



Травма

www.mif-ua.com



Том 25, № 1–2, 2024

ВЖЕ У ПРОДАЖУ!

ПРОЧИТАЙ
ТА ПРАЦЮЙ
СПОКІЙНО

О. СІДЕЛКОВСЬКИЙ

ЮРИДИЧНА ГІГІЄНА МЕДИЧНИХ ПРАЦІВНИКІВ

КЛІНІКА СУЧАСНОЇ НЕВРОЛОГІЇ "АКСІМЕД"

AKSIMED.UA



(044) 390-0055

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

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

Травма

TRAUMA

Travma

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

Том 25, № 1–2, 2024

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

Volume 25, № 1–2, 2024

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



mif-ua.com



Open Journal System

Травма

Travma

Спеціалізований рецензований
науково-практичний журнал

Том 25, № 1–2, 2024

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

Передплатний індекс: 96022



Засновник журналу:
Донецький національний медичний
університет

Адреса редакції:
Україна, 04107, Київ, а/с № 74
Телефон: +38 (067) 325-10-26

www.mif-ua.com
<http://trauma.zaslavsky.com.ua>

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

З питань передплати
info@mif-ua.com
тел.: +38 (067) 325-10-26

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

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

Рекомендовано до друку та до поширення через мережу
Інтернет вченою радою Донецького національного медичного
університету, протокол № 3 від 28.04.2024 р.

Українською та англійською мовами

Свідчення про державну реєстрацію друкованого
засобу масової інформації КВ № 15994-4466Р. Видано
Міністерством юстиції України 02.11.2009 р.

Формат: 60×84/8. Ум. друк. арк. 6,98.
Тираж 8000 прим. Зам. 2024-траума-120–121.

Видавець Заславський О.Ю.
(zaslavsky@i.ua)
Адреса для листування: а/с 74, м. Київ, 04107
Свідчення суб'єкта видавничої справи
ДК № 2128 від 13.05.2005

Друк: ТОВ «Ландпрес»

Головний редактор
Климовицький Ф.В. (Лиман, Україна)

Заступник головного редактора
Тяжелов О.А. (Харків, Україна)

Відповідальний секретар

Гузовська М.Д. (Краматорськ, Україна)

Редакційна колегія

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

Редакційна рада

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

Editor-in-Chief

Klymovytsky F.V. (Lyman)

Deputy Editor-in-Chief

Tyazhelov O.A. (Kharkiv)

Відповідальний секретар

Huzovska Mariia (Kramatorsk, Ukraine)

Editorial Board

Bondarenko S.Y. (Kharkiv, Ukraine), Buryanov O.A. (Kiev, Ukraine),
Golovach I.Yu. (Kiev, Ukraine), Zazirny I.M. (Kyiv, Ukraine),
Strafun S.S. (Kyiv, Ukraine), Filipenko V.A. (Kharkiv, Ukraine),
Chernyshova O.Y. (Kramatorsk, Ukraine),
Robert Smigielski (Warszawa, Poland),
Francesco Benazzo (Pavia, Italia)

Editorial Council

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

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

© Донецький національний медичний університет, 2024
© НДІ травматології та ортопедії Донецького національного медичного університету, 2024
© Заславський О.Ю., 2024

Зміст

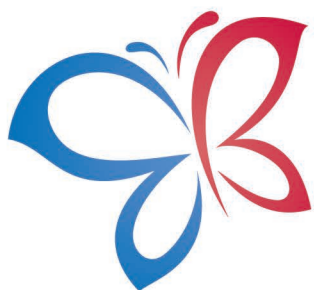
Оригінальні дослідження

Строев М.Ю., Карпінська О.Д. Хірургічні методи лікування діафізарних переломів кісток гомілки	5
Ярмолюк Ю.О., Коструб О.О., Долгополов О.В., Блонський Р.І., Рогозинський В.О., Пасенко М.С. Дослідження функції стопи в пацієнтів після хірургічного лікування з приводу вогнепальних пошкоджень кінцівок з ішемічними ушкодженнями м'язів при застосуванні клітинних технологій (ретроспективний аналіз)	11
Рушай А.К. Застосування топічних форм протизапальних, знеболюючих і протинабрякових препаратів при реабілітації хворих з переломами дистального метаепіфіза променевої кістки....	16
Герцен Г.І., Гапон О.М., Білоножкін Г.Г. Інтрамедулярна стабілізація дислокованих переломів тіла ключиці компресійним стрижнем	21
Бур'янов О.А., Кваша В.П., Чекушин Д.А., Лянскорунський В.М., Карпінський М.Ю., Карпінська О.Д. Спосіб фіксації вивихів акроміального кінця ключиці за Вебером: недоліки та їх чинники.....	27
Голка Г.Г., Колесніченко В.А., Ханик Т.Я., Ломіковська М.П., Веснін В.В., Бурлака В.В. Роль і місце артроскопії при ранній діагностиці моногонартрозу (огляд літератури)	36
Нехлопочин О.С., Вербов В.В., Чешук Є.В., Карпінський М.Ю., Яресько О.В. Аналіз розподілу навантажень при транспедиккулярній стабілізації вибухових переломів у зоні грудопоперекового переходу.....	44

Contents

Original Researches

M. Yu. Stroiev, O.D. Karpinska Surgical methods of treatment for tibial diaphyseal fractures	5
Yu.O. Yarmoliuk, O.O. Kostrub, O.V. Dolgoplov, R.I. Blonskyi, V.O. Rohozynskyi, M.S. Pasenko Studying foot function in patients after surgical treatment for gunshot wounds of limbs with ischemic muscle injuries using cellular technologies (retrospective analysis)	11
A.K. Rushai The use of topical anti-inflammatory, analgesic and anti-edematous drugs in the rehabilitation of patients with fractures of the distal metaepiphysis of the radius	16
H.I. Hercen, O.M. Hapon, H.H. Bilonozhkin Intramedullary stabilization of dislocated clavicle fractures with a compression rod	21
O.A. Buryanov, V.P. Kvasha, D.A. Chekushyn, V.M. Lianskorunskyi, M.Y. Karpinsky, O.D. Karpinska The method for fixation of dislocations of the acromial end of the clavicle according to Weber: disadvantages and their factors	27
G.G. Golka, V.A. Kolesnichenko, T.Ya. Khanyk, M.P. Lomikovska, V.V. Vesnin, V.V. Burlaka The role and place of arthroscopy in the early diagnosis of monoarthrosis (literature review)	36
O.S. Nekhlopochny, V.V. Verbov, Ye.V. Cheshuk, M.Yu. Karpinsky, O.V. Yaresko Analysis of load distribution after transpedicular stabilization of burst fractures in the thoracolumbar junction.....	44



Аркоксія®[†]

- оригінальний еторикоксиб¹

Селективний інгібітор ЦОГ-2 другого покоління з центральним та периферичним механізмом дії^{2, 3, 4}



 усуває центральну сенситизацію⁴

 не впливає на ЦОГ-1²

 застосовується більш ніж
у 112 країнах світу⁵

Вибіркова інформація з безпеки препарату Аркоксія®. **Склад:** 1 таблетка містить 60 мг, 90 мг, 120 мг еторикоксибу. **Характеристика.** Аркоксія® - це нестероїдний протизапальний препарат - селективний інгібітор циклооксигенази-2 в рамках клінічного діапазону доз. **Показання.** Симптоматична терапія при остеоартриті, ревматоїдному артриті, анкілозуючому спонділіті, а також при болю і ознаках запалення, пов'язаних із гострим подгрічним артритом. Нетривале лікування помірного післяопераційного болю, пов'язаного зі стоматологічними операціями. **Протипоказання.** При гіперчутливості до діючої або будь-якої допоміжної речовини препарату; при активній печітливій виразці або активній шлунково-кишкової кровотечі; пацієнтам, у яких виникає бронхоспазм, гострий риніт, ангіоневротичний набряк, кропив'янка або інші алергічні реакції після застосування ацетилсаліцилової кислоти або НПЗП, включаючи інгібітори ЦОГ-2 (циклооксигеназа-2); у період вагітності та годування груддю; при тяжких порушеннях функції печінки; якщо розрахований викирді кліренс креатиніну < 30 мл/хв; дітям віком до 16 років; при запальних захворюваннях кишечника; при застійній серцевій недостатності; пацієнтам з артеріальною гіпертензією, у яких показники артеріального тиску постійно вищі за 140/90 мм рт. ст. та недостатньо контролюються; при діагностованій ішемічній хворобі серця, захворюваннях периферичних артерій та/або цереброваскулярних захворюваннях. **Спосіб застосування та дози.** Препарат Аркоксія® застосовують перорально. Конкретні дози вказані в інструкції для медичного застосування препарату. **Побічні реакції** (дуже часто: $\geq 1/10$, часто: $\geq 1/100$, $< 1/100$): альвеолярний остит, гастроентерит, інфекції верхніх дихальних шляхів та сечовидільного тракту, набряк/затримка рідини, запаморочення, головний біль, серцебиття, аритмія, гіпертензія, бронхоспазм, біль у животі, запор, метеоризм, гастрит, печія/кислотний рефлюкс, діарея/дискомфорт в ділянці епігастрія, нудота, блювання, езофагіт, виразки в ротовій порожнині, підвищення АЛТ, підвищення АСТ, екіміоз, астения/атомія, гриппоподібні симптоми. **Здатність впливати на швидкість реакції при керуванні автотранспортом або роботі з іншими механізмами.** Пацієнти, у яких під час застосування еторикоксибу виникає запаморочення, вертиго або сонливість, не повинні керувати автотранспортом та працювати з іншими механізмами. **Запобіжні заходи/особливості застосування.** Клінічні дослідження вказують на те, що використання селективних інгібіторів ЦОГ-2 може бути пов'язане з ризиком виникнення тромботичних ускладнень (особливо інфаркту міокарда та інсульту) в порівнянні з плацебо та деякими НПЗП. Також, як і при використанні інших препаратів, які пригнічують синтез простагландинів, затримка рідини, набряки і артеріальна гіпертензія спостерігалися у пацієнтів, що приймали еторикоксиб. Еторикоксиб, особливо у великих дозах, може призводити до більш частішої і сильної артеріальної гіпертензії в порівнянні з деякими іншими НПЗП та селективними інгібіторами ЦОГ-2. Про серйозні реакції гіперчутливості (а саме анафілаксії і ангіоневротичний набряк) повідомлялося у пацієнтів, які використовували еторикоксиб. Препарат Аркоксія® в таблетках містить лактозу. Пацієнти з рідкісною спадковою непереносимістю галактози, недостатністю лактази або синдромом глюкозо-галактозної мальабсорбції не повинні застосовувати цей препарат. **Категорія відпуску.** За рецептом.

1. С.С. Страфун, О.Б. Яременко. Сучасні підходи до лікування дегенеративно-дистрофічних захворювань суглобів. Здоров'я України №4, 2022 р. 2. Інструкція для медичного застосування препарату АРКОКСІЯ®, UA/10704/01/01-04. 3. O. Quercia et al. Safety of Etoricoxib in Patients With Reactions to NSAIDs. J Invest Allergol Clin Immunol 2008; Vol. 18(3): 163-167. 4. Lars Arendt-Nielsen et al. Evidence for a central mode of action for etoricoxib (COX-2 inhibitor) in patients with painful knee osteoarthritis. PAIN 157 (2016) 1634-1644 (адаптовано). 5. Рандомізоване, подвійне сліпе, плацебо-контрольоване дослідження з вивчення механізмів болю, на які впливає еторикоксиб у пацієнтів з больовою формою остеоартриту колін. Пацієнти були рандомізовані в дві групи: група 1: еторикоксиб 60 мг/добу (4 тижні) з подальшим переходом на плацебо (4 тижні); група 2: плацебо (4 тижні) з подальшим переходом на еторикоксиб 60 мг/добу (4 тижні), між періодами була перерва не менше 6 днів. Показники кількісного сенсорного тестування: рівні больового порогу коліна (найбільшого), розширена (больова) чутливість (точки на голмілі та передпліччя з боку найбільш больового коліна), часова сумація болю, умовна модуляція болю. Клінічні показники: рівень болю і функція суглобів оцінювалися за допомогою опитувальників VPI, WOMAC, painDETECT (PD-Q), також оцінювався рівень болю за 100-мм ВАШ під час ходіння та підйому сходів. Висновки. Еторикоксиб у пацієнтів з ОА коліна значно зменшував локальний (периферичну) та розширену (центрально) сенситизацію, а також ефект часової сумації болю. Це супроводжувалося поліпшенням клінічних показників, причому клінічне поліпшення було сильніше у пацієнтів з більш високими ознаками центральної сенситизації. Таким чином, було доведено, що еторикоксиб реалізує свою знеболювальну дію за допомогою двох механізмів (усуває як периферичну, так і центральну сенситизацію). 5. PSUR upd 2017, Arcoxia Worldwide Marketing Authorization Status. † Аркоксія® - зареєстрована торгова марка групи компаній «Органон».

Даний матеріал призначений виключно для фахівців охорони здоров'я. Для розповсюдження/демонстрації під час спеціалізованих медичних заходів та для друку у спеціалізованих медичних журналах (виданнях). Даний матеріал створено за інформаційної/фінансової підтримки ТОВ «УА «Про-Фарма», ТОВ «УА «ПРО-ФАРМА» не рекомендує застосування лікарських засобів інакше, ніж це затверджено в діючій інструкції для медичного застосування. Перед застосуванням будь-якого лікарського засобу, згаданого в даному матеріалі, будь ласка, ознайомтеся з повним текстом діючої інструкції для медичного застосування. ©2023 ТОВ «УА «ПРО-ФАРМА». Всі права захищені. Ви можете звернутися до нас за адресою: 03170, м. Київ, вул. Перемоги, 9, оф. 20, тел. (044) 422 50 70, www.pro-pharma.com.ua. ТОВ «Органон Україна», проспект Перемоги, 53, м. Київ, Україна, 03067, тел. +38 044 392 21 44, факс +38 044 390 38 48. Якщо у вас виникли питання з медичної інформації про продукти групи компаній «ОРГАНОН», напишіть нам: droc.ukraine.cis@organon.com. Для повідомлення про небажані явища при застосуванні лікарських засобів групи компаній «Органон» зателефонуйте нам: +38 044 4225072 або напишіть: phv@pro-pharma.com.ua. UA-CXB-110143. Матеріал затверджено: 07.2023. Матеріал придатний до: 30.06.2025.

 ORGANON

 PFC PHARMA

Строев М.Ю.¹, Карпінська О.Д.²

¹Харківський національний медичний університет, м. Харків, Україна

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

Хірургічні методи лікування діафізарних переломів кісток гомілки

Резюме. Актуальність. Переломи кісток є проблемою охорони здоров'я. Останніми роками простежується тенденція до збільшення маси тіла в людей усіх вікових груп. Довгий час вважалося, що ожиріння допомагає захистити від переломів, однак останні дослідження показали, що для кожного збільшення окружності талії на 5 см ризик перелому в будь-якому місці стає вищим на 3 %. **Мета:** за даними метааналізу сучасної медичної літератури визначити основні напрямки хірургічного лікування переломів довгих кісток, їх переваги й недоліки, у тому числі в пацієнтів із зайвою вагою; визначити особливості фіксації діафізарних переломів у пацієнтів із зайвою вагою. **Матеріали та методи.** Проведено метааналіз спеціальної літератури з наукових баз: Cochrane Library, Scopus, National Library of Medicine — National Institutes of Health, ReLAB-HS Rehabilitation Resources Repository. Проаналізовано 130 статей, з яких відібрано 31, що, на наш погляд, відповідають меті дослідження. **Результати.** Усі методи хірургічної фіксації переломів мають свої переваги й недоліки. Частота незрощень, спричинених інтрамедулярною фіксацією діафіза стегнової кістки, може сягати 10 %, а також можуть спостерігатися варусна/вальгусна і ротаційна деформації, вкорочення. Але застосування блокуючих гвинтів запобігає виникненню більшості ускладнень. При фіксації переломів пластинами основні ускладнення пов'язані з поверхневими і глибокими інфекціями, які частіше спостерігали в пацієнтів із зайвою вагою. За даними аналізу визначено, що в пацієнтів із зайвою вагою та ожирінням головним ускладнюючим чинником є не спосіб фіксації зони перелому, а фактори, пов'язані зі станом здоров'я самого пацієнта. Отже, незважаючи на те, що результати лікування переломів у пацієнтів з нормальною вагою і з ожирінням не набували статистично значущої різниці, усе ж спостерігали збільшення ускладнень з боку серцево-судинної системи, загострення хронічних захворювань з боку дихальної системи. Більше того, саме наявність супутніх захворювань часто унеможлиблює хірургічне втручання. **Висновки.** Існує велика кількість досліджень щодо хірургічних методів фіксації переломів діафіза великогомілкової кістки, але даних щодо вибору методу фіксації перелому в пацієнтів із зайвою вагою та ожирінням як окремого підходу знайдено не було. Є дані щодо ускладнюючих факторів надмірної ваги в лікуванні переломів і проведенні операційних втручань. Системних досліджень, що стосувалися саме алгоритму вибору методу фіксації переломів і ускладнень, також не знайдено.

Ключові слова: інтрамедулярний остеосинтез; накістковий остеосинтез пластиною; індекс маси тіла; ожиріння

Вступ

Переломи кісток є проблемою охорони здоров'я. У 2019 році у світі було зареєстровано 178 млн нових переломів, і, за оцінками досліджень, їх кількість збільшилась на 33,4 % порівняно з 1990 роком. Частіше спостерігалися переломи гомілки, колінної

чашечки, великогомілкової або малогомілкової кісток [1].

Останніми роками простежується тенденція до збільшення маси тіла в людей усіх вікових груп. У 2015 році загалом 107,7 млн дітей і 603,7 млн дорослих страждали від ожиріння [2]. Передбачається, що до

2030 року 57,8 % людей похилого віку будуть мати надлишкову вагу або ожиріння [3].

Довгий час вважалося, що ожиріння допомагає захистити від переломів, однак останні дослідження показали, що зв'язок між ожирінням і ризиком переломів змінюється залежно від статі й способу визначення ожиріння, який використовується (індекс маси тіла (ІМТ) проти окружності талії). Дослідники показали, що для кожного збільшення окружності талії на 5 см ризик перелому в будь-якому місці був вищим на 3 %, а ризик дистального перелому нижньої кінцівки був вищим на 7 % [4].

Мета: за даними метааналізу сучасної медичної літератури визначити основні напрямки хірургічного лікування переломів довгих кісток, їх переваги й недоліки, у тому числі в пацієнтів із зайвою вагою; визначити особливості фіксації діафізарних переломів у пацієнтів із зайвою вагою.

Матеріали та методи

Проведено метааналіз спеціальної літератури з наукових баз: Cochrane Library, Scopus, National Library of Medicine — National Institutes of Health, ReLAB-HS Rehabilitation Resources Repository. Проаналізовано 130 статей, з яких відібрано 31, що, на наш погляд, відповідають меті дослідження.

Методи хірургічного лікування діафізарних переломів кісток

З давніх часів людина стикалася з проблемою лікування переломів, що вперше була описана в літописах Стародавнього Єгипту. З того часу було розроблено багато методів лікування, але справжню революцію в лікуванні переломів здійснила внутрішня фіксація. З моменту свого першого опису в кінці XVIII століття цей метод постійно розвивався, а стерилізація, рентгенографія, анестезіологія, антибіотики зробили цю операцію сучасною і безпечною. Великі ідеї та практичні рішення нових методів були розроблені Albin Lambotte, William Arbuthnot Lane, Robert Danis, William Hey Groves. Вони призвели до розширення цього методу і дійсно створили принципи для майбутньої школи АО. Щодня в хірургічну практику впроваджуються нові методи, біологічна внутрішня фіксація, малоінвазивні процедури, нові технології та апарати внутрішньої фіксації [5].

Асоціація АО/ASIF характеризує остеосинтез як хірургічну репозицію кісткових уламків за допомогою різних фіксуючих конструкцій, що забезпечують тривале усунення їх рухливості. Для остеосинтезу застосовуються металеві фіксатори з титану, титано-кобальтових сплавів, харчових марок сталі або металеві-полімерні конструкції [6]. Існує 2 основних види внутрішнього остеосинтезу — інтрамедулярний остеосинтез (ІМО) і накістковий остеосинтез пластиною (НОП).

Внутрішній остеосинтез, або інтрамедулярний остеосинтез — це внутрішньокісткова фіксація за допомогою металевих штифтів.

Засновником інтрамедулярного остеосинтезу слід вважати німецького хірурга Герхарда Кюнчера [7]. Його методика була малотравматичною, не відкривала місце перелому, чим обмежувала поширення інфекції, вимагала короткого реабілітаційного періоду і малих фінансових витрат. Для лікування розтрощених переломів він запропонував «цвях, що затримує», який пізніше був названий блокуючим. На сьогодні цей метод широко використовується і завдяки численним модифікаціям та удосконаленню є найбільш біологічним і малоінвазивним у лікуванні діафізарних переломів великих трубчастих кісток.

Накістковий остеосинтез пластиною/-ами — це операція, яка виконується з метою з'єднання і зрощення уламків кісток в анатомічному положенні. Оперативне втручання полягає в зіставленні уламків кісткової тканини і їх фіксації. Такий вид фіксації застосовують при поперечних, косих, косопоперечних, багатовідламкових переломах трубчастих кісток.

Сучасні конструкції пластин дозволяють забезпечити стабільну фіксацію відламків, що дозволяє в післяопераційному періоді уникати гіпсової іммобілізації. Перевагами накісткового остеосинтезу є збереження внутрішньокісткового кровообігу; вчасне відновлення м'язового каркасу; можливість одночасного зрощення перелому і відновлення рухів у суміжних суглобах, стабільність і функціональність, індукція репаративного остеогенезу прямим шляхом.

Недоліками слід вважати: неуніверсальність, травматичність операції, імовірність гнійних ускладнень, необхідність видалення фіксатора після закінчення процесу зрощення.

Але останніми роками були розроблені нові типи накісткових пластин, характеристики яких можуть конкурувати з іншими видами остеосинтезу. Наприклад, ведуться розробки і відбувається впровадження в клінічну практику спіральних компресійних пластин для фіксації прямих і косих переломів гомілки, які показали надійність фіксації при прямих і бічних навантаженнях [8, 9].

Поява нових біодеградуємих матеріалів на основі полілактиду (полімолочна кислота) і пластиків [10], а також вуглецевих інертних матеріалів [11] відкрила нові можливості накісткового остеосинтезу, здатного конкурувати з іншими видами.

Ускладнення при лікуванні діафізарних переломів кісток гомілки

Кожний з означених методів має свої переваги й недоліки, тому перед хірургом завжди стає проблема вибору методу фіксації, особливо при рівнозначності показань і протипоказань. Упродовж багатьох років ведуться дослідження переваг тих чи інших методів фіксації, удосконалюються рекомендації до них.

Інтрамедулярний остеосинтез дає позитивні результати в лікуванні переломів діафіза стегнової

кістки в дорослих завдяки таким перевагам, як менша травматизація. Однак погане кровопостачання і серйозне пошкодження м'яких тканин часто є результатом невідповідних хірургічних операцій або глибокої інфекції, що призводить до сповільнення зрощення або до незрощення кістки. Частота незрощення переломів стегнової кістки після травми становить 5–10 % [12]. Проте деякі дослідження показали, що частота незрощень, спричинених ІМО діафіза стегнової кістки, сягала навіть понад 10 % [13]. Виникнення незрощення може спричинити явні больові симптоми і серйозно вплинути на повсякденне життя пацієнтів.

X.K. Liu et al. провели рандомізоване клінічне дослідження (РКД) результатів лікування пацієнтів з переломами дистального відділу великогомілкової кістки методом ІМО та малоінвазивного накісткового остеосинтезу пластиною. Оцінено результати 911 пацієнтів, з яких 455 було виконано ІМО та 456 — НОП. Останні мали нижчу частоту неправильного зрощення порівняно з пацієнтами з ІМО (BP = 1,85, 95% ДІ 1,21–2,83; P = 1,00), тоді як пацієнти з ІМО, здається, мали меншу кількість ускладнень хірургічного розрізу при закритих або відкритих переломах (BP = 0,49; 95% ДІ 0,33–0,73; P = 0,43). НОП був кращим у запобіганні неправильному зрощенню порівняно з ІМО, а інтрамедулярне закріплення цвяхів зменшило ранові ускладнення. Однак пацієнтам з переломами нижньої третини дистального відділу великогомілкової кістки більше рекомендували НОП для профілактики неправильного зрощення [14].

Неправильне розташування визначалося як варусна/вальгусна деформація > 5° у корональній площині, передня/задня ангуляція > 10° у сагітальній площині, ротаційна деформація > 10° і вкорочення > 10 мм [15]. Зведені дані аналізу вказали на більш високу частоту неправильного зрощення в групі ІМО порівняно з групою НОП.

M.L. Costa et al. [16] провели багатоцентрове рандомізоване дослідження, яке включало 321 пацієнта з гострим позасуглобовим переломом дистального відділу великогомілкової кістки зі зміщенням з квітня 2013 р. по квітень 2016 р. Дослідники визначили, що немає істотної різниці щодо латеральної деформації (P = 1,000) і передньозадньої деформації (P = 0,081) між групою ІМО і групою пластин; проте вони виявили, що деформація вкорочення (> 10 мм) була пов'язана з групою ІМО (P = 0,028). Крім того, Wani et al. [15] повідомили, що пацієнти, які отримували ІМО, мали значно більшу ротаційну деформацію, ніж пластина, але вони не виявили жодної суттєвої різниці у варусній або вальгусній деформації та передньому/задньому кутах.

З розвитком дизайну ІМО і додаткових хірургічних методів хірурги почали застосовувати такі методи, як стабільний під кутом і різнонаправлений дистальний гвинт або блокуючий гвинт при переломах дистального відділу великогомілкової кістки для підтримки репозиції, вирівнювання й запобігання неправильному зрощенню [17, 18]. Багатоцентро-

ве пілотне дослідження, проведене Höntzsch [19], показало, що ця техніка допомагає покращити стабільність при осьовому й торсійному навантаженні, яке статично і динамічно вище, ніж при звичайному ІМО. У ретроспективне дослідження, виконане van Maele et al. [20], включено 184 переломи дистального відділу гомілки, що пов'язані з переломом малоомілкової кістки. Результати показали явну перевагу кутово-стабільної системи блокування (ASLS) щодо підвищення стабільності ІМО шляхом вимірювання коронального і сагітального вирівнювання через 3–6 місяців після ІМО. Зменшення ускладнень, пов'язаних зі зрощенням, довели в широким дослідженням Moongilpatti Sengodan et al. [21] і Shahulhameed et al. [22]. Вони довели, що завдяки доповненню ІМО блокуючим гвинтом можна досягти і підтримувати зменшення дистальних метафізарних переломів великогомілкової кістки і розширити показання до інтрамедулярного кріплення.

Іншим ускладненням хірургічного лікування діафізарних переломів кісток гомілки є ранові ускладнення, які включали поверхневу інфекцію, глибоку інфекцію, еритему, гнійний дренаж, дегісценцію та стійкий серозний дренаж тощо. За даними досліджень [14], частота ранових ускладнень у групі ІМО була нижчою, ніж у групі НОП, майже в усіх РКД, зведені дані в метааналізі показали, що дистальні переломи великогомілкової кістки, які лікували інтрамедулярним цвяхом, асоціювалися з меншою частотою ранових ускладнень, але при переломах пілона значної різниці порівняно з іншими хірургічними методами не виявлено.

Деякі дослідники повідомили, що частота інфікування була вищою при фіксації пластиною з відкритою репозицією порівняно з інтрамедулярним цвяхом [23]. Пацієнтів, у яких були глибокі інфекції, завжди лікували санацією, видаленням пристрою та антибіотиками, у той час як поверхневі інфекції часто лікувалися санацією та пероральними антибіотиками [24].

Ускладнення рани були пов'язані з хірургічною технікою та іншими факторами, такими як супутні захворювання пацієнта, стан і забруднення шкіри і м'яких тканин, час операції, механізми травми і відкритих переломів тощо; усе це відіграє важливу роль у розвитку ранових ускладнень [25].

Незважаючи на очевидну перевагу удосконаленого інтрамедулярного остеосинтезу в лікуванні переломів кісток гомілки, ця методика не підходила для пацієнтів із внутрішньосуглобовими переломами, вузьким медулярним каналом, перипротезними переломами й неправильним зрощенням [26]. Це дослідження проливає світло на переваги й недоліки застосування двох поширених методів фіксації, інтрамедулярного стрижня і кісткової пластини, у випадках дистальних метафізарних переломів великогомілкової кістки. Було показано, що фіксація пластини забезпечує достатню гнучкість конструкції кісткового імплантата і може сприяти виробленню великої кількості хряща, тоді як закріплення ІМО спричиняє надмірний зсув і низький осьовий рух і

таким чином запобігає достатнім механічним стимулам, необхідним для біологічного загоєння. У підсумку результати цього дослідження можуть спонукати вважати пластину кращим варіантом з біомеханічної точки зору порівняно з внутрішньовенним цвяхом для фіксації дистальних переломів великогомілкової кістки [27].

Результат проведеного L. Hu et al. [28] систематичного огляду і метааналізу порівняння ефективності двох методів фіксації, пластинчастої фіксації та інтрамедулярної фіксації цвяхом, у лікуванні дистальних метафізарних переломів великогомілкової кістки без ураження суглобів показав, що методи внутрішньої фіксації інтрамедулярним стрижнем і пластиною є ефективними в лікуванні дистальних переломів великогомілкової кістки з метафізарним залученням. Проте біль у коліні був зареєстрований після використання ІМО, не правильне зрощення частіше зустрічається при фіксації ІМО, а ризик інфікування поверхневої рани вищий при внутрішній фіксації пластиною, ніж при використанні ІМО. З точки зору балів FFI (індекс функції стопи) внутрішня фіксація ІМО виявляється кращою, ніж застосування пластини. Потрібні подальші дослідження щодо використання внутрішньої фіксації ІМО для лікування болю в коліні після переломів дистального відділу гомілки. Крім того, частота деформації перелому вища при фіксації ІМО, тоді як лікування і профілактика поверхневих ранових інфекцій після операції з накладанням накісткової пластини підвищує функцію гомілковостопного суглоба.

Заданими дослідників [29], у пацієнтів, які пройшли оперативне лікування перелому діафіза великогомілкової кістки методами відкритої репозиції і внутрішньої фіксації (пластина) та процедурою інтрамедулярного кріплення, була порівнянна кількість ускладнень серед осіб з ожирінням і без нього. З 14 638 пацієнтів, які перенесли оперативне лікування переломів діафіза великогомілкової кістки, 4425 (30,2 %) була зроблена відкрита репозиція, а 10 213 (69,8 %) — інтрамедулярна фіксація. Загалом 1091 пацієнт (7,4 %) страждав від ожиріння, а 820 (5,6 %) — від патологічного ожиріння (ІМТ > 35). У кожній операційній групі ожиріння і патологічне ожиріння асоціювалися зі значним збільшенням частоти серйозних і малих медичних ускладнень, венозної тромбоемболії, інфекції, процедур видалення імплантата і незрощення.

Результати аналізу показали, що в пацієнтів із зайвою вагою та ожирінням головним ускладнюючим чинником є не спосіб фіксації зони перелому, а фактори, пов'язані зі станом здоров'я самого пацієнта. Отже, незважаючи на те, що результати лікування переломів у пацієнтів з нормальною вагою і з ожирінням не набували статистично значущої різниці, усе ж спостерігали збільшення ускладнень з боку серцево-судинної системи, загострення хронічних захворювань з боку дихальної системи [30]. У пацієнтів із зайвою вагою частіше виникали інфекційні запалення в ділянці хірургічного доступу [31]. У деяких пацієнтів

саме наявність супутніх захворювань унеможливило хірургічне втручання, частіше це пацієнти із серцево-судинною патологією, тяжкими формами діабету, іншими системними й органічними розладами, серед яких переважають саме особи з ожирінням. Тому проблема вибору способу лікування перелому стає актуальною.

Висновки

Існує велика кількість досліджень щодо хірургічних методів фіксації переломів діафіза великогомілкової кістки, але даних щодо вибору методу фіксації перелому в пацієнтів із зайвою вагою та ожирінням як окремого підходу знайдено не було. Є дані щодо ускладнюючих факторів надмірної ваги в лікуванні переломів і проведення операційних втручань. Системних досліджень, що стосувалися саме алгоритму вибору методу фіксації переломів і пов'язаних із цим ускладнень, також не знайдено.

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

Список літератури

1. GBD 2019 Fracture Collaborators. *Global, regional, and national burden of bone fractures in 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis from the Global Burden of Disease Study 2019. Lancet Healthy Longev.* 2021;2(9):e580–e592. doi: 10.1016/S2666-7568(21)00172-0.
2. GBD 2015 Obesity Collaborators. *Health effects of overweight and obesity in 195 countries over 25 years. N. Engl. J. Med.* 2017;377:13–27. doi: 10.1056/NEJMoa1614362.
3. NIH Consensus Development Panel on Osteoporosis Prevention, Diagnosis, and Therapy. *Osteoporosis prevention, diagnosis, and therapy. JAMA.* 2001;285(6):785–95. doi: 10.1001/jama.285.6.785.
4. Turcotte A, Jean S, Morin S, Mac Way F, Gagnon C. *Sex-specific dose-response relationships between obesity and incidence of Fractures. European Congress on Obesity 2022, Presentation LBP2.11.*
5. Lesić AR, Zagorac S, Bumbasirević V, Bumbasirević MZ. *The development of internal fixation — historical overview. Acta Chir Jugosl.* 2012;59(3):9–13. doi: 10.2298/aci1203009l.
6. *Травматологія та ортопедія: підручник для студентів вищих медичних навчальних закладів. За ред. Голки Г.Г., Бур'янова О.А., Климовицького В.Г. Вінниця: Нова Книга, 2013. 400 с.*
7. Кустурова А.В. Герхард Кюнчер: рождение блокирующего остеосинтеза. *Травма.* 2009.10(3).
8. Sezek S, Aksakal B, Gürger M, Malkoc M, Say Y. *Biomechanical comparison of straight and helical compression plates for fixation of transverse and oblique bone fractures: Modeling and experiments. Biomed Mater Eng.* 2016;27(2-3):197–209. doi: 10.3233/BME-161576.
9. Perren SM, Regazzoni P, Fernandez AA. *Biomechanical and biological aspects of defect treatment in fractures using helical plates. Acta Chir Orthop Traumatol Cech.* 2014;81(4):267–71. PMID: 25137496.

10. Eken G, Ermutlu C, Durak K, Atici T, Sarisozen B, Cakar A. Minimally invasive plate osteosynthesis for short oblique diaphyseal tibia fractures: does fracture site affect the outcomes? *J Int Med Res*. 2020;48(10):300060520965402. doi: 10.1177/0300060520965402.
11. Saidpour SH. Assessment of carbon fibre composite fracture fixation plate using finite element analysis. *Ann Biomed Eng*. 2006;34(7):1157-63. doi: 10.1007/s10439-006-9102-z.
12. Einhorn TA. Enhancement of fracture-healing. *J Bone Joint Surg Am*. 1995;77:940-956.
13. Pihlajamäki HK, Salminen ST, Böstman OM. The treatment of nonunions following intramedullary nailing of femoral shaft fractures. *J Orthop Trauma*. 2002;16(6):394-402. doi: 10.1097/00005131-200207000-00005.
14. Liu XK, Xu WN, Xue QY, Liang QW. Intramedullary Nailing Versus Minimally Invasive Plate Osteosynthesis for Distal Tibial Fractures: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Orthop Surg*. 2019;11(6):954-965. doi: 10.1111/os.12575.
15. Wani IH, Ul Gani N, Yaseen M, Bashir A, Bhat MS, Farooq M. Operative Management of Distal Tibial Extra-articular Fractures — Intramedullary Nail Versus Minimally Invasive Percutaneous Plate Osteosynthesis. *Ortop Traumatol Rehabil*. 2017;19(6):537-541. doi: 10.5604/01.3001.0010.8045.
16. Costa ML, Achten J, Hennings S, Boota N, Griffin J, Petrou S et al. Intramedullary nail fixation versus locking plate fixation for adults with a fracture of the distal tibia: the UK FixDT RCT. *Health Technol Assess*. 2018;22(25):1-148. doi: 10.3310/hta22250.
17. Kulkarni SG, Varshneya A, Kulkarni S, Kulkarni GS, Kulkarni MG, Kulkarni VS, Kulkarni RM. Intramedullary nailing supplemented with Poller screws for proximal tibial fractures. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2012;20(3):307-11. doi: 10.1177/23094990120200308.
18. Hoegel FW, Hoffmann S, Weninger P, Bühren V, Augat P. Biomechanical comparison of locked plate osteosynthesis, reamed and unreamed nailing in conventional interlocking technique, and unreamed angle stable nailing in distal tibia fractures. *J Trauma Acute Care Surg*. 2012;73(4):933-8. doi: 10.1097/TA.0b013e318251683f.
19. Höntzsch D, Blauth M, Attal R. Winkelstabile Verriegelung von Marknägeln mit dem Angular Stable Locking System® (ASLS) [Angle-stable fixation of intramedullary nails using the Angular Stable Locking System® (ASLS)]. *Oper Orthop Traumatol*. 2011;23(5):387-96. German. doi: 10.1007/s00064-011-0048-4.
20. Van Maele M, Molenaers B, Geusens E, Nijs S, Hoekstra H. Intramedullary tibial nailing of distal tibiofibular fractures: additional fibular fixation or not? *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2018;44(3):433-441. doi: 10.1007/s00068-017-0797-3.
21. Moongilpatti Sengodan M, Vaidyanathan S, Karunanandaganapathy S, Subbiah Subramanian S, Rajamani SG. Distal tibial metaphyseal fractures: does blocking screw extend the indication of intramedullary nailing? *ISRN Orthop*. 2014;2014:542623. doi: 10.1155/2014/542623.
22. Shahulhameed A, Roberts CS, Ojike NI. Technique for precise placement of poller screws with intramedullary nailing of metaphyseal fractures of the femur and the tibia. *Injury*. 2011;42(2):136-9. doi: 10.1016/j.injury.2010.04.013.
23. Newman SD, Mauffrey CP, Krikler S. Distal metadiaphyseal tibial fractures. *Injury*. 2011 Oct;42(10):975-84. doi: 10.1016/j.injury.2010.02.019.
24. Mukherjee S, Arambam MS, Waikhom S, Santosha Masatwar PV, Maske RG. Interlocking Nailing Versus Plating in Tibial Shaft Fractures in Adults: A Comparative Study. *J Clin Diagn Res*. 2017;11(4):RC08-RC13. doi: 10.7860/JCDR/2017/25577.9746.
25. Lau TW, Leung F, Chan CF, Chow SP. Wound complication of minimally invasive plate osteosynthesis in distal tibia fractures. *Int Orthop*. 2008;32(5):697-703. doi: 10.1007/s00264-007-0384-z.
26. Aksekili MA, Celik I, Arslan AK, Kalkan T, Ugurlu M. The results of minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis (MIPPO) in distal and diaphyseal tibial fractures. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2012;46(3):161-7. doi: 10.3944/aott.2012.2597.
27. Nourisa J, Rouhi G. Biomechanical evaluation of intramedullary nail and bone plate for the fixation of distal metaphyseal fractures. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2016;56:34-44. doi: 10.1016/j.jmbbm.2015.10.029.
28. Hu L, Xiong Y, Mi B, Panayi AC, Zhou W, Liu Y et al. Comparison of intramedullary nailing and plate fixation in distal tibial fractures with metaphyseal damage: a meta-analysis of randomized controlled trials. *J Orthop Surg Res*. 2019;14(1):30. doi: 10.1186/s13018-018-1037-1.
29. Burrus MT, Werner BC, Yarbboro SR. Obesity is associated with increased postoperative complications after operative management of tibial shaft fractures. *Injury*. 2016;47(2):465-70. doi: 10.1016/j.injury.2015.10.026.
30. El-Solh A, Sikka P, Bozkanat E, Jaafar W, Davies J. Morbid obesity in the medical ICU. *Chest*. 2001;120(6):1989-97. doi: 10.1378/chest.120.6.1989.
31. Czupryniak L, Strzelczyk J, Pawlowski M, Loba J. Mild elevation of fasting plasma glucose is a strong risk factor for postoperative complications in gastric bypass patients. *Obes Surg*. 2004;14(10):1393-7. doi: 10.1381/0960892042583761.

Отримано/Received 02.02.2024

Рецензовано/Revised 12.02.2024

Прийнято до друку/Accepted 22.02.2024

Information about authors

Maksym Stroiiev, Assistant, Department of Emergency and Urgent Medical Care, Orthopedics and Traumatology, Kharkiv National Medical University, Kharkiv, Ukraine; e-mail: mystroiev.po20@knmu.edu.ua; phone: +380 (66) 720-01-73; <https://orcid.org/0000-0002-0980-983X>

Olena Karpinska, Research Fellow at the Department of biomechanics laboratory, State Institution "Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Kharkiv, Ukraine; e-mail: helen.karpinska@gmail.com; phone: +380 (57) 725-14-74, +380 (99) 486-34-63; <https://orcid.org/0000-0002-1482-7733>

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

M.Yu. Stroiev¹, O.D. Karpinska²

¹Kharkiv National Medical University, Kharkiv, Ukraine

²State Institution "Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Kharkiv, Ukraine

Surgical methods of treatment for tibial diaphyseal fractures

Abstract. Background. Bone fractures are a public health concern. In recent years, there has been an upward trend in body weight of people of all age groups. Obesity has long been thought to help protect against fractures, but recent studies have shown that for every 5 cm increase in waist circumference, the risk of any fracture is 3 % higher. The purpose: according to the meta-analysis of modern medical literature, to determine the main directions of surgical treatment for long bone fractures, their advantages, and disadvantages, including in overweight patients, the features of diaphyseal fracture fixation in overweight patients. **Materials and methods.** A meta-analysis of special literature from scientific databases was conducted: Cochrane Library, Scopus, National Library of Medicine — National Institutes of Health, ReLAB-HS Rehabilitation Resources Repository. One hundred and thirty articles were analyzed, from them 31 were selected, which, in our opinion, reflect the purpose of the study. **Results.** All methods of surgical fixation of fractures have their advantages and disadvantages. The frequency of nonunions caused by intramedullary fixation of the femoral shaft can reach 10 %, and varus/valgus and rotational deformities and shortening can also be observed. But the use of locking screws prevents the occurrence of most

complications. When fixing the fractures with plates, the main complications are related to superficial and deep infections, which were more often observed in overweight patients. The analysis demonstrated that in overweight and obese patients, the main complicating factor is not the method for fixing the fracture zone, but factors related to the health of the patient himself. So, despite the fact that the results of treatment of fractures in patients with normal weight and obesity did not have a statistically significant difference, an increase in cardiovascular complications, exacerbation of chronic respiratory diseases was observed. Moreover, it is the presence of concomitant diseases that often makes surgical intervention impossible. **Conclusions.** There is a large amount of research on surgical methods of fixing tibial diaphyseal fractures, but data on the choice of fixation method in overweight and obese patients as a separate approach were not found. There are data on complicating factors of excess weight in the treatment of fractures and surgical interventions. Systematic studies related specifically to the algorithm for choosing the method of fracture fixation and complications have also not been found.

Keywords: intramedullary osteosynthesis; plate osteosynthesis; body mass index; obesity

Ярмолюк Ю.О.^{1,3}, Коструб О.О.², Долгополов О.В.², Блонський Р.І.², Рогозинський В.О.¹, Пасенко М.С.^{1,3}

¹Національний військово-медичний клінічний центр «Головний військовий клінічний госпіталь», м. Київ, Україна

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

³Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, м. Київ, Україна

Дослідження функції стопи в пацієнтів після хірургічного лікування з приводу вогнепальних пошкоджень кінцівок з ішемічними ушкодженнями м'язів при застосуванні клітинних технологій (ретроспективний аналіз)

Резюме. Мета: проаналізувати ступінь відновлення функції стопи після вогнепальних поранень кінцівок з використанням терапії з живими клітинами. **Матеріали та методи.** Протягом 10 років від початку бойових дій на території України (з 2014 року до початку 2024 року) в Національному військовому медичному клінічному центрі «Головний військовий клінічний госпіталь» у клініці травматології та кістково-гнійної хірургії було проліковано 39 пацієнтів з наслідками компартмент-синдрому (наявність ішемічної контрактури) та ушкодженням нервів, які супроводжувались вогнепальними переломами. З них 29 пацієнтам проводилась терапія з живими клітинами, а 10 пацієнтам — ні. Серед 29 пацієнтів було сформовано 2 групи: 1-ша — з ураженням верхніх кінцівок, 2-га — з ураженням нижніх кінцівок. Відповідно до цього наш колектив сформував 2 групи для дослідження: 1-ша — основна (29 пацієнтів), 2-га — контрольна (10 пацієнтів). **Результати.** На підставі отриманих даних із застосуванням методу ретроспективного аналізу можна зробити висновок, що використання терапії з живими клітинами дає позитивний результат у лікуванні ішемічних ушкоджень м'язів після вогнепальних пошкоджень кінцівок. **Висновки.** Використання терапії з живими клітинами дає позитивний результат стосовно поліпшення функції стопи після вогнепальних поранень кінцівок з ішемічними ушкодженнями м'язів.

Ключові слова: терапія з живими клітинами; компартмент-синдром; вогнепальний перелом

Вступ

Після початку бойових дій у 2014 році на території України суттєво збільшилась кількість вогнепальних поранень будь-якої локалізації, які спричиняють певні ускладнення. Одними з найбільш поширених ускладнень є компартмент-синдром (внаслідок поранення) і турнікетний синдром (внаслідок тривалого перебування турнікета на кінцівки потерпілого), що призводить

до порушення кровотоку в ділянці нижче від турнікета. Оскільки наявна методика лікування вогнепальних поранень на початкових етапах (апаратна технологія лікування вогнепальних переломів, терапія негативним тиском для лікування вогнепальних ран), гостро постає питання відновного лікування ішемічних контрактур, що виникли внаслідок компартмент-синдрому, адже турнікетний синдром на наступних етапах ева-

куації зазвичай закінчується ампутацією. Згідно з нашими спостереженнями й опублікованими роботами, заборонено виконувати будь-які оперативні втручання в період відновлення (реактивно-відновлювальний період) [1–11].

Мета: проаналізувати ступінь відновлення функції стопи після вогнепальних поранень кінцівок з використанням терапії з живими клітинами.

Матеріали та методи

Основний метод нашого дослідження — «випадок — контроль» (case control), він дозволив нам визначити й дослідити вплив використання терапії з живими клітинами на відновлення функції стопи в поранених з вогнепальними переломами, ушкодженням нервів, ішемічною контрактурою після турнікетного синдрому і поєднанням даних захворювань.

Для відбору поранених, у яких використовувалась терапія з живими клітинами, застосовувались такі критерії: поранені з ішемічною контрактурою стопи внаслідок турнікетного синдрому, ушкодженням периферичних нервів і вогнепальними переломами кісток.

Як критерії включення ми взяли такі показники: поранені з ушкодженням основних нервів, поранені без значного дефіциту м'язової тканини для забезпечення адекватного обсягу рухів, відносно задовільна функція нижньої кінцівки на момент огляду.

Як критерії виключення були взяті такі показники: значний дефіцит м'язової тканини, повна анатомічна відсутність нервів без можливості їх відновлення.

Протягом 10 років від початку бойових дій на території України (з 2014 року до початку 2024 року) в Національному військовому медичному клінічному центрі «Головний військовий клінічний госпіталь» у клініці травматології та кістково-гнійної хірургії було проліковано 39 пацієнтів з наслідками компартмент-синдрому (наявність ішемічної контрактури) та ушкодженням периферичних нервів, які супроводжувались вогнепальними переломами. З них 29 пацієнтам проводилась терапія з живими клітинами, а 10 пацієнтам — ні. Із 29 пацієнтів було сформовано 2 групи: 1-ша — ураження верхніх кінцівок, 2-га — ураження нижніх кінцівок. Відповідно до цього наш

колектив сформував 2 групи для дослідження: 1-ша — основна (29 пацієнтів), 2-га — контрольна (10 пацієнтів). З огляду на тематику написання наступної роботи пацієнтів з ушкодженням верхніх кінцівок наш колектив не брав до уваги й використовував виключно для порівняння.

Усі пацієнти як основної, так і контрольної групи були поділені на 3 підгрупи: поранені з наслідками компартмент-синдрому, поранені з вогнепальними переломами з ушкодженням периферичних нервів і пацієнти з поєднанням патологій, що зазначені вище.

Серед поранених з ушкодженнями нижньої кінцівки ($n = 18$) пацієнтів з наслідками компартмент-синдрому (ішемічною контрактурою) було 8, вони всі знаходились на етапі поступового відновлення після отриманого поранення в проміжку від 2 до 5 місяців після нього. Другу підгрупу становили 5 поранених з вогнепальними переломами й ушкодженням периферичних нервів — період до 2 місяців після отриманого поранення. Останню підгрупу становили 5 поранених з наслідками компартмент-синдрому у вигляді ішемічної контрактури й вогнепальними переломами з ушкодженням периферичних нервів. Усіх пацієнтів з ушкодженням периферичних нервів ми поділили на 3 підгрупи: 1-ша підгрупа ($n = 5$) — контузія нерва або часткове його ушкодження (але не більше ніж 50 % від діаметра нерва), 2-га підгрупа ($n = 4$) — часткове його ушкодження (понад 50 % від діаметра нерва) і 3-тя підгрупа ($n = 1$) — повне його ушкодження (аксонотмезис). Поранений останньої підгрупи потребував його подальшого відновлення. Наступним кроком було формування 3 клінічних підгруп, у яких було використано терапію з живими клітинами, ці дані наведено в табл. 1.

За даними табл. 1 можна зробити висновок, що до першої клінічної підгрупи увійшли 12 (41,2 %) поранених з наслідками компартмент-синдрому. До другої підгрупи увійшли 10 (34,6 %) поранених з вогнепальним переломом і ушкодженням периферичних нервів. Третю підгрупу становили 7 (24,2 %) поранених з наслідками компартмент-синдрому і вогнепальним переломом з ушкодженням периферичних нервів.

Таблиця 1. Розподіл на підгрупи пацієнтів основної групи

Кінцівка	Основна група					
	Перша підгрупа		Друга підгрупа		Третя підгрупа	
	Наслідки компартмент-синдрому		Вогнепальний перелом з ушкодженням периферичних нервів		Наслідки компартмент-синдрому і вогнепальний перелом з ушкодженням периферичних нервів	
	Абс.	%*	Абс.	%	Абс.	%
Нижня	8	27,6	5	17,3	5	17,3
Верхня	4	13,6	5	17,3	2	6,9

Примітка: * — відсоток вказано від загальної кількості ($n = 29$) поранених основної групи.

Для контрольної групи було взято 10 поранених з наслідками компартмент-синдрому і/або вогнепальним переломом з ушкодженням периферичних нервів, у яких не використовувалась терапія з живими клітинами.

Середній вік поранених в обох групах становив 29,7 року (від 21 до 49 років). З 39 поранених частка чоловіків становила 100 %, адже поранення були отримані під час бойових дій за незалежність України. Вогнепальні осколкові поранення зафіксовані у 28 (71,79 %) пацієнтів, а кульові — в 11 (28,21 %).

Для подальшого дослідження потрібно було в кожній підгрупі визначити локалізацію ушкодження. Найчастіше на нижній кінцівці уражались глибокий задній футляр гомілки ($n = 7$), а на верхній кінцівці — волярний футляр передпліччя ($n = 3$). В основній групі на нижній кінцівці найчастіше було ураження великого-молкового нерва ($n = 4$).

У пацієнтів основної групи з наслідками компартмент-синдрому і/або вогнепальним переломом з ушкодженням периферичних нервів спостерігалось ушкодження серединного нерва на рівні верхньої третини передпліччя й ішемічне ушкодження волярного і латерального футлярів передпліччя; при поєднаному пораненні нижньої кінцівки було діагностовано ураження маломолкового нерва й ушкодження 3 м'язово-фасціальних футлярів (латеральний, задній поверхневий і задній глибокий м'язово-фасціальний футляр).

Після визначення основних топографічних точок, які найчастіше уражаються під час поранення, було визначено місця використання терапії з живими клітинами, а саме: на нижній кінцівці це м'яз передньої групи гомілки — *m. tibialis anterior*; м'язи задньої групи — *m. tibialis posterior* і *m. gastrocnemius*, м'яз латеральної групи — *m. peroneus longus*.

Також за потреби при діагностуванні ушкодження нервів (часткового або повного) виконувалось їх відновлення. Із 17 пацієнтів 2-ї та 3-ї підгруп основної групи 10 (56,72 %) поранених не потребували відновлення цілісності нерва, 5 (27,11 %) поранених мали часткове його ушкодження, їм у подальшому виконувався шов нерва, і 3 (16,17 %) поранених мали повне ушкодження нерва, їм у подальшому виконувалась автонеуропластика.

Оцінка функції поранених з наслідками компартмент-синдрому і вогнепальним переломом з ушкодженням периферичних нервів, яким застосовувалась терапія з живими клітинами

Відповідно до даних літератури і згідно з лікувальним досвідом лікарів військового госпіталю в період відновлення (реактивно-відновлювальному періоді) важко визначити ступінь тяжкості наслідків компартмент-синдрому (ішемічна контрактура), остаточну тяжкість ішемічної контрактури можна визначити тільки в стадії повного відновлення (в резидуальному періоді). Оскільки, за різними літературними даними,

це відбувається протягом 6–12 місяців, нами було вирішено провести ретроспективний аналіз функції стопи 8 поранених пацієнтів першої групи в термін 12 місяців, тобто коли пацієнт вже знаходиться в стадії повного відновлення, порівняно з ідентичними пацієнтами з наслідками компартмент-синдрому, які були проліковані нами раніше без використання терапії з живими клітинами.

Урахування всіх часових проміжків починалось від дня введення живих клітин, у подальшому — день 0.

Для мануальної оцінки м'язів нижньої кінцівки було вибрано *m. tibialis anterior* і тильне згинання стопи в над'яtkово-гомільковому суглобі та її супінацію.

Для визначення функції стопи була вибрана тактика ведення хворих по аналогії з верхньою кінцівкою, був проведений ретроспективний аналіз 8 поранених з наслідками компартмент-синдрому порівняно з такою ж кількістю поранених, які були проліковані раніше без використання терапії з живими клітинами.

Для виконання дослідження стопи було проведено дослідження функціональних втрат стопи за бальною шкалою оцінки американських хірургів стопи (AOFAS).

З огляду на те, що шкала AOFAS не використовується для оцінки функції стопи в пацієнтів з ушкодженням периферичних нервів нижньої кінцівки, для 2-ї та 3-ї клінічних підгруп була використана шкала С.С. Страфуна, В.В. Гайовича, О.Г. Гайко [12].

Результати та обговорення

Оскільки в даній роботі ми беремо до уваги результати лікування поранених з ушкодженням нижньої кінцівки, результати будуть надані виключно по ній. Нашою командою був виконаний бальний розподіл таким чином: до 30 балів — значні функціональні втрати, від 31 до 69 — помірні функціональні втрати і понад 60 — незначні функціональні втрати.

Оцінка функції в пацієнтів з наслідками компартмент-синдрому стопи (перша підгрупа в основній і контрольній групах)

Хотілось би нагадати, що до першої групи входили лише пораненні з наслідками компартмент-синдрому, тобто ушкодження периферичних нервів не було виявлено, що давало нам змогу відразу визначити зменшення функції стопи за шкалою AOFAS, результати якої надано в табл. 2.

З табл. 2 можна зробити висновок, що на початку найбільше ($n = 6$; 54,5 %) поранених було з помірними функціональними втратами в межах 31–59 балів за шкалою AOFAS. Проаналізувавши дані, отримані через 12 місяців, можна побачити, що поранених зі значним порушенням функції не було, а число поранених з кількістю балів понад 60 збільшилось до 5 (у 2,5 раза), із чого можна зробити висновок, що використання терапії з живими клітинами дало позитивний ефект у пацієнтів з наслідками компартмент-синдрому у вигляді ішемічної контрактури.

Таблиця 2. Функціональні втрати стопи в поранених з наслідками компартмент-синдрому за AOFAS

Клінічна група	Функціональні втрати стопи за AOFAS (бали)									
	День 0						Через 12 місяців			
	До 30		31–59		Понад 60		31–59		Понад 60	
	Абс.	%*	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
1-ша підгрупа основної групи (n = 8)	2	18,2	4	36,3	2	18,2	3	27,3	5	45,4
1-ша підгрупа контрольної групи (n = 3)	1	9,1	2	18,2			2	18,2	1	9,1

Примітка: * — відсоток від загальної кількості поранених з наслідками компартмент-синдрому (n = 11).

Таблиця 3. Функціональні втрати в поранених з вогнепальним переломом і ушкодженням периферичних нервів за AOFAS

Клінічна група	Функціональні втрати стопи за AOFAS (бали)											
	День 0						Через 3 місяці					
	До 30		31–59		Понад 60		До 30		31–59		Понад 60	
	Абс.	%*	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
2-га підгрупа основної групи (n = 5)	2	25,0	2	25,0	1	12,5	1	12,5	3	37,5	1	12,5
2-га підгрупа контрольної групи (n = 3)	1	12,5	2	25,0			1	12,5	2	25,0		
	Через 6 місяців						Через 12 місяців					
2-га підгрупа основної групи (n = 5)	1	12,5	2	25,0	2	25,0			2	25,0	3	37,5
2-га підгрупа контрольної групи (n = 3)	1	12,5	2	25,0					3	37,5		

Примітка: * — відсоток від загальної кількості поранених з вогнепальним переломом і ушкодженням периферичних нервів (n = 8).

Оцінка функції стопи в поранених з вогнепальним переломом і ушкодженням периферичних нервів (друга підгрупа в основній і контрольній групах) (табл. 3)

З наведених вище табл. 2 і 3 можна зробити висновок, що використання терапії з живими клітинами при вогнепальних переломах з ушкодженням периферичних нервів дало кращий результат, ніж у групі, у якій дана технологія не використовувалась, оскільки відбулося збільшення в три рази числа пацієнтів з показником понад 60 балів, що демонструє позитивну динаміку лікування.

Оцінка функції стопи в поранених з наслідками компартмент-синдрому і вогнепальним переломом з ушкодженням периферичних нервів нижньої кінцівки (третя підгрупа в основній і контрольній групах)

У всіх 9 пацієнтів з наслідками компартмент-синдрому й вогнепальним переломом з ушкодженням периферичних нервів нижньої кінцівки ми відзначали повну консолідацію вогнепального перелому з використан-

ням апарату зовнішньої фіксації та поліпшення функції стопи внаслідок ранньої вертикалізації хворого. У даній групі пацієнтів ключовим було відновлення функції нижньої кінцівки (опороздатності), у тому числі поява активних рухів у надп'яtkово-гомiлковому суглобі.

Через 12 місяців після початку лікування всі 9 пацієнтів відзначали поліпшення рухів у надп'яtkово-гомiлковому суглобі й поліпшення якості життя, хоча 6 з 9 пацієнтів усе ще пересуваються з медичною тростиною.

Висновки

Використання терапії з живими клітинами поліпшує відновні й регенераторні властивості периферичних нервів у поранених з наслідками компартмент-синдрому.

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

Інформація про фінансування. Джерело фінансування — кошти приватних осіб.

Список літератури

1. Ilizaliturri VM Jr, Buganza-Tépole M, Olivos-Meza A, Acuna M, Acosta-Rodriguez E. Central compartment release versus lesser trochanter release of the iliopsoas tendon for the treatment of internal snapping hip: a comparative study. *Arthroscopy*. 2014;30(7):790-95. DOI: 10.1016/j.arthro.2014.03.008.
2. Zini R, Munegato D, De Benedetto M, Carraro A, Bigoni M. Endoscopic iliotibial band release in snapping hip. *Hip Int*. 2013;23(2):225-32. DOI: 10.5301/HIP.2013.10878.
3. Hölmich P. Groin pain in football players. A systematic diagnostic approach. *ASPETAR Sport Med J*. 2013;2:192-6. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2009.00998.x.
4. Bisciotti GN, Corradini B, Di Marzo F. La validazione del Copenhagen Hip and Groin Outcome Score (HAGOS) in lingua italiana nell'ambito del calcio. *J Sport Traumatol*. 2014;31(4):126-34. doi: 10.1136/bmjsem-2016-000142.
5. Bisciotti GN, Auci A, Di Marzo F et al. Groin pain syndrome: an association of different pathologies and a case presentation. *Muscles Ligaments Tendons J*. 2015;5(3):216-20. doi: 10.11138/mltj/2015.5.3.214.
6. Serner A, Tol JL, Jomaah N et al. Diagnosis of acute groin injuries: a prospective study of 110 athletes. *Am J Sports Med*. 2015;43(8):1857-64. DOI: 10.1177/0363546515585123.
7. Ostrom E, Joseph A. The use of musculoskeletal ultrasound for the diagnosis of groin and hip pain in athletes. *Curr Sports Med Rep*. 2016;15(2):86-90. DOI: 10.1249/JSR.0000000000000248.
8. Weir A. From disruption to consensus: the thousand mile journey. *Br J Sports Med*. 2014;48:1075-7. DOI: 10.1136/bjsports-2015-094807.
9. Гайко Г.В. Остеоартроз — медико-соціальна проблема та шляхи її вирішення. *Вісник ортопедії, травматології та протезування*. 2003. № 4. С. 5-8.
10. Zini R, Volpi P, Bisciotti GN. Groin pain syndrome. Berlin: Springer; 2017:1-190.
11. De Sa D, Hölmich P, Phillips M, Heaven S, Simunovic M, Philippon MJ, Ayeni OR. Athletic groin pain: a systematic review of surgical diagnoses, investigation and treatment. *Br J Sports Med*. 2016;50(19):1181-6. DOI: 10.1136/bjsports-2015-095137.
12. Страфун С.С., Гайович В.В., Гайко О.Г. Оцінка результатів лікування хворих із застарілими ушкодженнями периферичних нервів нижньої кінцівки. *Вісник ортопедії, травматології та протезування*. 2017. № 2. С. 4-9.

Отримано/Received 06.01.2024

Рецензовано/Revised 15.01.2024

Прийнято до друку/Accepted 26.01.2024 ■

Information about authors

Yurii Yarmoliuk, MD, DSc, PhD, Professor, Colonel of the Medical Service, Chief Traumatologist of the Ukraine Armed Forces, Head of the Injury Clinic, National Military Medical Clinical Center "Main Military Clinical Hospital", Kyiv, Ukraine; e-mail: yuo1707@gmail.com; phone: +380 (67) 791-69-28; Department of Traumatology and Orthopedics, Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine; <https://orcid.org/0000-0003-1971-9683>

Olexandr Kostub, MD, DSc, PhD, Professor, Head of the Department of Sports and Ballet Trauma, State Institution "Institute of Traumatology and Orthopaedics of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Kyiv, Ukraine; e-mail: akostub@ukr.net; phone: +380 (50) 310-47-13; <https://orcid.org/0000-0001-7925-9362>

Olexyi Dolgoplov, MD, DSc, PhD, Professor, Head of the Department of Severe Polystructural Trauma, State Institution "Institute of Traumatology and Orthopaedics of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Kyiv, Ukraine; e-mail: poloff.a@gmail.com; phone: +380 (50) 358-05-65; <https://orcid.org/0000-0002-5204-6137>

Roman Blonskyi, MD, DSc, PhD, Chief Research Fellow, Department of Sports and Ballet Trauma, State Institution "Institute of Traumatology and Orthopaedics of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Kyiv, Ukraine; e-mail: drblonskiy@ukr.net; phone: +380 (67) 986-20-20; <https://orcid.org/0000-0003-2310-6345>

Valentyn Rohozynskiy, Captain of the Medical Service, Resident of the Injury Clinic, National Military Medical Clinical Center "Main Military Clinical Hospital", Kyiv, Ukraine; e-mail: dr.rohozynskiy@gmail.com; phone: +380 (63) 995-97-95; <https://orcid.org/0000-0001-9891-0739>

Maksym Pasenko, Postgraduate Student, Department of Traumatology and Orthopedics, Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine; e-mail: pasenkom91@gmail.com; phone: +380 (66) 152-69-03; National Military Medical Clinical Center "Main Military Clinical Hospital", Kyiv, Ukraine; <https://orcid.org/0000-0003-1281-5170>

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

Information about funding. The source of financing is the funds of private individuals.

Yu.O. Yarmoliuk^{1,3}, O.O. Kostub², O.V. Dolgoplov², R.I. Blonskyi², V.O. Rohozynskiy¹, M.S. Pasenko^{1,3}

¹National Military Medical Clinical Center "Main Military Clinical Hospital", Kyiv, Ukraine

²State Institution "Institute of Traumatology and Orthopaedics of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Kyiv, Ukraine

³Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

Studying foot function in patients after surgical treatment for gunshot wounds of limbs with ischemic muscle injuries using cellular technologies (retrospective analysis)

Abstract. Background. The purpose was to analyze the degree of restoring foot function using therapy with living cells after gunshot wounds to the extremities. **Materials and methods.** During the 10 years since the start of hostilities on the territory of Ukraine (from 2014 to the beginning of 2024), 39 patients with the consequences of compartment syndrome (presence of ischemic contracture) and nerve damage, which were also accompanied by gunshot fractures, were treated at the National Military Medical Clinical Center "Main Military Clinical Hospital". Of these, 29 patients underwent therapy with living cells and 10 patients did not. Two groups were formed, with

upper and lower limb injuries. Based on this, our team formed 2 study groups: the first one — the main (29 patients) and the second one — controls (10 patients). **Results.** Based on the data obtained through retrospective analysis, it can be concluded that the use of therapy with living cells has a positive outcome in the treatment of ischemic muscle injuries following gunshot limb wounds. **Conclusions.** The use of therapy with living cells has a positive effect on improving foot function after gunshot limb injuries with ischemic muscle damage.

Keywords: therapy with living cells; compartment syndrome; gunshot fracture

УДК 616.717.5-001.5-089

Рушай А.К.

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

Застосування топічних форм протизапальних, знеболюючих і протинабрякових препаратів при реабілітації хворих з переломами дистального метаепіфіза променевої кістки

Резюме. Актуальність. Одними з найпоширеніших переломів є переломи дистального метаепіфіза променевої кістки (ПДМЕПК). Важливим напрямком поліпшення результатів лікування є вдосконалення реабілітаційного комплексу починаючи з ранніх етапів. **Мета:** поліпшити результати консервативного лікування ПДМЕПК шляхом проведення раннього комплексного реабілітаційного лікування з використанням топічних форм протизапальних, знеболюючих і протинабрякових препаратів. **Матеріали та методи.** Під наглядом перебувало 69 постраждалих із ПДМЕПК зі зміщенням. Корекція проводилася після введення в гематому 2% розчину лідокаїну і внутрішньом'язово 2% розчину препарату Дексалгін®; здійснювалася відповідно до розробленого нами способу з використанням тракційного пристосування з лейкопластирним витягуванням за 1–3-й пальці. Після зіставлення уламки фіксували гіпсовою (34 спостереження) або полімерною напівжорсткою пов'язкою (35 випадків) у ретенційному положенні кисті. Хворі з фіксацією перелому гіпсовою лонгетою і реабілітацією за загальноприйнятими принципами становили групу порівняння. У 35 випадках (основна група) фіксація здійснювалася полімерною напівжорсткою пов'язкою Softcast/Scotchcast. Досягалася більша стабільність фіксації (менша рухливість уламків). Зручним способом визначення ймовірності розвитку нейродистрофічного синдрому та індивідуального обсягу профілактики в основній групі було використання показника термоасиметрії ΔT . Обсяг медикаментозної терапії варіював від знеболювальної терапії препаратом Дексалгін®, вітамінами групи В і С, препаратами Са і вітаміном D₃, нуклеотидами (Келтікан) до доповнення лікування антиоксидантом Берлітіоном, антиконвульсантами, протинабряковими препаратами при $\Delta T > 2,2 \pm 0,5$ °C. Після зняття системи фіксації інтенсивність кінезотерапії зростала, відзначали гострі явища асептичного запалення і больове обмеження рухів. У цей період призначали ультразвук (фонофорез) із Фастум® гелем і Ліотон® 1000 гелем. З метою оцінки функції верхньої кінцівки використовували рентгенологічні дані та результати опитувальника DASH (Disability of the Arm, Shoulder and Hand Outcome Measure). **Результати.** Функціональні результати лікування хворих з ПДМЕПК за шкалою DASH: добрі результати становили 27,7 % у контрольній групі і 67,2 % — в основній ($p < 0,05$), а незадовільні — 29,4 і 6 % відповідно. Ця динаміка підтверджує ефективність застосування індивідуальної медикаментозної терапії, визначеної з використанням методу прогнозування ймовірності розвитку посттравматичного напружено-деформованого стану за допомогою градієнта T , і проведення фізіотерапії Фастум® гелем і Ліотон® 1000 гелем, ранньої кінезотерапії. **Висновки.** Запропонована система ранньої реабілітації була безпечною. На ранніх етапах проводили магніто- і пайлер-терапію, після зняття пов'язки — фонофорез із Фастум® гелем і Ліотон® 1000 гелем; після курсу фонофорезу топічні препарати використовувалися в домашніх умовах. Визначено ефективність запропонованих заходів — добрі функціональні результати через 30 днів після зняття системи полімерної напівтвердої фіксації становили 67,2 %.

Ключові слова: перелом дистального метаепіфіза променевої кістки; реабілітація

© «Травма» / «Trauma» («Травма»), 2024

© Видавець Заславський О.Ю. / Publisher Zaslavsky O.Yu., 2024

Для кореспонденції: Рушай Анатолій Кирилович, доктор медичних наук, професор, кафедра хірургії, анестезіології та інтенсивної терапії післядипломної освіти, Інститут післядипломної освіти, Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, бульв. Т. Шевченка, 13, м. Київ, 01601, Україна; e-mail: Anatoliyrushay@gmail.com

For correspondence: Anatolii Rushay, MD, DSc, PhD, Professor, Department of Surgery, Anesthesiology and Intensive Care of Postgraduate Education, Institute of Postgraduate Education, Bogomolets National Medical University, T. Shevchenko boulevard, 13, Kyiv, 01601, Ukraine; e-mail: Anatoliyrushay@gmail.com

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

Актуальність

Одними з найпоширеніших переломів у жінок після 50 років є переломи дистального метаепіфіза променевої кістки (ПДМЕПК). Серед цієї категорії постраждалих їх рівень сягає 35–40 % [1–3]. Проведення репозиції та утримання уламків у вправленому положенні іммобілізуючими пов'язками є основним методом лікування. Важливим напрямком поліпшення результатів лікування є вдосконалення реабілітаційного комплексу починаючи з ранніх етапів.

Мета роботи: поліпшити результати консервативного лікування ПДМЕПК шляхом проведення раннього комплексного реабілітаційного лікування з використанням топічних форм протизапальних, знеболюючих і протинабрякових препаратів.

Завдання: обґрунтувати й провести комплексну програму реабілітації — інтенсивну знеболюючу кінезотерапію з використанням можливостей напівжорсткої фіксації полімерними пов'язками і фізіотерапію Фастум® гелем і Ліотон® 1000 гелем. Визначити ефективність запропонованих заходів.

Матеріали та методи

Під наглядом перебувало 69 постраждалих із ПДМЕПК зі зміщенням. Корекція зміщення проводилася після попереднього введення в гематому 2% розчину лідокаїну і внутрішньом'язово 2% розчину препарату Дексалгін®, здійснювалася відповідно до розробленого нами способу з використанням тракційного пристосування з лейкопластирним витягуванням за 1–3-й пальці.

Після зіставлення уламки фіксували гіпсовою (34 спостереження) або полімерною напівжорсткою пов'язкою (35 випадків) у ретенційному положенні кисті.

У хворих з фіксацією перелому гіпсовою лонгетою реабілітація проводилася за загальноприйнятими принципами. Ці 34 хворі були групою порівняння.

У 35 випадках (хворі основної групи) фіксація здійснювалася полімерною напівжорсткою пов'язкою Softcast/Scotchcast, що давало змогу уникнути багатьох недоліків гіпсових пов'язок. Досягалася більша стабільність пов'язки (менша рухливість уламків) [4, 5]; з'являлася можливість почати кінезотерапію вже в ранньому іммобілізаційному періоді в розширеному обсязі.

Стандартними напрямками відновлювального комплексу є фізичні вправи, лікувальний масаж і фізіотерапевтичні процедури. Низка авторів відзначають важливість профілактичного проведення медикаментозної терапії [6, 7].

Зручним способом визначення ймовірності розвитку нейродистрофічного синдрому (НДС) та індивідуального обсягу профілактики в основній групі було використання показника термоасиметрії ΔT . Обсяг медикаментозної терапії, за даними А.К. Рушая зі співавт. (2017) [8], варіює від знеболювальної терапії препаратом Дексалгін®, вітамінами групи В і С, пре-

паратими Са і вітаміном D₃, нуклеотидами (Келтікан) при $\Delta T < 0,4 \pm 0,09$ °C (мала ймовірність розвитку НДС) до доповнення антиоксидантом Берлітіоном, антиконвульсантами, протинабряковими препаратами при $\Delta T > 2,2 \pm 0,5$ °C [9].

Травматичне пошкодження при ПДМЕПК не обмежується порушенням кісткової цілісності в метаепіфізі променевої кістки. Енергія травматичної хвилі поширюється по міофасціальних структурах вгору по кінцівці і викликає низку серйозних анатомічних і функціональних порушень. Це призводить не тільки до розвитку явищ запалення в м'язих тканинах, що становлять зону перелому, і променево-зап'ястковому суглобі, але й до формування м'язових контрактур у ліктьовому, плечовому суглобах і навіть у суглобах верхнього плечового пояса. Явища набряку і гіпертонус супінаторів можуть призвести до компресії чутливої гілочки променевого нерва, яка проявляється болем у ділянці тильної поверхні 1-го пальця.

Тривалий травматичний гіпертонус м'язів в ушкодженій кінцівці призводить до розвитку контрактур у променево-зап'ястковому, ліктьовому і часто — плечовому суглобах, які важко піддаються лікуванню, до формування тригерних міофасціальних точок, а тривале існування первинного відбитого болю підвищує ризик розвитку тунельних нейропатій променевого, середнього і ліктьового нервів.

Вибір фізіопроцедур на іммобілізаційному етапі обмежений. У цьому разі призначали магнітотерапію або пайлер-терапію.

Після зняття системи фіксації інтенсивність кінезотерапії зростала, відзначали гострі явища асептичного запалення — набряк тканин, болючість, анатомічне (рубці) і больове обмеження рухів. У цей період призначали ультразвук (фонофорез) із Фастум® гелем і Ліотон® 1000 гелем.

Основна діюча речовина Фастум® гелю — кетопрофен (нестероїдний протизапальний препарат), Ліотон® 1000 гелю — гепарин натрію (антикоагулянтний засіб прямої дії для місцевого застосування). Допоміжні речовини спрощують проникнення препаратів у вогнище. Поєднання знеболювальної, протизапальної та антикоагулянтної дій є патофізіологічно обґрунтованим; різні механізми дії доповнюють один одного. Проведення фонофорезу потенціює їхню дію. Препарати наносяться двома смужками по 5 см, змішуються на шкірі. Хвилеводом здійснюється фонофорез. Режим апарата ультразвуку був безперервний, щільність випромінювання — від 0,7 до 1,0 Вт/см², по 5–10 хв щодня. Курс лікування становив 10 сеансів (рис. 1).

Крім того, після закінчення курсу фонофорезу в домашніх умовах суміш препаратів наносили ще 2 рази на день упродовж 2–3 тижнів.

З метою оцінки функції верхньої кінцівки використовували рентгенологічні дані та результати опитувальника DASH (Disability of the Arm, Shoulder and Hand

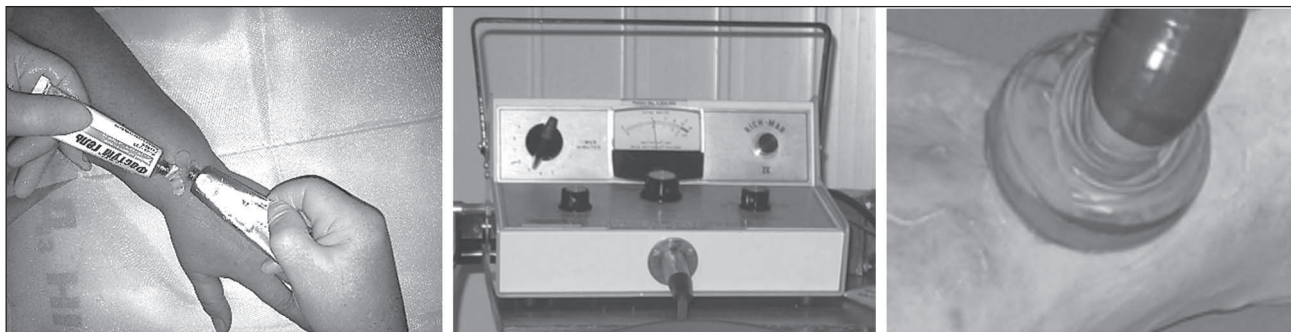


Рисунок 1. Проведення фонофорезу на ділянці променево-зап'ясткового суглоба

Outcome Measure), інтерактивна версія якого доступна на сайті <http://www.dash.iwh.on.ca> [10].

Отримані дані були інтерпретовані з використанням сучасних методів медичної статистики.

Результати та обговорення

Отже, проведені дослідження результатів лікування хворих із ПДМЕПК доводять таке. Мульти-модальне знеболювання, диференційовано і обґрунтовано застосована медикаментозна терапія, шадна репозиція із застосуванням запропонованого пристрою, рання кінезотерапія і використання тепличних препаратів Фастум гель® і Ліотон 1000® дозволили усунути больовий синдром уже до 7-ї доби в переважній частині постраждалих. На 60-ту добу після закінчення лікування 91,7 % пацієнтів оцінили больові відчуття як толерантні, а функцію пошкодженої руки визначили як задовільну, функціональність становила $83,3 \pm 0,4$ бала. Корекція зміщення уламків загальноприйнятим методом і відсутність медикаментозної терапії не є оптимальним варіантом. Рентгенологічні методи обстеження постраждалих із ПДМЕПК після корекції і після зняття лонгети показали таке. Найбільш значущими і статистично вірогідними були відмінності долонного нахилу — $6,7 \pm 0,2^\circ$ і $2,1 \pm 0,1^\circ$ ($p < 0,05$) і вкорочення променевої кістки — $3,4 \pm 0,2$ мм і $6,6 \pm 0,3$ мм

($p < 0,05$). Лінія поліноміального тренду долонного нахилу і розподіл спостережень у більшості відповідали параметру «задовільно». Укорочення променевої кістки після корекції і після зняття лонгети були найбільш показові і становили $3,4 \pm 0,2$ мм і $6,6 \pm 0,3$ мм відповідно. Статистично вірогідне ($p < 0,05$) збільшення незадовільних результатів укорочення > 12 мм — із 43,3 до 66 % — відбулося через зниження добрих результатів з 28,9 до 15,5 % при незначній динаміці задовільних результатів — 27,8 і 23,5 % відповідно.

Застосування запропонованого нами лейкопластичного витягування, репозиції і накладання раціональних гіпсових і полімерних пов'язок в умовах апаратної корекції, особливо у випадках нестабільних переломів, довело їх ефективність. Про це свідчить співвідношення анатомічних результатів. Добрі результати в основній групі становили 44,9 % порівняно з 27,7,2 % у контрольній ($p < 0,05$), незадовільні — 2,2 і 30,4 %, задовільні — 43,8 і 52,9 % відповідно.

Функціональні результати лікування хворих із ПДМЕПК за шкалою DASH: добрі результати становили 27,7 % у контрольній групі і 67,2 % — в основній ($p < 0,05$), незадовільні — 29,4 і 6 % відповідно. Ця динаміка підтверджує ефективність застосування індивідуальної медикаментозної терапії,



Рисунок 2. Результати лікування хворих із ПДМЕПК за рентгенометричними даними

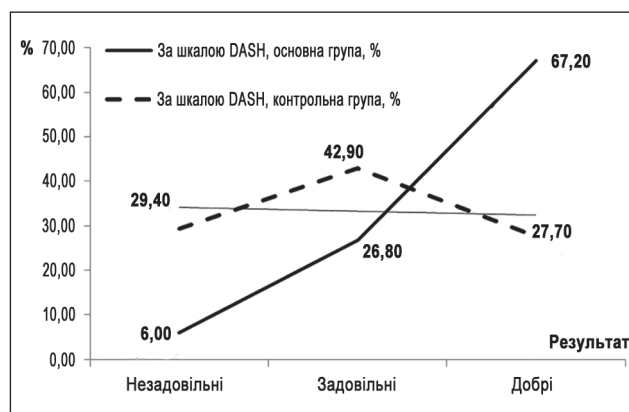


Рисунок 3. Результати лікування хворих обох груп із ПДМЕПК за функціональними даними за шкалою DASH

визначеної з використанням методу прогнозування ймовірності розвитку посттравматичного НДС за допомогою градієнта Т, і проведення фізіотерапії Фастум® гелем і Ліотон® 1000 гелем, ранньої кінезотерапії.

Висновки

1. Запропонована система ранньої реабілітації була безпечною.
2. На ранніх етапах проводили магніто- і пайлер-терапію, після зняття пов'язки — фонофорез із Фастум® гелем і Ліотон® 1000 гелем; після курсу фонофорезу топічні препарати використовувалися в домашніх умовах.
3. Визначено ефективність запропонованих заходів: добрі функціональні результати через 30 днів після зняття системи полімерної напівтвердої фіксації становили 67,2 %.

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

Список літератури

1. Бур'янов О.А., Коструб О.О., Котюк В.В., Засаднюк І.А., Подік В.А. Літоніс травматології та ортопедії. 2018. № 1–2. С. 135–146.
2. Страфун С.С., Тимошенко С.В. Переломи дистального метаепіфіза лучевий кисті. Київ, 2015. 307 с.
3. Zhongguo Gu Shang. Quantitative evaluation of Colles' fracture by Multislice CT multiplanner reconstruction: a feasibility study. *China Journal of Orthopedic and Traumatology*. 2016;29(1):13–7.
4. Baldus S, Rudolph V et al. Heparins increase endothelial nitric oxide bioavailability by liberating vessel-immobilized myeloperoxidase. *J Immunol*. 2006;113(15):1871–8.
5. Rushay AK, Lisunov SV. The role of indicators of thermo-assymetry in determining the volume of drug preventive maintenance of neuropathic disorders in patients with a fracture of a radius in a typical place. *Матеріали конференції «Наукові читання імені проф. Є.Т. Скляренка». Впровадження наукових розробок у практику охорони здоров'я. Київ, 2017. С. 228–229.*
6. Zhongguo Gu Shang. Quantitative evaluation of Colles' fracture by Multislice CT multiplanner reconstruction: a feasibility study. *China Journal of Orthopedic an Traumatology*. 2016;29(1):13–7.
7. Rushay A, Klimovitskiy F, Lisunov S, Soloviev I, Solonitsin E. Technology for Reposition of Distal Radial Epiphysis Fractures. *Trauma*. 2022;17(5):61–66. <https://doi.org/10.22141/1608-1706.5.17.2016.83877>.
8. Пат. 115053 Україна, МПК6 А61В 5/01. Спосіб прогнозування розвитку нейродистрофічного синдрому у хворих з переломами дистального метаепіфізу променевої кістки / А.К. Рушай, Ф.В. Климовицький, С.В. Лісунов, І.О. Соловійов, Є.О. Солоніцин. № u201611829, заявл. 22.11.2016; опубл. 27.03.2017, бюл. № 6/2017.
9. Пат. 115025 Україна, МПК6 А61К 33/00, А61Р 19/00, А61Р 21/00. Спосіб профілактики нейродистрофічного синдрому у хворих з переломами дистального метаепіфізу променевої кістки / А.К. Рушай, Ф.В. Климовицький, С.В. Лісунов, І.О. Соловійов, Є.О. Солоніцин. № u201611449, заявл. 11.11.2016; опубл. 27.03.2017, бюл. № 6/2017.
10. Disability of the Arm, Shoulder and Hand Outcome Measure. <http://www.dash.iwh.on.ca>.

Отримано/Received 06.03.2024

Рецензовано/Revised 02.04.2024

Прийнято до друку/Accepted 10.04.2024 ■

Information about author

Anatolii Rushay, MD, DSc, PhD, Professor, Department of Surgery, Anesthesiology and Intensive Care of Postgraduate Education, Institute of Postgraduate Education, Bogomolets National Medical University, T. Shevchenko boulevard, 13, Kyiv, 01601, Ukraine; e-mail: Anatoliyrushay@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-9530-2321>

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

A.K. Rushai

Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

The use of topical anti-inflammatory, analgesic and anti-edematous drugs in the rehabilitation of patients with fractures of the distal metaepiphysis of the radius

Abstract. Background. One of the most common fractures is fracture of the distal metaepiphysis of the radius (FDMER). A key area for improving treatment outcomes is the improvement of the rehabilitation measures, starting from the early stages. Objective: to improve the outcomes of conservative treatment for FDMER by conducting early comprehensive rehabilitation using topical anti-inflammatory, analgesic and anti-edematous drugs. **Materials and methods.** There were 69 patients with FDMER under observation. The correction was performed after injection of 2% lidocaine solution and intramuscular 2% Dexalgin® solution into the hematoma

according to the method developed by us using a traction device with adhesive plaster traction of the 1st–3rd fingers. After reposition, the fragments were fixed with a plaster cast (34 observations) or a semi-rigid polymer bandage (35 cases) in the retention position of the hand. Patients with fracture fixation using a plaster cast and rehabilitation according to the generally accepted principles formed the comparison group. In 35 cases (the main group), fixation was performed with a semi-rigid polymer Scotchcast SoftCast bandage. Greater stability of fixation was achieved (lower mobility of the fragments). A convenient way to determine the likelihood

of developing neurodystrophic syndrome and the individual volume of prophylaxis in the main group was to use the thermoasymmetry index ΔT . The scope of drug treatment ranged from analgesic therapy with Dexalgin®, vitamins B and C, Ca preparations and vitamin D₃, nucleotides (Keltican) to supplementation with the antioxidant berlithion, anticonvulsants, and decongestants at $\Delta T > 2.2 \pm 0.5$ °C. After removal of the fixation system, the intensity of kinesiotherapy increased, acute aseptic inflammation and painful limitation of movements were noted. During this period, ultrasound (phonophoresis) with Fastum® gel and Lioton® 1000 gel was prescribed. To assess the function of the upper limb, radiological data, and the DASH (Disability of the Arm, Shoulder and Hand) outcome measure were used. **Results.** The functional outcomes of treatment in patients with FDMER according to the DASH score were as follows: good results were observed in 27.7 %

of cases in the control group and 67.2 % in the main group ($p < 0.05$), while unsatisfactory results in 29.4 and 6 %, respectively. This dynamics confirms the effectiveness of individual drug therapy, determined with the method for predicting the likelihood of developing post-traumatic neurodystrophic syndrome using the T° gradient and physiotherapy with Fastum® gel and Lioton® 1000 gel, early kinesiotherapy. **Conclusions.** The proposed system of early rehabilitation was safe. In the early stages, magnetic and PILER therapy was performed, after removal of the bandage — phonophoresis with Fastum® gel and Lioton® 1000 gel; after the course of phonophoresis, topical drugs were used at home. The proposed measures appeared to be effective: good functional results 30 days after removal of a semi-rigid polymer fixation system were achieved in 67.2 % of cases.

Keywords: fracture of the distal metaepiphysis of the radius; rehabilitation

Герцен Г.І.^{1,2}, Гапон О.М.³, Білоножкін Г.Г.^{1,2}

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

²КНП «Київська міська клінічна лікарня № 8», м. Київ, Україна

³КНП «Київська міська клінічна лікарня № 6», м. Київ, Україна

Інтрамедулярна стабілізація дислокованих переломів тіла ключиці компресійним стрижнем

Резюме. Незважаючи на сприятливі прогнози консервативного лікування переломів тіла ключиці, незадовільні наслідки досягають 10–30 % випадків. Хірургічні методи лікування дислокованих переломів тіла ключиці у вигляді остеосинтезу пластиною чи еластичним титановим стрижнем мають найбільше застосування у практиці. Недоліком останнього методу є можлива міграція імплантата з перфорацією шкірних покривів. Мета дослідження полягала у вивченні ефективності вдосконаленого нами інтрамедулярного стрижня для остеосинтезу дислокованих переломів тіла ключиці типу OTA 15A та OTA 15B за класифікацією АО/ASIF. Суть удосконалення полягала у можливості закритого малоінвазивного інтрамедулярного остеосинтезу тіла ключиці при полегшеній техніці самого хірургічного втручання, запобігання міграції імплантата. Останнє досягається тим, що один з кінців стрижня має свердло, яке виключало необхідність попереднього просвердлювання кістково-мозкової порожнини ключиці дрилем для введення стрижня, а його протилежний кінець має різьблення, при накручуванні гайки на яке досягається компресія між фрагментами ключиці. Під наглядом у клініці травматології та ортопедії лікарні № 6 міста Києва перебували 42 пацієнти із закритими дислокованими переломами тіла ключиці. Пацієнтам під провідниковою анестезією виконано інтрамедулярний остеосинтез переломів тіла ключиці удосконаленим компресуючим стрижнем (у 28 випадках закритий, у 14 — відкритий). У динаміці в післяопераційному періоді проводили клініко-рентгенологічне дослідження, вираженість больового синдрому та функцію верхньої кінцівки оцінювали за ВАШ, DASH. Як показали результати рентгенологічних досліджень, у пацієнтів середні терміни консолидації переломів тіла ключиці становили $10,1 \pm 1,4$ тижня (діапазон 8–12 тижнів). Протягом спостереження відзначено сприятливу динаміку за ВАШ і DASH, до кінця дослідження (12 місяців після операції) функціональні можливості верхньої кінцівки за шкалою DASH відповідали $1,54 \pm 0,84$ бала, за ВАШ — $9,60 \pm 2,11$ бала. Удосконалена конструкція інтрамедулярного стрижня для остеосинтезу дислокованих переломів тіла ключиці типу OTA 15A та OTA 15B може бути рекомендована для використання у практиці, оскільки продемонструвала сприятливі клініко-рентгенологічні та функціональні результати.

Ключові слова: переломи тіла ключиці; інтрамедулярний остеосинтез

Вступ

Переломи ключиці є поширеною травмою, їх частота щодо всіх переломів кісток досягає 2,6–11,7 % випадків, причому переломи тіла ключиці значно перевищують інші їх локалізації, становлячи 70–80 % випадків [1]. Історично золотим стандартом лікування переломів ключиці був консервативний метод. Однак починаючи з 1990-х років у літературі стали з'являтися відомості про високі показники несприятливих ре-

зультатів консервативного лікування переломів ключиці у вигляді незрощення і зрощення зі зміщенням, при цьому частота несприятливих результатів досягала 20–30 % випадків [2–4].

З огляду на це при лікуванні переломів ключиці набагато ширше стали застосовувати хірургічні методи, починаючи від остеосинтезу спицями, позавогнищевими фіксаторами і закінчуючи накістковими пластинами, інтрамедулярними стрижнями. Останнім ча-

сом для остеосинтезу переломів ключиці найчастіше використовують контуровані фіксуючі пластини та інтрамедулярні стрижні [5–7]. Результати втручань із застосуванням зазначених імплантів показують високий рівень зрощення уламків ключиці та малий відсоток ускладнень [8, 9]. Протягом останнього десятиліття кількість хірургічних втручань з приводу переломів ключиці збільшилася на 190 % [10].

На сьогодні показаннями для хірургічного лікування переломів тіла ключиці прийнято вважати відкриті переломи, наявність зміщення відламків більше ніж на 100 % по ширині, укорочення більше ніж 1,5 см, пошкодження підключичних судин, плечового сплетення, наявність флотуючого («плаваючого») плеча, що виникає при переломах ключиці та шийки лопатки разом, сегментарні переломи, незрощені та зрощені з деформацією переломи [11, 12].

У практиці хірургічного лікування переломів ключиці ширшого застосування отримав метод відкритої репозиції та накісткової фіксації контурованою або реконструктивною пластиною, останній використовують у 52,4–61,8 % випадків [13, 14]. Можна відзначити, що з цим методом конкурує закритий або відкритий остеосинтез тіла ключиці еластичним титановим стрижнем JSIN або стрижнями інших конструкцій [5, 15].

У літературі відзначаються переваги закритого металоостеосинтезу (МОС) ключиці інтрамедулярним стрижнем порівняно з пластиною: малий хірургічний доступ, менший час операції та ступінь травматизації м'яких тканин, відсутність контакту з підключичним нервом, біомеханічно інтрамедулярне розташування імпланта більш бажане, оскільки не змінюються міцнісні характеристики фіксації фрагментів при зміні згинальних м'язових зусиль на ключицю; крім того, перевагою методу є відсутність накісткового «зарощення» імпланта, що важливо при його видаленні [5, 16].

Проте інтрамедулярний МОС тіла ключиці має свої недоліки у вигляді: можливості міграції імпланта, його поломки й у зв'язку з цим незрощення й укорочення ключиці [17]. З огляду на вищевикладене ми вважали за доцільне удосконалити конструкцію інтрамедулярного стрижня для МОС тіла ключиці з метою спрощення техніки хірургічного втручання, а також запобігання можливим ускладненням.

Мета дослідження: вивчити ефективність удосконаленого нами інтрамедулярного стрижня для остеосинтезу дислокованих переломів тіла ключиці типу ОТА 15А й ОТА 15В за класифікацією АО/ASIF.

Матеріали та методи

Удосконалена нами конструкція інтрамедулярного стрижня (патент на корисну модель № 154636 від 29.11.2023 р.) для МОС тіла ключиці дозволяє скоротити час його введення у кістковомозкову порожнину ключиці без її розсвердлювання, створити компресію між кістковими уламками, що сприятливо для зрощення кістки, а також для усунення можливості міграції імпланта. Стрижень виготовлено із титанового сплаву ВТ-6, дозволеного в медичній практиці. Удо-

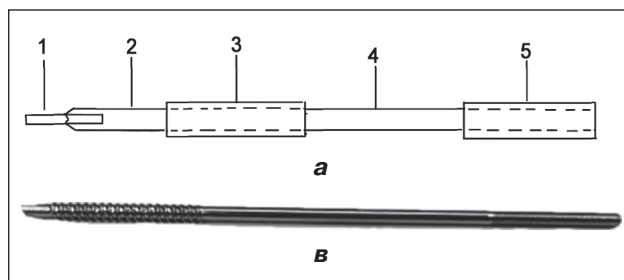


Рисунок 1. Схематичне зображення стрижня для компресійного остеосинтезу переломів тіла ключиці (а): 1 — отвір для направляючої спиці, 2 — свердло, 3 — направляюча різьба, 4 — тіло, 5 — різьба для компресійної гайки; загальний вигляд стрижня (в)

сконалений стрижень показаний на рис. 1, на якому наведені його загальна схема (а) і загальний вигляд (в).

Стрижень для остеосинтезу тіла ключиці використовують наступним чином. Після закритої одномоментної репозиції відламків ключиці, що підтверджується рентгенологічно, відступивши на 2–3 см від ключично-стернального суглоба, трепанують отвір у проксимальному відламку кістки під кутом 30° до кістково-мозкової порожнини. У цей отвір за допомогою ручного пристрою або дрилу вводять стрижень, дивлячись на монітор рентгенапарата. При цьому перфорують дистальний відламок ключиці. У цій ділянці виконують додатковий розріз шкіри до 2 см довжиною, з якого на виступаючу частину стрижня накручують компресійну гайку. Виступаючу за компресійну гайку лишню частину стрижня відкусують. Після операції проводиться іммобілізація верхньої кінцівки до 2 тижнів звичайним ортезом з ранніми рухами в суглобах, при цьому дозволяється відведення плеча до 90° за відсутності фізичних навантажень. Останнє дозволяється після консолідації відламків ключиці, що встановлюється рентгенологічно.

Клініко-рентгенологічні дослідження проводилися у 42 пацієнтів із закритими дислокованими переломами тіла ключиці ОТА типу 15А і ОТА 15В2 (класифікація АО/ASIF) віком 18–67 років, серед яких було 12 жінок і 30 чоловіків. Усім пацієнтам у клініці травматології та ортопедії МКЛ № 6 м. Києва під проводниковою анестезією виконано МОС ключиці компресуючим стрижнем. У 28 випадках МОС виконувався закрито за вищеписаною технологією, у 14 випадках — відкрито.

Пацієнтам у післяопераційному періоді проводили клініко-рентгенологічне дослідження у динаміці. При цьому визначали ступінь вираженості больового синдрому, амплітуду рухів у плечовому суглобі, функцію верхньої кінцівки, рентген-знімки виконували після операції і далі з інтервалами 4 тижні до зрощення ключиці. Наявність болю в зоні перелому ключиці оцінювали на підставі суб'єктивної візуально-аналогової шкали (ВАШ) порівняно з доопераційним періо-

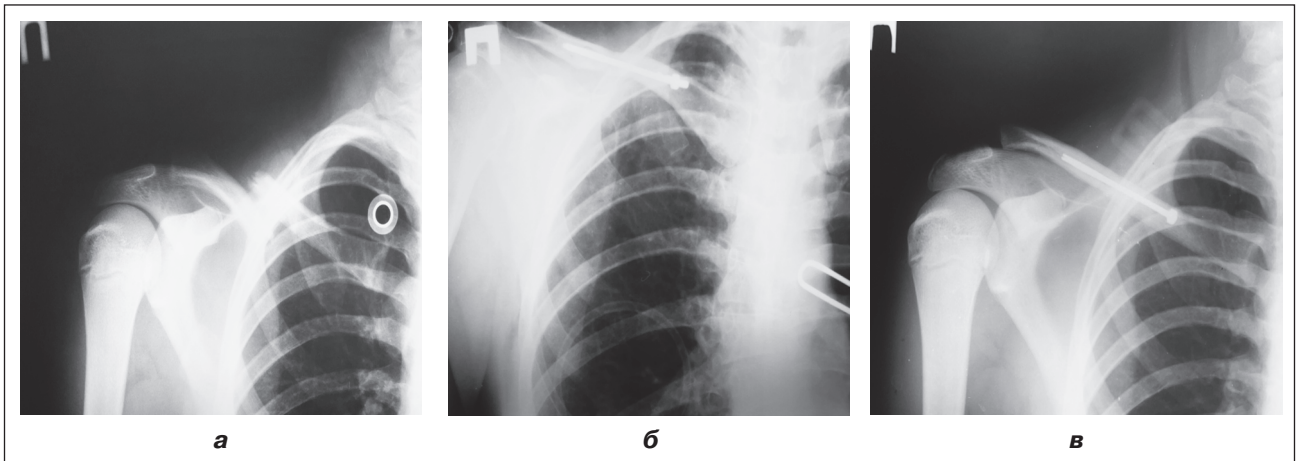


Рисунок 2. Рентгенограми правої ключиці хворого Б-ів А.В., діагноз: закритий дислокований перелом тіла правої ключиці, ОТА 15А3 (а), після операції закритого остеосинтезу правої ключиці компресуючим стрижнем (б), консолідація фрагментів правої ключиці через 9 тижнів після операції (в)

дом, збереження функції верхньої кінцівки визначали на підставі шкали DASH (The Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand) у строки 1,5; 3, 6 та 12 місяців після операції [18].

Статистичне опрацювання результатів виконувалось за допомогою методів медико-біологічної статистики з використанням пакета Statistica 7.0. Дослідження відповідало етичним стандартам, прийнятим у Гельсінській декларації. Пацієнти були проінформовані і надали згоду на проведення спостережень. Протокол дослідження схвалено експертною радою з біомедицинської етики Національного університету охорони здоров'я України ім. П.Л. Шупика.

Результати

Як показали результати проведених досліджень, у пацієнтів, госпіталізованих ургентно до стаціонару з переломами тіла ключиці, середні показники за ВАШ відповідали $5,28 \pm 1,79$ бала, на 3-й день після операції больовий синдром явно знизився, досягаючи $7,76 \pm 1,18$ бала ($p < 0,001$). До цього часу при клінічному обстеженні пацієнтів відмічено суттєве збільшення можливості відведення верхньої кінцівки у плечовому суглобі: до операції середні показники відведення плеча становили $62,40 \pm 2,17^\circ$, після операції — $121,70 \pm 3,21^\circ$, $p < 0,001$.

Оцінка функціонального стану верхньої кінцівки за шкалою DASH проведена серед пацієнтів у терміни 1,5; 3, 6 та 12 місяців після операції. Показники за цією шкалою варіюють від 0 до 100 балів. При цьому через 1,5 місяця після операції середня сума балів відповідала $26,0 \pm 2,9$, через 3 місяці — $12,49 \pm 4,15$, через 6 місяців — $3,0 \pm 2,6$, через 12 місяців — $1,54 \pm 0,84$. Ці дані показують сприятливі результати відновлення функції верхньої кінцівки, як і критерії ВАШ через 1 рік після операції — $9,60 \pm 2,11$ ($p < 0,001$). Пацієнти були задоволені результатами операції. При рентгенологічному дослідженні пацієнтів середні терміни зрощення переломів тіла ключиці становили $10,1 \pm 1,4$ тижня (діапа-

зон 8–12 тижнів), уповільненого зрощення, як і відсутності зрощення, не спостерігалось.

У пацієнтів у післяопераційному періоді серйозних ускладнень, зокрема інфекцій, переломів імплантата, його міграції, ушкодження судинно-нервового комплексу, не було відзначено. Тільки у 2 пацієнтів, у яких був виконаний відкритий МОС тіла ключиці стрижнем, мало місце оніміння шкірних покривів у ділянці хірургічного доступу.

Імпланти видаляли після рентгенологічно констатованого зрощення перелому тіла ключиці з урахуванням побажання пацієнтів у діапазоні 4–18 місяців після операції.

Як приклад наводимо витяг з історії хвороби. Хворий Б-ів А.В., 28 років, історія хвороби № 6219, надійшов до травматологічного відділення МКЛ № 6 м. Києва 26.03.2019 р. з діагнозом: закритий дислокований перелом тіла правої ключиці зі зміщенням уламків, ОТА 15А3 за класифікацією АО/ASIF (рис. 2).

Операцію виконано 27.03.2019 р.: закритий МОС.

Після операції проводили імобілізацію правої верхньої кінцівки ортезом 2 тижні з ранньою функцією плечового суглоба (через 2 дні після операції) при відведенні плеча до 90° . На 3-й день після операції оцінка болю за ВАШ 8 балів (до операції — 5 балів), відведення правого плеча до 90° . Функціональна здатність правої верхньої кінцівки за шкалою DASH відповідала через 1,5 місяця після операції 34,4 бала, через 3 місяці — $11,6 \pm 4$ бала, через 6 місяців — 2,9 бала, через 12 місяців — 1,12 бала. Рентгенологічно консолідацію фрагментів правої ключиці встановлено через 8,5 тижня після операції (рис. 2в); імплант видалено 14.10.2019 р. Через 12 місяців після операції за ВАШ оцінка 10 балів — повне задоволення результатом операції.

Обговорення

Показання, переваги та техніка хірургічного лікування переломів тіла ключиці у літературі дискутуються [19, 20]. Низка рандомізованих досліджень,

які порівнюють результати консервативного та хірургічного лікування переломів ключиці, за даними багатьох авторів, показує недостатньо переконливі переваги останнього, тому вони не рекомендують розглядати хірургічний метод як рутинний [21, 22]. Показання для хірургічного лікування переломів ключиці повинні ґрунтуватися на аналізі характеру перелому, наявності усунення уламків, фрагментизації, укорочення, супутніх ушкоджень, а також прогнозу лікування [23, 24].

Ми погоджуємося з думкою низки авторів про те, що сприятливі результати МОС тіла ключиці пластиною наявні практично при більшості переломів, відповідно до типів OTA 15A, 15B та 15C за класифікацією АО/ASIF, тоді як аналогічні результати інтрамедулярного остеосинтезу тіла ключиці можливі при переломах типу OTA 15A і 15B, при переломах типу OTA 15C цей спосіб мало надійний [25].

Саме тому МОС дислокованих переломів тіла ключиці пластиною є найпоширенішим, при цьому необхідно враховувати недоліки методу: розміри хірургічного доступу, травматизацію прилеглих м'яких тканин, можливе формування келоїдних рубців, що косметично несприятливо більше в осіб жіночої статі, також іноді трапляються випадки виривання пластин з одного із фрагментів ключиці, рефрактури після видавлення імплантата [11, 26]. Зазначені недоліки практично відсутні при закритому інтрамедулярному остеосинтезі переломів тіла ключиці стрижнем, хоча є інші проблеми, зазначені вище.

У пацієнтів при дислокованих переломах тіла ключиці типу OTA 15A і 15B виконаний нами закритий малоінвазивний МОС удосконаленим компресуючим стрижнем при полегшеній техніці самого хірургічного втручання дозволив уникнути ускладнень, типових для найбільш поширеного сьогодні методу — МОС JSIN, у вигляді міграцій імплантата з перфорацією шкірних покривів.

Порівнюючи методи інтрамедулярного МОС дислокованих переломів тіла ключиці типу OTA 15A та 15B, JSIN (за даними літератури) відповідно до термінів зрощення, а також показники ВАШ, DASH з результатами хірургічних втручань при аналогічних переломах за допомогою вдосконаленого нами компресуючого стрижня, ми відмітили наступне. Після МОС переломів тіла ключиці методом JSIN середні терміни консолидації були в інтервалі 13,4–16,3 тижня, відновлення функції верхньої кінцівки за шкалою DASH через 6 місяців після операції відповідало 5,3–5,9 бала, через 12 місяців — 2,3–2,5 бала, больовий синдром через 12 місяців після операції за ВАШ був у межах 9,3–9,5 бала [26, 27]. У пацієнтів у нашому спостереженні середні терміни консолидації переломів тіла ключиці після МОС інтрамедулярним компресуючим стрижнем становили в середньому $10,1 \pm 1,4$ тижня, функція верхньої кінцівки за шкалою DASH через 6 місяців після операції оцінена в $3,0 \pm 2,6$ бала, через 12 місяців — $1,54 \pm 0,84$ бала. Оцінка за ВАШ через 12 місяців після операції відповідала $9,60 \pm 2,11$ бала.

Таким чином, переваги МОС дислокованих переломів тіла ключиці типу OTA 15A і OTA 15B удосконаленим нами компресуючим стрижнем порівняно з JSIN полягали в скороченні термінів консолидації кісткових фрагментів, більш активному відновленні функціональних можливостей верхньої кінцівки за відсутності відмінностей у ступені вираженості больового синдрому (за ВАШ), який був практично відсутній у порівнюваних групах пацієнтів.

Висновки

1. Аналіз даних літератури щодо лікування дислокованих переломів тіла ключиці виявив високу ефективність остеосинтезу контурованими пластинами та інтрамедулярним еластичним стрижнем (JSIN). Однак спостерігаються певні ускладнення у випадках застосування JSIN, це найчастіше міграція імплантата з перфорацією шкірних покривів.

2. Інтрамедулярний остеосинтез дислокованих переломів тіла ключиці типу OTA 15A та 15B удосконаленим нами компресуючим стрижнем дозволив уникнути ускладнень, характерних для JSIN, продемонстрував більш високу ефективність при порівнянні термінів зрощення ключиці, функціональних можливостей верхньої кінцівки за ВАШ і DASH.

3. Удосконалена конструкція компресійного стрижня може бути рекомендована як метод вибору закритого малоінвазивного остеосинтезу дислокованих переломів тіла ключиці типу OTA 15A та 15B, оскільки показала сприятливі анатомо-функціональні результати.

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

Інформація про фінансування. Підготовка та процес публікації статті фінансовані виключно за власні кошти авторів.

Внесок авторів. Герцен Г.І. — концепція та дизайн дослідження, написання тексту; Гапон О.М. — збирання та обробка матеріалу; Білоножкін Г.Г. — аналіз отриманих даних.

Список літератури

1. Murray NJ, Johnson T, Packham IN, Crowther MAA, Chesser TJS. Reducing unnecessary fixation of midshaft clavicle fractures. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2022 Oct;32(7):1319-1324. DOI: 10.1007/s00590-021-03107-9.
2. Hall J, Schemitsch C, Vicente, Milena R, Dehghan N, Nauth A, Nowak L, Schemitsch E, McKee M. Operative Versus Nonoperative Treatment of Acute Displaced Distal Clavicle Fractures: A Multicenter Randomized Controlled Trial. *Journal of Orthopaedic Trauma.* 2021 Dec;35(12):660-666. DOI: 10.1097/BOT.0000000000002211.
3. Amer K, Smith B, Thomson J, Congiusta D, Reilly M, Sirkin M, Adams M. Operative Versus Nonoperative Outcomes of Middle-Third Clavicle Fractures: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Orthopaedic Trauma.* 2020 Jan;34(1):e6-e13. DOI: 10.1097/BOT.0000000000001602.

4. Hillen RJ, Schraa ER, van Essen T, Burger BJ, Veeger DH. Long-term follow-up of conservatively treated mid-shaft clavicular fractures on functional outcome. *J Orthop*. 2019 Sep 11;18:80-85. DOI: 10.1016/j.jor.2019.09.009.
5. Youn SM, Kim JD, Jeong HY, Ro K, Kim MS, Rhee YG, Rhee SM. Antegrade Intramedullary Fixation for Clavicular Shaft Fracture: A Technical Trick. *J Orthop Trauma*. 2022 Mar 1;36(3):e116-e121. DOI: 10.1097/BOT.0000000000002198.
6. Park JS, Ko SH, Hong TH, Ryu DJ, Kwon DG, Kim MK, Jeon YS. Plate fixation versus titanium elastic nailing in mid-shaft clavicle fractures based on fracture classifications. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2020 Sep-Dec;28(3):2309499020972204. DOI: 10.1177/2309499020972204.
7. Ahmad AA, Ubaidah Mustapa Kamal MA, Ruslan SR, Abdullah S, Ahmad AR. Plating of clavicle fracture using the wide-awake technique. *J Shoulder Elbow Surg*. 2020 Nov;29(11):2319-2325. DOI: 10.1016/j.jse.2020.03.003.
8. Vancleef S, Wesseling M, Duflou JR, Nijs S, Jonkers I, Vander Sloten J. Thin patient-specific clavicle fracture fixation plates can mechanically outperform commercial plates: An in silico approach. *J Orthop Res*. 2022 Jul;40(7):1695-1706. DOI: 10.1002/jor.25178.
9. Saragaglia D, Refaie R. Displaced mid-shaft clavicular fractures: state of the art for athletes and young active people. *Int Orthop*. 2021 Oct;45(10):2679-2686. doi: 10.1007/s00264-021-05113-2. Epub 2021 Jul 26. PMID: 34309695.
10. Herteleer M, Hoekstra H, Nijs S. Diagnosis and treatment of clavicular fractures in Belgium between 2006 and 2015. *J Shoulder Elbow Surg*. 2018 Aug;27(8):1512-1518. DOI: 10.1016/j.jse.2018.01.016.
11. King PR, Ikram A, Eken MM, Lamberts RP. The Effectiveness of a Flexible Locked Intramedullary Nail and an Anatomically Contoured Locked Plate to Treat Clavicular Shaft Fractures: A 1-Year Randomized Control Trial. *J Bone Joint Surg Am*. 2019 Apr 3;101(7):628-634. DOI: 10.2106/JBJS.18.00660.
12. Герцен Г., Крижевський В., Гапон А., Мовчан О., Дибкалюк С., Процик А., Білоножкін Г., Остапчук Р. Комплексний аналіз переломів ключиці в середній третині (огляд літератури). *Травма*. 2022. 23(2). 54-59. DOI: 10.22141/1608-1706.2.23.2022.891/.
13. Hulsmans MH, Heijl M, Houwert RM, Burger BJ, Verleisdonk EJM, Veeger DJ, van der Meijden OA. Surgical fixation of midshaft clavicle fractures: A systematic review of biomechanical studies. *Injury*. 2018 Apr;49(4):753-765. DOI: 10.1016/j.injury.2018.02.017.
14. Allis JB, Cheung EC, Farrell ED, Johnson EE, Jeffcoat DM. Dual Versus Single-Plate Fixation of Midshaft Clavicular Fractures: A Retrospective Comparative Study. *JB JS Open Access*. 2020 Apr 1;5(2):e0043. DOI: 10.2106/JBJS.OA.19.00043.
15. Ahearn BM, Shanley E, Thigpen CA, Pill SG, Kissenberth MJ. Factors influencing time to return to sport following clavicular fractures in adolescent athletes. *J Shoulder Elbow Surg*. 2021 Jul;30(7S):S140-S144. DOI: 10.1016/j.jse.2021.04.006.
16. Faymonville C., Libutzki P., Hackl M., Mueller L. Elastisch-stabile intramedulläre Nagelung bei Klavikulaschaftfrakturen. *Obere Extremität*. 2015 June 1;10:55-60. DOI: 10.1007/s11678-014-0284-y.
17. Griswold B, Overgaard M, Kyrkos J, Patel M, Parada S. Failure of an Intramedullary Fixation Device for a Midshaft Clavicle Fracture. *JBJS Journal of Orthopaedics for Physician Assistants*. 2020 Oct-Dec;8(4):e20.00025. DOI: 10.2106/JBJS.JOPA.20.00025.
18. Hudak PL, Amadio PC, Bombardier C. Development of an upper extremity outcome measure: the DASH (disabilities of the arm, shoulder and hand) [corrected]. The Upper Extremity Collaborative Group (UECG). *Am J Ind Med*. 1996 Jun;29(6):602-8. DOI: 10.1002/(SICI)1097-0274(199606)29:6<602::AID-AJIM4>3.0.CO;2-L.
19. Nowak J, Holgersson M, Larsson S. Sequelae from clavicular fractures are common: a prospective study of 222 patients. *Acta Orthop*. 2005 Aug;76(4):496-502. DOI: 10.1080/17453670510041475.
20. Lenza M, Buchbinder R, Johnston RV, Belloti JC, Faloppa F. Surgical versus conservative interventions for treating fractures of the middle third of the clavicle. *Cochrane Database Syst Rev*. 2013 Jun 6;(6):CD009363. DOI: 10.1002/14651858.CD009363.pub2.
21. Sørensen AR, Hammeken LH, Qvist AH, Jensen SL, Ehlers LH. Operative treatment of displaced midshaft clavicular fractures is not cost-effective. *J Shoulder Elbow Surg*. 2020 Jan;29(1):27-35. DOI: 10.1016/j.jse.2019.07.020.
22. Chen NC. In Patients with Displaced Type-II Distal Clavicle Fractures, Operative and Nonoperative Therapies Did Not Differ for Functional Outcomes at 1 Year. *J Bone Joint Surg Am*. 2022 Aug 17;104(16):1503. DOI: 10.2106/JBJS.22.00484.
23. Drayer NJ, Dukes CA, Dudevoir ML, Greenhouse AR, Rao MV, Arrington ED, Friedman RJ, Grassbaugh JA, Eichinger JK. Intraoperative Identification of Clavicle Fracture Patterns: Do Clavicles Fail in a Predictable Pattern? *J Orthop Trauma*. 2020 Dec 1;34(12):675-678. DOI: 10.1097/BOT.0000000000001801.
24. Chen MJ, DeBaun MR, Salazar BP, Lai C, Bishop JA, Gardner MJ. Hook versus locking plate fixation for Neer type-II and type-V distal clavicle fractures: a retrospective cohort study. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2020 Aug;30(6):1027-1031. doi: 10.1007/s00590-020-02658-7. Epub 2020 Mar 27. PMID: 32221679.
25. Zlowodzki M, Zelle BA, Cole PA, Jeray K, McKee MD; Evidence-Based Orthopaedic Trauma Working Group. Treatment of acute midshaft clavicle fractures: systematic review of 2144 fractures: on behalf of the Evidence-Based Orthopaedic Trauma Working Group. *J Orthop Trauma*. 2005 Aug;19(7):504-7. DOI: 10.1097/01.bot.0000172287.44278.ef.
26. van der Meijden OA, Houwert RM, Hulsmans M, Wijdicks FJ, Dijkgraaf MG, Meylaerts SA, Hammacher ER, Verhofstad MH, Verleisdonk EJ. Operative treatment of dislocated midshaft clavicular fractures: plate or intramedullary nail fixation? A randomized controlled trial. *J Bone Joint Surg Am*. 2015 Apr 15;97(8):613-9. DOI: 10.2106/JBJS.N.00449.
27. Andrade-Silva FB, Kojima KE, Joeris A, Santos Silva J, Mattar R Jr. Single, superiorly placed reconstruction plate compared with flexible intramedullary nailing for midshaft clavicular fractures: a prospective, randomized controlled trial. *J Bone Joint Surg Am*. 2015 Apr 15;97(8):620-6. DOI: 10.2106/JBJS.N.00497.

Отримано/Received 04.01.2024

Рецензовано/Revised 13.01.2024

Прийнято до друку/Accepted 24.01.2024 ■

Information about authors

Heinrich Hercen, MD, DSc, PhD, Professor at the Department of Orthopaedics and Traumatology, Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv, Ukraine; e-mail: gercen.h@gmail.com; phone: +380 (44) 432-25-79; Communal non-commercial enterprise "Kyiv City Clinical Hospital № 8", Kyiv, Ukraine; <https://orcid.org/0000-0002-9204-1015>

Oleksandr Hapon, Orthopedist-Traumatologist, PhD-student at the Department of Orthopedics and Traumatology, Communal non-commercial enterprise "Kyiv City Clinical Hospital № 6", Kyiv, Ukraine; e-mail: kievgaon@ukr.net; phone: +380 (44) 408-04-33, +380 (66) 135-90-65; <https://orcid.org/0000-0002-9609-0834>

Hennadiy Bilonozhkin, PhD, Associate Professor at the Department of Department Orthopaedics and Traumatology, Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv, Ukraine; e-mail: bilonogkin@gmail.com; phone: +380 (44) 432-25-79; Orthopedist-Traumatologist, Department of Traumatology, Communal non-commercial enterprise "Kyiv City Clinical Hospital № 8", Kyiv, Ukraine; <https://orcid.org/0000-0002-9141-1539>

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

Information about funding. The preparation and publication process of the article is financed exclusively by the authors' own funds.

Authors' contribution. H.I. Hercen — research concept and design, writing of the text; O.M. Hapon — collection and processing of material; H.H. Bilonozhkin — data acquisition analysis.

H.I. Hercen^{1,2}, O.M. Hapon³, H.H. Bilonozhkin^{1,2}

¹Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

²Communal Non-Commercial Enterprise "Kyiv City Clinical Hospital 8", Kyiv, Ukraine

³Communal Non-Commercial Enterprise "Kyiv City Clinical Hospital 6", Kyiv, Ukraine

Intramedullary stabilization of dislocated clavicle fractures with a compression rod

Abstract. Despite the favorable prognosis of conservative treatment for clavicle fractures, unsatisfactory consequences reach 10–30 % cases. Surgical methods of treatment for dislocated clavicle fractures, such as osteosynthesis with a plate or an elastic titanium rod, are mostly used in practice. The disadvantage of the latter is the possible migration of the implant with perforation of the skin. The purpose was to study the effectiveness of an intramedullary rod, improved by us, for osteosynthesis of dislocated clavicle fractures type OTA 15A and OTA 15B according to the AO/ASIF classification. The essence of the improvement was the possibility of closed minimally invasive intramedullary osteosynthesis of the clavicle body, with a simplified technique of the surgical intervention itself, prevention of implant migration. The latter was achieved by the fact that one of the ends of the rod had a drill, which eliminated the need for predrilling the medullary cavity of the clavicle to insert the rod, and its opposite end had a thread onto which a nut is screwed to achieve compression between the clavicular fragments. Forty-two patients with closed dislocated clavicle fractures were under supervision in the clinic of traumatology and orthopedics

of Kyiv City Clinical Hospital 6. They underwent intramedullary osteosynthesis for clavicle fractures with an improved compressing rod (closed in 28 cases, open in 14) under regional anesthesia. In dynamics of the postoperative period, a clinical and radiological examination was performed, the severity of the pain syndrome and the function of the upper limb were assessed according to the visual analog scale (VAS), Disability of Arm, Shoulder and Hand (DASH). As shown by the results of X-ray examinations, the average period of clavicle fracture union was 10.1 ± 1.4 weeks (range 8–12 weeks). During the observation of the patients, favorable dynamics on the VAS and DASH were noted; by the end of the study (12 months after the operation), the functional capabilities of the upper limb on the DASH corresponded to 1.54 ± 0.84 points, VAS score was 9.60 ± 2.11 points. The improved construction of the intramedullary rod for osteosynthesis of dislocated clavicle fractures of the OTA 15A and OTA 15B type can be recommended for use in practice, as it has demonstrated favorable clinical, radiological, and functional outcomes.

Keywords: clavicle fractures; intramedullary osteosynthesis

Бур'янов О.А.¹, Кваша В.П.¹, Чекушин Д.А.¹, Лянскорунський В.М.¹, Карпінський М.Ю.², Карпінська О.Д.²

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

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

Спосіб фіксації вивихів акроміального кінця ключиці за Вебером: недоліки та їх чинники

Резюме. Актуальність. Вивихи акроміального кінця ключиці є доволі поширеним травматичним пошкодженням апарату руху й опори та, за даними різних авторів, становлять від 3 до 26,1 % від вивихів інших локалізацій і близько 10 % у структурі гострих пошкоджень плечового пояса, посідаючи третє місце після вивихів плеча та передпліччя. Зустрічаються переважно у чоловіків молодого, найбільш працездатного віку, що зумовлює соціальну значимість цього пошкодження. Стабілізація акроміального кінця ключиці зазвичай забезпечувалася фіксацією за Вебером та використанням hook plate. **Мета дослідження:** визначити недоліки та міцнісні характеристики кріпильних елементів при фіксації акроміального кінця ключиці за Вебером. **Матеріали та методи.** За період з 2015 по 2020 р. проведено ретроспективний аналіз результатів лікування 57 пацієнтів, яким було виконано оперативне втручання з приводу вивиху акроміального кінця ключиці з фіксацією за Вебером. У лабораторії біомеханіки ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І. Ситенка НАМН України» були проведені розрахунки міцності фіксації акроміального кінця ключиці серкляжним дротом та спицями при його вивиху. **Результати.** За результатами клінічних досліджень порушення цілісності дроту та спиць спостерігалось у 10,5 % пацієнтів, руйнація акроміального відростка лопатки й акроміального кінця ключиці — у 19,3 %, міграція спиць — у 12,3 %. Результати експериментального дослідження свідчать, що ці недоліки чітко корелюють з механічними властивостями дроту та спиць. **Висновки.** Чинниками незадовільних результатів оперативного лікування вивихів акроміального кінця ключиці при застосуванні способу Вебера є порушення цілісності дроту та спиць, руйнація акроміального відростка лопатки й акроміального кінця ключиці, міграція спиць, які зумовлені механічними властивостями цих конструкцій.

Ключові слова: акроміально-ключичний суглоб; вивихи; оперативне лікування; спосіб Вебера

Вивихи акроміального кінця ключиці (АКК) є доволі поширеним травматичним пошкодженням апарату руху й опори та, за даними різних авторів, становлять від 3 до 26,1 % від вивихів інших локалізацій і близько 10 % у структурі гострих пошкоджень плечового пояса, посідаючи третє місце після вивихів плеча та передпліччя. Зустрічаються переважно у чоловіків молодого, найбільш працездатного віку, що зумовлює соціальну значимість цього пошкодження. Наведені статистичні показники є незмінними щонайменше останні півстоліття [1, 2].

При оперативному втручанні стабілізація ключиці при вивихах АКК реалізується двома шляхами: ключиця — дзьобоподібний відросток, ключиця — акроміальний відросток. Фіксація АКК до акроміального відростка лопатки є пріоритетною. Конкуруючими металевими конструкціями для забезпечення фіксації є гачкоподібна пластина — hook plate, запропонована G.E. Fade, J.E. Scullion (2002) [3], та спосіб Вебера (tension band wiring) [4].

Кожен спосіб застосування металевих конструкцій має свої переваги та недоліки. Серед недоліків вико-

Таблиця 1. Розподіл пацієнтів за віком і типом пошкодження, n (%)

Вік, роки	Тип пошкодження за Tossy	
	II	III
20–29	8 (32)	7 (28)
30–39	9 (36)	6 (24)
40–49	7 (29,1)	8 (33,4)
50–59	3 (33,3)	3 (33,3)
60 і більше	4 (40)	2 (20)
Усього	31 (33,3)	26 (28)

ристання hook plate: біль у плечі, посттравматичний артрит, спричинений фрагментованими тканинами (як-от фрагментовані кістки, суглобові диски, хрящі та зв’язки), руйнація тканин, яка продовжується у період наявності конструкції, та подразнення периферичних нервів у м’яких тканинах між гачком пластини й акроміоном, синдром субакроміального удару, що призводить до пошкодження обертальної манжети, руйнація кісткової тканини, особливо в ділянці акроміального відростка лопатки з утворенням субакроміальних ерозій [5–9].

Суттєвими недоліками при застосуванні способу фіксації за Вебером є міграція спиць і порушення цілісності спиць та дроту [10, 11].

Мета роботи: визначити недоліки та міцнісні характеристики кріпильних елементів при фіксації акроміального кінця ключиці за Вебером.

Матеріали та методи

За період з 2015 по 2020 р. проведено ретроспективний аналіз результатів лікування 57 пацієнтів, яким було виконано оперативне втручання з приводу вивиху акроміального кінця ключиці з фіксацією за Вебером.

Розподіл пацієнтів за віком, типом пошкодження сумково-зв’язкового апарату ключично-акроміального суглоба за класифікацією Tossy поданий у табл. 1.

Для забезпечення експериментальної частини роботи були створені відповідні моделі (рис. 1) та встановлені механічні характеристики матеріалів, що використовувалися при моделюванні (табл. 2).

Результати та обговорення

Під час клінічного обстеження були встановлені недоліки й ускладнення при фіксації ключиці за Вебером, що зустрічаються найчастіше.

Таблиця 2. Механічні характеристики матеріалів, що використовувалися при моделюванні

Матеріал	Модуль Юнга (E), МПа	Коефіцієнт Пуассона, ν	Межа міцності, МПа
Кортикальна кістка	12 240	0,30	170,0
Губчаста кістка	330	0,30	10,0
Хірургічна сталь AISI 316L	200 000	0,30	505,0

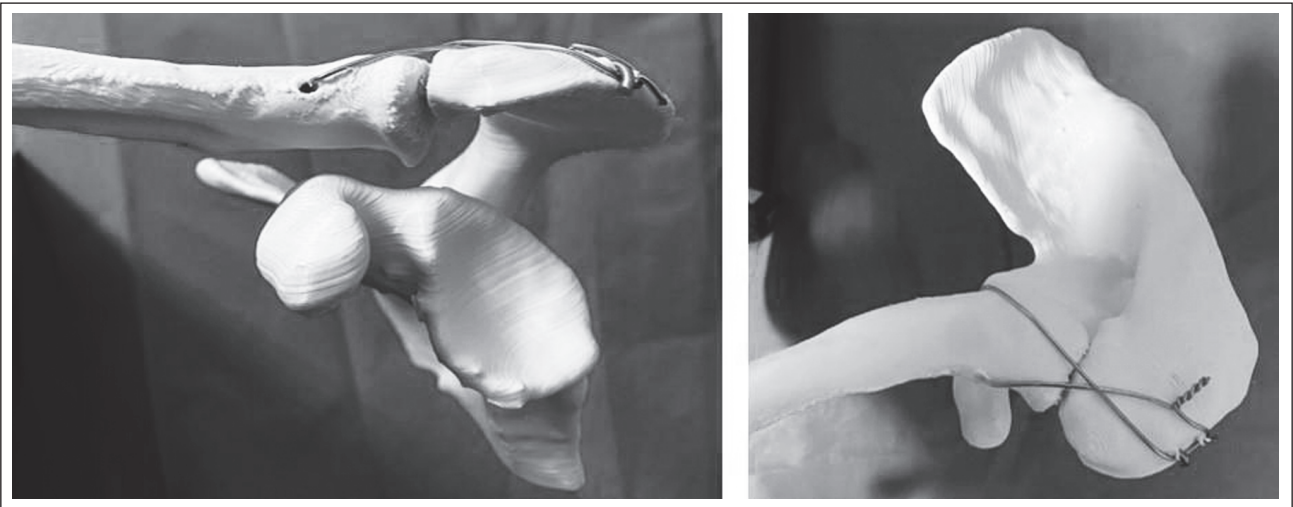


Рисунок 1. Експериментальні моделі

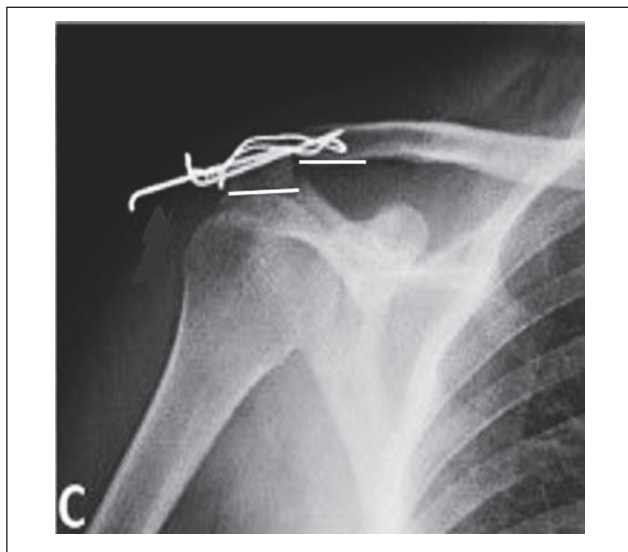


Рисунок 2. Міграція спиць та порушення конгруентності у суглобі

Міграція спиць спостерігалась у 12,3 % випадків (рис. 2).

Цей напрямок міграції типовий, однак не є винятком і міграція спиці до середини, що може мати три напрямки: позаду та попереду хребта або у хребет (рис. 3).

Порушення цілісності дроту та спиць спостерігали в 10,5 % випадків (рис. 4).

Ускладненням при використанні способу фіксації АКК за Вебером є руйнація акроміального відростка лопатки й АКК або їх поєднання, які спостерігали у 19,3 % випадків (рис. 5).

На першому етапі експериментального дослідження визначали зміни відстані між точками кріплення серкляжного дроту при відведенні верхньої кінцівки (рис. 6).

У процесі дослідження вимірювали відстань між точками А і В при опущеній кінцівці та в положенні її відведення на 90°. Зміни відстані між точками кріплення дроту відбуваються за рахунок ротаційного руху лопатки.

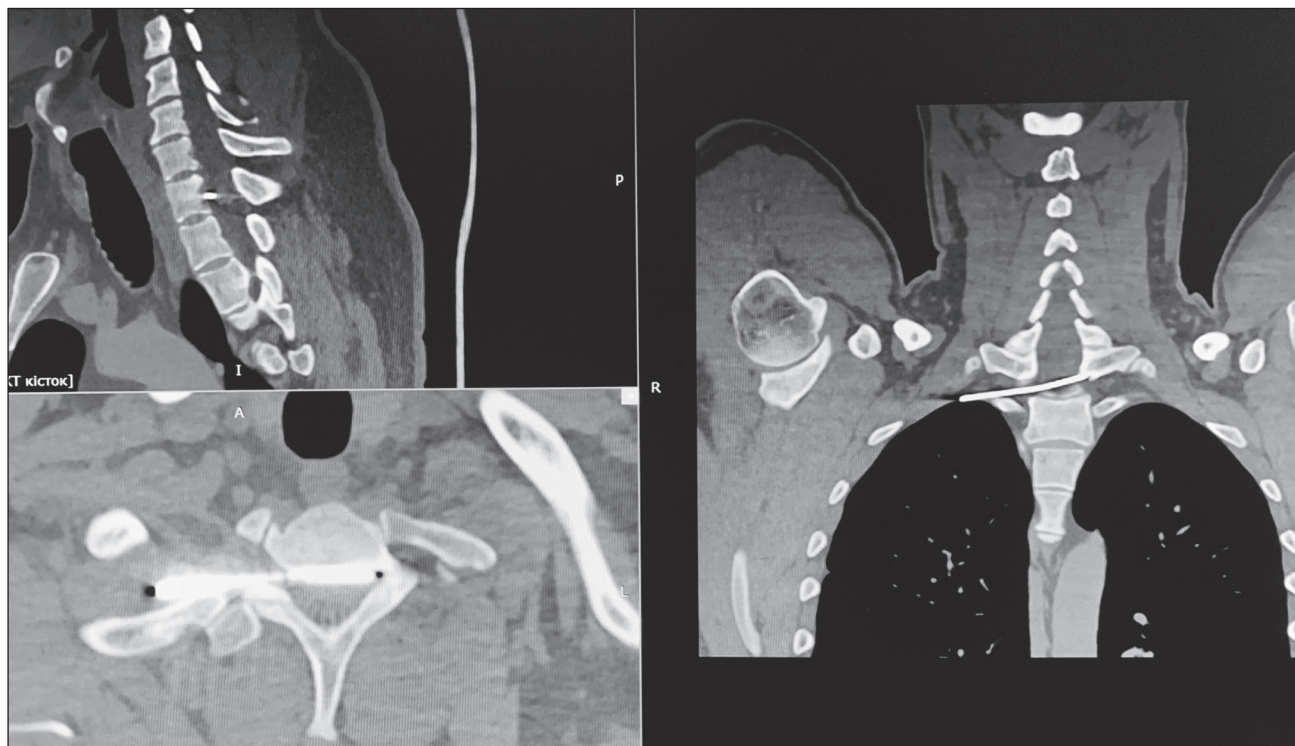


Рисунок 3. Міграція спиці до середини. У цьому спостереженні спиця у спинномозковому каналі

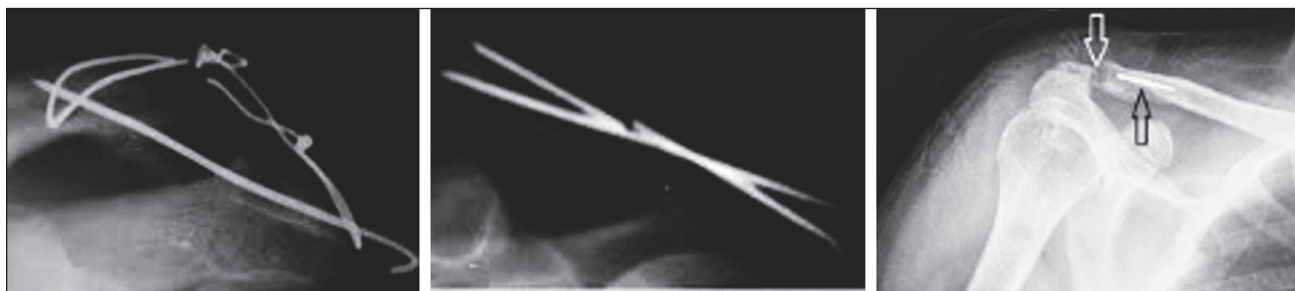


Рисунок 4. Порушення цілісності дроту та спиць



Рисунок 5. Руйнація акроміального відростка лопатки й акроміального кінця ключиці

Для усунення розбіжностей, пов'язаних з розмірами скелетів, використовували показник відносного по-
вздовжнього подовження, який визначається за фор-
мулою:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}, \quad (1)$$

де l — початкова відстань між точками кріплення дроту; Δl — зміна відстані між точками кріплення дроту.

У результаті проведеного дослідження визначено, що величина відносного подовження між точками кріплення дроту при відведенні верхньої кінцівки може становити від 0,1 до 0,12 або від 10 до 12 %.

Визначали, яке відносне подовження дроту з хірургічної сталі є гранично допустимим. Для цього використовували форму, що відображає умови міцності матеріалу:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \leq \sigma_{\text{гр}}, \quad (2)$$

де σ — величина напруження в матеріалі за певної деформації; E — модуль пружності матеріалу; $\sigma_{\text{гр}}$ — гранично допустиме напруження матеріалу.

За відомої величини межі міцності матеріалу рівняння для визначення його гранично допустимого подовження має такий вигляд:

$$\varepsilon_{\text{гр}} = \frac{\sigma_{\text{гр}}}{E_{\text{ст}}}, \quad (3)$$

де $\sigma_{\text{гр}}$ — гранично допустиме напруження хірургічної сталі; $E_{\text{ст}}$ — модуль пружності сталі.

Підставивши до рівняння (3) значення межі міцності й модуля пружності для хірургічної сталі, отримаємо величину гранично допустимого подовження:

$$\varepsilon_{\text{гр}} = \frac{505,0 \cdot 10^6}{200,0 \cdot 10^9} = 0,0025. \quad (4)$$

Таким чином, гранично допустиме подовження дроту з хірургічної сталі дорівнює 0,0025 або 0,25 %, що значно нижче (у 50 разів) від величини, необхідної для безобмеженого функціонування плечового суглоба.

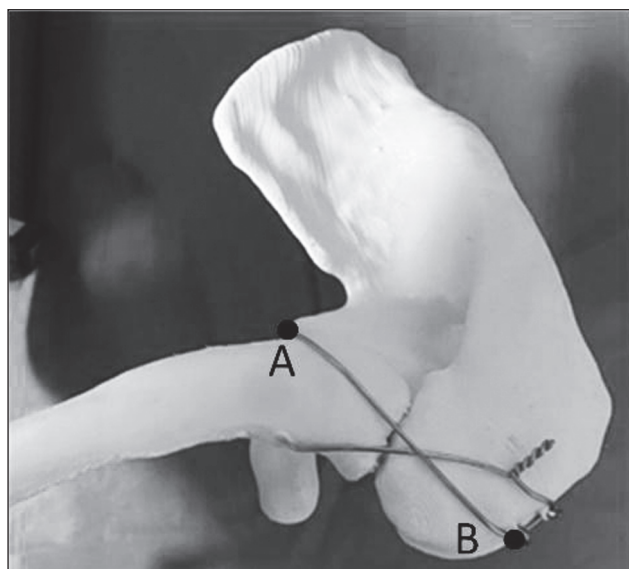


Рисунок 6. Схема вимірювання зміни відстані між точками кріплення дроту при відведенні верхньої кінцівки

Розрахуємо, яку силу необхідно прикласти до дроту, щоб відбувся його розрив. Для цього скористаємося законом Гука:

$$\sigma_{\text{гр}} = \frac{F_{\text{гр}}}{S}, \quad (5)$$

де $F_{\text{гр}}$ — гранично допустима сила, за якої відбувається руйнування зразка; S — площа поперечного перетину зразка.

Перетворивши рівняння (5), можна визначити величину гранично допустимої сили:

$$F_{\text{гр}} = \sigma_{\text{гр}} \cdot S. \quad (6)$$

Оскільки серкляжний дріт виробляється різних типорозмірів діаметром від 0,3 до 1,2 мм, для кожного діаметра розраховували площу поперечного перетину дроту та, підставивши отримані значення до рівняння (6), отримали дані про гранично допустиму силу для всіх типорозмірів серкляжного дроту (табл. 3).

Таблиця 3. Величини гранично допустимої сили для розриву серкляжного дроту різного діаметра

Діаметр, мм	Площа поперечного перетину	Гранично допустима сила, Н
0,3	0,07	35,33
0,4	0,13	62,80
0,5	0,20	98,13
0,6	0,28	141,30
0,7	0,38	192,33
0,8	0,50	251,20
0,9	0,64	317,93
1,0	0,79	392,50
1,1	0,95	474,93
1,2	1,13	565,20

Проведені розрахунки показали, що серкляжний дріт рветься при досить невеликих навантаженнях. Так, для розриву дроту діаметром до 0,5 мм вистачає навантаження менш ніж 100 Н, яке може бути здійснено власними м'язовими зусиллями. Отже, можемо припустити, що при фіксації акроміального кінця ключиці серкляжним дротом при відведенні верхньої кінцівки відбувається оптимізація розташування самого дроту на кісткових елементах, які мають криволінійну поверхню, а також за рахунок його недостатнього натягнення. Збільшення кута відведення понад 90° дозволяє люфту дроту і може бути причиною післяопераційних ускладнень у вигляді його розриву.

Наступним етапом було визначення міцності спиць при фіксації АКК. Для вирішення цього завдання використовували розрахункову схему, наведену на рис. 7.

Згідно з розрахунковою схемою, спиця являє собою балку, яка консольно закріплена у ключиці. Головка плечової кістки при відведенні верхньої кінцівки створює навантаження силою F на протилежний кінець спиці, який розташований у ключиці. Це навантаження діє на спицю, спричиняючи її прогин. Величина стріли прогину визначається за формулою:

$$v = \frac{F \cdot l^3}{3 \cdot E \cdot J}, \tag{7}$$

де v — величина стріли прогину; F — сила, яка діє з боку головки плечової кістки; l — довжина важеля прикладання сили F ; E — модуль пружності спиці; J — момент інерції.

Момент інерції для спиці кульового перетину визначається за формулою:

$$J = \frac{\pi \cdot d^4}{64} \tag{8}$$

де d — діаметр спиці.

Підставивши значення моменту інерції з рівняння (8) до рівняння (7) і виконавши певні перетворення, отримаємо остаточну формулу для визначення величини прогину спиці:

$$v = \frac{64F \cdot l^3}{3\pi E \cdot d^4}. \tag{9}$$

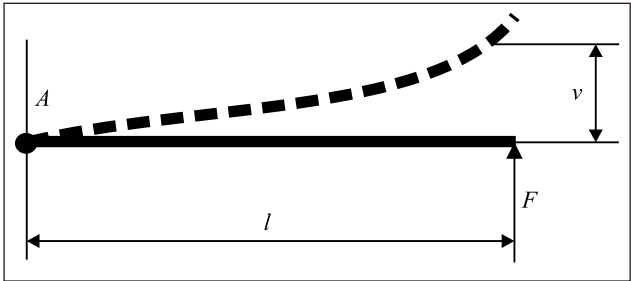


Рисунок 7. Розрахункова схема спроможності спиці при фіксації АКК

Для виконання розрахунку задавали наступні дані: довжина спиці від її латерального кінця до ключиці $l = 30$ мм; діаметр спиці $d = 2$ мм; модуль пружності хірургічної сталі E (табл. 2); величина сили F від 10 до 100 Н з кроком 10 Н.

Підставивши ці значення параметрів до рівняння (9), отримаємо величину прогину спиці залежно від прикладеного навантаження (табл. 4).

Графік, наведений на рис. 8, відображає залежність величини прогину спиці від величини прикладеного навантаження.

При обраній розрахунковій схемі найнебезпечнішим місцем з точки зору міцності є точка закладення балки в опору, або точка А на схемі (рис. 7). Величину напружень, які виникають у цій точці при обраних навантаженнях, розраховували рівнянням:

$$\sigma = \frac{32F \cdot l}{\pi d^3}. \tag{10}$$

Підставимо необхідні значення параметрів до рівняння (10) і отримаємо величини напружень у точці проведення спиці в ключицю (табл. 5).

Залежність величини напружень у точці проведення спиці в ключицю від величини прикладеного навантаження подано графіком (рис. 9).

Як показали проведені розрахунки, при навантаженні величиною 30 Н напруження в точці проведення спиці в ключицю перевищують межу міцності хірургічної сталі, що є ознакою можливості перелому спиці.

Розглянемо, що відбувається з кістковою тканиною в точці А проведення спиці в ключицю. Загальною величиною для металу та кістки в цій точці є деформація:

$$\epsilon_{ст} = \epsilon_{кк} = \epsilon_{гк}, \tag{11}$$

де $\epsilon_{ст}$ — відносна деформація хірургічної сталі в точці А; $\epsilon_{кк}$ — відносна деформація кортикальної кістки в точці А; $\epsilon_{гк}$ — відносна деформація губчастої кістки в точці А.

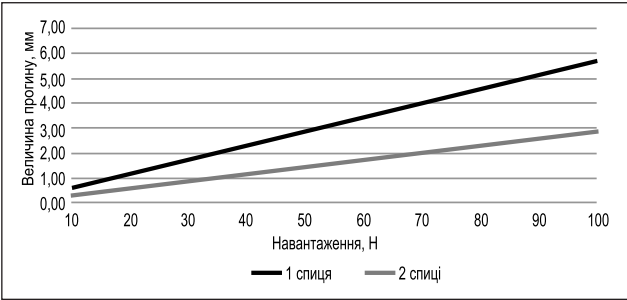


Рисунок 8. Графік залежності величини прогину спиць від величини прикладеного навантаження

Підставляючи значення відносної деформації з рівняння (3) до рівняння (11), отримуємо:

$$\frac{\sigma_{ст}}{E_{ст}} = \frac{\sigma_{кк}}{E_{кк}} = \frac{\sigma_{гк}}{E_{гк}}, \tag{12}$$

де $\sigma_{ст}$, $\sigma_{кк}$, $\sigma_{гк}$ — напруження в точці А проведення спиці в ключицю для сталі, кортикальної кістки та губчастої кістки відповідно; $E_{ст}$, $E_{кк}$, $E_{гк}$ — модуль пруж-

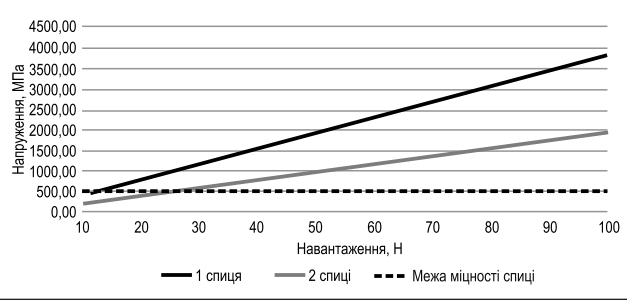


Рисунок 9. Графік залежності величини напружень у точці проведення спиці в ключицю від величини прикладеного навантаження

Таблиця 4. Результати розрахунку величини прогину спиці залежно від прикладеного навантаження

Навантаження, Н	Величина прогину, мм	
	1 спиця	2 спиці
10	0,57	0,29
20	1,15	0,57
30	1,72	0,86
40	2,29	1,15
50	2,87	1,43
60	3,44	1,72
70	4,01	2,01
80	4,59	2,29
90	5,16	2,58
100	5,73	2,87

Таблиця 5. Результати розрахунків величини напружень у точці проведення спиці в ключицю залежно від величини прикладеного навантаження

Навантаження, Н	Величина прогину, мм	
	1 спиця	2 спиці
10	382,17	191,08
20	764,33	382,17
30	1146,50	573,25
40	1528,66	764,33
50	1910,83	955,41
60	2292,99	1146,50
70	2675,16	1337,58
80	3057,32	1528,66
90	3439,49	1719,75
100	3821,66	1910,83

ності сталі, кортикальної кістки та губчастої кістки відповідно.

Виконавши перетворення, отримаємо рівняння для визначення величин напружень у кортикальній і губчастій кісткових тканинах у точці А проведення спиці в ключицю:

$$\sigma_{\text{кк}} = \sigma_{\text{ст}} \frac{E_{\text{кк}}}{E_{\text{ст}}}; \sigma_{\text{гк}} = \sigma_{\text{ст}} \frac{E_{\text{гк}}}{E_{\text{ст}}} . \tag{13}$$

Підставимо до рівняння (13) значення модуля пружності відповідних матеріалів з табл. 2 та значення величини напружень у спицях при різних навантаженнях з табл. 5 — отримаємо величини напружень у точці А проведення спиці в ключицю при різних навантаженнях для кортикальної та губчастої кісткових тканин (табл. 6).

Величини напружень у кортикальній кістковій тканині в точці проведення спиці в ключицю залежно від величини прикладеного навантаження подано на рис. 10.

Як бачимо на графіку, при використанні однієї спиці для фіксації АКК межа міцності кортикаль-

ної кісткової тканини досягається при навантаженнях 70 Н, що може бути причиною ускладнень у вигляді руйнування кісткової тканини в місці проведення спиці в ключицю. При використанні двох спиць діапазон навантажень значно розширюється.

Графік залежності величини напружень у губчастій кістковій тканині в точці проведення спиці в ключицю від величини прикладеного навантаження наведено на рис. 11.

Наведений графік переконливо демонструє, що в точці проведення спиці в ключицю межа міцності губчастої кісткової тканини не досягається навіть при використанні однієї спиці для фіксації АКК.

Висновки

1. Чинниками незадовільних результатів оперативного лікування вивихів акроміального кінця ключиці при застосуванні способу Вебера є порушення цілісності дроту та спиць, руйнація акроміального відростка лопатки й акроміального кінця ключиці,

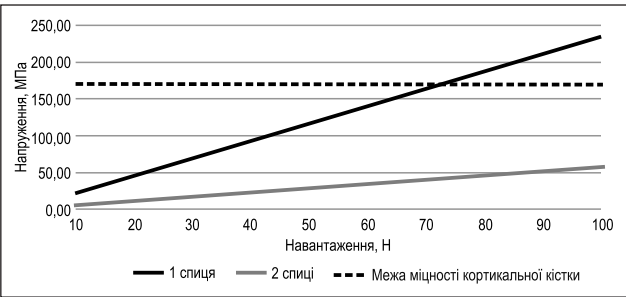


Рисунок 10. Графік залежності величини напружень у кортикальній кістковій тканині в точці проведення спиці в ключицю від величини прикладеного навантаження

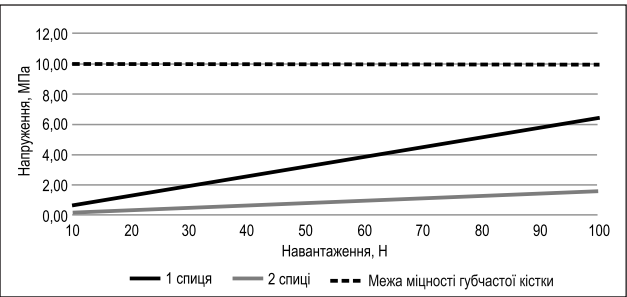


Рисунок 11. Графік залежності величини напружень у губчастій кістковій тканині в точці проведення спиці в ключицю від величини прикладеного навантаження

Таблиця 6. Результати розрахунків величини напружень у кістковій тканині в точці проведення спиці в ключицю залежно від величини прикладеного навантаження

Навантаження, Н	Напруження, МПа			
	Кортикальна кістка		Губчаста кістка	
	1 спиця	2 спиці	1 спиця	2 спиці
10	23,39	5,85	0,63	0,16
20	46,78	11,69	1,26	0,32
30	70,17	17,54	1,89	0,47
40	93,55	23,39	2,52	0,63
50	116,94	29,24	3,15	0,79
60	140,33	35,08	3,78	0,95
70	163,72	40,93	4,41	1,10
80	187,11	46,78	5,04	1,26
90	210,50	52,62	5,68	1,42
100	233,89	58,47	6,31	1,58

міграція спиць, які зумовлені механічними властивостями цих конструкцій.

2. Порушення цілісності дроту та спиць зумовлені їх механічними властивостями: розрив дроту діаметром до 0,5 мм можливий при навантаженні менш ніж 100 Н, яке може бути здійснено власними м'язовими зусиллями; при навантаженні величиною 30 Н напруження в точці проведення спиці в ключицю перевищують межу міцності хірургічної сталі, що є ознакою можливості перелому спиці.

3. Напруження в губчастій кістковій тканині в точці проведення спиці в ключицю не досягають межі міцності навіть при використанні однієї спиці для фіксації акроміального кінця ключиці, що пояснює її руйнацію, клінічним проявом якої є лізис кісткової тканини.

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

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

Внесок авторів. Бур'янов О.А. — концепція і дизайн дослідження; Кваша В.П. — аналіз отриманих результатів; Чекушин Д.А. — збирання й обробка матеріалів; Лянскорунський В.М. — написання тексту; Карпінський М.Ю. — дизайн і забезпечення проведення експерименту; Карпінська О.Д. — проведення експерименту, аналіз результатів.

Список літератури

- Holweg P., Pichler W., Gruber G. A Novel Surgical Technique for Fixation of Recurrent Acromioclavicular Dislocations: AC Dog Bone Technique in Combination with Autogenous Semitendinosus Tendon Graft. *Case. Rep. Med.* 2017. May 23. doi: 10.1155/2017/5457625.
- Chang N., Furey A., Kurdin A. Operative versus non-operative management of acute high-grade acromioclavicular dislocations: a systematic review and meta-analysis. *J. Orthop. Trauma.* 2018;32(1):1-9.
- Fade G.E., Scullion J.E. Hook plate fixation for lateral-clavicular malunion. *AO Dialogue.* 2002;15(1):14-18.
- Judet J. Les luxations acromoclaviculaires recentes. *Chirurgie. Paris.* 1976;102(12):1016-1019.
- Huang Y.C., Yang S.W., Chen C.Y. et al. Single coraco-clavicular suture fixation with Mersilene tape versus hook plate in the treatment of acute type V acromioclavicular dislocation: a retrospective analysis. *J Orthop Surg Res.* 2018;13(1):110. doi: 10.1186/s13018-018-0831-0.
- Xin Pan, Rui-yan L., Ming-gang L. et al. TightRope vs Clavicular Hook Plate for Rockwood III–V Acromioclavicular Dislocations: A Meta-Analysis. *Orthop Surg.* 2020;12(4):1045-1052. doi: 10.1111/os.12724.
- Lin H.Y., Wong P.K., Ho W.P. et al. Clavicular hook plate may induce subacromial shoulder impingement and rotator cuff lesion — dynamic sonographic evaluation. *J Orthop Surg Res.* 2014;9:6-11.
- Ho-Seok Oh, Sungmin Kim, Jeong-Hun Hyun et al. Effect of subacromial erosion shape on rotator cuff and clinical outcomes after hook plate fixation in type 5 acromioclavicular joint dislocations: a retrospective cohort study. *BMC Musculoskelet Disord.* 2022;23:42. doi: 10.1186/s12891-021-04987-y.
- Joo Han Oh, Seunggi Min, Jae Wook Jung et al. Clinical and Radiological Results of Hook Plate Fixation in Acute Acromioclavicular Joint Dislocations and Distal Clavicle Fractures. *Clin Shoulder Elb.* 2018;21(2):95-100. doi: 10.5397/cise.2018.21.2.95.
- Firat Ozan, Sefa Gök, Kürşat Tuğrul OkurMid-term et al. Results of Tension Band Wiring Technique for Acute Rockwood Type III Acromioclavicular Joint Dislocation. *Cureus.* 2020;12(12):e12203. doi: 10.7759/cureus.12203.
- Бур'янов О.А., Кваша В.П., Чекушин Д.А. та ін. Аналіз віддалених результатів оперативного лікування вивихів акроміального кінця ключиці. *Травма.* 2021. Т. 22. № 6. С. 4-9. doi.org/10.22141/1608-1706.

Отримано/Received 01.02.2024

Рецензовано/Revised 11.02.2024

Прийнято до друку/Accepted 21.02.2024 ■

Information about authors

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

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

Dmytro A. Chekushyn, PhD-student at the Department of Traumatology and Orthopedics, Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine; e-mail: xumuk0274@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-1151-4803>

Volodymyr M. Lianskorunskyi, PhD-student, Assistant at the Department of Traumatology and Orthopedics, Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine; e-mail: lyanskorynsky@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-1288-0688>

Mykhailo Karpinsky, Senior Research Fellow of biomechanics laboratory, State Institution "Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Kharkiv, Ukraine; e-mail: korab.karpinsky9@gmail.com; phone: +380 (67) 571-48-63; <https://orcid.org/0000-0002-3004-2610>

Olena Karpinska, Research Fellow at the Department of biomechanics laboratory, State Institution "Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Kharkiv, Ukraine; e-mail: helen.karpinska@gmail.com; phone: +380 (57) 725-14-74, +380 (99) 486-34-63; <https://orcid.org/0000-0002-1482-7733>

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

Information about funding. The authors declared that this study has received no financial support.

Authors' contribution. O.A. Buryanov — research concept and design; V.P. Kvasha — analysis of the obtained results; D.A. Chekushyn — collection and processing of materials; V.M. Lianskorunskyi — writing text; M.Y. Karpinsky — design and provision of the experiment; O.D. Karpinska — conducting the experiment, analyzing the results.

O.A. Buryanov¹, V.P. Kvasha¹, D.A. Chekushyn¹, V.M. Lianskorunskyi¹, M.Y. Karpinsky², O.D. Karpinska²

¹Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

²State Institution "Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Kharkiv, Ukraine

The method for fixation of dislocations of the acromial end of the clavicle according to Weber: disadvantages and their factors

Abstract. Background. Dislocations of the acromial end of the clavicle are quite common traumatic injuries of the locomotor apparatus and, according to various authors, account for 3 to 26.1 % of dislocations of other locations and about 10 % in the structure of acute injuries of the shoulder girdle, ranking third after dislocated shoulders and forearms. They occur mainly in young men of the most working age, which determines the social significance of this injury. Stabilization of the acromial end of the clavicle, as a rule, was ensured by fixation according to Weber and the use of a hook plate. The purpose of the study: to determine the shortcomings and strength characteristics of the fastening elements in the fixation of the acromial end of the clavicle according to Weber. **Materials and methods.** From 2015 to 2020, a retrospective analysis was performed of treatment outcomes in 57 patients who underwent surgery for dislocation of the acromial end of the clavicle and Weber fixation. Calculations of the strength of fixation of the acromial end of the clavicle with a cerclage wire and spikes in case of its disloca-

tion were carried out in the biomechanics laboratory of the State Institution "Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine". **Results.** According to the results of clinical studies, a violation of the integrity of the wire and spikes was observed in 10.5 % of cases, destruction of the acromion process and acromial end of the clavicle — in 19.3 %, migration of the spikes — in 12.3 %. Results of the experimental study show that these shortcomings are clearly correlated with the mechanical properties of the wire and spikes. **Conclusions.** The factors for unsatisfactory results of surgical treatment for dislocations of the acromial end of the clavicle when using Weber's method are the violation of the integrity of the wire and spikes, the destruction of the acromion process and the acromial end of the clavicle, the migration of the spikes, which are caused by the mechanical properties of these structures.

Keywords: acromioclavicular joint; dislocations; surgical treatment; Weber technique

Голка Г.Г.¹, Колесніченко В.А.², Ханик Т.Я.³, Ломіковська М.П.³, Веснін В.В.¹, Бурлака В.В.¹

¹Харківський національний медичний університет, м. Харків, Україна

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

³Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, м. Львів, Україна

Роль і місце артроскопії при ранній діагностиці моногонартрозу (огляд літератури)

Резюме. Актуальність. Остеоартроз (ОА) колінного суглоба — прогресуюче невиліковне захворювання, яке у разі тяжкого перебігу призводить до тотального ендопротезування суглоба, яке потребує значних економічних витрат та медико-соціальної адаптації і має певну кількість післяопераційних ускладнень та несприятливих результатів. Тому останнім часом особлива увага приділяється профілактиці та лікуванню ранніх стадій захворювання. **Мета:** провести системний аналіз наукової літератури щодо перспективи та можливостей використання артроскопії при ранній діагностиці моногонартрозу. **Матеріали та методи.** У базах даних PubMed та Medline за період 2010–2024 рр. було проведено літературний пошук, для якого використовували такі медичні предметні рубрики і ключові слова: деформуючий остеоартроз колінного суглоба, остеоартроз колінного суглоба, односторонній деформуючий остеоартроз колінного суглоба, односторонній остеоартроз колінного суглоба, гонартроз, моногонартроз, артроскопія, діагностика, лікування, *deforming osteoarthritis of the knee joint, osteoarthritis of the knee joint, unilateral deforming osteoarthritis of the knee joint, unilateral osteoarthritis of the knee joint, gonarthrosis, monogonarthrosis, arthroscopy, diagnosis, treatment*. За необхідності в окремих випадках використовували джерела літератури, що виходять за межі періоду пошуку. Загальний пошук виявив 48 джерел щодо використання артроскопії як діагностично-лікувального методу на ранніх стадіях моногонартрозу. Первинне виключення стосувалося літературних джерел, у яких артроскопія застосовувалася в діагностиці та лікуванні пізніх стадій остеоартрозу колінного суглоба ($n = 38$). До вторинного виключення були віднесені літературні джерела, які містили тільки довідкову інформацію (резюме, рисунки, перелік літератури) ($n = 12$). У результаті залишилися тільки релевантні повнотекстові статті у фахових журналах ($n = 15$). **Результати.** Відсутність кореляції між клінічною симптоматикою та рентгенологічними ознаками ОА колінного суглоба обумовлює низьку доступність ортопедичної допомоги: більше ніж 30 % хворих з уперше встановленим діагнозом мають виражену стадію захворювання, а в низці випадків патологія діагностується лише у зв'язку з проявом ускладнення; діагноз остеоартрозу через велику частку безболісного розвитку захворювання (40 %) встановлюється часто на термінальних стадіях. Усе це свідчить про необхідність подальших досліджень різних факторів, що впливають на частоту, поширеність, економічний та соціальний тягар остеоартрозу колінного суглоба. Артроскопія потенційно є золотим стандартом для перевірки неінвазивних методів оцінки, як-от магнітно-резонансна томографія, оскільки вона забезпечує сильне збільшення та прямий огляд суглобового хряща з неруйнівною інтерактивною оцінкою його структури та функціональних властивостей. Артроскопія дозволяє зробити більш докладний опис глибини та поширеності уражень, а також виявити тонкі зміни, як-от розм'якшення хряща, фібриляції та тангенціальне лущення. Клінічна симптоматика та структурні зміни елементів колінного суглоба, візуалізовані під час артроскопії у пацієнтів з моногонартрозом, висвітлюються у поодиноких дослідженнях, частину яких було опубліковано 10 років тому. Результати сучасних артроскопічних досліджень можуть стати важливим внеском в розробку діагностичних та диференційно-діагностичних критеріїв ранніх стадій моногонартрозу. **Висновки.** Встановлено на основі інформаційно-аналітичних досліджень сучасної наукової літератури, що остеоартроз колінно-

го суглоба супроводжується стійким болем, суттєвим обмеженням функції нижньої кінцівки, зниженням працездатності, що нерідко призводить до ендопротезування суглоба. Діагностика ОА на ранніх стадіях утруднена внаслідок відсутності патогномонічних клінічних, рентгенологічних й лабораторних показників, а у разі моногонартрозу з синовітом ускладнюється через диференціацію зі специфічними артритидами колінного суглоба. Артроскопія дозволяє виконати необхідний обсяг діагностично-лікувальних заходів з верифікацією патологічного процесу й визначенням стадії гонартрозу.

Ключові слова: епідеміологія; рання діагностика гонартрозу; артроскопія

Вступ

Остеоартроз (ОА) — найбільш поширене захворювання суглобів, що супроводжується хронічним болем, різними ступенями функціонального обмеження, достатньо високим рівнем інвалідності, зниженням якості життя людей як у США [4, 6, 46], так і в інших розвинених країнах [14, 24, 30]. Це захворювання зустрічається у 3,8 % загальної популяції. Дослідження 1160 наслідків 291 хвороби для 20 вікових груп обох статей виявили той факт, що на остеоартроз колінного суглоба припадає більше ніж 80 % загального тягара хвороб [32, 41]. В Україні поширеність остеоартрозу в 2001 році перевищувала захворюваність у 5,66 раза, а в 2017 — у 7,80 раза, при цьому розрив між показниками постійно збільшувався, відбувалось накопичення хронічної патології в популяції [1–3].

Остеоартроз колінного суглоба — прогресуюче невиліковне захворювання, яке у разі тяжкого перебігу призводить до тотального ендопротезування суглоба, яке потребує значних економічних витрат [3, 7] та медико-соціальної адаптації [5, 44, 48] і має певну кількість післяопераційних ускладнень та несприятливих результатів [10, 20]. Тому останнім часом особлива увага приділяється профілактиці та лікуванню ранніх стадій захворювання [1, 8, 15, 24].

Одним з найчастіших клінічних проявів остеоартрозу колінного суглоба є біль, обмеження функції суглоба та нерідко синовіт. У разі дегенеративного процесу в обох колінних суглобах за умов розгорнутої клінічної маніфестації з типовою клініко-рентгенологічною симптоматикою діагностика гонартрозу, як правило, не викликає труднощів [5, 21, 31]. Однак при однобічному гонартрозі на початкових стадіях, особливо у разі розвитку моносиновіту, діагностика та диференційна діагностика утруднена внаслідок варіабельності клінічного перебігу та відсутності типових даних рентгенологічного та лабораторного обстеження [22, 33, 40]. Діагностичним методом вибору для таких пацієнтів є артроскопічне дослідження, яке дозволяє оцінити структурний стан елементів колінного суглоба *ad oculum*, а також провести комплексні лабораторні дослідження пунктату синовіальної рідини та синовіального біоптату [27, 28, 42].

Останніми роками реєструється постійне зростання поширеності остеоартрозу колінного суглоба, частота якого досягає у віці 60 років і старше близько 10 % у чоловіків та 13 % у жінок [3, 32]. На ранніх стадіях остеоартрозу клінічні симптоми незначні та нетипові. Клінічна маніфестація остеоартрозу проявляється

на етапі необоротного патологічного процесу, супроводжується стійким болем, суттєвим обмеженням функції суглоба, зниженням працездатності. Розробка методів консервативного лікування остеоартрозу не досягла прогресу порівняно з успіхами щодо інших захворювань опорно-рухової системи та хронічних неінфекційних захворювань [23, 39]; найбільш ефективним методом лікування на пізніх стадіях хвороби є ендопротезування суглоба [9, 29]. Кількість людей з остеоартрозом у всьому світі зросла на 48 % з 1990 по 2019 рік, а в 2019 році остеоартроз був 15-ю за значимістю у всьому світі причиною кількості глобальних років життя, прожитих з інвалідністю [1, 6]. Близько 85 % тягара остеоартрозу у всьому світі пов'язано з остеоартрозом колінного суглоба [2, 41]. Ця хвороба є основною причиною інвалідності у людей старшого віку [25, 35], що, поряд з вищевказаним, робить остеоартроз значним економічним тягарем для суспільства з витратами від 1 до 2,5 % валового внутрішнього продукту в країнах з високим рівнем доходу, при цьому заміна колінного та тазостегнового суглобів становить більшу частину цих витрат [11, 16, 45].

Мета дослідження: провести системний аналіз наукової літератури щодо перспективи та можливостей використання артроскопії при ранній діагностиці моногонартрозу.

Матеріали та методи

У базах даних PubMed та Medline за період 2010–2024 рр. було проведено літературний пошук, для якого використовували такі медичні предметні рубрики і ключові слова: *деформуючий остеоартроз колінного суглоба, остеоартроз колінного суглоба, односторонній деформуючий остеоартроз колінного суглоба, односторонній остеоартроз колінного суглоба, гонартроз, моногонартроз, артроскопія, діагностика, лікування, deforming osteoarthritis of the knee joint, osteoarthritis of the knee joint, unilateral deforming osteoarthritis of the knee joint, unilateral osteoarthritis of the knee joint, gonarthrosis, monogonarthrosis, arthroscopy, diagnosis, treatment*. За необхідності в окремих випадках використовували джерела літератури, що виходять за межі періоду пошуку.

Загальний пошук виявив 48 джерел щодо використання артроскопії як діагностично-лікувального методу на ранніх стадіях моногонартрозу. Первинне виключення стосувалось літературних джерел, у яких артроскопія застосовувалася в діагностиці та лікуванні пізніх стадій остеоартрозу колінного суглоба ($n = 38$). До вторинного виключення були віднесені літературні

джерела, які містили тільки довідкову інформацію (резюме, рисунки, перелік літератури) ($n = 12$). У результаті залишилися тільки релевантні повнотекстові статті у фахових журналах ($n = 15$).

Результати та обговорення

Остеоартроз є найпоширенішою формою захворювань суглобів через збільшення тривалості життя та індексу маси тіла [12, 17, 19, 45]. Клінічна симптоматика остеоартрозу тазостегнового та колінного суглобів відмічається у 242 млн людей у всьому світі [46]. За даними С. Айонг зі співавторів, глобальна поширеність цього захворювання досягає 16,0 % [6], а частота — 203 на 10 000 людино-років [6]. Остеоартроз колінного суглоба становить майже чотири п'ятих тягаря остеоартрозу у загальній популяції [6] і вражає 32,5 млн дорослих у США [46].

У пацієнтів з остеоартрозом колінного суглоба простежується чіткий позитивний кореляційний зв'язок між поширеністю захворювання та збільшенням віку як у сучасних [13, 18, 26], так і у більш ранніх дослідженнях [44]. За результатами досліджень встановлено, що 88 % людей з остеоартрозом перебувають у віці 45 років і старше; 43 % — у віці 65 років і старше [13], однак при цьому більше ніж половина людей із симптоматичним остеоартрозом колінного суглоба молодші за 65 років [13, 25].

Значна поширеність остеоартрозу проявляється у величезних соціальних та особистих витратах. Загальний економічний тягар, пов'язаний з остеоартрозом у США, оцінюється в 136,8 млрд доларів на рік. Ця цифра збільшилася більше ніж удвічі за останнє десятиліття. У перспективі щорічна економічна вартість остеоартрозу перевершуватиме наслідки хвороб, пов'язаних з курінням, раком та діабетом. Прямі медичні витрати на лікування пацієнтів з остеоартрозом колінного суглоба досягають 65 млрд доларів на рік [46]. Щороку через остеоартроз виконується близько 1 млн операцій із заміни колінних та тазостегнових суглобів [41, 46].

Остеоартроз за кількістю осіб, що втратили працездатність з виходом на інвалідність, є третьою хворобою після цукрового діабету та деменції [3, 36].

Прогнозується, що захворюваність на ОА збільшуватиметься зі зростанням населення похилого віку, що лягатиме значним фінансовим тягарем на служби охорони здоров'я та уряди. До 2030 року 20 % людей у Європі та США страждатимуть від ОА [30, 44]; населення Азії старше за 65 років подвоїться у наступні два десятиліття, ОА збільшиться з 6,8 % у 2008 р. до 16,2 % у 2040 р. [39, 43]. Значна поширеність та суттєвий вплив на працездатність роблять остеоартроз серйозною соціальною проблемою. Тому в охороні здоров'я й соціально-економічній сфері першорядна увага приділяється діагностиці остеоартрозу на ранніх стадіях, коли патологічний процес є оборотним, профілактиці та пошуку ефективних лікувальних засобів.

Діагностика остеоартрозу колінного суглоба на ранніх стадіях захворювання становить суттєві труднощі, які пов'язані з відсутністю типових клінічних проявів,

незначними рентгенанатомічними ознаками та нехарактерними змінами лабораторних показників біологічних рідин організму [38, 41, 42]. Додатково ускладнює діагностику ранніх стадій гонартрозу відсутність кореляції між структурними змінами та їх функціональними наслідками, а також візуалізація основних рентгенологічних (закрема, томографічних) ознак, притаманних остеоартрозу колінного суглоба, у асимптомних суб'єктів [5, 22, 41, 47].

В основі клінічного діагнозу ОА колінного суглоба лежать клінічні настанови Української асоціації ревматологів та Української асоціації ортопедів-травматологів [1], а також критерії Американського коледжу ревматологів (ACR) [46] та Європейської ліги з боротьби з ревматизмом (EULAR) [6].

Основними скаргами пацієнтів з гонартрозом є больовий синдром — артралгія, наявність набряку, почуття скутості та обмеження рухливості суглоба, що супроводжується обмеженнями у виробничій та повсякденній діяльності. Інтенсивність суглобового болю зменшується після розминки та відпочинку, збільшується при ходьбі сходами та ходьбі на довгі відстані [11, 33, 45].

Біль, що супроводжує ОА, впливає на якість сну, настрій та участь у повсякденному житті. Пацієнти з ОА колінного суглоба відчувають артралгію більшої інтенсивності, швидку втому, у них виявляється підвищений рівень дисабілітації та обмеження рухової активності порівняно з особами того ж віку без проявів остеоартрозу [17, 34]. Майже чверть дорослих хворих на ОА відчувають сильний біль у суглобах з інтенсивністю 7 балів і вище за шкалою болю від 0 до 10 балів, у якій 10 балів характеризують нестерпний біль [5, 22, 43].

Під час ортопедичного обстеження можуть виявлятися такі клінічні ознаки, як болісність під час пальпації ділянки суглобової щілини тібіофemorального суглоба, проксимальних відділів великогомілкової кістки, наявність суглобової крепітації, болісність рухів в ураженому суглобі, його деформація, наявність суглобового випоту та у деяких випадках незначне підвищення температури суглоба [10, 40, 48].

Одним із важливих клінічних проявів гонартрозу є дисфункція періартикулярних м'язів унаслідок зниженої сили м'язів, що стабілізують колінний суглоб, та змінені показники пропріоцепції, переважно такі м'язові відчуття, як відчуття сили й руху колінного суглоба. Ці показники вважаються важливими для стабілізації колінного суглоба [34, 45]. У пацієнтів з гонартрозом зниження сили м'язів-розгиначів колінного суглоба призводить до 1,65-кратного збільшення ризику розвитку клінічно значущого ОА та 1,58-кратного підвищення ризику розвитку рентгенопозитивного остеоартрозу колінного суглоба [5, 24, 34]. За наявності хронічного суглобового болю ризик розвитку рентгенологічно підтвердженого гонартрозу збільшується у 2,6 раза [22, 36].

Біль в ураженому суглобі разом із супутніми функціональними обмеженнями — ключова причина інвалідизації пацієнтів з гонартрозом [5, 39] та є основною

причиною, що спонукає цю категорію хворих до ендопротезування [39, 45].

Загальновідомий факт, що клінічні прояви остеоартрозу зустрічаються частіше, ніж його рентгенографічне підтвердження, серед літніх пацієнтів. Цьому може бути декілька пояснень, серед яких, зокрема, застосування різних методик обстеження, які включають розміри вибірки, різні досліджувані популяції, спосіб виділення підгруп для аналізу, використання різних показників болю.

Частота клінічної симптоматики гонартрозу змінюється з віком. Глобальна поширеність ОА колінного суглоба становила 16 % в осіб віком 15 років і старше; зросла до 22,9 % в осіб віком 40 років і старше. Глобальна захворюваність на ОА становила 203 випадки на 10 000 людино-років в осіб віком 20 років і старше. Поширеність й захворюваність збільшуються з віком, досягаючи піку в похилому віці за поширеністю та в 70–79 років — за захворюваністю [2, 6, 14]. Щорічна захворюваність на ОА колінного суглоба найбільш висока у віці від 55 до 64 років [41].

Щодо особливостей клінічної симптоматики моногонартрозу, то в доступних літературних джерелах або обговорюється диференційна діагностика з моноартритами [21, 29, 33], або наводяться результати інструментальної діагностики ранніх стадій остеоартрозу колінного суглоба [40, 48]. Отже, в доступній літературі клінічна симптоматика моногонартрозу майже не наведена.

Сьогодні вважається, що артроскопічна оцінка уражень суглобового хряща у пацієнтів з остеоартрозом колінного суглоба є золотим стандартом [10, 40]. Проте деякі автори ставлять під сумнів використання артроскопії через неточність оцінки як розміру дефекту, так і його глибини [41]. Потенційні причини цієї неточності включають наявність несприятливих результатів при артроскопії, а також притаманні труднощі з оцінкою глибини ураження суглобового хряща щодо субхондральної кістки [10].

Можливість надійної оцінки уражень хряща при артроскопії важлива, оскільки цей метод діагностики використовується для визначення варіантів лікування. Відомо, що на артроскопічну оцінку суглобового хряща колінного суглоба впливає безліч факторів, включно з локалізацією, глибиною та розміром ураження, а також досвідом хірурга [11, 29, 39]. На оцінку ураження суглобового хряща може вплинути природна варіація товщини суглобового хряща протягом усієї кістки, що зчленовується [12, 41]. Також клінічно важливо визначати відносний розмір дефекту хряща до загальних розмірів суглобової поверхні, тому що дефект хряща, незважаючи на малий абсолютний розмір, відповідно до поточних стандартів вимірювання, охоплює велику частку відповідної суглобової поверхні у пацієнта з меншими анатомічними розмірами виростка стегнової кістки або надколінка [43, 45].

Артроскопія потенційно є золотим стандартом для перевірки неінвазивних методів оцінки, як-от магнітно-резонансна томографія, оскільки вона забезпечує

сильне збільшення та прямий огляд суглобового хряща з неруйнівною інтерактивною оцінкою його структури та функціональних властивостей. Артроскопія дозволяє зробити більш докладний опис глибини та поширеності уражень, а також виявити тонкі зміни, як-от розм'якшення хряща, фібриляції та тангенціальне лушчення [10].

D. Li зі співавторів провели метааналіз 113 клінічних досліджень щодо результатів діагностично-лікувальної артроскопії у пацієнтів з ОА колінного суглоба й встановили, що розмір ураження суглобового хряща повідомлявся в більшості досліджень (88,5 %), однак лише у 31 % робіт автори використовували широко визнаний золотий стандарт артроскопії для визначення розміру ураження, і також 31 % повідомляли про розмір дефекту після хірургічної операції [16, 48]. Однак відомо, що середня різниця між результатами вимірювання розміру ураження (см²) на МРТ за стандартними протоколами для оцінки хряща перед артроскопією та інтраопераційно становить 65 %. У такому разі передопераційна недооцінка глибини та розміру дефекту суглобового хряща на МРТ-сканах відбувається у 85 % випадків. Широко відомо, що зона пошкодження хряща може виходити за межі повної товщини компонента дефекту і що навколишні ділянки дегенеративного хряща, які потребують санації, важко точно оцінити на передопераційній МРТ [31, 36]. Ця варіація остаточного визначення розміру дефекту (за допомогою розширеної або прямої візуалізації) і часу вимірювання ураження (до чи після обробки) підкреслює необхідність звітувати про всі методи визначення розміру для точної кореляції [20, 33].

Відсутність кореляції між клінічною симптоматикою та рентгенологічними ознаками ОА колінного суглоба обумовлює низьку доступність ортопедичної допомоги: більше ніж 30 % хворих з вперше встановленим діагнозом мають виражену стадію захворювання, а в низці випадків патологія діагностується лише у зв'язку з проявом ускладнення; діагноз остеоартрозу через великий відсоток безболісного розвитку захворювання (40 %) встановлюється часто на термінальних стадіях. Усе це свідчить про необхідність подальших досліджень різних факторів, що впливають на частоту, поширеність, економічний та соціальний тягар остеоартрозу колінного суглоба.

Остеоартроз є мультифакторним захворюванням, серед факторів ризику розвитку якого є вік, стать, ожиріння [13, 17, 19, 35], попередні травми, спадкова схильність, навантаження, що повторюються й супроводжуються кумулятивними мікроушкодженнями тканин суглоба, дисконгруентність суглобових поверхонь, нестабільність суглоба тощо [15, 24, 45]. Як важливий фактор патогенезу ОА розглядається зниження стабілізуючої дії навіколосуглобових м'язів унаслідок гіподинамії [34] або саркопенії [17], що супроводжується зниженням резистентності елементів колінного суглоба до дії щоденних навантажень.

Діагностичне застосування артроскопії у хворих на ОА колінного суглоба невід'ємне від артроскопічно-

го лікування. У зв'язку з цим показання до застосування артроскопії як лікувального заходу є водночас і показаннями до використання артроскопії як методу діагностики. Хоча техніки артроскопічного лікування мають такі переваги, як менша травматичність, менший післяопераційний біль і швидке функціональне відновлення, але вони підходять не всім хворим з ОА колінного суглоба. Лікування обмежується тими пацієнтами, які потребують високої мобільності після операційного суглоба і мають ранні стадії остеоартрозу за класифікацією Келлгрена — Лоуренса. У хворих з термінальними стадіями ОА, наявністю деформацій суглоба у фронтальній площині і суттєвим зниженням суглобової щільності доцільніше використовувати відкриту операцію для корекції силових ліній і поліпшення стану суглобової щільності [10, 40, 45].

При виконанні артроскопічного дослідження колінного суглоба з моногонартрозом основна увага приділяється саме результатам лабораторного аналізу евакуйованих внутрішньосуглобових тканин, оскільки артроскопічна синовіальна біопсія є простим способом отримання репрезентативної патологічної тканини [8, 38]. Водночас клінічна симптоматика та структурні зміни елементів колінного суглоба, візуалізовані під час артроскопії у пацієнтів з моногонартрозом, висвітлюються у поодиноких дослідженнях, частину яких було опубліковано 10 років тому [6, 12]. Результати сучасних артроскопічних досліджень можуть стати важливим внеском в розробку діагностичних та диференційно-діагностичних критеріїв ранніх стадій моногонартрозу.

Основний масив сучасної літератури з проблеми клінічної діагностики остеоартрозу, зокрема і з моноартикулярним ураженням, включає результати досліджень біомаркерів деградації гіалуронового хряща як у разі візуалізації на МРТ-сканах [21], так і за даними біохімічних та імунологічних аналізів сироватки крові [27]. Також окремо вивчається важливість рентгенанатомічних ознак переважно ранніх стадій остеоартрозу колінного суглоба [5]. Зустрічаються поодинокі суперечливі фахові роботи щодо кореляції клінічних та рентгенологічних проявів гонартрозу [31]. Повідомлення про результати комплексного клініко-рентгенологічного обстеження пацієнтів з моногонартрозом, яким проводилась діагностично-лікувальна артроскопія, в літературі майже не наведені. Діагностична важливість артроскопії доведена, однак наявність і характер взаємозв'язку результатів стандартного обстеження цієї категорії хворих з даними лабораторного вивчення синовіальних рідини та біоптату не досліджені.

Висновки

1. Встановлено на основі інформаційно-аналітичних досліджень сучасної наукової літератури, що остеоартроз колінного суглоба супроводжується стійким болем, суттєвим обмеженням функції нижньої кінцівки, зниженням працездатності, що нерідко призводить до ендопротезування суглоба.

2. Діагностика ОА на ранніх стадіях утруднена внаслідок відсутності патогномонічних клінічних, рент-

генологічних й лабораторних показників, а у разі моногонартрозу з синовітом ускладнюється через диференціацію зі специфічними артритидами колінного суглоба. Артроскопія дозволяє виконати необхідний обсяг діагностично-лікувальних заходів з верифікацією патологічного процесу й визначенням стадії гонартрозу.

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

Список літератури

1. Борткевич О.П., Гармаш О.О., Калашніков О.В., Коваленко В.М., Полулях М.М., Проценко Г.О. та ін. Клінічна настанова [Остеоартроз. Клінічні рекомендації]. Київ, 2017. 481 с. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.dec.gov.ua/wp-content/uploads/2019/11/akn_osteo.pdf.
2. Інтернет-ресурс Державної служби статистики України [Інтернет-ресурс Державної статистичної служби України] [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://database.ukrcensus.gov.ua/MULT/Dialog/statfile_c.asp.
3. Колесніченко В.А., Голка Г.Г., Ханік Т.Я., Веклич В.М. Епідеміологія остеоартрозу колінного суглоба. *The Journal of VN Karazin Kharkiv National University*. 2021;(43):115-126.
4. Abraham S, Patel S. Monoarticular Arthritis. [Updated 2021 Aug 27]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022 Jan. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK542164/>
5. Altuwaifi AA, Qronfla HM, Aljehani LS, et al. The Association Between Gonarthrosis Pain Severity and Radiographic Findings on X-Ray: A Cross-Sectional Study. *Cureus*. 2023 Feb 21;15(2):e35258. doi: 10.7759/cureus.35258.
6. Arthritis Foundation. Arthritis by the Numbers. In: Atlanta, GA: Arthritis Foundation; 2019: <https://www.arthritis.org/Documents/Sections/About-Arthritis/arthritis-facts-stats-figures.pdf>. Accessed April 5, 2019.
7. Astephen Wilson JL, Kobsar D. Osteoarthritis year in review 2020: mechanics. *Osteoarthritis and Cartilage*. 2021;29:161-169. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2020.12.009>.
8. Bannuru RR, Osani MC, Vaysbrot EE, Arden NK, Bennell K, Bierma-Zeinstra SMA, et al. OARSI guidelines for the non-surgical management of knee, hip, and polyarticular osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage*. 2019;27(11):1578-89. doi: <https://doi.org/10.1016/j.joca.2019.06.011>.
9. Barr AJ, Campbell TM, Hopkinson D, Kingsbury SR, Bowes MA, Conaghan PG. A systematic review of the relationship between subchondral bone features, pain and structural pathology in peripheral joint osteoarthritis. *Arthritis Res & Therapy*. 2015;17:228. DOI: 10.1186/s13075-015-0735-x.
10. Becker JA, Daily JP, Pohlgeers KM. Acute Monoarthritis: Diagnosis in Adults. *Am Fam Physician*. 2016 Nov 15;94(10):810-816.
11. Berenbaum F, Wallace IJ, Lieberman DE, Felson DT. Modern-day environmental factors in the pathogenesis of osteoarthritis. *Nat. Rev. Rheumatol*. 2018;14:674-681.
12. Berteau J-P. Knee Pain from Osteoarthritis: Pathogenesis, Risk Factors, and Recent Evidence on Physical The-

rapy Interventions. *J. Clin. Med.* 2022;11:3252. <https://doi.org/10.3390/jcm11123252>.

13. Bliddal H, Leeds AR, Christensen R. Osteoarthritis, obesity and weight loss: evidence, hypotheses and horizons — a scoping review. *Obes Rev.* 2014 Jul;15(7):578-586. Doi: <https://doi.org/10.1111/obr.12173>.

14. Bruyere O, Honvo G, Veronese N, Arden NK, Branco J, Curtis EM, Al-Daghri NM [et al.]. An updated algorithm recommendation for the management of knee osteoarthritis from the European Society for Clinical and Economic Aspects of Osteoporosis, Osteoarthritis and Musculoskeletal Diseases (ESCEO). *Semin Arthritis Rheum.* 2019 Dec;49(3):337-350. doi: 10.1016/j.semarthrit.2019.04.008.

15. Chamorro-Moriana G, Perez-Cabezas V, Espuny-Ruiz F, Torres-Enamorado D, Ridaio-Fernandez C. Assessing knee functionality: Systematic review of validated outcome measures. *Annals Phys Rehab Med.* 2022;65:101608. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2021.101608>.

16. Chen D, Shen J, Zhao W, Wang T, Han L, Hamilton JL, Im H-J. Osteoarthritis: toward a comprehensive understanding of pathological mechanism. *Bone Research.* 2017;5:16044. Doi: <https://doi.org/10.1038/boneres.2016.44>.

17. Chilelli BJ, Cole BJ, Farr J, Lattermann C, Gomoll AH. The Four Most Common Types of Knee Cartilage Damage Encountered in Practice: How and Why Orthopaedic Surgeons Manage Them. In: *AAOS Instr Course Lect.* 2017;66:507-530.

18. Cooper C, Bruyere O, Arden N, Branco J, Brandi ML, Herrero-Beaumont G, Berenbaum F [et al.]. Can we identify patients with high risk of osteoarthritis progression who will respond to treatment? A focus on epidemiology and phenotype of osteoarthritis. *Drugs Aging.* 2015 Mar;32(3):179-87. doi: 10.1007/s40266-015-0243-3.

19. Cui A, Li H, Wang D, Zhong J, Chen Y, Lu H. Global, regional prevalence, incidence and risk factors of knee osteoarthritis in population-based studies. *EClinicalMedicine.* 2020;2930:100587. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2020.100587>.

20. Demehri S, Guermazi A, Kwoh CK. Diagnosis and longitudinal assessment of osteoarthritis: review of available imaging techniques. *Rheum Dis Clin North Am.* 2016;42:607-20.

21. de Oliveira Vargas e Silva NC, dos Anjos RL, Santana MMC, Battistella LR, Alfieri FM. Discordance between radiographic findings, pain, and superficial temperature in knee osteoarthritis. *Reumatologia.* 2020;58,6:375-380. DOI: <https://doi.org/10.5114/reum.2020.102002>.

22. Emery CA, Whittaker JL, Mahmoudian A, Lohmander LS, Roos EM, Bennell KL, et al. Establishing outcome measures in early knee osteoarthritis. *Nat. Rev. Rheumatol.* 2019;15:438-448.

23. Finney A, Dziedzic KS, Lewis M, Healey E. Multisite peripheral joint pain: a cross-sectional study of prevalence and impact on general health, quality of life, pain intensity and consultation behaviour. *BMC Musculoskeletal Disorders.* 2017;18:535. Doi: <https://doi.org/10.1186/s12891-017-1896-3>.

24. Gorial FI, Anwer Sabah SA, Kadhim MB, Jamal NB. Functional Status in Knee Osteoarthritis and its Relation to Demographic and Clinical Features. *Mediterr J Rheumatol.* 2018;29(4):207-10.

25. Guo J, Huang X, Dou L, et al. Aging and aging-related diseases: from molecular mechanisms to interventions and treatments. *Sig Transduct Target Ther.* 2022;7:391. <https://doi.org/10.1038/s41392-022-01251-0>.

26. Harkey MS, Davis JE, Lu B, Price LL, Ward RJ, Mackay JW, et al. Early pre-radiographic structural pathology precedes the onset of accelerated knee osteoarthritis. *BMC Musculoskelet. Disord.* 2019;20:1-10.

27. Huang Y, Deng W, Zheng S, et al. Relationship between monocytes to lymphocytes ratio and axial spondyloarthritis. *Int Immunopharmacol.* 2018;57:43-46. doi: 10.1016/j.intimp.2018.02.008.

28. Hunter DJ, Zhang W, Conaghan PG, Hirko K, Menashe L, Li L, Reichmann WM, Losina E. Systematic review of the concurrent and predictive validity of MRI biomarkers in OA. *Osteoarthritis Cartilage.* 2011 May;19(5):557-588. doi: 10.1016/j.joca.2010.10.029.

29. Jones KJ, Sheppard WL, Arshi A, Hinckel BB, Sherman SL. Articular Cartilage Lesion Characteristic Reporting Is Highly Variable in Clinical Outcomes Studies of the Knee. *Cartilage.* 2019 Jul;10(3):299-304. doi: 10.1177/1947603518756464.

30. Kelli D Allen, Yvonne M Golightl. Epidemiology of osteoarthritis: state of the evidence. *Curr Opin Rheumatol.* 2016, 27:000-000. Doi: <https://doi.org/10.1097/BOR.0000000000000161>.

31. Kim S-H, Park K-N. Evaluation of the Relationships Between Kellgren-Lawrence Radiographic Score and Knee Osteoarthritis-related Pain, Function, and Muscle Strength. *Phys. Ther. Korea* 2019;26(2):69-75. <https://doi.org/10.12674/ptk.2019.26.2.069>.

32. Kloppenburg M, Berenbaum F. Osteoarthritis year in review 2019: Epidemiology and therapy. *Osteoarthritis Cartilage.* 2020;28:242-248.

33. Krakowski P, Karpinski R, Jojczuk M, Nogalska A, Jonak J. Knee MRI Underestimates the Grade of Cartilage Lesions. *Appl. Sci.* 2021;11:1552. <https://doi.org/10.3390/app11041552>.

34. Krishnasamy P, Hall M, Robbins SR. The role of skeletal muscle in the pathophysiology and management of knee osteoarthritis. *Rheumatology.* 2018 May;57,4:iv22-iv33. <https://doi.org/10.1093/rheumatology/kex515>.

35. Li D, Li S, Chen Q, Xie X. The Prevalence of Symptomatic Knee Osteoarthritis in Relation to Age, Sex, Area, Region, and Body Mass Index in China: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front. Med.* 2020 July 16. Doi: <https://doi.org/10.3389/fmed.2020.00304>.

36. Liu C, Wan Q, Zhou W, Feng X, Shang S. Factors associated with balance function in patients with knee osteoarthritis: An integrative review. *Int J Nursing Sciences.* 2017;4(4):402-409. <https://doi.org/10.1016/j.ijnss.2017.09.002>.

37. Mathiessen A, Conaghan PG. Synovitis in osteoarthritis: current understanding with therapeutic implications. *Arthritis Res Ther.* 2017;19(1):18-21. <https://doi.org/10.1186/s13075-017-1229-9>.

38. Mohajer B, Dolatshahi M, Moradi K, Najafzadeh N, Eng J, Zikria B, et al. Role of Thigh Muscle Changes in Knee Osteoarthritis Outcomes: Osteoarthritis Initiative Data. *Radiology.* 2022;305(1):169-178. <https://doi.org/10.1148/radiol.212771>.

39. Mora JC, Przkora R, Cruz-Almeida Y. Knee osteoarthritis: pathophysiology and current treatment modalities. *Journal of Pain Research*. 2018;11:2189-2196. <http://dx.doi.org/10.2147/JPR.S154002>.
40. Musumeci G. The Effect of Mechanical Loading on Articular Cartilage. *J Funct Morphol Kinesiol*. 2016;1:154-161.
41. Osteoarthritis Research Society International. Osteoarthritis: A Serious Disease, submitted to the U.S. Food and Drug Administration. 2016. https://www.oarsi.org/sites/default/files/docs/2016/oarsi_white_paper_oa_serious_disease_121416_1.pdf. Accessed March 27, 2019.
42. Pathak SK, Agnihotri M. Efficacy of synovial fluid analysis in diagnosing various types of arthritis, with special reference to percutaneous synovial biopsy as a diagnostic tool. *International Journal of Contemporary Medical Research*. 2017;4.
43. Primorac D, Molnar V, Rod E, Jelec Z, Cukelj F, Matiscic V, et al. Knee Osteoarthritis: A Review of Pathogenesis and State-Of-The-Art Non-Operative Therapeutic Considerations. *Genes* 2020;11:854. doi: 10.3390/genes11080854.
44. Safiri S, Kolahi AA, Smith E, et al. Global, regional and national burden of osteoarthritis 1990-2017: a systematic analysis of the global burden of disease study 2017. *Ann Rheum Dis*. 2020. Doi: <https://doi.org/10.1136/annrheum-dis-2019-216515>.
45. Satake Y, Izumi M, Aso K, Igarashi Y, Sasaki N, Ikeuchi M. Comparison of Predisposing Factors Between Pain on Walking and Pain at Rest in Patients with Knee Osteoarthritis. *Journal of Pain Research*. 2021;14:1113-1118.
46. United States Bone and Joint Initiative. The Burden of Musculoskeletal Diseases in the United States (BMUS). In: In. Fourth ed. Rosemont, IL. 2018: Available at <https://www.boneandjointburden.org/fourth-edition>. Accessed June 12, 2019.
47. Wang X, Oo WM, Linklater JM. How well do radiographic, clinical and self-reported diagnoses of knee osteoarthritis agree? Findings from the Hertfordshire cohort study. *Rheumatology*. 2018;57:iv51iv60. Doi: <https://doi.org/10.1093/rheumatology/kex501>.
48. Xu H, Zhao G, Xia F, Liu X, Gong L, Xueping Wen X. The diagnosis and treatment of knee osteoarthritis: a literature review. *Int J Clin Exp Med*. 2019;12(5):4589-4599.

Отримано/Received 07.01.2024

Рецензовано/Revised 16.01.2024

Прийнято до друку/Accepted 27.01.2024 ■

Information about authors

Grygoriy Golka, MD, DSc, PhD, Professor, Head of the Department of Traumatology and Orthopedics, Kharkiv National Medical University, Kharkiv, Ukraine; fax +38 (057) 700-41-32; e-mail: gr_golka@ukr.net, hh.holka@knmu.edu.ua; phone: +380 (50) 400-95-76; <https://orcid.org/0000-0002-3741-8924>
 V. Kolesnichenko, Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine; e-mail: univ@karazin.ua
 T. Khanyk, Danylo Halytsky Lviv National Medical University, Lviv, Ukraine; e-mail: office@meduniv.lviv.ua
 Marta Lomikivska, Assistant, Department of Clinical Immunology and Allergology, Danylo Halytsky Lviv National Medical University, Lviv, Ukraine; e-mail: ydmarta79@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-9850-069X>
 Volodymyr Vesnin, PhD, Assistant, Department of Traumatology and Orthopedics, Kharkiv National Medical University, Kharkiv, Ukraine; e-mail: vesninagroup@gmail.com; phone: +380 (50) 061-43-53; <https://orcid.org/0000-0001-9104-6116>
 Viktor Burlaka, PhD, Secretary of the Department of Traumatology and Orthopedics, Kharkiv National Medical University, Kharkiv, Ukraine; e-mail: vv.burlaka@knmu.edu.ua; <https://orcid.org/0000-0002-0204-6454>

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

G.G. Golka¹, V.A. Kolesnichenko², T.Ya. Khanyk³, M.P. Lomikivska³, V.V. Vesnin¹, V.V. Burlaka¹

¹Kharkiv National Medical University, Kharkiv, Ukraine

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

³Danylo Halytsky Lviv National Medical University, Lviv, Ukraine

The role and place of arthroscopy in the early diagnosis of monoarthrosis (literature review)

Abstract. Background. Knee osteoarthritis is a progressive incurable disease that in severe cases leads to total joint replacement, which requires significant economic costs and medical and social adaptation, has a number of postoperative complications and adverse outcomes. Therefore, special attention has recently been paid to the prevention and treatment of the early stages of the disease. The purpose of the study was to conduct a systematic analysis of scientific literature on the prospects and possibilities of using arthroscopy in the early diagnosis of monoarthrosis. **Material and methods.** A literature search was conducted in the PubMed and MEDLINE databases for 2010–2024 using the following medical subject headings and keywords: “deforming osteoarthritis of the knee joint”, “osteoarthritis of the knee joint”, “unilateral deforming osteoarthritis of the knee joint”, “unilateral osteoarthritis of the knee joint”, “gonarthrosis”, “monoarthrosis”, “arthroscopy”, “diagnosis”, “treatment”. If necessary, literature sources beyond the search period were used in some cases. A general search revealed 48 references on the use of arthroscopy as a diagnostic and

therapeutic method in the early stages of monoarthrosis. The primary exclusion concerned the literature in which arthroscopy was used for the diagnosis and treatment of late-stage knee osteoarthritis (n = 38). The secondary exclusion included literature sources that contained only background information (summary, figures, references) (n = 12). As a result, only relevant full-text articles in professional journals remained (n = 15). **Results.** The lack of correlation between clinical symptoms and radiological signs of knee osteoarthritis causes low availability of orthopaedic care: more than 30 % of newly diagnosed patients have a severe stage of the disease, and in some cases the pathology is detected only in connection with the manifestation of complications; the diagnosis of osteoarthritis due to a large percentage of painless development of the disease (40 %) is often established at terminal stages. All of this suggests the need for further research into the various factors that influence the frequency, prevalence, economic and social burden of knee osteoarthritis. Arthroscopy is potentially the gold standard for validating non-invasive assessment methods such as magnetic resonance

imaging, as it provides high magnification and direct view of articular cartilage with non-destructive interactive assessment of its structure and functional properties. Arthroscopy allows for a more detailed description of the depth and extent of lesions, as well as the detection of subtle changes such as cartilage softening, fibrillations, and tangential peeling. Clinical symptoms and structural changes in the knee joint elements visualised during arthroscopy in patients with monoarthrosis are covered in a few studies, some of which were published 10 years ago. The results of modern arthroscopic studies can be an important contribution to the development of diagnostic and differential diagnostic criteria for the early stages of monoarthrosis. **Conclusions.** Based on information and analytical

studies of modern scientific literature, it has been found that knee osteoarthritis is accompanied by persistent pain, significant limitation of the lower limb function, and reduced ability to work, which often leads to joint replacement. Diagnosis of osteoarthritis in the early stages is difficult due to the absence of pathognomonic clinical, radiological and laboratory parameters, and in case of monoarthrosis with synovitis, it is complicated by differentiation with specific arthritis of the knee joint. Arthroscopy allows performing the necessary scope of diagnostic and therapeutic measures with verification of the pathological process and determination of gonarthrosis stage.

Keywords: epidemiology; early diagnosis of gonarthrosis; arthroscopy

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

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

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

Аналіз розподілу навантажень при транспедикулярній стабілізації вибухових переломів у зоні грудопоперекового переходу

Резюме. Актуальність. У структурі всіх травматичних ушкоджень хребта переважаючою є зона грудопоперекового переходу, на частку якої припадає понад 53 % всіх переломів хребців. Одним із найбільш клінічно значущих типів ушкоджень у цьому відділі є вибухові переломи. **Мета:** вивчити напружено-деформований стан моделі грудопоперекового відділу хребта з вибуховим переломом хребця Th12 за різних варіантів транспедикулярної фіксації під впливом стискаючого навантаження. **Матеріали та методи.** У роботі розроблено та досліджено математичну скінченно-елементну модель грудопоперекового відділу хребта з вибуховим переломом хребця Th12. Вибуховий перелом було модельовано шляхом розділення тіла хребця Th12 на кілька площин, що перетворили його на окремі фрагменти. Проміжки між цими фрагментами заповнювались матеріалом, який імітував міжуламковий регенерат. Розглядалися варіанти транспедикулярної стабілізації з використанням різних типів гвинтів, моно- чи бікортікальних, та наявності чи відсутності поперечних стяжок. Модель аналізувалась під стискаючим навантаженням. **Результати.** Максимальний рівень напруження серед кісткових структур, що безпосередньо залучені у фіксацію, було зареєстровано в тілі L2 хребця. Він становив 19,9; 15,6; 19,4 та 15,1 МПа відповідно для моделей з монокортикальними гвинтами без поперечних стяжок, з бікортікальними гвинтами без стяжок, з монокортикальними гвинтами та стяжками, з бікортікальними гвинтами та стяжками. Водночас зона входу гвинта в дугу цього хребця демонструє показники 10,1; 15; 10,2 та 14,3 МПа для цих моделей відповідно. Пікові навантаження на елементи металоконструкції спостерігаються на опорних балках і становлять 212,5; 159,6; 203,7; 142,8 МПа відповідно для розглянутих моделей. **Висновки.** Результати дослідження показали, що під впливом стискаючого навантаження при моделюванні вибухового перелому ділянки грудопоперекового переходу використання довгих гвинтів призводить до зниження рівня напружень як в елементах металевої конструкції, так і в кісткових елементах моделі, тоді як застосування поперечних стяжок має незначний вплив.

Ключові слова: грудопоперековий перехід; травматичне ушкодження; транспедикулярна фіксація; вибуховий перелом; компресійне навантаження

Вступ

Згідно з даними Інституту метрики та оцінювання в системі охорони здоров'я, у 2019 році у світі було зареєстровано понад 5,3 млн нових випадків травматичних ушкоджень хребта, що визначає частоту приблизно 68,8 на 100 тис. населення [1]. Водночас в Україні цей показник значно вищий — 208 на 100 тис. [2]. Травматичні ушкодження хребта, незважаючи на відносно невели-

ку частоту, істотно впливають як на соціальні, так і на економічні аспекти життя постраждалих та суспільства в цілому [3]. Пацієнти, які перенесли травму хребта, порівняно з іншими травмами опорно-рухового апарату, менш схильні до соціальної реінтеграції і часто демонструють часткову або повну втрату працездатності [4].

У структурі всіх травматичних ушкоджень хребта переважаючою є зона грудопоперекового переходу (ГПП), що

включає два нижніх грудних і два верхніх поперекових хребця (Th11–L2). І хоча ГПП у строгому анатомічному розумінні є штучним терміном, клінічну доцільність розгляду цієї ділянки окремо від грудопоперекового відділу в цілому відзначають багато авторів [5]. За даними великого епідеміологічного дослідження, проведеного Н. Wang та співавт., на частку переломів у зоні ГПП припадає близько 53 % від усіх травм хребта, або 67 % усіх травматичних ушкоджень грудопоперекового відділу [6].

Якщо розглядати біомеханіку травматичного ушкодження грудопоперекового відділу хребта, зокрема відношення локалізації тіл хребців до осі навантаження, а також участь інших анатомічних структур у компенсації надмірного механічного впливу, очевидним є той факт, що переважний механізм ушкодження ГПП — компресійний [7]. Відповідно, патоморфологічна картина, що спостерігається при травмах ГПП у більшості випадків, характеризується компресійними (тип A1 або A2) або вибуховими (тип A3 або A4) ушкодженнями тіл за класифікацією AOSpine Thoracolumbar Spine Injury Classification System, які можуть супроводжуватись або не супроводжуватись порушеннями заднього зв'язкового комплексу [8].

Аналіз публікацій останніх десятиліть демонструє, що саме вибуховим переломам приділяється найбільше уваги. Цей факт, безумовно, пояснюється досить високою частотою неврологічних розладів, викликаних ретропульсією фрагментів пошкодженого тіла хребця у просвіт хребетного каналу, а також досить суперечливими твердженнями про стабільність таких ушкоджень [9]. У випадку наявності неврологічного дефіциту, детермінованого компресією структур хребетного каналу, базовою і досить беззаперечною стратегією є хірургічне втручання із прямою декомпресією та наступною стабілізацією [10]. При цьому обсяг стабілізації визначається як ступенем остеохондрозних ушкоджень, отриманих внаслідок травми, так і дефектами кісткових структур, що виникли в результаті декомпресії як такої [11]. Значний вплив має зона грудопоперекового відділу, яка є об'єктом втручання. Водночас стратегія терапії потерпілих з вибуховими переломами грудопоперекового відділу без явищ неврологічного дефіциту є вельми суперечливою. Закономірно, що в умовах прогресуючого зростання витрат на охорону здоров'я загалом спроби мінімізувати обсяг хірургічного втручання або замінити його консервативними методами є дуже популярними та перспективними [12].

Однак щодо зони ГПП метод хірургічної корекції вибухових переломів, незалежно від неврологічних розладів, є провідним. Це пояснюється значним навантаженням на цю ділянку і, відповідно, високими ризиками прогресування деформації та відсутності консолідації при спробі лікування пацієнтів консервативно, що знаходить відображення у численних публікаціях [13]. Як уже зазначалося раніше, методи хірургічного втручання при травмах ГПП дуже різноманітні і визначаються завданнями, що стоять перед хірургами: декомпресія, корекція осі та стабілізація [14]. Саме комбінація цих цілей є критерієм вибору того чи іншого підходу. У випадках, коли вибуховий перелом у зоні ГПП не супроводжується значним зміщенням кістко-

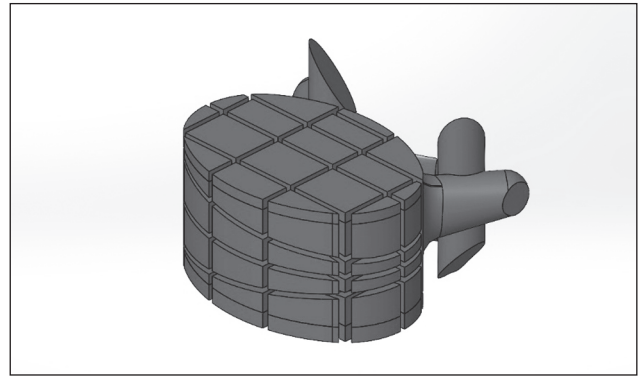


Рисунок 1. Модель хребця Th12

вих фрагментів у просвіт хребетного каналу, методом вибору є транспедикулярна фіксація. Беззаперечною перевагою цього методу є можливість швидкої вертикалізації та реабілітації потерпілого з мінімізацією ризиків прогресування деформації осі хребта. Крім того, успішна консолідація кісткових фрагментів, досягнута за допомогою фіксації, у деяких випадках дозволяє в майбутньому демонтувати систему та досягти повної ремобілізації хребтово-рухових сегментів.

Відомо, що ізольоване встановлення транспедикулярної системи фіксації, не супроводжуване додатковою декомпресією, може бути виконане двома методами: відкритим встановленням та малоінвазивною перкутанною методикою з використанням сучасних систем фіксації. При цьому, поряд з очевидними беззаперечними перевагами: мінімізація крововтрати та зменшення пошкодження м'язового масиву, зниження частоти післяопераційних ускладнень та ризиків некоректного встановлення гвинтів — малоінвазивна стабілізація має один беззаперечний мінус — методика не передбачає встановлення поперечних з'єднань, що до певної міри знижує надійність фіксації [15]. Водночас даних про ступінь впливу цього фактора на розподіл навантажень при хірургічній корекції травматичних вибухових ушкоджень ділянки ГПП у літературі не виявлено.

Мета: вивчити напружено-деформований стан моделі грудопоперекового відділу хребта із вибуховим переломом хребця Th12 за різних варіантів транспедикулярної фіксації під впливом стискаючого навантаження.

Матеріали та методи

У лабораторії біомеханіки Інституту патології хребта та суглобів імені проф. М.І. Ситенка НАМН України була розроблена математична скінченно-елементна модель грудопоперекового відділу хребта людини із вибуховим переломом хребця Th12, а також були враховані металоконструкції — транспедикулярна система стабілізації. Детальний опис та характеристики моделі наведено в попередніх публікаціях [16, 17].

Вибуховий перелом моделювали шляхом розділення тіла хребця Th12 декількома площинами на окремі фрагменти (рис. 1). Проміжки між цими фрагментами заповнювали матеріалом, який імітував міжуламковий регенерат.

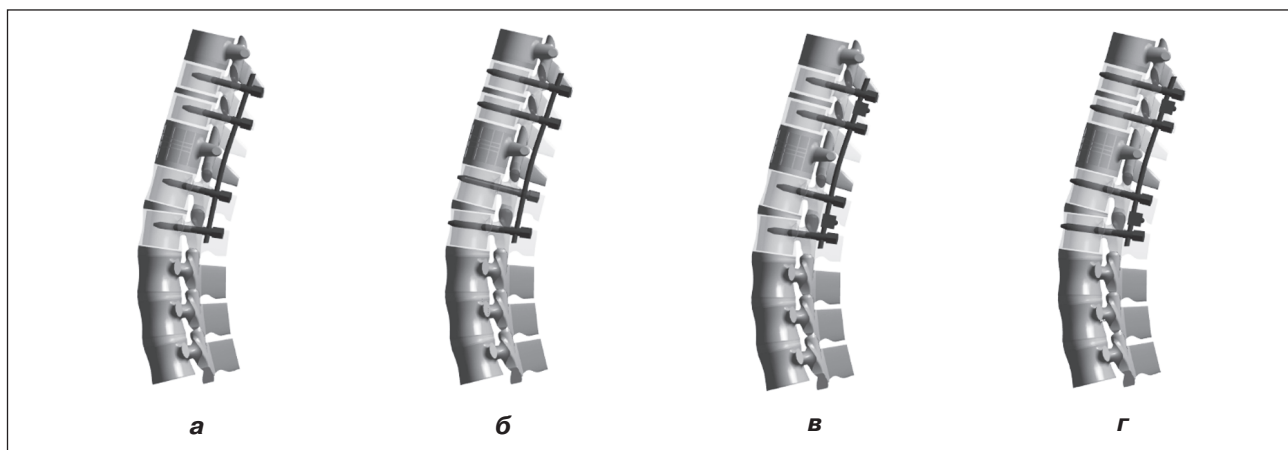


Рисунок 2. Моделі з різними варіантами транспедиккулярної фіксації: а — короткі гвинти без поперечних стяжок; б — довгі гвинти без поперечних стяжок; в — короткі гвинти з поперечними стяжками; г — довгі гвинти з поперечними стяжками

Моделювали 4 варіанти транспедиккулярної фіксації з використанням коротких фіксуючих і довгих гвинтів, які проходять крізь передню поверхню тіла хребця, а також двох поперечних стяжок та без них (рис. 2).

При моделюванні матеріал вважали однорідним та ізотропним. Як скінченний елемент обрано 10-вузловий тетраедр з квадратичною апроксимацією. Механічні властивості біологічних тканин (кортикальна та губчаста кістка, міжхребцеві диски) для математичного моделювання обрано за даними [18–21]. Матеріал елементів металоконструкцій — титан. Механічні характеристики штучних матеріалів обирали за даними технічної літератури [22]. Для аналізу використовували такі характеристики, як E — модуль пружності (модуль Юнга), ν — коефіцієнт Пуассона. Дані про механічні характеристики матеріалів наведено в табл. 1.

Напружено-деформований стан моделей досліджували під впливом вертикального стискаючого розподіленого навантаження, яке прикладали до тіла Th9 хребця та суглобових поверхонь його остистих виростків. Величина навантаження становила 350 Н, що відповідає вазі верхньої частини тіла. По дистальній поверхні диска L5 модель мала жорстке закріплення. Схема навантаження моделей наведена на рис. 3.

Для зручності дослідження змін напружено-деформованого стану моделей залежно від способу транспе-

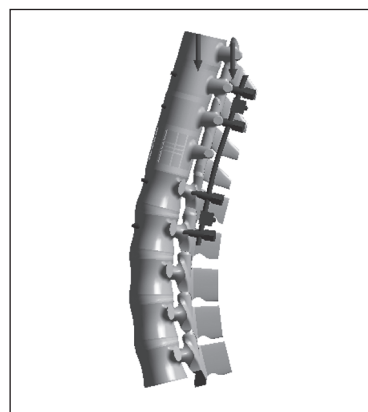


Рисунок 3. Схема навантаження моделей

диккулярної фіксації величину напруження визначали на контрольних точках (рис. 4).

Дослідження напружено-деформованого стану моделей виконували з використанням методу скінченних елементів. Критерієм оцінки напруженого стану моделей було напруження за Мізесом [23]. Моделювання виконували за допомогою системи автоматизованого проектування SolidWorks (Dassault Systemes, Франція). Розрахунки напружено-деформованого стану моделей здійснювали за допомогою програмного комплексу CosmosM [24].

Таблиця 1. Механічні характеристики матеріалів, використаних при моделюванні

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

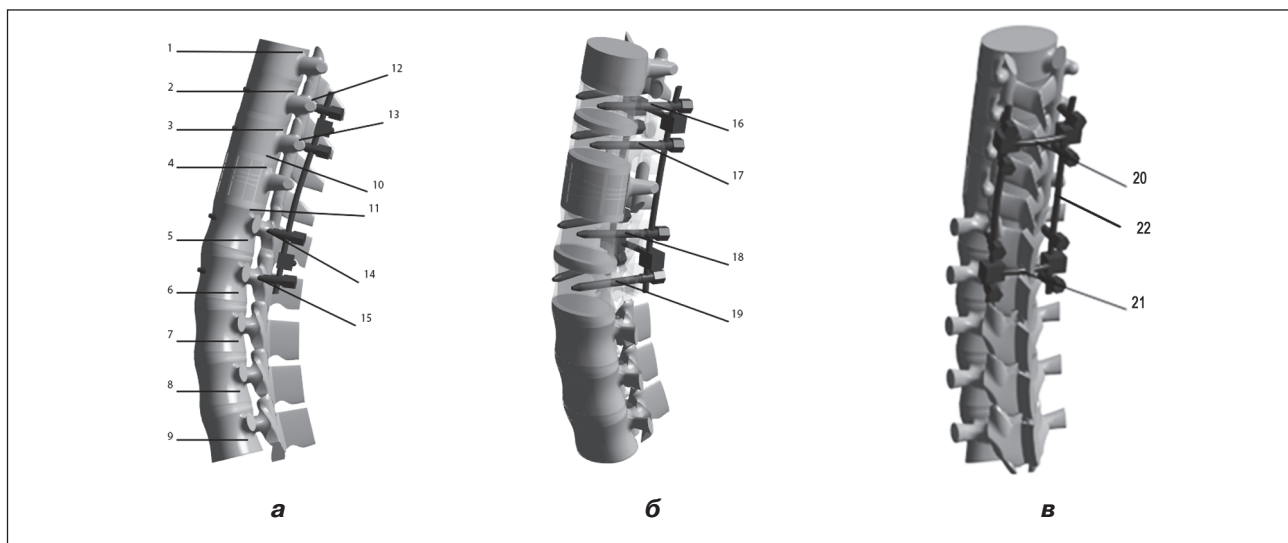


Рисунок 4. Схема розташування контрольних точок: 1 — тіло хребця Th9; 2 — тіло хребця Th10; 3 — тіло хребця Th11; 4 — тіло хребця Th12; 5 — тіло хребця L1; 6 — тіло хребця L2; 7 — тіло хребця L3; 8 — тіло хребця L4; 9 — тіло хребця L5; 10 — нижня замикальна пластинка тіла хребця Th11; 11 — верхня замикальна пластинка тіла хребця L1; 12 — вхід гвинтів у дугу хребця Th10; 13 — вхід гвинтів у дугу хребця Th11; 14 — вхід гвинтів у дугу хребця L1; 15 — вхід гвинтів у дугу хребця L2; 16 — гвинти у тілі хребця Th10; 17 — гвинти у тілі хребця Th11; 18 — гвинти у тілі хребця L1; 19 — гвинти у тілі хребця L2; 20 — стяжки між гвинтами в тілах хребців Th10 і Th11; 21 — стяжки між гвинтами в тілах хребців L1–L2; 22 — опорні балки

Результати та обговорення

На першому етапі дослідження вивчено напружено-деформований стан моделі грудопоперекового відділу хребта з вибуховим переломом тіла хребця Th12 при дії стискаючого навантаження. Для транспедикулярної фіксації використано короткі гвинти без поперечних стяжок. На рис. 5 зображено розподіл напруження у моделі.

При стискаючих навантаженнях на модель із транспедикулярною фіксацією короткими гвинтами без поперечних стяжок спостерігали максимальне напруження величиною 21,6 МПа в тілі хребця L4. Також високі значення напружень зафіксовано в тілах хребців L2 — 19,9 МПа та L3 — 20,6 МПа. У грудному відділі максимальне значення напруження 12,3 МПа зареєстрували в хребці Th12. Навколо фіксуючих гвинтів максимальний рівень напружень 10,1 МПа визначено в дугах хребця L2. Це є наслідком того, що гвинти в цьому хребці теж визначаються як найнапруженіші — 35,8 МПа. Також значно напруженими є гвинти в хребці Th10 — 21,4 МПа. Найбільш напруженими елементами металеві конструкції є опорні балки, на яких напруження сягають позначки 212,5 МПа.

На рис. 6 наведено напружено-деформований стан моделі грудопоперекового відділу хребта з вибуховим переломом тіла хребця Th12 під впливом навантаження на стискання. Транспедикулярна фіксація довгими гвинтами без поперечних стяжок.

Використання довгих транспедикулярних гвинтів без поперечних стяжок при навантаженнях на стис-

кання призводить до зниження рівня напружень у тілах всіх хребців, за винятком травмованого хребця Th12, напруження в якому зростають до 14,3 МПа. Також визначається підвищення рівня напружень навколо фіксуючих гвинтів, який набуває максимуму 15,0 МПа в дугах хребця L2. Винятком є хребець Th11, у дугах якого спостерігали зниження рівня напружень навколо гвинтів до позначки 2,0 МПа. Напруження в самих гвинтах також підвищуються і набувають максимуму на крайніх хребцях Th10 і L2, де вони сягають позначок 23,5 та 41,1 МПа відповідно. Водночас на гвинтах у хребці L1 спостерігається зниження величини напружень до рівня 5,8 МПа. Наслідком підвищення напружень на фіксуючих гвинтах є їх зниження на опорних балках до 159,6 МПа.

Досліджено вплив поперечних стяжок на розподіл напруження у моделі грудопоперекового відділу хребта з вибуховим переломом тіла хребця Th12 під впливом навантаження на стискання. Розподіл напружень у моделі можна спостерігати на рис. 7.

Як показали результати моделювання, використання поперечних стяжок у комбінації з короткими гвинтами при навантаженнях на стискання незначно знижує рівень напруження в усіх контрольних точках на кісткових елементах моделі порівняно з моделлю без стяжок. Максимальне зниження величини напружень не перевищує 5 %. Напруження на самих стяжках визначаються на рівні 1,8 та 5,2 МПа на верхній і нижній стяжках відповідно.

Розглянути, як впливає наявність поперечних стяжок на розподіл напружень у моделі з транспедикулярною фіксацією довгими гвинтами, можна на рис. 8.

Використання поперечних стяжок у комбінації з довгими фіксувальними гвинтами при стискаючому навантаженні також викликало незначне зниження напруження в усіх контрольних точках моделі порівняно з транспедикулярною фіксацією довгими гвинтами без стяжок. Напруження на стяжках виявилися трохи вищими за модель з короткими гвинтами і спостерігалися на позначках 2,2 та 5,7 МПа на верхній та нижній стяжках відповідно. При цьому напруження на опорних балках були найнижчими за всі моделі — 142,8 МПа.

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

Порівняння показників напруження під впливом навантаження на стискання на кісткових елементах моделей грудопоперекового відділу хребта з вибуховим переломом тіла хребця Th12 за різних варіантів транспедикулярної фіксації (рис. 9) виявило, що найбільший вплив на розподіл напружень у моделях мала довжина гвинтів, тоді як наявність або відсутність стяжок майже не впливала на показники, що досліджували.

Діаграма, наведена на рис. 10, дає змогу порівняти величини напружень у контрольних точках на елементах металевих конструкцій моделей. Аналіз даних

Таблиця 2. Напруження під впливом навантаження на стискання у моделях грудопоперекового відділу хребта з вибуховим переломом тіла хребця Th12 за різних варіантів транспедикулярної фіксації

Контрольні точки			Напруження, МПа			
			Модель без стяжок		Модель зі стяжками	
№	Зона		Короткі гвинти	Довгі гвинти	Короткі гвинти	Довгі гвинти
1	Кісткова тканина	Тіло хребця Th9	3,8	3,2	3,8	3,2
2		Тіло хребця Th10	8,7	6,6	8,7	6,6
3		Тіло хребця Th11	3,2	2,6	2,8	2,3
4		Тіло хребця Th12	12,3	14,3	12,7	13,2
5		Тіло хребця L1	5,7	3,7	5,4	3,8
6		Тіло хребця L2	19,9	15,6	19,4	15,1
7		Тіло хребця L3	20,6	12,9	20,1	12,5
8		Тіло хребця L4	21,6	13,4	21,0	13,0
9		Тіло хребця L5	9,1	7,2	8,9	7,1
10		Нижня замикальна пластинка хребця Th11	1,3	2,1	1,5	2,1
11		Верхня замикальна пластинка хребця L1	2,7	2,8	2,8	2,9
12		Вхід гвинтів у дугу хребця Th10	3,6	4,1	2,7	3,1
13		Вхід гвинтів у дугу хребця Th11	4,1	2,0	3,8	1,9
14		Вхід гвинтів у дугу хребця L1	4,5	5,9	4,2	2,6
15		Вхід гвинтів у дугу хребця L2	10,1	15	10,2	14,3
16	Металеві конструкції	Гвинти в тілі хребця Th10	21,4	23,5	20,6	22,6
17		Гвинти в тілі хребця Th11	8,4	10	8,3	9
18		Гвинти в тілі хребця L1	7,0	5,8	6,4	5,8
19		Гвинти в тілі хребця L2	35,8	41,4	33,2	39,6
20		Стяжки між гвинтами в тілах хребців Th10 та Th11			1,8	2,2
21		Стяжки між гвинтами в тілах хребців L1 та L2			5,2	5,7
22		Опорні балки	212,5	159,6	203,7	142,8

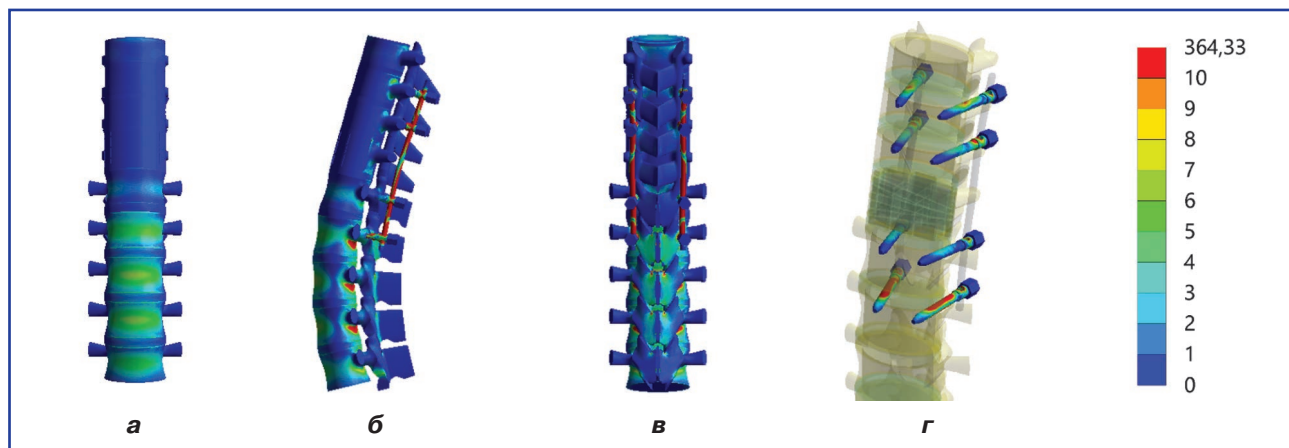


Рисунок 5. Розподіл напруження у моделі груднопоперекового відділу хребта з вибуховим переломом тіла хребця Th12 під впливом стискаючого навантаження. Транспедиккулярна фіксація короткими гвинтами без поперечних стяжок: а — вигляд спереду; б — вигляд збоку; в — вигляд ззаду; г — гвинти

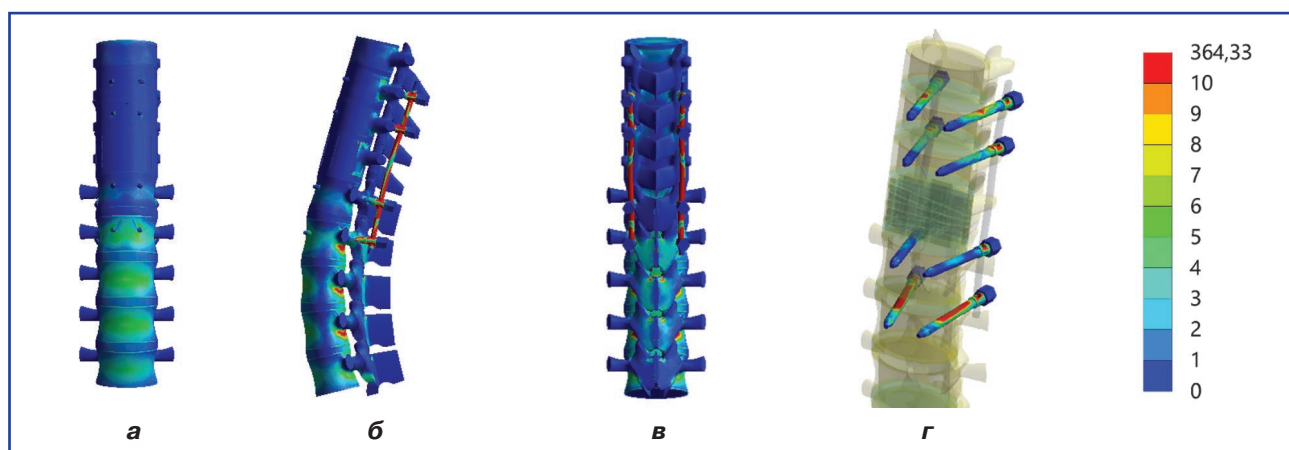


Рисунок 6. Розподіл напруження у моделі груднопоперекового відділу хребта з вибуховим переломом тіла хребця Th12 під впливом навантаження на стискання. Транспедиккулярна фіксація довгими гвинтами без поперечних стяжок: а — вигляд спереду; б — вигляд збоку; в — вигляд ззаду; г — гвинти

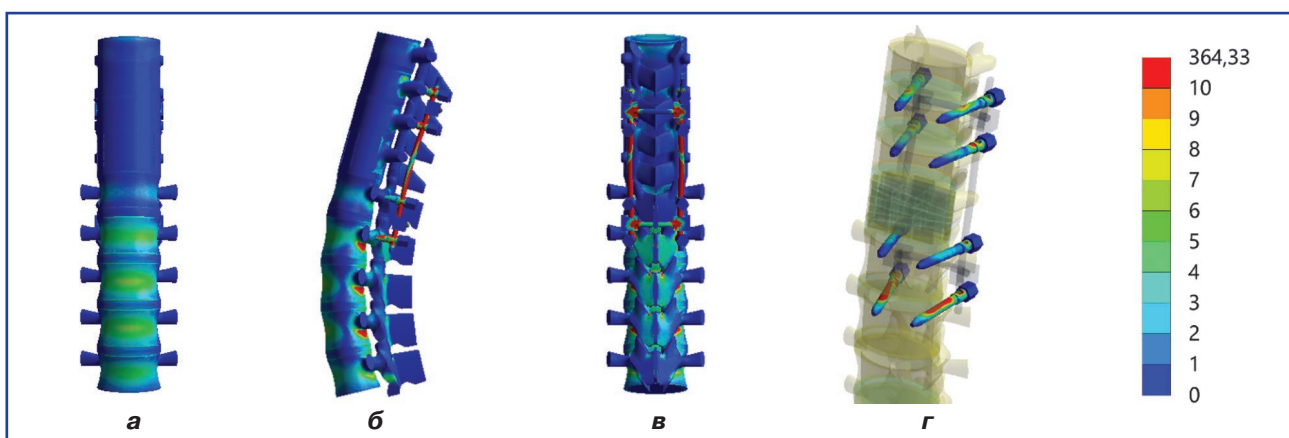


Рисунок 7. Розподіл напруження в моделі груднопоперекового відділу хребта з вибуховим переломом тіла хребця Th12 під впливом навантаження на стискання. Транспедиккулярна фіксація короткими гвинтами з поперечними стяжками: а — вигляд спереду; б — вигляд збоку; в — вигляд ззаду; г — гвинти

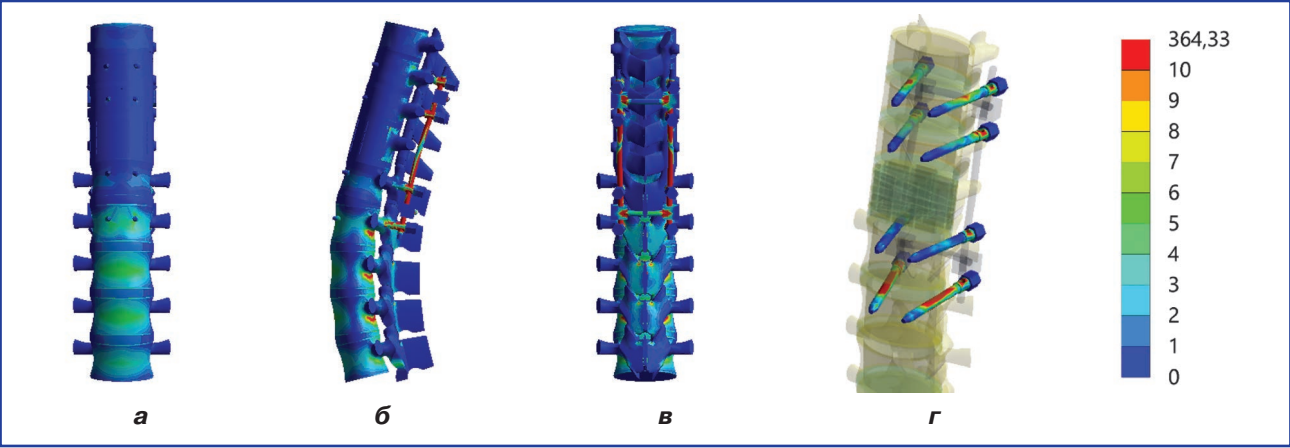


Рисунок 8. Розподіл напруження в моделі груднопоперекового відділу хребта з вибуховим переломом тіла хребця Th12 під впливом навантаження на стискання. Транспедикулярна фіксація довгими гвинтами з поперечними стяжками: а – вигляд спереду; б – вигляд збоку; в – вигляд ззаду; г – гвинт

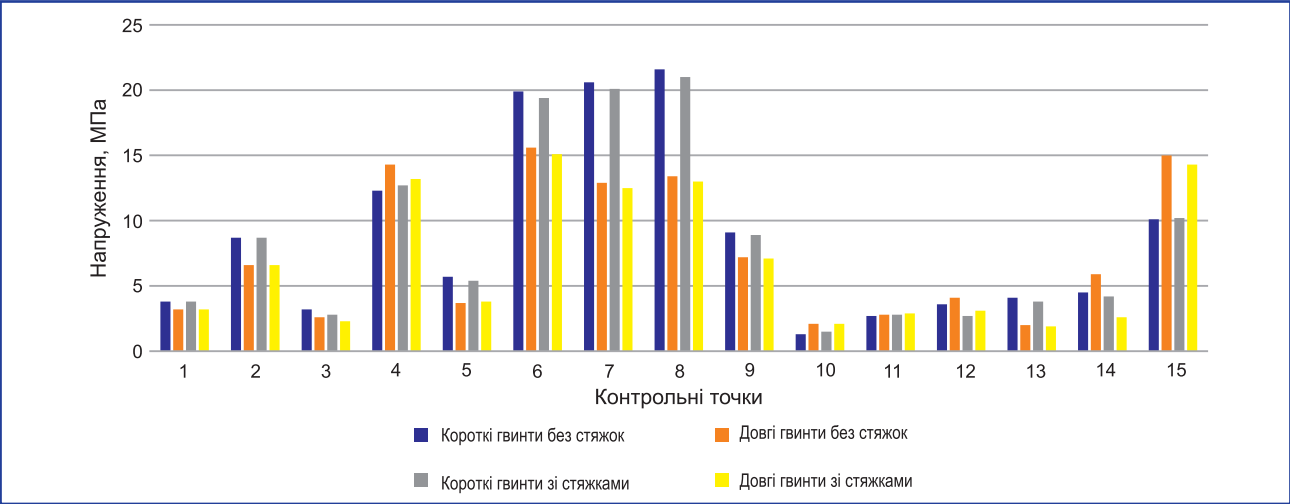


Рисунок 9. Величина напруження в контрольних точках на кісткових елементах моделей

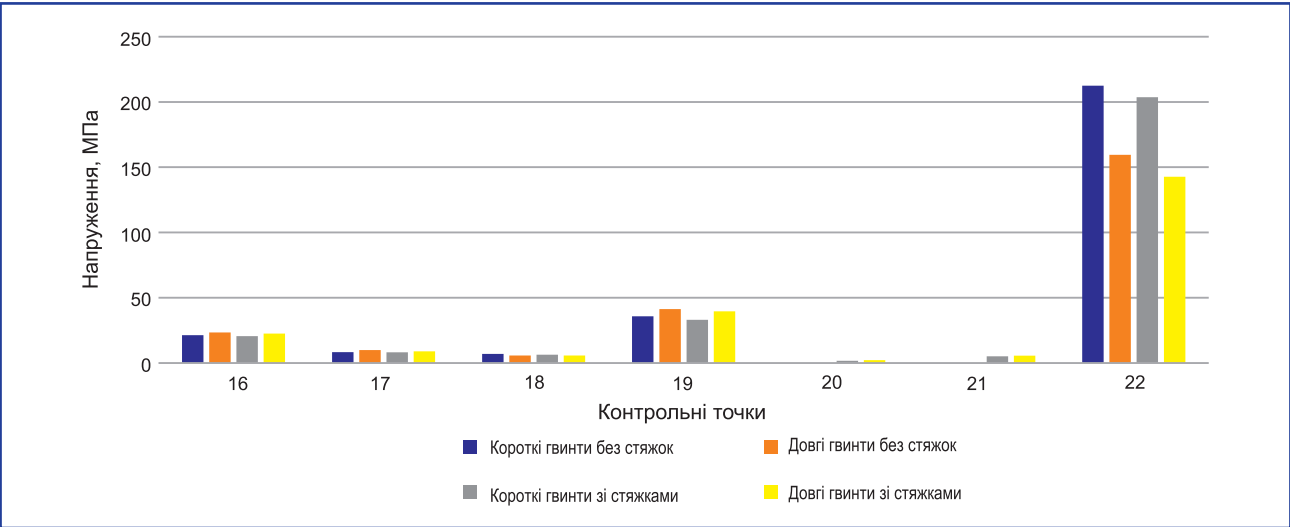


Рисунок 10. Величина напруження в контрольних точках на елементах металевих конструкцій моделей

демонструє, що використання поперечних стяжок значно підвищує рівень напружень на гвинтах у тілах хребців Th10 та L2, водночас в інших ділянках моделі реєструється незначний позитивний ефект через зменшення навантаження.

Отримані в результаті наведеного аналізу дані загалом узгоджуються як з раніше проведеними нами дослідженнями, так і з роботами інших авторів [16, 17, 25]. Загалом закономірно, що застосування поперечних з'єднань є доцільним, оскільки дозволяє досягти більш рівномірного розподілу навантаження на різні елементи моделі, що у віддаленому періоді сприяє збереженню стабільності [26]. Це найкритичніше у ситуаціях, коли виконується резекція одного або навіть двох тіл хребців через значне їх пошкодження. При цьому очевидно, що досягнення повноцінного вторинного спондилодезу, незалежно від зусиль хірурга, не завжди гарантовано, і металокопункції, так само як і кісткові структури, що контактують з ними, тривалий час зазнають значного навантаження.

Водночас, коли розглядається транспедикулярна стабілізація при вибухових переломах, що не потребують декомпресивної ламінектомії, йдеться радше про тимчасову, зазвичай 1–1,5 року, іммобілізацію. За цей час, як правило, відбувається поступова консолідація фрагментованого тіла та напруження на системі фіксації знижується.

Компресійне навантаження є найбільш класичним при оцінці розподілу навантаження в системі «кісткові структури — металокопункції» при моделюванні травматичного ушкодження в ділянці ГПП, оскільки носіння розвантажувального корсету, зазвичай рекомендованого у післяопераційному періоді, трансформує флексійно-компресійне навантаження на практично виключно компресійне, що біомеханічно більш сприятливе [27]. Згідно з отриманими нами даними, можна зазначити, що використання відкритої системи стабілізації з установкою поперечних з'єднань не має переваг у плані компресійного навантаження перед малоінвазивною без таких з'єднань.

Це твердження, безумовно, справедливе тільки для тих ситуацій, коли передбачається консолідація пошкодженого тіла. Водночас використання довгих бікортикальних гвинтів здається доцільним, оскільки порівняно з монокортикальними дозволяє оптимізувати розподіл навантаження і значно знизити напруження на балках системи — одних з найбільш вразливих до пошкоджень елементів металокопункції. Крім того, слід зазначити, що для остаточного підтвердження доцільності застосування тієї чи іншої модифікації транспедикулярної фіксації потрібен детальний аналіз інших патернів навантаження.

Висновки

Результати дослідження показали, що під впливом стискаючого навантаження використання довгих гвинтів призводить до зниження рівня напружень як в

елементах металевої копункції, так і в кісткових елементах моделі, тоді як застосування поперечних стяжок має незначний вплив.

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

Список літератури

1. Vos T, Lim SS, Abbafati C, Abbas KM, Abbasi M, Abbasifard M, et al. Global burden of 369 diseases and injuries in 204 countries and territories, 1990-2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *The Lancet*. 2020;396(10258):1204-1222. doi: 10.1016/S0140-6736(20)30925-9.
2. Nekhlopochny OS, Nikiforova AN, Verbov VV, Yovenko TA, Cheshuk IV. Analysis of the Epidemiology of Traumatic Vertebral Column Injuries in Eastern European Countries. *Ukrainian Neurosurgical Journal*. 2023;29(4):22-34. doi: 10.25305/unj.286922.
3. Baaj AA, Downes K, Vaccaro AR, Uribe JS, Vale FL. Trends in the treatment of lumbar spine fractures in the United States: a socioeconomic perspective: clinical article. *J Neurosurg Spine*. 2011;15(4):367-370. doi: 10.3171/2011.5.Spine10934, PMID: 21740124.
4. Bouyer B, Vassal M, Zairi F, Dhenin A, Grelat M, Dubory A, et al. Surgery in vertebral fracture: epidemiology and functional and radiological results in a prospective series of 518 patients at 1 year's follow-up. *Orthopaedics & traumatology, surgery & research: OTSR*. 2015;101(1):11-15. doi: 10.1016/j.otsr.2014.11.012, PMID: 25596983.
5. Liu P, Yao Y, Liu MY, Fan WL, Chao R, Wang ZG, et al. Spinal trauma in mainland China from 2001 to 2007: an epidemiological study based on a nationwide database. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2012;37(15):1310-1315. doi: 10.1097/BRS.0b013e3182474d8b, PMID: 22744399.
6. Wang H, Zhang Y, Xiang Q, Wang X, Li C, Xiong H, et al. Epidemiology of traumatic spinal fractures: experience from medical university-affiliated hospitals in Chongqing, China, 2001-2010. *J Neurosurg Spine*. 2012;17(5):459-468. doi: 10.3171/2012.8.Spine111003, PMID: 22978439.
7. Dai LY, Jiang SD, Wang XY, Jiang LS. A review of the management of thoracolumbar burst fractures. *Surg Neurol*. 2007;67(3):221-231; discussion 231. doi: 10.1016/j.surgneu.2006.08.081, PMID: 17320622.
8. Vaccaro AR, Oner C, Kepler CK, Dvorak M, Schnake K, Bellabarba C, et al. AOSpine thoracolumbar spine injury classification system: fracture description, neurological status, and key modifiers. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2013;38(23):2028-2037. doi: 10.1097/BRS.0b013e3182a8a381, PMID: 23970107.
9. Woo JH, Lee HW, Choi HJ, Kwon YM. Are "Unstable" Burst Fractures Really Unstable? *J Korean Neurosurg Soc*. 2021;64(6):944-949. doi: 10.3340/jkns.2021.0080, PMID: 34689477.
10. Verheyden AP, Spiegl UJ, Ekkerlein H, Gercek E, Hauck S, Josten C, et al. Treatment of Fractures of the Thoracolumbar Spine: Recommendations of the Spine Sec-

tion of the German Society for Orthopaedics and Trauma (DGOU). *Global Spine J.* 2018;8(2 Suppl):34s-45s. doi: 10.1177/2192568218771668, PMID: 30210959.

11. Sharif S, Shaikh Y, Yaman O, Zileli M. Surgical Techniques for Thoracolumbar Spine Fractures: WFNS Spine Committee Recommendations. *Neurospine.* 2021;18(4):667-680. doi: 10.14245/ns.2142206.253, PMID: 35000320.

12. Weiser TG, Haynes AB, Molina G, Lipsitz SR, Esquivel MM, Uribe-Leitz T, et al. Estimate of the global volume of surgery in 2012: an assessment supporting improved health outcomes. *Lancet (London, England).* 2015;385 Suppl 2:S11. doi: 10.1016/S0140-6736(15)60806-6, PMID: 26313057.

13. Tan T, Huang MS, Rutges J, Marion TE, Fitzgerald M, Hunn MK, et al. Rate and Predictors of Failure in the Conservative Management of Stable Thoracolumbar Burst Fractures: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Global Spine J.* 2022;12(6):1254-1266. doi: 10.1177/21925682211031207, PMID: 34275348.

14. Sharif S, Zileli M. Introduction to Thoracolumbar Spine Fractures: WFNS Spine Committee Recommendations. *Neurospine.* 2021;18(4):651-653. doi: 10.14245/ns.2143240.620, PMID: 35000317.

15. Calleros-Hernández NA, Valencia-Martínez G, Hardy-Pérez AE, Granados-Agonizante I. [Percutaneous versus open technique transpedicular fixation in patients with thoracolumbar type A fractures]. *Acta Ortop Mex.* 2019;33(4):217-224. PMID: 32246591.

16. Nekhlopochyn O, Verbov V, Cheshuk I, Karpinsky M, Yaresko O. Mathematical Modeling of Variants of Transpedicular Fixation at the Thoracolumbar Junction after ThXII Vertebrectomy during Trunk Backward Bending. *Orthopaedics Traumatology and Prosthetics.* 2023(2):43-49. doi: 10.15674/0030-59872023243-49.

17. Nekhlopochyn OS, Verbov VV, Cheshuk IV, Karpinsky MY, Yaresko OV. Finite Element Analysis of Thoracolumbar Junction Transpedicular Fixation Variants after Resection of the Th12 Vertebra While Forward Bending. *Bulletin of Problems Biology and Medicine.* 2023;169(2):281-287. doi: 10.29254/2077-4214-2023-2-169-281-296.

18. Cowin SC. *Bone Mechanics Handbook.* 2nd ed. Boca Raton: CRC Press; 2001.

19. Boccaccio A, Pappalettere C. *Mechanobiology of Fracture Healing: Basic Principles and Applications in Orthodontics*

and Orthopaedics. In: Klika V, editor. *Theoretical Biomechanics.* Croatia: InTech; 2011. P. 21-48.

20. Nekhlopochin A, Nekhlopochin S, Karpinsky M, Shvets A, Karpinskaya E, Yaresko A. Mathematical Analysis and Optimization of Design Characteristics of Stabilizing Vertebral Body Replacing Systems for Subaxial Cervical Fusion Using the Finite Element Method. *Hirurgiâ Pozvonočnika.* 2017;14(1):37-45. doi: 10.14531/ss2017.1.37-45.

21. Radchenko VA, Kutsenko VA, Popov AI, Karpinsky MY, Karpinska OD. Modeling the variants of transpedicular fixation of the thoracic spine in the rejection of one-three vertebrae. *Trauma.* 2022;18(5):95-102. doi: 10.22141/1608-1706.5.18.2017.114125.

22. Niinomi M. Mechanical biocompatibilities of titanium alloys for biomedical applications. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2008;1(1):30-42. doi: 10.1016/j.jmbbm.2007.07.001, PMID: 19627769.

23. Зенкевич О.К. Метод конечных элементов в технике. Москва: Мир, 1975. 271 с.

24. Алямовский А. COSMOSWorks. Основы расчета конструкций в среде SolidWorks: ЛумПек, 2022.

25. Lynn G, Mukherjee DP, Kruse RN, Sadasivan KK, Albright JA. Mechanical stability of thoracolumbar pedicle screw fixation. The effect of crosslinks. *Spine (Phila Pa 1976).* 1997;22(14):1568-1572; discussion 1573. doi: 10.1097/00007632-199707150-00007, PMID: 9253090.

26. Cornaz F, Widmer J, Snedeker JG, Spirig JM, Farshad M. Cross-links in posterior pedicle screw-rod instrumentation of the spine: a systematic review on mechanical, biomechanical, numerical and clinical studies. *Eur Spine J.* 2021;30(1):34-49. doi: 10.1007/s00586-020-06597-z, PMID: 33009949.

27. Bruno AG, Burkhart K, Allaire B, Anderson DE, Bouxsein ML. Spinal Loading Patterns From Biomechanical Modeling Explain the High Incidence of Vertebral Fractures in the Thoracolumbar Region. *Journal of Bone and Mineral Research: the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research.* 2017;32(6):1282-1290. doi: 10.1002/jbmr.3113, PMID: 28244135.

Отримано/Received 08.01.2024

Рецензовано/Revised 17.01.2024

Прийнято до друку/Accepted 28.01.2024 ■

Information about authors

Oleksii S. Nekhlopochyn, PhD, Neurosurgeon, Senior Research Fellow, Department of Spinal Pathology, State Institution "Romodanov Neurosurgery Institute of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Kyiv, Ukraine; e-mail: AlexeyNS@gmail.com; phone: +380 (95) 033-04-48; <https://orcid.org/0000-0002-1180-6881>

Vadym V. Verbov, PhD, Neurosurgeon, Department of Restorative Neurosurgery, State Institution "Romodanov Neurosurgery Institute of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Kyiv, Ukraine; e-mail: v.verbov@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-3074-9915>

Ievgen V. Cheshuk, Neurosurgeon, Department of Restorative Neurosurgery, State Institution "Romodanov Neurosurgery Institute of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Kyiv, Ukraine; e-mail: evcheshuk@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-8063-2141>

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

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

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

O.S. Nekhlopochyn¹, V.V. Verbov¹, Ie.V. Cheshuk¹, M.Yu. Karpinsky², O.V. Yaresko²

¹State Institution "Romodanov Neurosurgery Institute of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Kyiv, Ukraine

²State Institution "Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Kharkiv, Ukraine

Analysis of load distribution after transpedicular stabilization of burst fractures in the thoracolumbar junction

Abstract. Background. In the structure of all traumatic spine injuries, the thoracolumbar junction is predominant, accounting for over 53 % of all vertebral fractures. One of the most clinically significant types of injuries in this area are burst fractures. The purpose was to study the stress-strain state of the thoracolumbar spine model with a burst fracture of the Th12 vertebra in various transpedicular fixation options under compression load. **Materials and methods.** The study developed and investigated a finite element model of the thoracolumbar spine with a burst fracture of the Th12 vertebra. The burst fracture was modeled by dividing the vertebral body of the Th12 into several planes, transforming it into separate fragments. The gaps between these fragments were filled with a material that simulated the interfragmentary regenerate. Variants of transpedicular stabilization using different types of screws, mono- or bicortical, and with or without cross-links, were examined. The model was analyzed under compression load. **Results.** The maximum level of stress among the bone structures directly involved

in fixation was registered in the L2 vertebral body. It amounted to 19.9, 15.6, 19.4, and 15.1 MPa, respectively, for models with monocortical screws without cross-links, bicortical screws without cross-links, monocortical screws with cross-links, bicortical screws with cross-links. Simultaneously, the zone of screw entry into the arch of this vertebra shows values of 10.1, 15, 10.2, and 14.3 MPa for these models, respectively. Peak loads on the metal structure elements are observed on the rods, amounting to 212.5, 159.6, 203.7, 142.8 MPa, respectively, for the considered models. **Conclusions.** The results of the study showed that under the influence of compression load when modeling a burst fracture of the thoracolumbar junction, the use of long screws leads to a reduction in stress levels, both in the elements of the metal structure and in the bone elements of the model, while the use of cross-links has a negligible effect.

Keywords: thoracolumbar junction; traumatic injury; transpedicular fixation; burst fracture; compression load

Для нотаток



«Аксімед»
завжди
попереду!

НА БАЗІ КЛІНІКИ «АКСІМЕД» ВІДКРИТО СУЧАСНИЙ

ЦЕНТР ПРОБЛЕМ СНУ

ЕФЕКТИВНА ДІАГНОСТИКА ТА ЛІКУВАННЯ:

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

ПРОВДИМО НАЙСУЧАСНІШУ
ПОЛІСОМНОГРАФІЮ



ЛІКУВАННЯ
ХРАПУ

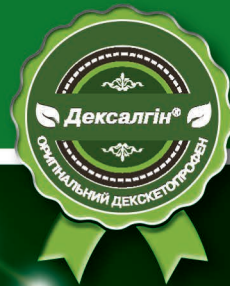


AKSIMED.UA • 044 390 00 55

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

Дексалгін®

декскетопрофену трометамол



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



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

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

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

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

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

¹ Інструкція для медичного застосування лікарського засобу Дексалгін® ІН'ЄКТ від 03.03.2023 р. № 428, РП № UA/9258/01/01. ² Інструкція для медичного застосування лікарського засобу Дексалгін® саше від 03.03.2023 р. № 428, РП № UA/9258/02/01. ³ Інструкція для медичного застосування лікарського засобу Дексалгін® ІН'ЄКТ від 18.10.2023 р. № 1808, РП № UA/3764/01/01. ⁴ Sanchez-Carpene J, et al. Comparison of dexketoprofen trometamol and dipyrone in the treatment of renal colic. Clin Drug Invest 2003, 23:139-152. ⁵ Barbanjo MJ, et al. Clinical pharmacokinetics of dexketoprofen. Clin Pharmacokinet 2001, 40:245-262. ⁶ Marenco JL, et al. A multicentre, randomised, double-blind study to compare the efficacy and tolerability of dexketoprofen trometamol versus diclofenac in the symptomatic treatment of knee osteoarthritis. Clin Drug Invest 2000, 19:247-256. ⁷ Metscher B, et al. Dexketoprofen-trometamol and tramadol in acute lumbago. Fortschr Med Orig 2000, 118:147-151. ⁸ Leman P, et al. Randomised controlled trial of the onset of analgesic efficacy of dexketoprofen and diclofenac in lower limb injury. Emerg Med J 2003, 20:511-513. ⁹ Ay, MO et al. Comparison of the Analgesic Efficacy of Dexketoprofen Trometamol and Meperidine HCl in the Relief of Renal Colic. American Journal of Therapeutics 2013, May 9, 1-8. ¹⁰ Karaman Y, et al. Efficacy of Dexketoprofen trometamol for acute postoperative pain relief after ENT surgery: a comparison with paracetamol and metamizole. Nobel Medicus, 2010, 6(2), 47-53.

* Показання: симптоматичне лікування гострого болю від легкого до помірного (Дексалгін® ІН'ЄКТ) / від помірного до сильного (Дексалгін® ІН'ЄКТ) болю.

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