |        | Absolute error ( $^\circ$ ) | Relative error (%) | Distal lateral femoral angle, $^\circ$ |        | Absolute error ( $^\circ$ ) | Relative error (%) |
|----------------|-------------------------------------------|--------|-----------------------------|--------------------|----------------------------------------|--------|-----------------------------|--------------------|
|                | according to plan                         | result |                             |                    | according to plan                      | result |                             |                    |
| 1              | 86.8                                      | 87.0   | 0.2                         | 0.23               | 88.1                                   | 88.0   | 0.1                         | 0.11               |
| 2              | 86.4                                      | 86.6   | 0.2                         | 0.23               | 89.0                                   | 88.8   | 0.2                         | 0.22               |
| 3              | 86.0                                      | 86.0   | 0                           | 0                  | 88.4                                   | 88.0   | 0.4                         | 0.45               |
| 4              | 87.0                                      | 87.0   | 0                           | 0                  | 88.9                                   | 88.5   | 0.4                         | 0.45               |
| 5              | 87.4                                      | 87.5   | 0.1                         | 0.11               | 89.0                                   | 88.8   | 0.2                         | 0.22               |
| 6              | 86.6                                      | 87.0   | 0.4                         | 0.46               | 89.2                                   | 89.0   | 0.2                         | 0.22               |
| 7              | 87.0                                      | 87.0   | 0                           | 0                  | 87.8                                   | 88.0   | 0.2                         | 0.23               |
| 8              | 86.2                                      | 86.0   | 0.2                         | 0.23               | 88.8                                   | 89.0   | 0.2                         | 0.23               |
| 9              | 86.0                                      | 86.0   | 0                           | 0                  | 89.2                                   | 89.0   | 0.2                         | 0.22               |
| 10             | 86.4                                      | 86.6   | 0.3                         | 0.23               | 88.7                                   | 88.4   | 0.3                         | 0.34               |
| Average value  | 86.58                                     | 86.67  | 0.15                        | 0.74               | 88.71                                  | 88.55  | 0.24                        | 0.27               |



**Fig. 3.** Radiographic assessment of the proximal medial tibial angle in patients operated using a patient-specific instrument, before and after surgery



**Fig. 4.** Radiographic assessment of the distal lateral femoral angle in patients operated using a patient-specific instrument, before and after surgery



Table 3

Evaluation of the kinematic axis position of the lower limb in patients operated using a patient-specific instrument, before and after surgery

| Patient number | The planned kinematic axis is formed by the proximal medial tibial angle (°) and distal lateral femoral angle (°) |               | Axis (°) (Varus) | Relative error (%) | The resulting kinematic axis is formed by the proximal medial tibial angle (°) and distal lateral femoral angle (°) |               | Absolute error (°) (Varus) | Relative error (%) |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|----------------------------|--------------------|
|                | before the operation                                                                                              | after surgery |                  |                    | before the operation                                                                                                | after surgery |                            |                    |
| 1              | 88.1                                                                                                              | 86.8          | 1.3              | 1.5                | 88.0                                                                                                                | 87.0          | 1.0                        | 1.2                |
| 2              | 89.0                                                                                                              | 86.4          | 2.6              | 3.0                | 88.8                                                                                                                | 86.6          | 2.2                        | 3.5                |
| 3              | 88.4                                                                                                              | 86.0          | 2.4              | 2.8                | 88.0                                                                                                                | 86.0          | 2.0                        | 2.3                |
| 4              | 88.9                                                                                                              | 87.0          | 1.9              | 2.3                | 88.5                                                                                                                | 87.0          | 1.5                        | 1.7                |
| 5              | 89.0                                                                                                              | 87.4          | 1.8              | 1.8                | 88.8                                                                                                                | 87.5          | 1.3                        | 1.5                |
| 6              | 89.2                                                                                                              | 86.6          | 2.6              | 3.0                | 89.0                                                                                                                | 87.0          | 2.0                        | 2.3                |
| 7              | 87.8                                                                                                              | 87.0          | 0.8              | 0.9                | 88.0                                                                                                                | 87.0          | 1.0                        | 1.2                |
| 8              | 88.8                                                                                                              | 86.2          | 2.6              | 3.0                | 89.0                                                                                                                | 86.0          | 3.0                        | 3.5                |
| 9              | 89.2                                                                                                              | 86.0          | 3.2              | 3.7                | 89.0                                                                                                                | 86.0          | 3.0                        | 3.5                |
| 10             | 88.7                                                                                                              | 86.4          | 2.3              | 2.7                | 88.4                                                                                                                | 86.6          | 1.8                        | 2.1                |
| Average value  | 88.71                                                                                                             | 86.58         | 2.15             | 2.47               | 88.55                                                                                                               | 86.67         | 1.88                       | 2.28               |

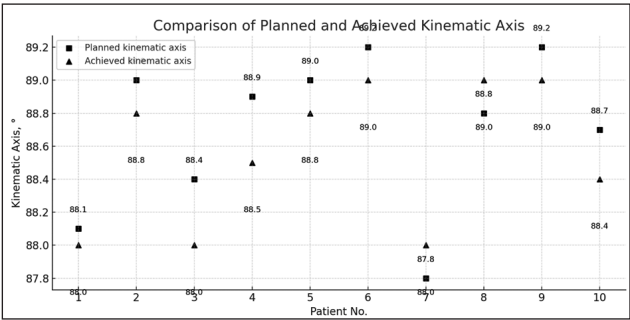


Fig. 5. Evaluation of the kinematic axis position of the lower limb in patients operated using a patient-specific instrument, before and after surgery

The positive outcomes associated with kinematic axis restoration suggest that patient-specific 3D planning can serve as an effective tool for improving component positioning accuracy and constructing a stable, balanced prosthesis functioning in accordance with the patient’s natural biomechanics. Consequently, this approach may potentially reduce the risk of postoperative instability, revision surgeries, and contribute to improved long-term functional outcomes.

Our findings are consistent with those reported by other authors who have evaluated the efficacy of kinematic alignment in TKA. For instance, Sosio et al. (2023) analyzed 55 patients undergoing TKA using kinematic alignment in combination with a medial pivot implant design. The authors observed significant improvements in both clinical and functional outcomes, which persisted up to 24 months postoperatively, regardless of the final limb alignment. Radiographic analysis

confirmed restoration of physiological limb alignment and joint line orientation parallel to the floor [17].

Moreover, Wang et al. (2024), in a randomized controlled trial, demonstrated that modified kinematic alignment provides a more physiological plantar pressure distribution during gait compared to mechanical alignment. This suggests more natural gait biomechanics following kinematically aligned TKA [18].

A meta-analysis by Gao et al. (2022) further supported these findings, showing that patients who underwent kinematically aligned TKA achieved better functional outcomes, including higher WOMAC and KSS scores, compared to those treated with mechanical alignment. These data emphasize the clinical advantage of KA in enhancing both functional recovery and patient satisfaction [19].

Thus, both our findings and those from current literature support the conclusion that kinematic alignment in TKA facilitates more accurate reproduction of native anatomy and knee biomechanics, which in turn improves functional outcomes and patient satisfaction. This highlights the rationale for considering KA as an effective alternative to conventional mechanical alignment in clinical practice.

Conclusion

A patient-specific instrument enables accurate reconstruction of the kinematic axis of the lower limb, which may play a crucial role in achieving favorable functional results and higher patient satisfaction.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Prospects for further research.** research include expanding the study sample to improve the statistical significance of the results, as well as implementing a wider range of clinical scenarios. Long-term follow-up of patients after knee joint replacement is planned to assess the durability of the obtained results and their impact on the patients' quality of life. An important area of research is also the study of the effect of the individual instrument on postoperative rehabilitation, particularly on the speed of joint functionality recovery and the reduction of complication risks. Further clinical trials will allow for a more precise determination of the optimal parameters for planning knee replacement and reducing the percentage of patients dissatisfied with the results.

**Funding information.** There is no external financial support.

**Author's contribution.** Golovakha M. L. — concept and design of the study, article editing, final approval of the article; Bondarenko S. A. — data collection, data analysis and interpretation, writing the article.

## References

- Bourne, R. B., Chesworth, B. M., Davis, A. M., Mahomed, N. N., & Charron, K. D. (2010). Patient satisfaction after total knee arthroplasty: Who is satisfied and who is not? *Clinical orthopaedics & related research*, 468(1), 57–63. <https://doi.org/10.1007/s11999-009-1119-9>.
- Kahlenberg, C. A., Nwachukwu, B. U., McLawhorn, A. S., Cross, M. B., Cornell, C. N., & Padgett, D. E. (2018). Patient satisfaction after total knee replacement: A systematic review. *HSS Journal®: The musculoskeletal journal of hospital for special surgery*, 14(2), 192–201. <https://doi.org/10.1007/s11420-018-9614-8>.
- Insall, J. N., Binazzi, R., Soudry, M., & Mestriener, L. A. (1985). Total knee arthroplasty. *Clinical orthopaedics and related research*, 192(&NA;), 13–22. <https://doi.org/10.1097/00003086-198501000-00003>.
- Gibson, E., Goodman, M. J., & Goodman, S. B. (2017). Patient satisfaction after total knee arthroplasty. *Orthopedic Clinics of North America*, 48(4), 421–431. <https://doi.org/10.1016/j.ocl.2017.06.001>.
- Bellemans, J. (2011). Neutral mechanical alignment: A requirement for successful TKA: Opposes. *Orthopedics*, 34(9). <https://doi.org/10.3928/01477447-20110714-41>.
- Magnussen, R. A., Weppe, F., Demey, G., Servien, E., & Lustig, S. (2011). Residual Varus alignment does not compromise results of TKAs in patients with preoperative Varus. *Clinical orthopaedics & related research*, 469(12), 3443–3450. <https://doi.org/10.1007/s11999-011-1988-6>.
- Calliess, T., Ettinger, M., Stukenborg-Colsman, C., & Windhagen, H. (2015). Kinematisches alignment in Der Knieendoprothetik. *Der Orthopäde*, 44(4), 282–289. <https://doi.org/10.1007/s00132-015-3077-0>.
- Howell, S. M., & Hull, M. L. (2012). Kinematic alignment in total knee arthroplasty. *Insall & Scott Surgery of the Knee*, 1255–1268. <https://doi.org/10.1016/b978-1-4377-1503-3.00120-7>.
- Hungerford, D. S., Krackow, K. A., & Kenna, R. V. (1984). Total knee arthroplasty: a comprehensive approach. Lippincott Williams & Wilkins.
- Hungerford, D. S., Kenna, R. V., & Krackow, K. A. (1982). The porous-coated anatomic total knee. *Orthopedic clinics of North America*, 13(1), 103–122. [https://doi.org/10.1016/s0030-5898\(20\)30270-4](https://doi.org/10.1016/s0030-5898(20)30270-4).
- Calliess, T., Bauer, K., Stukenborg-Colsman, C., Windhagen, H., Budde, S., & Ettinger, M. (2016). PSI kinematic versus non-PSI mechanical alignment in total knee arthroplasty: A prospective, randomized study. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy*, 25(6), 1743–1748. <https://doi.org/10.1007/s00167-016-4136-8>.
- Courtney, P. M., & Lee, G. (2017). Early outcomes of kinematic alignment in primary total knee arthroplasty: A meta-analysis of the literature. *The journal of arthroplasty*, 32(6), 2028–2032. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2017.02.041>.
- Dossett, H. G., Estrada, N. A., Swartz, G. J., LeFevre, G. W., & Kwasman, B. G. (2014). A randomised controlled trial of kinematically and mechanically aligned total knee replacements. *The bone & joint journal*, 96-B(7), 907–913. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.96b7.32812>.
- Ciorgino, R., Nannini, A., Scuttari, E., Nuara, A., Ciliberto, R., Sosio, C., Sirtori, P., Peretti, G., & Mangiavini, L. (2023). Analysis of short-term clinical and functional outcomes in patients undergoing total knee arthroplasty with kinematic alignment technique. *Journal of clinical medicine*, 12(12), 3978. <https://doi.org/10.3390/jcm12123978>.
- Vanlommel, L., Vanlommel, J., Claes, S., & Bellemans, J. (2013). Slight undercorrection following total knee arthroplasty results in superior clinical outcomes in Varus knees. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy*, 21(10), 2325–2330. <https://doi.org/10.1007/s00167-013-2481-4>.
- Dossett, H. G., Swartz, G. J., Estrada, N. A., LeFevre, G. W., & Kwasman, B. G. (2012). Kinematically versus mechanically aligned total knee arthroplasty. *Orthopedics*, 35(2). <https://doi.org/10.3928/01477447-20120123-04>.
- Sosio, C., Rossi, N., Sirtori, P., Ciliberto, R., Lombardo, M. D., Peretti, G. M., & Mangiavini, L. (2023). Clinical and functional outcomes of kinematic aligned total knee arthroplasty with a medial pivot design: Two-year follow-up. *Journal of clinical medicine*, 12(23), 7258. <https://doi.org/10.3390/jcm12237258>.
- Wang, G., Zhang, Y., Chen, L., Yu, G., Luo, F., & Xu, J. (2024). Modified kinematic alignment better restores plantar pressure distribution than mechanical alignment in total knee arthroplasty: A randomized controlled trial. *Scientific reports*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-79566-x>.
- Liu, B., Feng, C., & Tu, C. (2022). Kinematic alignment versus mechanical alignment in primary total knee arthroplasty: An updated meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of orthopaedic surgery and research*, 17(1). <https://doi.org/10.1186/s13018-022-03097-2>.

|                                           |                                           |                                 |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------|
| Стаття надійшла до редакції<br>13.04.2025 | Отримано після рецензування<br>25.04.2025 | Прийнято до друку<br>28.04.2025 |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------|

## ОЦІНЮВАННЯ ТОЧНОСТІ ВІДТВОРЕННЯ ОСІ НИЖНЬОЇ КІНЦІВКИ ЗА ДОПОМОГОЮ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТА ЗА ЕНДОПРОТЕЗУВАННЯ В РАЗІ КІНЕМАТИЧНОГО ВИРІВНЮВАННЯ КОЛІННОГО СУГЛОБА

М. Л. Головаха<sup>1</sup>, С. А. Бондаренко<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Запорізький державний медичний університет. Україна

<sup>2</sup> Клініка «Мотор Січ», Запоріжжя. Україна

✉ Maksym Golovakha, MD, D.Sci., Prof.: golovahaml@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-2835-9333>

✉ Stanislav Bondarenko, MD: trauma.bon.s@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-6192-1466>

УДК 616.711-002-001.6:617.547](045)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872025258-65>

## Результати хірургічного лікування істмічного спондилолістезу з великим ступенем зсуву

А. О. Мезенцев, Д. Є. Петренко, Д. О. Демченко

КНП «Міська багатопрофільна клінічна лікарня матері та дитини ім. проф. М. Ф. Руднева» Дніпровської міської ради. Україна

*Spondylolisthesis of Grade III–IV according to the Meyerding classification, referred to in English literature as “high-grade spondylolisthesis,” involves a significant degree of vertebral displacement and leads to substantial impairment of spinal function, gait disturbances, and early disability in patients. Despite the fact that clinical symptoms, classifications, and diagnostic methods have been known and established for quite some time, the issue of surgical treatment remains a subject of debate to this day. Objective. To evaluate the outcomes of surgical treatment in patients with high-grade spondylolisthesis. Methods. A retrospective analysis was conducted on the surgical outcomes of 24 patients with significant vertebral displacement who underwent intraoperative traction and transpedicular fixation using a “spine–pelvis” system. Pre- and postoperative radiographic measurements included the slip angle, pelvic incidence, lumbar lordosis, sacral slope, pelvic tilt, as well as evaluation of sagittal vertical axis alignment and pelvic tilt angle. Results. All patients demonstrated a reduction in slip angle and restoration of sagittal vertical axis alignment to within normal limits. Other parameters of spinopelvic balance were also moderately improved, thereby bringing sagittal spinal alignment closer to normal values and enhancing the biomechanical conditions for spinal function. Conclusions. The use of intraoperative traction via ligamentotaxis allowed for repositioning of the displaced vertebra and facilitated the placement of transpedicular screws. The combination of intraoperative spinal traction and pulling on transpedicular screws using reduction devices enabled correction of the displaced vertebra to Grade I–II according to Meyerding, thereby restoring the supportive function of the spine. Key words. High-grade spondylolisthesis, intraoperative traction, pedicular fixation, reduction.*

Спондилолістез III–IV ступеня за класифікацією Meyerding (в англomовній літературі «high-grade spondylolisthesis») — із високим ступенем зсуву, призводить до значних порушень функції хребта та ходи, ранньої інвалідизації пацієнтів. Незважаючи на той факт, що клінічні симптоми, класифікації та методи діагностики розроблені та відомі досить давно, питання вибору тактики лікування залишається дискусійним і дотепер. Мета. Вивчити результати хірургічного лікування пацієнтів із істмічним спондилолістезом із великим ступенем зсуву. Методи. Проведено ретроспективний аналіз результатів операцій 24 осіб зі спондилолістезом із значним ступенем зсуву, яким застосували інтраопераційну тракцію та транспедиккулярну фіксацію за системою «хребет – таз». На рентгенограмах проводили до- та післяопераційні вимірювання кутів ковзання хребця, тазового нахилу, поперекового лордозу, крижового нахилу, скосу таза, а також оцінювали положення сагітальної вертикальної осі і кут нахилу таза. Результати. Усім пацієнтам вдалося зменшити кут ковзання хребця та повернути до норми положення сагітальної вертикальної осі. Інші показники хребетно-тазового балансу також були децю зменшені, завдяки чому вдалося наблизити сагітальний баланс хребта до нормативних значень і покращити біомеханічні умови його функціонування. Висновки. Використання інтраопераційної тракції за рахунок лігментотаксису дозволило змінити положення зміщеного хребця та полегшити встановлення в нього транспедиккулярних гвинтів. Поєднання інтраопераційної тракції хребта та тяги за умов використання транспедиккулярних гвинтів із застосуванням вправляючих пристроїв уможливило досягти вправлення зміщеного хребця до I–II ступеня за Meyerding та відновлення опорної функції хребта.

**Ключові слова.** Спондилолістез, інтраопераційна тракція, транспедиккулярна фіксація, вправлення

## Вступ

Спондилолітез — це захворювання, яке характеризується зміщенням хребця допереду. Найчастіше зустрічається в дітей і підлітків, викликає больовий синдром у поперековому відділі хребта, а в деяких випадках супроводжується неврологічною симптоматикою. До його розвитку призводить комбінація чинників, які спричиняють виникненню спондилолітезу: дисплазія «кісткового гака» (міжхребцевих суглобів), збільшений лордоз, стрес-переломи міжсуглобової частини, що призводять до її подовження, дегенерація диска й деформація крижі. Коли ці чинники досягають певного рівня, прогресування патологічного процесу стає неминучим. Вони виникають або одночасно, або послідовно в людини, яка росте. Водночас, у 11,3 % випадків зсув досягає величини більше 50 % від поверхні верхньої замикальної пластинки хребця нижче [1].

Спондилолітез із високим ступенем зсуву (CBC3), III–IV ст. за класифікацією Meyerding (в англійській літературі «high-grade spondylolisthesis») спричинює значні порушення функцій хребетного стовпа та ходи, ранньої інвалідизації пацієнтів [2].

Незважаючи на той факт, що клінічні симптоми, класифікації та методи діагностики спондилолітезу розроблені досить давно, питання вибору тактики лікування залишається дискусійним і дотепер. Усі хірургічні методи умовно можна розділити на три групи: операції з фіксацією *in situ*, повне або часткове вправлення зміщеного хребця зі застосуванням імплантатів різної конструкції, а також вертебректомія.

Кожна з цих хірургічних технік має свої показання, переваги та недоліки. Як і більшість інших оперативних втручань на хребті, будь-яка методика лікування повинна відновлювати його опорну та захисну функцію, усувати больовий синдром, а також неврологічну симптоматику, у поєднанні з мінімальною кількістю ускладнень, які можуть виникнути як під час, так і після операції [3, 4].

Одним із таких способів лікування може бути відкрите вправлення зміщеного хребця за допомогою інтраопераційної тракції хребта та транспедикулярної конструкції за системою «хребет – таз», результати використання якої ще недостатньо вивчені.

**Мета:** вивчити результати хірургічного лікування пацієнтів з істмічним спондилолітезом із великим ступенем зсуву.

## Матеріал і методи

Проведено ретроспективний аналіз результатів хірургічного лікування 24 осіб (20 — жіночої та 4 — чоловічої статі) зі спондилолітезом зі значним ступенем зміщення. Середній вік у досліджуваній групі склав 33,2 року (від 10 до 55 років).

Матеріали дослідження розглянуто й ухвалено комітетом із біоетики при КНП «МБКЛМД ім. проф. М. Ф. Руднева» (протокол № 1 від 14.05.2025 р.). Усі залучені до дослідження пацієнти були ознайомлені з планом хірургічних втручань і підписали інформовану згоду.

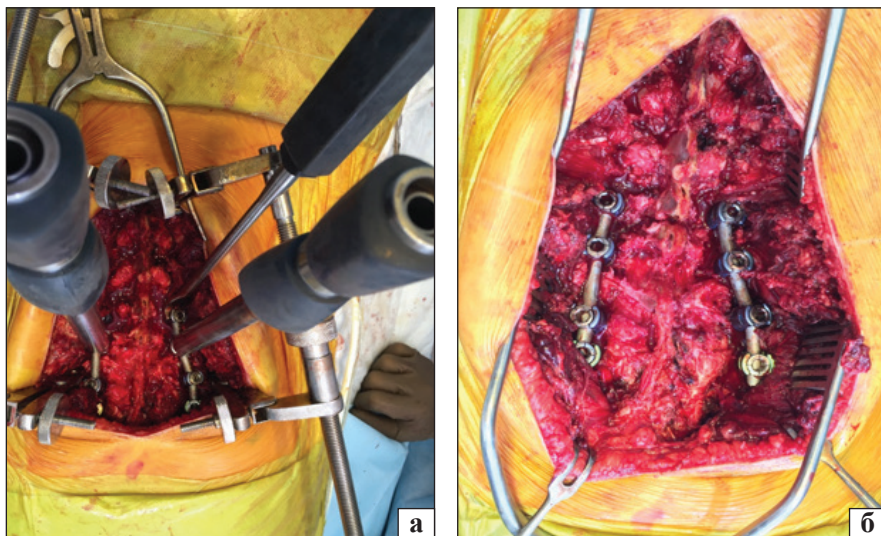
Техніка втручання полягала в наступному: у положенні хворого на животі, під загальним наркозом та застосуванням мультимодального моніторингу спинного мозку проводили транспедикулярні гвинти в хребець L<sub>1</sub>, які з'єднували між собою фіксуючим стрижнем і встановлювали тимчасовий тракційний пристрій з двома точками фіксації між стрижнем на хребці L<sub>1</sub> та крилами таза. Після цього здійснювали поетапну тракцію хребта, рентгенологічно контролюючи процес вправлення хребця L<sub>v</sub>. В останній розміщували гвинти після досягнення корекції та покращення його положення [7]. Далі використовували транспедикулярні гвинти в L<sub>IV</sub> і S<sub>1</sub> та проводили тазові гвинти за методикою S2AI [5, 6]. Наступним етапом встановлювали фіксуючі стрижні, які з'єднували гвинти. Остаточне трансляційне зміщення L<sub>v</sub> усували за допомогою впроваджувачів стрижня, встановлених на головки гвинтів L<sub>v</sub> (рис. 1, а).

Процес вправлення супроводжувався перевіркою викликаних сенсорних і моторних потенціалів. У разі падіння їхніх показників понад 60 %, як порівняти з базовими даними, отриманими до проведення хірургічних маніпуляцій, вправлення припиняли, а корекцію зменшували до відновлення нормальних показників моніторингу спинного мозку.

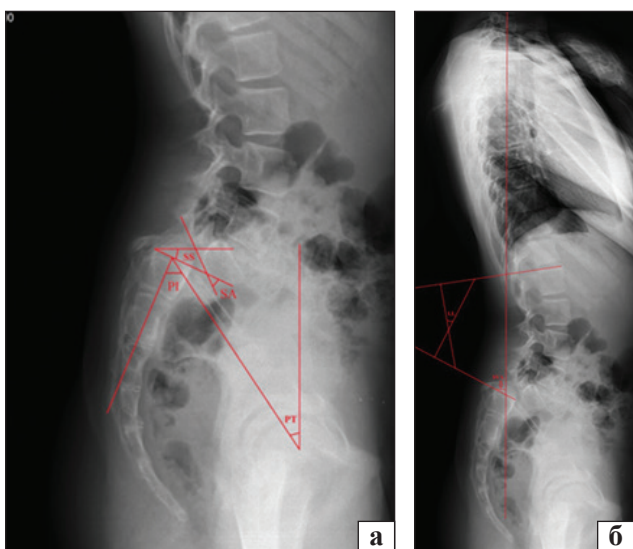
Після завершення вправлення систему транспедикулярної фіксації стабілізували, пристрій для інтраопераційної тракції демонтували, гвинти встановлені в хребець L<sub>1</sub> видаляли (рис. 1, б). Після попередньої декортикації задніх відділів фіксованих хребців укладали кістковий автотрансплантат, узятий з місцевих тканин. Рану пошарово зашивали. Проводили рентгенконтроль безпосередньо на операційному столі.

Пацієнтів вертикалізували наступного дня після хірургічного втручання.





**Рис. 1.** Вигляд операційного поля: а) після встановлення пристрою для інтраопераційної дистанції, транспедиклярної конструкції та впроваджувачів стрижня на головки гвинтів  $L_v$ ; б) після вправлення зміщеного хребця та остаточної стабілізації транспедиклярної системи за схемою «хребет – таз»



**Рис. 2.** Рентгенометричні показники, які визначали у пацієнтів із спондилолістезом із високим ступенем зміщення: а) кут ковзання хребця (SA), кут тазового нахилу (PI); кут крижового нахилу (SS), нахил таза (PT); б) поперековий лордоз (LL), положення сагітальної вертикальної осі (SVA)

Під час аналізу історій хвороби вивчали клінічні прояви спондилолістезу зі значним ступенем усунення як до, так і після хірургічного втручання. Ступінь зсуву визначали за класифікацією Meyerding. На рентгенограмах проводили до- та післяопераційні вимірювання кутів ковзання хребця, тазового нахилу, поперекового лордозу, крижового нахилу, скосу таза, а також оцінювали положення сагітальної вертикальної осі і кут нахилу таза. Референтними показниками для поперекового лордозу вважали кут рівний  $PI \pm 9^\circ$ , кут крижового нахилу —  $20^\circ$ – $25^\circ$ , а відстань від сагітальної вертикальної осі до задньо-верхнього краю крижового майданчика 0–4 см. Норматив-

ним показником нахилу таза (PT) вважали кут менший за  $20^\circ$  [8].

Якість спондилодезу оцінювали рентгенологічно за допомогою комп'ютерної томограми (КТ) попереково-крижового відділу хребта, яку проводили у віддалений період після хірургічного втручання [9].

Критеріями включення в дослідження були: пацієнти зі спондилолістезом III, IV ст. за Meyerding та спондилоптозом, відсутність попередніх хірургічних втручань на хребті, наявність результатів клінічних та інструментальних методів обстеження протягом 3–5 років після операції.

## Результати

Основними скаргами у всіх хворих у досліджуваній групі були біль у поперековому відділі хребта, в тому під час тривалої ходьби. У 6 осіб виявлено радикулопатію  $L_v$  та  $S_1$ . У одного пацієнта було зафіксовано нижній парапарез. Ще у 2 діагностували вторинний груднопоперековий сколіоз (рис. 3).

У післяопераційному періоді відзначали іритацію спинномозкових корінців  $L_v$  та  $S_1$  у 3 пацієнтів, у 8 хворих спостерігали порушення ходи, яке розвинулося внаслідок натягу м'язів нижніх кінцівок і регресувало протягом 3–6 міс. після хірургічного втручання та курсу проведення реабілітаційного лікування. У 3 осіб відповідно через 1, 2 і 5 років після операції виник перелом фіксуючих стрижнів, що вимагало проведення ревізійних операцій. Водночас, лише в одного з них під час заміни імплантата виявлено ознаки псевдартрозу в зоні попереково-крижового переходу. Дослідження комп'ютерних томограм усіх про-

оперованих пацієнтів через 3–5 років після лікування показало наявність зрілих спондилодезних мас у зоні задніх відділів хребта (рис. 4).

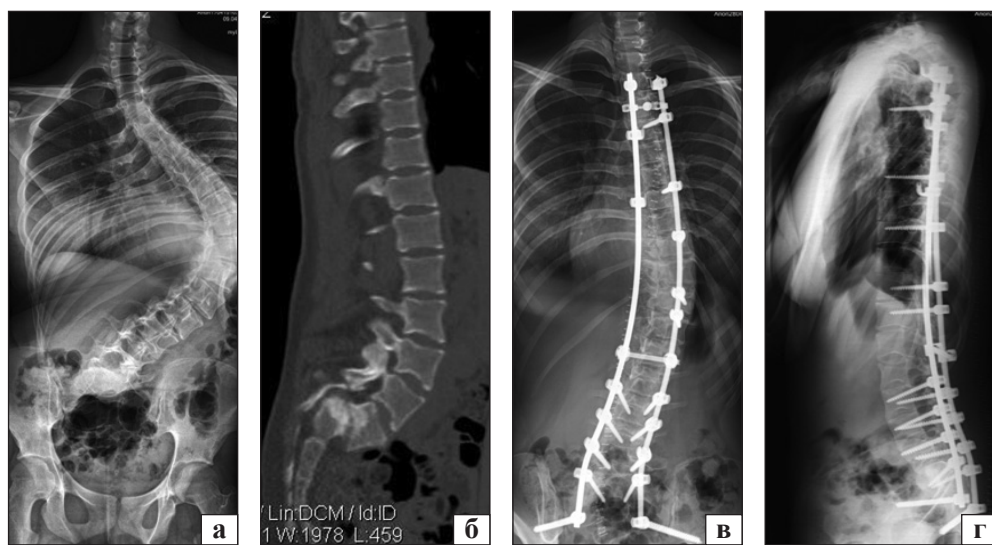
Результати рентгенометрії до та після хірургічного втручання наведені в таблиці 1. Середній кут ковзання хребця становив  $62,1^\circ$ , після хірургічного втручання —  $23,2^\circ$ . Показник тазового нахилу становив  $68,2^\circ$  в середньому до операції та  $63,2^\circ$  після, крижовий нахил —  $42,5^\circ$  та  $36,2^\circ$  відповідно. Величина поперекового лордозу склала  $54,1^\circ$  в середньому до хірургічного втручання та  $49,4^\circ$  після. Положення сагітальної вертикальної осі до лікування змінилося з 7,7 см до операції і 3,3 см після. Нахил таза —  $23,8^\circ$  та  $24,2^\circ$  відповідно (таблиця 1). Згідно з критеріями наведеними в роботі [10] у 20 пацієнтів діагностовано спондилодез I ступеня, II — у 3, IV — у 1. За шкалою Meyerding до хірургічного втручання 13 хворих мали зсув III ступеня, 7 — IV та 4 були

зі спондилоптозом. Після хірургічного втручання розподіл був такий: III ступінь — 4, II — 14 і I — 6 осіб.

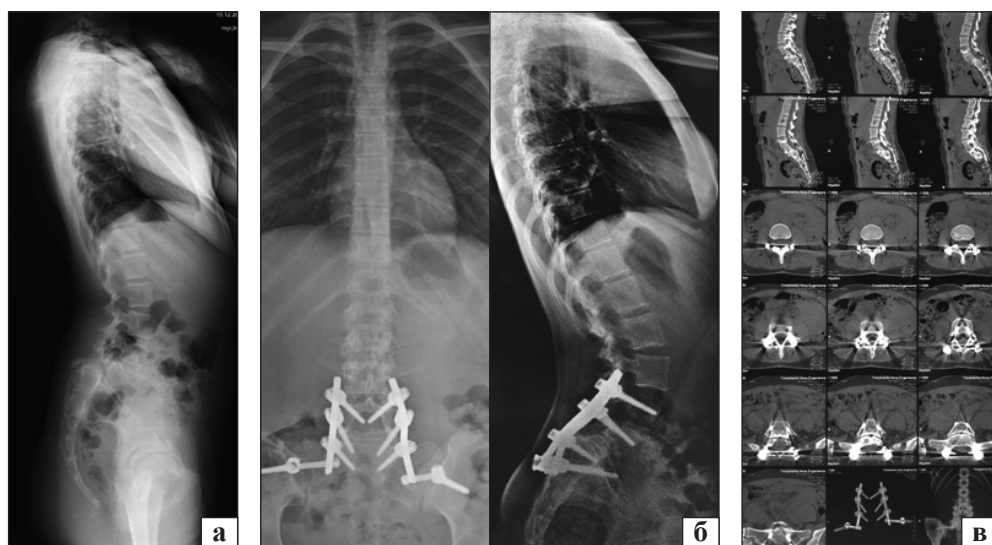
### Обговорення

Незважаючи на загальну думку, що пацієнти зі спондилолістезом із значним ступенем зсуву потребують хірургічного лікування, вибір адекватної тактики є дискусійним питанням. У науковій літературі пропонуються різні хірургічні техніки, які мають свої переваги та недоліки. Умовно їх можна розділити на три основні види: фіксація *in situ*, вправлення зміщеного хребця та вертебректомія.

Фіксація *in situ*, як із застосуванням корсета в післяопераційному періоді, так і без нього, є відносно безпечним та ефективним способом лікування, який зменшує больовий синдром і наявність неврологічної симптоматики.



**Рис. 3.** Рентгенограма (а) та комп'ютерна томограма (б) пацієнтки віком 16 років зі спондилоптозом та лівобічним груднопоперековим сколіозом до хірургічного втручання та після полісегментарної корекції сколіотичної деформації та вправлення спондилолістеза з використанням інтроопераційної дистракції. Протяжність спондилодезу Th<sub>12</sub> – таз. Спондилоптоз вправлений до I ступеня за Meyerding (в, г)



**Рис. 4.** Рентгенограми пацієнтки віком 14 років зі спондилолістезом IV ступеня за Meyerding до операції (а) та після хірургічного втручання (б). Протяжність спондилодезу L<sub>IV</sub> – таз. Спондилолістез вправлений до II ступеня за Meyerding. Комп'ютерна томограма через 6 років після операції показала наявність зрілого кісткового блока в зоні спондилодезу (в)



Таблиця 1  
Рентгенометричні показники  
до та після хірургічного втручання

| Показник                          | Хірургічне лікування |        |
|-----------------------------------|----------------------|--------|
|                                   | до                   | після  |
| Кут ковзання (SA)                 | 62,1°                | 23,2°  |
| Тазовий нахил (PI)                | 68,2°                | 63,2°  |
| Крижовий нахил (SS)               | 42,5°                | 36,2°  |
| Поперековий лордоз (LL)           | 54,1°                | 49,4°  |
| Вертикальна сагітальна вісь (SVA) | 7,7 см               | 3,3 см |
| Нахил таза (PT)                   | 23,8°                | 24,2°  |

A. Joelson зі співавт. дослідили результати використання спондилодезу *in situ* у 35 пацієнтів віком 15 років зі CVC3. Встановили, що всі хворі мали добрий результат лікування, який забезпечив відсутність больового синдрому, інвалідизації та дозволив більшості з них працювати за спеціальністю протягом 29 років після лікування [11].

S. Noorian провів систематичний аналіз 6 рандомізованих клінічних та 9 обсерваційних досліджень, де оцінював результати лікування 1 538 пацієнтів із CVC3. Більшість цих робіт показали, що вправлення та спондилодез приводять до такого ж клінічного результату, як і фіксація *in situ* [12].

У той самий час A. M. Lak зі співавт. вивчили результати лікування 188 осіб зі CVC3, яким було проведено спондилодез *in situ* або вправлення [13]. Виявлено, що фіксація *in situ* супроводжується більшою інтраопераційною крововтратою, неврологічними ускладненнями, псевдартрозом та інфекцією. Отже вправлення, незважаючи на такі ускладнення як ушкодження дурального мішка, зменшує больовий синдром, кут зміщення хребця, змінює нахил таза, а також покращує показник Oswestry Disability Index. Автори дослідження у подальшому зазначають, що обидві хірургічні технології можуть застосовуватися в клінічній практиці, але вправлення зміщеного хребця забезпечує кращий результат лікування.

Повне або часткове вправлення хребця в разі CVC3 має велику кількість прихильників. Основними аргументами, які свідчать про перевагу його проведення, є можливість відновити порушену біомеханіку хребта, покращити якість спондилодезу за рахунок більш рівномірного розподілу навантаження на трансплантат, змінити форми хребетного каналу, а також отримати позитивний косметичний ефект. Але основним ризиком повного вправлення зміщеного хребця більш ніж

на 50 % є виникнення неврологічних порушень [14, 15].

Саме тому більшість авторів наполягають на частковому усуненні зміщення, що дозволяє знизити ризик розвитку радикулопатії корінців L<sub>IV</sub> та L<sub>V</sub> [11]. Spine Deformity Study Group розробила класифікацію спондилолітезу, яка дозволяє визначити показання для проведення вправлення хребця. Відповідно до неї усунення зміщення хребця не показано в разі збалансованого таза, тобто коли показник SS більше показника PT, а в зворотній ситуації (PT більше SS) таз вважається незбалансованим і вправлення необхідне [16].

У роботі [17] наведено методику усунення CVC3 за рахунок тимчасового встановлення гвинтів у хребці L<sub>II</sub>–L<sub>III</sub> зі застосуванням подальшої інтраопераційної дистракції до досягнення часткового вправлення L<sub>V</sub>. Для декомпресії хребетного каналу виконують широку ламінектомію L<sub>V</sub> і встановлюють кейдж у міжхребцевий проміжок L<sub>V</sub>–S<sub>I</sub> за рахунок чого досягають якіснішого спондилодезу і відновлюють таким чином поперековий лордоз.

K. Min запропонував додатково для полегшення вправлення проводити резекцію деформованої верхньої замикальної пластинки S<sub>I</sub>, яка, на його думку, є перешкодою для усунення вентрального зміщення в разі спондилолітезу [18]. До схожих результатів у своїй роботі прийшли M. A. Anjazzallah зі співавт. [19].

M. Kumar та співавт. запропонували методику виправлення CVC3 зі застосуванням малоінвазивного міжтілового спондилодезу кейджем у 18 пацієнтів. Результати дослідження показали покращення хребтово-тазового балансу та показників шкали Oswestry та ВАШ [20].

Ще однією альтернативою хірургічного лікування спондилолітезу зі значним ступенем зміщення є вертебректомія L<sub>V</sub>, запропонована R. Gaines, який навів результати використання цієї операції в 30 пацієнтів [21]. Протягом 25 років, за даними автора, лише у двох хворих було виявлено ускладнення у вигляді перелому гвинтів і псевдартроз. Також у період від 6 тижнів до 3 років зафіксовано радикулопатію корінця L<sub>V</sub> та ретроградну еякуляцію, як ускладнення переднього доступу до вентральних відділів хребта. Водночас клінічні симптоми, які супроводжують спондилолітез, усунули у всіх хворих.

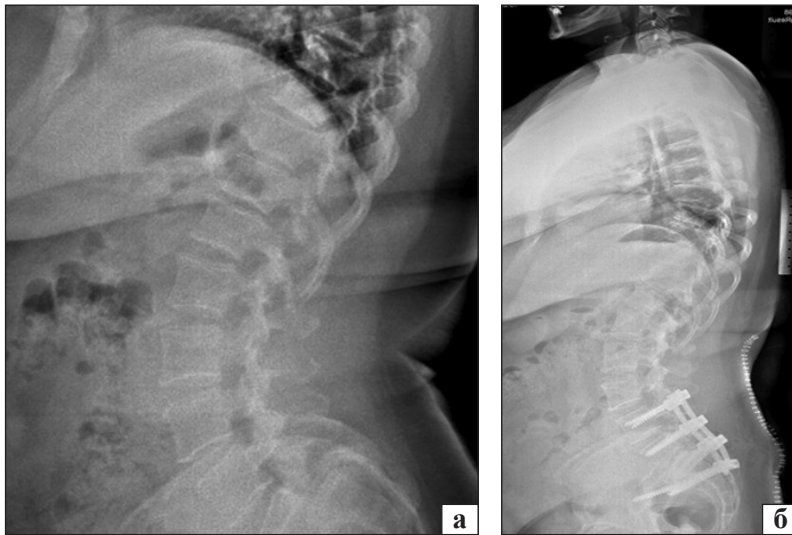
K. Kalra подав результати модифікованої операції Gaines, яка полягає в частковій резекції хребця L<sub>V</sub> у нижній його частині. На думку автора,

перевагами цієї методики є: можливість додаткового введення гвинтів у зміщений хребець, що полегшує його вправлення; профілактика радикалопатії корінця L<sub>V</sub>; перешкоджання укороченню спинного мозку, яке виникає внаслідок зменшення кількості хребців і може призвести до порушення його функції [22].

Нами проведено ретроспективний аналіз результатів лікування пацієнтів у разі істмічного СВСЗ з використанням інтраопераційної тракції та транспедикулярною фіксацією L<sub>IV</sub> – таз. За підсумками проведених операцій, усім пацієнтам вдалося зменшити кут ковзання хребця (SA), а також повернути до норми положення сагітальної вертикальної осі (SVA). Інші показ-

ники хреботно-тазового балансу [23] також були дещо зменшені, завдяки чому вдалося наблизити сагітальний баланс хребта до нормативних показників та покращити біомеханічні умови його функціонування.

У той самий час вправлення зміщених хребців сприяло регресу клінічної симптоматики, покращенню ходи, а також дозріванню якісного спондилодезного блока, що підтверджено показниками післяопераційного КТ. Переломи фіксуючих стрижнів у 3 пацієнтів виникли в зоні попереково-крижового переходу, яка традиційно є найменш сприятливою для формування кісткового блока, проте проведення заміни імплантата дозволило надалі отримати задовільний результат.



**Рис. 5.** Рентгенограми пацієнтки віком 55 років зі спондилолістезом IV ступеня за Meyerding у бічній проекції до (а) та після хірургічного втручання (б) з використанням інтраопераційної тракції. Протяжність спондилодезу L<sub>IV</sub> – таз

Таблиця 2

### Порівняння результатів досліджень стосовно хірургічного лікування СВСЗ

| Автор                                | Кількість хворих | Хірургічна техніка                                                                                                            | Ускладнення (абс. / %) | Неврологічні ускладнення (абс. / %) | Псевдартроз (абс. / %) |
|--------------------------------------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------|------------------------|
| J. A. Smith<br>зі співавт. [25]      | 9                | Фіксація <i>in situ</i>                                                                                                       | 10/111                 | 2/22                                | 2/22                   |
| O. Boachie-Adjei<br>зі співавт. [26] | 6                | Транспедикулярна фіксація, декомпресія                                                                                        | 3/50                   | 3/50                                | 0                      |
| I. Helenius<br>зі співавт. [27]      | 21<br>23<br>26   | Задньобічний спондилодез <i>in situ</i><br>Передній спондилодез <i>in situ</i><br>Передньо-задній спондилодез <i>in situ</i>  | 3/14<br>2/22<br>3/12   | 4/19<br>0<br>0                      | 3/13<br>1/4<br>4/12    |
| J-M. Mac-Thiong<br>зі співавт. [28]  | 61               | Спондилодез <i>in situ</i> , транспедикулярна фіксація та міжтіловий спондилодез, фіксація гвинтами та кейджем <i>in situ</i> | 14/23                  | 7/11                                | 0                      |
| K. Min<br>зі співавт. [18]           | 15               | Транспедикулярна фіксація, резекція замикальної пластини S <sub>1</sub> , міжтіловий спондилодез кейджем                      | 4/26                   | 4/26                                | 0                      |
| M. K. Ashan<br>зі співавт. [29]      | 20               | Інтраопераційна тракція, декомпресія, транспедикулярна фіксація                                                               | 4/20                   | 0                                   | 0                      |
| Наше дослідження                     | 24               | Інтраопераційна тракція, фіксація хребта системою «хребет – таз»                                                              | 4/16                   | 3/12                                | 1/4                    |



Корінцево-іритативний синдром і порушення ходи, які розвинулися у пацієнтів у післяопераційному періоді пояснюється тим, що у них вдалося досягти значного вправлення зміщеного хребця та суттєво змінити патологічні патерни функціонування м'язів, які виникли внаслідок переднього зсуву хребця за спондилолістезу. Можливо у хворих старшої вікової групи за рахунок суттєвішої ригідності хребта, кількість потенційних неврологічних ускладнень могла б бути більшою, але застосування інтраопераційного моніторингу спинного мозку дозволяло контролювано здійснювати корекцію деформації (рис. 5). Використання тазової фіксації дало змогу досягти стабільної фіксації хребта без встановлення міжтілових кейджів, для впровадження яких необхідно проводити ламінектомію [24] та маніпуляції з дуральним мішком, що збільшує ризик його ушкодження. Відмова від проведення ламінектомії на користь непрямої декомпресії хребтового каналу за рахунок усунення зміщення хребця дозволила зберегти опорну функцію задньої опорної колони хребта й збільшила площу зони кісткової пластики, що також позитивно позначилося на формуванні якісного кісткового блока.

У таблиці 2 для порівняння подано результати інших досліджень щодо хірургічного лікування СВСЗ. Із цих робіт можна побачити, що запропонована нами технологія забезпечує приблизно аналогічну кількість неврологічних ускладнень і псевдартрозу як порівняти з методиками вправлення зміщення хребця та меншу кількість псевдартрозів порівняно з фіксацією *in situ*. Одне з ускладнень наведених у спостереженні [29], де здійснювали декомпресію хребтового каналу, призвело у 2 випадках до розриву твердої мозкової оболонки.

## Висновки

Використання інтраопераційної тракції за рахунок лігментотаксису дозволило змінити положення зміщеного хребця та полегшити встановлення в нього транспедикулярних гвинтів.

Поєднання інтраопераційної тракції хребта й тяги за умов використання транспедикулярних гвинтів із застосуванням вправляючих пристроїв дозволило досягти вправлення зміщеного хребця до I–II ступеня Meyerding і відновити опорну функцію хребта.

Збільшення площі зони спондилолізу за рахунок збереження дужки зміщеного хребця в поєднанні з декортикацією задніх відділів хребта сприяло формуванню зрілого кісткового блока.

Післяопераційні ускладнення не вплинули на кінцевий результат лікування пацієнтів у досліджуваній групі.

**Конфлікт інтересів.** Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

**Перспективи подальших досліджень.** Проведення проспективних порівняльних досліджень різних методик лікування спондилолістезу.

**Інформація про фінансування.** Це дослідження не є комерційним і не має стороннього фінансування.

**Внесок авторів.** Мезенцев А. О. — прооперував частину пацієнтів, аналіз отриманих результатів дослідження, формування висновків, редагування тексту; Петренко Д. Є. — прооперував частину пацієнтів, аналіз отриманих результатів, написання статті; Демченко Д. О. — прооперував частину пацієнтів, аналіз літературних джерел, формування списку літератури та підготовка клінічних випадків.

## Список літератури

1. Harms, J., & Stürz, H. (2012). Severe spondylolisthesis: Pathology - Diagnosis - Therapy. Springer Science & Business Media
2. Meyerding, H. W. (1956). Spondylolisthesis; surgical fusion of lumbosacral portion of spinal column and interarticular facets; use of autogenous bone grafts for relief of disabling backache. *The Journal of the International College of Surgeons*, 26(5), 566–591
3. Ruf, M., Koch, H., Melcher, R. P., & Harms, J. (2006). Anatomic reduction and Monosegmental fusion in high-grade developmental spondylolisthesis. *Spine*, 31(3), 269–274. <https://www.doi.org/10.1097/01.brs.0000197204.91891.eb>
4. Jani, M., Dayon, E., Mehta, N., Aggarwal, K., Fortin, J., Zekster, K., ... Wahezi, S. E. (2025). Accuracy of imaging in dynamic spondylolisthesis: Emerging strategies and understanding for pain physicians: A systematic review. *Pain Physician Journal*, 28(2), 97–103. <https://www.doi.org/10.36076/ppj.2025.28.97>
5. O'Brien, J. R., Yu, W. D., Bhatnagar, R., Sponseller, P., & Kebaish, K. M. (2009). An anatomic study of the S2 iliac technique for Lumbopelvic screw placement. *Spine*, 34(12), E439–E442. <https://www.doi.org/10.1097/brs.0b013e3181a4e3e4>
6. Assaker, R., Wagner, S. C., Shufflebarger, H. L., & Lehman, R. A. (2023). Management of high-grade spondylolisthesis including reduction techniques. *Spondylolisthesis*, 287–297. [https://www.doi.org/10.1007/978-3-031-27253-0\\_22](https://www.doi.org/10.1007/978-3-031-27253-0_22)
7. Huang, W., Cai, W., Cheng, M., Hu, X., Fang, M., Sun, Z., ... Yan, W. (2023). Modified iliac screw in Lumbopelvic fixation after sacral tumor resection: A single-center case series. *Operative Neurosurgery*. <https://www.doi.org/10.1227/ons.0000000000000539>
8. Roussouly, P., Gollogly, S., Berthonnaud, E., & Dimnet, J. (2005). Classification of the normal variation in the sagittal alignment of the human lumbar spine and pelvis in the standing position. *Spine*, 30(3), 346–353. <https://www.doi.org/10.1097/01.brs.0000152379.54463.65>
9. Seo, D. K., Kim, M. J., Roh, S. W., & Jeon, S. R. (2017). Morphological analysis of interbody fusion following posterior lumbar interbody fusion with cages using computed tomography. *Medicine*, 96(34), e7816. <https://www.doi.org/10.1097/md.00000000000007816>
10. Joelson, A., Diarbakerli, E., Gerdhem, P., Hedlund, R., Wretenberg, P., & Frennered, K. (2019). Self-image and health-related quality of life three decades after fusion in situ for high-grade Isthmic spondylolisthesis. *Spine Deformity*, 7(2), 293–297. <https://www.doi.org/10.1016/j.jspd.2018.08.012>
11. Bowles, D., Canseco, J. A., Antonacci, C., Thandoni, A., Anderson, D. G., Kurd, M. F., ... Lee, J. K. (2020). 271. Surgical technique and patient-reported outcomes in adult isthmic

- spondylolisthesis. *The Spine Journal*, 20(9), S133–S134. <https://www.doi.org/10.1016/j.spinee.2020.05.683>.
12. Noorian, S., Sorensen, K., & Cho, W. (2018). A systematic review of clinical outcomes in surgical treatment of adult isthmic spondylolisthesis. *The Spine Journal*, 18(8), 1441–1454. <https://www.doi.org/10.1016/j.spinee.2018.04.022>
  13. Lak, A. M., Abunimer, A. M., Devi, S., Chawla, S., Aydin, L., Tafel, I., ... Zaidi, H. A. (2020). Reduction versus in situ fusion for adult high-grade spondylolisthesis: A systematic review and meta-analysis. *World Neurosurgery*, 138, 512–520.e2. <https://www.doi.org/10.1016/j.wneu.2020.03.030>
  14. Mac-Thiong, J., Hresko, M. T., Alzakri, A., Parent, S., Suca-to, D. J., Lenke, L. G., ... Labelle, H. (2019). Criteria for surgical reduction in high-grade lumbosacral spondylolisthesis based on quality of life measures. *European Spine Journal*, 28(9), 2060–2069. <https://www.doi.org/10.1007/s00586-019-05954-x>
  15. Schlösser, T. P., Garrido, E., Tsirikos, A. I., & McMaster, M. J. (2021). Health-related quality of life and sagittal balance at two to 25 years after posterior transfixation for high-grade dysplastic spondylolisthesis. *Bone & Joint Open*, 2(3), 163–173. <https://www.doi.org/10.1302/2633-1462.23.bjo-2020-0194.r1>
  16. Hresko, M. T., Labelle, H., Roussouly, P., & Berthonnaud, E. (2007). Classification of high-grade Spondylolistheses based on pelvic version and spine balance. *Spine*, 32(20), 2208–2213. <https://www.doi.org/10.1097/brs.0b013e31814b2cee>
  17. Rivollier, M., Marlier, B., Kleiber, J., Eap, C., & Litre, C. (2020). Surgical treatment of high-grade spondylolisthesis: Technique and results. *Journal of Orthopaedics*, 22, 383–389. <https://www.doi.org/10.1016/j.jor.2020.08.015>
  18. Min, K., Liebscher, T., & Rothenfluh, D. (2011). Sacral dome resection and single-stage posterior reduction in the treatment of high-grade high dysplastic spondylolisthesis in adolescents and young adults. *European Spine Journal*, 21(S6), 785–791. <https://www.doi.org/10.1007/s00586-011-1949-5>
  19. Anjazzallah, M. A., Balakumaran, T., & Suwarnakumar, V. (2022). Sacral dome resection and single-stage posterior reduction in the treatment of high-grade spondylolisthesis in a young girl. *The Sri Lankan Journal of Orthopaedic Surgery*, 8(1), 76–82. <https://www.doi.org/10.4038/tslj.v8i1.11>
  20. Kumar, M., Rai, V., Joshi, A., Nalin, S., & Gandhi, M. K. (2024). Reduction of high-grade spondylolisthesis using minimally invasive spine surgery-transforaminal lumbar interbody fusion “trial-in-situ” technique: A technical note with case series. *Asian Spine Journal*, 18(5), 712–718. <https://www.doi.org/10.31616/asj.2024.0224>
  21. Gaines, R. W. (2005). L5 Vertebrectomy for the surgical treatment of Spondyloptosis. *Spine*, 30(Supplement), S66–S70. <https://www.doi.org/10.1097/01.brs.0000155577.19606.df>
  22. Kalra, K., Kohli, S., & Dhar, S. (2010). A modified Gaines procedure for spondyloptosis. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British volume*, 92-B(11), 1589–1591. <https://www.doi.org/10.1302/0301-620x.92b11.24382>
  23. Abdullah Khan, Syed Mansoor Shah, Jawad Ahmed, Saba Gul, Siraj Ulhaq, Attaullah, & Syed Shah Fahad. (2025). Spinal pelvic parameters before and after the spine fixation and its impact on clinical outcomes: A study from a tertiary care hospital. *World Journal of Biology Pharmacy and Health Sciences*, 21(2), 030–034. <https://www.doi.org/10.30574/wjbphs.2025.21.2.0141>
  24. Dhar, U. K., Menzer, E. L., Lin, M., O'Connor, T., Ghimire, N., Dakwar, E., ... Vrionis, F. D. (2024). Open laminectomy vs. minimally invasive laminectomy for lumbar spinal stenosis: A review. *Frontiers in Surgery*, 11. <https://www.doi.org/10.3389/fsurg.2024.1357897>
  25. Smith, J. A., Deviren, V., Berven, S., Kleinstueck, F., & Bradford, D. S. (2001). Clinical outcome of trans-sacral Interbody fusion after partial reduction for high-grade L5–S1 spondylolisthesis. *Spine*, 26(20), 2227–2234. <https://doi.org/10.1097/00007632-200110150-00014>
  26. Boachie-Adjei, O., Do, T., & Rawlins, B. A. (2002). Partial Lumbosacral kyphosis reduction, decompression, and posterior Lumbosacral Transfixation in high-grade Isthmic spondylolisthesis. *Spine*, 27(6), E161–E168. <https://doi.org/10.1097/00007632-200203150-00019>
  27. Helenius, I., Lamberg, T., Österman, K., Schlenzka, D., Yrjönen, T., Tervahartiala, P., Seitsalo, S., Poussa, M., & Remes, V. (2006). Posterolateral, anterior, or circumferential fusion in situ for high-grade spondylolisthesis in young patients: A long-term evaluation using the scoliosis research society questionnaire. *Spine*, 31(2), 190–196. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000194843.94071.09>
  28. Mac-Thiong, J., Hresko, M. T., Alzakri, A., Parent, S., Suca-to, D. J., Lenke, L. G., Marks, M., & Labelle, H. (2019). Criteria for surgical reduction in high-grade lumbosacral spondylolisthesis based on quality of life measures. *European Spine Journal*, 28(9), 2060–2069. <https://doi.org/10.1007/s00586-019-05954-x>
  29. Ahsan, M. K., Yadav, K. K., Khan, S. I., Awwal, M. A., Joshi, S. R., ... Mahmud, A. A. (2021). Surgical management of adult high-grade spondylolisthesis by partial reduction, decompression and instrumented circumferential fusion. *Clinical Surgery Journal*, 2(2), 1–9.

|                                           |                                           |                                 |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------|
| Стаття надійшла до редакції<br>09.05.2025 | Отримано після рецензування<br>19.05.2025 | Прийнято до друку<br>21.05.2025 |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------|

## RESULTS OF SURGICAL TREATMENT OF HIGH-GRADE SPONDYLOLISTHESIS

A. O. Mezentsev, D. Ye. Petrenko, D. O. Demchenko

Municipal Multidisciplinary Clinical Hospital for Mother and Child named after Professor M. F. Rudnev, Dnipro. Ukraine

✉ Andriy Mezentsev, MD, DMSci: mezentsevandriy@gmail.com

✉ Dmytro Petrenko, MD, DMSci: docpetrenko@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-8079-5661>

✉ Dmytro Demchenko, MD: docdemchenko@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-6697-3321>

УДК 616.72-002-022-07:577.1](045)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872025266-70>

## Інтерлейкін-6 та білки гострої фази як біомаркери септичного остеоартриту

С. Магомедов, Ю. В. Поляченко, М. П. Грицай,  
І. Г. Літовка, В. І. Сабадош, Н. О. Дехтеренко, Т. А. Кузуб

ДУ «Національний Інститут травматології та ортопедії НАМН України», Київ

*Septic arthritis (SA) is a severe and rapidly progressive joint infection and a potentially life-threatening condition that can affect all age groups. Due to the lack of effective methods for early detection and assessment of treatment outcomes, measurement of biochemical markers (biomarkers) is a promising method for monitoring the disease. The aim of the study was to determine the diagnostic significance of inflammatory biomarkers (IL-6, CRP, haptoglobin, ceruloplasmin) in patients with septic joint inflammation of various localizations. Methods. The study analyzed blood serum from 54 male and female subjects. Of these, 18 were conditionally healthy and entered group I (control), and 36 patients were diagnosed with septic osteoarthritis of joints of various localization in the skeleton. Of these, 18 had SA of the knee joint; 13 patients had SA of the hip joint and 5 had SA of the ankle joint. Results. Patients with septic arthritis of the knee and hip joints had significantly increased levels of IL-6 and acute phase proteins in the blood serum. We believe that it is the enhanced synthesis of the pro-inflammatory cytokine IL-6 and acute phase proteins that plays a significant role in the pathophysiology of the inflammatory response, which initiates a chain of reactions that lead to cartilage degradation and further complication of inflammatory processes in the joint. Therefore, these biomarkers can be tools for diagnosing the progression of this disease in both preclinical and clinical studies. The results obtained emphasize the importance of identifying inflammatory biomarkers for diagnosing the progression of septic arthritis in both preclinical and clinical studies to establish the stage of the disease and predict clinical outcome. Keywords. Interleukin-6, acute phase proteins, septic osteoarthritis.*

*Септичний артрит (СА) — це важка та швидко прогресуюча інфекція суглобів і потенційно небезпечний для життя стан, який може вплинути на всі вікові групи. Через відсутність ефективних методів раннього виявлення й оцінювання результатів лікування, вимірювання біохімічних маркерів (біомаркерів) є перспективним методом моніторингу захворювання. Мета. Визначити діагностичну значущість запальних біомаркерів (ІЛ-6, СРБ, гаптоглобіну, церулоплазміну) в пацієнтів із септичним запаленням суглобів різної локалізації. Методи. У дослідженні проаналізовано сироватку крові 54 осіб чоловічої і жіночої статі. Із них 18 були умовно здоровими і увійшли до І групи (контроль), а 36 хворих мали діагноз септичний остеоартрит суглобів різної локалізації в скелеті. Із них 18 — СА колінного суглоба; 13 — СА кульшового і 5 — СА над'яtkово-гомількового. Результати. У пацієнтів із септичним артритом колінного та кульшового суглобів були значно підвищені рівні ІЛ-6 та білків гострої фази в сироватці крові. На нашу думку саме посилений синтез прозапального цитокіну ІЛ-6 та білків гострої фази відіграє значну роль у патофізіології запальної відповіді, за якої ініціюється ланцюг реакцій, що призводять до дегградації хряща і подальшого ускладнення запальних процесів у суглобі. Тому ці біомаркери можуть бути інструментами діагностики прогресування цього захворювання як на доклінічних, так і в клінічних дослідженнях. Одержані результати підкреслюють важливість визначення біомаркерів запалення для діагностики прогресування септичного артрити як на доклінічних, так і в клінічних дослідженнях для встановлення стадії захворювання та прогнозування клінічного результату.*

**Ключові слова.** Інтерлейкін-6, білки гострої фази, септичний остеоартрит

© Магомедов С., Поляченко Ю. В., Грицай М. П. та ін., 2025



## Вступ

Септичний артрит (СА) — це важка та швидко прогресуюча інфекція суглобів [1, 2]. Він є потенційно небезпечним для життя станом, який може вплинути на всі вікові групи. Річна захворюваність на СА коливається від 1 до 35 випадків на 100 000 осіб у різних країнах [3]. Рівень смертності може бути високим, коливаючись від 3 до 25 % [4]. Незважаючи на тяжкість захворювання, у багатьох пацієнтів відсутні класичні ознаки, симптоми або зміни лабораторних показників [4]. Діагностика обтяжується значною кількістю станів, які можуть імітувати СА, ще більше ускладнюючи діагноз. Основні фактори ризику включають похилий вік, наявні захворювання суглобів, такі як ревматоїдний артрит або остеоартрит, діабет, імуносупресію, нещодавні операції на суглобах, внутрішньовенне вживання наркотиків і системні інфекції. Збільшення випадків СА частково пов'язане зі старінням населення та зростанням супутніх захворювань [2].

Для кожного суглоба скелета характерна певна кінетика розвитку патологічного процесу, яка пов'язана зі симптомами запалення, скутості та втрати рухливості. Зазвичай СА розвивається в колінних, кульшових, над'яtkово-гомількових суглобах і в спинних хребцях [5]. Діагностика, яка заснована на клінічному огляді та рентгенографії, дає мало інформації про початок і прогресування захворювання, метаболічні зміни в тканинах суглоба. Через відсутність ефективних методів раннього виявлення й аналізу результатів лікування, вимірювання біохімічних маркерів (біомаркерів) є перспективним методом моніторингу захворювання.

Особливий інтерес становлять запальні біомаркери СА, які присутні в біологічних рідинах, таких як кров, сеча та синовіальна рідина, джерела, які легко виділити з організму [6]. Завдяки дослідженню цих біохімічних показників: цитокінів (інтерлейкін-6, (ІЛ-6) та білків гострої фази (С-реактивний білок (СРБ), церулоплазмін та гаптоглобін) у сироватці крові пацієнта можна точно визначити рівень та активність запального процесу. Адже відомо, що гетерогенність патогенеза СА знаходить відображення в комбінаціях різних показників, що свідчать про ступінь деградації суглобів [7].

Цитокіни — це невеликі білки, які виділяються клітинами та мають унікальний вплив на їхню взаємодію та комунікацію. Ці сигнальні молекули відповідають за регуляцію імунних реакцій і запалення, а також спричиняють зростання та

диференціацію клітин. Запальні цитокіни вивільняються у відповідь на ушкодження тканин або інфекцію та мають потенціал для активації нервових волокон, сприяючи розвитку хронічного болю [8]. Інтерлейкіни відіграють важливу роль у модулюванні імунних відповідей у різних сценаріях, від інфекційних захворювань до болю та післяопераційного періоду. Вони діють як про- та протизапальні і мають вирішальну роль в активації імунних клітин, відновленні тканин і загальному балансі імунної системи. Прозапальні ІЛ, також ІЛ-6, можуть призводити до ушкодження тканин у разі надмірної експресії [9–11]. Виробництво прозапальних цитокінів, у першу чергу, пояснюється активованими макрофагами, які індукують запальні реакції. Прозапальний біомаркер ІЛ-6 ініціює ланцюг реакцій, що спричинює деградацію хряща та інших запальних процесів [12]. СРБ, церулоплазмін і гаптоглобін є реактантами гострої фази, які позитивно корелюють із запаленням і болем у суглобах у разі остеоартриту та, як було показано, прогнозують результати перед та після операції [13–15].

Аналіз наведених вище літературних джерел доводить, що СА є однією з найпоширеніших причин інвалідності серед людей будь-якого віку і може вражати практично всі суглоби скелета. Для кожного суглоба характерна певна кінетика розвитку патологічного процесу. Проте найбільш вразливими серед них є кульшовий та колінний. Визначення біохімічних маркерів запалення демонструє їх варіабельність для виявлення патологічних процесів у суглобах за СА.

*Мета:* визначити діагностичну значущість запальних біомаркерів (інтерлейкіну-6, С-реактивного білка, гаптоглобіну, церулоплазміну) в пацієнтів із септичним запаленням суглобів різної локалізації.

## Матеріал і методи

У дослідженні проаналізовано сироватку крові 54 осіб чоловічої і жіночої статі. Із них 18 були умовно здоровими і увійшли до I групи (контроль), а 36 пацієнтів мали діагноз септичний остеоартрит суглобів різної локалізації у скелеті. Із них 18 (II група) — СА колінного суглоба; 13 хворих (III група) — СА кульшового і 5 (IV група) — СА над'яtkово-гомількового суглобів.

Роботу проведено після узгодження комітету з біоетики Інституту травматології та ортопедії (протокол № 4 від 11 листопада 2023 р.) відповідно до Гельсинської декларації 2000 р., Директиви Європейського товариства 86/609 про участь людини

в біомедичних дослідженнях та наказів МО України № 690 від 23.09.2009 р., № 944 від 14.12.2009 р., № 616 від 03.08.2012 р. Усі пацієнти підписали форму інформаційної згоди на участь у дослідженні.

Концентрацію ІЛ-6 у сироватці крові пацієнтів визначали на аналізаторі Cobas 411 з використанням тест систем Roche Diagnostics. Аналіз СРБ, гаптоглобіну і церулоплазміну проводили на біохімічному аналізаторі Cobas 311 із використанням тест систем Roche Diagnostics.

Статистичну обробку отриманих результатів здійснювали з використанням пакета програми Origin Pro 8,5. Визначали середні значення отриманих показників (М) зі стандартними відхиленнями (SD). Достовірність різниці між групами з нормальним розподілом порівняння оцінювали за критерієм t-Стюдента. За  $p < 0,05$  зміни вважали достовірними. Із метою визначення статистичної значущості відмінностей між групами для кількісних (із розподілом відмінним від нормального) і порядкових змінних застосовано критерій Краскал-Уолес. Порівняння кількісних і порядкових змінних у залежних вибірках проводили за допомогою критерію Вілкоксона. Дані на графіках наведено у вигляді медіани і 5–95 перцентилей.

## Результати та їх обговорення

Згідно з отриманими нами даними середній показник концентрації ІЛ-6 у сироватці крові осіб контрольної групи становив  $(2,07 \pm 0,22)$  пг/мл. У решти пацієнтів відзначили його значне вірогідне зростання. Так, у II групі концентрація ІЛ-6 збільшилася на 695,7 %, а у III — на 1884,1 % ( $p < 0,05$ ; табл.). У IV групі зафіксували тенденцію до зростання цього показника.

Прозапальний біомаркер ІЛ-6 відіграє вирішальну роль у патофізіології запальної відповіді за СА та ініціює ланцюг реакцій, які призводять до деградації хряща та подальшого ускладнення запальних процесів у суглобі [12]. Підвищення його концентрації запускає синтез білків гострої фази, таких як СРБ, церулоплазмін і гаптоглобін, а також активує вроджену імунну систему [16].

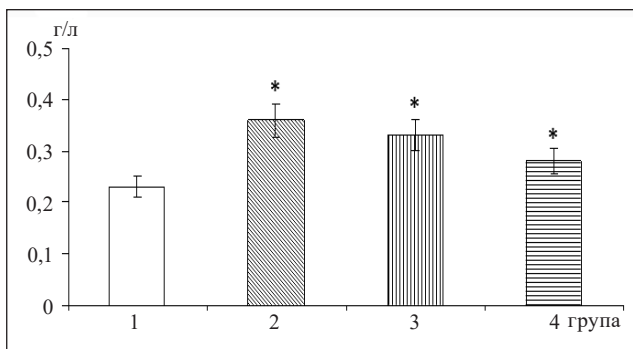
Рівень СРБ у сироватці крові найбільше зростає у пацієнтів із СА кульшового суглоба на 2635,4 % відносно контрольних значень ( $p < 0,05$ ; табл.). Майже вдвічі менше, а саме на 1126,02 %, збільшився рівень цього показника за СА кульшового суглоба ( $p < 0,05$ ; рис. 2). У випадку септичного артриту надп'яtkово-гомількового суглоба зафіксовано тенденцію до його зростання.

Таблиця

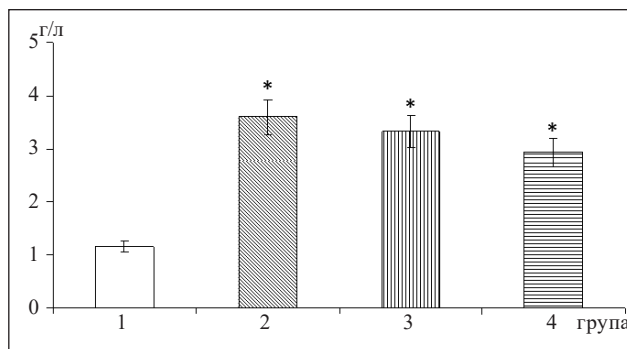
**Концентрація інтерлейкіну-6 та білків гострої фази у пацієнтів зі септичним запаленням суглобів різної локалізації**

| № | Показник                 | Контроль        | Суглоб             |                     |                         |
|---|--------------------------|-----------------|--------------------|---------------------|-------------------------|
|   |                          |                 | колінний           | кульшовий           | надп'яtkово-гомільковий |
| 1 | Інтерлейкін-6, пг/мл     | $2,07 \pm 0,22$ | $16,47 \pm 3,42^*$ | $39,0 \pm 8,81^*$   | $69,17 \pm 52,93$       |
| 2 | С-реактивний білок, мг/л | $2,46 \pm 0,75$ | $30,16 \pm 5,66^*$ | $67,29 \pm 16,10^*$ | $65,82 \pm 33,83$       |
| 3 | Церулоплазмін, г/л       | $0,23 \pm 0,01$ | $0,36 \pm 0,02^*$  | $0,33 \pm 0,03^*$   | $0,28 \pm 0,02^*$       |
| 4 | Гаптоглобін, г/л         | $1,16 \pm 0,09$ | $3,60 \pm 0,48^*$  | $3,33 \pm 0,44^*$   | $2,93 \pm 0,64^*$       |

Примітка. \* —  $p < 0,05$  порівняно з групою контролю.



**Рис. 1.** Концентрація церулоплазміну в сироватці крові умовно здорових (1) та хворих на хронічний артрит колінного (2), кульшового (3), надп'яtkово-гомількового суглобів (4). \* —  $p < 0,05$  відносно 1 групи



**Рис. 2.** Концентрація гаптоглобіну в сироватці крові умовно здорових (1) та хворих на СА колінного (2), кульшового (3), надп'яtkово-гомількового суглобів (4). \* —  $p < 0,05$  відносно 1 групи

Таким чином, підвищений рівень СРБ у сироватці крові відображає активність і ризик прогресування захворювання колінного та кульшового суглобів.

Концентрація церулоплазміну в сироватці крові збільшилась у всіх пацієнтів із СА досліджуваних суглобів. Проте вона не була такою високою як під час визначення ІЛ-6 і СРБ. Найбільше підвищення на 56,52 % відзначили за СА колінного суглоба ( $p < 0,05$ ; табл.). У випадку з СА кульшового та надп'яtkово-гомiлкового суглобів рівень цього показника вірогідно зріс на 43,47 та 21,74 % відповідно ( $p < 0,05$ ; рис. 1) порівняно з контролем.

Така ж сама тенденція зберігалася і під час визначення концентрації гаптоглобіну. Найвище значення зафіксовано в разі вимірювання в сироватці крові пацієнтів із СА колінного суглоба. Воно було вище на 210,34 % порівняно з контрольною групою ( $p < 0,05$ ; рис. 2).

У разі СА кульшового чи надп'яtkово-гомiлкового суглобів спостерігали вірогідне зростання його рівня на 187,07 та 152,59 % відповідно контрольних значень ( $p < 0,05$ ; рис. 2).

Згідно з нашими і літературними даними пацієнти зі септичним артритом колінного та кульшового суглобів мали значно підвищені рівні ІЛ-6 та білків гострої фази в сироватці крові [17, 18]. Уважаємо, що саме посилений синтез прозапального цитокіну ІЛ-6 та білків гострої фази відіграє значну роль у патофізіології запальної відповіді за СА. Підвищення концентрації ІЛ-6 запускає синтез білків гострої фази, у першу чергу СРБ, та ініціює ланцюг реакцій, які призводять до деградації хряща і подальшого розвитку запальних процесів у суглобі. Це узгоджується з результатами інших авторів, які спостерігали певний позитивний зв'язок між піковими рівнями ІЛ-6 та СРБ у сироватці крові за СА колінного і кульшового суглобів [12, 16]. Тому ці біомаркери можуть бути інструментами діагностики прогресування цього захворювання як на доклінічних, так і в клінічних дослідженнях, основною метою яких є встановлення діагнозу, стадії захворювання та прогнозування клінічного результату. Одержані результати підкреслюють важливість визначення біомаркерів запалення для оцінювання та розуміння запального процесу.

## Висновки

Пацієнти зі септичним артритом колінного та кульшового суглобів мали значно підвищені рівні ІЛ-6 та білків гострої фази в сироватці крові.

Зростання концентрації ІЛ-6 запускає синтез білків гострої фази, у першу чергу СРБ, та ініціює ланцюг реакцій, які призводять до деградації хряща і подальшого ускладнення запальних процесів у суглобі.

Одержані результати підкреслюють важливість визначення біомаркерів запалення для діагностики прогресування септичного артритику як на доклінічних, так і в клінічних дослідженнях для встановлення стадії захворювання та прогнозування клінічного результату.

**Конфлікт інтересів.** Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

**Перспективи подальших досліджень.** Дослідження гострофазних білків, інтерлейкінів для виявлення тяжкості захворювання та метаболічні зміни цих показників залежно від тяжкості патологічного процесу.

**Інформація про фінансування.** Фінансування досліджень, результати яких опубліковані в статті, відбувалося в межах НДР за темою «Розробити тактику діагностики та хірургічного лікування неспецифічних інфекційних артритів великих суглобів нижніх кінцівок: гематогенних, після травм та бойових ушкоджень».

**Внесок авторів.** Магомедов С. — аналіз результатів дослідження, участь у написанні статті; Поляченко Ю. В. — визначення напрямів дослідження; Грицай М. П. — аналіз клінічного матеріалу, оформлення висновків; Літовка І. Г. — аналіз результатів дослідження, написання статті; Сабадош В. І. — аналіз, діагностика пацієнтів; Дехтеренко Н. О. — обробка та проведення досліджень; Кузуб Т. А. — обробка та проведення біохімічних досліджень.

## Список літератури

1. Chan, B. Y., Crawford, A. M., Kobes, P. H., Allen, H., Leake, R. L., Hanrahan, C. J., & Mills, M. K. (2020). Septic arthritis: An evidence-based review of diagnosis and image-guided aspiration. *American Journal of Roentgenology*, 215(3), 568–581. <https://doi.org/10.2214/ajr.20.22773>
2. Wu, K. A., Kugelman, D. N., Seidelman, J. L., & Seyler, T. M. (2024). Native joint septic arthritis. *Antibiotics*, 13(7), 596. <https://doi.org/10.3390/antibiotics13070596>
3. Cohen, E., Katz, T., Rahamim, E., Bulkowstein, S., Weisel, Y., Leibovitz, R., ... Leibovitz, E. (2020). Septic arthritis in children: Updated epidemiologic, microbiologic, clinical and therapeutic correlations. *Pediatrics & Neonatology*, 61(3), 325–330. <https://doi.org/10.1016/j.pedneo.2020.02.006>
4. Momodu, I. I., & Savaliya, V. (2024) *Septic arthritis StatPearls* (StatPearls Publishing) In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing.
5. Murray, K. J., Molyneux, T., Le Grande, M. R., Castro Mendez, A., Fuss, F. K., & Azari, M. F. (2017). Association of mild leg length discrepancy and degenerative changes in the hip joint and lumbar spine. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, 40(5), 320–329. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2017.03.001>
6. Nguyen, L., Sharma, A., Chakraborty, C., Saibaba, B., Ahn, M., & Lee, S. (2017). Review of prospects of biological fluid biomarkers in osteoarthritis. *International Journal of molecular sciences*, 18(3), 601. <https://doi.org/10.3390/ijms18030601>
7. Luyten, F., Bierma-Zeinstra, S., Dell'Accio, F., Kraus, V., Nakata, K., Sekiya, I., ... Lohmander, L. (2018). Toward classification criteria for early osteoarthritis of the knee. *Seminars in arthritis and rheumatism*, 47(4), 457–463. <https://doi.org/10.1016/j.semarthrit.2017.08.006>



8. Cocea, A., & Stoica, C. I. (2024). Interactions and trends of interleukins, PAI-1, CRP, and TNF- $\alpha$  in inflammatory responses during the perioperative period of joint arthroplasty: Implications for pain management — A narrative review. *Journal of personalized medicine*, 14(5), 537. <https://doi.org/10.3390/jpm14050537>
9. Millrine, D., Jenkins, R. H., Hughes, S. T., & Jones, S. A. (2021). Making sense of IL-6 signalling cues in pathophysiology. *FEBS Letters*, 596(5), 567–588. <https://doi.org/10.1002/1873-3468.14201>
10. Su, P. P., Zhang, L., He, L., Zhao, N., & Guan, Z. (2022). The role of neuro-immune interactions in chronic pain: Implications for clinical practice. *Journal of pain research*, 15, 2223–2248. <https://doi.org/10.2147/jpr.s246883>
11. Choy, E., Bykerk, V., Lee, Y. C., Van Hoogstraten, H., Ford, K., Praestgaard, A., ... Sebba, A. (2022). Disproportionate articular pain is a frequent phenomenon in rheumatoid arthritis and responds to treatment with sarilumab. *Rheumatology*, 62(7), 2386–2393. <https://doi.org/10.1093/rheumatology/keac659>
12. Slovacek, H., Khanna, R., Poredos, P., Poredos, P., Jezovnik, M., Hoppensteadt, D., ... Hopkinson, W. (2021). Interrelationship of MMP-9, proteoglycan-4, and inflammation in osteoarthritis patients undergoing total hip arthroplasty. *Clinical and applied thrombosis/hemostasis*, 27. <https://doi.org/10.1177/1076029621995569>
13. Kondo, F., Takegami, Y., Ishizuka, S., Hasegawa, Y., & Imagama, S. (2021). The association of the progression of knee osteoarthritis with high-sensitivity CRP in community-dwelling people — the Yakumo study. *Clinical rheumatology*, 40(7), 2643–2649. <https://doi.org/10.1007/s10067-020-05541-2>
14. Yang, X., Ruan, G., Xu, J., Zheng, S., Wang, K., & Ding, C. (2020). Associations between suprapatellar pouch effusion-synovitis, serum cartilage oligomeric matrix protein, high sensitivity C-reaction protein, knee symptom, and joint structural changes in patients with knee osteoarthritis. *Clinical rheumatology*, 39(5), 1663–1670. <https://doi.org/10.1007/s10067-019-04905-7>
15. Kraus, V. B., Reed, A., Soderblom, E. J., Golightly, Y. M., Nelson, A. E., & Li, Y. (2024). Serum proteomic biomarkers diagnostic of knee osteoarthritis. *Osteoarthritis and cartilage*, 32(3), 329–337. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2023.09.007>
16. Watt, D. G., Horgan, P. G., & McMillan, D. C. (2015). Routine clinical markers of the magnitude of the systemic inflammatory response after elective operation: A systematic review. *Surgery*, 157(2), 362–380. <https://doi.org/10.1016/j.surg.2014.09.009>
17. Sahli, H., Bachali, A., Tekaya, R., Ben Tekaya, A., Khalfallah, R., Saidane, O., ... Abdelmoula, L. (2018). Clinical and laboratory characteristics in septic arthritis patients with and without isolated germs. *The Egyptian rheumatologist*, 40(4), 269–272. <https://doi.org/10.1016/j.ejr.2017.10.008>
18. He, M., Arthur Vithran, D. T., Pan, L., Zeng, H., Yang, G., Lu, B., & Zhang, F. (2023). An update on recent progress of the epidemiology, etiology, diagnosis, and treatment of acute septic arthritis: A review. *Frontiers in cellular and infection microbiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2023.1193645>

|                                           |                                           |                                 |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------|
| Стаття надійшла до редакції<br>21.01.2025 | Отримано після рецензування<br>29.01.2025 | Прийнято до друку<br>05.02.2025 |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------|

## INTERLEUKIN-6 AND ACUTE PHASE PROTEINS AS BIOMARKERS OF SEPTIC OSTEOARTHRITIS

S. Magomedov, Yu. V. Polyachenko, M. P. Hrytsai,  
I. H. Litovka, V. I. Sabadosh, N. O. Dekhterenko, T. A. Kuzub

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

✉ Sadrudin Magomedov, MD, Prof.: alexander@magomedov.kiev.ua; <https://orcid.org/0000-1234-5678-9101>

✉ Yuriy Polyachenko, MD, Prof.: info@ito.gov.ua

✉ Mykola Hrytsai, MD, Prof.: mgrytsai02@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-1608-7879>

✉ Litovka Iryna, MD, Prof.: litir@biph.kiev.ua; <https://orcid.org/0000-0001-9163-3572>

✉ Sabodash Vasyli: sabadoshv@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-3214-3298>

✉ Natali Dekhterenko: natali.de@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0003-3330-533x>

✉ Taisiia Kuzub: biohimii@ukr.net

# КОРОТКІ ПОВІДОМЛЕННЯ ТА НОТАТКИ З ПРАКТИКИ

УДК 616.5-089.843:[617.586-031:617.582-032]](045)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872025271-76>

## Clinical case of reconstruction of gunshot foot injury using the alt free flap technique

I. P. Khomenko <sup>1,2</sup>, M. L. Ankin <sup>1,2</sup>, V. O. Ladyka <sup>2</sup>,  
V. V. Nehoduiko <sup>4</sup>, S. V. Tertyshnyi <sup>3</sup>, I. O. Balaban <sup>3</sup>

<sup>1</sup> National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kyiv

<sup>2</sup> Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv

<sup>3</sup> Military Medical Clinical Center of the Southern Region, Ministry of Defense, Odesa. Ukraine

<sup>4</sup> Military Medical Clinical Center of the Northern Region, Ministry of Defense, Kharkiv. Ukraine

*With the onset of the full-scale war in Ukraine, the number of wounded individuals with soft tissue defects has significantly increased, necessitating the use of plastic surgery techniques for wound closure. However, to date, this surgical treatment method has not been widely adopted in military medicine due to the limited number of qualified specialists, the technical complexity of such procedures, and the need for specialized surgical department resources. Objective. To explore alternative surgical treatment approaches for patients with extensive foot defects using a free anterolateral thigh (ALT) flap to improve the functional, aesthetic, and weight-bearing properties of the foot. Methods. A single-stage reconstructive plastic surgery using a free composite flap (ALT free flap) was performed on a 49-year-old male serviceman due to the long-term consequences of a mine-blast injury. The injury resulted in a chronic combined non-healing granulating wound on the plantar surface of the right foot, comprising 60 % hypertrophic keloid scar tissue and 40 % non-healing granulating wound. To restore the anatomical integrity of the affected soft tissue, a free anterolateral perforator thigh flap (Anterolateral thigh flap) was used. Results. The transferred ALT flap successfully integrated into the plantar surface of the foot without complications. In the early postoperative period, venous congestion and epidermolysis were observed. This clinical case demonstrates that reconstructive plastic surgery using an ALT flap is an optimal approach for restoring the function of the damaged foot. Conclusions. The use of a free ALT flap addresses the issue of insufficient local donor site availability for volumetric, aesthetic, and functional reconstruction. Additionally, it enables microsurgical anastomosis at a favorable distance from the compromised area with impaired tissue trophism, which helps reduce technical difficulties and the rate of postoperative complications.*

*Через повномасштабну війну в Україні суттєво зросла кількість поранених із дефектами м'яких тканин, що зумовило необхідність використання методик пластичної хірургії для закриття ран. Анатомічне розташування та розмір певних травм часто унеможливають застосування місцевого донорського місця, що підкреслює важливість вільної шкірної пластики або трансплантації цілого комплексу тканин. Мета. Дослідити альтернативні хірургічні підходи до лікування пацієнтів із обширними дефектами стопи з використанням вільного передньолатерального клаптя стегна для покращення функціональних показників кінцівки. Методи. Одноетапна реконструктивна пластична операція з використанням вільного композитного клаптя (вільний клапоть ALT) проведена 49-річному військовослужбовцю через наслідки мінно-вибухової травми. Ушкодження призвело до утворення хронічної комбінованої рани на підошовній поверхні правої стопи, що складалася з 60 % гіпертрофічної келоїдної рубцевої тканини та 40 % рани, яка не загоювалася. Для відновлення анатомічної цілісності уражених м'яких тканин використано вільний передньолатеральний перфорантний клапоть стегна. Результати. Перенесений ALT-клапоть успішно інтегрувався в підошовну поверхню стопи без ускладнень. У ранньому післяопераційному періоді спостерігалися венозний застій та епідермоліз. Висновки. Використання вільного ALT-клаптя вирішує проблему недостатності функціональної реконструкції. Крім того, це дозволяє мікрохірургічне анастомозування на сприятливій відстані від ураженої ділянки з порушенням трофіки тканин, що допомагає зменшити технічні труднощі та частоту післяопераційних ускладнень. Ключові слова. Вільний клапоть, дефекти рани, передньолатеральний клапоть стегна, вогнепальна рана, реконструкція.*

**Keywords.** Free flap, wound defects, anterolateral thigh flap, gunshot wound, reconstruction

## Introduction

### *Structure of combat trauma and reconstruction of lower limb injuries*

Lower limb injuries continue to dominate the structure of combat trauma [3]. Several factors contribute to this: the lack of widespread use of personal protective equipment for the lower extremities (particularly the foot), the active use of mine-explosive weapons in combat operations, and the relatively large surface area of the lower limbs, making them more susceptible to injury.

Among the various mechanisms of trauma encountered in military conflicts, mine-explosive injuries rank first in both frequency and severity. Moreover, current trends indicate an increasing prevalence of this type of injury in the future. Mine-explosive trauma is one of the most severe and specific forms of combat injury, often involving multiple anatomical regions — typically two or three, but sometimes even more. The extensive damage associated with these injuries, the inherent tendency of gunshot wounds to become infected, and the frequent severe impairment of local blood supply and innervation all contribute to prolonged treatment and recovery periods for affected patients.

The foot plays a critical role in human mobility, providing support, movement, shock absorption, and balance. Reconstructive surgery on this segment of the lower limb aims to restore these functions as fully as possible, a challenging task when dealing with gunshot wounds as the etiological factor of injury [7]. In recent years, one of the most promising surgical approaches for treating such injuries has been the use of complex polystructural (chimeric) flaps, which incorporate multiple tissue types with an axial vascular supply [2, 9–11]. These procedures can be performed using either pedicled (non-free) flap transposition or free flap microsurgical autotransplantation.

The advantage of axial flaps, which were experimentally and clinically validated as early as the 1970s [10], lies in their ability to provide large and morphologically diverse tissue complexes for transplantation to almost any region of the human body. It is important to note that the foot, as the most distal segment of the lower limb, presents unique challenges for plastic wound closure. Additionally, the clinical scenario may be complicated by periwound tissue transformation [4, 5], which in some cases makes the use of local axial flaps virtually impossible. This necessitates consideration of axial flaps harvested from distant donor sites, which not only offer better tissue quality

but also reduce trauma to the recipient site, thereby minimizing functional impairments.

Experience gained by the global reconstructive-plastic surgery community has shown that when designing free flaps for lower limb soft tissue reconstruction, the vascular pedicle should be of sufficient length (at least 8.0 cm) and diameter (approximately  $2.0 \pm 0.56$  mm). These requirements are most easily met by harvesting free polystructural tissue complexes based on the radial artery, thoracodorsal artery, or lateral circumflex femoral artery. The vascular pedicle characteristics of these donor sites enable microvascular anastomosis to be performed at a considerable distance from the compromised zone, which is often affected by trophic disturbances and gunshot-related soft tissue transformation. Specifically, the anterolateral thigh (ALT) free flap used in this study can be designed with a vascular pedicle length of up to  $(16 \pm 1.5)$  cm, incorporating a large skin-fascial component (up to  $25 \times 10$  cm), a substantial portion of the vastus lateralis muscle (up to  $500 \text{ cm}^3$ ), or a combination of these elements.

*Objective:* the aim of this study is to explore alternative surgical treatment options for patients with extensive foot defects by utilizing an anterolateral thigh (ALT) free flap to enhance the functional, aesthetic, and weight-bearing capabilities of the foot.

## Materials and methods

During the full-scale war in Ukraine, on May 3, 2022, a 49-year-old Ukrainian Armed Forces serviceman sustained a mine-explosive injury while maneuvering on the battlefield in Donetsk region. The injury resulted from the detonation of a PFM-1 «Lepestok» anti-personnel mine (Fig. 1), causing a gunshot fragmentation wound to the right foot, a gunshot fracture of the calcaneus and cuboid bones, extensive soft and bone tissue defects, and hemorrhagic shock of grade-1.

The patient was evacuated from the site of injury and transported within two days to a Level III medical facility. He underwent two months of inpatient treatment in Ministry of Defense healthcare institutions, including staged necrosectomies. During the final surgical intervention, the wound defect on the plantar surface of the right foot was closed using a split-thickness skin graft.

Over the following two years, the patient experienced persistent numbness in the heel area, swelling and cyanosis of the foot, and limping on the right lower limb during prolonged physical exertion. In the past year, while wearing personal protective equipment that increased axial loading, he reported recurrent skin tears on the weight-bearing surface



of the right foot, circular foot infiltration, and chronic pain syndrome.

The patient was referred for further examination and treatment at the Military Medical Clinical Center of the Southern Region of the Ukrainian Armed Forces. He was evaluated by a surgical specialist and subsequently hospitalized in the Department of Reconstructive and Restorative Surgery.

During the examination, the presence of a wound on the postoperative scar of the plantar surface of the right foot was noted (60 % in the form of a hypertrophic keloid scar and 40 % in the form of a sluggishly granulating wound) (Fig. 2). At the time of the examination, the wound was covered with a scab, with a small amount of wound discharge and almost no signs of inflammation. The periwound tissues were transformed due to inflammatory-destructive changes.

Due to the lack of a loco-regional donor reserve, the possibilities of transplanting a tissue complex from distant areas are being actively considered. Taking into account the existing pathomorphological transformation and data from additional research methods, a decision was made to perform a one-stage reconstructive surgical intervention using a free anterolateral skin-fascial thigh flap harvested from the unilateral side.



**Fig. 1.** Local Condition of the Right Foot at the Time of Initial Medical Care During Medical Evacuation on May 3, 2022: The plantar surface of the right foot exhibited a defect with a gunshot fracture of the calcaneus and cuboid bones. The wound defect measured 15×12×6 cm, with torn and infiltrated wound edges of a cyanotic-burgundy color. The wound bed consisted of soft tissues in shades of gray and pale pink, interspersed with brown and black areas, indicating necrotic transformation (es-char formation)

During the preoperative preparation, the patient underwent standard clinical examinations (complete blood count, biochemical blood analysis, coagulation profile, blood type and Rh factor determination, serological markers for viral hepatitis B and C, HIV, syphilis, ECG, and chest fluorography). Additionally, specialized diagnostic methods were performed, including X-ray imaging of the right foot with visualization of the ankle joint and distal epiphyses of the tibia (Fig. 4), angiography of the vessels of the right lower limb (Fig. 3), dynamic digital thermography (Table, Fig. 7), and ultrasound Doppler sonography of skin perforators of the lateral circumflex femoral artery.

As part of the preoperative preparation, the wounded soldier was also examined by a physician to identify any comorbid conditions. The surgery was performed under combined anesthesia (spinal anesthesia + intravenous sedation). The total duration of the surgical procedure was 7 hours, while the anesthesia time was — 7 hours and 15 minutes. The intraoperative blood loss amounted to 100 ml.

The surgery was performed by an extended team of four surgeons, allowing the division of work between the donor and recipient sites. Throughout the procedure, a warm and moist environment in the surgical wound was maintained by regularly instilling saline solution. Intraoperative ultrasound



**Fig. 2.** Local status of the right foot at the time of admission to the Department of Reconstructive and Restorative Surgery of the Military Medical Clinical Center of the Southern Region on December 10, 2024: a hypertrophic keloid scar measuring 5×4.5×0.8 cm; along the medial surface of the calcaneus, there is a chronic sluggishly granulating wound with a diameter of 3.5 cm with calloused edges. The surface is covered with multilayered plaques of desquamated epidermis of a gray-yellow color



**Fig. 3.** Angiography of the right lower limb: a main-type blood flow with satisfactory contrast filling of the anterior and posterior tibial arteries. A — anterior tibial artery, B — posterior tibial artery



**Fig.4.** X-ray of the right foot: defects of calcaneus and cuboid bones with the signs of consolidation

audi Dopplerographic monitoring was periodically performed to assess the pulsation of the perforator artery of the harvested flap and the anastomosis.

In the postoperative period, daily wound dressings were carried out with clinical and dynamic multimodal monitoring, including audi Dopplerography and thermometric assessment of flap viability and surrounding tissue condition.

On the second postoperative day, venous congestion of the flap was observed during dressing changes, and on the third day, epidermolysis affected the

entire surface of the flap. However, clinical, morphological, and thermometric evaluations confirmed flap viability. Throughout the early postoperative period, the tension test remained positive, with capillary refill time up to 5 seconds.

On the 10<sup>th</sup> postoperative day, every other suture securing the flap was removed, with complete suture removal on the 13<sup>th</sup> day. The sutures of the donor site were removed on the 12<sup>th</sup> postoperative day. The patient was discharged on the 19<sup>th</sup> postoperative day for early adaptive rehabilitation.

#### *Surgical technique description*

##### *Flap Design*

The blood supply of the anterolateral thigh (ALT) flap is provided by septocutaneous or musculocutaneous vessels branching from the descending branch of the lateral circumflex femoral artery (Fig. 5).

During flap marking on the lateral surface of the thigh, the guaranteed zone of these vessels was determined by drawing a line from the anterior superior iliac spine to the upper outer border of the patella. By marking the midpoint of this line and outlining a circle with a radius of 3 cm, thermographic and Doppler ultrasound monitoring was performed to precisely identify terminal blood supply at the epidermal level.

The second step in the preoperative period involved measuring and calculating the future defect area on the plantar surface of the right foot (considering the excision of scar tissue), and then transferring these dimensions onto the lateral surface of the right thigh. An additional 10 % was added to compensate for possible tissue shrinkage.

##### *Flap Elevation*

Following the pre-marked incision line, a scalpel was used to dissect the skin, subcutaneous fat, and deep fascia along the medial border of the flap. Step by step, in accordance with the classical ALT free flap dissection technique, soft tissue dissection was performed to expose the previously identified perforator vessel and accompanying veins.

All small branches were ligated and clipped. The vascular pedicle was clipped and divided at the proximal level, forming a free fasciocutaneous flap with axial blood supply, measuring 20×7×1.5 cm and a vascular pedicle length of 12 cm.

The donor site was closed with primary tension sutures using a continuous intradermal Holsted suture without excessive tension.

##### *Flap Transfer*

In the recipient area, excisional surgical debridement was performed, followed by irrigation with 3 % hydrogen peroxide and Decasan solutions.

The free ALT flap was transferred to the defect area, and a microvascular anastomosis was performed using an end-to-side technique with a branch of the anterior tibial artery and accompanying veins, utilizing the Coupler system [10].

The flap was then secured to the wound defect in layers with interrupted sutures, fixing the dermis separately using Donati sutures. The subflap space was drained with rubber drains, covered with petroleum jelly gauze, and dressed with aseptic bandages. Additional orthotic fixation of the foot was applied, maintaining an elevated position at 10° relative to the horizontal body axis.

Throughout the procedure, meticulous hemostasis was ensured using electrocautery and a pneumatic tourniquet.

All stages of ALT free flap elevation and fixation were continuously monitored using thermography and Doppler ultrasound.

## Results

The transplanted tissue complex successfully integrated into the recipient area, and the postoperative wound at the donor site healed by primary intention.

In the early postoperative period, signs of venous congestion and epidermolysis of the transplanted flap were observed, but without necrosis (Fig. 5).

Postoperatively, dynamic monitoring was conducted using digital thermography (DCT) and Doppler ultrasound:

- every hour during the first 24 hours;
- every 2 hours on the second postoperative day;
- every 4 hours on the third postoperative day.



Fig. 6. Photographs of the right foot in lateral and frontal projections. Local status on the 7<sup>th</sup> postoperative day: signs of partial infiltration and venous congestion of the flap

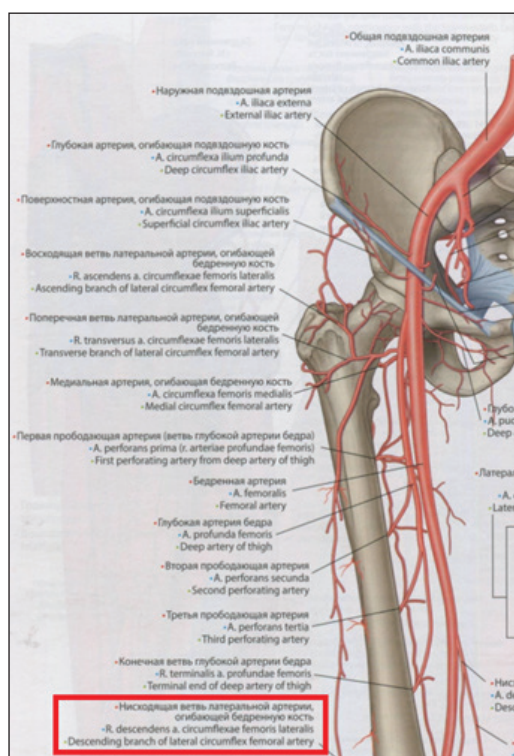


Fig. 5 Illustration of femoral arteries (anterior view). Gray's Anatomy Atlas, 2<sup>nd</sup> edition, 2020

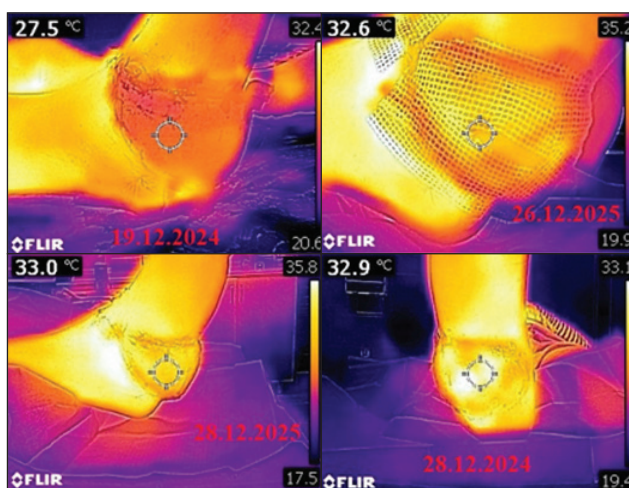


Fig. 5. Thermography of the Flap

Table

Indicators of thermographic monitoring of flap viability

| Date       | Indicators of Infrared Thermography of the Flap, °C |
|------------|-----------------------------------------------------|
| 19.12.2024 | 27.5                                                |
| 26.12.2024 | 32.6                                                |
| 28.12.2024 | 33.0                                                |



At the time of this report, the patient has been discharged from the hospital for medical leave, with restored general and local status. The wound has healed by primary intention.

## Conclusions

The use of a free ALT flap allows for solving the problem of the absence of a loco-regional donor reserve (in terms of volumetric, aesthetic, and functional restoration). Additionally, it enables microvascular anastomosis at a favorable distance from the compromised pathological area with impaired trophism, which further helps reduce technical difficulties and the percentage of postoperative complications.

This flap can be formed and transplanted in a single-stage procedure to the recipient zone of all parts of the foot.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Prospects for further research.** Inclusion of the use of the method of remote infrared thermography in the postoperative period to determine the course of wound regeneration, as well as monitoring the health of servicemen after pathological conditions detected during thermographic examination and appropriate treatment. Study of the health of servicemen after mine-explosive injuries, complications after diseases of the bronchopulmonary system, neuropathy. The information base of thermographic visualizations of detected pathological conditions will be expanded, which can be used by doctors of almost all specialties in medical practice. Include the use of plastic surgery methods for wound closure in military medicine. Reconstruction of soft tissue defects associated with gunshot wounds. Study of alternative surgical approaches to the treatment of patients with extensive defects.

**Funding information.** The authors declare the absence of their own financial interest in the preparation of this article.

**Author's contribution.** Each of the authors took an equal part in determining the topic of the article, in selecting patients, conducting thermographic examinations, analyzing and discussing the results of the work, processing literary sources and pre-parsing the obtained materials for publication.

## References

- Agostini, T., Perello, R., & Spinelli, G. (2017). Suprafascial Anterolateral thigh flap dissection: Limits and advantages. *Plastic & reconstructive surgery*, 139(3), 809e–810e. <https://doi.org/10.1097/prs.0000000000003103>
- Badyul, P. O. (2017). Reconstruction of massive soft tissue defects using the anterolateral thigh perforator flap. *Surgery of Ukraine*, 3(63), 12–19
- Buryanov, O. A. (2023). Combat trauma. External fixation devices in the treatment of patients with gunshot fractures. *Surgery. Orthopedics. Traumatology. Intensive care*, 3(55). Retrieved from: <https://health-ua.com/terapiya-i-semeynaya-meditsina/boiova-travma/74188-boiova-travma-aparati-zovnshno-fk-satc--vsistem-lkuvannya-porani-nih--zvognep>
- Guriyev, O.S. (2015). Clinical and epidemiological characteristics of patients with mine-explosive trauma at the early hospital stage of medical care. *Trauma*, 16(6). Retrieved from: <http://pediatric.mif-ua.com/archive/article/41670>
- Wild, H., Zeba, Z. A., Nacanabo, Y. A., Tertyshnyi, S. V., Niaone, M., Bulger, E., ... & Hedelin, H. (2024). Reducing harm associated with prehospital tourniquet application in resource-limited settings. *World Journal of Surgery*, 48(11), 2731–2735. <https://doi.org/10.1002/wjs.12363>
- Kozlov, V. A., Sydorenko, I. O., & Biletskyi, O. M. (2018). Features of the use of free flaps in reconstructive plastic surgery. *Surgery*, 12(4), 45–50.
- Kryvchenya, D. Yu., Bondar, V. G., Dron, V. Ye., & Sokolova, L. V. (2015). Bacterial control in severe gunshot trauma. *Emergency medicine*, 2. Retrieved from: [https://repo.dma.dp.ua/1084/1/Medns\\_2015\\_2\\_35.pdf](https://repo.dma.dp.ua/1084/1/Medns_2015_2_35.pdf)
- Kuznetsov, S. A., Kuznetsov, A. S., & Kuznetsov, S. S. (2019). Application of anastomotic coupler in microsurgery: experience and results. *Plastic and reconstructive surgery*, 3, 45–52.
- Laksha, A. A. (2023). Tactics of performing reconstructive-restorative interventions for patients with gunshot wounds of the upper limbs. *Surgery. Orthopedics. Traumatology. Intensive care*, 4–5(56–57). Retrieved from: <https://health-ua.com/hirurgiya/viiskova-medicina/75480-taktika-provedennya-rekonstruktivnovdnovnih-vtruchan-postrazhdalim-zvognepa>
- Pshenichnov, K. P. (2010). Course in plastic surgery: a guide for doctors: in 2 volumes, 1
- Slesarenko, S. V. (2021). Perforator flaps in reconstructive surgery, atlas, Dnipro.
- Kharchenko, V. I., & Ivanov, S. M. (2016). Microsurgery in plastic surgery: a textbook. *Health*, Kyiv

|                                           |                                           |                                 |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------|
| Стаття надійшла до редакції<br>20.02.2025 | Отримано після рецензування<br>05.03.2025 | Прийнято до друку<br>10.03.2025 |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------|

## КЛІНІЧНИЙ ВИПАДОК РЕКОНСТРУКЦІЇ ВОГНЕПАЛЬНОЇ ТРАВМИ СТОПИ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНІКИ ВІЛЬНОГО КЛАПТЯ

I. П. Хоменко<sup>1,2</sup>, М. Л. Анкін<sup>1,2</sup>, В. О. Ладика<sup>2</sup>, В. В. Негодуйко<sup>4</sup>, С. В. Тertiшній<sup>3</sup>, І. О. Балабан<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Національна академія медичних наук України, Київ

<sup>2</sup> Національний університет охорони здоров'я України імені П. Л. Шупика, Київ

<sup>3</sup> Військово-медичний клінічний центр Південного регіону. Міністерство оборони України, Одеса

<sup>4</sup> Військово-медичний клінічний центр Північного регіону. Міністерство оборони України, Харків

✉ Igor Khomenko, MD, D.Sci., Prof.: [hip65@ukr.net](mailto:hip65@ukr.net); <https://orcid.org/0000-0002-8199-5083>

✉ Mykola Ankin, MD, D.Sci., Prof.: [m.ankin@ukr.net](mailto:m.ankin@ukr.net); <https://orcid.org/0000-0001-9795-0931>

✉ Viktoriya Ladyka, MD, PhD: [ladika084@gmail.com](mailto:ladika084@gmail.com); <https://orcid.org/0000-0002-3796-428X>

✉ Volodymyr Nehoduiko, MD, PhD: [vol-ramzes13@ukr.net](mailto:vol-ramzes13@ukr.net); <https://orcid.org/0000-0003-4540-5207>

✉ Serhii Tertyshnyi, MD, D.Sci.: [tertyshnyi.sergey@gmail.com](mailto:tertyshnyi.sergey@gmail.com); <https://orcid.org/0000-0002-4949-5409>

✉ Ihor Balaban, MD: [igorbalaban726@gmail.com](mailto:igorbalaban726@gmail.com); <https://orcid.org/0009-0002-4391-3769>

УДК 617.582:616.718.4-006.31-07](045)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872025277-82>

## Кавернозна медулярна гемангіома в дистальному відділі лівої стегнової кістки: клінічний випадок

**І. В. Шевченко, С. С. Губський, Р. В. Златнік,  
З. М. Данищук, Н. В. Іванова, В. Є. Мальцева**

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

*Bone hemangiomas occur in only one percent of primary bone neoplasms, and their diagnosis is difficult. The location of these benign neoplasms in long bones is even more rare. Objective. To describe the features of the diagnosis and surgical treatment of a woman with cavernous medullary hemangioma of the distal femur. Methods. The main diagnostic methods were computed tomography, radiography, and histopathological examination of the surgical specimens. Treatment was surgical removal of the neoplasm followed by rehabilitation with dosed loading of the limb. Results. A 45-year-old woman presented to the clinic with persistent aching pain in the left knee joint that did not stop after taking analgesics. Radiologically and using magnetic resonance imaging, an area of destruction and a neoplasm of irregular shape with clear uneven contours were found in the distal epimetaphysis of the left femur. Over 2 years of observation, the volumetric neoplasm did not increase on the radiographs, but the pain syndrome did not disappear and intensified during physical exertion. The results of the trephine biopsy did not allow to determine the exact diagnosis. Surgical treatment was carried out by means of parietal resection of the pathological focus of the distal part of the left femur and combined replacement of the defect with bone allograft with cement and fixation with a plate and screws. Morphological changes detected in the surgical specimens during histopathological examination corresponded to the diagnosis of cavernous hemangioma of the bone. At six months postoperatively, the patient demonstrated near-complete painless weight-bearing on the operated limb with minimal use of a cane, and the knee joint's range of motion was fully restored. Conclusions. Cavernous hemangioma of the femur is difficult to diagnose using trephine biopsy alone; accurate diagnosis is typically possible only through analysis of the surgical specimen. Surgical treatment enabled painless weight-bearing on the left limb by the sixth month of follow-up. Keywords. Bone neoplasm, intraosseous hemangioma, radiography, computed tomography, magnetic resonance imaging, histology*

Кісткові гемангіоми зустрічаються лише в одному відсотку первинних новоутворень кісток, а їхня діагностика є складною. Розташування цих доброякісних новоутворень у довгих кістках є ще більш рідкісним. Мета. Описати особливості діагностики та хірургічного лікування жінки з кавернозною медулярною гемангіомою дистального відділу стегнової кістки. Методи. Основними діагностичними методами були комп'ютерна томографія, рентгенографія, патогістологічне дослідження операційного матеріалу. Лікуванням було хірургічне видалення новоутворення з подальшою реабілітацією з дозованим навантаженням кінцівки. Результати. Жінка 45 років звернулася до клініки з постійним ниючим болем у лівому колінному суглобі, який не припинявся після прийому анальгетиків. Рентгенологічно та за допомогою магнітно-резонансної томографії виявили в дистальному епіметафізі лівої стегнової кістки ділянку деструкції та новоутворення неправильної форми з чіткими нерівними контурами. За 2 роки спостереження на рентгенограмах об'ємне новоутворення не збільшувалося, але больовий синдром не зник і посилювався під час фізичних навантажень. Результати трепан біопсії не дали змогу визначити точний діагноз. Провели хірургічне лікування шляхом пристіночної резекції патологічного вогнища дистального відділу лівої стегнової кістки та комбінованого заміщення дефекту алоімплантатом із цементом і фіксацією пластиною та гвинтами. Морфологічні зміни виявлені в операційному матеріалі під час патогістологічного аналізу відповідали діагнозу кавернозна гемангіома кістки. Через 6 міс. після хірургічного втручання пацієнтка майже повністю навантажувала оперовану кінцівку без болю з частковим використанням тростини, обсяг рухів колінного суглоба відновився. Висновки. Кавернозну гемангіому в стегновій кістці складно виявити за допомогою трепан біопсії, лише аналіз операційного матеріалу дає змогу точно встановити діагноз. Хірургічне лікування допомогло відновити навантаження на ліву кінцівку без больового синдрому на 6-й місяць спостереження.

**Ключові слова.** Новоутворення кісток, внутрішньокісткова гемангіома, рентгенографія, комп'ютерна томографія, магнітно-резонансна томографія, гістологія

## Вступ

Судинні пухлини довгих кісток є рідкісними і складними під час діагностики. Їх класифікують як доброякісні (гемангіома), проміжно-локально агресивні (епітеліоїдна гемангіома), проміжні з рідкісним метастазуванням (псевдоміогенна гемангіоендотеліома) і злоякісні (епітеліоїдна гемангіоендотеліома й ангіосаркома) [1]. Гемангіома являє собою проліферацію кровоносних судин, висланих одним шаром сплосчених ендотеліальних клітин. Серед первинних новоутворень кісток, саме вони зустрічаються в менше ніж 1 % випадків [2]. У скелеті гемангіому найчастіше виявляють у тілах хребців або черепі, тоді як в інших ділянках вона зустрічається не часто. Складність діагностики кавернозної гемангіоми обумовлена вкрай різною її клінічною картиною. А саме від безсимптомного ураження та випадкової знахідки на рентгенограмі до вираженого больового синдрому [3]. Диференціальна діагностика гемангіоми довгих кісток включає гігантклітинну пухлину, аневризмальну кісткову кісту, плазмоцитому й інше. У переважній більшості пацієнтів із гемангіомами хірургічне видалення вогнища ураження є ефективним зі сприятливим прогнозом, та зазвичай не виникає необхідності в специфічному лікуванні.

*Мета:* описати особливості діагностики та хірургічного лікування жінки з кавернозною медулярною гемангіомою дистального відділу стегнової кістки.

## Матеріал і методи

У описаному клінічному випадку жінки 45 років з кавернозною медулярною гемангіомою у дистальному відділі лівої стегнової кістки були використані наступні діагностичні методи: пальпація колінного суглоба, ультразвукова діагностика судин нижніх кінцівок, загальний клінічний аналіз крові, біохімічний аналіз крові, магніто-резонансна томографія (МРТ), комп'ютерна томографія (КТ), рентгенографія, патогістологічне дослідження біопсійного та операційного матеріалу. Для лікування було проведено хірургічне видалення новоутворення. У післяопераційному періоді призначено активну реабілітацію з дозованим навантаженням оперованої кінцівки.

## Результати

У наведеному клінічному випадку описано результати діагностики та лікування пацієнтки в ДУ «ІПХС ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України» (м. Харків) із доброякісною судинною пухлиною стегнової кістки — кавернозною медуляр-

ною гемангіомою. Хвора підписала інформовану згоду на публікацію опису її клінічного випадку.

У 2022 році жінка віком 45 років уперше госпіталізована у відділення невідкладної травматології та відновної хірургії з відділом кісткової онкології зі скаргами на постійний ниючий біль у ділянці медіальної поверхні лівого колінного суглоба (6–7 балів за ВАШ), який не припинявся після прийому анальгетиків і протизапальних засобів. За словами пацієнтки, перші скарги на біль з'явилися в 2020 році. Вираженість больового синдрому поступово зростала, тому хвора звернулася до клініки нашої установи для подальшого обстеження.

Під час локального огляду лівого колінного суглоба виявили набряк медіальної поверхні. Оточуючі тканини не мали ознак запалення. За пальпації колінного суглоба пацієнтка відчувала біль у проекції медіального виростка лівої стегнової кістки. Під час згинання чи розгинання суглоба біль посилювався, а кут згинання був обмежений до 85°. Нейроциркуляторних порушень не виявили.

У подальшому виконали детальніше обстеження з використанням таких інструментальних методів, як доплерографія, ультразвукова діагностика судин нижніх кінцівок, електрокардіографія — порушень не виявили. У результаті загального та біохімічного аналізів крові визначено підвищення швидкості осідання еритроцитів до 20 мм/год, підвищення рівня холестерину (7,7 ммоль/л) та В-ліпопротеїнів (83 од.). Показники системи згортання крові відповідали нормі. Після загального аналізу сечі виявили помірну кількість аморфних фосфатів.

Пацієнтці виконали спіральну томографію та діагностували остеохондроз грудного та поперекового відділів хребта.

Після рентгенологічного дослідження лівої стегнової кістки виявлено в проекції її дистального епіметафізу ділянку деструкції невірної овальної форми з нечіткими контурами, неоднорідної структури, розташовану по передньо-медіальній поверхні внутрішнього виростка кістки (рис. 1 а, б), яка на цьому рівні була незначно стовщена за рахунок здуття, кірковий шар стоншений з ознаками деструкції по передній поверхні. Параартикулярні тканини були негомогенні, збільшені в розмірах.

За даними МРТ у травні 2022 р. у дистальному метаепіфізі лівої стегнової кістки, по медіальному краю, визначено новоутворення неправильної форми з чіткими нерівними контурами, розміром 39×43×37 мм, яке було гіперінтенсивним на T1, T2, в режимах STIR, PD (рис. 1 в–д).





**Рис. 1.** Візуалізація лівого колінного суглоба жінки 45 років до (а–и) та після (к, л) хірургічного лікування кавернозної медуллярної гемангіоми стегнової кістки. Гемангіома в дистальному відділі стегнової кістки на рентгенограмах (а — пряма, б — бічна проекції) та МРТ-сканах у 2022 р. (в — бічна, г — аксіальна, д — коронарна проекції); КТ-сканах у 2024 р. (е — бічна, ж — аксіальна, и — коронарна проекції). Рентгенограми пацієнтки після хірургічного видалення гемангіоми (к — пряма, л — бічна проекції) зі заміщенням дефекту кістковим алоімплантатом і фіксацією пластиною та гвинтами

На всіх зображеннях усередині новоутворення виявлено гіпоінтенсивні вclusions та його проростання в метаепіфізарну пластинку з поширенням у діяфіз, що спричинило здуття кістки (рис. 1 в–д). Новоутворення викликало помірний набряк навколишнього кісткового мозку та жирової клітковини. По медіальному краю стегнової кістки зафіксовано періостальну реакцію кіркового шару. Взаємовідношення кісток у колінному та пателофemorальному суглобах збережені. Міжвиросткові горбки великогомілкової кістки були загострені, визначено наявність незначних крайових остеофітів виростків стегнової та великогомілкової кісток. Товщина суглобового хряща виростків цих кісток збережена та з відповідними характеристиками МР-сигналу. Суглобовий хрящ наколінка був стоншений, із дефектами глибиною понад 50 % його товщини та розміром  $8 \times 18$  мм. Визначено набряк кісткового мозку в субхондральній кістці наколінка. У наднаколінковій сумці та порожнині колінного суглоба відзначено надмірний вміст однорідної рідини; синовіальна оболонка не потовщена, а її складки не змінені. Жирові тіла без особливостей. Проте жирова клітковина навколо суглоба набрякла.

Під час спостереження за станом пацієнтки виконували контрольні рентгенограми лівого колінного суглоба, кожні 2, потім 3 міс. упродовж 2022–2024 р., збільшення об'ємного новоутворення не зафіксовано. Спостерігалось формування склерозу контурів новоутворення, ущільнення кісткової структури, потовщення новоутворених кісткових трабекул із формуванням комірчастої структури та ділянки звапнення нерівної форми.

За даними КТ-дослідження у січні 2024 р. у передньому відділі медіального епіметафіза стегнової кістки зберігалася відносно окреслена ділянка деструкції з умовними розмірами  $41 \times 29 \times 49$  мм, відокремлена від оточуючої кістки склерозованим обідком (рис. 1 е–и). На цьому рівні виявлено здуття кістки та стоншення замикальної пластинки, яка на окремих ділянках чітко не прослідковувалася. Відмічено кальцифікацію матриксу патологічної ділянки та локальну зону звапнення на контактній поверхні наколінка розмірами  $4 \times 3 \times 9$  мм. У бічному виросткові лівої стегнової кістки виявлено еностому розмірами  $3 \times 6 \times 6$  мм.

Після обстеження попередній діагноз визначили як вогнище патологічної перебудови дистального відділу лівої стегнової кістки, яке

супроводжується порушенням функції лівої нижньої кінцівки зі стійким больовим синдромом.

Зважаючи на скарги й анамнез захворювання, пацієнтці провели трепанбіопсію, результати якої не дали змогу визначити точний діагноз. А саме, макроскопічно це були фрагменти схожі на кісткову та хрящову тканини. Під час мікроскопічного дослідження виявили хрящову тканину й окремі кісткові трабекули з деструктивно дистрофічними змінами в них.

Ураховуючи стійкий больовий синдром, який посилювався під час фізичних навантажень і заважав звичному стану життя, молодий вік та активний спосіб життя пацієнтки, видиму деформацію колінного суглоба за рахунок набряку та новоутворення, високий ризик патологічного перелому стегнової кістки, їй запропонували хірургічне лікування. Втручання провели шляхом пристіночної резекції патологічного вогнища дистального відділу лівої стегнової кістки зі збереженням субхондральних і хрящових тканин та комбінованого заміщення дефекту алоімплантатом із фіксацією пластиною та гвинтами.

Після отриманої згоди, хворій виконали хірургічне втручання. По передній поверхні лівого колінного суглоба в проєкції медіального виростка виконали лінійний розріз довжиною приблизно 30 см. М'які тканини роз'єдали пошарово. Гемостаз виконували по ходу оперативного доступу. Виділили та провели ревізію зони медіального виростка лівої стегнової кістки. Навколо новоутворення був набряк м'яких тканин. Виявили зону деструкції кіркового шару кістки розмірами 4×4 см зі збереженням окісту та заміщенням губчастої кісткової тканини медіального виростка м'якотканним компонентом. Виконали пристіночну резекцію новоутворення зі збереженням суглобової поверхні та субхондрального шару медіального виростка. Провели ретельний дебридмент і пульсалаж. Дефект замістили комбінованим кістковим алотрансплантатом у поєднанні з кістковим цементом CalceMex (рис. 1, к, л). Фіксацію фрагментів провели з використанням пластини та гвинтів, потім рентгенографічно перевірили правильність розміщення фрагментів. Рану промоли антисептиками, виконали гемостаз, пошарово зашили. Інтраопераційно та у ранньому післяопераційному періоді ускладнень не було. Видалений операційний матеріал передали для патологогістологічного дослідження.

У результаті цього дослідження операційного матеріалу макроскопічно виявлено фрагмент стегнової кістки з новоутворенням овальної форми,

розміром 5,5×5×3,5 см, кісткової щільності, сірого, червоного та бурого кольорів. На розрізі визначено порожнини з кістковими трабекулами, що містили кров'янисту рідину.

Під час мікроскопічного дослідження зафіксовано хаотичне розташування кісткових трабекул, прилеглих до зони дефекту, які мали деструктивні зміни (рис. 2, а). А саме, відмічено нерівномірне забарвлення кісткового матриксу трабекул і мікротріщини, подекуди загиблі остецити в лакунах. У міжтрабекулярних просторах виявлено численні судини капілярного типу, оточені пухкою сполучною тканиною (рис. 2, б, в). Судини були розташовані невпорядковано, іноді визначали їхні угруповання на кшталт часточок, які були відділені одне від одного широкими прошарками фіброзної тканини, наявні кавернозні структури, які складаються з неправильної форми і різного розміру судинних порожнин (рис. 2, г). Клітини ендотелію видовженої форми, які вистилали судинні порожнини були збільшені в розмірі, мали гіперхромне ядро й еозинofilьну цитоплазму (рис. 2, г), в яких подекуди відзначено наявність вогнищ гемосидерину. Таким чином, виявлені морфологічні зміни відповідали діагнозу кавернозна гемангіома кістки.

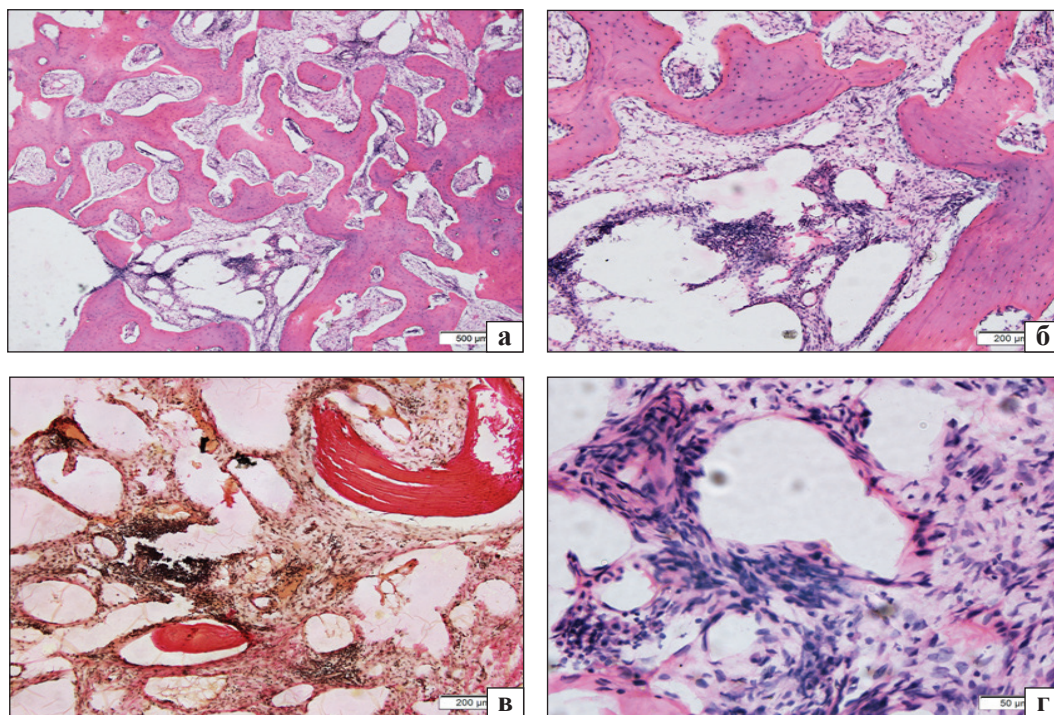
У ранньому післяопераційному періоді в пацієнтки спостерігали значне зменшення больового синдрому. Через 3 міс. після хірургічного втручання встановлено повний його регрес. Хворій рекомендовано проведення активної реабілітації із дозованим навантаженням на кінцівку. Через 6 міс. пацієнтка з'явилась на контрольний огляд із майже повним навантаженням на оперовану кінцівку й обсягом рухів у колінному суглобі, лише з частковою опорою на тростину та без скарг на момент огляду.

## Обговорення

Гемангіома довгих кісток є рідкісним клінічним випадком. У популяції цей діагноз частіше зустрічається серед жінок віком 40–50 років (60 %) [3, 4]. У нашому випадку вік пацієнтки становив 45 років.

Нижні кінцівки є переважною локалізацією скелетної гемангіоми у випадку її розташування в апендикулярному скелеті. А. Rigopoulou та А. Saifuddin (Греція) [4] описали 15 випадків гістологічно підтвердженої внутрішньокісткової гемангіоми апендикулярного скелета, у 9 з них новоутворення виявили в нижніх кінцівках, здебільшого в довгих кістках (великогомілкова — 4, стегнова — 3, малогомілкова — 1). У публікації авторів із США, де описано 5 епізодів скелетної гемангіоми кінцівок, у 2 випадках її встановлено в нижніх кінцівках у малогомілкової кістки [5].





**Рис. 2.** Морфологічні особливості кавернозної медулярної гемангіоми стегнової кістки в жінки 45 років. Кісткові трабекули розташовані хаотично (а). Присутні нерегулярні синусоїдальні капіляри (б–в), які вислані одним шаром типового ендотелію й оточені колагеновими волокнами (г). Найявні вогнища гемосидерину (б). Забарвлення: гематоксилін та еозин (а, б, г); ван Гізона (в). Збільшення: а) 40; б–в) 100; г) 400

У іншій серії випадків ( $n = 24$ ) в Китаї в більшості пацієнтів ( $n = 20$ ) гемангіому діагностовано теж у кістках нижніх кінцівок (стегнова кістка — 9, великогомілкова — 7, малоомілкова — 4) [2].

Залежно від локалізації в кістці гемангіоми частіше бувають медулярними (66 %), та більш рідко — періостальними (33 %) й інтракірковими (12 %) [5]. У нашому клінічному випадку спостерігалась медулярна гемангіома в метафізі. Проте більшість гемангіом довгих кісток виявляють у діяфізі (80 %) або метадіяфізі, а в метафізі трапляється лише в 10 % таких епізодів [5]. Схожий на наш клінічний випадок описано дослідниками з Індії, де у жінки 38 років також було діагностовано кавернозну медулярну гемангіому проксимального метафіза великогомілкової кістки [3]. Спільними рисами були біль і набряк м'яких тканин. Це за даними інших авторів є характерними симптомами саме для гемангіом довгих кісток, тоді як гемангіоми тіл хребців або черепа частіше безсимптомні [4–6].

Рентгенологічні та клінічні прояви гемангіом у довгих кістках не мають характерних ознак та неспецифічні, це обумовлює складнощі під час диференційної діагностики. Так, за даними аналізу серії з 5 випадків цієї патології, доопераційно діагностована медулярна гемангіома розглядалась лише в одному. Водночас у цій серії випадків два були з кавернозною медулярною гемангіомою довгих кісток кінцівок, як описано й нами [5]. У дослідженні 36 спостережень внутрішньокісткових гемангіом

поза межами черепа та хребта загальною ознакою на КТ-сканах було проростання новоутворення крізь кортекс [7]. Автори вважають, що ця ознака відрізняє гемангіоми кістки з такою локалізацією, від тих, що у черепі або хребті [7]. Тобто, на їхню думку, таке розташування більш агресивне, ймовірно через це їх часто плутають зі злоякісними новоутвореннями. Схожі ознаки виявлено в нашому випадку в вигляді періостальної реакції кіркового шару та проростання гемангіоми в метаепіфізарну пластинку з поширенням у діяфіз стегнової кістки.

Складність діагностики підтверджується ще одним схожим на наш випадком, у якому в пацієнтки з внутрішньокістковими гемангіомами дистального відділу стегнової кістки та діяфіза лівої великогомілкової кістки підозрювали *cystic angiomatosis* та множинну мієлому, поки не виконали відкрити біопсію [8].

Гістологічно найпоширенішим типом у довгих кістках кінцівок є кавернозна гемангіома [2]. Морфологічні зміни, які ми виявили відповідали цьому діагнозу. Патологогістологічне дослідження для його визначення не є складним. Проте артефакти, які виникають унаслідок забору матеріалу під час трепан біопсії, гістологічної обробки та виготовлення гістологічних зрізів можуть ускладнювати інтерпретацію мікроскопічно виявлених змін у тканинах. Причиною виникнення таких артефактів є поєднання у фрагменті різних за щільністю тканин: ніжних тонкостінних судин і щільніших кісткових трабекул.



Через зазначене, на нашу думку, для діагностики кавернозної гемангіоми у важких клінічних випадках важливий комплексний підхід. А саме співставлення клінічних показників, результатів візуалізації (рентгенографія, КТ або МРТ) та даних доопераційної трепанбіопсії. Водночас остаточно діагноз «кавернозна гемангіома» може бути підтверджений лише результатами патологогістологічного дослідження операційного матеріалу.

## Висновки

Кавернозна медулярна гемангіома довгих кісток особливо з незвичним розташуванням у дистальному відділі стегнової кістки є рідкісною судинною пухлиною. Її диференційна діагностика є складною через неспецифічні клінічні та рентгенологічні прояви, але хірургічне лікування має сприятливий прогноз.

У описаному клінічному випадку 45-річній жінці провели необхідне клінічне, рентгенологічне обстеження, проте підтвердили цей діагноз лише після проведення хірургічного втручання з видалення пухлини через складність отримання необхідного матеріалу під час трепан біопсії.

Хірургічне лікування шляхом пристінкової резекції пухлини, заміщення дефекту кістковим алоімплантатом із фіксацією пластинами та гвинтами було ефективним та допомогло майже повністю відновити навантаження на оперовану кінцівку пацієнтки без больового синдрому через 6 місяців.

**Конфлікт інтересів.** Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

**Перспективи подальших досліджень.** Розробка комплексу методів для покращення діагностики кавернозної гемангіоми з локалізацією у довгих кістках.

**Інформація про фінансування.** Відсутнє.

**Внесок авторів.** Шевченко І. В. — участь у діагностиці захворювання, виконав хірургічне втручання з описом техніки; Губський С. С. — участь у діагностиці захворювання, провів лікування у до- та післяопераційному періоді та описав його; Златнік Р. В. — участь у діагностиці захворювання, виконав рентгенологічні обстеження з описом результатів; Данищук З. М., Іванова Н. В. — участь у діагностиці захворювання, виконали патогістологічні дослідження та опис; Мальцева В. Є. — написання обговорення й остаточного варіанта рукопису, створення рисунків. Усі автори схвалили остаточний рукопис.

## Список літератури

1. WHO Classification of Tumours Editorial Board (2020). *Soft tissue and bone tumours*. Lyon (France): International Agency for Research on Cancer.
2. Cao, L., Wen, J. X., Han, S. M., Wu, H. Z., Peng, Z. G., Yu, B. H., Zhong, Z. W., Sun, T., Wu, W. J., & Gao, B. L. (2021). Imaging features of hemangioma in long tubular bones. *BMC musculoskeletal disorders*, 22(1), 27. <https://doi.org/10.1186/s12891-020-03882-2>
3. Rajani, A. M., Shah, U. A., Mittal, A. R. S., & Punamiya, M. (2022). Management of a Rare Case of Cavernous Medullary Intraosseous Hemangioma in Proximal Tibia of a 38-year-old Female. *Journal of orthopaedic case reports*, 12(5), 96–100. <https://doi.org/10.13107/jocr.2022.v12.i05.2834>
4. Rigopoulou, A., & Saifuddin, A. (2012). Intraosseous hemangioma of the appendicular skeleton: imaging features of 15 cases, and a review of the literature. *Skeletal radiology*, 41(12), 1525–1536. <https://doi.org/10.1007/s00256-012-1444-z>
5. Kaleem, Z., Kyriakos, M., & Totty, W. G. (2000). Solitary skeletal hemangioma of the extremities. *Skeletal radiology*, 29(9), 502–513. <https://doi.org/10.1007/s002560000251>
6. Chawla, A., Singrakhia, M., Maheshwari, M., Modi, N., & Parmar, H. (2006). Intraosseous haemangioma of the proximal femur: imaging findings. *The British journal of radiology*, 79(944), e64–e66. <https://doi.org/10.1259/bjr/53131368>
7. Powell, G. M., Littrell, L. A., Broski, S. M., Inwards, C. Y., & Wenger, D. E. (2023). Imaging features of intraosseous hemangiomas: beyond the mobile spine and calvarium. *Skeletal radiology*, 52(9), 1739–1746. <https://doi.org/10.1007/s00256-023-04339-y>
8. Ching, B. C., Wong, J. S., Tan, M. H., & Jara-Lazaro, A. R. (2009). The many faces of intraosseous haemangioma: a diagnostic headache. *Singapore medical journal*, 50(5), e195–e198. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19495509/>

|                                           |                                           |                                 |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------|
| Стаття надійшла до редакції<br>05.02.2025 | Отримано після рецензування<br>28.02.2025 | Прийнято до друку<br>03.03.2025 |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------|

## CAVERNOUS MEDULLARY HEMANGIOMA OF THE DISTAL LEFT FEMUR: A CASE REPORT

I. V. Shevchenko, S. S. Hubskeyi, R. V. Zlatnik, Z. M. Danyshchuk, N. V. Ivanova, V. Ye. Maltseva

Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kharkiv

✉ Igor Shevchenko, MD, PhD in Traumatology and Orthopaedics: shevchenkoigor76@gmail.com

✉ Stanislav Hubskeyi, MD: stanislav33sergeevich@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-0170-2816>

✉ Zinayda Danyshchuk, MD: zinada1962@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-2968-3821>

✉ Ruslan Zlatnik, MD: ruslan.zlatnik@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0005-7621-9118>

✉ Nataliya Ivanova, MD: avonavi313131@gmail.com

✉ Valentyna Maltseva, PhD: maltseva.val.evg@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-9184-0536>

## ОГЛЯДИ ТА РЕЦЕНЗІЇ

УДК 616-089.873:616.8-009.627](045)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872025283-91>**Способи реіннервації після ампутацій у пацієнтів із наслідками бойових уражень (огляд літератури)****О. А. Бур'янов<sup>1</sup>, О. О. Смик<sup>2</sup>, М. С. Саленко<sup>2</sup>**<sup>1</sup> Національний медичний університет ім. О. О. Богомольця, Київ. Україна<sup>2</sup> Військово-медичний клінічний лікувально-реабілітаційний цент, Ірпінь. Україна

*The full-scale aggression of the Russian Federation against Ukraine has significantly increased the number of cases and the structure of factors leading to the performance of such surgical interventions as amputation. There are no reliable statistics on the number of limb amputations performed since the beginning of the full-scale invasion of the Russian Federation into the territory of Ukraine due to objective factors, however, according to preliminary estimates, their number exceeds 50 thousand people. One of the significant problems after limb amputations is pain syndrome, which is observed in 60 to 86 % of patients, which is divided into two types: residual limb pain (RLP) and phantom limb pain (PLP). This problem is relevant for modern world orthopedics and traumatology, the solution of which requires a multidisciplinary approach, and further study will allow to improve treatment tactics and improve the final results. The purpose was to determine the optimal surgical technologies for performing amputations in victims with combat injuries and analyze modern reinnervation methods by studying literary sources. Methods. An assessment of modern publications, systematic reviews, and current recommendations published recently was conducted, which are devoted to methods of treatment and prevention of neuroma formation in limb amputations. A search was conducted in the PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar, databases using the following terms: «amputation», «RPNI», «VDMT», «TMR», «phantom», «clinical effectiveness», «post-amputation pain», «BNA», «ANA», «RLP», «PLP», «stump neuroma», «symptomatic neuroma», «pain neuroma». Relevant articles were included after reading the full text and determining the necessary parameters. The review was prepared in accordance with the recommendations of the “Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analysis (PRISMA) guidelines”. Conclusions. The results of scientific studies indicate that reinnervation methods (TMR, RPNI, VDMT) are clinically more effective than traditional amputation. These methods can be used with equal effectiveness both for the prevention of late post-amputation complications (symptomatic neuromas, phantom limb pain, residual limb pain) and for their treatment. Keywords. Polystructural limb injuries, amputations, reinnervation methods.*

*Повномасштабна агресія російської федерації проти України суттєво збільшила кількість випадків і змінила показання чинників щодо виконання таких оперативних втручань, як ампутація. Достеменних статистичних даних стосовно кількості проведених ампутацій кінцівок із початку повномасштабного вторгнення немає через об'єктивні фактори, проте за попередніми підрахунками їхня кількість перевищує 50 000 осіб. Однією зі суттєвих проблем після ампутацій кінцівок є больовий синдром, який спостерігається від 60 до 86 % пацієнтів та поділяється на два типи: біль у куксі (RLP — Residual Limb Pain) і фантомний біль у кінцівках (PLP — Phantom Limb Pain). Це питання є актуальним для сучасної світової ортопедії і травматології, його розв'язання потребує мультидисциплінарного підходу, а подальше вивчення дозволить удосконалити лікувальну тактику та покращити кінцеві результати. Мета. Визначити оптимальні хірургічні технології проведення ампутацій у постраждалих із бойовими ураженнями та проаналізувати сучасні реіннерваційні способи шляхом вивчення літературних джерел. Методи. Проведено дослідження сучасних публікацій, системних оглядів, діючих рекомендацій стосовно методик лікування та профілактики утворення невром за ампутацій кінцівок. Здійснено пошук у базах даних PubMed, Scopus, Web of Science та Google Scholar, за ключовими словами: «amputation», «RPNI», «VDMT», «TMR», «phantom», «clinical effectiveness», «post-amputation pain», «BNA», «ANA», «RLP», «PLP», «stump neuroma», «symptomatic neuroma», «pain neuroma». Огляд підготовлений згідно з рекомендаціями «Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analysis (PRISMA) guidelines». Висновки. Результати наукових досліджень указують, що реіннерваційні способи (TMR, RPNI, VDMT) є клінічно ефективніші як порівняти з традиційною ампутацією. Ці методики з однаковою продуктивністю можуть застосовуватись як для профілактики пізніх постампутаційних ускладнень (симптоматичні неврони, фантомний або біль безпосередньо в куксі), так і під час їхнього лікування.*

**Ключові слова.** Поліструктурні ушкодження кінцівок, ампутації, способи реіннервації

## Вступ

Ампутація — оперативне втручання, яке направлене на усічення кінцівки. Основними її чинниками є судинні захворювання, діабет і захворювання периферичних артерій (54 %), травми (45 %) і онкологічні захворювання (приблизно 2 %). Дослідження з використанням показників із Nationwide Inpatient Sample, найбільшої бази даних про стаціонарну допомогу в Сполучених Штатах Америки, виявили, що майже 115 000 людей потребують ампутації нижніх кінцівок щорічно [1, 2, 20].

Військові конфлікти, які характеризуються застосуванням різноманітної зброї з високою кінетичною енергією, призводять до важких поліструктурних уражень кінцівок (більше 50 %), що унеможливує застосування сучасної реконструктивної хірургії для забезпечення позитивних функціональних результатів серед постраждалих цієї категорії. Так, за даними публікацій щодо поранених учасників антитерористичної операції Об'єднаних сил (АТО/ООС), основною причиною ампутації була мінно-вибухова травма (МВТ) — у 78,4 % випадків. Достеменних статистичних значень стосовно кількості проведених ампутацій кінцівок із початку повномасштабного вторгнення російської федерації на територію України немає через об'єктивні чинники, проте за попередніми підрахунками їх більше 50 тисяч осіб [1].

Однією зі суттєвих проблем після ампутацій кінцівок є больовий синдром, який спостерігається від 60 до 86 % пацієнтів та поділяється на два типи: біль у куксі (RLP) і фантомний біль у кінцівках (PLP) [9].

PLP клінічно визначається як відчуття болю або дискомфорту в кінцівці, якої немає, а також може проявлятися широким клінічним спектром і різним ступенем тяжкості. Він, раніше відомий як «біль у куксі», є болем, що походить від фактичного місця ампутованої кінцівки, найчастіше виникає в ранньому післяопераційному періоді і має тенденцію зникати в процесі загоєння рани. У більше половини випадків відбувається поєднання цих станів. Чинники розвитку RLP: формування невроми, компресії нерва, ішемія, ушкодження шкіри або інфекція [6, 12].

PLP і RLP є актуальними питаннями з точки зору епідеміології та терапевтичних труднощів. Відомо, що 95 % пацієнтів відчувають біль, пов'язаний з ампутацією, причому 79,9 — фантомний, 67,7 % — безпосередньо в куксі [8].

Ураховуючи викладені проблеми, визначення оптимальних хірургічних технологій проведення ампутації загалом і обробки нервових структур зокрема є актуальним питанням сучасної ортопедії.

*Мета:* визначити оптимальні хірургічні технології проведення ампутацій у постраждалих із бойовими ураженнями та проаналізувати сучасні реіннерваційні способи шляхом вивчення літературних джерел.

## Матеріал і методи

Проведено аналіз сучасних публікацій, системних оглядів, діючих рекомендацій щодо методик лікування та профілактики утворення невром у разі ампутацій кінцівок. Здійснено пошук у базах даних PubMed, Scopus, Web of Science та Google Scholar за ключовими словами: «amputation», «RPNI», «VDMT», «TMR», «phantom», «clinical effectiveness», «post-amputation pain», «BNA», «ANA», «RLP», «PLP», «stump neuroma», «symptomatic neuroma», «pain neuroma». Огляд підготовлено згідно з рекомендаціями «Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analysis (PRISMA) guidelines».

Критерії включення: 1) ампутації кінцівок у пацієнтів унаслідок бойової травми; 2) пізні постампутаційні ускладнення, такі як: неврома, фантомний біль, біль у куксі, іннервація рубців; 3) використання реіннерваційних способів: VDMT, TMR, RPNI; 4) статті з рівнем доказовості I–IV; 5) тривалість спостереження не менше року.

Критерії виключення: 1) ампутації внаслідок не бойової травми; 2) рецензії, тези або статті, які не включали достатньо даних; 3) нестандартизовані способи реіннервації.

Відповідно до заданих критеріїв два незалежних дослідники перевірили результати пошуку за назвою, анотацією та повним текстом. Отримані дані включали: першого автора, рівень доказовості, рік публікації, дизайн дослідження, вид ампутації, кількість і вік пацієнтів, реіннерваційні методи.

Метааналіз виконано з використанням пакета Meta для генерування коефіцієнтів ризику для категорійних результатів, середньої різниці для постійних результатів і 95 % довірчих інтервалів (CI).

Отримані результати досліджень із приводу виникнення симптоматичних невром і фантомного больового синдрому в разі ампутацій верхніх і нижніх кінцівок наведені в таблиці 3.



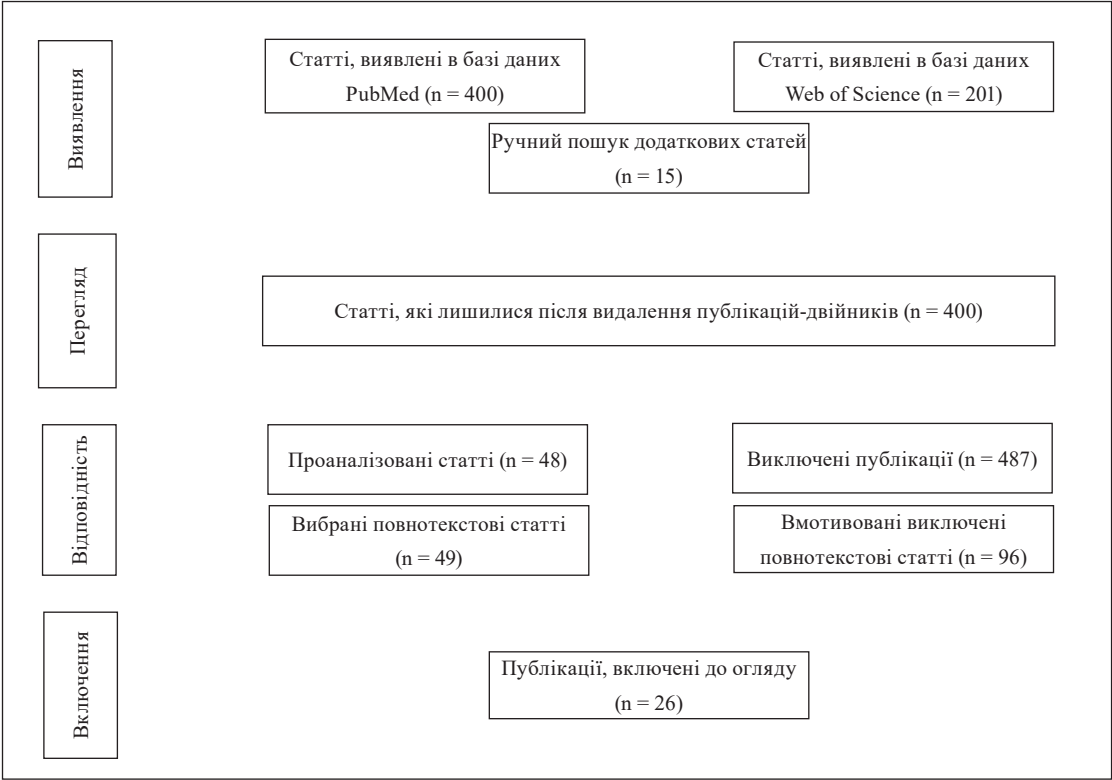


Рисунок. Блок-схема відбору статей для дослідження

Таблиця 1

Дослідження реіннерваційних хірургічних способів

| Автор, рік, країна                                    | Характеристика моделей                     | Спосіб реіннервації |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------|
| C. S. Best зі співавт., 2024, USA [4]                 | Ампутації нижніх кінцівок на різних рівнях | RPNI                |
| C. A. Kubiak зі співавт., 2021, USA [14]              | Ампутації нижніх кінцівок на різних рівнях | RPNI                |
| J. B. Bowen зі співавт., 2019, USA [5]                | Транстібіальні ампутації (BNA)             | TMR                 |
| S. Pejкова зі співавт., 2022, Northern Macedonia [22] | Ампутації нижніх кінцівок на різних рівнях | RPNI                |
| F. Mereu зі співавт., 2021, Italy [19]                | Ампутації верхніх кінцівок                 | TMR                 |
| Z. W. Fulton зі співавт., 2022, USA [10]              | Ампутації верхніх і нижніх кінцівок        | TMR                 |
| P. J. Hanwright зі співавт., 2023, USA [11]           | Ампутації нижніх кінцівок                  | VDMT                |

Таблиця 2

Аналіз клінічних результатів лікування пацієнтів зі застосуванням різних реіннерваційних способів

| Автор, рік, країна                       | Ампутація                 | Спосіб реіннервації   |                           | Дизайн дослідження |
|------------------------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|--------------------|
| V. Suresh, зі співавт., 2023, USA [25]   | Верхніх кінцівок          | VDMT — 9              | Традиційна ампутація — 4  | Ретроспективне     |
| Z. Lin зі співавт., 2023, China [17]     | Нижніх кінцівок           | RPNI — 7              | Традиційна ампутація — 7  | Ретроспективне     |
| C. A. Kubiak зі співавт., 2019, USA [15] | Верхніх і нижніх кінцівок | RPNI — 45             | Традиційна ампутація — 45 | Рандомізоване      |
| E. Pettersen зі співавт., 2024, USA [23] | Верхніх і нижніх кінцівок | TMR — 37<br>RPNI — 37 | Традиційна ампутація — 37 | Проспективне       |

Результати профілактики та лікування пізніх місцевих постампутаційних ускладнень подано в таблиці 4.

Дослідження виникнення ризику повторних операцій після виконання реіннерваційних хірургічних методів і традиційної ампутації (табл. 5).

Таблиця 3

**Результати досліджень із приводу виникнення симптоматичних невром  
і фантомного больового синдрому в разі ампутацій кінцівок**

| Автор, рік, країна                        | Характеристика дослідження                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Підсумок                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| C. A. Kubiak зі співавт., 2019, USA [15]  | Проаналізовано результати лікування пацієнтів, яким виконано ампутацію з використанням методу RPNI та без нього                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Виконання RPNI в осіб з ампутаціями кінцівок привів до меншої частоти як симптоматичних невром, так і фантомного болю в кінцівках порівняно з контрольною групою, якій проводили ампутацію без RPNI. Це свідчить про те, що профілактика симптоматичних невром після ампутації може зменшити центральні механізми болю, які, у свою чергу, призводять до фантомного болю в кінцівках                                                                                                                                                                                                                                               |
| Z. Linзі співавт., 2023, China [17]       | Наведено показники осіб з ампутаціями нижньої кінцівки. Зібрано клінічні дані включно зі загальною інформацією, патологією основного захворювання, історією хірургічного лікування, рівнем невротомії, шкали болю: шкала чисельної оцінки (NRS — Numeric Rating Scale) та Манчестерський індекс болю та інвалідності (MFPDI — Manchester Foot Pain and Disability Index). Через 3 міс. після ампутації за допомогою ультразвуку вимірювали поперечний діаметр, передньо-задній діаметр і площу поперечного перерізу невром кукси, і порівнювали їх із нормальними нервами протилежної кінцівки на тому ж рівні | Показники NRS і MFPDI пацієнтів у групі RPNI були значно нижчими, ніж у групі традиційної ампутації, і зменшувалися зі збільшенням часу спостереження, що вказує на те, що RPNI може зменшити симптоматичний біль за невром                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| A. L. O'Brien зі співавт., 2022, USA [21] | Проаналізовано дані хворих після ампутації кінцівок із проведенням TMR. Результати включали тяжкість PLP і RLP, про яку повідомляли пацієнти, виміряну за шкалою чисельної оцінки (NRS). Вторинні результати склалися в опитувальники інформаційної системи вимірювання результатів, про які повідомляли пацієнти (PROMIS — Patient-Reported Outcomes Measurement Information System)                                                                                                                                                                                                                          | Через 3 міс. після операції всі результати PLP і RLP порівнювались з попередньо наданими даними, які продемонстрували перевагу порівняно з ампутаціями без TMR. Лінійний регресійний аналіз змішаної моделі виявив, що показники тяжкості PLP за шкалою NRS продовжували покращуватися протягом періоду дослідження ( $p = 0,022$ ). Решта результатів щодо тяжкості RLP і показників якості життя PROMIS продемонстрували, що ці дані залишалися стабільними протягом періоду дослідження ( $p > 0,05$ ). TMR є ефективною хірургічною процедурою, яка покращує шанси на зменшення RLP і PLP, якщо її виконують під час ампутації |
| V. Suresh зі співавт., 2023, USA [25]     | Розглянуто наслідки лікування пацієнтів, яким виконано ампутацію верхньої кінцівки з використанням методу VDMT, як профілактичного заходу проти утворення невром                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Середній термін спостереження становив $(5,6 \pm 4,1)$ міс. (ДІ 0,5–13,2). Середній бал післяопераційного болю становив 1,1 (ДІ 0–8). Це дослідження продемонструвало сприятливі короткострокові результати в осіб, яким виконано VDMT на верхній кінцівці                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

## Обговорення

Неврома виникає за умов пересіченого периферичного нерва, який регенерує, та не має дистальної мішені для реіннервації. Симптоматичні неврони є поширеним чинником болю після ампутації, який може призвести до значної втрати працездатності в осіб молодого віку [4].

Незважаючи на те, що для лікування симптоматичних невром запропоновано багато втручань, звичайні методики спричиняють високу частоту рецидивів, тому залишається значна розбіжність щодо найбільш оптимальної стратегії лікування та профілактики PLP і RLP [14]. Ріннерваційні способи, такі як RPNI (Regenerative Peripheral Nerve Interface), VDMT (vascularized denervated muscle

Таблиця 4

Результати профілактики та лікування пізніх місцевих постампутаційних ускладнень (виникнення симптоматичних постампутаційних невром, PLP, RLP)

| Автор, рік, країна                             | Flynn критерій, %        |                          |                          |                         | Підсумок<br>(порівняно з традиційною ампутацією)                                                                                  |
|------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                | В                        | Д                        | З                        | НЗ                      |                                                                                                                                   |
| C. S. Best<br>зі спіавт.,<br>2024, USA [4]     | 91,2 (RPNI)<br>7,1 (TA)  | 5,4 (RPNI)<br>5,3 (TA)   | 2,2 (RPNI)<br>16,2 (TA)  | 1,2 (RPNI)<br>71,4 (TA) | RPNI забезпечує зменшення частоти виникнення як симптоматичних невром, так і фантомного болю в кінцівках                          |
| C. A. Kubiak<br>зі спіавт.,<br>2021, USA [15]  | 93,2 (RPNI)<br>2,3 (TA)  | 5,2 (RPNI)<br>17,3 (TA)  | 1,6 (RPNI)<br>12,1 (TA)  | —<br>68,3 (TA)          | RPNI забезпечує меншу частоту виникнення симптоматичних невром і фантомного болю в кінцівках                                      |
| J. B. Bowen<br>зі спіавт.,<br>2019, USA [5]    | 72,4 (TMR)<br>32,1 (TA)  | 22,6 (TMR)<br>58,6 (TA)  | 5,0 (TMR)<br>9,3 (TA)    | —<br>—                  | TMR показав кращі клінічні результати: зменшилась частота виникнення симптоматичних невром, а також інтенсивність фантомного болю |
| Z. Lin<br>зі спіавт.,<br>2023, China [17]      | 81,2 (RPNI)<br>2,9 (TA)  | 8,4 (RPNI)<br>67,3 (TA)  | 10,4 (RPNI)<br>22,8 (TA) | —<br>7,0 (TA)           | Показники больового синдрому (RLP, PLP) NRS і MFPIDІ пацієнтів у групі RPNI були значно нижчими                                   |
| A. L. O'Brien<br>зі спіавт.,<br>2022, USA [21] | 84,5 (TMR)<br>3,8 (TA)   | 14,2 (TMR)<br>29,1 (TA)  | 1,3 (TMR)<br>1,7 (TA)    | —<br>65,4 (TA)          | TMR показав кращі клінічні результати: показники тяжкості PLP за шкалою NRS нижчі                                                 |
| V. Suresh<br>зі спіавт.,<br>2023, USA [25]     | 74,1 (VDMT)<br>15,3 (TA) | 22,5 (VDMT)<br>13,5 (TA) | 3,4 (VDMT)<br>68,4 (TA)  | —<br>2,8 (TA)           | VDMT забезпечує меншу частоту виникнення симптоматичних невром, а також зменшення PLP (за показниками шкали MFPIDІ)               |

Примітки: В — відмінно; Д — добре; З — задовільно; НЗ — незадовільно.

Таблиця 5

Ризик повторних хірургічних втручань після виконання реіннерваційних хірургічних методик (TMR,VDMT, RPNI) та традиційної ампутації

| Автор, рік, країна                                         | Ризик повторних хірургічних втручань за Flynn критерієм, % |                                         | Підсумок                                                                                                                         |
|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                            | традиційна ампутація                                       | реіннерваційні методи (RPNI, VDMT, TMR) |                                                                                                                                  |
| C. S. Best<br>зі спіавт.,<br>2024, USA [4]                 | 37,2                                                       | 2,4                                     | Забезпечують менший ризик повторного хірургічного втручання з приводу пізніх постампутаційних ускладнень (симптоматичні невроми) |
| P. J. Hanwright<br>зі спіавт.,<br>2023, USA [11]           | 27,4                                                       | 2,6                                     | Приводять до меншого ризику повторної операції з приводу пізніх постампутаційних ускладнень (PLP, RLP)                           |
| S. Pejкова<br>зі спіавт.,<br>2022, Northern Macedonia [22] | 25,1                                                       | 1,9                                     | Викликають менший ризик повторного хірургічного втручання з приводу пізніх постампутаційних ускладнень (симптоматичні невроми)   |

target), TMR (Targeted Muscle Reinnervation), спрямовані на профілактику специфічного нейропатичного болю після ампутації [7].

Методика RPNI виконується шляхом імплантації дистального кінця пересіченого периферичного нерва у вільний неваскуляризований трансплантат скелетного м'яза. Неврому або вільний кінець ураженого нерва ідентифікують, нерв пересікають і мобілізують проксимальніше. Виконують забір вільного м'язового трансплантата безпосередньо з рани кукси або з іншої ана-

томічної ділянки. Кінець кожного пересіченого периферичного нерва імплантують у центр вільного м'язового трансплантата з використанням нерезорбтивного шовного матеріалу 6–0. RPNI можна зробити безпосередньо під час ампутації або як планову процедуру в будь-який час після операції.

Трансплантат скелетних м'язів в ідеалі повинен мати приблизно 35 мм завдовжки, 20 мм завширшки та 5 мм товщиною, щоб забезпечити виживання та запобігти центральному некрозу.



Таблиця 6

**Результати дослідження індексу якості життя (PROMIS) після виконання  
реіннерваційних хірургічних методик (TMR, VDMT, RPNI) та традиційної ампутації**

| Автор, рік, країна                              | Функт критерій, % |                 |                |                | Підсумок                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------|-------------------|-----------------|----------------|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                 | В                 | Д               | З              | НЗ             |                                                                                                                                                    |
| A. L. O'Brien<br>зі співавт., 2022,<br>USA [21] | 74,5*<br>52,1**   | 19,3*<br>2,1**  | 3,8*<br>44,8** | 2,4*<br>1,0**  | Показники PROMIS у пацієнтів після виконання реіннерваційних хірургічних методик вищі від аналогічних даних після проведення традиційної ампутації |
| M. Byl<br>зі співавт.,<br>2024, USA [6]         | 72,1*<br>48,4 **  | 24,1*<br>14,9** | 1,2*<br>32,3** | 2,6*<br>4,4**  |                                                                                                                                                    |
| M. Diers<br>зі співавт.,<br>2022, USA [8]       | 83,6*<br>22,1**   | 12,4*<br>24,6** | 2,4*<br>42,3** | 1,6*<br>11,0** |                                                                                                                                                    |

*Примітки:* В — відмінно; Д — добре; З — задовільно; НЗ — незадовільно; \* — реіннерваційні методи (RPNI, VDMT, TMR); \*\* — традиційна ампутація.

Забір можна проводити за допомогою вигнутих ножиць Мейо. Кінець пересіченого периферичного нерва слід імплантувати паралельно напрямку м'язових волокон, а епіневрій слід підшити до вільного м'язового трансплантата в 1 або 2 місцях. Слід використати один шов для фіксації дистального кінця епіневрії до середини ложа м'язового трансплантата. Потім він огортається навколо нерва у вигляді циліндра з фіксацією швами. Потрібно уникати розташування RPNI у ділянці навантажуваної поверхні кукси. Він має бути глибоко в м'язовій тканині, подалі від підшкірної клітковини та дерми. Для великих нервів варто виконати інтраневральну дисекцію на окремі структури, щоб створити кілька (зазвичай 2–4) окремих RPNI, щоб уникнути занадто значної кількості регенеруючих аксонів в одному вільному м'язовому трансплантаті. Перевагою RPNI є технічна простота й універсальність.

Регенерація відбувається за допомогою прямої невротизації м'язового трансплантата. Ураховуючи розуміння того, що невроми утворюються, коли регенеруючі аксони не мають кінцевих органів для реіннервації, будь-яка стратегія, яка зменшує кількість безцільних аксонів у залишковій кінцівці, повинна сприяти мінімізації симптоматичних невром. Використання вільних м'язових трансплантатів пропонує величезний запас денервованих м'язових мішеней для регенерації нервових аксонів і сприяє відновленню нервово-м'язових з'єднань без шкоди для денервації інших м'язів кукси [4].

Оскільки RPNI є невазкуляризованими м'язовими трансплантатами, вони спочатку повинні виживати через дифузію поживних речовин із навколишнього ранового ложа до ревазкуляриза-

ції. Якщо вони занадто великі, щоб забезпечити достатню дифузію поживних речовин, виникне некроз. Навіть коли невеликий м'язовий трансплантат поміщається в ідеальне ранове ложе, очікується певний ступінь фіброзу та резорбції м'язів під час процесу загоєння. Це викликає сумніви щодо того чи забезпечують RPNI достатню мішень для сприйняття всіх аксонів, що регенерують із кукси периферичного нерва, особливо коли методика застосовується на нервах великого калібру.

Подібно до RPNI, VDMT використовуються для перенаправлення регенеруючих аксонів із пересіченого нерва в денервованій м'яз, щоб запобігти утворенню невроми. Забезпечуючи васкуляризовану м'язову мішень, яка реіннервується шляхом прямої невротизації, VDMT має переваги порівняно з іншими хірургічними варіантами. Виконання VDMT передбачає спочатку підйом острівця м'яза на судинній ніжці таким чином, щоб він був денервований, залишаючись васкуляризованим. Потім куксу нерва імплантують у денервованій м'язовий клапот або обертають ним аналогічно RPNI. Ця методика подібна до RPNI, але, на відміну від останньої, дозволяє використовувати м'язові трансплантати більших розмірів без ризику їх некрозів. VDMT, по-суті, є васкуляризованим RPNI [25].

TMR — це хірургічна техніка, під час якої кукси периферичних нервів підшиваються до сусідньої м'язової гілки. Ці нервові переміщення забезпечують шлях для росту аксонів, обмежуючи дезорганізований варіант регенерації нервових закінчень, що призводить до утворення невроми. Цей спосіб також застосовується для покращення контролю біонічним протезом за рахунок збіль-

шення кількості незалежних м'язових сигналів [3, 26].

За аналогічним хірургічним принципом виконується Targeted Sensory Reinnervation (TSR) під час якої кукса сенсорного периферичного нерва підшивається до дрібної шкірної гілки або просто імплантується в підшкірно-жирову клітковину для «нейрогенного захоплення» шкірних рецепторів. TSR може бути використаний для лікування симптоматичних невром, хоча це не основна його мета. Переважно застосовується для покращення сенсорної відповіді від протеза. На сьогодні TSR для лікування та профілактики симптоматичних невром використовується не частіше, ніж інші описані методики і потребує подальших досліджень.

За результатами дослідження C. S. Best та співавт., спосіб RPNI для лікування болю після ампутації, показав сприятливі результати, зі значним зменшенням болю під час невроми та фантомного больового синдрому приблизно через 7 міс. після операції. Показники болю за невроми зменшилися на 71 %, а оцінка фантомного болю за візуальною аналоговою шкалою (ВАШ) — на 53 %. Профілактична операція RPNI також пов'язана зі значно нижчою частотою симптоматичних невром (0 проти 13,3 %) і нижчим рівнем фантомного болю в кінцівках (51,1 проти 91,1 %) порівняно з показниками у пацієнтів, які проходили традиційну ампутацію [4].

У дослідженні з вивчення первинної та вторинної TMR, проведеному Z. W. Fulton зі співавт., у більшості хворих спостерігалось зникнення болю за невроми (86,2 %) і загальне зменшення/зникнення болю (90,7 %). Не виявлено відмінностей між первинним і вторинним TMR. Попередні дані вказують на те, що TMR є ефективним для запобігання або лікування болю в пацієнтів з ампутацією, незалежно від того, чи використовується в гострому або відтермінованому періоді [10].

Згідно з інформацією V. Suresh зі співавт., опублікованою у 2023 р., із 9 осіб, включених у ретроспективне дослідження VDMT, 7 перенесли операцію VDMT як профілактичний захід проти утворення невроми, а 2 мали симптоматичні невроми, які лікувалися VDMT. Середній термін спостереження склав ( $5,6 \pm 4,1$ ) міс. Середній бал післяопераційного болю становив 1–2 бали за шкалою ВАШ [25].

J. B. Bowen зі співавт. провели аналіз, до якого включили 17 досліджень, у 14 з яких оцінювали TMR (366 пацієнтів), а в 3 — RPNI (75 осіб).

У ньому визначено, що для лікування болю TMR і RPNI його зменшили під час невроми в 75–100 % хворих і фантомний біль у кінцівках у 45–80 % випадків. Коли TMR або RPNI проводили з профілактичною метою, багато пацієнтів повідомляли про відсутність болю безпосередньо в куксі (48–100 %) або фантомного в кінцівках (45–87 %) під час спостереження. Рівень ускладнень коливався від 13 до 31 %, найчастіше сповільнене загоєння рани [5].

Аналіз результатів порівнянь традиційної ампутації та методик реіннервації в ампутаційній хірургії вказує, що недоліком традиційного способу є підвищений ризик виникнення пізніх ускладнень (симптоматичні невроми, фантомний і біль безпосередньо в куксі) [4, 5, 14, 17, 21].

Реіннерваційні методи мають більше переваг для лікування PLP і RLP, одночасно дозволяючи пацієнтам з ампутуваними кінцівками повернутися до повсякденної діяльності, покращити якість життя та збільшити термін використання протезів без корекції. Останні дослідження в галузі реіннерваційних методів демонструють великий потенціал для встановлення нового стандарту в ампутаційній хірургії [4, 10, 14, 17, 25].

Описані методики реіннервації мають значний вплив на протезування, забезпечуючи кращу інтеграцію та взаємодію з нервовою системою, що, у свою чергу, підвищує функціональність, комфорт і якість життя пацієнтів. Ці технології дозволяють краще адаптуватися до своїх нових умов життя, покращити точність управління протезом і знизити психологічний стрес від втрати кінцівки.

Поданий аналіз літературних джерел має певні обмеження: термін спостереження у проаналізованих дослідженнях на момент написання статті не перевищує 3–4 років, зважаючи на що отримані результати можуть відрізнятися від показників виявлених за більший термін спостереження.

## Висновки

Результати наукових досліджень вказують, що реіннерваційні способи (RPNI, VDMT, TMR) є клінічно ефективніші порівняно з традиційною ампутацією. Ці методики можуть застосовуватись як для профілактики пізніх постампуаційних ускладнень (симптоматичні невроми, фантомний і біль безпосередньо в куксі), так і для їхнього лікування.

Клінічні результати, які базуються на даних опитувальників (PROMIS, ВАШ, MFPDI, NRS), візуалізаційних досліджень і функціональних

даних, вказують на те, що реіннерваційні методи запобігають виникненню пізніх постампуаційних ускладнень, які призводять до зменшення частоти повторних оперативних втручань. Поряд із цим індекс якості життя залишається стабільно високим після проведення будь-якого з наведених методів реіннервації, на відміну від традиційної ампутації, що є важливим для комфортної інтеграції пацієнта в побутові умови звичного життя.

Сучасні реіннерваційні методи, які використовуються в ампутаційній хірургії, відіграють важливу роль у покращенні функціональності та якості життя людей, яким здійснили ампутацію кінцівки, особливо коли мова йде про протезування.

RPNI, VDMT і TMR дозволяють зменшити відчуття болю та дискомфорту безпосередньо в куксі, а також мінімізувати рівень фантомного болю під час користування протезом, адже нерви отримують нові шляхи для передавання імпульсів, як наслідок, покращується контроль над протезом, що має позитивний психологічний ефект на пацієнтів, оскільки це дає їм відчуття повернення до нормального життя та забезпечує більшу незалежність у повсякденних справах.

**Конфлікт інтересів.** Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

**Перспективи подальших досліджень.** Напрямок проведених досліджень відповідає викликам сьогодення. Застосування сучасних методик лікування дозволяє підвищити якість життя постраждалих та потребує на подальший розвиток, удосконалення та впровадження реіннерваційних технологій в ампутаційній хірургії.

**Інформація про фінансування.** Автори заявляють про відсутність сторонньої фінансової підтримки цього дослідження.

**Внесок авторів.** Бур'янов О. А. — концепція і дизайн дослідження; Смик О. О. — систематизація літературних джерел, збирання і обробка матеріалів, аналіз отриманих результатів, написання тексту; Саленко М. С. — відбір та аналіз літературних джерел, написання тексту.

## Список літератури

1. Besspalenko, A. A., Shcheglyuk, O. I., ..., & Kikh, A. Yu. (2020). Algorithm for rehabilitation of military personnel with limb amputation based on a multiprofessional and individual approach. Current aspects of diagnostics and treatment. *Ukrainian journal of military medicine*, 1(1), 64–72. [https://doi.org/10.46847/ujmm.2020.1\(1\)-064](https://doi.org/10.46847/ujmm.2020.1(1)-064).
2. Sidorova, N. M., Kazmirchuk, A. P., ..., & Kazmirchuk, K. A. (2023). Therapeutic consequences of limb amputation for a combatant: justification of the PATRIOT study design and our own data. *Current aspects of military medicine*, 30(2), 162–182. <https://doi.org/10.32751/2310-4910-2023-30-2-16>.
3. Bergmeister, K. D., Salminger, S., & Aszmann, O. C. (2021). Targeted muscle Reinnervation for prosthetic control. *Hand clinics*, 37(3), 415–424. <https://doi.org/10.1016/j.hcl.2021.05.006>.
4. Best, C. S., Cederna, P. S., & Kung, T. A. (2024). Regenerative peripheral nerve interface (RPNI) surgery for mitigation of neuroma and Postamputation pain. *JBJS essential surgical techniques*, 14(1). <https://doi.org/10.2106/jbjs.st.23.00009>.
5. Bowen, J. B., Ruter, D., Wee, C., West, J., & Valerio, I. L. (2019). Targeted muscle Reinnervation technique in below-knee amputation. *Plastic & reconstructive surgery*, 143(1), 309–312. <https://doi.org/10.1097/prs.00000000000005133>.
6. Byl, M., Tram, J., Kalasho, B., Pangarkar, S., & Pham, Q. G. (2024). Postamputation pain management. *Physical medicine and rehabilitation clinics of North America*, 35(4), 757–768. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2024.06.003>.
7. Chang, B. L., Mondshine, J., Fleury, C. M., Attinger, C. E., & Kleiber, G. M. (2022). Incidence and nerve distribution of symptomatic neuromas and phantom limb pain after below-knee amputation. *Plastic & reconstructive surgery*, 149(4), 976–985. <https://doi.org/10.1097/prs.0000000000000895>.
8. Diers, M., Krumm, B., Fuchs, X., Bekrater-Bodmann, R., Milde, C., Trojan, J., Foell, J., Becker, S., Rümenapf, G., & Flor, H. (2022). The prevalence and characteristics of phantom limb pain and non-painful phantom phenomena in a nationwide survey of 3,374 unilateral limb amputees. *The journal of pain*, 23(3), 411–423. <https://doi.org/10.1016/j.jpain.2021.09.003>.
9. Eskridge, S. L., Macera, C. A., Galarneau, M. R., Holbrook, T. L., Woodruff, S. I., MacGregor, A. J., Morton, D. J., & Shaffer, R. A. (2012). Injuries from combat explosions in Iraq: Injury type, location, and severity. *Injury*, 43(10), 1678–1682. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2012.05.027>.
10. Fulton, Z. W., Boothby, B. C., & Phillips, S. A. (2022). Targeted muscle Reinnervation for trauma-related amputees: A systematic review. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.28474>.
11. Hanwright, P. J., Suresh, V., Shores, J. T., Souza, J. M., & Tuffaha, S. H. (2023). Current concepts in lower extremity amputation: A primer for plastic surgeons. *Plastic & reconstructive surgery*, 152(4), 724e–736e. <https://doi.org/10.1097/prs.00000000000010664>.
12. Hanyu-Deutmeyer, A. A., Cascella, M., & Varacallo, M. (2024). Phantom limb pain. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing.
13. Janes, L. E., Fracol, M. E., Dumanian, G. A., & Ko, J. H. (2021). Targeted muscle Reinnervation for the treatment of neuroma. *Hand clinics*, 37(3), 345–359. <https://doi.org/10.1016/j.hcl.2021.05.002>.
14. Kubiak, C. A., Adidharma, W., Kung, T. A., Kemp, S. W., Cederna, P. S., & Vemuri, C. (2022). “Decreasing Postamputation pain with the regenerative peripheral nerve interface (RPNI)”. *Annals of vascular surgery*, 79, 421–426. <https://doi.org/10.1016/j.avsg.2021.08.014>.
15. Kubiak, C. A., Kemp, S. W., Cederna, P. S., & Kung, T. A. (2019). Prophylactic regenerative peripheral nerve interfaces to prevent Postamputation pain. *Plastic & reconstructive surgery*, 144(3), 421e–430e. <https://doi.org/10.1097/prs.00000000000005922>.
16. Lans, J., Groot, O. Q., Hazewinkel, M. H., Kaiser, P. B., Lozano-Calderón, S. A., Heng, M., Valerio, I. L., & Eberlin, K. R. (2022). Factors related to neuropathic pain following lower extremity amputation. *Plastic & reconstructive surgery*, 150(2), 446–455. <https://doi.org/10.1097/prs.00000000000009334>.
17. Lin, Z., Yu, P., Chen, Z., & Li, G. (2023). Regenerative peripheral nerve interface reduces the incidence of neuroma in the lower limbs after amputation: A retrospective study based on ultrasound. *Journal of orthopaedic surgery and research*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/s13018-023-04116-6>.
18. Liston, J. M., Forster, G. L., Samuel, A., Werner, B. C., Strainix, J. T., & DeGeorge, B. R. (2022). Estimating the impact of Postamputation pain. *Annals of plastic surgery*, 88(5), 533–537. <https://doi.org/10.1097/sap.00000000000003009>.
19. Mereu, F., Leone, F., Gentile, C., Cordella, F., Gruppioni, E., & Zollo, L. (2021). Control strategies and performance assessment of upper-limb TMR prostheses: A review. *Sensors*, 21(6), 1953. <https://doi.org/10.3390/s21061953>.



20. Molina, C. S., & Faulk, J. B. (2022). Lower Extremity Amputation. StatPearls.
21. O'Brien, A. L., West, J. M., Gokun, Y., Janse, S., Schulz, S. A., Valerio, I. L., & Moore, A. M. (2022). Longitudinal durability of patient-reported pain outcomes after targeted muscle Reinnervation at the time of major limb amputation. *Journal of the american college of surgeons*, 234(5), 883–889. <https://doi.org/10.1097/xcs.0000000000000117>
22. Pejnova, S., Nikolovska, B., Srbov, B., Tusheva, S., Jovanoski, T., Jovanovska, K., & Georgieva, G. (2022). Prophylactic regenerative peripheral nerve interfaces in elective lower limb amputations. *PRILOZI*, 43(1), 41–48. <https://doi.org/10.2478/prilozi-2022-0004>
23. Pettersen, E., Sassu, P., Pedrini, F. A., Granberg, H., Reinholdt, C., Breyer, J. M., Roche, A., Hart, A., Ladak, A., Power, H. A., Leung, M., Lo, M., Valerio, I., Eberlin, K. R., Ko, J., Dumanian, G. A., Kung, T. A., Cederna, P., & Ortiz-Catalan, M. (2024). Regenerative peripheral nerve interface: Surgical protocol for a randomized controlled trial in Postamputation pain. *Journal of visualized experiments*, (205). <https://doi.org/10.3791/66378>
24. Sheean, A. J., Krueger, C. A., Napierala, M. A., Stinner, D. J., & Hsu, J. R. (2014). Evaluation of the mangled extremity severity score in combat-related type III open tibia fracture. *Journal of orthopaedic trauma*, 28(9), 523–526. <https://doi.org/10.1097/bot.0000000000000054>
25. Suresh, V., Schaefer, E. J., Calotta, N. A., Giladi, A. M., & Tuffaha, S. H. (2023). Use of vascularized, denervated muscle targets for prevention and treatment of upper-extremity neuromas. *Journal of hand surgery global online*, 5(1), 92–96. <https://doi.org/10.1016/j.jhsg.2022.06.001>
26. Tuffaha, S. H., Glass, C., Rosson, G., Shores, J., Belzberg, A., & Wong, A. (2020). Vascularized, denervated muscle targets: A novel approach to treat and prevent symptomatic neuromas. *Plastic and reconstructive surgery — global open*, 8(4), e2779. <https://doi.org/10.1097/gox.00000000000002779>

|                                           |                                           |                                 |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------|
| Стаття надійшла до редакції<br>12.04.2025 | Отримано після рецензування<br>12.05.2025 | Прийнято до друку<br>14.05.2025 |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------|

## METHODS OF REINNERVATION AFTER AMPUTATIONS IN PATIENTS WITH THE CONSEQUENCES OF COMBAT INJURIES (LITERATURE REVIEW)

O. A. Burianov <sup>1</sup>, O. O. Smyk <sup>2</sup>, M. S. Salenko <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup> Military Medical Clinical Treatment and Rehabilitation Center, Irpin, Ukraine

✉ Olexandr Burianov, MD, Prof.: [kaftraum@ukr.net](mailto:kaftraum@ukr.net); <https://orcid.org/0000-0002-2174-1882>

✉ Oleh Smyk: [oleg\\_olegovi4@ukr.net](mailto:oleg_olegovi4@ukr.net); <https://orcid.org/0009-0003-3412-5557>

✉ Maryna Salenko: [salenkomarina10@gmail.com](mailto:salenkomarina10@gmail.com); <https://orcid.org/0009-0000-0914-2409>

УДК 616.711-001.36-036.87(048.8)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872025292-98>

## Фактори ризику рецидиву грижі міжхребцевого диска поперекового відділу хребта після первинної ендоскопічної трансфорамінальної дискектомії. Повідомлення 1 (огляд літератури)

В. А. Колесніченко<sup>1</sup>, В. К. Піонтковський<sup>2</sup>, М. Б. Гольбаум<sup>3</sup>,  
О. Г. Чернишов<sup>3</sup>, О. В. Палкін<sup>3</sup>, Б. В. Палкін<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Харківський національний університет ім. В. Н. Каразіна. Україна

<sup>2</sup> КП «Рівненська обласна клінічна лікарня ім. Ю. Семенюка» Рівненської обласної ради. Україна

<sup>3</sup> ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України», Харків

*Percutaneous endoscopic transforaminal discectomy (PETD) is a minimally invasive technique that improves clinical outcomes. However, limited visibility of the surgical field and the widespread use of endoscopic technology have led to complications after discectomy, among which recurrence of lumbar disc herniation is the main reason for repeated surgical interventions. The aim is to study epidemiological risk factors that potentiate the recurrence of lumbar intervertebral disc herniation after primary percutaneous endoscopic transforaminal discectomy. Methods. The study material is professional articles containing the definition of epidemiological risk factors for recurrence of lumbar disc herniation after primary PETD, for the period 2015–2024. A systematic review of relevant literature sources was performed using the following keywords: "recurrent lumbar disc herniation", «risk factor for recurrent lumbar disc herniation», "minimally invasive lumbar spine surgery", "percutaneous endoscopic lumbar discectomy", "percutaneous endoscopic transforaminal discectomy", "re-discectomy". Results. Research data on the reliability of the relationship between the recurrence of lumbar disc herniation after primary PETD and epidemiological risk factors are contradictory. The most significant among them was older age, ruptures of the annulus fibrosus. Conclusions. The most reliable epidemiological risk factors for rGMD of PVC after primary PETD are age > 50 years, body mass index > 25 kg/m<sup>2</sup>. The reasonable time for performing primary PETD of lumbar disc herniation from a medical and financial point of view is ≤ 8 weeks from the moment of clinical manifestation of the disease. Keywords. Primary transforaminal endoscopic discectomy, recurrence of lumbar intervertebral disc herniation, epidemiological risk factors.*

*Перкутанна ендоскопічна трансфорамінальна дискектомія (ПТЕД) є малоінвазивною методикою, яка дозволяє покращити клінічні результати. Проте обмежений огляд операційного поля й широке застосування ендоскопічної технології призвели до ускладнень після дискектомії, серед яких рецидив грижі міжхребцевого диска (рГМД) поперекового відділу хребта (ПВХ) є основною причиною повторних втручань. Мета. Проаналізувати епідеміологічні фактори ризику, які потенціюють рецидив грижі міжхребцевого диска поперекового відділу хребта після первинної перкутанної ендоскопічної трансфорамінальної дискектомії. Методи. Розглянуто фахові статті, які містять визначення епідеміологічних факторів ризику рГМД ПВХ після первинної ПТЕД, за період 2015–2024 р. Виконано систематичний огляд релевантних джерел літератури за ключовими словами як українською, так і англійською мовами: «рецидивуюча грижа міжхребцевого диска поперекового відділу хребта», «малоінвазивні хірургічні втручання на поперековому відділі хребта», «перкутанна ендоскопічна поперекова дискектомія», «перкутанна ендоскопічна трансфорамінальна дискектомія», «повторна дискектомія». Результати. Дані досліджень щодо достовірності взаємозв'язку рецидиву грижі міжхребцевого диска поперекового відділу хребта після первинної ПТЕД із епідеміологічними факторами ризику суперечливі. Найбільш значущими серед них виявилися старший вік, порушення цілості фіброзного кільця. Висновки. Найдостовірнішими епідеміологічними факторами ризику рГМД ПВХ після первинної ПТЕД вважаються вік > 50 років, індекс маси тіла > 25 кг/м<sup>2</sup>. Доцільним терміном виконання первинної ПТЕД грижі міжхребцевого диска поперекового відділу хребта з медичної та фінансової точки зору є термін ≤ 8 тижнів із моменту клінічної маніфестації захворювання.*

**Ключові слова.** Первинна трансфорамінальна ендоскопічна дискектомія, рецидив грижі міжхребцевого диска поперекового відділу хребта, епідеміологічні фактори ризику

## Вступ

Перкутанна (повна) ендоскопічна хірургія гриж міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта з використанням трансфорамінального або інтерламінного доступів є методикою, що розвивається, та яка відвоювала місце в сучасного «золотого стандарту» — мікрохірургічної дискектомії [1–4]. Застосування ендоскопічних технік видалення гриж міжхребцевого диска (ГМД) поперекового відділу хребта (ПВХ) дозволяє покращити клінічні результати за рахунок меншої інтраопераційної крововтрати [5, 6] й інтенсивності післяопераційного болю з відповідним зниженням дози опіоїдних анальгетиків після хірургічної інтервенції, коротшого періоду відновлення [7] із більш раннім поверненням до повсякденної діяльності [8–11] та високою задоволеністю пацієнтів, а також потребує відносно низьких лікарняних витрат [5]. Перкутанна ендоскопічна трансфорамінальна дискектомія (ПЕТД) вважається щадним мінімально інвазивним втручанням, оскільки структури заднього опорного комплексу хребтового сегмента залишаються інтактними [11, 12].

Проте широке застосування ендоскопічної технології призвело до ускладнень після дискектомії, серед яких рецидив грижі міжхребцевого диска (рГМД) поперекового відділу хребта є основною причиною повторних операцій [13]. Частота рГМД ПВХ, досягаючи 5–18 % [14–16], є порівняною з кількістю невдач у разі відкритої мікродискектомії [11]. Основною причиною більшості рецидивів є обмеженість інтраопераційного доступу, унаслідок чого може зберігатися підзв'язковий або секвестрований компонент ГМД, а також ускладнюється контроль декомпресії нервових структур [17–19]. Невдачею ПЕТД є і конверсія ендоскопічної дискектомії у відкрите хірургічне втручання через технічну неможливість трансфорамінального доступу. У таких випадках конверсія операції найчастіше викликана структурною зміною форми й величини робочої зони в ділянці міжхребцевого отвору, що пов'язано з особливостями орієнтації та деформацією суглобових відростків відповідного поперекового сегмента [20, 21].

Достатньо висока частота незадовільних результатів ПЕТД вимагає визначення клінічних і рентгенологічних факторів ризику рГМД ПВХ із ретельнішим підбором пацієнтів до трансфорамінальної дискектомії, бо повторні оперативні втручання призводять до погіршення клінічного

результату зі зниженням якості життя порівняно з наслідками первинного хірургічного втручання [14], подальших суттєвих фінансових витрат (передбачувані витрати: прямі — 34 242 доларів США, непрямі — 3 778) [22].

*Мета:* вивчити епідеміологічні фактори ризику, які потенціюють рецидив грижі міжхребцевого диска поперекового відділу хребта після первинної перкутанної ендоскопічної трансфорамінальної дискектомії.

## Матеріал і методи

Матеріал дослідження — фахові статті, які містять визначення факторів ризику рецидиву грижі міжхребцевого диска ПВХ після первинної ПЕТД.

Пошук літератури проведено в базах даних PubMed, Google Scholar і Medline за період 2015–2024 рік із використанням медичних предметних рубрик і ключових слів «рецидивуюча грижа міжхребцевого диска поперекового відділу хребта», «фактори ризику рецидиву грижі міжхребцевого диска поперекового відділу хребта», «малоінвазивні хірургічні втручання на поперековому відділі хребта», «перкутанна ендоскопічна поперекова дискектомія», «перкутанна ендоскопічна трансфорамінальна дискектомія», «повторна операція», «повторна дискектомія», «recurrent lumbar disc herniation», «risk factor for recurrent lumbar disc herniation», «minimally invasive lumbar spine surgery», «percutaneous endoscopic lumbar discectomy», «percutaneous endoscopic transforaminal discectomy», «re-operation», «re-discectomy».

Також було здійснено додатковий пошук статей із бібліографічних списків відібраних джерел літератури. За необхідності в окремих випадках використовували джерела, які опубліковані за межами періоду пошуку.

Критерії включення: статті щодо факторів ризику рецидиву моносегментарної ГМД ПВХ після первинної ПЕТД. Критерії виключення: публікації про результати відкритого хірургічного лікування гриж міжхребцевого диска поперекового відділу хребта, відкрита й ендоскопічна дискектомія полісегментарних і повторно рецидивуючих ГМД ПВХ.

Метод дослідження — систематичний огляд релевантних джерел літератури.

## Результати та їх обговорення

### Вік

Єдиної точки зору щодо взаємозв'язку між віком хворих і рецидивом ГМД ПВХ після



первинної ПЕТД у літературі немає. Одні автори як фактор ризику для розвитку рГМД ПВХ визначають молодий вік пацієнтів [23–25]. В інших дослідженнях не виявлено суттєвої різниці за віком між групами хворих із рецидивом грижі диска та неускладненим післяопераційним перебігом [14, 26]. Більшість фахівців вважає, що частота рецидиву ГМД ПВХ позитивно корелює з віком  $> 50$  років [27, 29–31]. Підвищення ризику рГМД [32] у пацієнтів похилого віку пов'язано зі зниженням механічної жорсткості тканин диска через поєднання інволютивних і дегенеративних змін зі супутньою втратою частини драглистого ядра, порушенням цілості фіброзного кільця в результаті екструзії диска. У таких біомеханічних умовах за наявності інтраопераційного розрізу фіброзного кільця міжхребцевий диск стає більш сприйнятливим до стресових навантажень із формуванням незворотної деформації, що згодом призводить до неефективного загоєння зовнішнього шару фіброзного кільця після ПЕТД і рецидиву ГМД [32].

#### Стать

Результати досліджень щодо гендерного впливу на частоту рГМД ПВХ також варіюють у широких межах. У більшості публікацій такого впливу не виявлено [14, 29, 31, 33–35]. У той же час повідомляється про схильність до рецидиву диска в осіб чоловічої статі [16, 23, 36]. Окремі фахівці саме жіночу стать визначають за фактор ризику рГМД ПВХ [37]. Цікаві результати багатовимірного логістичного регресійного аналізу щодо взаємодії статі й віку наведені в публікації F. Martens і співавт.: у жінок віком до 51 року ризик рецидивуючої грижі ПВХ був приблизно у 10 разів більший як порівняти з іншими віковими групами [38]. Значно вища частота рГМД ПВХ у молодих жінок може бути пов'язана з деградацією колагену II типу (переважною формою колагену в інтактному міжхребцевому диску) зі зниженням біомеханічних властивостей диска під впливом швидких змін концентрації естрогену, а також змін експресії рецепторів естрогену в пременопаузальному періоді [39].

#### Коморбідність

Підвищення індексу маси тіла (ІМТ) є загальноприйнятим фактором рГМД ПВХ [19, 25, 30–33, 36, 40–42], хоча деякі фахівці наводять інші результати [14, 37]. Негативний вплив надмірної ваги тіла на нижньопоперекові хребтові сегменти може здійснюватися через зростання біомеханічних навантажень із кумулятивними ушкодженнями міжхребцевих дисків [43, 44], особливо

в разі абдомінального ожиріння [40]. Надмірна вага ( $\text{ІМТ} \geq 25,0\text{--}29,9 \text{ кг/м}^2$ ) та ожиріння ( $\text{ІМТ} \geq 30,0 \text{ кг/м}^2$ ) призвели до збільшення абсолютного ризику рГМД у 1,8 і 2,3 рази відповідно [40].

Можливі й біохімічні зміни у тканинах міжхребцевого диска, пов'язані зі зниженням рівня глікозаміногліканів у драглистому ядрі [45], та з підвищеною концентрацією лептину. Він є прототиповим адипокіном, який продукується жировою тканиною [46] і розглядається як основний біохімічний медіатор запальних, деградаційних і ноцицептивних ефектів ожиріння та може продукуватися іншими тканинами, включаючи елементи міжхребцевого диска [47, 48]. Дослідженнями *in vitro* показано, що підвищення рівня лептину та його рецепторів, локалізованих у міжхребцевому диску, може ініціювати дегенеративний і запальний каскад через активацію протеаз, які беруть участь у деградації агрекану, і протеаз, здатних руйнувати колаген та інші макромолекули матриксу на рівні генів і білків. У драглистому ядрі лептин активував експресію прозапальних молекул, особливо цитокінів IL-6 та TNF- $\alpha$  [49]. Така дія лептину може мати значення *in vivo*, бо він і його рецептори були ідентифіковані в дегенеративно змінених ділянках драглистого ядра [47] та клітинах фіброзного кільця [48, 50], які самі продукують лептин у разі процесу дегенерації [48].

Результати досліджень щодо взаємозв'язку рГМД ПВХ із цукровим діабетом суперечливі. Одна група авторів не виявила таких зв'язків [13, 23, 27, 29, 37], інші фахівці розглядають цукровий діабет як фактор ризику рецидиву грижі диска [28, 51–53]. Можливий вплив цукрового діабету на формування рГМД може здійснюватися через обмеження сульфатування молекул глікозаміногліканів [54] та зниження вмісту протеогліканів [55] у позаклітинному матриксі міжхребцевого диска, що супроводжується ослабленням його колагенової матриці [54].

Артеріальна гіпертензія може підвищувати частоту рГМД [33, 56], хоча в інших повідомленнях такий зв'язок заперечується [14, 29, 37]. Конкретний механізм, який пов'язує гіпертензію з рГМД, не досліджений; висловлюється припущення про вплив артеріальної гіпертензії *per se* [56].

#### Куріння

Активне куріння розглядається як модифікований фактор ризику рГМД і може призводити до збільшення абсолютного ризику в 1,6–2,8 рази

[40, 57]. Клінічний перебіг ГМД у курців відрізняє низький поріг больової чутливості, підвищену частоту післяопераційних ускладнень, сповільнене загоєння післяопераційної рани та тривалий період реабілітації, зниження задоволеності результатом хірургічного лікування [57–59].

Механізми, за допомогою яких в активних курців підвищується ризик рецидиву грижі диска, пов'язані з тим, що нікотин суттєво пригнічує дифузію та погіршує трофіку міжхребцевого диска внаслідок вазоконстрикції капілярів замикальних пластин і субхондральної кістки [60]. Судинозвужувальний ефект нікотину може також призводити до пригнічення проліферації клітин та інгібіції синтезу протеогліканів позаклітинного матриксу [61, 62], значно погіршувати швидкість клітинного поглинання та вироблення метаболітів у диску [62, 63]. Такі біохімічні зміни знижують абсорбційні можливості диска та потенціюють прискорення дегенеративних процесів [40]. Крім цього, нікотин інгібує синтез колагену у фіброзному кільці, що знижує міцність кільця та підвищує ризик травматичних ушкоджень і дегенеративних змін [64]. Хронічний кашель курця може підвищувати внутрішньодисковий тиск, що збільшує ризик рецидиву грижі диска за умов зниження його механічної жорсткості [57]. У той самий час низка авторів заперечує наявність зв'язку між курінням і рГМД [37, 65]. Привертає увагу той факт, що за умов відмови від пасивного куріння в експерименті на мишах спостерігалось збільшення вмісту протеоглікана муцину в пульпозному ядрі і фіброзному кільці, що відображає можливість корекції дегенеративних змін у міжхребцевому диску, викликаних тютюнопалінням [66].

#### Тривалість «грижового» катамнезу

Виконання хірургічного втручання в терміни  $\leq 8$  тижнів із моменту клінічної маніфестації ГМД вважається кращим за ПЕТД, що застосовується у віддаленішому періоді [67]. Незважаючи на більш високі початкові фінансові витрати, пов'язані з консервативним лікуванням у гострому та підгострому періодах хвороби, остаточної витрати на оперативне лікування цієї категорії хворих виявляються в середньому менше на 11 200 доларів США порівняно з випадками надання хірургічної допомоги в пізніші терміни. У таких пацієнтів додаткові фінансові витрати пов'язані з тривалим консервативним лікуванням під час хронічної стадії ГМД ПВХ, зниженням продуктивності праці з періодичною втратою працездатності [68]. Виходячи з цього, виявляється логічним відсутність взаємозв'язку між

рГМД ПВХ та тривалістю «грижового» катамнезу в дослідженнях, в яких середній термін очікування ПЕТД складав у середньому 5,5; 7; 30 міс. [20, 29, 32].

## Висновки

Найбільш достовірними епідеміологічними факторами ризику рецидиву грижі міжхребцевого диска поперекового відділу хребта після первинної ПЕТД вважаються: вік  $> 50$  років, індекс маси тіла  $> 25$  кг/м<sup>2</sup>.

Доцільним терміном виконання первинної ПЕТД грижі міжхребцевого диска поперекового відділу хребта з медичної та фінансової точок зору є термін  $\leq 8$  тижнів із моменту клінічної маніфестації захворювання.

**Конфлікт інтересів.** Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

**Перспективи подальших досліджень.** Актуальним представляється аналіз літератури щодо впливу рентгенологічних, у тому числі рентгенометричних показників на частоту рецидивних гриж міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта.

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

**Внесок авторів.** Колесніченко В. А. — концепція і дизайн, літературний пошук; Піонтовський В. К. — концепція і дизайн, аналіз отриманих даних; Гольбаум М. Б. — аналіз отриманих даних, редагування тексту; Чернишов О. Г. — літературний пошук, обробка матеріалів; Палкін О. В. — літературний пошук, обробка матеріалів; Палкін Б. В. — літературний пошук, обробка матеріалів.

## Список літератури

1. Zhao, Q., Xiao, L., Wu, Z., Liu, C., & Zhang, Y. (2022). Comparison of the efficacy of fully endoscopic spine surgery using transforaminal and interlaminar approaches in the treatment of prolapsed lumbar 4/5 disc herniation. *Journal of orthopaedic surgery and research*, 17(1). <https://doi.org/10.1186/s13018-022-03282-3>
2. Li, P., Yang, F., Chen, Y., & Song, Y. (2021). Percutaneous transforaminal endoscopic discectomy for different types of lumbar disc herniation: A retrospective study. *Journal of international medical research*, 49(10). <https://doi.org/10.1177/03000605211055045>
3. Yuan, S., Lu, X., Zang, L., Mei, Y., Fan, N., & Du, P. (2024). Percutaneous Transforaminal endoscopic Discectomy for adjacent segment disease versus lumbar disc Herniation in elderly patients. *Journal of pain research*, 17, 2257–2265. <https://doi.org/10.2147/jpr.s457225>
4. Zhu, Y., Zhang, X., Gu, G., Fan, Y., Zhou, Z., Feng, C., Gu, X., & He, S. (2024). Clinical outcomes of percutaneous Transforaminal endoscopic Discectomy assisted with selective nerve root block for treating radicular pain with diagnostic uncertainty in the elderly. *Journal of pain research*, 17, 753–759. <https://doi.org/10.2147/jpr.s402033>
5. Jarebi, M., Awaf, A., Lefranc, M., & Peltier, J. (2021). A matched comparison of outcomes between percutaneous endoscopic lumbar discectomy and open lumbar microdiscectomy for the treatment of lumbar disc herniation: A 2-year retrospective cohort study. *The spine journal*, 21(1), 114–121. <https://doi.org/10.1186/s11301-020-00800-0>

- org/10.1016/j.spinee.2020.07.005
6. Łątka, K., Kołodziej, W., Pawuś, D., Waligóra, M., Trompeta, J., Klepinowski, T., Lasowy, P., Tanaka, M., Łabuz-Roszak, B., & Łątka, D. (2024). Extremely rare complications in Uniportal spinal endoscopy: A systematic review with unique case analyses. *Journal of clinical medicine*, 13(6), 1765. <https://doi.org/10.3390/jcm13061765>
  7. Chen, C., Ma, X., Zhao, D., Yang, H., Xu, B., Wang, Z., & Yang, Q. (2021). Full endoscopic lumbar Foraminoplasty with Periendoscopic visualized trephine technique for lumbar disc Herniation with migration and/or foraminal or lateral recess stenosis. *World neurosurgery*, 148, e658–e666. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2021.01.062>
  8. Gadradj, P. S., Rubinstein, S. M., Peul, W. C., Depauw, P. R., Vleggeert-Lankamp, C. L., Seiger, A., Van Susante, J. L., De Boer, M. R., Van Tulder, M. W., & Harhangi, B. S. (2022). Full endoscopic versus open discectomy for sciatica: Randomised controlled non-inferiority trial. *BMJ*, e065846. <https://doi.org/10.1136/bmj-2021-065846>
  9. Gadradj, P. S., Broulikova, H. M., Van Dongen, J. M., Rubinstein, S. M., Depauw, P. R., Vleggeert, C., Seiger, A., Peul, W. C., van Susante, J. L., Van Tulder, M. W., & Harhangi, B. S. (2022). Cost-effectiveness of full endoscopic versus open discectomy for sciatica. *British journal of sports medicine*, 56(18), 1018–1025. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2021-104808>
  10. Van Isseldyk, F., Padilla-Lichtenberger, F., Guiroy, A., Asghar, J., Quillo-Olvera, J., Quillo-Reséndiz, J., & Hagel, V. (2024). Endoscopic treatment of lumbar degenerative disc disease: A narrative review of full-endoscopic and unilateral Biportal endoscopic spine surgery. *World neurosurgery*, 188, e93–e107. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2024.05.047>
  11. Kandeel, M. M., Yousef, M. G., Saoud, A. M., & Abu-Elghait, Z. H. (2024). Percutaneous full-endoscopic transforaminal discectomy versus open microdiscectomy in the treatment of lumbar disc herniation: Randomized controlled trial. *The Egyptian Journal of neurology, psychiatry and neurosurgery*, 60(1). <https://doi.org/10.1186/s41983-024-00788-x>
  12. Jiang, L., Xie, X., He, R., & Da, J. (2023). Analysis of risk factors for post-operative recurrence after percutaneous endoscopic lumbar discectomy in patients with lumbar disc herniation: A meta-analysis. *Journal of orthopaedic surgery and research*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/s13018-023-04378-0>
  13. Zhao, J., Zeng, L., Zhao, S., Liang, G., Sha, B., Fu, H., Yang, W., Liu, J., & Zeng, Y. (2024). Associations of recurrent lumbar disc herniation after percutaneous endoscopic lumbar discectomy with age, body mass index, modic change, disc degeneration and sacral slope: A quantitative review. *Experimental and therapeutic medicine*, 27(5). <https://doi.org/10.3892/etm.2024.12483>
  14. Zhu, F., Jia, D., Zhang, Y., Ning, Y., Leng, X., Feng, C., Li, C., Zhou, Y., & Huang, B. (2023). Moderate to severe Multifidus fatty atrophy is the risk factor for recurrence after Microdiscectomy of lumbar disc Herniation. *Neurospine*, 20(2), 637–650. <https://doi.org/10.14245/ns.2346054.027>
  15. Li, T., Zhang, J., Ding, Z., Jiang, Q., & Ding, Y. (2024). Percutaneous endoscopic lumbar discectomy versus open fenestration discectomy for lumbar disc herniation: A retrospective propensity score-matched study with more than 5 years of follow-up. *Journal of orthopaedic surgery and research*, 19(1). <https://doi.org/10.1186/s13018-024-05239-0>
  16. Cheng, Y., Cheng, X., & Wu, H. (2022). A comparative study of percutaneous endoscopic interlaminar discectomy and transforaminal discectomy for L5-S1 calcified lumbar disc herniation. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-761501/v3>
  17. Ascano, L., Bergamaschi, J., Dowling, A., & Rodrigues, L. (2020). Transforaminal endoscopic lumbar discectomy: clinical outcomes and complications. *Revista Brasileira de ortopedia (English Edition) journal*, 55(1), 48–53. <https://doi.org/10.1055/s-0039-1700822>
  18. Wu, B., Zhan, G., Tian, X., Fan, L., Jiang, C., Deepti, B., Cao, H., Li, J., Lian, Q., Huang, X., & Xu, F. (2019). Comparison of Transforaminal percutaneous endoscopic lumbar Discectomy with and without Foraminoplasty for lumbar disc Herniation: A 2-Year follow-up. *Pain research and management*, 2019, 1–12. <https://doi.org/10.1155/2019/6924941>
  19. Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
  20. Thakar, S., Raj, V., Neelakantan, S., Vasoya, P., Aryan, S., Mohan, D., & Hegde, A. S. (2022). Spinal Morphometry as a novel predictor for recurrent lumbar disc Herniation requiring revision surgery. *Neurology India*, 70(Suppl 2), S211–S217. <https://doi.org/10.4103/0028-3886.360932>
  21. Wu, H., Hu, S., Liu, J., He, D., Chen, Q., & Cheng, X. (2022). Risk factors involved in the early and medium-term poor outcomes of percutaneous endoscopic Transforaminal Discectomy: A single-center experience. *Journal of pain research*, 15, 2927–2938. <https://doi.org/10.2147/jpr.s380946>
  22. Parker, S., Grahovac, G., Vukas, D., Ledic, D., Vilendecic, M., & McGirt, M. (2013). Cost savings associated with prevention of recurrent lumbar disc Herniation with a novel annular closure device: A multicenter prospective cohort study. *Journal of neurological surgery part a: central european neurosurgery*, 74(05), 285–289. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1341416>
  23. Lin, A., Wang, Y., Zhang, H., Zhu, K., Zhou, D., Guo, J., Zhao, W., Zhou, C., & Ma, X. (2024). Endoscopic revision strategies and outcomes for recurrent L4/5 disc Herniation after percutaneous endoscopic Transforaminal Discectomy. *Journal of pain research*, 17, 761–770. <https://doi.org/10.2147/jpr.s449949>
  24. Tabibkhoeei, A., Ziaei, S. E., Azar, M., & Abolmaali, M. (2021). Evaluating predictive value of preoperative clinical and imaging findings on the short-term outcome of surgery in patients undergoing lower lumbar Discectomy. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.20772>
  25. Luo, M., Wang, Z., Zhou, B., Yang, G., Shi, Y., Chen, J., Tang, S., Huang, J., & Xiao, Z. (2023). Risk factors for lumbar disc herniation recurrence after percutaneous endoscopic lumbar discectomy: A meta-analysis of 58 cohort studies. *Neurosurgical review*, 46(1). <https://doi.org/10.1007/s10143-023-02041-0>
  26. Kweon, M., Bak, K., Yi, H., Choi, K., Han, M., Na, M., & Chun, H. (2024). Changes in disc height as a prognostic factor in patients undergoing microscopic Discectomy. *Journal of korean neurosurgical society*, 67(2), 209–216. <https://doi.org/10.3340/jkns.2023.0110>
  27. Kienzler, J. C., Fandino, J., Van de Kelft, E., Eustacchio, S., & Bouma, G. J. (2020). Risk factors for early reherniation after lumbar discectomy with or without annular closure: Results of a multicenter randomized controlled study. *Acta neurochirurgica*, 163(1), 259–268. <https://doi.org/10.1007/s00701-020-04505-4>
  28. Zhao, C., Zhang, H., Wang, Y., Xu, D., Han, S., Meng, S., Han, J., Liu, H., Zhou, C., & Ma, X. (2021). Nomograms for predicting recurrent Herniation in PETD with preoperative radiological factors. *Journal of pain research*, 14, 2095–2109. <https://doi.org/10.2147/jpr.s312224>
  29. Yu, C., Zhan, X., Liu, C., Liao, S., Xu, J., Liang, T., Zhang, Z., & Chen, J. (2020). In-depth analysis of risk factors for recurrence of lumbar 5-sacral 1 disc herniation after percutaneous endoscopic transforaminal discectomy. *Medical Science Monitor*, 26. <https://doi.org/10.12659/msm.919888>



30. Yao, Y., Liu, H., Zhang, H., Wang, H., Zhang, Z., Zheng, Y., Tang, Y., & Zhou, Y. (2016). Risk factors for the recurrent Herniation after Microendoscopic Discectomy. *World neurosurgery*, 95, 451–455. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2016.08.071>
31. Luo, M., Wang, Z., Zhou, B., Yang, G., Shi, Y., Chen, J., Tang, S., Huang, J., & Xiao, Z. (2023). Risk factors for lumbar disc herniation recurrence after percutaneous endoscopic lumbar discectomy: A meta-analysis of 58 cohort studies. *Neurosurgical review*, 46(1). <https://doi.org/10.1007/s10143-023-02041-0>
32. Yuan, F. (2023). Development and validation of a prognostic model for the risk of recurrent lumbar disc Herniation after percutaneous endoscopic Transforaminal Discectomy. *Pain physician journal*, 26(1), 81–90. <https://doi.org/10.36076/ppj.2023.26.81>
33. Li, Y., Wang, B., Li, H., Chang, X., Wu, Y., Hu, Z., Liu, C., Guo, X., Zhang, Y., Liu, H., Li, Y., & Li, C. (2021). Adjuvant surgical decision-making system for lumbar intervertebral disc herniation after percutaneous endoscopic lumbar discectomy: A retrospective nonlinear multiple logistic regression prediction model based on a large sample. *The spine journal*, 21(12), 2035–2048. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2021.07.012>
34. Wang, F., Guo, D., Sun, T., & Guan, K. (2019). A comparative study on short-term therapeutic effects of percutaneous transforaminal endoscopic discectomy and microendoscopic discectomy on lumbar disc herniation. *Pakistan journal of medical sciences*, 35(2). <https://doi.org/10.12669/pjms.35.2.650>
35. Qin, R., Liu, B., Hao, J., Zhou, P., Yao, Y., Zhang, F., & Chen, X. (2018). Percutaneous endoscopic lumbar Discectomy versus posterior open lumbar Microdiscectomy for the treatment of symptomatic lumbar disc Herniation: A systemic review and meta-analysis. *World neurosurgery*, 120, 352–362. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.08.236>
36. Li, H., Deng, W., Wei, F., Zhang, L., & Chen, F. (2023). Factors related to the postoperative recurrence of lumbar disc herniation treated by percutaneous transforaminal endoscopy: A meta-analysis. *Frontiers in surgery*, 9. <https://doi.org/10.3389/fsurg.2022.1049779>
37. Louis, R., Kollannur, L. J., Shaji, U. A., & Ranjith, C. G. (2023). Risk factors for recurrent lumbar disc herniation. *International journal of academic medicine and pharmacy*, 5(4), 1311–1315. <https://doi.org/10.47009/jamp.2023.5.4.264>
38. Oh, J. T., Park, K. S., Jung, S. S., Chung, S. Y., Kim, S. M., Park, M. S., & Kim, H. K. (2012). Surgical results and risk factors for recurrence of lumbar disc Herniation. *Korean Journal of spine*, 9(3), 170. <https://doi.org/10.14245/kjs.2012.9.3.170>
39. Longo, U. G., Mazzola, A., Carotti, S., Francesconi, M., Catapano, S., Magri, F., Perrone, G., Morini, S., De Salvatore, S., & Denaro, V. (2021). The role of estrogen and progesterone receptors in the rotator cuff disease: A retrospective cohort study. *BMC musculoskeletal disorders*, 22(1). <https://doi.org/10.1186/s12891-021-04778-5>
40. Siccoli, A., Staartjes, V. E., Klukowska, A. M., Muizelaar, J. P., & Schröder, M. L. (2022). Overweight and smoking promote recurrent lumbar disk herniation after discectomy. *European spine journal*, 31(3), 604–613. <https://doi.org/10.1007/s00586-022-07116-y>
41. Bulut, G., Işık, S., Etli, M. U., & Yaltrın, C. K. (2024). The impact of demographic characteristics, obesity, surgical level, and Intervertebral disc properties on recurrence of lumbar disc Herniation. *World neurosurgery*, 190, e748–e753. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2024.07.214>
42. Jia, M., Sheng, Y., Chen, G., Zhang, W., Lin, J., Lu, S., Li, F., Ying, J., & Teng, H. (2021). Development and validation of a nomogram predicting the risk of recurrent lumbar disk herniation within 6 months after percutaneous endoscopic lumbar discectomy. *Journal of orthopaedic surgery and research*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s13018-021-02425-2>
43. Coppock, J. A., Danyluk, S. T., Englander, Z. A., Spritzer, C. E., Goode, A. P., & DeFrate, L. E. (2021). Increasing BMI increases lumbar intervertebral disc deformation following a treadmill walking stress test. *Journal of biomechanics*, 121, 110392. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2021.110392>
44. Coppock, J. A., Danyluk, S. T., Englander, Z. A., Spritzer, C. E., Goode, A. P., & DeFrate, L. E. (2021). Increasing BMI increases lumbar intervertebral disc deformation following a treadmill walking stress test. *Journal of biomechanics*, 121, 110392. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2021.110392>
45. Russo, F., Ambrosio, L., Giannarelli, E., Vorini, F., Mallico, C. A., Quattrocchi, C. C., Vadalà, G., Papalia, R., & Denaro, V. (2023). Innovative quantitative magnetic resonance tools to detect early intervertebral disc degeneration changes: A systematic review. *The spine journal*, 23(10), 1435–1450. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2023.05.011>
46. Lago, F., Dieguez, C., Gómez-Reino, J., & Gualillo, O. (2007). Adipokines as emerging mediators of immune response and inflammation. *Nature clinical practice rheumatology*, 3(12), 716–724. <https://doi.org/10.1038/ncprheum0674>
47. Trinh, T., & Broxmeyer, H. E. (2021). Role for Leptin and Leptin receptors in stem cells during health and diseases. *Stem cell reviews and reports*, 17(2), 511–522. <https://doi.org/10.1007/s12015-021-10132-y>
48. Gruber, H. E., Ingram, J. A., Hoelscher, G. L., & Hanley, E. N. (2007). Leptin expression by annulus cells in the human intervertebral disc. *The spine journal*, 7(4), 437–443. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2006.08.001>
49. Segar, A. H., Fairbank, J. C., & Urban, J. (2018). Leptin and the intervertebral disc: A biochemical link exists between obesity, intervertebral disc degeneration and low back pain — an in vitro study in a bovine model. *European spine journal*, 28(2), 214–223. <https://doi.org/10.1007/s00586-018-5778-7>
50. Koerner, J. D., Markova, D. Z., Yadla, S., Mendelis, J., Hili-brand, A., Vaccaro, A. R., Risbud, M. V., Albert, T. J., Anderson, D. G., & Kepler, C. K. (2014). Differential gene expression in anterior and posterior annulus fibrosus. *Spine*, 39(23), 1917–1923. <https://doi.org/10.1097/brs.0000000000000590>
51. Tarukado, K., Masuda, K., & Ikuta, K. (2016). Characterization and risk factor analysis for recurrence following Microendoscopic Discectomy for lumbar disk Herniation. *Journal of neurologic surgery Part A: central European neurosurgery*, 78(02), 154–160. <https://doi.org/10.1055/s-0036-1592161>
52. Ono, K., Ohmori, K., Yoneyama, R., Matsushige, O., & Majima, T. (2022). Risk factors and surgical management of recurrent Herniation after full-endoscopic lumbar Discectomy using interlaminar approach. *Journal of clinical medicine*, 11(3), 748. <https://doi.org/10.3390/jcm11030748>
53. Ravikumar, S., Blotchichak, A., & Kumar, S. (2025). The utilization of percutaneous endoscopic lumbar discectomy in recurrent lumbar disc herniation: A systematic review and meta-analysis. *Journal of spine surgery*, 11(1), 45–64. <https://doi.org/10.21037/jss-24-47>
54. Li, J., Hsu, T., Hsu, S., & Lin, Y. (2023). Strong association of lumbar disk herniation with diabetes mellitus: A 12-year nationwide retrospective cohort study. *Frontiers in endocrinology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1260566>
55. Park, C., Min, K., Min, J., Kim, D. H., Seo, K. M., & Kim, D. (2021). Strong association of type 2 diabetes with degenerative lumbar spine disorders. *Scientific reports*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-95626-y>
56. H, R., S, S., F, Z., A, R., & M, M. (2018). True recurrent lumbar disc Herniation and arterial hypertension: Is there any relation? *Journal of spine & neurosurgery*, 07(03). <https://doi.org/10.4172/2325-9701.1000299>
57. Sayin Gülensoy, E., & Gülensoy, B. (2022). A 9-year retrospective cohort of patients with lumbar disc herniation: Comparison of patient characteristics and recurrence frequency

- by smoking status. *Medicine*, 101(51), e32462. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000032462>
58. Rajesh, N., Moudgil-Joshi, J., & Kaliaperumal, C. (2022). Smoking and degenerative spinal disease: A systematic review. *Brain and spine*, 2, 100916. <https://doi.org/10.1016/j.bas.2022.100916>
  59. Snyder, B., Blood, E., Lurie, J., & Weinstein, J., (2022). The influence of smoking on patient outcomes in the spine patient outcomes research trial (sport) : spine journal meeting abstracts [internet]. Lww. Available from: [https://journalsChen.lww.com/spinejournalabstracts/fulltext/2010/10001/the\\_influence\\_of\\_smoking\\_on\\_patient\\_outcome\\_s\\_in.34.aspx](https://journalsChen.lww.com/spinejournalabstracts/fulltext/2010/10001/the_influence_of_smoking_on_patient_outcome_s_in.34.aspx)
  60. Kelley, J., Buchweitz, N., Madden, A., Fan, H., Hepfer, G., Kern, M., Townsend, D. M., Ye, T., Yao, H., & Wu, Y. (2024). Effect of cigarette smoke exposure and cessation on regional diffusion properties in rat intervertebral discs. *JOR spine*, 7(4). <https://doi.org/10.1002/jsp2.70015>
  61. Kelley, J., Li, H., Sun, Y., Ren, P., Chen, G., Sun, S., Zhao, J., Buchweitz, N., Kern, M., Reitman, C. A., Townsend, D. M., Yao, H., & Wu, Y. (2025). Endplate remodeling: A key indicator of cigarette smoke exposure-induced intervertebral disc degeneration in a male rat model. *JBM Plus*, 9(5). <https://doi.org/10.1093/jbmrpl/ziaf016>
  62. Bahadır Ülger, F. E. (2021). The relationship between active and passive exposure to cigarette smoke and severe lumbar Intervertebral disc degeneration according to demographic data. *Bagcilar medical bulletin*, 6(3), 220–228. <https://doi.org/10.4274/bmb.galenos.2021.03.031>
  63. Buchweitz, N., Sun, Y., Cisewski Porto, S., Kelley, J., Niu, Y., Wang, S., Meng, Z., Reitman, C., Slate, E., Yao, H., & Wu, Y. (2024). Regional structure-function relationships of lumbar cartilage endplates. *Journal of biomechanics*, 169, 112131. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2024.112131>
  64. Kague, E., Turci, F., Newman, E., Yang, Y., Brown, K. R., Aglan, M. S., Otaify, G. A., Temtamy, S. A., Ruiz-Perez, V. L., Cross, S., Royall, C. P., Witten, P. E., & Hammond, C. L. (2021). 3D assessment of intervertebral disc degeneration in zebrafish identifies changes in bone density that prime disc disease. *Bone research*, 9(1). <https://doi.org/10.1038/s41413-021-00156-y>
  65. Noh, S. H., Cho, P. G., Kim, K. N., Lee, B., Lee, J. K., & Kim, S. H. (2022). Risk factors for reoperation after lumbar spine surgery in a 10-year Korean national health insurance service health examinee cohort. *Scientific reports*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-08376-w>
  66. Lai, A., Gansau, J., Gullbrand, S. E., Crowley, J., Cunha, C., Dudli, S., Engiles, J. B., Fusellier, M., Goncalves, R. M., Nakashima, D., Okewunmi, J., Pelletier, M., Presciutti, S. M., Schol, J., Takeoka, Y., Yang, S., Yurube, T., Zhang, Y., & Iatridis, J. C. (2021). Development of a standardized histopathology scoring system for intervertebral disc degeneration in rat models: An initiative of the <sc>ORS</sc> spine section. *JOR spine*, 4(2). <https://doi.org/10.1002/jsp2.1150>
  67. Thaci, B., McGirt, M. J., Ammerman, J. M., Thomé, C., Kim, K. D., & Ament, J. D. (2019). <p>Reduction of direct costs in high-risk lumbar discectomy patients during the 90-day post-operative period through annular closure</p>. *Clinico economics and outcomes research*, 11, 191– 197. <https://doi.org/10.2147/ceor.s19360>
  68. Dandurand, C., Mashayekhi, M. S., McIntosh, G., Singh, S., Paquet, J., Chaudhry, H., Abraham, E., Bailey, C. S., Weber, M. H., Johnson, M. G., Nataraj, A., Attabib, N., Kelly, A., Hall, H., Rampersaud, Y. R., Manson, N., Phan, P., Thomas, K., Fisher, C., ... Dea, N. (2023). Cost consequence analysis of waiting for lumbar disc herniation surgery. *Scientific reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-31029-5>

|                                           |                                           |                                 |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------|
| Стаття надійшла до редакції<br>19.02.2025 | Отримано після рецензування<br>15.04.2025 | Прийнято до друку<br>17.04.2025 |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------|

## RISK FACTORS OF RECURRENCE LUMBAR INTERVERTEBRAL DISC HERNIATION AFTER PRIMARY ENDOSCOPIC TRANSFORAMINAL DISCECTOMY. PART 1 (LITERATURE REVIEW)

V. A. Kolesnichenko <sup>1</sup>, V. K. Piontkovskyi <sup>2</sup>, M. B. Holbaum <sup>3</sup>,  
O. G. Chernyshov <sup>3</sup>, O. V. Palkin <sup>3</sup>, B. V. Palkin <sup>3</sup>

<sup>1</sup> V. N. Karazin Kharkiv National University. Ukraine

<sup>2</sup> Yuri Semenyuk Rivne Regional Clinical Hospital. Ukraine

<sup>3</sup> Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kharkiv

✉ Vira Kolesnichenko, MD, DMSci: [vira.a.kolesnichenko@karazin.ua](mailto:vira.a.kolesnichenko@karazin.ua); <https://orcid.org/0009-0007-4106-1730>

✉ Valentin Piontkovskyi, MD, DMSci: [pio\\_val@ukr.net](mailto:pio_val@ukr.net); <https://orcid.org/0000-0002-0967-877X>

✉ Maksym Holbaum, MD: [golbaymplaymarket@gmail.com](mailto:golbaymplaymarket@gmail.com); <https://orcid.org/0009-0004-9047-0088>

✉ Oleksandr Chernyshov, MD, PhD: [alexltravma@gmail.com](mailto:alexltravma@gmail.com); <https://orcid.org/0000-0003-2675-5420>

✉ Palkin Oleksandr, MD, PhD: [palkin11031983@gmail.com](mailto:palkin11031983@gmail.com); <https://orcid.org/0000-0002-6206-4283>

✉ Palkin Boris, MD: [Boryspalkin@gmail.com](mailto:Boryspalkin@gmail.com); <https://orcid.org/0009-0006-5505-7989>

УДК 616.72-007.2-053.9(048.8)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872025299-109>

## Остеоартрит і геріатричні синдроми: особливості взаємозв'язку та можливості менеджменту (огляд літератури)

А. В. Інюшина <sup>1</sup>, Н. В. Заверуха <sup>1,2</sup>, Н. В. Григор'єва <sup>1</sup>, О. В. Процюк <sup>2</sup>

<sup>1</sup> ДУ «Інститут геронтології ім. Д. Ф. Чеботарьова НАМН України», Київ

<sup>2</sup> Національний університет охорони здоров'я України ім. П. Л. Шупика, Київ

*Osteoarthritis (OA) is one of the leading age-associated musculoskeletal disorders, the prevalence of which is increasing due to population aging. The aim of this study is to analyze current literature data regarding the relation and management possibilities of OA and common geriatric syndromes. Methods. A systematic literature review was conducted using analytical methods across scientific databases such as PubMed, Web of Science, Scopus, and Google Scholar for the period 2019–2024. The search was performed using the keywords: “osteoarthritis,” “sarcopenia,” “sarcopenic obesity,” “dysmobility,” “malnutrition,” and “undernutrition.” Results. Typical geriatric syndromes (sarcopenia, sarcopenic obesity, dysmobility syndrome, and malnutrition) are the common phenomena among OA patients. These conditions share common pathophysiological mechanisms that mutually aggravate each other's course. The analysis of current literature revealed a lack of comprehensive studies on the combination of OA with geriatric syndromes, especially in the Ukrainian scientific space. This article provides an overview and analysis of current scientific data regarding prevalence, risk factors, pathophysiological mechanisms, diagnostic features, clinical manifestations, as well as potential approaches to treatment, prevention, and rehabilitation of patients with OA in combination with the most common geriatric syndromes. Conclusions. The literature analysis demonstrated bidirectional interaction mechanisms between OA and other geriatric syndromes, highlighting the importance of developing effective strategies for early detection, prevention, and management of such patients within a multidisciplinary approach. Keywords. Osteoarthritis, sarcopenia, sarcopenic obesity, dysmobility syndrome, malnutrition syndrome.*

*Остеоартрит (ОА) є одним із провідних вік-асоційованих захворювань опорно-рухової системи, поширеність якого зростає на фоні старіння населення. Мета. Проаналізувати сучасні літературні дані стосовно взаємозв'язку та можливостей менеджменту ОА та загальновідомих геріатричних синдромів. Методи. Систематичний огляд літературних джерел проведено з використанням інформаційного аналізу наукометричних баз даних PubMed, Web of Science, Scopus та Google Scholar за період 2019–2024 р. Пошук виконували за ключовими словами «остеоартрит», «саркопенія», «саркопенічне ожиріння», «дисмобільність», «недостатнє харчування», «мальнутриція». Результати. Типові геріатричні синдроми (саркопенія, саркопенічне ожиріння, синдром дисмобільності та мальнутриції) є поширеним явищем у хворих з ОА. Вони мають спільні патофізіологічні механізми, які взаємно посилюють перебіг одне одного. Аналіз сучасної літератури виявив недостатню кількість робіт щодо комплексного вивчення поєднання ОА з геріатричними синдромами, особливо в україномовному науковому просторі. У статті наведено огляд та аналіз актуальних наукових даних щодо поширеності, факторів ризику, патогенетичних механізмів виникнення, особливостей діагностики, клінічних проявів, а також потенційних підходів до лікування, профілактики та реабілітації хворих з ОА у поєднанні з розповсюдженими геріатричними синдромами. Висновки. Проведений аналіз літератури продемонстрував двонаправлені механізми взаємодії між ОА й геріатричними синдромами та підкреслив важливість розробки ефективних стратегій раннього виявлення, профілактики та ведення таких пацієнтів у межах мультидисциплінарного підходу.*

**Ключові слова.** Остеоартрит, саркопенія, саркопенічне ожиріння, синдром дисмобільності, синдром мальнутриції



## Вступ

Остеоартрит (ОА) є одним із найчастіших вік-асоційованих захворювань опорно-рухової системи (ОРС), поширеність якого невинно зростає, ураховуючи сучасні тенденції до глобального старіння населення [1]. Він уражає кожну третю особу віком 65 років і старше, причому серед жінок захворюваність вища, ніж чоловіків [2]. У європейських країнах поширеність симптоматичного ОА колінних суглобів становить від 5,4 до 29,8 %, ОА кульшових суглобів від 0,9 до 9,7 % [3, 4].

Коморбідність є масовим явищем у хворих з ОА, від 59 до 87 % пацієнтів мають хоча б одне супутнє хронічне захворювання, зокрема, у середньому, хворий з ОА має 2,6 супутніх захворювань помірного або тяжкого ступеня компенсації, а 31 % — мають 5 і більше хронічних захворювань [2].

У осіб старших вікових груп ОА часто пов'язаний з низкою геріатричних захворювань і станів, зокрема саркопенією (СП), саркопенічним ожирінням (СПО), синдромом дисмобільності (СД) та недостатністю харчування (мальнутрицією). Вони взаємно погіршують загальний стан здоров'я людини, створюючи замкнуте коло: ОА спричинює зменшення або обмеження рухливості, що сприяє розвитку СП, СПО та інших синдромів, а вони, у свою чергу, посилюють симптоми ОА, негативно впливаючи на всі аспекти повсякденного життя. Для ефективного менеджменту таких пацієнтів необхідна розробка алгоритмів діагностики, які дозволять виявити комбінацію ОА та супутніх геріатричних станів на ранніх стадіях. Розуміння взаємозв'язків між ними є ключовим для розробки комплексного підходу до їхньої діагностики, лікування та профілактики. На жаль, кількість робіт стосовно вивчення цього питання, зокрема й в україномовній літературі, обмежена.

*Мета:* проаналізувати сучасні літературні джерела щодо взаємозв'язку та можливостей менеджменту остеоартриту та загальновідомих геріатричних синдромів.

## Матеріал і методи

Інформаційний аналіз літературних даних (метааналізи, систематичні огляди, експериментальні та клінічні, зокрема рандомізовані контрольовані та когортні дослідження) проведено з використанням науково-метричних баз даних PubMed, Web of Science, Scopus та Google Scholar за період 2019–2024 р. Під час розгляду не ви-

ключали ключові роботи стосовно теми пошуку, опубліковані раніше. Розвідку проводили за ключовими словами «остеоартрит», «саркопенія», «саркопенічне ожиріння», «дисмобільність», «недостатнє харчування», «мальнутриція».

### *Остеоартрит та саркопенія*

СП — це прогресуюче генералізоване захворювання скелетних м'язів, асоційоване з підвищеним ризиком падінь, переломів, порушенням рухової активності та високим рівнем летальності. СП призводить до зменшення маси м'язів, зокрема знежиреної маси скелетних м'язів, і м'язової функції (фізичної працездатності) [5].

Останнім часом активно вивчається зв'язок між СП та ОА, оскільки обидва захворювання мають спільні механізми розвитку та чинники ризику, пов'язані зі старінням. Частота СП серед пацієнтів з ОА за даними різних досліджень варіює від 4,5 до 45,2 % і відповідно, є вдвічі вищою порівняно з особами без ОА, а наявність СП підвищує ризик розвитку ОА на 91 % [6–9]. Автори підкреслюють, що СП частіше розвивається в осіб похилого віку, особливо серед тих, у кого в анамнезі були падіння чи низька фізична активність. Проте на сьогодні залишається актуальним питання, чи це два окремі й незалежні захворювання, які виникають в осіб однієї вікової категорії, чи, навпаки, вони сприяють і потенціюють прогресування одне одного [9, 12–16].

Основними чинниками ризику розвитку ОА в осіб із СП є, зокрема, вік, знижений рівень естрогенів і змінений індекс маси тіла (ІМТ). З іншого боку, зменшення м'язової сили є основною характеристикою СП і водночас вважається одним із ключових факторів ризику розвитку ОА. Слабкість м'язів зменшує стабільність колінного суглоба та може прискорювати дегенерацію суглобового хряща. Дослідження на тваринних моделях підтвердили цей взаємозв'язок: експериментальна атрофія м'язів навколо колінного суглоба спричиняла дегенеративні зміни в суглобовому хрящі [11, 17].

Важливу роль у розвитку СП та ОА може відігравати білок іризин (ІР). Він є чутливим маркером м'язової слабкості й атрофії та може допомагати прогнозувати розвиток СП [13]. У 2016 році вперше продемонстровано, що рівні ІР у сироватній рідині та сироватці крові пацієнтів із гонартрозом негативно корелюють із тяжкістю захворювання згідно з рентгенологічними критеріями Kellgren-Lawrence, що вказує на можливий зв'язок між концентрацією ІР та прогресуванням ОА. Подальші експериментальні дослідження

підтвердили, що експресія ІР знижується у хрящовій тканині мишей з ОА колінного суглоба після перетину передньої схрещеної зв'язки, тоді як внутрішньосуглобове введення ІР у мишей приводило до сповільнення деструктивних змін у колінному суглобі [15].

Крім того, є спостереження, які демонструють зв'язок ІР із виникненням СП. Корейське дослідження за участю 715 осіб віком 18–90 років виявило, що низький рівень ІР корелює із наявністю СП (у чоловіків  $r = 0,28$ ; у жінок  $r = 0,32$ ), а також із силою м'язів кистей за результатами динамометрії (у чоловіків  $r = 0,22$ ; у жінок  $r = 0,31$ ) ( $p < 0,01$  для всіх показників). Середній рівень циркулюючого ІР був значно нижчим у групі з СП порівняно з показниками контрольної групи, без змін зі сторони тілобудови. У моделях логістичної регресії зв'язок між концентрацією ІР у сироватці крові та наявністю СП залишався статистично значущим навіть після корекції за віком, статтю та показниками жирової маси (ЖМ) (відношення шансів (ВШ) = 0,20; 95% довірчий інтервал (ДІ): 0,07–0,60;  $p < 0,01$ ). Прогностичні значення рівня ІР для діагностики СП становили  $< 1,0$  мкг/мл для чоловіків та  $< 1,16$  мкг/мл для жінок (площа під кривою операційних характеристик, AUC) становила 0,87 (95 % ДІ: 0,77–0,99;  $p < 0,01$ ) для чоловіків та 0,68 (95 % ДІ: 0,55–0,81;  $p < 0,01$ ) для жінок [16].

Механізми дії ІР за ОА колінного суглоба реалізуються через стимуляцію хондрогенезу та пригнічення прозапальних сигнальних шляхів. Зокрема, ІР сприяє підвищенню експресії анаболічних генів хряща (COL2A1, Aggrecan та SOX9), одночасно пригнічуючи активність JNK, p38 MAPK, NF- $\kappa$ B та АКТ шляхів, що знижує продукцію матриксних металопротеїназ (MMP-1, MMP-13), прозапальних цитокінів (IL-1, IL-6) та iNOS. Крім того, ІР здатний посилювати хондрогенну диференціацію шляхом активації сигнального каскаду Rap1/PI3K/АКТ через мікроРНК miR-125b-5p, що свідчить про його перспективне застосування в регенеративній терапії ОА [17].

На сьогодні досліджено й інші фактори, які достовірно підвищують ризик ОА у пацієнтів із СП. Зокрема, це куріння (ВШ = 1,54; 95 % ДІ: 1,21–1,95;  $p < 0,05$ ), похилий вік ( $> 75$  років, ВШ = 10,6; 95 % ДІ: 3,7–30,2;  $p < 0,05$ ), низький рівень доходу (ВШ = 5,4; 95 % ДІ: 1,4–21,4;  $p < 0,05$ ), знижений індекс Бартела ( $< 90$  балів, ВШ = 11,0; 95 % ДІ: 3,5–34,5;  $p < 0,05$ ), падіння протягом останніх 12 місяців (ВШ = 3,1; 95 % ДІ: 1,4–6,6;  $p < 0,05$ ), недостатнє харчування (ВШ = 3,5; 95 %

ДІ: 1,3–9,3;  $p < 0,05$ ), гостре порушення мозкового кровообігу в анамнезі (ВШ = 7,5; 95 % ДІ: 1,3–41,4;  $p < 0,05$ ), дефіцит вітаміну D (ВШ = 9,4; 95 % ДІ: 1,1–82,5;  $p < 0,05$ ) та наявність зловживань новотворень (ВШ = 4,8; 95 % ДІ: 1,2–19,5;  $p < 0,05$ ). Натомість вищий рівень освіти був пов'язаний зі зниженим ризиком СП (ВШ = 0,85; 95 % ДІ: 0,74–0,98;  $p < 0,05$ ). Отже, аналіз зазначених чинників є важливим для формування профілактичних стратегій і своєчасної діагностики ОА у пацієнтів із СП [16, 21].

Методом менделівської рандомізації (МР) було підтверджено причинно-наслідковий зв'язок між СП та ОА. Доведено, що зменшення апендикулярної знежиреної маси (АЗМ) асоціюється з підвищеним ризиком розвитку ОА колінного (ВШ = 1,32; 95 % ДІ: 1,22–1,43;  $p = 2,07 \times 10^{-12}$ ) та кульшового суглобів (ВШ = 1,18; 95 % ДІ: 1,10–1,27;  $p = 2,05 \times 10^{-6}$ ) у хворих із СП. У двоетапному МР-аналізі виявлено, що ожиріння (ОЖ) відіграє опосередковану роль у зниженні АЗМ і виникненні ОА колінного суглоба (частка опосередкованого впливу становить 5,9 %). Також встановлено, що темп ходьби обернено корелює з ризиком розвитку ОА, що підтверджує роль м'язової маси й сили в запобіганні дегенеративним змінам у суглобах [12].

Інший двовибірковий МР-аналіз підтвердив, що СП може мати причинно-наслідковий вплив на розвиток ОА за рахунок змін у структурі м'язів, а не через зменшення м'язової сили. Проте докази на користь того, що ОА впливає на розвиток СП були статистично не достовірними (ВШ = 1,08; 95 % ДІ: 0,89–1,31;  $p = 0,46$ ) [18]. Разом із цим, за результатами ще одного подібного МР-аналізу встановлено не лише достовірний причинний вплив СП на розвиток ОА (АЗМ: ВШ = 1,10; 95 % ДІ: 1,05–1,16; кистьова динамометрія: ВШ = 0,82; 95 % ДІ: 0,71–0,95; швидкість ходьби: ВШ = 0,34; 95 % ДІ: 0,20–0,56), але й вплив ОА на розвиток СП (АЗМ  $\beta = -0,26$ ; 95 % ДІ:  $-0,37$ – $-0,15$ ; кистьова динамометрія  $\beta = -0,06$ ; 95 % ДІ:  $-0,10$ – $-0,02$ ; швидкості ходьби:  $\beta = -0,10$ ; 95 % ДІ:  $-0,15$ – $-0,06$ ) ( $p < 0,05$  для всіх факторів) [20].

У дослідженні, яке базувалось на даних Національного обстеження здоров'я та харчування США (NHANES), вивчали причинно-наслідковий зв'язок між ОА та СП. Підгруповий аналіз показав, що позитивний зв'язок між СП та ОА зберігався серед чоловіків і жінок (46–59 років) із нормальним ІМТ (18,5–24,9 кг/м<sup>2</sup>). За результатами МР виявлено причинно-наслідковий зв'язок між силою стискання правої та лівої кисті

і ОА колінного суглоба (ВШ = 0,67; 95 % ДІ: 0,51–0,88;  $p < 0,01$ ) і (ВШ = 0,79; 95 % ДІ: 0,61–0,92;  $p = 0,04$ ) [21].

У ретроспективному дослідженні в осіб із запланованою остеотомією чи ендопротезуванням колінного суглоба (ЕКС) вивчено зв'язок між зменшенням м'язової маси (ММ) та прогресуванням ОА цієї локалізації. За даними авторів, співвідношення сироваткового креатиніну до цистатину С, яке ще називають індексом СП, достовірно корелювало з масою скелетних м'язів. Крім того, виявлено позитивний зв'язок між індексом СП і показниками функціональної активності хворих за шкалами Товариства дослідження патологій колінного суглоба (Knee Society Score  $\beta = 0,37$ ;  $p = 0,02$ ) та ушкодження колінного суглоба й остеоартриту (Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score — KOOS), індексом повсякденної активності ( $\beta = 0,42$ ;  $p < 0,01$ ) і Оксфордською шкалою оцінювання колінного суглоба (Oxford Knee Score,  $\beta = 0,42$ ;  $p = 0,01$ ). Це спостереження підкреслює роль зниженої ММ тіла для функціональної активності хворих з ОА колінного суглоба, а автори пропонують використовувати вищезгаданий індекс, як маркер для визначення втрати ММ у пацієнтів з гонартрозом [10].

Окремі дослідження підкреслюють роль хронічного низькоінтенсивного запалення, як спільного патофізіологічного механізму розвитку СП та ОА. Підвищений рівень прозапальних цитокінів призводить до дисбалансу між синтезом і розпадом білків у м'язах і хрящах, що зрештою спричиняє втрату ММ та руйнування хряща [15, 16].

Окрім цього встановлено зв'язок між зниженням м'язової сили та болем за наявності ОА. У популяційному когортному дослідженні за участю 947 осіб (10,7 років спостереження) виявлено, що вищі показники м'язової сили асоціюються зі зменшенням інтенсивності болю. Виявлено три різні траєкторії больового синдрому: «мінімальний біль» (53 %), «слабкий біль» (34 %) та «помірний біль» (13 %). Вищі показники м'язової сили нижніх кінцівок і м'язів-розгиначів коліна, а також краща якість м'язів за даним двофотонної рентгенівської абсорбціометрії (ДРА) були пов'язані зі зниженим ризиком болю в групах «слабкого болю» (відносний ризик (ВР) = 0,95; 95 % ДІ: 0,92–0,98) та «помірного болю» (ВР = 0,92; 95 % ДІ: 0,87–0,96;  $p < 0,01$  для обох груп) [22].

В іншому дослідженні, де вивчали тілобудову в пацієнтів з двобічним ОА колінного суглоба, індекс маси скелетних м'язів (ІМСМ) негативно корелював із субшкалою функціональної

активності анкети Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index — WOMAC-F ( $\beta = -0,16$ ; 95 % ДІ:  $-0,66$ – $0,03$ ), а щоденна фізична активність середньої та низької інтенсивності негативно пов'язана з двобічним болем у колінному суглобі ( $\beta = -0,80$ ; 95 % ДІ:  $-0,10$ – $0,01$ ) [23]. Пацієнти з ОЖ мали більш виражений біль у колінному суглобі та гірші показники функціональної активності ( $p < 0,05$ ). У загальній групі ЖМ позитивно корелювала з двобічним болем у колінному суглобі ( $\beta = 1,21$ ; 95 % ДІ: 0,03–0,15), показниками субшкали болю анкети ( $\beta = 0,25$ ; 95 % ДІ: 0,23–1,22) та функціональної активності WOMAC ( $\beta = 0,28$ ; 95 % ДІ: 0,35–1,29), а також тесту «сісти-встати зі стільця 5 разів» ( $\beta = 0,19$ ; 95 % ДІ: 0,03–0,42) [23].

ОА кульшового та колінного суглобів є важливим предиктором високого ризику падінь [24–26]. Постає питання, чи збільшується ризик падіння в пацієнтів за наявності СП та ОА колінного суглоба? У дослідженні Iijima Н. та співавт. [25] вивчали ризик падінь у чотирьох групах: хворі з ізольованою СП, ізольованим ОА колінного суглоба, поєднанням СП та ОА колінного суглоба та в контрольній групі (СП та ОА відсутні) за участю 291 осіб віком 60–90 років (78,7 % жінки). Пацієнти з поєднанням СП та ОА колінного суглоба мали в 4,17 рази вищі шанси (95 % ДІ: 0,84–20,6) на повторні падіння ( $\geq 2$  падіння), ніж у контрольній групі, тоді як між групами хворих з ізольованою СП та ізольованим ОА колінного суглоба не виявлено статистично значущих відмінностей у частоті повторних падінь [25]. За даними існуючих досліджень, наявність ОА колінного суглоба також впливає на рівновагу та швидкість ходи, результати 6-ти хвилинного тесту ходьби, тестів «сісти-встати» і «встань і йди», демонструють нижчі показники порівняно з особами без захворювань ОРС [24, 27, 28].

СП та ОА часто зустрічаються у пацієнтів на тлі інших хронічних захворювань, зокрема, цукрового діабету 2 типу (ЦД 2). Дослідження S. Basat та співавт. [29] уперше виявило зв'язок між СП та ОА в осіб похилого віку зі супутнім ЦД 2. Обстеження хворих включало оцінювання м'язової функції, тілобудови, маркерів запалення і ступінь ураження суглобів. Група пацієнтів із ОА та ЦД 2 продемонструвала значне зниження ММ, сили та функціональних можливостей порівняно з пацієнтами з ЦД 2 без патології ОА. Зокрема, у них спостерігали достовірне зниження рівнів альбуміну та гемоглобіну, а також зменшення окружності плеча та гомілок.



Кореляційний аналіз підтвердив негативний зв'язок між ММ і ступенем тяжкості ОА у пацієнтів із ЦД 2 ( $r = -0,41$ ;  $p < 0,05$ ).

На жаль, терапевтичні можливості як щодо лікування ОА, так і СП є недостатніми. У рандомізованому, подвійному сліпому, плацебо-контрольованому дослідженні за участі 124 осіб віком 50–70 років (38,7 % чоловіків) з ОА колінного суглоба та СП, вивчали ефекти харчової добавки з високим вмістом рослинних білків (32 г), двічі на добу протягом 12 тижнів. Результати продемонстрували, що додаткове вживання рослинних білків може полегшити симптоми ОА колінного суглоба 1–2 стадії в осіб зі супутньою СП. Через 12 тижнів у пацієнтів, які отримували вищезгадану добавку, виявили достовірне збільшення ММ, сили та фізичної працездатності, а саме ІМСМ на 10 % ( $0,66 \text{ кг/м}^2$ ; 95 % ДІ:  $0,45\text{--}0,86$ ;  $p < 0,0001$ ), сили м'язів за показниками кистьової динамометрії на 13,2 % ( $2,83 \text{ кг}$ ; 95 % ДІ:  $2,13\text{--}3,53$ ;  $p < 0,0001$ ) та фізичної працездатності за даними короткої батареї тестів фізичної активності (SPPB) на 13,2 % ( $1,03$ ; 95 % ДІ:  $0,69\text{--}1,38$ ,  $p < 0,0001$ ). Крім того, на 12 % покращився загальний результат WOMAC ( $3,95$  балів; 95 % ДІ:  $-5,02\text{--}2,89$ ,  $p < 0,0001$ ), а також за субшкалами болю (на 20,6 %), скутості (на 21,3 %), повсякденної діяльності (на 7,4 %). Якість життя у пацієнтів з ОА та СП покращилась на 7,9 % за показниками шкали якості життя Всесвітньої організації охорони здоров'я (the World Health Organization Quality of Life Brief Scale) [30].

На сьогодні, пошук потенційно модифікованих факторів ризику, які можуть погіршити симптоми або прискорити прогресування цих двох захворювань, є важливим. Наприклад, цінними й корисними є знання про те, що м'язова слабкість пов'язана з болем у колінному суглобі, а вправи, направлені на зміцнення чотириголового м'яза, покращують загальний стан пацієнта шляхом зменшення інтенсивності болю [31].

Підсумовуючи результати сучасних досліджень про взаємозв'язок СП та ОА слід зазначити, що ці два стани мають спільні фактори ризику та механізми розвитку СП, як захворювання, що характеризується зниження ММ та сили, може сприяти прогресуванню ОА через зменшення стабільності суглобових структур і зміну біомеханіки руху. Водночас, біль, скутість та обмеження рухливості, які є частими симптоми ОА, можуть пришвидшити розвиток СП за рахунок зменшення фізичної активності. Такий двонаправлений

зв'язок прогресивно підвищує рівень інвалідизації серед людей похилого віку.

#### *Остеоартрит і саркопенічне ожиріння*

СПО — синдром, який характеризується одночасним зниженням м'язової сили та функції, тобто СП у поєднанні з ОЖ [32, 33]. Останніми роками в науковій літературі з'являється все більше досліджень стосовно цього синдрому, оскільки він набуває актуальності через зміни у харчуванні та зниження рівня фізичної активності населення. Хоча СП та ОЖ є окремими захворюваннями, разом із цим вони мають спільні патофізіологічні механізми та фактори ризику, зокрема особливості способу життя, вікові й гормональні зміни, підвищений синтез прозапальних цитокінів та активних форм кисню. Крім того, ці два стани посилюють клінічні прояви та наслідки одне одного, що створює замкнене коло [34].

В українській популяції віком 20–90 років частота СПО у жінок сягає 9,8 %, а у чоловіків — 9,6 % [32]. Ці показники узгоджуються із світовими даними, де поширеність варіює від 0,8 до 22,3 % у жінок і від 1,3 до 15,4 % у чоловіків [34]. Проте у пацієнтів з ОА частота СПО є значно вищою і сягає 49,6 %, що важливо враховувати в лікуванні та реабілітаційному відновленні хворих [35].

Недавно проведений метааналіз, що включав 12 досліджень, виявив, що низький ІМСМ та СПО підвищують ризик розвитку гонартрозу в 1,36 та 1,78 разу відповідно [36]. Крім того, СПО є фактором, який підвищує ризик падінь і переломів в осіб похилого віку з ОА [37, 38].

Огляд S. Balogun та співавт. [39] демонструє, що СПО частіше діагностують у пацієнтів із двостороннім ОА колінного суглоба порівняно з одностороннім. Крім того, хворі зі СПО частіше скаржились на біль, ніж пацієнти із СП без ОЖ, проте між хворими з СПО та ОЖ без СП значущої різниці в інтенсивності болю авторами не зафіксовано.

Дослідження NHANES [40] виявило, що в пацієнтів із СПО спостерігається вища частота ОА (23,4 %), а також супутніх захворювань, таких як артеріальна гіпертензія (47,8 %) та ЦД 2 (12,0 %) порівняно з пацієнтами незалежно від наявності СП та ОЖ. Крім того, у них спостерігались підвищені сироваткові рівні тригліцеридів (ТГ), холестерину, глюкози, сечовини, креатиніну та сечової кислоти. Багатофакторний аналіз показав, що індекс ТГ може бути використаний для прогнозування ризику ОА в хворих із СПО [40].

Нещодавно проаналізовано зв'язок між ОА, СПО і ОЖ без СП у 4 362 жінок постменопаузального віку. Авторами виявлено, що СПО асоціюється з підвищеним ризиком ОА (61,49 проти 41,54 % в осіб без СП та ОЖ,  $p < 0,001$ ) та більш вираженим больовим синдромом (39,11 проти 27,55 %;  $p < 0,001$ ). Пацієнти зі СПО мали на 20 % сильніший зв'язок з ОА та на 11 % частіше скаржилися на біль у колінному суглобі порівняно з особами без захворювань ОРС. Крім того, хворі зі СПО частіше потребували ендопротезування суглобів [41].

Підвищену потребу тотального ЕКС в осіб з СПО та ОА демонструють і результати інших досліджень [42]. Крім того, незбалансоване харчування та недостатній рівень споживання поживних речовин є факторами, які сприяють розвитку СП, фізичної слабкості та можуть негативно впливати на результати ЕКС. У ретроспективному когортному дослідженні за участю 587 осіб віком 60 років і старше вивчали вплив СПО та супутніх чинників на відновлення амплітуди рухів після тотального ЕКС. Пацієнти були розподілені на три групи: з СПО, ОЖ та без нього. Амплітуду рухів згинання у колінному суглобі вимірювали до та після ЕКС. Пацієнти з ОЖ і СПО мали вищу ймовірність незадовільного відновлення порівняно з групою без ОЖ (для двох груп  $p < 0,001$ ). Група пацієнтів із СПО мала найвищий ризик післяопераційних ускладнень у вигляді низької амплітуди рухів (скориговане відношення ризиків  $BP = 1,63$ ;  $p = 0,03$ ) [43].

На сьогодні існує декілька механізмів, які пов'язують ОА та СПО. Перший передбачає взаємодію запальних, біомеханічних і метаболічних факторів. Накопичення жирової тканини навколо м'язової призводить до збільшення концентрації прозапальних цитокінів, які, у свою чергу, прискорюють втрату ММ, що спричинює розвиток нестабільності суглобів, посилення болю та прогресування симптомів ОА. Однофакторний логістичний регресійний аналіз виявив, що СПО (ВШ = 6,68; 95 % ДІ: 4,70–9,49;  $p < 0,001$ ) та індекс ТГ (ВШ = 1,46; 95 % ДІ: 1,34–1,59;  $p < 0,001$ ) є значущими незалежними факторами розвитку ОА. Крім того, аналіз показав, що старший вік (ВШ = 3,12; 95 % ДІ: 2,65–3,68,  $p < 0,001$ ), жіноча стать (ВШ = 1,87; 95 % ДІ: 1,58–2,20;  $p < 0,001$ ), високий ІМТ (ВШ = 1,04; 95 % ДІ: 1,02–1,06;  $p < 0,001$ ), артеріальна гіпертензія (ВШ = 2,16; 95 % ДІ: 1,85–2,52;  $p < 0,001$ ), ЦД 2 (ВШ = 1,92; 95 % ДІ: 1,58–2,33;  $p < 0,001$ ) та куріння на момент обстеження (ВШ = 1,37; 95 % ДІ: 1,16–1,62;

$p < 0,001$ ) також були достовірними факторами ризику розвитку ОА [40].

Літературні дані свідчать про те, що зниження АЗМ у поєднанні зі збільшенням ЖМ сприяє підвищенню навантаження на суглоби, розвитку хронічного запалення та дегенеративно-дистрофічним змінам у хрящовій тканині. У дослідженні J. N. Chopp-Hurley та співавт. [44] проаналізували особливості харчування та фізичної активності в осіб із різними формами ОА і виявили, що низька фізична активність і недостатнє споживання клітковини асоціювалось із підвищеним ризиком СПО, хоча вони не були пов'язані зі загальною масою тіла. Ураховуючи, що дієтичні втручання продемонстрували одночасне зниження як АЗМ, так і ЖМ, отримані результати підкреслюють важливість аналізу тілобудови, а не лише маси тіла для визначення ефективності дієти та фізичної активності за ОА. Разом із цим, інтенсивні вправи у воді з опором за ОА зменшували ЖМ і сприяли покращенню швидкості ходьби після 4-місячного періоду втручання.

Підсумовуючи зазначене: сучасні дані літературних джерел свідчать про те, що зниження ММ у поєднанні зі збільшенням ЖМ призводить до підвищеного навантаження на суглоби, розвитку хронічних запальних процесів та прискорення дегенеративно-дистрофічних змін у хрящовій тканині. Отримані результати демонструють, що пацієнти з СПО мають більш виражені симптоми ОА, частіше потребують ЕКС та гірше відновлюються після хірургічного втручання.

#### *Остеоартрит і синдром дисмобільності*

СД — стан, який об'єднує кілька факторів, що спричиняють функціональні порушення та підвищують ризик розвитку ускладнень зі сторони ОРА, включаючи: остеопороз (ОП), СП та СПО. Уперше цей термін запропоновано професором N. Binkley та його колегами у 2013 році, які визначили СД як наявність в особі трьох чи більше з наступних шести критеріїв: 1) мінеральна щільність кісткової тканини (МЩКТ) поперекового відділу хребта, шийки стегнової кістки чи проксимального відділу стегнової кістки  $\leq -2,5$  стандартних відхилень; 2)  $IMSM \leq 7,26$  кг/м<sup>2</sup> у чоловіків та 5,45 у жінок; 3) вміст ЖМ тіла  $> 30$  % у чоловіків та  $> 40$  у жінок; 4) швидкість ходьби  $< 1$  м/с; 5) м'язова сила кистей (динамометрія)  $< 30$  кг у чоловіків і  $< 20$  у жінок; 6) наявність одного чи більше падінь за останні 12 міс. Ці критерії дозволяють комплексно оцінити стан пацієнта та виявити ризики, пов'язані з СД. Такий підхід не є новим, використання комбінації

факторів, пов'язаних із несприятливими наслідками для здоров'я, широко прийняте в клінічній практиці, наприклад, у випадку метаболічного синдрому [38, 45, 46].

Поширеність СД за даними різних авторів становить від 3,9 до 54,1 % [37, 46–48]. Водночас виявлено, що в міського населення цей показник є вищим порівняно зі сільськими жителями (31,6 проти 27,9 % відповідно). Аналогічна тенденція зафіксована і щодо коморбідної патології у вигляді поєднання СП та СД (32,6 у міській когорті проти 28,4 % у сільській) [49]. Фактори ризику розвитку СД: жіноча стать, похилий вік, наявність падінь і переломів в анамнезі, включаючи остеопоротичні переломи, СП, остеопенію та ОП, наявність хронічних захворювань, ОА, метаболічного синдрому чи його окремих компонентів (наприклад, ОЖ, артеріальної гіпертензії, дисліпідемії), низьку фізичну активність і надмірне вживання алкоголю. Ці чинники можуть взаємодіяти між собою, посилюючи ризик розвитку СД і пов'язаних із ним ускладнень [46, 48].

Недостатня фізична активність є одним із патогенетичних факторів розвитку СД. Так, у дослідженні за участю 375 осіб віком 60–97 років виявлено, що в недостатньо активних людей приблизно в 2 рази частіше виникає СД (95 % ДІ: 1,14–3,79;  $p < 0,05$ ), незалежно від ІМТ, куріння й етнічної приналежності [47].

У своїй праці N. Hong та співавт. [49] вивчали силу стрибка в жителів США та Південної Кореї, як предиктора СП, СД або ж їх комбінації. Стрибок із максимальною висотою був обраний для аналізу з подальшою реєстрацією його пікової потужності (добуток сили та швидкості стрибка) з поправкою на масу обстежених (співвідношення потужності стрибка до маси тіла, Вт/кг). Представники США частіше мали підвищену ЖМ порівняно з учасниками з Південної Кореї (46,3 проти 19,5 %,  $p < 0,001$ ), тоді як в останніх діагностували гірші показники швидкості ходи (43,7 проти 11,9 %,  $p < 0,001$ ) та ОП (26,3 проти 42,1 %,  $p < 0,001$ ). Цей аналіз зіставлених за віком та статтю осіб із двох когорт вказує на те, що значення стрибкової потужності менше ніж 19,0 Вт/кг у жінок і менше ніж 23,8 у чоловіків можуть бути використані як міжнародні межові показники для ідентифікації осіб із СП і СД. Низька потужність асоціювалася з підвищеним ризиком розвитку СП (ВШ = 4,07), СД (ВШ = 4,32) або комбінації СП і СД (ВШ = 4,67,  $p < 0,01$  для всіх показників) незалежно від віку, статі, зросту й етнічної приналежності.

У дослідженні M. M. Khaleghi та співавт. [48], які вивчали зв'язок між розподілом жирової тканини в різних частинах тіла та ймовірністю розвитку СД у 2 426 осіб віком понад 60 років, виявлено, що ЖМ і співвідношення ЖМ до АЗМ були достовірно пов'язані зі СД (ВШ = 1,04; 95 % ДІ: 1,02–1,05) та (ВШ = 3,42; 95 % ДІ: 1,95–5,99 відповідно). Накопичення ЖМ у межах тулуба також асоціювалось з розвитком СД, але мало слабший зв'язок (ВШ = 1,02; 95 % ДІ: 1,00–1,03) та ВШ = 2,45; (95 % ДІ: 1,36–4,39 відповідно). Не виявлено статистично значущого впливу куріння, надмірного вживання алкоголю та поширеності хронічних захворювань на розвиток СД, проте серед одружених осіб поширеність СД нижча ( $p < 0,001$ ). Крім того, доведено, що показники зросту, маси тіла, ІМТ, окружності ший, талії та стегон достовірно нижчі в осіб із СД порівняно з особами без СД. У цих пацієнтів також спостерігали достовірне зниження ММ тіла, АЗМ, а також МЩКТ на рівні поперекового відділу хребта та стегнової кістки. Крім того, особи з СД продемонстрували низький рівень фізичної активності (82,6 % вели малорухомий спосіб життя порівняно з 69,5 без СД), мали нижчі показники фізичної працездатності (8,84 проти 9,97 %), нижчу швидкість ходьби (0,71 проти 1,0 м/с) та м'язову силу за результатами кистьової динамометрії (17,64 проти 27,62 кг). Отримані результати свідчать про те, що скринінг розподілу ЖМ в осіб похилого віку може бути цінною стратегією для швидкої діагностики СД і менеджменту направлено на запобігання інвалідності та покращення якості їхнього життя [48].

У своїй праці W. Sun та співавт. [37] виявили, що особливості частотного індексу маси тіла (ЧІМТ), який розраховується на основі обчислення частоти автоколиваний людського тіла за даними тривимірної системи аналізу ходи та ІМТу пацієнтів віком 60–90 років із СД, який пов'язаний з якістю кісткової тканини, ризиком переломів, відсотком ЖМ в організмі, ІМСМ, силою м'язів кистей рук і швидкістю ходьби, ВШ та 95 % ДІ для ЧІМТ у групах без СД та СД становили 0,82 (0,74–0,90) відповідно. За результатами ROC-аналізу ЧІМТ мав прогностичну цінність для диференціації осіб без СД від пацієнтів із СД (AUC = 0,67;  $p < 0,05$ ), з оптимальним порогом для прогнозування 16,04 (чутливість = 0,48, специфічність = 0,77).

На сьогодні результати досліджень демонструють, що накопичення жирової тканини (особливо на нижніх кінцівках і тулубі), низька



фізична активність асоціюються з підвищеним ризиком СД у осіб похилого віку з ОА, тим самим посилюючи біль та обмеження рухливості. З іншого боку, ОА сприяє розвитку м'язової атрофії, яка у свою чергу прискорює прогресування СД.

Зважаючи на це, діагностика та лікування СД є важливими для запобігання падінь і переломів, особливо серед осіб старших вікових груп. Профілактичні заходи можуть включати фізичні вправи для зміцнення м'язів, контроль маси тіла, лікування ОП та інші стратегії, спрямовані на покращення мобільності та зниження ризику травматизму.

#### *Остеоартрит і синдром мальнутриції*

Синдром мальнутриції (СМ) — широке поняття, яке поєднує в собі як дефіцит поживних речовин, так і їх надлишок або дисбаланс надходження білків, вітамінів і мікроелементів. Поширеність СМ серед пацієнтів із захворюваннями ОРА варіює в межах 9–39 %, тоді як середній показник серед госпіталізованих хворих сягає 20–50 %. У хворих з ОА частота СМ становить до 69,5 % [50], водночас кожен 5 не отримує достатньої кількості поживних речовин для задоволення своїх енергетичних і білкових потреб. Поширеність СМ зростає з віком, а також зі збільшенням частоти коморбідних станів, зокрема ОА та СП [51, 52]. СМ корелює з підвищеним ризиком СП, збільшуючи її шанси майже у 3 рази (ВШ = 2,99; 95 % ДІ: 2,40–3,72) [6].

СМ є незалежним фактором ризику, який негативно впливає на клінічні результати лікування соматичних і хірургічних патологій, знижує якість життя, порушує функціональний стан організму й обмежує автономність пацієнтів. Крім того, він є достовірним і модифікованим предиктором післяопераційних ускладнень та несприятливих наслідків в ортопедичній практиці. СМ є загально відомою причиною збільшення тривалості перебування в лікарні та смертності [50–52].

Аналіз літератури демонструє різноманітність підходів до діагностики та підтвердження СМ, зокрема антропометричні (окружність середини плеча та гомілки, ІМТ) лабораторні (кількість лейкоцитів, рівень гемоглобіну, загального білка, альбуміну, трансферину) показники, а також стандартизовані шкали оцінки харчового статусу [50, 53, 54]. Оцінювання кожного вищезгаданого пункту здійснюється за шкалою від 0 до 3 балів, при цьому вік > 70 років вважається додатковим фактором ризику (+1 бал). Загальна сума  $\geq 3$  свідчить про підвищений ризик СМ. Концентрація

альбуміну < 3,5 г/дл часто розглядається як ключовий маркер СМ і в деяких дослідженнях визнається як «золотий стандарт». [50, 53].

У пацієнтів похилого віку білкова недостатність спричиняє зниження рівня інсуліноподібного фактора росту 1 (ІФР-1), основного анаболічного регулятора хрящового гомеостазу, що сприяє розвитку ОА. В експериментальному дослідженні на щурах вивчали вплив ізокалорійної низькобілкової дієти (ІНБД) на хрящ і субхондральну кістку. За допомогою мікрокомп'ютерної томографії аналізували морфометричні параметри трабекулярної та кіркової субхондральної кістки, товщину гіалінового та кальцинованого хряща, а також вміст протеогліканів. Через 2 місяці дослідження у групі ІНБД спостерігали зниження рівня ІФР-1 на 18 % ( $p < 0,001$ ). Маса трабекулярної субхондральної кістки зменшилася на 10 % ( $p < 0,01$ ), а товщина кіркової пластинки субхондральної кістки медіального виростка — на 12 % ( $p < 0,05$ ). Виявлено погіршення біомеханічних властивостей гіалінового хряща (сили, еластичності й робочої енергії), які зменшилися на 47, 58 та 41 %, відповідно ( $p < 0,01$ ). Не було зафіксовано змін у вмісті протеогліканів. Така картина деградації хряща схожа на ту, що спостерігаються на ранніх стадіях ОА [55].

Відомо, що СМ погіршує перебіг ОА та сповільнює відновлення після хірургічних втручань із приводу ЕКС. Зокрема, недостатнє споживання білків (менше 1,2–1,5 г/кг маси тіла) та низька енергетична цінність раціону (менше 27–30 ккал/кг маси тіла) корелює з нижчими показниками рухової активності пацієнтів за результатами опитувальника Hip disability and osteoarthritis outcome score (HOOS) та короткої форми опитування про здоров'я (SF-12) після ендопротезування кульшового суглоба, а дотримання середземноморської дієти пов'язане з кращим функціональним станом суглобів і вищим показниками гемоглобіну ( $p < 0,05$ ) [56].

Відповідно до результатів систематичних оглядів і метааналізів, у пацієнтів з СМ, яким проводили ЕКС, зокрема і з приводу ОА колінного чи кульшового суглобів, спостерігали загальне збільшення кількості ускладнень на 93 %, включаючи: збільшення тривалості перебування в стаціонарі (за даними різних авторів від 0,3 до 1,7 діб), повторних госпіталізацій, підвищений ризик післяопераційних ускладнень, зокрема сепсису (ВШ = 2,13; 95 % ДІ: 1,29–3,51;  $p = 0,03$ ) та гострих післяопераційних інфекцій (ВШ = 5,9; 95 % ДІ: 1,32–26,06;  $p = 0,02$ ) [50, 57, 58]

Проаналізовані джерела свідчать про наявність тісного взаємозв'язку між СМ та ОА. Недостатність білка в раціоні, а також його знижена калорійність збільшує ризик СП більше, ніж на 30 %, яка, в свою чергу, прискорює прогресування ОА за рахунок зниження ММ. У пацієнтів з комбінацією ОА та СМ виявлено повільніше відновлення після хірургічних втручань і вищий ризик розвитку ускладнень. З огляду на зазначені спільні патофізіологічні механізми, важливим є необхідність комплексного підходу до діагностики, лікування та профілактики СМ та ОА.

## Висновки

ОА є серйозною медико-соціальною проблемою, яка погіршує якість життя пацієнтів, впливаючи не лише на стан суглобів, а й тісно пов'язана з іншими геріатричними синдромами, такими як СП, СПО, СД і СМ. Зниження м'язової маси разом зі збільшенням жирової тканини сприяють прискоренню дегенеративних змін у хрящовій тканині, прогресуванню запалення та порушенню біомеханіки руху. Недостатня фізична активність і нераціональне харчування підвищують ризик розвитку СП, СД та СМ, які, у свою чергу, ускладнюють перебіг ОА. Проведений аналіз літератури продемонстрував двонаправлені механізми взаємодії між цими станами, що підкреслює важливість ранньої діагностики та мультидисциплінарного підходу до комбінації геріатричних синдромів.

**Конфлікт інтересів.** Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

**Перспективи подальших досліджень.** Проведення проспективних когортних досліджень з метою визначення в українській популяції частоти саркопенії, саркопенічного ожиріння, синдрому дисмобільності та мальнутриції — як в ізольованому вигляді, так і в поєднанні з остеоартритом різних локалізацій. Крім того, актуальним є завдання розробки та валідації комплексних скринінгових алгоритмів, що поєднують клінічну оцінку симптомів ОА з виявленням ознак вищезазначених геріатричних синдромів.

**Інформація про фінансування.** Публікація є фрагментом НДР відділу клінічної фізіології та патології опорно-рухового апарата, ДУ «Інститут геронтології ім. Д. Ф. Чеботарьова НАМН України» (м. Київ), що фінансується за рахунок коштів державного бюджету «Розробка системи алгоритмів геріатричної діагностики та пацієнт-орієнтованого лікування домінуючих геріатричних синдромів асоційованих із вік-залежною патологією за умов воєнного і післявоєнного соціально-демографічного зсуву», № держреєстрації УкрІНТЕІ 0123U103619) (01.01.2024–31.12.2026 р.).

**Внесок авторів.** Інюшина А. В. — аналіз літературних джерел, написання тексту; Заверуха Н. В. — аналіз літературних джерел, написання тексту; Григор'єва Н. В. — концепція дослідження, корекція тексту; Процюк О. В. — корекція тексту.

## Список літератури

1. Courties, A., Kouki, I., Soliman, N., Mathieu, S., & Sellam, J. (2024). Osteoarthritis year in review 2024: Epidemiology and therapy. *Osteoarthritis and cartilage*, 32(11), 1397–1404. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2024.07.014>
2. Carlesso, L. C., Hawker, G. A., Waugh, E. J., & Davis, A. M. (2016). Disease-specific pain and function predict future pain impact in hip and knee osteoarthritis. *Clinical rheumatology*, 35(12), 2999–3005. <https://doi.org/10.1007/s10067-016-3401-z>
3. Spanoudaki, M., Giaginis, C., Mentzelou, M., Bisbinas, A., Solovos, E., Papadopoulos, K., Paliokas, I., Zidrou, C., Cheimaras, A., Hassapidou, M., Papadopoulos, A. N., & Papadopoulou, S. K. (2023). Sarcopenia and Sarcopenic obesity and osteoarthritis: A discussion among muscles, fat, bones, and aging. *Life*, 13(6), 1242. <https://doi.org/10.3390/life13061242>
4. Vina, E. R., & Kwok, C. K. (2018). Epidemiology of osteoarthritis: Literature update. *Current opinion in rheumatology*, 30(2), 160–167. <https://doi.org/10.1097/bor.0000000000000479>
5. Cruz-Jentoft, A. J., Bahat, G., Bauer, J., Boirie, Y., Bruyère, O., Cederholm, T., Cooper, C., Landi, F., Rolland, Y., Sayer, A. A., Schneider, S. M., Sieber, C. C., Topinkova, E., Vandewoude, M., Visser, M., & Zamboni, M. (2019). Sarcopenia: Revised European consensus on definition and diagnosis. *Age and ageing*, 48(4), 600–601. <https://doi.org/10.1093/ageing/afz046>
6. Gao, Q., Hu, K., Yan, C., Zhao, B., Mei, F., Chen, F., Zhao, L., Shang, Y., Ma, Y., & Ma, B. (2021). Associated factors of Sarcopenia in community-dwelling older adults: A systematic review and meta-analysis. *Nutrients*, 13(12), 4291. <https://doi.org/10.3390/nu13124291>
7. Lovett, M., Negm, A., Ioannidis, G., Petrucelli, D., Winemaker, M., Adachi, J. D., & Papaioannou, A. (2021). Identifying patients with osteoarthritis at risk of Sarcopenia using the SARC-F. *Canadian geriatrics journal*, 24(1), 1–7. <https://doi.org/10.5770/cgj.24.479>
8. Pegreffi, F., Balestra, A., De Lucia, O., Smith, L., Barbagallo, M., & Veronese, N. (2023). Prevalence of Sarcopenia in knee osteoarthritis: A systematic review and meta-analysis. *Journal of clinical medicine*, 12(4), 1532. <https://doi.org/10.3390/jcm12041532>
9. Gao, J., Yesihati, M., Cheng, H., Li, T., Ding, R., & Wang, W. (2024). Association of sarcopenia and its prognostic value in symptomatic knee osteoarthritis among older people in China: The first longitudinal evidence from CHARLS. *BMC Geriatrics*, 24(1). <https://doi.org/10.1186/s12877-024-05556-3>
10. Tsukamoto, H., Saito, H., Saito, K., Yoshikawa, T., Oba, M., Sasaki, K., Sato, C., Akagawa, M., Takahashi, Y., Miyakoshi, N., & Shimada, Y. (2020). Radiographic deformities of the lower extremity in patients with spontaneous osteonecrosis of the knee. *The Knee*, 27(3), 838–845. <https://doi.org/10.1016/j.knee.2020.04.007>
11. Zhang, L., Zhang, C., Zhang, J., Liu, A., Wang, P., & Xu, J. (2023). A bidirectional mendelian randomization study of sarcopenia-related traits and knee osteoarthritis. *Clinical interventions in aging*, 18, 1577–1586. <https://doi.org/10.2147/cia.s424633>
12. Jin, Z., Wang, R., Jin, L., Wan, L., & Li, Y. (2024). Causal relationship between sarcopenia with osteoarthritis and the mediating role of obesity: A univariate, multivariate, two-step mendelian randomization study. *BMC Geriatrics*, 24(1). <https://doi.org/10.1186/s12877-024-05098-8>
13. Peng, P., Wu, J., Fang, W., Tian, J., He, M., Xiao, F., Lin, K., Xu, X., He, W., Liu, W., & Wei, Q. (2024). Association between sarcopenia and osteoarthritis among the US adults: A cross-sectional study. *Scientific reports*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-50528-z>
14. Xu, J., She, G., Gui, T., Hou, H., Li, J., Chen, Y., & Zha, Z. (2020). Knee muscle atrophy is a risk factor for development

- of knee osteoarthritis in a rat model. *Journal of orthopaedic translation*, 22, 67–72. <https://doi.org/10.1016/j.jot.2019.10.003>
15. Chen, Y., Sun, Y., Pan, X., Ho, K., & Li, G. (2015). Joint distraction attenuates osteoarthritis by reducing secondary inflammation, cartilage degeneration and subchondral bone aberrant change. *Osteoarthritis and cartilage*, 23(10), 1728–1735. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2015.05.018>
  16. Chang, J. S., Kim, T. H., Nguyen, T. T., Park, K., Kim, N., & Kong, I. D. (2017). Circulating irisin levels as a predictive biomarker for sarcopenia: A cross-sectional community-based study. *Geriatrics & gerontology international*, 17(11), 2266–2273. <https://doi.org/10.1111/ggi.13030>
  17. Wang, Y., Zheng, S., Jiang, S., Luo, Y., Wu, Y., Naranmandakh, S., Li, Y., Liu, S., & Xiao, W. (2024). Irisin in degenerative musculoskeletal diseases: Functions in system and potential in therapy. *Pharmacological research*, 210, 107480. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2024.107480>
  18. Lawongsa, K., & Tepakorn, J. (2024). Sarcopenia prevalence and risk factors among older adults in Bangkok, Thailand: A cross-sectional study. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.63483>
  19. Yang, J., Liu, P., Wang, S., Jiang, T., Zhang, Y., & Liu, W. (2023). Causal relationship between sarcopenia and osteoarthritis: A Bi-directional two-sample mendelian randomized study. *European journal of medical research*, 28(1). <https://doi.org/10.1186/s40001-023-01322-0>
  20. Jia, X., Deng, T., Su, H., Shi, H., Qin, H., Yu, G., Yin, Y., Liu, F., & Shi, B. (2024). Genetic causality and site-specific relationship between sarcopenia and osteoarthritis: A bidirectional mendelian randomization study. *Frontiers in genetics*, 14. <https://doi.org/10.3389/fgene.2023.1340245>
  21. Chen, S., Han, H., Jin, J., Zhou, G., & Li, Z. (2023). Osteoarthritis and sarcopenia-related traits: The cross-sectional study from NHANES 2011–2014 and mendelian randomization study. *Journal of orthopaedic surgery and research*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/s13018-023-03960-w>
  22. Pan, F., Tian, J., Scott, D., Cicuttini, F., & Jones, G. (2021). Muscle function, quality, and relative mass are associated with knee pain trajectory over 10.7 years. *Pain*, 163(3), 518–525. <https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000002383>
  23. Tong, B., Chen, H., Wang, M., Liu, P., Wang, C., Zeng, W., Li, D., & Shang, S. (2024). Association of body composition and physical activity with pain and function in knee osteoarthritis patients: A cross-sectional study. *BMJ open*, 14(1), e076043. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2023-076043>
  24. Papadopoulou, S. (2020). Sarcopenia: A contemporary health problem among older adult populations. *Nutrients*, 12(5), 1293. <https://doi.org/10.3390/nut12051293>
  25. Iijima, H., & Aoyama, T. (2021). Increased recurrent falls experience in older adults with coexisting of sarcopenia and knee osteoarthritis: A cross-sectional study. *BMC Geriatrics*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/s12877-021-02654-4>
  26. Lim, W. S., Cheong, C., Lim, J., Tan, M., Chia, J., Malik, N., & Tay, L. (2022). Singapore clinical practice guidelines for Sarcopenia: Screening, diagnosis, management and prevention. *The Journal of frailty & aging*, 11(4), 348–369. <https://doi.org/10.14283/jfa.2022.59>
  27. Vella, C. A., Cushman, M., Van Hollebeke, R. B., & Allison, M. A. (2018). Associations of abdominal muscle area and Radiodensity with Adiponectin and Leptin: The multiethnic study of atherosclerosis. *Obesity*, 26(7), 1234–1241. <https://doi.org/10.1002/oby.22208>
  28. Kao, T., Peng, T., Chen, W., Han, D., Chen, C., & Yang, W. (2021). Impact of adiposity on muscle function and clinical events among elders with dynapenia, presarcopenia and sarcopenia: A community-based cross-sectional study. *Aging*, 13(5), 7247–7258. <https://doi.org/10.18632/aging.202581>
  29. Basat, S. (2021). The relationship between osteoarthritis and Sarcopenia in geriatric diabetic patients. SiSli Etfal Hastanesi Tip Bulteni / *The medical bulletin of sisli hospital*. <https://doi.org/10.14744/semb.2021.42890>
  30. Wu, Q., Xu, Z., Huang, W., Qi, X., Wu, J., Du, J., & Kan, J. (2024). Effect of high plant protein/peptide nutrition supplementation on knee osteoarthritis in older adults with sarcopenia: A randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Clinical nutrition*, 43(9), 2177–2185. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2024.07.037>
  31. Park, H. M., Kim, H. J., Lee, B., Kwon, M., Jung, S. M., Lee, S., Park, Y., & Song, J. J. (2017). Decreased muscle mass is independently associated with knee pain in female patients with radiographically mild osteoarthritis: A nationwide cross-sectional study (KNHANES 2010–2011). *Clinical rheumatology*, 37(5), 1333–1340. <https://doi.org/10.1007/s10067-017-3942-9>
  32. Grygorieva, N., Bystrytska, M., & Musienko, A. (2023). Sarcopenic obesity: Epidemiology and cut-off values in the Ukrainian population. *Fiziolohichnyi zhurnal*, 69(4), 65–73. <https://doi.org/10.15407/fz69.04.065>
  33. Prado, C. M., Batsis, J. A., Donini, L. M., Gonzalez, M. C., & Siervo, M. (2024). Sarcopenic obesity in older adults: A clinical overview. *Nature reviews endocrinology*, 20(5), 261–277. <https://doi.org/10.1038/s41574-023-00943-z>
  34. Wei, S., Nguyen, T. T., Zhang, Y., Ryu, D., & Gariani, K. (2023). Sarcopenic obesity: Epidemiology, pathophysiology, cardiovascular disease, mortality, and management. *Frontiers in endocrinology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1185221>
  35. Park, J. Y., Chung, Y., Song, J., Kim, C., Lee, H., Son, Y., Shin, I., Park, J. H., & Kim, M. (2023). Body composition and bone mineral density in postmenopausal women with advanced knee osteoarthritis undergoing surgical treatment. *Journal of Menopausal medicine*, 29(2), 51. <https://doi.org/10.6118/jmm.23018>
  36. Wu, Q., Xu, Z., Ma, X., Li, J., Du, J., Ji, J., Ling, X., Kan, J., & Zhao, M. (2024). Association of low muscle mass index and sarcopenic obesity with knee osteoarthritis: A systematic review and meta-analysis. *Journal of the international society of sports nutrition*, 21(1). <https://doi.org/10.1080/15502783.2024.2352393>
  37. Sun, W., Wang, P., & Zhao, Y. (2024). The characteristics of the body mass frequency index in dysmobility syndrome: A pilot study. *Experimental gerontology*, 191, 112414. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2024.112414>
  38. Binkley, N., Krueger, D., & Buehring, B. (2013). What's in a name revisited: Should osteoporosis and sarcopenia be considered components of "dysmobility syndrome?" *Osteoporosis international*, 24(12), 2955–2959. <https://doi.org/10.1007/s00198-013-2427->
  39. Balogun, S., Scott, D., & Aitken, D. (2024). Association between sarcopenic obesity and knee osteoarthritis: A narrative review. *Osteoarthritis and cartilage open*, 6(3), 100489. <https://doi.org/10.1016/j.ocarto.2024.100489>
  40. Li, Z., Yin, S., Zhao, G., & Cao, X. (2024). Association between sarcopenic obesity and osteoarthritis: The potential mediating role of insulin resistance. *Experimental gerontology*, 197, 112611. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2024.112611>
  41. Kim, H. I., Ahn, S. H., Kim, Y., Lee, J. E., Choi, E., & Seo, S. K. (2022). Effects of sarcopenia and sarcopenic obesity on joint pain and degenerative osteoarthritis in postmenopausal women. *Scientific reports*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-17451-1>
  42. Liao, J., Chen, J., Xu, W., Chen, J., Liang, X., Cheng, Q., Tang, Y., & Huang, W. (2023). Prevalence and associations of sarcopenia, obesity and sarcopenic obesity in end-stage knee osteoarthritis patients. *Journal of Health, Population and nutrition*, 42(1). <https://doi.org/10.1186/s41043-023-00438-7>
  43. Liao, C., Huang, S., Huang, Y., & Lin, C. (2021). Effects of Sarcopenic obesity and its confounders on knee range



- of motion outcome after total knee replacement in older adults with knee osteoarthritis: A retrospective study. *Nutrients*, 13(11), 3817. <https://doi.org/10.3390/nu13113817>
44. Chopp-Hurley, J. N., Wiebenga, E. G., Keller, H. H., & Maly, M. R. (2022). Nutrition risk, physical activity and fibre intake are associated with body composition in OA: Analysis of the Canadian longitudinal study on aging. *BMJ Nutrition, Prevention & Health*, 5(2), 191–200. <https://doi.org/10.1136/bmjnp-2021-000319>
  45. Cunha, J. E., Barbosa, G. M., Castro, P. A., Luiz, B. L., Silva, A. C., Russo, T. L., Vasilceac, F. A., Cunha, T. M., Cunha, F. Q., & Salvini, T. F. (2019). Knee osteoarthritis induces atrophy and neuromuscular Junction remodeling in the quadriceps and tibialis anterior muscles of rats. *Scientific reports*, 9(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-42546-7>
  46. Lee, W., Liu, L., Hwang, A., Peng, L., Lin, M., & Chen, L. (2017). Dismobility syndrome and risk of mortality for community-dwelling middle-aged and older adults: The nexus of aging and body composition. *Scientific reports*, 7(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-09366-z>
  47. Santos, V. R., Diniz, T. A., Batista, V. C., Freitas, I. F., & Gobbo, L. A. (2019). Practice of physical activity and dysmobility syndrome in community-dwelling older adults. *Journal of exercise rehabilitation*, 15(2), 294–301. <https://doi.org/10.12965/jer.1938034.017>
  48. Khaleghi, M. M., Jamshidi, A., Afrashteh, S., Emamat, H., Farhadi, A., Nabipour, I., Jalaliyan, Z., Malekizadeh, H., & Larijani, B. (2023). The association of body composition and fat distribution with hypertension in community-dwelling older adults: The Bushehr elderly health (BEH) program. *BMC public health*, 23(1). <https://doi.org/10.1186/s12889-023-16950-8>
  49. Hong, N., Siglinsky, E., Krueger, D., White, R., Kim, C. O., Kim, H. C., Yeom, Y., Binkley, N., Rhee, Y., & Buehring, B. (2020). Defining an international cut-off of two-legged counter-movement Jump power for sarcopenia and dysmobility syndrome. *Osteoporosis international*, 32(3), 483–493. <https://doi.org/10.1007/s00198-020-05591-x>
  50. Maheshwari, V., Choudhury, A. K., Yadav, R., Dhingra, M., Kant, R., & Kalia, R. B. (2024). Prevalence of poor nutrition in knee osteoarthritis patients: A hospital-based cohort study in Indian population. *Indian journal of orthopaedics*, 58(3), 298–307. <https://doi.org/10.1007/s43465-023-01090-3>
  51. Pes, M., Pulino, A., Pisanu, F., & Manunta, A. F. (2023). Why malnutrition in orthopaedic elective patient is still an issue? A recent review of the literature. *European journal of orthopaedic surgery & traumatology*, 33(8), 3723–3727. <https://doi.org/10.1007/s00590-023-03593-z>
  52. Reber, E., Gomes, F., Vasiloglou, M. F., Schuetz, P., & Stanga, Z. (2019). Nutritional risk screening and assessment. *Journal of clinical medicine*, 8(7), 1065. <https://doi.org/10.3390/jcm8071065>
  53. Man, S. L., Chau, W., Chung, K., & Ho, K. K. (2020). Hypoalbuminemia and obesity class II are reliable predictors of Peri-prosthetic joint infection in patient undergoing elective total knee arthroplasty. *Knee surgery & related research*, 32(1). <https://doi.org/10.1186/s43019-020-00040-9>
  54. Rao, S. S., Chaudhry, Y. P., Solano, M. A., Sterling, R. S., Oni, J. K., & Khanuja, H. S. (2020). Routine preoperative nutritional screening in all primary total joint arthroplasty patients has little utility. *The journal of arthroplasty*, 35(12), 3505–3511. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2020.06.073>
  55. Ammann, P., & Lavet, C. (2017). Protein malnutrition affects cartilage quality and could contribute to osteoarthritis development. *Innovation in aging*, 1(suppl\_1), 358–359. <https://doi.org/10.1093/geroni/igx004.1308>
  56. Briguglio, M., Sirtori, P., Mangiavini, L., Buzzi, S., Cordani, C., Zerni, M. F., Wainwright, T. W., Ursino, N., Peretti, G. M., & Banfi, G. (2023). How do older patients with end-stage osteoarthritis of the hip eat prior to hip replacement? A preliminary snapshot that highlights a poor diet. *Nutrients*, 15(23), 4868. <https://doi.org/10.3390/nu1523486>
  57. Mbagwu, C., Sloan, M., Neuwirth, A. L., Charette, R. S., Baldwin, K. D., Kamath, A. F., Mason, B. S., & Nelson, C. L. (2020). Preoperative albumin, transferrin, and total lymphocyte count as risk markers for postoperative complications after total joint arthroplasty: A systematic review. *JAAOS: Global research and reviews*, 4(9), e19.00057. <https://doi.org/10.5435/jaaosglobal-d-19-00057>
  58. Yi, P. H., Frank, R. M., Vann, E., Sonn, K. A., Moric, M., & Della Valle, C. J. (2015). Is potential malnutrition associated with septic failure and acute infection after revision total joint arthroplasty? *Clinical orthopaedics & related research*, 473(1), 175–182. <https://doi.org/10.1007/s11999-014-3685-8>

|                                           |                                           |                                 |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------|
| Стаття надійшла до редакції<br>22.04.2025 | Отримано після рецензування<br>30.04.2025 | Прийнято до друку<br>01.05.2025 |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------|

## OSTEOARTHRITIS AND GERIATRIC SYNDROMES: FEATURES OF THE RELATIONSHIP AND MANAGEMENT OPPORTUNITIES (LITERATURE REVIEW)

A. V. Iniushyna <sup>1</sup>, N. V. Zaverukha <sup>1,2</sup>, N. V. Grygorieva <sup>1</sup>, O. V. Protsiuk <sup>2</sup>

<sup>1</sup> State Institution «D. F. Chebotarev Institute of Gerontology of the NAMS Ukraine», Kyiv

<sup>2</sup> Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv

✉ Alina Iniushyna: iniushina@ukr.net; <https://orcid.org/0009-0005-0435-7343>

✉ Nataliia Zaverukha: nataliyahryb@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-0181-2794>

✉ Nataliia Grygorieva, MD, Prof.: crystal\_ng@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0002-4266-461X>

✉ Olha Protsiuk, MD, Prof.: med@nuozu.edu.ua; <https://orcid.org/0000-0002-5038-3375>

## ХРОНІКА

УДК 617.3(477)(047.1)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-598720252110>

### Актуальні питання сучасної травматології та ортопедії

11 квітня 2025 року в Запоріжжі відбулася науково-практична конференція «Актуальні питання сучасної травматології та ортопедії», організована Запорізьким державним медико-фармацевтичним університетом спільно з ГО «Запорізька обласна асоціація ортопедів-травматологів».

Професор Головаха Максим Леонідович, голова ГО «Запорізька обласна асоціація ортопедів-травматологів», відкрив конференцію, підкресливши важливість обміну досвідом у складних умовах сьогодення.

Костогриз Олег Анатолійович (м. Київ) у своїй доповіді «Шов менісків» ознайомив учасників із сучасними знаннями про анатомію менісків, особливості їх ушкодження, а також із техніками швів і їхньою ефективністю.

Особливості оцінювання повсякденного функціонування осіб із патологіями опорно-рухової системи висвітлив Бондарук Дмитро Олександрович (м. Дніпро). Він дослідив методики аналізу функціонального стану пацієнтів із травмами опорно-рухової системи з урахуванням змін в експертній оцінці функціонування.

Цікавим досвідом поділився Мамет'єв Андрій Олександрович (м. Дніпро). У доповіді «Реконструктивно-відновлювальна хірургія кисті» він навівав особливості проведення таких операцій на кисті в разі бойових травм.

Кожем'яка Максим Олександрович (м. Запоріжжя) доповів про «Комплексний підхід до фармакологічної підтримки пацієнтів із травмами та захворюваннями опорно-рухової системи», а також розглянув сучасні фармакологічні стратегії для підтримки таких хворих.



Рисунок. Доповідачі

Досвідом заміщення дефектів кісток у разі бойових травм поділився Бойко Євген Михайлович (м. Запоріжжя). Він презентував цікаву інформацію щодо тактики та практичного застосування різних методик заміщення кісткових дефектів.

Герман Денис Олегович (м. Запоріжжя) у своїй доповіді проаналізував особливості діагностики та лікування турнікетного синдрому.

Упродовж доповідей тривала жвава дискусія, під час якої учасники обмінялися думками щодо наведених методик та їхнього застосування в сучасних умовах. Професор Головаха М. Л. подякував усім присутнім за активність і внесок у розвиток травматології (рисунок).

Конференція стала важливим майданчиком для професійного діалогу, обміну досвідом і вдосконалення підходів до лікування травматологічних та ортопедичних патологій. Учасники відзначили високу актуальність тематики, особливо в контексті роботи з бойовими травмами. Висловлюємо подяку всім доповідачам і слухачам за активну участь та плідну роботу.

**М. Л. Головаха**

УДК 617.3-051(477.63)Кал(092)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-598720252111>

## До 100-річчя професора Юрія Юлійовича Колонтая — пам'ять про вчителя (1925–2025)



8 травня 2025 р. виповнилось 100 років із дня народження Юрія Юлійовича Колонтая — ортопеда-травматолога, видатного вченого, фундатора української школи хірургії кисті та сухожильної алопластики, лауреата Державної премії України, заслуженого винахідника України, почесного голови Дніпропетровської обласної асоціації травматологів-ортопедів, завідувача кафедри ортопедії та травматології Дніпропетровської медичної академії (1970–1990), ветерана Другої світової війни, нагородженого 7 урядовими нагородами.

Юрій Юлійович народився 8 травня 1925 р. в селі Солоне, Дніпропетровської області, у сім'ї лікаря і з серпня 1941 р. почав трудову діяльність, працюючи санітаром в евакогоспіталі. У лютому 1943 р. його було призвано до лав армії і, після закінчення артилерійського училища, він брав участь у численних бойових операціях. У 19 років він став кавалером ордена Червоної Зірки.

У 1951 р., після закінчення Дніпропетровського медичного інституту (ДМІ), його направили у Харківський НДІ ортопедії і травматології ім. проф. М. І. Ситенка, де під керівництвом професора М. П. Новаченка він пройшов шлях від клінічного ординатора до старшого науко-

вого співробітника, головного лікаря. У 1957 р. успішно захистив кандидатську дисертацію «Пологові ушкодження плечового сплетення в новонароджених».

У серпні 1962 р. Ю. Ю. Колонтая обрано на посаду доцента кафедри травматології, ортопедії і військово-польової хірургії ДМІ, її завідувачем, пізніше його обирали протягом 20 років.

Значна хірургічна діяльність, наполегливість і цілеспрямованість дозволили вирішити низку проблем ортопедо-травматологічної практики й узагальнити свій досвід у докторській дисертації «Сухожильна гомопластика» (1968).

Професор був ученим із широким науковим діапазоном, опублікував більше 240 наукових праць, які мають велике теоретичне і практичне значення, 40 авторських свідоцтв на винаходи і 47 раціоналізаторських пропозицій.

У 1983 р. за редакцією Колонтая опубліковано монографію «Відкриті ушкодження кисті», а в 1997 р. — «Хірургія ушкодження кисті». Це перші і детальні посібники щодо цієї проблеми в Україні.

За ініціативою і за особистою участю Юрія Юлійовича в м. Дніпропетровськ у 1982 році відкрили перше в Україні спеціалізоване відділення хірургії кисті — міжобласний центр. Завдяки його наполегливості було відкрито міжобласний центр заготовки та консервації тканин. Професор приділяв постійну і значну увагу підготовці наукової зміни, під його керівництвом на кафедрі захищено 3 докторські і 10 кандидатських дисертацій.

Невпинно минає час, але справа, творчі задумки і наукові надбання Юрія Юлійовича продовжують жити, бо йому вдалося сформувати потужну наукову школу, напрацювати традиції, об'єднати своїх учнів-однодумців у дружню команду, яка з честю несе і творчо розвиває ідеї вчителя.

Щорічно в травневі дні за багаторічною традицією збираються на кладовищі численні учні, колеги, пацієнти Юрія Юлійовича Колонтая, щоб вшанувати світлу пам'ять людини, яка залишила в кожному частку своєї душі, любові та відданості професії.



## ЮВІЛЕЇ

УДК 617.3-051(477.63)Лос(092)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-598720252112-113>

## Олександр Євгенійович Лоскутов



26 травня 2025 р. виповнюється 75 років від дня народження та 52 роки лікарської, науково-педагогічної та громадської діяльності завідувача кафедри травматології та ортопедії Дніпровського державного медичного університету, академіка Національної академії медичних наук України, доктора медичних наук професора, заслуженого діяча науки та техніки України, лауреата Державної премії України Олександра Євгенійовича Лоскутова.

О. Є. Лоскутов народився 26 травня 1950 р. у м. Дніпродзержинськ. Після закінчення у 1973 р. Дніпропетровського медичного інституту (зараз ДДМУ) працював лікарем-травматологом, а з 1976 року вся його подальша науково-педагогічна, практична та громадська діяльність пов'язана з ДДМУ — асистент, доцент, професор, а з 1991 р. — завідувач кафедри травматології та ортопедії.

Коло наукових і практичних проблем Олександра Євгенійовича було і залишається дуже широким. У своїй кандидатській дисертації (1982) ювіляр розглянув одне з актуальних питань травматології — множинні переломи і переломових кісток стопи, а от проблеми лікування ускладнень і наслідків ушкоджень над'яtkово-гомiлкового суглоба досліджено в докторській (1991 р.). Він запропонував різні методики та технології реконструктивно-відновлювальних і стабілізувальних операцій цієї локалізації.

Істинно піонерським є проведене ним клініко-біомеханічне обґрунтування конструкції ендопротеза над'яtkово-гомiлкового суглоба, що дозволило вперше у світовій практиці виконати його успішне безцементне ендопротезування. Саме під час вирішення завдань ендопротезування цього суглоба були створені передумови для подальших розробок у галузі ендопротезування суглобів інших локалізацій. За ініціативи Лоскутова на базі обласної клінічної лікарні ім. І. І. Мечникова (м. Дніпро) в 1991 р. відкрито першу в Україні спеціалізовану клініку ендопротезування, а в 1996 р. засновано базисний курс, на якому навчалися більше ніж 350 ортопедів із різних регіонів України. Маючи колосальну працездатність і широкий спектр наукових інтересів та ідей, Олександр Євгенійович розробив і запропонував серію апаратів для безцементного остеосинтезу за умов патології кисті та стопи, удосконалив і обґрунтував оригінальні реконструктивно-відновлювальні операції в разі вад опорно-рухового апарата.

Понад 40 років ювіляр займається проблемою розвитку вітчизняного ендопротезування. Він є автором національної програми України з ендопротезування кульшового суглоба, розробив і впровадив у промислове виробництво та широку клінічну практику різноманітні конструкції модульних ендопротезів кульшового, плечового, ліктьового суглобів, кисті та стопи. Завдяки цим розробкам Україна стала 8 країною у світі, в якій освоєно виробництво власних ендопротезів. За значний внесок у розвиток проблеми ендопротезування Олександр Євгенійович у 1996 р. удостоєний Державної премії України, а у 1998 р. — звання заслуженого діяча науки і техніки України. За суттєвий внесок у розвиток інтеграції медицини та технічних наук у 2009 році О. Є. Лоскутова обрано почесним доктором ДНУ ім. Олеся Гончара, а у 2010 р. — заступником голови Ради Придніпровського наукового центру НАН України. У 2012 році Олександр Євгенійович — член-кореспондент, а у 2016 р. — академік НАМН України. Олександр Євгенійович виконує велику громадську роботу — член Президії асоціації ортопедів-травматологів України, голова Дніпропетровського обласного товариства ортопедів-травматологів.

О. Є. Лоскутов — відомий вчений, висококваліфікований ортопед-травматолог, володіє широким арсеналом сучасних консервативних та оперативних методів лікування хворих із захворюваннями та ушкодженнями опорно-рухового апарата. За його плечима понад 15 000 особисто виконаних операцій найбільшої складності. Визнанням міжнародного авторитету проф. О. Є. Лоскутова стало обрання його в 2008 р. почесним членом-кореспондентом товариства ортопедії та ортопедичної хірургії Німеччини, почесним професором низки вітчизняних і зарубіжних університетів.

Завдяки його міжнародному авторитету у 2009 році Україна була першою з пострадянських країн обрана до складу Європейської Федерації Асоціацій ортопедів-травматологів (EFORT), а О. Є. Лоскутова обрано Національним делегатом у цієї організації. Академік — висококваліфікований педагог-вихователь фахівців ортопедів-травматологів, у тому числі з різних країн світу (Палестина, Йорданія, Ліван, Сирія, Індія, Нігерія, Ангола, Судан, Китай).

Ювіляр є автором 646 наукових праць, 11 монографій та 39 патентів на винахід, 22 авторських свідоцтв. Під його керівництвом виконано 3 докторських і 22 кандидатських дисертації.

Величезною трагедією та серйозним випробуванням для всієї України стали військові дії на сході нашої країни. Колектив кафедри та клініки ортопедії та травматології обласної лікарні ім. І. І. Мечникова на чолі з академіком О. Є. Лоскутовим був задіяний у наданні допомоги постраждалим із зони бойових дій. Силами співробітників кафедри, лікарів клініки, інтернів, клінічних ординаторів було сформовано 11 мобільних травматологічних бригад із надання допомоги пораненим, сформовано центри в Києві, Павлограді, Дніпрі, Новомосковську. За ці роки в лікарні надано допомогу понад 3 000 пораненим, а у клініці ортопедії прооперовано понад 700 осіб. Починаючи з травня 2014 р. з ініціативи академіка, спільно зі суміжними та військовими фахівцями організовано та проведено численні науково-практичні конференції з організації допомоги за умов бойових ушкоджень. Також Лоскутовим і співробітниками кафедри розроблено стандарти матеріального забезпечення допомоги в разі вогнепальних переломів та інших бойових ушкоджень кінцівок, запроваджено тактику ВАК-терапії, органозбережних і реконструктивно-відновлювальних операцій.

За його ініціативи в травні 2014 р. відновлено викладання військово-польової хірургії на кафедрі для студентів 5 курсу та прочитано цикл лекцій для практикуючих лікарів, лікарів-інтернів із тематики бойової та мінно-вибухової травми.

Початок повномасштабної агресії в лютому 2022 року був переломним моментом у повсякденній праці Олександра Євгенійовича. Починаючи з цього часу вся його професійна і громадська діяльність направлена на пошуки шляхів надання та покращення допомоги постраждалим громадянам і воїнам збройних сил України. У період 2022–2023 років він особисто брав участь в організації та супроводженні гуманітарних конвоїв із Німеччини, Австрії, Польщі. Попередньо академіком проведено активну роботу, щодо залучення громадських організацій країн-партнерів за участі наших колег ортопедів.

У середині 2023 року незважаючи на складні матеріально-технічні умови академік О. Є. Лоскутов організував повну зміну локації основної бази кафедри травматології та ортопедії. У стислі строки вона отримала нове обличчя на базі університетської лікарні ДДМУ. Було збудовано нову інфраструктуру кафедри, проведено оновлення матеріально-технічної бази, ремонти навчальних приміщень.

Не зважаючи темпів, одночасно з цим Лоскутов продовжує активну практичну діяльність. Виконує оперативні втручання, консультує військових і цивільних громадян, налагоджує та підтримує зв'язки з закордонними колегами. Одним із напрямів цієї роботи було реалізовано в організації технічно-методичного забезпечення протезного заводу в Дніпропетровській області. У тісній праці з співробітниками цього підприємства налагоджено етапи виробництва сучасних протезів кінцівок.

Прикладом своєї щоденної праці, свого досвіду Олександр Євгенійович надає натхнення молодому поколінню лікарів-інтернів — майбутніх ортопедів-травматологів України.

Кафедра травматології та ортопедії, співробітники університетської лікарні, колеги та учні пишаються тим, що багато років працюють пліч-о-пліч із Олександром Євгенійовичем Лоскутовим — ученим, наукові ідеї якого знаходять продовження в дослідженнях його учнів і послідовників. Щиро вітаємо ювіляра, бажаємо міцного здоров'я, творчої наснаги, невичерпної енергії для нових наукових пошуків і перемог на благо нашої квітучої України!

*Асоціація ортопедів-травматологів України*

*Дніпропетровська обласна асоціація ортопедів-травматологів*

*Колектив кафедри травматології та ортопедії Дніпровського державного медичного університету*

## ІНФОРМАЦІЯ ДЛЯ АВТОРІВ

Редакція журналу «Ортопедія, травматологія та протезування» приймає для публікації статті українською та англійською мовами. Необхідно надати підписану всіма авторами статтю у двох примірниках, направлення від установи, де виконана робота, а також висновки експертної та плагіатної комісії, завірені печаткою.

Електронний варіант цих матеріалів слід надіслати на e-mail [redaczia\\_otp@ukr.net](mailto:redaczia_otp@ukr.net) або завантажити через сайт журналу <http://otp-journal.com.ua/about/submissions>.

Статтю треба друкувати на стандартних аркушах формату А4: кегль Times New Roman 14, міжрядковий інтервал 1,5, поля 2 см з усіх боків (редактор MS Word). На першій сторінці оригінального й англійською мовами розмістити ПІБ авторів, назву статті, повну назву установи для кожного співавтора, місто, країну. Додатково необхідно надати контактну інформацію (телефон, e-mail) кожного співавтора, а також учений ступінь.

Реферат (до 2200 друкованих знаків) українською й англійською мовами має бути структурованим і складатися з обґрунтування, мети, матеріалу та методів, результатів, висновків. Кожен реферат має супроводжуватися ключовими словами (від 3 до 8).

Обсяг оригінальної статті не повинен перевищувати 10 сторінок друкованого тексту, оглядової — 15 сторінок; коротких повідомлень, випадків із практики, технічних пропозицій — 10 сторінок. Усі статті мають мати такі розділи: вступ, матеріал і методи, результати, обговорення, висновки, список літератури.

Подані для публікації експериментальні і клінічні дослідження мають бути схвалені локальним комітетом з біоетики (У розділі «Матеріал і методи» вказати повну назву комітету, номер і дату протоколу). У статті зазначити, що від пацієнтів, яких включено в дослідження, отримано інформовану згоду.

Ілюстрації (не більше п'яти) слід надати в електронному вигляді. Кожен рисунок — в окремому файлі формату .tiff із роздільною здатністю не менше ніж 300 dpi, штрихові малюнки — не менше ніж 600 dpi. Ілюстрації, вставлені в документ

## ЖУРНАЛ «ОРТОПЕДИЯ, ТРАВМАТОЛОГИЯ И ПРОТЕЗИРОВАНИЕ

вул. Григорія Сковороди, 80,  
м. Харків, 61024, Україна  
E-mail: [Redaczia\\_OTP@ukr.net](mailto:Redaczia_OTP@ukr.net)



Word, редакцією не приймаються. Графіки, схеми, фотографії мають бути чіткими, придатними для відтворення. У тексті статті необхідно визначити місце рисунка. У підписах до мікрофотографій обов'язково вказувати ступінь збільшення. Таблиці, якщо їх більше однієї, нумерують, вони повинні мати назву, що відображає їхній зміст. У тексті слід вказати місце таблиці та порядковий номер.

Фізичні величини позначають відповідно до Міжнародної системи одиниць (SI). Терміни уніфікують відповідно до наявних Міжнародних класифікацій і номенклатур. Спеціальні символи, у т. ч. назви фірм і апаратури, необхідно приводити в оригінальній транскрипції. Аббревіатури розшифровують під час першого використання термінів і залишають незмінними впродовж усього тексту.

Посилання на джерела літератури в тексті ставити в квадратні дужки. У список літератури слід включати джерела останніх п'яти років і приводити їх у порядку їхнього використання в тексті. Бібліографічний опис оформляти згідно з APA.

Авторам необхідно продублювати прізвище, ім'я, місце роботи, ключові слова, список літератури англійською мовою для цитування в наукометричних базах даних.

Крім наукових статей, журнал публікує матеріали з історії медицини, дискусійні статті з різних проблем спеціальності, повідомлення про з'їзди і конференції, статті з обміну досвідом, рецензії, рекламні матеріали, біографічні нариси, ювілеї, некрологи. Для зазначених матеріалів офіційне направлення від установи й експертний висновок не потрібні.

Усі статті проходять рецензування (процес детально наведений на сайті [otp-journal.com.ua](http://otp-journal.com.ua)). Стаття може бути повернена авторам для доопрацювання. Редакція залишає за собою право вносити корективи наукового та стилістичного характеру, а також скорочення, що не спотворюють зміст інформації, наведеної в роботі.

Статті, опубліковані раніше або паралельно спрямовані в інший журнал (збірник), редакція не приймає. Гонорар авторам не виплачується.