



TERRA ORTHOPAEDICA

1

120 | 2024

український науково-практичний журнал

ДУ "ІНСТИТУТ ТРАВМАТОЛОГІЇ
ТА ОРТОПЕДІЇ НАМН УКРАЇНИ"

TERRA ORTHOPAEDICA

Ukrainian Journal of Research and Practice

Est. October 1999 as

«HERALD OF ORTHOPEDICS,
TRAUMATOLOGY AND PROSTHETICS»

(until 2022 inclusive)

Published 4 times a year

1 (120) – 2024

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief S.S. Strafun

Executive secretary O.O. Kostrub

Scientific Editor A.P. Liabakh

M.L. Ankin (Kyiv, Ukraine)

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

C.N. van Dijk (Amsterdam, Netherlands)

O.V. Dolhopolov (Kyiv, Ukraine)

V.V. Filipchuk (Kyiv, Ukraine)

V.A. Filipenko (Kharkiv, Ukraine)

I.V. Fishchenko (Kyiv, Ukraine)

G.V. Gayko (Kyiv, Ukraine)

S.I. Gerasymenko (Kyiv, Ukraine)

M.P. Grytsay (Kyiv, Ukraine)

Y.M. Guk (Kyiv, Ukraine)

O.G. Haiko (Kyiv, Ukraine)

V.V. Hryhorovskiy (Kyiv, Ukraine)

A.V. Kalashnikov (Kyiv, Ukraine)

V.G. Klymovitskiy (Donetsk, Ukraine)

M.O. Korzh (Kharkiv, Ukraine)

I.M. Kurinnyi (Kyiv, Ukraine)

O.E. Loskutov (Dnipro, Ukraine)

S. Magomedov (Kyiv, Ukraine)

W.J. Marzycynski (Warsaw, Poland)

Ph. Neiret (Lyon, France)

J.A. Nyland (Louisville, USA)

I.V. Poliachenko (Kyiv, Ukraine)

V.V. Povoroznyuk (Kyiv, Ukraine)

V.O. Radchenko (Kharkiv, Ukraine)

R. Seil (Luxembourg)

A.T. Stashkevych (Kyiv, Ukraine)

I.V. Roy (Kyiv, Ukraine)

I.M. Zazirnyi (Kyiv, Ukraine)

Terra Orthopaedica

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

Bulvarno-Kudriavska St., 27,

Kyiv, Ukraine 01601

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

atou@ukr.net

TERRA ORTHOPAEDICA

УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ

Заснований у жовтні 1999 р. як

«ВІСНИК ОРТОПЕДІЇ,
ТРАВМАТОЛОГІЇ ТА ПРОТЕЗУВАННЯ»

(до 2022 року включно)

Видається 4 рази на рік

1 (120) – 2024

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Головний редактор С.С. Страfun

Відповідальний секретар О.О. Коstrub

Науковий редактор А.П. Лябах

М.Л. Анкін (Київ)

О.А. Бур'янов (Київ)

О.Г. Гайко (Київ)

Г.В. Гайко (Київ)

С.І. Герасименко (Київ)

В.В. Григоровський (Київ)

М.П. Грицай (Київ)

Ю.М. Гук (Київ)

К.Н. ван Дайк (Амстердам, Нідерланди)

О.В. Долгополов (Київ)

І.М. Зазірний (Київ)

А.В. Калашніков (Київ)

В.Г. Климовицький (Донецьк)

М.О. Корж (Харків)

І.М. Курінний (Київ)

О.Е. Лоскутов (Дніпро)

С. Магомедов (Київ)

В.Й. Марчинський (Варшава, Польща)

Ф. Нейрет (Ліон, Франція)

Д.А. Найланд (Луїсвіль, США)

Ю.В. Поляченко (Київ)

В.О. Радченко (Харків)

І.В. Рой (Київ)

Р. Сейл (Люксембург)

А.Т. Шашкевич (Київ)

В.А. Філіпенко (Харків)

В.В. Філіпчук (Київ)

Я.В. Фіщенко (Київ)

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
«Terra Orthopaedica»: серія KB № 25385-15325 ПР від 11.01.2023 р.

Журнал внесено до переліку наукових фахових видань України, в яких можуть
публікуватися результати дисертаційних робіт у галузі медичних наук
(Наказ Міністерства освіти і науки України № 1188 від 24.09.2020
(зі змінами від 21.02.2024 №220).

ISSN 2786-7595 print, ISSN 2786-7609 online, УДК 616.

Рік заснування «TERRA ORTHOPAEDICA» – 2023.

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

Тел.: (044) 486-42-49, 486-60-65, тел./факс: (044) 486-66-28, e-mail: atou@ukr.net.

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

Статті, що надходять до журналу, рецензуються за процедурою double-blind.
Електронні копії опублікованих статей передаються до Національної бібліотеки
ім. В.І. Вернадського для вільного доступу в режимі on-line.

Усі права захищені. Будь-яке відтворення матеріалів або фрагментів із них можливе
лише за письмовою згодою авторів і редакції, посилання на видання обов'язкове.

Редакція залишає за собою право редагувати подані матеріали.

Відповідальність за зміст реклами несе рекламодавець.

За зміст публікацій, достовірність фактів, цитат,

власних назв та інших відомостей відповідають автори.

Рекомендовано до друку вченою радою ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН
України» (протокол № 16 від 21.11.2023 р.)

ЗМІСТ

Застосування нейроваскуляризованих клаптів при пластиці вогнепальних дефектів заднього відділу стопи Страфун С.С., Шипунов В.Г., Борзих Н.О., Заговенко М.А. 4	The Use of Neurovascularized Flaps in Plastic Surgery of Gunshot Defects of the Hindfoot Strafun S.S., Shypunov V.H., Borzykh N.O., Zahovenko M.A. 4
Оцінка ефективності хірургічного лікування стенозу хребтового каналу поперекового відділу хребта Меленко В.І. 12	Assessment of the Effectiveness of Surgical Treatment of Lumbar Spinal Stenosis Melenko V.I. 12
Хірургічне застосування чотиригвинтової пластини для блокування фізарної ділянки колінного суглоба у дітей, ріст яких триває Герцен І.Г., Марциняк С.М., Зінченко В.В. 18	Surgical Application of a Four-Screw Plate for Locking the Physial Section of the Knee Joint in Children Whose Growth Continues Hertsen I.H., Martsyniak S.M., Zinchenko V.V. 18
Інтеграція технологій змішаної реальності у методику ендопротезування кульшового суглоба Зубков О.С., Торчинський В.П. 27	Integration of Mixed Reality Technologies into the Hip Joint Arthroplasty Technique Zubkov O.S., Torchynskiy V.P. 27
Тактика лікування турнікетного синдрому після вогнепальних поранень Хорошун Е.М., Страфун С.С., Шипілов С.А., Клапчук Ю.В., Багрій О.С., Гончаренко С.С., Купріяничук В.В. 34	Tactics of Treatment of Tourniquet Syndrome after Gunshot Wounds Khoroshun E.M., Strafun S.S., Shypilov S.A., Klapchuk Yu.V., Bahrii O.S., Honcharenko S.S., Kupriianchuk V.V. 34
ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	LITERATURE REVIEW
Основні хірургічні методи заміщення критичних кісткових дефектів великогомілкової кістки. 1 частина. (Огляд літератури) Грицай М.П., Колов Г.Б., Сабадос В.І., Видерко Р.В., Половий А.С., Гуцайлюк В.І. 42	Main Surgical Methods of Critical Tibial Bone Defects Replacement (Literature Review). Part I Hrytsai M.P., Kolov H.B., Sabadosh V.I., Vyderko R.V., Polovyi A.S., Hutsailiuk V.I. 42
Хірургічна тактика лікування Ушкоджень передньої хрестоподібної зв'язки в гострому періоді (огляд літератури) Коструб О.О., Блонський Р.І., Волос О.В. 50	Surgical Treatment Tactics of Injuries of the Anterior Cruciate Ligament in the Acute Period (Literature Review) Kostrub O.O., Blonskyi R.I., Volos O.V. 50

**Травматичні вивихи груднинного кінця
ключиці, методи їх консервативного та
хірургічного лікування (огляд літератури)**

Сороківський І. Р., Кулик Ю.А. 58

**Traumatic Dislocations of the Sternoclavicular
Joint, Methods of their Conservative and
Surgical Treatment (Literature Review)**

Sorokivskyi I.R., Kulyk Yu.A. 58

Умови публікації в журналі

«TERRA ORTHOPAEDICA» 65

Terms of publication in

«TERRA ORTHOPAEDICA»..... 65

Застосування нейроваскуляризованих клаптів при пластиці вогнепальних дефектів заднього відділу стопи

Страфун С.С.¹, Шитунов В.Г.²✉, Борзих Н.О.¹, Заговенко М.А.²

Резюме. Вогнепальні переломи кісток стопи складають 12% від загальної кількості поранень нижніх кінцівок та в 37% випадків супроводжуються значним дефектом тканин стопи, що розглядається як предиктор ампутацій на рівні гомілки. Відновлення функції опори стопи можливе лише при виконанні реконструктивних пластичних операцій – нейроваскуляризованих клаптів. **Мета.** Дослідити частоту ішемічних ускладнень клаптів при виконанні пластики обширних дефектів м'яких тканин заднього відділу стопи «суральним» та «плантарним» клаптом при вогнепальних полі структурних ушкодженнях стопи. **Матеріали і методи.** Проведено ретроспективний аналіз лікування 43 поранених з вогнепальними обширними дефектами м'яких тканин заднього відділу стопи з 2014 по 2023 роки та в різні терміни отримання поранення: до 3 –х діб – 10 випадків; від 3 до 10 доби – 22 випадку; від 10 до 20 доби – 11 випадків. В 23 (53%) випадках мав місце дефект навантажувальної поверхні п'яткової ділянки. В 20 (47%) випадках – задньої, ненавантажувальної поверхні п'яткової ділянки, яке в 3 (7%) супроводжувалось пошкодженням Ахіллового сухожилку. В 27 (63%) випадках дефект тканин поєднувався з перелом кісток стопи: п'яткова кістка – 4(9,3%), п'яткова та таранна кістка – 3 (6,9%), п'яткова та плеснові кістки – 4 (9,3%). Рішення що до застосування виду клаптя для пластики дефекту м'яких тканин заднього відділу стопи залежало від локалізації дефекту та результатів інструментального обстеження. Доплерографія виконувалась для визначення кровотоку по медіальній плантарній артерії, в басейні малої та великої підшкірної вени, наявності шкіряного перфोरанту малогомілкової артерії. **Результати.** Оцінка розвитку ішемічних ускладнень «сурального» та «плантарного» клаптів проводилась протягом перших 10 діб. Ускладнення пов'язані з порушенням їх кровопостачання зустрічаються в 18,6% випадків. «Суральний» клапоть порівняно з «плантарним» більше схильний до ішемічних ускладнень: 21% проти 14%. **Висновки.** Таким чином, застосування нейроваскуляризованих клаптів при пластиці дефектів м'яких тканин стопи дозволяє закрити значні за площею дефекти без залучення мікрохірургії. В ряді випадків операція супроводжується розвитком незворотних ішемічних змін. Тим не менш виконання таких операцій створює вікно можливостей для збереження стопи та дозволяє виграти час перед прийняттям рішення, що до виконання ампутації.

Ключові слова: вогнепальні полі структурні ушкодження стопи, вогнепальні дефекти стопи, «суральний» клапоть, «плантарний» клапоть, гострий компартмент-синдром стопи.

Вступ

В умовах сучасних військових конфліктів кількість вогнепальних поранень нижніх кінцівок сягає 48% від загальної кількості поранень [1, 2, 6].

✉ Шитунов В.Г., dr_shipunov@ukr.net

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

²Національний військово-медичний клінічний центр «Головний військово-медичний клінічний госпіталь» МО України, Київ, Україна

Згідно аналізу про санітарні втрати війни в Іраку та Афганістані вогнепальні переломи кісток стопи складали 12% від загальної кількості поранень нижніх кінцівок, що в ряді випадків розлається як один з предикторів ампутацій на рівні гомілки [6, 7]. Частіше це обумовлено розвитком обширного дефектом тканин кінцівок, що може сягати 37% випадків [3].

Відновлення функції опори стопи можливе лише при виконанні реконструктивних

пластичних операцій [4]. Застосування нейроваскуляризованого клаптя на суральному нерві та артерії, що його супроводжує («суральний клапот») та клаптя на медіальній підшовній артерії («плантарний клапот») можна розглядати, як альтернативу вільним клаптям при лікуванні вогнепальних поліструктурних дефектів стопи [5]. В той же час кількість робіт що до вивчення ефективності цього виду реконструктивних операцій обмаль.

Мета роботи. Дослідити частоту ішемічних ускладнень клаптів при виконанні пластики обширних дефектів м'яких тканин заднього відділу стопи «суральним» та «плантарним» клаптем при вогнепальних поліструктурних ушкодженнях стопи.

Матеріали та методи

Наше дослідження базується на ретроспективному аналізі лікуванні 43 пораненого з вогнепальними обширними дефектами м'яких тканин заднього відділу стопи, що потребували виконання реконструктивних операцій з застосуванням «сурального» або «плантарного» клаптя (табл. 1). Всі пацієнти проходили лікування в умовах НВМКЦ «ГВКГ» в період з 2014 по 2023 роки.

Під обширним дефектом м'яких тканин заднього відділу стопи ми розуміємо дефект шкіри та підлягаючих структур, який не може бути усунений лише шляхом накладання швів на краї рани.

В більшості випадків поранені надходили до НВМКЦ «ГВКГ» з етапу надання кваліфікованої допомоги в різні терміни від моменту отримання поранення: до 3 –х діб – 10 випадків; від 3 до 10 доби – 22 випадку; від 10 до 20 доби – 11 випадків. В 23 (53%) випадках мав місце дефект навантажувальної поверхні п'яtkової ділянки та в 20 (47%) випадках задньої, ненавантажувальної поверхні п'яtkової ділянки, яке в 3 (7%) супроводжувалось пошкодженням Ахіллового сухожилку. В 27 (63%) випадках дефект тканин поєднувався з перелом кісток стопи: п'яtkова кістка – 4(9,3%), п'яtkова та таранна кістка – 3 (6,9%), п'яtkова та плеснові кістки – 4 (9,3%).

Всі пацієнти лікувались у відповідності з стандартами військово-польової хірургії, згідно з якими, єдиним ефективним методом лікування вогнепальних поранень є повторна хірургічна обробка. Застосування УЗ-кавітації та NPWT-терапії дозволяє значно прискорити процеси елімінації патогенної флори рани. Кількість повторних хірургічних обробок коливалась від 2 до 5 до появи грануляційної тканини в рані. Особливість ПоХО стала потреба в економних остеонекретомах п'яtkової

кістки до появи чітких ознак її життєздатності. Іншою особливістю є максимально економне висічення шкіри плантарної поверхні при обробці раньового дефекту.

При необхідності виконання остеосинтезу перевага віддавалась застосуванню шпиль або гвинтів.

Рішення що до застосування «сурального» або «плантарного» клаптя для пластики дефекту м'яких тканин заднього відділу стопи залежало від локалізації дефекту та результатів інструментального обстеження.

Для остаточного прийняття рішення що до вибору клаптя обов'язково виконувалась доплерографія для визначення збереження кровотоку по медіальній плантарній артерії, в басейні малої та великої підшкірної вени, наявності шкіряного перфоранту малогомілкової артерії в проекції точки його виходу (5-6 см від зовнішньої кісточки) та відсутності ознак порушення чутливості зовнішньому краю стопи (в зоні відповідальності n. suralis).

Також перед прийняттям рішення приймалось до уваги зловживання ніотином та вимагалось від пацієнта утримання від паління в термін до 3 тижнів після операції.

Незалежно від вище наведеного перенесений гострий комапртмент синдром стопи або її поліструктурне пошкодження, що потребує виконання ампутації стопи був абсолютним критерієм виключення для застосування клаптів обох видів.

Критеріями виключення для застосування «сурального» клаптя із груп дослідження були:

1. УЗ – ознаки пошкодження малої та великої підшкірних вен та гоміліці;
2. поранення в проміжку між Ахілловим сухожилком та н/з малогомілкової кістки, що супроводжуються порушенням чутливості в зоні відповідальності n. Suralis по зовнішній поверхні стопи;
3. гострий тромбоз або ПТФС на гоміліці;

Критеріями виключення для застосування «плантарного» клаптя із груп дослідження були:

1. поранення медіального відділу гомілковостопного суглобу з УЗ – ознаками порушення кровотоку по медіальній плантарній артерії.
2. дефекти м'яких тканин розміром більше ніж 10 см в діаметрі;

При потребі в пластичі навантажувальної ділянки заднього відділу стопи пріоритет віддавався застосуванню «плантарного» клаптя, що обумовлено однотипністю гістологічної структури шкіри обох ділянок та здатністю клаптя після вторинної його васкуляризації, переносити 100% навантаження. (рис. 1).



Рис. 1. Вогнепальний перелом п'яtkової кістки з дефектом м'яких тканин навантажувальної ділянки підошовної поверхні: а – 9-та доба після поранення; б – пластика дефекту «плантарним» клаптем; в – 21 доба після операції.



а)

б)

в)

г)

Рис. 2. Вогнепальний перелом п'яtkової кістки з дефектом м'яких тканин в ділянці переходу підошовної поверхні на задній відділ п'яtkової ділянки: а – 7-ма доба після поранення; б, в – етап підйому «плантарного» клаптя та розміщення в ділянці дефекту; г – пластика розщепленим шкіряним клаптем раньової поверхні після підйому «плантарного» клаптя.

При дефекті заднього відділу п'яtkової ділянки з оголенням місця кріплення Ахіллового сухожилку для пластики доцільне застосувався «сурального» клаптя. (рис. 3). В той же час при потребі закриття дефекту в ділянці переходу підошовної поверхні на задній відділ п'яtkової ділянки, бажа-

не застосування «плантарного» клаптя. (рис. 2). Обумовлено, це тим, що хоча данна ділянка не є навантажувальною, наявність гілки медіального плантарного нерву в «плантарному» клапті дозволяє відновити чутливу захисту функцію по всій площі підошовної поверхні стопи.

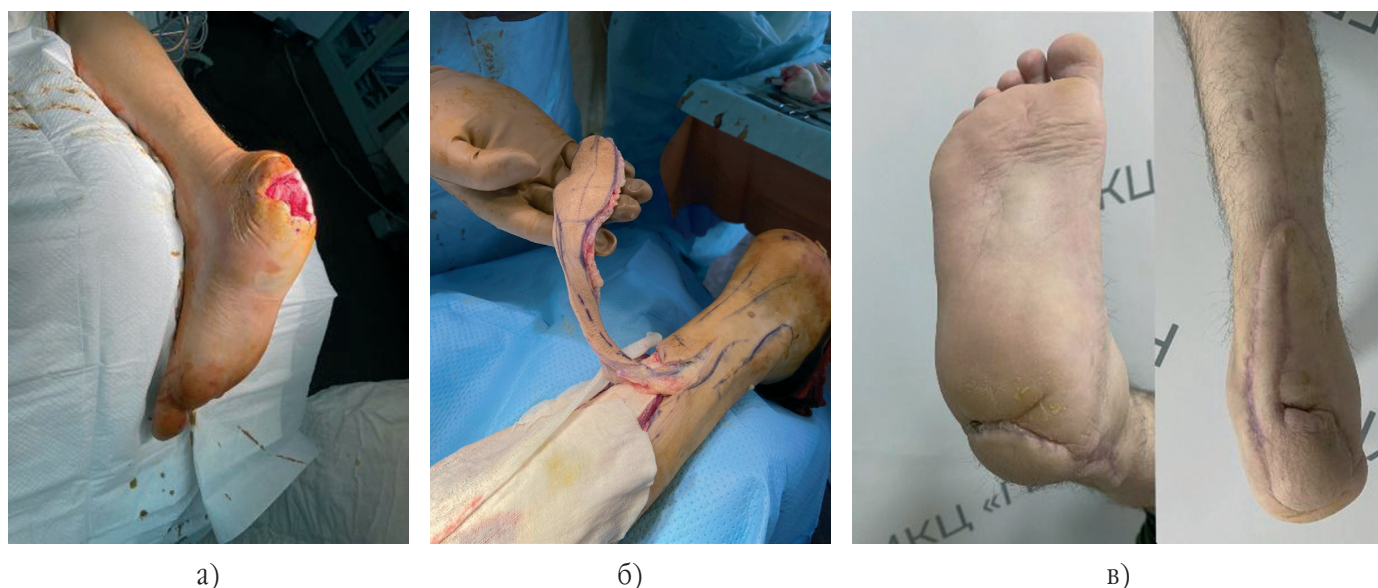


Рис. 3. Вогнепальний перелом п'яткової кістки з дефектом м'яких тканин в ділянці переходу підошовної поверхні на задній відділ п'яткової ділянки: а – 5-та доба після поранення; б – етап підйому «сурального» клаптя; в – результат лікування через 1 місяць після операції.

На жаль не завжди вибір клаптя для пластики визначався локалізацією дефекту. Наприклад наявність додаткових вогнепальних ран в проекції медіальної плантарної артерії не дозволяло розглядати можливість застосування «плантарного» клаптя. Також наявність ран в проекції заднього краю зовнішньої кісточки виключало можливість підйому «сурального» клаптя.

Результати та їх обговорення

Оцінка розвитку ішемічних ускладнень «сурального» та «плантарного» клаптів проводилась протягом перших 10 діб після операції та представлені в таблиці 1.

Так ускладнення пов'язані з порушенням їх кровопостачання зустрічаються в 18,6% випадків. «Суральний» клапоть порівняно з «плантарним» більше схильний до ішемічних ускладнень: 21% проти 14%.

В 4 (9,3%) випадках порушення мали зворотні зміни у вигляді венозного застою клаптів та не

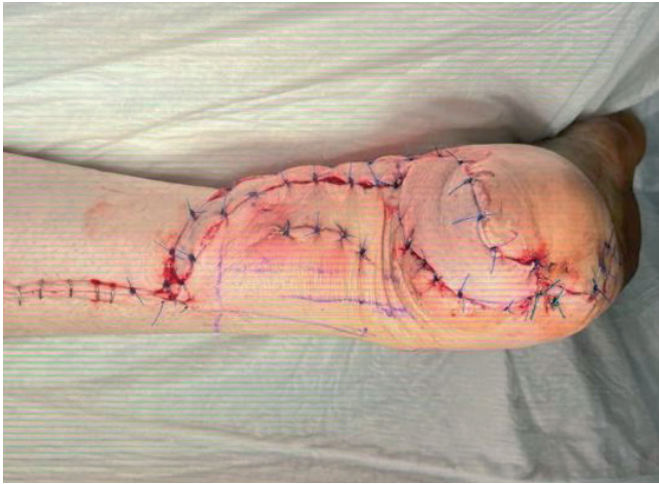
привели до незворотних ішемічних змін. Як правило розвиток ускладнення спостерігався в першу добу після операції та проявлявся набряком клаптя, зміни кольору шкіри та прискорення капілярної відповіді клаптя. В цих випадках призначалась медикаментозна терапія направлена на покращення реологічних властивостей крові, антикоагулянтна терапія в поєднанні з гірудіотерапією. Медичні п'явки (*Hirudo medicinalis*) розміщали на «хворіючий» клапоть відразу після появи ознак венозного застою в кількості від 1 до 3 одиниць в залежності від площі клаптя. (рис. 4.).

Кількість повторних сеансів гірудіотерапії складала від 2 до 5 з інтервалом через день. В більшості випадків венозний застій клаптя спостерігався при пластиці «суральним» клаптем, що обумовлено особливостями його кровопостачання. Після перев'язки малої підшкірної вени в «суральному клапті» виникають умови до розвитку первинного венозного застою. Це обумовлено неможливістю ретроградного кровотоку в зв'язку з наявністю клапанної системи вени. З цією метою під час «підйому» клаптя нами виконується

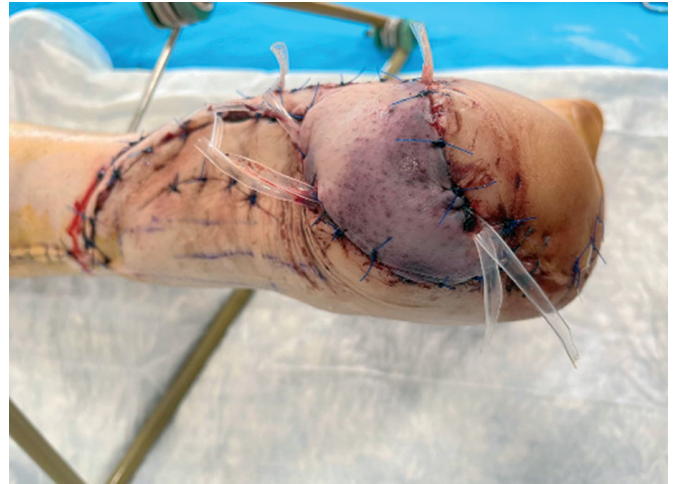
Таблиця 1.

Ішемічні ускладнення після пластики вогнепального дефекту «суральним» та «плантарним» клаптем.

Ішемічні порушення клаптів абс.		«Суральний» клапоть, n=28		«Плантарний» клапоть, n=15		%
		%	абс.	%	абс.	
Незворотні	Тотальний некроз	1	3,5	0	0	2,3
	Трансдермальний некроз	2	7,1	1	6,6	6,9
Зворотні	Венозний застій	3	10,7	1	6,6	9,3
Всього		6	21,4	2	14	18,6



а)



б)



в)



г)

Рис. 4. Пластика дефекту заднього відділу п'яtkової ділянки «суральним» клаптом:
а – 1-ша доба після поранення; б – венозний стан «сурального» клаптя (2 доба після операції);
в – *Hirudo medicinalis* на «суральному» клапті; г – результат лікування, 10 доба після операції.

катетеризація малої підшкірної вени та скид крові з її системи дозволяє тимчасово компенсувати венозну недостатність клаптя (рис. 5).

Подальша адаптація венозного кровотоку в цих випадках, відбувається через систему дрібних (безіменних) артерій та вен навколо стінки малої



Рис. 5. Катетеризації малої підшкірної вени «сурального» клаптя.

підшкірної вени [5]. Хоча ці супутні судини дуже малі, їх сполучення з малою підшкірною веною дозволяє обходити її клапани, що забезпечує зворотний венозний дренаж клаптя.

Незворотні ішемічні зміни, що пов'язані з артеріальною недостатністю спостерігались на 2-3 добу після операційного періоду та проявлялись блідістю клаптя та уповільненням капілярного відповіді. Незважаючи на проведення медикаментозної терапії мав місце трансдермальний некроз в 1 (2,3%) випадку та крайовий некроз в 3 (6,9%) випадках.

В цих ситуаціях ми завжди займали очікувальну позицію не поспішаючи з виконанням некректомії. Застосування під час перев'язок спиртового розчину камфорової олії в більшості випадків дозволяло створити умови для формування сухих поверхневих некрозів. На 14-18 добу виконувалась некректомія в межах чітко визначено демаркаційної лінії з оголенням підшкірно-жирової

клітковини клаптя. Проведення 1-2 сеансів NPWT – терапії дозволяло отримати ріст грануляційної тканини та виконати в подальшому пластику розщепленим шкіряним клаптем. (Рис.6)



а)

б)

Рис. 6. Стан після некректомії часткового трансдермального некрозу «сурального» клаптя: а – формування зустрічних шкіряно-фасціальних клаптів з бокових ділянок п'яткової ділянки; б – стан після розміщення клаптів та аутодермопластики.

В одному випадку проведені лікувальні заходи були неефективні, мало місце формування тотального некрозу клаптя з його гнійним розплавленням, що потребувало виконана некректомії з видаленням клаптя на 7 добу. (Рис. 7).



а)

б)

в)

Рис. 7. Тотальний некроз «сурального» клаптя: а – стан після підйому клаптя; б – 3 – тя доба після операції, ознаки мозаїчного трансдермального некрозу; в – 7 – ма доба після операції, тотальний некроз клаптя.

На нашу думку одним з моментів профілактики ішемічних ускладнень є формування клаптя з шкіряно-фасціальною ніжною. В цьому випадку немає необхідності розміщати клаптот в підшкірному тунелі, що зменшує вірогідність його ішемії внаслідок стискання, а шкіряний місток підвищує стійкість від перекруту судин ніжки. Надійний гемостаз зменшує ризик утворення гематоми навколо ніжки, при цьому небажане надмірне застоювання електрокоагуляції, краще надати перевагу лігуванню ниткою або металевою кліпсою.

Іншою запорукою профілактики ішемічних ускладнень є дотримання розмірів клаптя під час його формування: не більше 5 см в кожен бік від проекції вісьової судини.

Звертаємо увагу, що при формуванні клаптя накладання швів між фасцію та гіподермою, з метою запобігання його розшарування, не повинно бути щільним. Небезпека пов'язана з тим, що після відновлення кровопостачання клаптя, останній збільшується в об'ємі та у випадку рясного ушивання його периметру, це може призвести до ішемічних ускладнень.

Таким чином, застосування в практиці нейроваскуляризованих клаптів при пластиці дефектів м'яких тканин стопи дозволяє закрити значні за площею дефекти без залучення мікрохірургії. В ряді випадків операція супроводжується розвитком незворотних ішемічних змін, що потребує повторних реконструктивних операцій. Тим не менш виконання таких операції створює вікно можливостей для збереження стопи та дозволяє виграти час перед прийняттям рішення що до виконання ампутації.

Висновки

1. Обширні дефекти м'яких тканини стопи в 63% випадків супроводжуються переломом кісток стопи.

2. При пластиці обширних вогнепальних дефектів п'яtkової ділянки за допомогою нейроваскуляризованих клаптів ускладнення пов'язані з порушенням їх кровопостачання зустрічаються в 18,6% випадків.

3. «Суральний» клапоть порівняно з «плантарним» більше схильний до ішемічних ускладнень: 21% проти 14%.

4. Катетеризація малої підшкірної вени, яка включена в склад «сурального» клаптя дозволяє компенсувати первинний венозний застій в клапті та може розглядатись як один з можливих дієвих шляхів що до зменшення ризику розвитку незворотних ішемічних змін, що потребує подальших наукових досліджень.

References

1. Заруцький ЯЛ, Білий ВЯ. та ін Воєнно-польова хірургія.. Київ: Фенікс; 2018. 552с.
Zaruts'kyu Ya, Bilyy V, et al. Military field surgery. Kyiv: FENIKS; 2018. 552 p. [in Ukrainian]
2. Гайко ГВ. та ін. Лікування поранених з бойовими травмами кінцівок : (за досвідом АТО/ООС) : монографія . Чернівці ; Київ : Десна, 2020. 194 с

Gayko G et al. Treatment of the wounded with combat injuries of the abdomen (according to the experience of the ATO/OOS): monograph. Chernihiv; Kyiv: DESNA, 2020. 194 p. [in Ukrainian]

3. Страфун СС, Лакша АМ, Шипунов ВГ, Борзих НО. Комплексне хірургічне лікування постраждалих із значними дефектами м'яких тканин кінцівок внаслідок вогнепальних поранень. Сучасні аспекти військової медицини. Київ; 2015; 23(2): 100-108.

Strafun S, Laksha A, Shypunov V, Borzyh N. Complex surgical treatment of victims with significant defects of the soft tissues of the limbs as a result of gunshot wounds. CURRENT ASPECTS OF MILITARY MEDICINE. Kyiv; 2015; 23(2): 100-108. [in Ukrainian]

4. Атаманюк ВМ, та ін. Основи пластичної та реконструктивної хірургії. Вінниця : ТВОРИ, 2021. 148 с.
Atamaniuk V, et al. BASICS OF PLASTIC AND RECONSTRUCTIVE SURGERY. Vinnitsa: TVORY, 2021. 148 p. [in Ukrainian]

5. Бадюл ПО. Особливості застосування перфорантного реверсійного клаптя на суральній артерії для реконструкції покривних тканин нижніх кінцівок. Intermedical Journal. 2017; 2(10): 15-22.

Badiul P. Peculiarities of using a perforating reversal flap on the sural artery for the reconstruction of the integumentary tissues of the lower extremities. Intermedical Journal. 2017; 2(10): 15-22. [in Ukrainian]

6. Balazs GC, Polfer EM, Brelin AM, Gordon WT. High Seas to High Explosives: The Evolution of Calcaneus Fracture Management in the Military. Military Medicine. 2014; 179 (11): 1228–35. doi: 10.7205/MILMED-D-14-00156

7. Owens BD, Kragh JF, Macaitis J, Svoboda SJ, Wenke JC. Characterization of Extremity Wounds in Operation Iraqi Freedom and Operation Enduring Freedom. Orthop Trauma. 2007; 21(4): 254-7. doi:10.1097/BOT.0b013e31802f78fb.

The Use of Neurovascularized Flaps in Plastic Surgery of Gunshot Defects of the Hindfoot

Strafun S.S.¹, Shypunov V.H.², Borzykh N.O.¹, Zaboventko M.A.²

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

²National Military Medical Clinical Center «Main Military Clinical Hospital» of the Ministry of Defense of Ukraine, Kyiv

Summary. Background. Gunshot fractures of the bones of the foot make up 12% of the total number of injuries of the lower extremities and in 37% of cases are accompanied by a defect in the tissues of the foot, which is considered as a predictor of amputations at the level of the lower leg. Restoring the function of foot support is possible only when reconstructive plastic surgery – neurovascularized flaps – is performed. **Objective:** to study the frequency of ischemic complications of flaps during plastic surgery of extensive defects of soft tissues of the rear part of the foot with «sural» and «plantar» flaps in the case of gunshot polystructural injuries of the foot. **Materials and Methods.** A retrospective analysis of the treatment of 43 injured with gunshot extensive defects of the soft tissues of the hindfoot from 2014 to 2023 and at different times of injury was carried out: up to 3 days – 10 cases; from 3 to 10 days – 22 cases; from 10 to 20 days – 11 cases. In 23 (53%) cases there was a defect of the loading surface of the heel area. In 20 (47%) cases there was a defect of the posterior, non-load-bearing surface of the heel area, which in 3 (7%) cases was accompanied by damage to the Achilles tendon.

In 27 (63%) cases, the tissue defect was combined with a foot bone fracture: calcaneal bone – 4 (9.3%), calcaneus and tarsal bone – 3 (6.9%), calcaneus and metatarsal bone – 4 (9.3%). The decision regarding the use of the type of flap for plastic surgery of the soft tissue defect of the hindfoot depended on the location of the defect and the results of instrumental examination. Doppler imaging was performed to determine blood flow in the medial plantar artery and in the basin of the small and great saphenous veins, and to determine the presence of a perforator of the peroneal artery. Results. The assessment of the development of ischemic complications of the «sural» and «plantar» flaps was carried out during the first 10 days. Complications associated with a violation of blood supply of flaps occur in 18.6% of cases. The «sural» flap compared to the «plantar» flap is more prone to ischemic complications (21% versus 14%). Conclusions. The use of neurovascularized flaps in plastic surgery of soft tissue defects of the foot makes it possible to cover large defects without the involvement of microsurgery. In some cases, the surgery is accompanied by the development of irreversible ischemic changes. Nevertheless, performing such surgeries makes it possible to save the foot and buy time before making a decision for amputation.

Keywords: *gunshot polystructural injuries of the foot; gunshot defects of the foot; «sural» flap; «plantar» flap; acute compartment syndrome of the foot.*

Оцінка ефективності хірургічного лікування стенозу хребтового каналу поперекового відділу хребта

Меленко В.І.¹✉

Резюме. Актуальність. Поперековий спінальний стеноз одна з основних причин інвалідизації пацієнтів старшого віку, зустрічається у країнах з різним ступенем доходу. В останні роки спостерігається сплеск ендоскопічних процедур, що потребує подальшого вивчення. **Мета роботи.** порівняти результати хірургічного лікування поперекового спінального стенозу прооперованих різними методами. **Матеріали і методи.** Дані обстеження та лікування пацієнтів ($n=43$), яким виконано хірургічне втручання з приводу стенозу хребтового каналу поперекового відділу. У клінічній частині використані наступні методи: інтенсивність больового синдрому оцінювали з використанням візуальної аналогової шкали болю (ВАШ, см), задоволеність пацієнтів та оцінку якості життя – за допомогою анкетування Oswestry (Oswestry low back pain disability questionnaire, ODI). Опитувальник Oswestry (версія 2.0) дозволяв нам визначити рівень порушення якості життя хворих в балах та у вигляді індексу дисабілітації Josw. **Результати.** В I групі (UBE/ULBD) показник болю в спині до операції становив – $5,3 \pm 1,3$, в II групі (відкрита декомпресія корінця) – $5,8 \pm 1,4$ та в III групі (декомпресійна ламінектомія з ТПФ) $5,5 \pm 1,1$ см ($p > 0,05$). В післяопераційний період показник болю в спині зменшився відповідно: в I групі (UBE/ULBD) з $5,3 \pm 1,3$ см до $1,4 \pm 0,6$ см ($p < 0,05$), протягом 6 місяців спостерігали покращення до $0,5 \pm 0,3$ см ($p < 0,05$), у II групі – з $5,8 \pm 1,4$ до $2,1 \pm 0,7$ см з позитивною динамікою протягом 6 місяців до $0,6 \pm 0,3$ см ($p < 0,05$), у III групі рівень больового синдрому після операції залишався порівняно високим $4,1 \pm 0,8$, але в динаміці спостерігалось покращення до $1,2 \pm 0,9$ протягом 6 місяців ($p < 0,05$). Рівень больового синдрому в нижній кінцівці в I групі (UBE/ULBD) зменшився з $4,7 \pm 1,1$ см до $2,3 \pm 1,0$ см та до $1,1 \pm 0,4$ см протягом 6 місяців спостереження ($< 0,05$), в II групі з $5,1 \pm 1,2$ см до $1,1 \pm 0,9$ см та з покращенням до $1,2 \pm 0,3$ см протягом 6 місяців ($< 0,05$), в III групі показник болю в нижній кінцівці до операції становив $5,1 \pm 1,2$ см та залишався достатньо високим $3,2 \pm 1,1$ см в ранній післяопераційний період, та дещо вищими в порівнянні з іншими групами через 6 місяців $1,4 \pm 0,9$ ($< 0,05$). Оцінюючи якість життя пацієнтів визначено наступне: в I групі відмічено позитивну динаміку, а саме: індекс Oswestry покращився з $52,7 \pm 19,8\%$ до $10,7 \pm 5,4\%$ через 6 місяців. В II групі – з $57,9 \pm 15,4\%$ та $15,0 \pm 4,1\%$ через 6 місяців відповідно. В III групі до операції ODI становив $51,2 \pm 16,6\%$, через 6 місяців покращення становило $20,3 \pm 8,1\%$, тобто на момент останнього опитування пацієнти з транспедикулярною стабілізацією потребували додаткового проведення реабілітаційних втручань для відновлення. **Висновки.** Аналіз даних показав, що показники больового синдрому в н/кінцівках та спині, а також якість життя в ранній та віддалений п/о періоди мало відрізнялися в I групі (ендоскопічна декомпресія (UBE/ULBD)) та II групі (відкрита декомпресія), але були значно гіршими в III групі (декомпресійна ламінектомія з транспедикулярною стабілізацією). Проведення декомпресійної ламінектомії з транспедикулярною стабілізацією потребує для пацієнтів проведення додатково реабілітаційних втручань для повноцінного відновлення.

Ключові слова: стеноз хребтового каналу, больовий синдром.

✉ ¹Меленко В.І., Melenkovasil@gmail.com

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

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ВАШ – візуальна аналогова шкала
 КТ – вкомп'ютерна томографія
 МРТ – вмагнітно-резонансна томографія
 МХД – вміжхребцевий диск
 НПЗП – внеростероїдні протизапальні препарати
 ПСС – впоперековий спінальний стеноз
 ХРС – вхребцево-руховий сегмент
 UBE – вунілатеральна біпортальна ендоскопія
 БВП – вбіль в попереку
 ULBD – вунілатеральна ламіноміотомія для білатеральної декомпресії
 МКФ – вміжнародна класифікація функціонування

Вступ

Стеноз поперекового відділу хребта є однією з найпоширеніших патологій хребта серед людей похилого віку, що викликають біль в попереку, біль в нижніх кінцівках та призводять до інвалідності. Загальноприйнятим підходом до декомпресії є відкрита ламінектомія зі збереженням фасеток або широка декомпресія з транспедикулярною стабілізацією. В останні роки спостерігається сплеск ендоскопічних процедур, метою яких є мінімізація інвазивності. Незважаючи на збільшення використання цих малоінвазивних методів, досліджень, що прямо порівнюють безпеку, ефективність і результати цих процедур із звичайними методами проведено недостатньо.

Мета роботи: порівняти результати хірургічного лікування поперекового спінального стенозу різними методами.

Матеріали та методи дослідження

Дані обстеження та лікування 43 (n=43) пацієнтів, яким виконано хірургічне втручання з приводу стенозу хребтового каналу поперекового відділу на базі відділу хірургії хребта зі спінальним (нейрохірургічним) центром ДУ «ІТО НАМН України» з 2023 по 2024 р. Середній вік пацієнтів склав $61,4 \pm 7,3$ (M \pm SD) роки.

Критеріями міжгрупового розподілу стали методи хірургічного лікування:

- *пацієнтам 1 групи (n = 8)* – було виконано ендоскопічну декомпресію (ULBD, *biportal unilateral interlaminotomy with bilateral decompression*): на рівні L3- L4 (n=2), L4- L5 (n=4), L5- S1(n=2).

- *пацієнтам 2 групи (n =16)* – було виконано відкриту декомпресію на рівні L3- L4 (n=3), L4- L5 (n=5), L5- S1(n=8).

- *пацієнтам 3 групи (n = 19)* – було виконано декомпресійну ламінектомію з транспедикулярною стабілізацією (L4-L5 (n=4), L5-S1(n=4) L3-L4-L5(n=3) L4-L5-S1(n=3)) та у 6 випадках з міжтіловим кейджем PLIF L4-L5(n=2), L5-S1(n=2), TLIF L4-L5(n=1), L5-S1(n=1), TLIF L5-S1(n=1).

Всього було виконано 43 оперативних втручання. Центральний стеноз хребтового каналу спостерігали у 20 випадках: L3-L4 (n=5), L4-L5 (n=11), L5-S1(n=4). Стеноз латеральної кишені у 21 випадках: L3-L4(n=4), L4-L5 (n=10), L5-S1(n=9). (табл. 1).

Таблиця 1.

Розподіл пацієнтів відповідно до прооперованого рівня при поперековому спінальному стенозі

Загальна кількість рівнів			(n=43)
Тип стенозу	Рівень хребта	Кількість випадків (%)	Відсоток
Центральний стеноз	L3-L4	5 (25,0)	11,63%
	L4-L5	11 (55,0)	25,58%
	L5-S1	4 (20,0)	9,30%
Латеральний стеноз	L3-L4	4 (17,74)	9,30%
	L4-L5	10 (43,5)	23,26%
	L5-S1	9 (39,13)	20,93%

Інтенсивність больового синдрому оцінювали з використанням візуальної аналогової шкали болю (ВАШ, см), задоволеність пацієнтів та оцінку якості життя – за допомогою анкетування Oswestry (Oswestry low back pain disability questionnaire, ODI). Опитувальник Oswestry (версія 2.0) дозволяв нам визначити рівень порушення якості життя хворих в балах та у вигляді індексу дисабілітації Josw. При значеннях індексу дисабілітації Josw порушення дієздатності хворих оцінювалось таким чином:

- від 0 до 20 % як мінімальні;
- від 20 до 40 % – помірні;
- від 40 до 60 % – значні;
- від 60 до 80 % – як такі, що призводять до інвалідності;
- від 80 до 100 % – такі, що приковують до ліжка, або як симуляція симптомів.

Опитування пацієнтів проводили до операції, через 1 та 6 місяців після хірургічного лікування.

Дослідження було виконано згідно зі стандартами, які викладені у Гельсінській декларації Всесвітньої медичної асоціації «Етичні засади проведення наукових медичних досліджень за участю людини». Перед проведенням дослідження від усіх учасників було отримано добровільну згоду. Статистичну обробку результатів проводили за допомогою прикладних програм Microsoft Excel та Statistica 8.0 (StatSoft Inc.).

Статистичному аналізу передувала перевірка даних спостереження за критерієм Шапіро – Уїлка. Гіпотези про статистичну значущість розходжень між середніми значеннями вибірок, які відповідали нормальному закону розподілу даних, перевірялися за t-критерієм Стьюдента, а для вибірок, які не відповідали нормальному закону розподілу, застосовувався непараметричний критерій Вілкоксона. З метою виявлення наявності залежності однієї змінної від інших використовувалися кореляційний аналіз даних. Для оцінки зв'язків між кількісними даними з розподілом, наближеним до нормального, використовували коефіцієнт Пірсона (r). Для оцінки зв'язків між кількісними та якісними показниками застосовували метод рангової кореляції за Спірменом (ρ).

Результати дослідження

Передопераційне обстеження пацієнтів, що взяли участь у дослідженні, показало: основною скаргою хворих був больовий синдром у спині та біль у нижній кінцівці (або обох). Показник болю в нижніх кінцівках був у діапазоні 5-7 см за ВАШ та становив в середньому (4,7±1,1) (M±SD) см в першій групі; (5,1±1,2) см в другій групі та (5,2±1,3) см в третій групі. Достовірно значущих відмінностей між групами спостереження під час передопераційного обстеження не виявлено (p > 0,05), (табл. 2).

Показник болю в спині, на який були скарги

у пацієнтів у передопераційний період, був визначений в діапазоні від 3 до 8 см, і в середньому становив (5,3±1,3) (M±SD) см в першій групі; (5,8±1,4) см в другій та (5,5±1,1) см в третій групі. Достовірно значущих відмінностей між групами спостереження під час передопераційного обстеження не виявлено (p > 0,05).

Середня тривалість больового синдрому в спині, на який скаржились пацієнти з поперековим спінальним стенозом, була в межах (12,5±2,4) (M±SD) міс. та корелювала (r=0,9, сильний зв'язок) з тривалістю болю в нижніх кінцівках – (4,3±1,1) міс.; середня тривалість симптомів нейрогенної переміжної кульгавості по групі складала (7,1±3,7) міс.

Після операції в кожній з обстежених груп виявлено зниження показників болю, однак статистично значуще покращення у ранньому, пізньому та віддаленому етапі спостереження спостерігалось не у всіх вибірках. Динаміка показників за ВАШ (M±SD) см, ODI (M±SD) % до та після проведеного оперативного втручання серед обстежених груп представлена в (рис.2).

Так, у ранній післяопераційний період (7 день) вираженість больових відчуттів у спині достовірно зменшилась в 1 групі (UBLD), з (5,3±1,3) до (1,4±0,6) см (M±SD), (p<0,05) та 2 групі (відкрита декомпресія), з (5,8±1,4) до (2,1±0,7) см, (p<0,05). В 3 групі, яким було виконано декомпресійну ламінектомію з транспедикулярною стабілізацією, рівень локального болю в спині зберігався високим (5,5±1,4) до (4,1±0,7) см, (p>0,05).

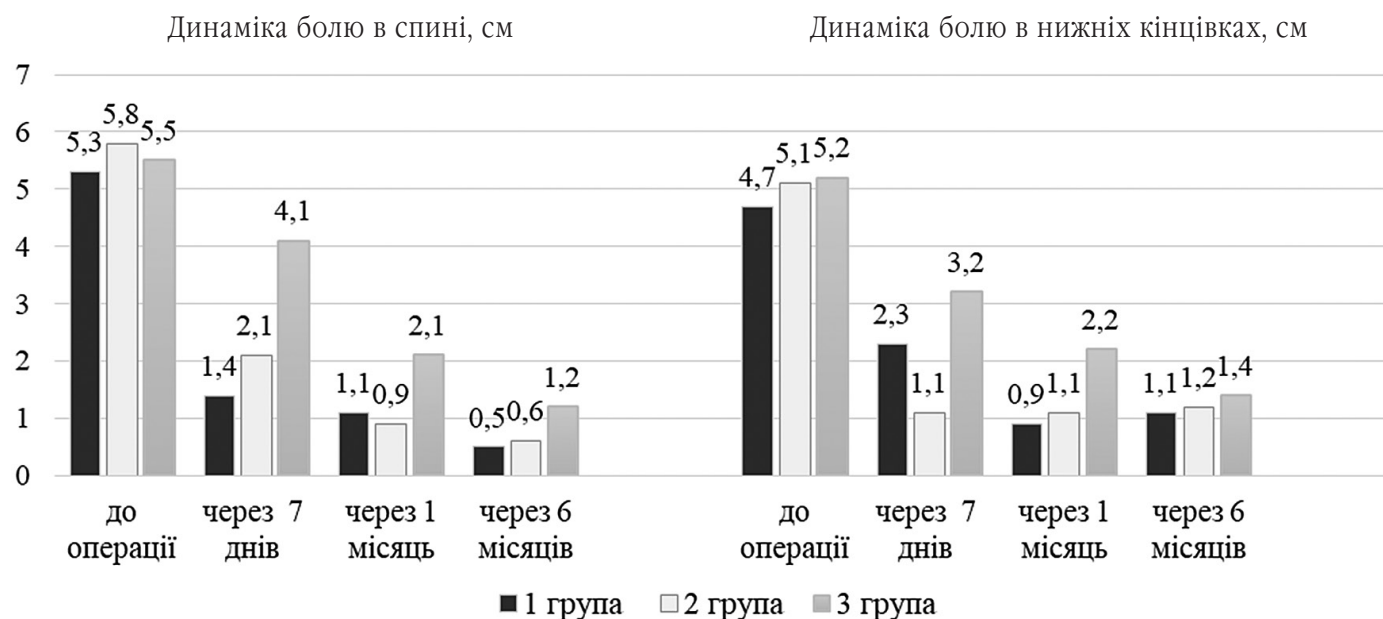


Рис. 1. Оцінка результатів динаміки больового синдрому за ВАШ (см) у пацієнтів з

Примітка: * – достовірність відмінностей між результатами при порівнянні з даними до операції в межах представленої групи статистична значуща (p < 0,05).

Таблиця 2.

Динаміка результатів лікування за ВАШ та Oswestry після ендоскопічних, відкритих та декомпресійних зі стабілізацією оперативних втручань у пацієнтів з ПСС на етапах спостереження (M ± SD)

Види операцій		Група 1 Декомпресія (ULBD) (n = 8)	Група 2 Декомпресія відкритим доступом (n=16)	Група 3 Декомпресія зі стабілізацією (n=19)
ODI %	до операції	52,7±19,8	57,9±15,4	51,2±16,6
	через 1 місяць	21,4±8,5*	19,1±5,3*	40,2±9,4
	через 6 місяців	10,7±5,4*	15,0±4,1*	20,3±8,1*
	p	< 0,05	< 0,05	< 0,05
ВАШ спина, см	до операції	5,3±1,3	5,8±1,4	5,5±1,1
	через 7 днів	1,4±0,6*	2,1±0,7*	4,1±0,8
	через 1 місяць	1,1±0,3*	0,9±0,4*	2,1±0,7*
	через 6 місяців	0,5±0,3*	0,6±0,3*	1,2±0,9*
	p	< 0,05	< 0,05	< 0,05
ВАШ нижня кінці, см)	до операції	4,7±1,1	5,1±1,2	5,2±1,3
	через 7 днів	2,3±1,0*	1,1±0,9*	3,2±1,1
	через 1 місяць	0,9±0,7*	1,1±0,3*	2,2±1,3*
	через 6 місяців	1,1±0,4*	1,2±0,3*	1,4±0,9*
	p	< 0,05	< 0,05	< 0,05

Позитивну динаміку щодо регресу болю в спині відзначали через 1 місяць у всіх трьох групах. Так, показник болю в спині, на який скаржились пацієнти в пізній післяопераційний період був визначений в діапазоні від 1 до 3 см і в середньому складав в першій групі (1,1±0,3) см (M±SD), в другій групі (0,9±0,4) см та в третій групі (2,1±0,9) см, (p < 0,05), при порівнянні з передопераційними даними. В групі пацієнтів, яким було виконано декомпресійну ламінектомію з транспедикулярною стабілізацією рівень локального болю в спині зберігався вищим, ніж в інших групах порівняння.

При обстеженні через 6 місяців за показником болю в спині достовірних відмінностей між групами не спостерігалось (p > 0,05). Показник болю в спині, на який скаржились пацієнти у віддалений етап спостереження (через 6 місяців), був визначений в діапазоні від 1 до 2 см і в середньому складав в першій групі (0,5±0,3) см (M±SD), в другій групі (0,6±0,4) см та в третій групі (1,2±0,9) см, (p<0,05), при порівнянні з передопераційними даними. Тобто, вираженість болю в спині не заважала пацієнтам вести відносно активний спосіб життя, самообслуговування та виконання професійних обов'язків.

Аналогічну тенденцію виявлено при оцінці вираженості болю в нижніх кінцівках або болю в нозі, що ірадіює. Після операції в кожній з груп виявлено зниження показників болю, однак статистично значуще покращення в ранній, пізній і віддалений етап спостереження відзначали не у всіх вибірках пацієнтів.

Так, у ранній післяопераційний період (7 день) вираженість больових відчуттів у нижній кінців-

ці (або обох кінцівок) достовірно зменшилась в першій групі (UBLD) з (4,7±1,1) до (2,3±1,0) см (M±SD), (p < 0,05), в другій групі (відкрита декомпресія) з (5,1±1,2) до (1,1±0,9) см, (p < 0,05). В третій групі, яким було виконано декомпресійну ламінектомію з транспедикулярною стабілізацією, рівень локального болю в нижніх кінцівках знизився, але зберігався досить високим з (5,2±1,3) до (3,2±1,1) см, (p > 0,05).

Позитивну динаміку щодо регресу болю в нижніх кінцівках спостерігали в 1 (перший) місяць серед всіх трьох груп. Так, показник болю в нижній кінцівці/кінцівках, на який скаржились пацієнти в пізній післяопераційний етап (через 1 місяць) був визначений в діапазоні від 1 до 4 балів, і в середньому складав в першій групі (0,9±0,7) см (M±SD), в другій групі (1,1±0,3) см та в третій групі (2,2±1,3) см, (p < 0,05), при порівнянні з передопераційними даними. В групі пацієнтів, яким було виконано декомпресійну ламінектомію з транспедикулярною стабілізацією, рівень локального болю в нижніх кінцівках зберігався дещо вищим, ніж в інших групах порівняння.

При обстеженні через 6 місяців за показником вираженості болю в нижніх кінцівках достовірних відмінностей між групами не спостерігалось (p > 0,05). Показник болю в ногах, на який були скарги у пацієнтів у віддалений етап спостереження, був визначений в діапазоні від 1 до 3 балів, і в середньому складав в першій групі (1,1±0,4) см (M±SD), в другій групі (1,2±0,3) см та в третій групі (1,4±0,9) см, (p<0,05), при порівнянні з передопераційними даними.

Оцінка результатів за Oswestry. Вивчення оцінки якості життя та здатності до самообслуговування у порівнянні з передопераційним станом та після хірургічного лікування показало суттєве поліпшення, яке відмічали пацієнти першої та другої групи через 1 місяць після операції (рис. 2).

До операції показник ODI складав: в 1 та 2 групі – (52,7±19,8)% та (57,9±15,4)%, ($p > 0,05$); вже через 1 місяць – (21,4±8,5)% та (19,1±5,3)% в 1 та

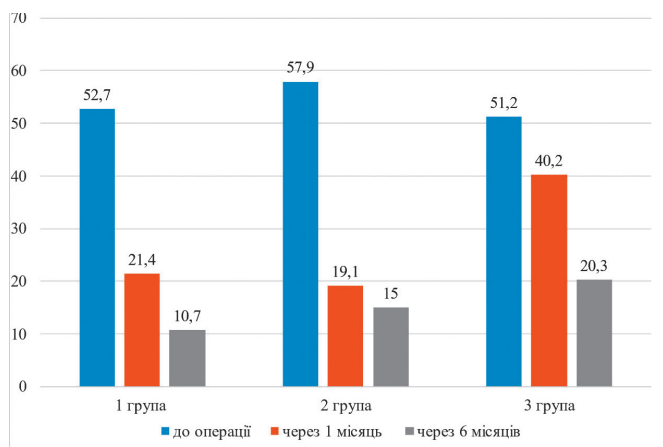


Рис. 2. Оцінка якості життя за Oswestry (ODI %) у пацієнтів з ПСС на етапах спостереження.

2 групі, що відповідало задовільному рівню якості життя та позитивним результатам, ($p < 0,05$) при порівнянні з передопераційними даними. В 3 групі (декомпресія зі стабілізацією) на момент обстеження через 1 міс. статистично значущих змін у порівнянні з передопераційними даними не виявлено – з (51,2±16,6)% до (40,2±9,4)%, ($p > 0,05$), тобто у більшості пацієнтів спостерігались виражені порушення з боку самообслуговування та виконання повсякденної діяльності.

При обстеженні через 6 міс. показник ODI складав: в 1 групі – (10,7±5,4)% та в 2 групі – (15,0±4,1)%, ($p < 0,05$), тобто в обох групах спостерігались мінімальні порушення, які не заважали повсякденній активності. У третій групі (декомпресія зі стабілізацією) на момент обстеження через 6 міс. зберігались помірні порушення на рівні (20,3±8,1)%, відповідно ($p > 0,05$), тобто група з транспедикулярною стабілізацією потребувала подальшої реабілітації та спостереження.

Висновки

Оцінка результатів після операції за показником якості життя та здатності до самообслуговування за опитувальником (ODI) показала відновлення з мінімальними порушеннями (менше 20%

за ODI) в групі ендоскопічної декомпресії (ULBD) та групі відкритої декомпресії вже через місяць. Позитивна динаміка зберігалась протягом всього періоду спостереження.

Група з транспедикулярною стабілізацією потребувала більш тривалої реабілітації та спостереження, оскільки помірні порушення спостерігали майже у всіх пацієнтів через 1 місяць з поступовим покращенням протягом всього періоду спостереження.

Конфлікт інтересів. Автори декларують про відсутність конфлікту інтересів. Ця публікація не була, не є і не буде предметом комерційної зацікавленості в будь-якій формі.

References

- Hartvigsen J, Hancock MJ, Kongsted A, Louw Q, Ferreira ML, Genevay S. What low back pain is and why we need to pay attention. *Lancet*. 2018; 391(10137):2356 – 67. DOI: 10.1016/S0140-6736(18)30480-X.
- Jensen RK, Jensen TS, Koes B, Hartvigsen J. Prevalence of lumbar spinal stenosis in general and clinical populations: A systematic review and meta-analysis. *Eur. Spine J*. 2020; 29: 2143–2163. DOI: 10.1007/s00586-020-06339-1.
- Marcia S, Zini C, Bellini M. Image-guided percutaneous treatment of lumbar stenosis and disc degeneration: Neuroimaging. *Clin N Am*. 2019; 29(4): 563-80. DOI: 10.1016/j.nic.2019.07.010.
- Murata K, Akeda K, Takegami N. Morphology of intervertebral disc ruptures evaluated by vacuum phenomenon using multi-detector computed tomography: Association with lumbar disc degeneration and canal stenosis. *BMC Musculoskelet Disord*. 2018; 19(1):164-68. DOI: 10.1186/s12891-018-2086-7.
- Rauschnig W. Pathoanatomy of lumbar disc degeneration and stenosis. *Acta Orthop Scand Suppl*. 1993; 2516: 3-12. DOI: 10.3109/17453679309160104
- Kirkaldy-Willis WH, Wedge JH. Pathology and pathogenesis of lumbar spondylosis and stenosis. *Spine*. 1978; 3(4): 319-28. DOI: 10.1097/00007632-197812000-00004.
- Rudnicka E, Napierała P, Podfigurna A, Męczekalski B, Smolarczyk R, Grymowicz M. The World Health Organization (WHO) approach to healthy ageing. *Maturitas*. 2020; 139: 6–11. DOI: 10.1016/j.maturitas.2020.05.018.
- Weinstein JN, Tosteson TD, Lurie JD, Tosteson AN, Blood E, Hanscom B, et al. Surgical versus nonsurgical therapy for lumbar spinal stenosis. *N. Engl. J. Med*. 2008; 358: 794–810. DOI: 10.1056/NEJMoa0707136.
- Weinstein JN, Lurie JD, Tosteson TD, Hanscom B, Tosteson AN, Blood EA, et al. Surgical versus nonsurgical treatment for lumbar degenerative spondylolisthesis. *N. Engl. J. Med*. 2007; 356: 2257–2270. DOI: 10.1056/NEJMoa070302.
- Grotle M, Småstuen MC, Fjeld O, Grøvle L, Helgeland J, Storheim K, et al. Lumbar spine surgery across 15 years: Trends, complications and reoperations in a longitudinal observational study from Norway. *BMJ Open* 2019; 9: 287-43. DOI: 10.1136/bmjopen-2018-028743.
- Weinstein JN, Lurie JD, Olson PR, Bronner KK, Fisher ES. United States' trends and regional variations in lumbar spine surgery. *Spine*. 2006; 31: 2707–2714. DOI: 10.1097/01.brs.0000248132.15231.fe.

12. Steiger HJ, Krämer M, Reulen HJ. Development of neurosurgery in Germany: Comparison of data collected by polls for 1997, 2003, and 2008 among providers of neurosurgical care. *World Neurosurg.* 2012; 77: 18–27. DOI: 10.1016/j.wneu.2011.05.060.

13. Sivasubramaniam V, Patel HC, Ozdemir BA, Papadopoulos MC. Trends in hospital admissions and surgical procedures for degenerative lumbar spine disease in England: A 15-year.

Assessment of the Effectiveness of Surgical Treatment of Lumbar Spinal Stenosis

Melenko V.I.¹

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

Summary. Background. Lumbar spinal stenosis, which is one of the main causes of disability in older patients, occurs in countries with different levels of income. There has been a surge of endoscopic procedures in recent years, which requires further study. **Objective:** to compare the results of surgical treatment of lumbar spinal stenosis of patients operated on using different methods. **Materials and Methods.** Data from examination and treatment of patients ($n=43$) who underwent surgical intervention for lumbar spinal stenosis. In the clinical part, the following methods were used: pain intensity was assessed using the visual analogue scale (VAS, cm); patients' satisfaction and quality of life were assessed using the Oswestry Low Back Pain Questionnaire – Oswestry Disability Index (ODI). The Oswestry Questionnaire (version 2.0) allowed us to determine the level of impairment in the quality of life of patients in points and as a disability index. **Results.** In group I (UBE/ULBD), the index of back pain before surgery was 5.3 ± 1.3 , in group II (open decompression) it reached 5.8 ± 1.4 and in group III (decompressive laminectomy with transpedicular fixation) it was 5.5 ± 1.1 cm ($p > 0.05$). In the postoperative period, the index of back pain decreased in group I (UBE/ULBD) from 5.3 ± 1.3 cm to 1.4 ± 0.6 cm ($p < 0.05$), and improvement was observed within 6 months up to 0.5 ± 0.3 cm ($p < 0.05$); in group II, the index decreased from 5.8 ± 1.4 to 2.1 ± 0.7 cm with positive dynamics over 6 months to 0.6 ± 0.3 cm ($p < 0.05$); in group III, the level of pain after surgery remained relatively high (4.1 ± 0.8), but there was an improvement to 1.2 ± 0.9 ($p < 0.05$) within 6 months. The level of pain in the lower extremity in group I (UBE/ULBD) decreased from 4.7 ± 1.1 cm to 2.3 ± 1.0 cm and to 1.1 ± 0.4 cm during 6 months of follow-up (< 0.05); in group II, the level of pain decreased from 5.1 ± 1.2 cm to 1.1 ± 0.9 cm, with improvement to 1.2 ± 0.3 cm within 6 months (< 0.05); in group III, the pain index in the lower extremity before surgery was 5.1 ± 1.2 cm and remained quite high (3.2 ± 1.1 cm) in the early postoperative period and slightly higher (1.4 ± 0.9) compared to other groups after 6 months (< 0.05). Assessing the quality of life of patients, the following was found: group I showed positive dynamics, namely ODI improved from $52.7 \pm 19.8\%$ before surgery to $10.7 \pm 5.4\%$ after 6 months; in group II, ODI improved from $57.9 \pm 15.4\%$ before surgery to $15.0 \pm 4.1\%$ after 6 months; in group III, ODI was $51.2 \pm 16.6\%$ before surgery and $20.3 \pm 8.1\%$ after 6 months, which means that at the time of the last survey, patients with transpedicular fixation required additional rehabilitation interventions for recovery. **Conclusions.** Analysis of the data showed that the indicators of pain in the lower limbs and back, as well as the quality of life in the early and late follow-up periods slightly differed in group I (endoscopic decompression (UBE/ULBD)) and group II (open decompression), but significantly worsened in group III (decompression laminectomy with transpedicular fixation). Decompressive laminectomy with transpedicular fixation requires additional rehabilitation interventions for patients for full recovery.

Key words: spinal canal stenosis; pain syndrome.

Хірургічне застосування чотиригвинтової пластини для блокування фізарної ділянки колінного суглоба у дітей, ріст яких триває

Герцен І.Г.¹✉, Марциняк С.М.¹, Зінченко В.В.¹

Резюме. Актуальність. Класичним методом хірургічного лікування деформації колінного суглоба в коронарній площині є фіксація епіметафізарної ділянки за допомогою восьми подібної двогвинтової накісткової пластини за концепцією керованого росту. Для удосконалення цієї методики нами було розроблено, запатентовано і застосовано метелик подібну чотиригвинтову накісткову пластину. Також, ми висунули гіпотезу, що чотиригвинтова пластина призведе до швидшої керованої корекції кутових деформацій колінного суглоба, ніж двогвинтова. **Мета дослідження.** Покращити хірургічне лікування дітей з осьовою деформацією колінної ділянки, ріст яких триває. **Матеріали і методи.** Проведено ретроспективний аналіз лікування 37 дітей із деформацією колінної ділянки в коронарній площині, яким імплантували двогвинтову або чотиригвинтову накісткову пластину. Досліджувана когорта включала як гені varum, так і гені valgum як первинної, так і вторинної етіології. В динаміці проводили порівняльний аналіз рентгеноморфометричних показників, отриманих за панорамами рентгенограмами нижніх кінцівок. Також, залежно типу імплантату, порівнювали швидкість корекції деформації та частоту ускладнень. **Результати.** Ми виявили, що використання чотиригвинтової пластини, порівняно з двогвинтовою, було пов'язане з більш коротшим інтервалом між імплантацією та видаленням, тобто більш швидкою корекцією. Це підтверджували показники корекції відхилення механічної осі, латерального дистального стегнового кута та медіального проксимального великогомілкового кута. За частотою ускладнень хірургічного лікування не знайдено статистично значущої різниці між двома типами імплантатів. **Висновки.** Аналіз темпів корекції клініко-рентгеноморфометричних показників деформації колінного суглоба в коронарній площині залежно вікової періодизації онтогенезу дитини показав перевагу в хірургічному застосуванні чотиригвинтової накісткової пластини у порівнянні з використанням двогвинтової накісткової пластини для фіксації епіметафізарної ділянки стегна.

Ключові слова. Колінна ділянка, осьова деформація; керований ріст; чотиригвинтова пластина.

Вступ

В практиці дитячого ортопеда дуже часті звернення пацієнтів з приводу кутових деформацій, особливо колінної ділянки. Пам'ятаючи про нормальну фізіологічну варіацію (до 2,5 років) і вальгусну (від 2 до 6 років) деформації колінної ділянки, роль ортопеда для цих пацієнтів найчастіше полягає в тому, щоб заспокоїти батьків і відмовити від лікування, оскільки спонтанне вирішення проблеми є правилом [1].

Однак, не завжди осьові деформації на рівні колінних суглобів мають фізіологічний характер і самостійно коригуються. На відміну від фізіологічних, патологічні деформації проявляються на тлі основного захворювання, яке впливає на зростання і формування скелета дитини, що і призводить до поступового порушення механічної осі нижніх кінцівок [1, 2]. Зазначені порушення можуть формуватися за рахунок деформації стегнової кістки, кісток гомілки, а також їх поєднання.

Керований ріст – метод тимчасового блокування фізарної зони росту запропонований Пітером Стівенсом, який включає використання 8-подібної двогвинтової накісткової пластини і двох гвинтів

✉ Герцен І.Г., gercen_iv@ukr.net

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

для фіксації епіметафізарної ділянки і дозволяє досягти корекції кутової деформації у дітей [3]. Пластина встановлюється екстраперіостально і служить натяжною стрічкою без ризику прямого пошкодження кістки епіметафізарної ділянки. Через відносну легкість і безпеку, запропонована методика набула широкого застосування в усіх періодах онтогенезу дитини за умови відкриття фізарної зони росту [1–4].

Однак, незважаючи на широке використання методу керованого росту, дотепер є ряд невирішених питань. Так, віковий діапазон пацієнтів для застосування 8-подібних пластин досі залишається дискусійним [5]. Окрім того, найбільша кількість наукових публікацій присвячена ідіопатичним вальгусним та варусним деформаціям колінної ділянки та недостатньо питанням потенціалу прогнозування корекції деформацій при первинній патології фізарних зон у дітей із системними диспластичними захворюваннями скелета.

Інформаційно-аналітичний пошук свідчить про ряд проблем, які супроводжують застосування 8-подібних двогвинтових пластин (8ДП) під час росту дитини. Це деформація, перелом або міграція імплантату в післяопераційному періоді спостереження; відсутність або малі темпи корекції при застосуванні 8ДП у дітей із системними диспластичними захворюваннями скелета. Також в літературі описані труднощі щодо визначення оптимального положення пластини, необхідної для досягнення корекції механічної осі нижньої кінцівки при первинній патології фізарної ділянки, пов'язані з дивергенцією гвинтів в отворах пластин. Неоптимальне положення 8ДП в свою чергу може призвести до вторинно-ятрогенного порушення механічної осі нижньої кінцівки під час росту дитини [6].

Незважаючи на простоту та відносну універсальність 8ДП, дотепер залишається актуальним удосконалення інструментарію та імплантатів для проведення хірургічного лікування за методом керованого росту [7, 8]. Тому нами було розроблено, запатентовано та застосовано метеликоподібну чотиригвинтову накісткову пластину (МЧП) для блокування фізарної ділянки колінного суглоба у дітей, ріст яких триває [9, 10]. Наразі, в літературі ми не знайшли інформації про пряме порівняння хірургічної корекції осьової деформації колінної ділянки (ОДКД) при застосуванні 8ДП і МЧП. Ми висунули гіпотезу що застосування МЧП призведе до швидшої керованої корекції ОДКД, ніж 8ДП у дітей як з *genu valgum*, так і *genu varum* первинної та вторинної етіології.

Мета дослідження. Покращити хірургічне лікування дітей з осьовою деформацією колінної ділянки (ОДКД), ріст яких триває.

Матеріали та методи

Проведено ретроспективний аналіз хірургічного лікування 37 дітей з ОДКД за методом керованого росту, які перебували на стаціонарному лікуванні з 2014 по 2023 р. в ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України». До і після хірургічного лікування аналізували рентгеноморфометричні показники, отримані за панорамними рентгенограмами нижніх кінцівок у 18 дітей (30 фізарних ділянок) з системними дисплазіями скелета (основна група). В якості контрольної групи використані рентгеноморфометричні показники у 19 дітей (30 фізарних ділянок) з ОДКД без системних дисплазій скелета. Усім хворим (37 дітей / 60 фізарних ділянок) було проведено хірургічну корекцію ОДКД методом керованого росту з імплантацією 8ДП у 10 дітей контрольної і 10 – основної груп. МЧП нами імплантована у 11 дітей основної і 6 – контрольної груп. Хірургічне застосування МЧП дітям з ОДКД у всіх групах дослідження виконували виключно для фіксації дистальної ділянки стегна (29 фізарних ділянок), тоді як 8ДП імплантували в проксимальній ділянці великогомілкової і дистальній ділянці стегнової кісток (20 дітей / 31 фізарна ділянка). Дані історій хвороби були оброблені згідно з вимогами комітету з біоетики ДУ «ІТО НАМН України» (протокол № 2 засідання комісії з біоетики ДУ «ІТО НАМНУ» від 05 лютого 2024 р.). Розподіл пацієнтів основної та контрольної груп за нозологіями та типом імплантату представлено в таблиці 1.

Під час хірургічного втручання, вік пацієнтів основної і контрольної груп складав 7–13р у дівчат, 7–15р – у хлопчиків. У всіх дітей були кутові деформації нижніх кінцівок у фронтальній площині на рівні колінних суглобів. Пацієнтам на етапі планування оперативного втручання виконувалася панорамна рентгенограма нижніх кінцівок в прямій проекції в положенні стоячи з ідентичною фокусною відстанню 220 см. У всіх пацієнтів були відсутні згинальні контрактири в колінних суглобах. Клінічне і рентгеноморфометричне обстеження проводили на етапах планування, а також через 6, 12 і 18 міс після оперативного лікування.

8ДП імплантували за класичним методом, розробленим і впровадженим П. М. Стівенсом [11]. МЧП імплантували під загальним знеболенням наступним чином. Положення хворого на спині. Знекровлення за Есмархом: на середню третину стегна накладали джгут стиснення. Електронно-оптичний перетворювач (ЕОП) centruвали над колінною ділянкою. Над дистальним відділом стегна на верхівці деформації робили 3-сантиметровий

Таблиця 1.

Порівняльний розподіл пацієнтів з осьовими деформаціями колінної ділянки за нозологічними групами залежно хірургічного застосування 8ДП і МЧП.

Тип імплантату	8ДП	МЧП	Значення р
Кількість пацієнтів/фізарних ділянок	20/31	17/29	
Середня кількість імплантатів на 1 пацієнта (медіана)	2 (1–4)	2 (1–4)	0,90
Стать, n хлопчики дівчата	12 8	12 5	0,99
Середній вік, р (медіана)	13 (7–15)	13 (7–15)	0,10
Тип деформації, n вальгус варус	12 8	14 3	0,22
Етіологія, n Основна група Д-резистентний рахіт Екзостозна хондродисплазія Епіфізарна дисплазія Ахондроплазія	3/6 3/3 2/4 2/4	5/10 2/2 1/2 3/6	0,67
Контрольна група Ідіопатична Посттравматична	6/10 4/4	4/7 2/2	

розріз, який поглиблювали шляхом різкого розтину, розділяючи фасцію (наприклад, широку фасцію стегна) паралельно її волокнам, без розсічення окістя. У фізарну ділянку без зусиль вводили тонку навігаційну спицю, її положення перевіряли за допомогою ЕОПа. В навігаційний отвір на спиці накладали МЧП. В ідеалі її положення у середин-

ній сагітальній площині кістки або трохи позаду від неї (рис. 1)

В проріз кожного гвинтового отвору пластины прикладали відповідний навігаційний провідник з заданим кутом розсвердлювання. Першим вставляли епіфізарний навігаційний провідник, а наступним, в отвір розміщений діагонально – метафізарний. Необов'язково, щоб вони були паралельними; однак важливо, щоб жодне з них не проникало в суміжний суглоб або фізарну ділянку. Канюльованим свердлом діаметром 3,2 мм отримували «стартовий отвір» (глибина 5 мм). Занадто глибоке свердління може призвести до виходу напрямного штифта та/або може зменшити стабільність за рахунок самонарізного гвинта. Канюльований гвинт діаметром 4,5 мм вставляли над кожним напрямним штифтом і послідовно затягували. В кожну фізарну ділянку імплантували виключно одну пластину. Виконували ЕОП рентген-контроль – пряма та бокова проекція колінної ділянки. У подальшому оперативне втручання проводили класично.

В післяопераційному періоді накладали м'яку пов'язку, заохочується негайне навантаження, використовуючи милиці лише для комфорту, якщо це необхідно. Дитина може повернутися до повноцінної діяльності та занять спортом, якщо рух і комфорт дозволяють.

Критеріями включення для оцінки рентгеноморфометричних показників були: девіація механічної осі (ДМО); дистальний механічний кут стегнової кістки (МДСК), проксимальний механічний кут великогомілкової кістки (МПВК). МДСК визначали шляхом перетину механічної осі стегнової кістки з лінією суглоба (найбільш відступні точки

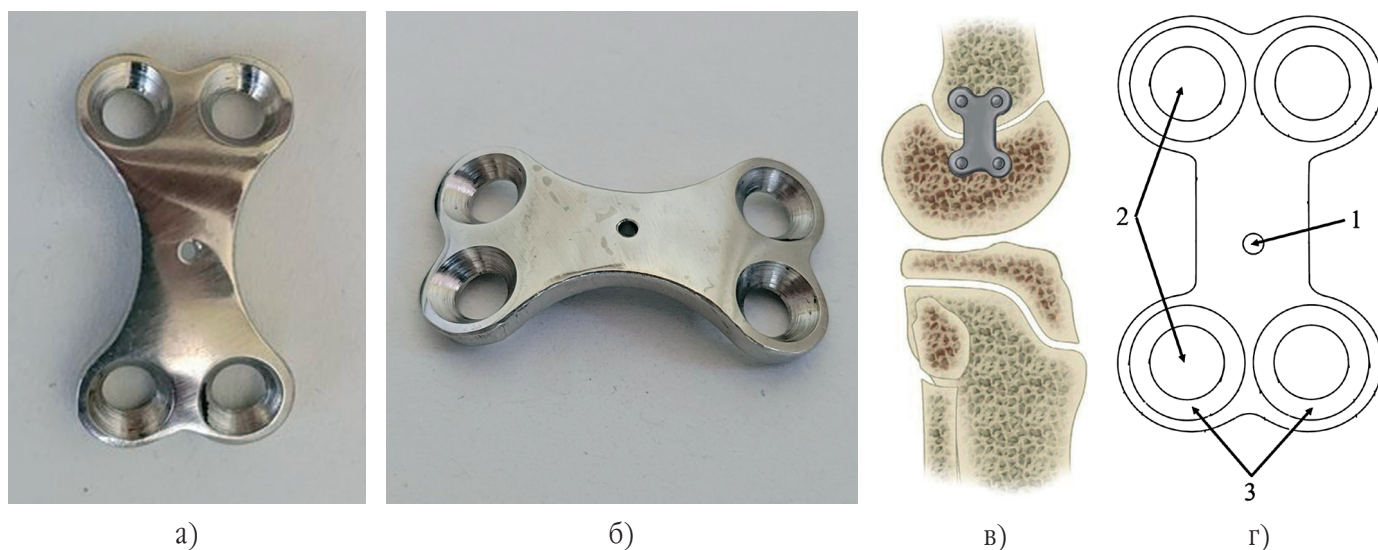


Рис. 1. а, б – Загальний вигляд МЧП для блокування фізарної ділянки колінного суглоба за методом керованого росту; в, г – Схема положення МЧП при фіксації дистальної епіметафізарної ділянки стегна за методом керованого росту, де 1г – навігаційний отвір, 2г – гвинтові отвори, 3г – гвинтові заглиблення.

виростків стегнової кістки), для побудови МПВК були використані також механічна вісь великогомілкової кістки і найбільш низькі точки в субхондральній лінії виростків великогомілкової [12]. Відстань між лінією механічної осі нижньої кінцівки і центром колінного суглоба визначали як ДМО [13]. Розрахунки виконувались на стаціонарних комп'ютерах в програмі TraumaCad 2.5 (рис. 2).

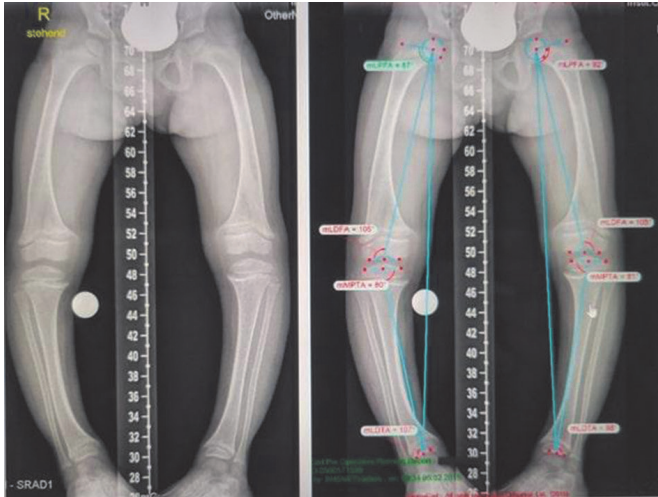


Рис. 2. Пацієнт 12 років, діагноз: Д-резистентний рахіт. Варусна деформація нижніх кінцівок.

Представлені розрахунки основних рентгеноморфометричних показників на панорамній рентгенограмі нижніх кінцівок в прямій проекції в програмі TraumaCad 2.5.

Рентгеноморфометричні показники епіметафізарного переходу кістки аналізували за панорамними рентгенограмми нижніх кінцівок в прямій проекції, виконаними з ідентичною фокусною відстанню 220 см, при повністю розігнутому колінному суглобі з використанням апарату Phillips (model: M-CABINETCXA). Рентгеноморфометричне обстеження проводили на етапах планування, а також через 6, 12 і 18 міс після оперативного лікування.

Обробку результатів проводили за допомогою методів математичної статистики з використанням комп'ютерних програм «Microsoft Excel 2019» і програми «Primer of Biostatistics 8.03» та програмно-комп'ютерного комплексу з ліцензійним пакетом «Stata 19». Т-критерій Ст'юдента нами використаний для безперервних змінних, а для порівняння статистично значущої різниці між групами дослідження – критерій хи-квадрат (χ^2). Для порівняльної оцінки значущості різниці між групами $p < 0,05$ вважався статистично значущим, тоді як $p > 0,05$ – незначущим (NS). * – $p < 0,05$, ** – $p < 0,01$, *** – $p < 0,001$, **** – $p < 0,0001$ [14].

Результати

На початку нашого дослідження ми вивчили частоту і тяжкість ортопедичних розладів у дітей і підлітків з ОДКД. В результаті проведеної роботи було обстежено 37 хворих (60 колінних суглобів) з ОДКД, котрі були включені в це ретроспективне дослідження. Проліковано 20 хворих (31 фізарна ділянка), яким імплантували 8ДП, тоді як 17 хворим (32 фізарні ділянки) – МЧП. Кількість імплантатів на одного пацієнта в обох групах коливалася від 1 до 4. Обидві групи включали хлопчиків і дівчат з середнім віком 12,5 років. Середній процентиль ваги становив 65 (3–97) і 83 (3–97) для дітей основної і контрольної груп, які отримували 8ДП і МЧП, відповідно. Нами не було виявлено статистично значимої різниці за статтю, віком, вагою або кількістю використаних імплантатів між групами хворих з 8ДП і МЧП ($p > 0,05$).

Серед ОДКД в усіх групах спостереження переважав вальгусний розлад, який відмічали у 12 пацієнтів, яким імплантували 8ДП, і 14 – з МЧП. В контрольній групі розлади були переважно ідіопатичними у 10 пацієнтів і посттравматичними – у 6. В основній групі етіологія була різноманітною: Д-резистентний рахіт у 8 пацієнтів; екзостозна хондродисплазія – у 5; епіфізарна дисплазія – у 3; ахондроплазія – у 5. Посттравматичні деформації були переважно вторинними, внаслідок неправильного зрощення переломів. Нами не було виявлено статистично значимої різниці в кутах деформації або етіології ОДКД в розподілі між групами пацієнтів з 8ДП та МЧП ($p > 0,05$).

Порівняльний аналіз часу тривалості операцій імплантації та видалення 8ДП і МЧП показав, що імплантація 8ДП була дещо швидшою (рис. 3а, $p = 0,04$) із середнім значенням 22 хв порівняно з 26 хв для МЧП. Однак, тривалість операції з видалення імплантату, істотно не відрізнялась між 8ДП та МЧП. При порівнянні проміжку часу між імплантацією і видаленням пластини, визначено значно коротший інтервал після лікування ОДКД за допомогою МЧП. Так, в усіх групах дослідження ($p = 0,001$) порівняно з 8ДП, середній інтервал зменшився від 26 до 13 місяців (Рис. 3б).

Порівняльний аналіз рентгеноморфометричних показників показав динаміку зміни коефіцієнта корекції ДМО в усіх групах дослідження. Так, імплантація і 8ДП, і МЧП значно покращила ДМО ($p < 0,0001$), зменшуючи середню патологічну ДМО з 34 до 17 мм при застосуванні 8ДП, а також від 34 до 7 мм у хворих з МЧП. Так, у хворих основної групи з МЧП відмічали з більш ніж подвійною швидкістю зміну ДМО у порівнянні з 8ДП ($p = 0,001$). Швидкість корекції ДМО у хворих з МЧП була швидшою у всіх вікових групах (рис. 4).

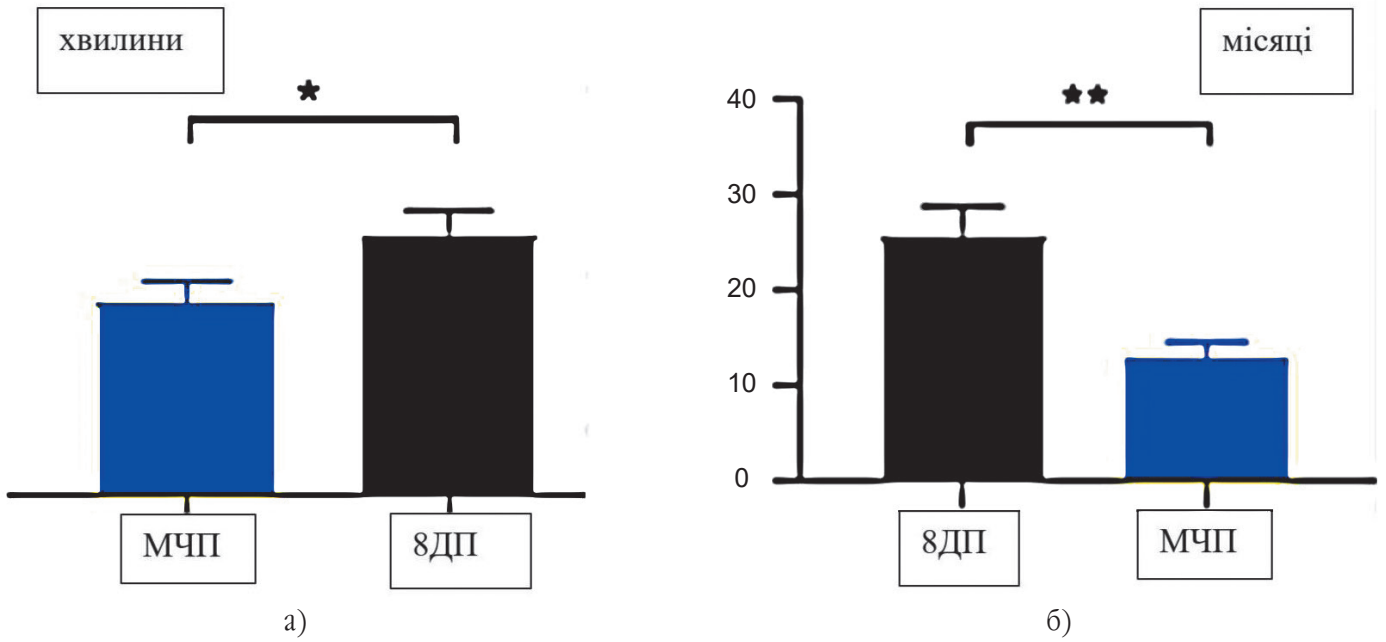
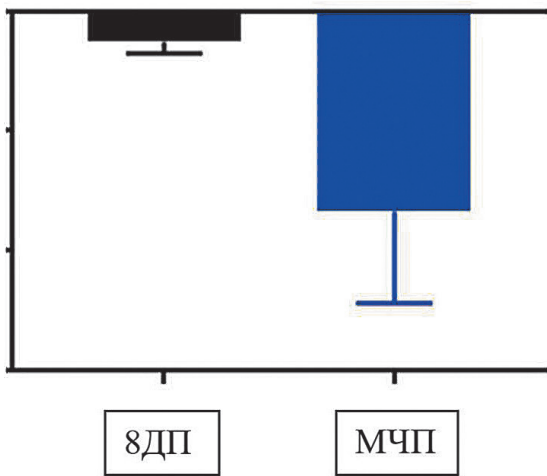


Рис. 3, де 3а – середній час тривалості операції з імплантації в хвилинали МЧП і 8ДП; 3б – середній інтервал (місяців) між імплантацією і видаленням МЧП у порівнянні з 8ДП.

Корекція ДМО (мм/міс); 7 – 10 р.



Корекція ДМО (мм/міс); 11 – 15 р.

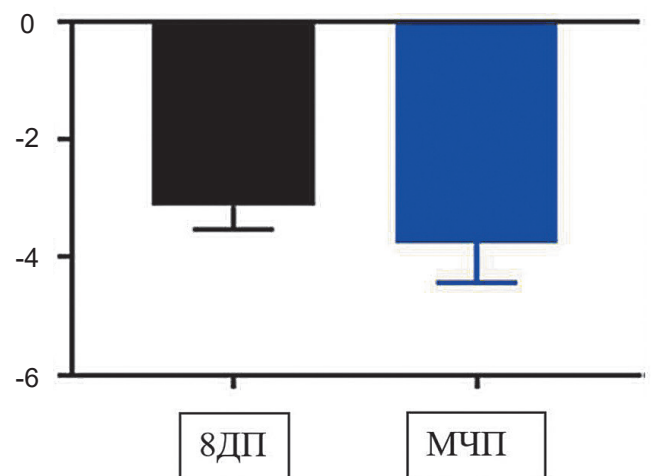


Рис. 4. Порівняльна динаміка корекції ДМО (мм/міс) у дітей основної і контрольної груп з імплантованою МЧП і 8ДП залежно вікового періоду онтогенезу.

У хворих з ОДКД контрольної групи в динаміці відмічали однакове поліпшення МДСК, що не залежало від типу імплантату. Так, середній мДСК значно покращився від 81° до 87° у хворих з 8ДП і МЧП ($p < 0,0001$). Однак, динаміка зміни МДСК у хворих основної групи (з диспластичними фізарними ділянками) була значно вищою, ніж при імплантації 8ДП ($p = 0,016$). Дослідження динаміки змін МПВК у хворих з ОДКД з імплантованою 8ДП показало значне покращення корекції ($p = 0,010$), ($p < 0,0001$) у пацієнтів основної і контрольної групи. Так, середній МПВК знизився від 94° до 91°

основної і від 94° до 90° – контрольної. Однак, значно вищу швидкість зміни МПВК спостерігали у пацієнтів контрольної групи без диспластичних фізарних ділянок (рис. 5, $p = 0,008$).

Зрештою, ми порівняли частоту ускладнень після імплантації 8ДП і МЧП. Так, рівень інцизійних ускладнень у пацієнтів з МЧП склав 3%, і 4% – при імплантації 8ДП. Серед ускладнень в обох групах лікування, нами були виявлені лише гіпертрофічні рубці та контрактура колінного суглоба в межах 20°. Різниця в інцизійних ускладненнях не була статистично значущою ($p = 0,145$).



а)



б)



в)



г)

Рис. 5. Клінічний випадок хірургічного застосування 8ДП (на гомілці) і МЧП (на стегні) для блокування фізарної ділянки росту у хворого С., 9 р. з метафізарною дисплазією, де а, в – клініко-рентгенологічна картина колінних ділянок до операції; б, г – через 18 міс після операції. Через 18 міс після операції, клінічно у хворого відмічається відновлення клінічної осі нижніх кінцівок (рис. 5 б). Рентгенологічно відмічається міграція гвинтів 8-подібних пластин, нормалізація дистальних стегнових і проксимальних механічних кутів великогомілкових кісток (рис. 5 г).

Обговорення

В хірургічній корекції ОДКД у дітей за методом керованого росту добре відомо про широке застосування простої та відносно універсальної 8ДП. Однак, дотепер залишається актуальним і постійно триває пошук удосконалення інструментарію та імплантатів для проведення хірургічної корекції ОДКД. Тому нами було розроблено, запатентовано та застосовано МЧП для блокування фізарної ділянки колінного суглоба у дітей, ріст яких триває. В основу корисної моделі поставлена задача удосконалення пластини для тимчасового блокування фізарної зони при осьових деформаціях колінної ділянки методом керованого росту, в якому за рахунок зміни конструктивних елементів та їх позиції досягається можливість оперативного втручання на медіальній або латеральній епіметафізарній ділянці правої або лівої нижньої кінцівки, створюються умови для оптимального корегування механічної осі нижньої кінцівки з метою відновлення нормальної анатомії і опороздатності нижньої кінцівки. Поставлена задача вирішується тим, що метеликоподібна накісткова пластина забезпечує інтраопераційну стабільну фіксацію епіметафізарної ділянки. Згідно з корисною моделлю, конструкція додатково має пару гвинтових отворів, розміщених в кожному куті «крила метелика», кожен з яких має проріз для навігації напрямку розсвердлювання. МЧП додатково має циліндричні гвинтові заглиблення для зменшення тиску на фізарну ділянку росту та навколишні м'які тканини. Основні три переваги розробленого фіксатора: чотири гвинтові кісткові анкери забезпечують міцність фіксації, двадцяти градусна гвинтова рухливість всередині пластини дозволяє уникнути прямого стиснення фізарної ділянки росту і незворотних уражень; можливість використання однієї пластини розміщеної паралельно зоні росту, оскільки дві пластини поруч не забезпечують додаткової біомеханічної користі [15, 16]. Застосування МЧП дозволило провести більш стабільну і надійну фіксацію епіметафізарних ділянок, не пошкоджуючи окістя та зону росту за рахунок можливості зміни кута нахилу до двадцяти градусів і більшої площі фіксації при анатомічних порушеннях фізарної ділянки у пацієнтів, ріст яких триває. Крім того, пластина є універсальною з позиції її застосування для оперативного втручання на правій або лівій нижніх кінцівках для пацієнтів, ріст яких триває. У проведеному ретроспективному дослідженні порівнювали клінічні та рентгенморфометричні результати хірургічного застосування 8ДП і МЧП за методом керованого росту в корек-

ції ОДКД в коронарній площині. У порівнянні, час тривалості хірургічної імплантації МЧП відповідав 8ДП, але корекція ОДКД, визначена інтервалом між імплантацією та видаленням була швидшою. Більш того, вища швидкість корекції за допомогою МЧП була відмічена у порівнянні динаміки рентгенморфометричних показників, які включали ДМО, МДСК та МПВК. Визначена висока швидкість корекції з використанням МЧП дозволяє рекомендувати її хворим з обмеженим потенціалом росту з більшими ОДКД, особливо з системними дисплазіями скелету. Проведене дослідження не лише підтверджує ці висновки, але також пропонує узагальнити їх на ширшу групу пацієнтів, включаючи первинну та вторинну *genu valgum* і *genu varum*. [17, 18, 19].

Висновки

1. Результати хірургічного лікування ОДКД при використанні чотиригвинтової накісткової пластини для блокування фізарної ділянки колінного суглоба у дітей, ріст яких триває свідчать, що методика є ефективною і безпечною: кількість ускладнень після проведення лікування становила 3 %.

2. Аналіз темпів корекції клініко-рентгенморфометричних показників ОДКД залежно вікової періодизації онтогенезу дитини свідчить про перевагу в хірургічному застосуванні чотиригвинтової накісткової пластини у порівнянні з використанням двогвинтової накісткової пластини для фіксації епіметафізарної ділянки: у дітей старше 10 років з однаковим середнім терміном спостереження показав значну перевагу (швидшу корекцію).

3. Аналіз ступені корекції клініко-рентгенморфометричних показників ОДКД у дітей з первинним ураженням фізису показав значну перевагу при хірургічному застосуванні чотиригвинтової накісткової пластини у порівнянні з використанням 8-подібної накісткової пластини для фіксації епіметафізарної ділянки: темп нормалізації ДМО і МДСК у дітей до 10 років був удвічі швидшим. У дітей старших 12 років з первинним ураженням фізису при системних дисплазіях скелету застосування двогвинтової 8-подібної накісткової пластини виявилось малоефективним (нормалізація МПВК і МДСК значно повільніша навіть через 18 міс після хірургічного втручання).

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

References:

- Jelinek E, Bittersohl B, Martiny F, Scharfstädt A, Krauspe R, Westhoff B. The 8-plate versus physea stapling for temporary hemiepiphysodesis correcting genu valgum and genu varum: a retrospective analysis of thirty-five patients. *Int Orthop*. 2012;36(3):599-605. DOI: 10.1007/s00264-011-1369-5.
- Kulkarni R, Rushnaiwala F, Kulkarni S. Correction of coronal plane deformities around the knee using a tension band plate in children younger than 10 years. *Indian J of Orthopaedics*. 2015;49(2):208-218. DOI: 10.4103/0019-5413.152484.
- Stevens PM. Guided growth for angular correction. A preliminary series using a tension band plate. *J Pediatr Orthop* 2007;27:253-9. [http://refhub.elsevier.com/S1877-0568\(19\)30196-3/sbref0245](http://refhub.elsevier.com/S1877-0568(19)30196-3/sbref0245).
- Kumar S, Sonanis S (2018) Growth modulation for coronal deformity correction by using eight plates-systematic review. *J Orthop* 15(1):168-172. <https://doi.org/10.1016/j.jor.2018.01.022>.
- Hsu CH, Lee WC, Kao HK, Yang WE, Chang CH. Distal Femur Growth Modification Surgery Is Associated With Higher Surgical Wound Complication Rate. *J Pediatr Orthop* 2022 Sep 1; 42(8):451-455. <https://doi.org/10.1097/bpo.0000000000002201>.
- Masquijo JJ, Allende V, Ferreyra A, Hernández Bueno JC. Distal Femoral Physeal Bar Resection Combined With Guided Growth for the Treatment of Angular Limb Deformity Associated With Growth Arrest: A Preliminary Report. *J Pediatr Orthop*. 2020 Nov/Dec; 40(10):e958-e962. <https://doi.org/10.1097/bpo.0000000000001651>.
- Chong C., Jiang Y., Xu C., Liu X., Hu L., Xiang Y. et al. Skeleton Genetics: a comprehensive database for genes and mutations related to genetic skeletal disorders. *Database (Oxford)*. 2016:1-8. DOI: 10.1093/database/baw127.
- Park H, Park M, Kim S, Kim H, Lee D (2018) Hemiepiphysodesis for idiopathic genu valgum: percutaneous transphyseal screw versus tension-band plate. *J Pediatr Orthop* 38(6):325-330. <https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000000821>.
- Герцен ІГ, Зінченко ВВ, Мороз ДМ. Накісткова пластина для блокування фізарної ділянки колінного суглоба. Патент на корисну модель України No 152523, 01.03.2023. Hertsen IG, Zinchenko VV, Moroz DM. Bone plate for blocking the physeal area of the knee joint. Patent for a utility model of Ukraine. No 152523, 01.03.2023.
- Мороз Д.М., Немеш М.М., Герцен І.Г. Направник для проведення свердла при накладанні блокуючої пластини у дистальній зоні росту стегнової кістки. Патент на корисну модель України No 152285, 11.01.2023. Moroz DM, Nemesh MM, Hertsen IG. Guide for conducting a drill when applying a blocking plate in the distal growth zone of the femur. Patent for a utility model of Ukraine. No. 152285, 11.01.2023.
- Shabtai L, Herzenberg JE. Limits of growth modulation using tension band plates in the lower extremities. *J Am Acad Orthop Surg* 2016; 24:691-701. [http://refhub.elsevier.com/S1877-0568\(19\)30196-3/sbref0260](http://refhub.elsevier.com/S1877-0568(19)30196-3/sbref0260).
- Gigante C, Borgo A, Corradin M (2017) Correction of lower limb deformities in children with renal osteodystrophy by guided growth technique. *J Child Orthop* 11(1):79-84. <https://doi.org/10.1302/1863-2548-11-160172>.
- Horn A, Wright J, Bockenbauer D, Van't Hoff W, Eastwood DM. The orthopedic management of lower limb deformity in hipophosphataemic rickets. *J Child Orthop*. 2017; 11 (4): 298-305.
- Shapiro G, Adato T, Paz S, Shrabaty T, Ron L, Simanovsky N, et al (2020) Hemiepiphysodesis for coronal angular knee deformities: tension-band plate versus percutaneous transphyseal screw. *J Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery* <https://doi.org/10.1007/s00402-020-03602-4>.
- Danino B, Rodl R, Herzenberg J, Shabtai L, Grill F, Narayanan U et al (2018) Guided growth: preliminary results of a multinational study of 967 physes in 537 patients. *J Child Orthop* 12(1):91-96. <https://doi.org/10.1302/1863-2548.12.170050>.
- Leveille LA, Razi O, Johnston CE. Rebound deformity after growth modulation in patients with coronal plane angular deformities about the knee: who gets it and how much? *J Pediatr Orthop* 2017;18, <http://dx.doi.org/10.1097/BPO.0000000000000935>.
- Pierre Journeau Update on guided growth concepts around the knee in children *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research* 106 (2020) S171-S180 <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2019.04.025>.
- Gaumétou E, Mallet C, Souchet P, Mazda K, Ilharberborde B. Poor Efficiency of Eight-Plates in the Treatment of Lower Limb Discrepancy. *J Pediatr Orthop* 2016; 36:715-9. [http://refhub.elsevier.com/S1877-0568\(19\)30196-3/sbref0255](http://refhub.elsevier.com/S1877-0568(19)30196-3/sbref0255).
- Martínez G, Drago S, Avilés C, Ibañez A, Hodgson F, Ramírez C. Distal femoral hemiepiphysodesis using screw and non-absorbable filament for the treatment of idiopathic genu valgum. Preliminary results of 12 knees. *Orthop Traumatol Surg Res* 2017; 103:269-73. [http://refhub.elsevier.com/S1877-0568\(19\)30196-3/sbref0325](http://refhub.elsevier.com/S1877-0568(19)30196-3/sbref0325).

Surgical Application of a Four-Screw Plate for Locking the Physal Section of the Knee Joint in Children Whose Growth Continues

Hertsen I.H.¹, Martsyniak S.M.¹, Zinchenko V.V.¹

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

Summary. Background. The classic method of surgical treatment of knee joint deformity in the coronal plane is fixation of the epimetaphyseal area using an eight-shaped 2-screw plate according to the concept of guided growth. To improve this technique, we developed, patented and applied a butterfly-like 4-screw quad plate. We also hypothesized that the 4-screw plate would result in faster controlled correction of angular knee deformities than the 2-screw plate. **Objective:** to improve surgical treatment of children with axial deformity of the knee area, whose growth continues. **Materials and Methods.** A retrospective analysis of the treatment of 37 children with deformity of the knee in the coronal plane, who were implanted with a 2-screw or

4-screw bone plate, was carried out. The study cohort included both genu varum and genu valgum of both primary and secondary etiology. In dynamics, a comparative analysis of X-ray morphometric parameters obtained from panoramic radiographs of the lower extremities was carried out. Also, depending on the type of implant, the rate of deformity correction and the incidence of complications were compared. **Results.** We found that the use of a 4-screw plate compared with a 2-screw plate was associated with a shorter interval between implantation and removal, i.e., faster correction. This was confirmed by the indicators of correction of mechanical axis deviation, lateral distal femoral angle and medial proximal tibial angle. No statistically significant difference between the two types of implants was found in the incidence of complications of surgical treatment. **Conclusions.** Analysis of the rate of correction of clinical and radiomorphometric indicators of deformation of the knee joint in the coronal plane depending on the age periodization of the child's ontogenesis showed an advantage in the surgical use of a 4-screw quad plate compared to the use of a 2-screw quad plate for fixation of the epimetaphyseal area.

Keywords: knee; angular knee deformities; guided growth; 4-screw plate.

Інтеграція технологій змішаної реальності у методикку ендопротезування кульшового суглоба

Зубков О.С.¹✉, Торчинський В.П.¹

Резюме. Актуальність. Ця стаття присвячена аналізу застосування технології змішаної реальності в тотальному ендопротезуванні кульшового суглоба. Актуальність дослідження визначена зростаючою потребою у підвищенні точності та безпеки хірургічних втручань, що забезпечують відновлення функцій суглоба та поліпшення якості життя пацієнтів. Мета дослідження. Робота зосереджена на розробці та клінічній апробації навігаційної системи, заснованої на змішаній реальності, для позиціонування ацетабулярного компонента ендопротеза. **Матеріали і методи.** Дослідження включають симуляційне моделювання та доклінічні випробування на фантомних моделях, що демонструють значні переваги застосування розробленої системи порівняно з традиційними методами. **Результати.** Основні результати дослідження показали значне зниження середнього та максимального відхилення кутів розташування імплантатів, що свідчить про підвищення точності та потенційну здатність зменшити ризик післяопераційних ускладнень. **Висновки.** Дослідження підкреслюють потенціал інтеграції технологій змішаної реальності в ортопедичну хірургію, зокрема, у процедури тотального ендопротезування кульшового суглоба, сприяючи розвитку більш ефективних та безпечних хірургічних методик.

Ключові слова: кульшовий суглоб, тотальне ендопротезування, передопераційне планування, комп'ютерна навігація, змішана реальність.

Вступ

Сучасна травматологія та ортопедія акцентує на собі розробку та впровадження ефективних хірургічних методів лікування пацієнтів, які стикаються з захворюваннями та травмами кульшового суглоба. Згідно з даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, до 2050 року майже у двадцять п'яти відсотків населення буде діагностовано захворювання кісток і суглобів [1]. Тотальне ендопротезування кульшового суглоба, на думку багатьох науковців це операція століття, для лікування на пізній стадії захворювання.[2] Ця хірургічна процедура спрямована на відновлення функцій суглоба, поліпшення якості життя, а в контексті працездатного населення – на підтримання працездатності [3]. Операцію проводять майже у всіх вікових групах, починаючи від підлітків і закінчуючи пацієнтами похилого віку [4].

Коректне розташування ацетабулярного та стегового компонентів, має визначальне значення для досягнення оптимальних післяопераційних

результатів у тотальному ендопротезуванні кульшового суглоба (ТЕКС). Неправильне положення імпланту може призвести до серйозних ускладнень в короткостроковій перспективі, зокрема вивиху, який може спричинити конфлікт імплантату, а в довгостроковій перспективі може вплинути на знос та руйнування вкладиша, а також на стабільність імпланту. Забезпечення правильного положення імпланту важливо не лише для уникнення можливих ускладнень, але й для забезпечення тривалої та стійкої ефективності тотального ендопротезування. Врахування анатомічних особливостей кожного пацієнта та врахування оптимального розташування імпланту відіграє ключову роль у запобіганні можливих ускладнень та підвищенні якості життя пацієнта після операції. Отже, необхідно наголосити, що дотримання принципів правильного розташування імплантату є обов'язковим етапом у хірургічному втручанні з тотального ендопротезування кульшового суглоба, спрямованому на досягнення оптимальних та стабільних результатів у післяопераційному періоді.

Однак дані літератури свідчать про те, що існує багато помилок, пов'язаних із технікою встановлення ацетабулярних компонентів «від руки» [5].

✉Зубков О.С., azubik778@gmail.com

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

Так Каллаган та ін. повідомили, що лише 47% чашок були оптимально розташовані як під кутом нахилу (30° – 45°), так і під кутом антеверсії (5° – 25°)[6].

Введення комп'ютерної навігації в процедуру ендопротезування може значно збільшити прецизійність хірургічних втручань, підвищуючи їх ефективність. Традиційні методи комп'ютерної навігації, які використовують двовимірні (2D) дисплеї для візуалізації хірургічних даних, можуть бути інтуїтивно не зрозумілими і спричиняти складнощі у координації дій рук та очей, а також у сприйнятті глибини зображення. Однак, технологія змішаної реальності пропонує рішення цих викликів, оскільки вона дозволяє проєціювати тривимірну (3D) інформацію безпосередньо у фізичний простір, сприяючи більш ефективному інтраопераційному навігаційному процесу. На відміну від технологій віртуальної реальності, що створюють повністю віртуальне середовище, ізоляцію від реального світу, MR доповнює реальний простір віртуальними даними, забезпечуючи хірургам інтуїтивно зрозуміле керівництво без приховування основного оперативного поля. Такий підхід зокрема корисний у високочутливих сферах, таких як хірургія, де безпека та ефективність процедури є пріоритетом. Сучасні розробки у сфері MR-пристроїв, такі як гарнітури Microsoft HoloLens 2 від Microsoft Inc., що є автономними голографічними комп'ютерами з можливістю прозорого оптичного відображення та самостійного відстеження, роблять MR технологію легкодоступною для різноманітних хірургічних завдань. Оскільки ці пристрої не вимагають додаткового обладнання для відтворення інформації, вони зручні у налаштуванні та інтеграції в хірургічні процедури.

Ця система використовує камеру та датчики для нанесення комп'ютером попередньо згенерованих зображень або інформації з передопераційного планування на тіло пацієнта.(рис. 1) Данна технологія відносно недавно отримала визнання в ортопедичній хірургії і успішно використовується в різних галузях ортопедії.[7,8]. У даній системі хірург має можливість переглядати 3d зображення передопераційного планування(кут нахилу та антеверсії, місце розташування компонента), а також сусідні анатомічні структури безпосередньо в хірургічному полі через прозорі лінзи окулярів змішаної реальності.

Таким чином гіпотеза нашого дослідження полягала в тому щоб, розробити інноваційну систему навігації для позиціонування ацетабулярного компонента ендопротеза, використовуючи технологію змішаної реальності (MR). По досягненню прийняттого рівня надійності та простоти використання в лабораторних умовах, що робить її

оптимальною для повсякденного застосування, ми плануємо випробувати нашу розробку в клінічній практиці. Це відкриє перспективи для подальшого впровадження в рутинну медичну практику та забезпечить інструмент для вдосконалення ефективності та точності в проведенні ендопротезування кульшового суглоба.

Матеріали і методи

Розробка навігаційної системи на основі змішаної реальності

Наша навігаційна система складається з 2-х основних комплексів: Т-подібної планки, корпус якої має три регулюючих ніжки, які виставляються на реєстраційні точки передньої тазової площини. Висота та ширина регулюються відповідно до розмірів тазу визначених під час передопераційного планування (рис. 1). Пристрій розташовують на шкірі, для уникнення похибки через товщину м'яких тканин, ми виконували заміри товщини м'яких тканин у місці реєстраційних точок на КТ даних та за допомогою УЗД діагностики безпосередньо перед оперативним втручанням. Враховуючи дані ми можемо регулювати висоту опорних ніжок відповідно отриманим результатам замірів. Ніжки які встановлюються на *spina iliaca anterior superior*, мають знизу спеціальні блоки з отворами для пінів, які фіксують блок з іпсилатеральної сторони на *spina iliaca anterior superior*. Після цього Т-подібна конструкція забирається, а на блок фіксується магнітний перехідник-тримач для таргетованого зображення(маркера). Ми використовували MR на основі маркерів, оскільки цей метод є найбільш поширеним і точним для різних доступних типів змішаної реальності.

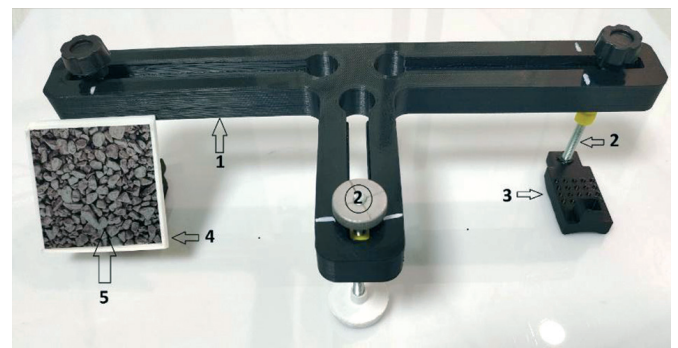


Рис. 1. 1. Т-подібна планка, 2. Регульовані опорні ніжки, 3. Спеціальний блок з отворами для пінів, 4. Тримач таргетованого маркера, 5. Таргетований маркер.

Друга складова навігації це HoloLens 2 (HoloLens®, Microsoft, Редмонд, Вашингтон).

Гарнітури змішаної реальності використовують прозорі екрани та світловідбиваючі лінзи, щоб цифрова інформація накладалася на реальний світ у полі зору користувача. Вони «збільшують» бачення користувача, зберігаючи відчуття реального світу. Гарнітура HoloLens 2 є однією з таких систем і може відстежувати рухи рук відносно своїх вбудованих камер.

Основний механізм змішаної реальності на основі маркерів збігається із традиційною інфрачервоною оптичною навігаційною системою. Початково формуються відносні координати від камери, після чого відбувається розпізнавання маркерів, що в результаті відображає тривимірну модель. Відмінність полягає в тому, що, в той час як інфрачервоні оптичні навігаційні системи використовують інфрачервоне випромінювання для розпізнавання відбивних куль чи інфрачервоних маркерів за допомогою спеціальних інфрачервоних камер [10], технологія змішаної реальності використовує видиме світло для розпізнавання візерунків, відомих як маркери, за допомогою звичайних камер.

Цей метод взаємодії забезпечує досить ефективне поєднання віртуального та фізичного світу, використовуючи доступні оптичні засоби без необхідності в спеціалізованому обладнанні.

Інструмент, розроблений у цьому дослідженні, використовує 3D-голограми, реконструйовані за

допомогою процесів сегментації з КТ обстеження.

Ми використовували наступний алгоритм дії: отримані КТ знімки пацієнтів ми обробляли за допомогою 3D Slicer, який широко використовується для візуалізації та аналізу медичних зображень [9]. Це безкоштовне програмне забезпечення з відкритим вихідним кодом пропонує ряд можливостей для хірургічного планування, інтраопераційного керівництва та клінічних досліджень. Після сегментації 3D моделі в програмі 3D Slicer, вихідний матеріал за допомогою платформи Unity ми програмуємо відповідно передопераційному плануванню та зв'язуємо з маркером за допомогою платформи Vuforia. Після цього все завантажується в додаток на HoloLens 2. (Рис. 2) Під час операційного втручання, визначивши точки передньої тазової площини та встановивши блок з маркером, за допомогою окулярів HoloLens 2 ми зчитуємо інформацію з маркеру та отримуємо 3D модель з точним співставленням до анатомії пацієнта, а також з визначеним положенням компонента ендопротеза. (рис. 3).

Симуляційна перевірка навігаційної системи

Ми провели симуляційне дослідження з використанням гарнітури змішаної реальності та імітованого ТЕПКС на базі Інституту ортопедії та травматології НАМН України.

Наше наукове дослідження здійснювалося на



Рис. 2. Алгоритм створення Програмного забезпечення для навігації.

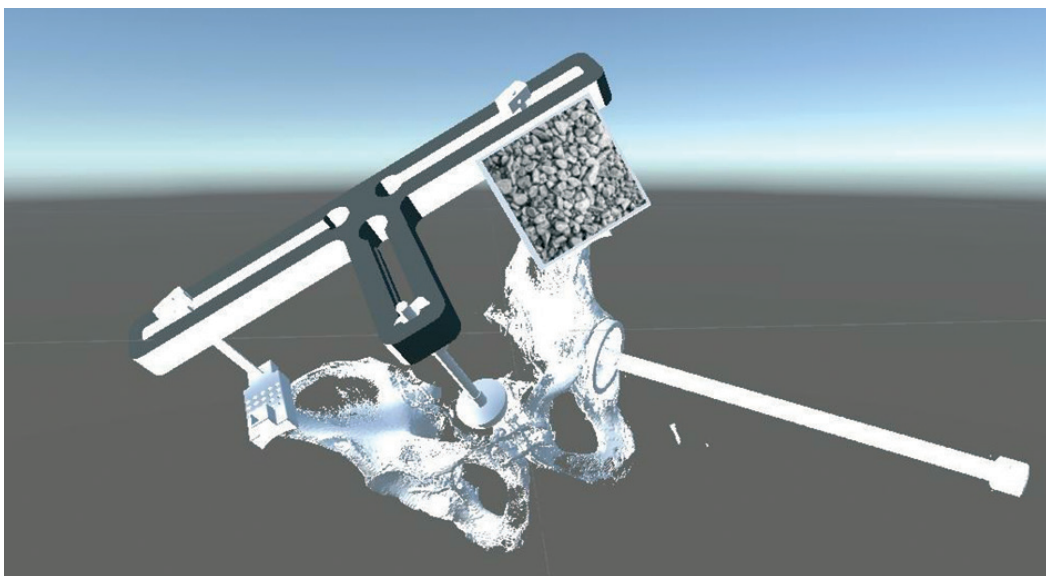


Рис. 3. 3D модель з точним співставленням до анатомії пацієнта, а також з визначеним положенням компонента ендопротеза

основі надрукованих 3D моделей кісток тазу пацієнтів зі складними анатомічними деформаціями, в рамках використання передової навігаційної системи, розробленої на базі пристрою Hololens 2.

Основною метою експерименту було визначення переваг використання даної навігаційної системи в контексті позиціонування компонентів ендопротезу.

У рамках дослідження було проведено 20 симуляційних імплантацій, де зіставлялися два варіанти – 10 разів з використанням навігаційної системи та 10 разів з використанням стандартного методу «від руки». Усі маніпуляції виконувалися одним і тим же хірургом для забезпечення єднання умов та уникнення впливу різних навичок оператора на результати експерименту. Усі моделі фантомних кісток тазу були отримані внаслідок КТ – сканування реальних пацієнтів в рамках планового передопераційного планування.

Основним завданням експерименту було розташувати ацетабулярний компонент у попередньо заданому положенні.

Симуляційні імплантації з навігаційною системою, мали спроектовану орієнтацію ацетабулярного компонента на фантомі у полі зору. Це забезпечило візуальне відображення антеверсії та нахилу імплантату відносно передньої площини тазу у вигляді голограми імпактора та напівсферичної примірочної чашки ендопротеза. Ця голограма повністю відповідала реальним розмірам інструментів, тому коли досягнута орієнтація відповідала цільовій, зображення повністю відповідало голограмі. Не було жодних додаткових вказівок чи підказок. Симуляційні імплантації без навігаційної системи, виконувались виключно методом від руки, та спираючись на досвід хірурга.

Статистичний аналіз

Оцінка остаточної орієнтації чашки вертлюжної западини відбувалася шляхом реєстрації її нахилу та антеверсії відносно передньої площини тазу фантомного тазу (табл. 1). Для визначення похибки орієнтації використовувалася різниця між цільовою та досягнутою орієнтаціями, що була розрахована за допомогою відповідного рівняння. Для порівняння похибки між двома методами імплантації, зокрема за допомогою MR та методом «від руки», використовувався тест Вілкоксона зі знаковим рангом. Двосторонні парні t-тести використовувалися для порівняння результатів орієнтаційної похибки у межах однієї групи симуляцій. У визначенні статистичної значущості застосовувалася критична величина $p < 0,05$. Точність вимірювалася у граду-

сах і виражалася у цілих числах. Для розрахунку потужності використовувався програмне забезпечення G*Power 3.1.9 (Heinrich Heine, Дюссельдорф, Німеччина), а для аналізу даних – SPSS 24.

Результати

У проведеному експерименті проводилося порівняння точності позиціонування ацетабулярного компонента при використанні нашої навігаційної системи на базі Hololens 2 та традиційного методу «від руки». Отримані результати підтверджують, що використання навігаційної системи значно покращує точність позиціонування (рис. 4). Для кращого уявлення процесу, представимо статистичні підрахунки:

Таблиця 1.



Рис. 4. пелюсткова діаграма: візуально представляє порівняння середнього відхилення, максимального відхилення, мінімального відхилення та стандартного відхилення між використанням навігації (жовтий) і без використання навігації (синій)

Порівняння отриманих кутів інклінації та антеверсії отриманих з використанням навігації, та стандартним методом.

Антеверсія та кут нахилу	З використанням навігації	Без використання навігації
Середній кут антеверсії	15°	25°
Максимальне кут антеверсії	18°	30°
Мінімальне кут антеверсії	12°	20°
Середній кут інклінації	45°	32°
Максимальний кут інклінації	48°	35°
Мінімальний кут інклінації	42°	29°

Таблиця 2.

Результати аналізу показників відхилення від запланованого положення компонентів.

Параметри точності	З використанням навігації	Без використання навігації
Середнє відхилення	1.2°	3.8°
Максимальне відхилення	2.5°	5.2°
Мінімальне відхилення	0.5°	2.2°
Стандартне відхилення	0.8°	1.2°

Порівнюючи ці показники, можна визначити значущий приріст точності при використанні навігаційної системи при застосуванні MR. Середнє відхилення в даному випадку зменшилося майже у три рази, що свідчить про високу ефективність та надійність системи у покращенні позиціонування компонентів ендопротезу (таблиця 2).

Обговорення

Технологія змішаної реальності – це метод відоображення, що поєднує реальний світ із віртуальним, вона дозволяє поєднувати цифрові зображення чи інформацію про передопераційне планування з поглядом хірурга та реальний світ. Цей метод дає хірургам рентгенівський зір без використання іонізуючого випромінювання, дозволяючи їм візуалізувати частини анатомії пацієнта, які зазвичай не піддаються впливу під час хірургічної процедури. Доповнена реальність покращує хірургу огляд неекспонованих кісток та інших тканин під час операції використовуючи менш інвазивні методи. Ці пристрої візуалізації також дозволяють хірургу переглядати попередньо визначені розташування розрізів та медичні зображення в реальному часі з належним просторовим вирівнюванням під час операції. Це забезпечує точність та безпечність процедури, що в кінцевому підсумку призводить до економії часу та правильного позиціонування імплантату. Технологія змішаної реальності застосовується в різних галузях медицини, надаючи значний внесок у медичну освіту та хірургічні практики. У медичній освіті вона сприяє більш інтуїтивному розумінню анатомічних структур студентами-медиками та корисна для хірургічних симуляцій та оглядів операцій [11]. Використання MR-технології в галузі медицини виявило перспективи. Результати цього дослідження підтверджують численні переваги використання технології змішаної реальності в порівнянні з традиційними методами. Перед проведенням операції можна отримати більш інтуїтивне

розуміння анатомічних деформацій та дефектів, розробити хірургічний план і здійснити хірургічне моделювання. Також можна точно передбачити, як безпечно та правильно розмістити компоненти ендопротезу. До того ж, за допомогою MR-технології можна передбачити можливі проблеми під час операції, що дозволяє розробити індивідуальний план операції для конкретного пацієнта. Ogawa H. та ін. [12] провели дослідження з метою вивчення розміщення чашечки під час тотальної артропластики кульшового суглоба за допомогою доповненої реальності (AR), було включено 56 випадків такої операції. Орієнтація чашки вертлюжної западини (з урахуванням антеверсії та нахилу) вимірювалася використовуючи смартфон з AR або звичайний гоніометр. Протягом три місяців після операції, антеверсія та нахил чашки були оцінені з використанням комп'ютерної томографії (КТ). Результати дослідження показали, що не виявлено статистично значущої різниці між методами AR та гоніометром щодо вимірювання нахилу чашки. Однак, антеверсія була значно точнішою при застосуванні підходу AR ($p < 0,0001$).

Fotouhi J. та ін. [13] запропонували інтраопераційну систему навігації AR для імплантації ацетабулярного компонента при тотальному ендопротезуванні кульшового суглоба з використанням С-дуги. Результати показали, що середня помилка у відведенні та антеверсії порівняно з класичним методом покращилася на 6,5° та 1,8° відповідно.

Вирівнювання компонентів вертлюжної западини під час ТЕПКС є критичним фактором для запобігання нестабільності компонентів ендопротеза та зносу поліетилену. Незважаючи на те, що кілька дослідників намагалися вирішити проблему неточності розміщення компонента кульшової западини, запропоновані на сьогоднішній день рішення мають значні обмеження. Щоб вирішити цю проблему, ми розробили нову систему розміщення чашок за допомогою змішаної реальності. В цьому експерименті ми досліджували точність нашої навігаційної системи на основі змішаної реальності порівняно з традиційним методом. Отримані результати використання нашої системи свідчать про високу ефективність та надійність системи у покращенні позиціонування компонентів ендопротезу. Wang R та ін. провели мета-аналіз який включав п'ять різних досліджень, у яких оцінювали 396 пацієнтів і порівнювали точність нахилу та антеверсії, тривалість хірургічного втручання та інтраопераційну крововтрату між групами, які оперувались з використанням змішаної реальності та традиційне ТЕПКС. Об'єднані результати показали, що ТЕПКС за допомогою MR мали кращу точність нахилу та антеверсії, алетриваліть операції

та інтраопераційна крововтрата були подібними в обох групах[14].

У сучасній ортопедичній практиці набуває популярності використання технологій, спрямованих на покращення точності та ефективності ендопротезування кульшового суглоба. Зокрема, введення у практику інтраопераційної комп'ютерної навігації стає все більш поширеним явищем[15]. Проте існуючі підходи не позбавлені недоліків. Наприклад, інтраопераційне рентгенівське зображення під час рентгенографії не забезпечує можливості тривимірного візуального аналізу, а також призводить до збільшення обсягу простору в операційній та збільшення рівня радіаційного навантаження на пацієнтів і хірургів. Зокрема, використання комп'ютерної навігації та хірургічних роботів, хоча і забезпечує певні переваги, може відволікати увагу хірургів через активне взаємодію з комп'ютерними екранами[16]. Плюс до цього, необхідність у значному обладнанні та додатковому персоналі в операційній створює важливі труднощі при впровадженні цих технологій. Альтернативою цим обмеженням є використання змішаної реальності (MR) через спеціальні окуляри, такі як HoloLens 2. Ця технологія дозволяє інтегрувати візуальні дані для діагностики та хірургічних втручань, уникаючи при цьому використання додаткового зображення та обладнання. Що стосується стерилізації, оскільки HoloLens 2 знаходиться на голові хірурга та не потрапляє в операційне поле, їх можна розглядати так само, як хірургічні лупи або налобні ліхтарі — усі вони використовуються щодня і не потребують стерилізації.

Висновки

Технологія змішаної реальності, безсумнівно, відіграє важливу роль у допомозі при хірургічних операціях з ендопротезування кульшового суглоба. На відміну від комп'ютерної навігаційної системи та робототехніки, ймовірно, що MR може так само сприяти підвищенню точності імплантації за допомогою кращої інтраопераційної ергономіки та робочого процесу, не додаючи значних додаткових витрат. Дане дослідження показує, що інтеграція MR-технологію в повсякденну клінічну практику можлива та необхідна. Після проведених експериментальних досліджень, дана технологія може бути застосована інтраопераційно.

References

1. Wu KT, Lee PS, Chou WY, Chen SH, Huang YT. Relationship between the social support and self-efficacy for func-

- tion ability in patients undergoing primary hip replacement. *J Orthop Surg Res.* 2018 Jun 18;13(1):150. doi: 10.1186/s13018-018-0857-3
2. Ekelund A., Rydell N., Nilsson O. S. Total hip arthroplasty in patients 80 years of age and older. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 1992, 281, 101-106. doi:10.1097/00003086-199208000-00017
3. Toonstra JL, Howell D, English RA, Lattermann C, Mattacola CG. The Relationship Between Patient Expectations and Functional Outcomes in Patients Undergoing Cartilage Repair of the Knee: A Mixed Methods Study. *J Sport Rehabil.* 2021 May 28;30(7):1038-1046. doi: 10.1123/jsr.2020-0022.
4. Cevallos N, Soriano KKJ, Flores SE, Wong SE, Lansdown DA, Zhang AL. Hip Arthroscopy Volume and Reoperations in a Large Cross-Sectional Population: High Rate of Subsequent Revision Hip Arthroscopy in Young Patients and Total Hip Arthroplasty in Older Patients. *Arthroscopy.* 2021;37(12):3445-3454.e1. doi:10.1016/j.arthro.2021.04.017
5. Kohno Y, Nakamura T, Fujii M, Shin S, Hara T. A laser guide technique: a novel method for accurate acetabular cup alignment in total hip arthroplasty. *Sci Rep.* 2022;12(1):18247. doi:10.1038/s41598-022-21975-x
6. Callanan MC, Jarrett B, Bragdon CR, Zurakowski D, Rubash HE, Freiberg AA, et al. The John Charnley Award: risk factors for cup malpositioning: quality improvement through a joint registry at a tertiary hospital. *Clinical orthopaedics and related research.* 2019 469(2), 319-329. <https://doi.org/10.1007/s11999-010-1487-1>
7. Cho HS, Park MS, Gupta S, Han I, Kim HS, Choi H, et al. Can Augmented Reality Be Helpful in Pelvic Bone Cancer Surgery? An In Vitro Study. *Clin Orthop Relat Res.* 2018 Sep;476(9):1719-1725. doi: 10.1007/s11999-0000000000000233.
8. Burström G, Persson O, Edström E, Elmi-Terander A. Augmented reality navigation in spine surgery: a systematic review. *Acta Neurochir (Wien).* 2021 Mar;163(3):843-852. doi: 10.1007/s00701-021-04708-3.
9. Pieper S., Halle M, Kikinis R. 3D Slicer. *IEEE International Symposium on Biomedical Imaging: Nano to Macro.* 2004;1:632-635. doi: 10.1109/ISBI.2004.1398617.
10. Sugano N. Computer-assisted orthopaedic surgery and robotic surgery in total hip arthroplasty. *Clin Orthop Surg.* 2013 Mar;5(1):1-9. doi: 10.4055/cios.2013.5.1.1.
11. Brigham TJ. Reality Check: Basics of Augmented, Virtual, and Mixed Reality. *Med Ref Serv Q.* 2017 Apr-Jun;36(2):171-178. doi: 10.1080/02763869.2017.1293987.
12. Ogawa H, Hasegawa S, Tsukada S, Matsubara M. A Pilot Study of Augmented Reality Technology Applied to the Acetabular Cup Placement During Total Hip Arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2018 Jun;33(6):1833-1837. doi: 10.1016/j.arth.2018.01.067.
13. Fotouhi J, Alexander CP, Unberath M, Taylor G, Lee SC, Fuerst B, et al. Plan in 2-D, execute in 3-D: an augmented reality solution for cup placement in total hip arthroplasty. *J Med Imaging (Bellingham).* 2018 Apr;5(2):021205. doi: 10.1117/1.JMI.5.2.021205.
14. Su S, Wang R, Chen Z, Zhou F, Zhang Y. Augmented reality-assisted versus conventional total hip arthroplasty: a systematic review and meta-analysis. *J Orthop Surg Res.* 2023 Dec 2;18(1):920. doi: 10.1186/s13018-023-04421-0.
15. Singh V, Realyvasquez J, Simcox T, Rozell JC, Schwarzkopf R, Davidovitch RI. Robotics Versus Navigation Versus Conventional Total Hip Arthroplasty: Does the Use of Technology Yield Superior Outcomes? *J Arthroplasty.* 2021 Aug;36(8):2801-2807. doi: 10.1016/j.arth.2021.02.074.

16. Shaikh HJF, Hasan SS, Woo JJ, Lavoie-Gagne O, Long WJ, Ramkumar PN. Exposure to Extended Reality and Artificial Intelligence-Based Manifestations: A Primer on the Fu-

ture of Hip and Knee Arthroplasty. J Arthroplasty. 2023 Oct;38(10):2096-2104. doi: 10.1016/j.arth.2023.05.015.

Integration of Mixed Reality Technologies into the Hip Joint Arthroplasty Technique

Zubkov O.S.¹, Torchynskyi V.P.¹

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

Summary. Background. This article is dedicated to analyzing the application of a mixed reality technology in total hip arthroplasty. The relevance of the study is determined by the increasing need to enhance the accuracy and safety of surgical interventions, which ensure the restoration of joint functions and improvement of patients' quality of life. **Objective.** The study focuses on the development and clinical testing of the mixed reality-based navigation system for positioning the acetabular component of the endoprosthesis. **Materials and Methods.** The research includes simulation modeling and preclinical trials demonstrating significant advantages of the developed system compared to traditional methods. **Results.** The main findings of the study showed a significant reduction in the average and maximum deviations of implant positioning angles, indicating increased accuracy and potential ability to reduce the risk of postoperative complications. **Conclusions.** The research emphasizes the potential of integrating mixed reality technologies into orthopedic surgery, particularly in total hip arthroplasty procedures, contributing to the development of more efficient and safe surgical techniques.

Keywords: hip joint; total endoprosthetics; preoperative planning; computer navigation; mixed reality.

Тактика лікування турнікетного синдрому після вогнепальних поранень

Хорошун Е.М.^{2,3}, Страфун С.С.¹, Шитілов С.А.^{2,3}, Клатчук Ю.В.^{2,3}✉,
Багрий О.С.², Гончаренко С.С.², Кутріячук В.В.²

Анотація. Метою роботи є розробка диференційованого підходу до лікування турнікетного синдрому на основі визначення ступеню тяжкості та стадій його розвитку. В основу роботи покладений ретроспективний аналіз 30 поранених з турнікетними синдромами верхніх та нижніх кінцівок, які проходили лікування в умовах Військово-медичного клінічного центру Північного регіону (ВМКЦ ПнР). Усі поранені були із зони бойових дій, чоловічої статі, середній вік склав $33,8 \pm 0,4$ років. Після госпіталізації поранених до ВМКЦ ПнР (Role 3) проводився збір анамнестичних даних, аналіз клінічної симптоматики, лабораторних та додаткових методів дослідження. Для формування диференційованого підходу до лікування ТС проводився аналіз наступних показників: термін стояння турнікету (до 3 годин, 3,1-6 год., 6,1 год. та більше), місце накладання турнікету (плече, стегно), місцеві клінічні прояви (набряк, парестезія, гіпостезія, анестезія, гіпотермія, контрактура суглобів кисті чи стопи), лабораторні показники (креатинін, АЛТ, АсАТ, КФК, калій та міоглобін), оцінка периферичного пульсу, діурезу, ультразвукове дослідження м'язів, ультразвукове дослідження нирок та нижньої порожнистої вени для розрахунку інфузійної терапії, рентгенографічні та тепловізійні дослідження у ділянці ушкодження, а також інтраопераційна візуальна оцінка м'язів (м'язи життєздатні, парціальний чи поширений рабдоміоліз). На підставі аналізу отриманих даних сформовано класифікацію та алгоритм лікування турнікетного синдрому, що дало можливість диференційного підходу до лікування на основі визначення ступеню тяжкості та стадій його розвитку.

Ключові слова: турнікетний синдром (ТС), м'язово-фасціальний футляр (МФФ), вогнепальні поранення кінцівок, ішемічне ураження тканин, ампутація, гемодіаліз.

Вступ

Турнікетний синдром (ТС) – стан, який виникає при неправильному використанні турнікету та характеризується тяжким специфічним травматичним ушкодженням у вигляді поєднання роздавлювання (руйнації) м'яких тканин, судинних і нервових утворень кінцівок або інших анатомо-функціональних ділянок, з тривалою їх компресією, що при реперфузії призводить до критичного розладу гемодинаміки і порушення функції нирок в наслідок ендотоксикозу.

Відповідно до МКХ-10 такого діагнозу як турні-

кетний синдром не існує. В залежності від наслідків його можливо віднести до ранніх ускладнень травм (Т79), а саме: травматичної ішемії м'язів (Т79.6), до якого відносять компартмент синдром та ішемічні контрактури. Якщо ж відповідні зміни призвели до ураження нирок, даний синдром можливо віднести до травматичної анурії (Т79.5), яка включає в себе краш синдром (синдром розчавлення, травматичний рабдоміоліз, синдром Байотерса).

Серед основних причин розвитку ТС це тривале та технічно неправильне використання джгута. У разі неправильного використання турнікету можна очікувати більш значну крововтрату через здавлення вени («венозний джгут»). Використання джгута вимагає відповідних практичних навичок, повторної оцінки та сортування поранених протягом 3 годин для більш структурованого хірургічного лікування [5,6].

✉ Клатчук Ю.В., klapcbuks@gmail.com

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

² Військово-медичний клінічний центр Північного регіону КМС ЗС України, Харків, Україна

³ Харківський національний медичний університет, Харків, Україна

Розширене та проксимальне застосування джгута призвело до значної кількості ускладнень, пов'язаної з компартмент-синдромом і рабдоміолізом. Геморагічний шок, велика кількість жертв і тактичні обмеження часто перешкоджали перегляду тимчасового джгута, накладеного під вогнем [7].

Турнікетний синдром супроводжується змінами не тільки у нервово-м'язовому апараті кінцівки, а також у місці накладення джгута. Даний синдром має варіативну клінічну картину у якій часто переважає симптоматика ішемічних уражень тканин на місці накладення джгута, яка часто супроводжується компартмент синдромом дистальних футлярів. По своїй суті, турнікетний синдром, клінічно, морфологічно та фізіологічно відповідає є системним проявом травматичного рабдоміолізу внаслідок руйнування поперечно-смугастої мускулатури та вивільнення у системний кровотік продуктів їх розпаду, перш за все міоглобіну, із можливим розвитком рабдоміоліз-асоційованого гострого пошкодження нирок (РМ-ГПН) [2,3].

Крім того турнікетний синдром характеризує складний патогенез, поліморфність клінічної картини, труднощі лікування як клінічного, так і організаційного характеру, високий рівень інвалідизації та значна (до 40%) летальність [1,4].

Збільшення часових затримок у евакуації, неконтрольоване використання турнікету та застосування джгутів без показів є особливою проблемою, що може призводити до гострої ішемії з ризиком ампутації та ішемічно-реперфузійного ушкодження, яке в окремих випадках розвивається після зняття гемостатичного джгута та супроводжується надходженням шкідливих біологічно активних речовин в результаті рабдоміолізу в циркуляторне русло, при якому різко зростає функціональне навантаження печінки, нирок [7,9].

Таким чином, турнікетний синдром є тяжким критичним станом у сучасній бойовій травмі із різним ступенем прояву як клінічних ознак, так і лабораторно-інструментальних показників, що вимагає від лікарів комплексного аналізу для прийняття правильних рішень. Тому формування клініко-лабораторно-інструментального диференційованого підходу є ключем для покращення результатів лікування постраждалих із даною патологією.

Мета дослідження. Метою нашого дослідження є розробка диференційованого підходу до лікування турнікетного синдрому на основі визначення ступеню тяжкості та стадій його розвитку.

Матеріал та методи. В основу роботи покладений ретроспективний аналіз 30 поранених з турнікетним синдромом верхньої та нижньої

кінцівки, які проходили лікування в умовах Військово-медичного клінічного центру Північного регіону (ВМКЦ ПнР). Усі поранені були із зони бойових дій та чоловічої статі. Середній вік склав $33,8 \pm 0,4$ років.

Для формування диференційованого підходу до лікування ТС проводився аналіз наступних показників: термін стояння турнікету (до 3 годин, 3,1-6 год., 6,1 год. та більше), місце накладання турнікету (плече, стегно), місцеві клінічні прояви (набряк, парастезія, гіпостезія, анестезія, гіпотермія, контрактура суглобів кисті чи стопи), лабораторні показники (креатинін, АЛАТ, АСАТ, КФК, калій та міоглобін), оцінка периферичного пульсу, діурезу, ультразвукове дослідження м'язів, ультразвукове дослідження нирок та нижньої порожнистої вени для розрахунку інфузійної терапії, рентгенографічні та тепловізійні дослідження у ділянці пошкодження, комп'ютерна томографія у випадку поєднаних поранень, а також інтраопераційна візуальна оцінка м'язів (м'язи життєздатні, парціальний чи поширений рабдоміоліз).

Ультразвукове дослідження нирок та нижньої порожнистої вени виконували на апараті GE LoGiQ P8. Рентгенографічні дослідження кінцівок у двох проекціях виконували за допомогою комплексу рентгенографічного діагностичного КРД-50 «INDIASCOP-01» (Україна). Тепловізійні дослідження виконані на тепловізорі Flir C5 Wi-Fi.

Результати та обговорення.

На підставі ретроспективного порівняльного аналізу даних поранених, які мали клінічну картину ТС, який підтверджений анамнестичними та клінічними даними, лабораторно-інструментальними методами обстеження, даними УЗД, тепловізора, інтраопераційної картиною м'язів пошкодженого сегменту кінцівки розроблено класифікацію ТС, на підставі якої базувалася тактика ведення пораненого.

1 стадія (легка). Для цієї стадії характерно тривалість накладання турнікету до 3 годин. При огляді відмічається набряк сегменту та локальна пальпаторно болючість у місці, де був накладений турнікет, гіпостезія дистальних відділів кінцівки. Активні рухи у пальцях кисті при турнікетному синдромі плеча та передпліччя та пальців стопи при турнікетному синдромі стегна та гомілки збережені. У біохімічному аналізі крові показники АЛАТ, АСАТ у межах норми, креатинін до 180 ммоль/л, КФК до 5 тис. Од/л, Калій у межах норми, міоглобін до 75мкг/л, діурез більше 0,5 мл/кг/год, Дистальний кровотік на кінцівці збережений. По даних УЗД візуалізація нормальної структури м'язових волокон (рис.1).

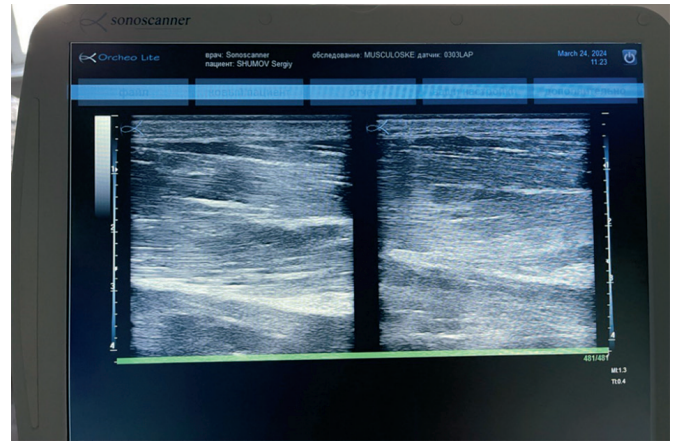


Рис 1. УЗД переднього м'язово-фасціального футляру правої та лівої гомілок.

Ознак пошкодження м'язів переднього м'язово-фасціального футляру не виявлено.

УЗД латерального м'язово-фасціального футляру не проводився через наявність фасціотомної рани.

А – Загальний вигляд проведення УЗД м'язів переднього м'язово-фасціального футляру лівої гомілки

Б – УЗД картина переднього м'язово-фасціального футляру обох гомілок. Патологічних змін не виявлено.

Тактика ведення пацієнта. Проводиться комплексна консервативна терапія, включаючи ентеросорбенти, динамічне спостереження із контрольним (через 12 год) аналізом біохімічних показників крові, УЗД та діурезом та повторною ревізією м'язів для оцінки їх життєдіяльності. Проводиться адекватна гідратація та корекція анемії препаратами крові. При позитивній динаміці продовжується консервативна терапія. При негативній – проводиться фасціотомія сегменту кінцівки для ревізії м'язів.

2 стадія (середня). Дана стадія поділяється на 2 А та 2 Б підстадії. Характерною особливістю є тривалість турнікету від 3 до 6 годин.

2 А стадія. При огляді відмічається набряк сегменту, локальна пальпаторно болючість, гіперемія та мацерація у місці, де був накладений турнікет, гіпостезія дистальних відділів кінцівки. Дистальний кровотік на кінцівці збережений.

У біохімічному аналізі крові показники АлАт, АсАТ до 800 Од/л, креатинін від 181 -350 ммоль/л, КФК від 5,1 до 10 тис. Од/л, Калій у межах норми, міоглобін від 76 до 200мкг/л, діурез більше 0,5 мл/кг/год.

По даних УЗД візуалізується локальне ураження м'язових волокон під місцем накладання турнікету.

Тактика ведення пацієнта. Проводиться зняття турнікету !!! Далі проводиться фасціотомія МФФ із ревізією м'язів у місці накладання турнікету та МФФ дистальних відділів кінцівки (передпліччя, гомілки).

На цій стадії зазвичай під час операції відмічається мозаїчний рабдоміоліз. Проводиться некректомія. Для визначення життєдіяльності м'язів проводиться їх за принципом 4-х «К»: контрактиль-

ність (здатність до скорочення), кровоточивість, консистенція та колір. Враховуючи реперфузійний синдром обов'язково проводиться профілактична фасціотомія дистальних відділів кінцівки. Проводиться комплексна консервативна терапія, динамічне спостереження із контрольним (через 12 год) аналізом біохімічних показників крові, УЗД та діурезом та повторною ревізією м'язів для оцінки їх життєдіяльності.

У випадку негативної динаміки у біохімічному аналізі крові розглядається додавання до лікування гемодіалізу.

2 Б стадія. При огляді відмічається набряк сегменту, локальна пальпаторна болючість, гіперемія та мацерація у місці, де був накладений турнікет, гіпостезія дистальних відділів кінцівки, а також зниження температури дистальних відділів кінцівки, що можна реєструвати за допомогою тепловізійний пристроїв (Flir C3-5). Реєструється порушення дистального кровотоку.

У біохімічному аналізі крові показники АлАт, АсАТ 801 та більше Од/л, креатинін від 181-350 ммоль/л, КФК від 5,1 до 10 тис. Од/л, Калій до 6,5 ммоль/л, міоглобін від 201 до 400мкг/л, діурез більше 0,3-0,5 мл/кг/год. По даних УЗД візуалізується ураження м'язових волокон під місцем накладання турнікету, а також дистальних відділів (передпліччя або гомілки)

Тактика ведення пацієнта. Проводиться зняття турнікету! Фасціотомія на всю довжину сегменту із ревізією усіх м'язів, особливо параосальних. На цій стадії зазвичай відмічається рабдоміоліз більшої частини м'язів, у місці накладання джгута, із переважним ураженням параосальних (рис.2). Після широкої фасціотомії МФФ та некректомії у ділянці турнікету обов'язково

проводиться фасціотомія дистальних відділів кінцівки (передпліччя або гомілки).

На цій стадії продовжується комплексна консервативна терапія, динамічне спостереження із контрольним (через 12 год) аналізом біохімічних показників крові, УЗД та діурезом. Через 12 год проводиться повторна ревізія м'язів на предмет їх життєдіяльності.

При негативній динаміці, зокрема прогресуванні рабдоміолізу, наростанні показників у біохімічному аналізі крові, розвитку анурії проводиться ампутація кінцівки вище межі накладеного турнікету. Передумовою успішного лікування пацієнтів із 2Б стадію турнікетного синдрому є проведення гемодіалізу. Ознакою позитивної динаміки буде відсутність прогресування рабдоміолізу та зменшення показників трансаміназ.

3 стадія (тяжка)

Для розвитку даної стадії характерне накладання турнікет 6 годин та більше. При огляді відмічається виражений деревоподібний набряк сегменту, мацерація у місці, де був накладений турнікет, анестезія та гіпотермія дистальних відділів кінцівки, що можна реєструвати за допомогою тепловізійних пристроїв (рис. 3).

Характерною особливістю даної стадії є розвиток незворотних ішемічних змін у м'язах із формуванням контрактур у суглоба кисті або стопи!

У біохімічному аналізі крові показники АЛат, АсАТ 801 та більше Од/л, креатинін 351 та більше ммоль/л, КФК 20 тис. Од/л та більше, Калій 6,6 ммоль/л та більше, міоглобін 401 та більше, діурез менше 0,3 мл/кг/год, сеча кольору портфейна». По даних УЗД реєструється відсутність дистального кровотоку та ураження м'язових волокон від 51% та більше).

Тактика ведення пацієнта. Турнікет не знімається!!! На цій стадії зазвичай має місце рабдоміоліз великого масиву м'язів і зняття турнікету призведе до різкого погіршення стану із високим відсотком летальності. Тому проводиться ампутація кінцівки вище межі накладеного турнікету (рис.4).

Слід зауважити, що лише використання на цій стадії гемодіалізу дає шанс пацієнту на одужання.

NB! У тому випадку, коли згідно анамнезу, турнікет стояв 6 годин та більше, а також при показниках у біохімічному аналізі крові, які відповідають 2 стадії, відсутності контрактури пальців кисті або стопи, що свідчить про життєздатність м'язів, можливе зняття турнікету з метою ревізії м'язів сегменту, де був накладений турнікет.

Згідно нашим клінічним спостереженням при турнікетному синдромі 3 стадії та при негативній динаміці 2Б стадії проводиться гемодіаліз.

Пацієнтам із гострим ушкодженням нирок

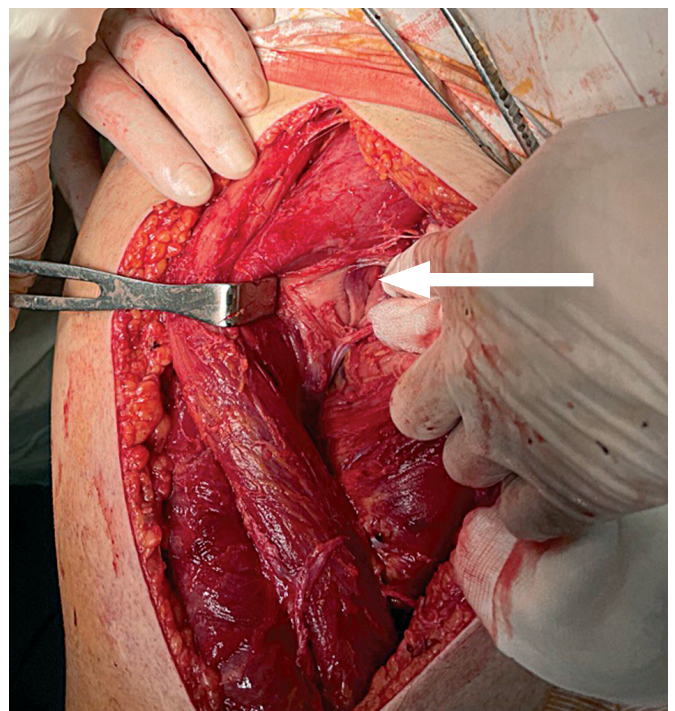
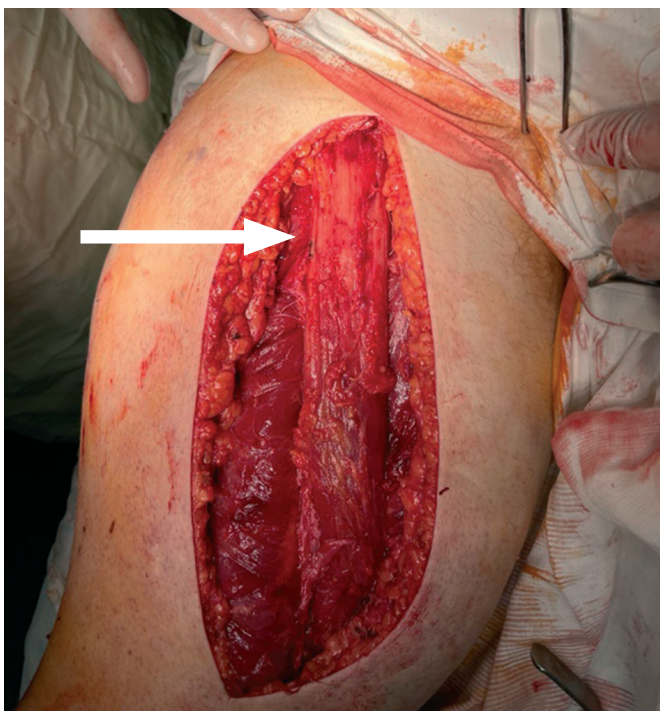


Рис 2. Загальний вигляд рани передньо-медіальної поверхні правого стегна після фасціотомії.

А – ревізія поверхневих м'язів правого стегна, де відмічається рабдоміоліз (вказано стрілкою) ділянки кравецького м'язу довжиною 4см у верхній третині рани, яка підлягає видаленню.

Б – ревізія глибоких м'язів правого стегна, де відмічається рабдоміоліз ділянки проміжного м'язу (вказано стрілкою).

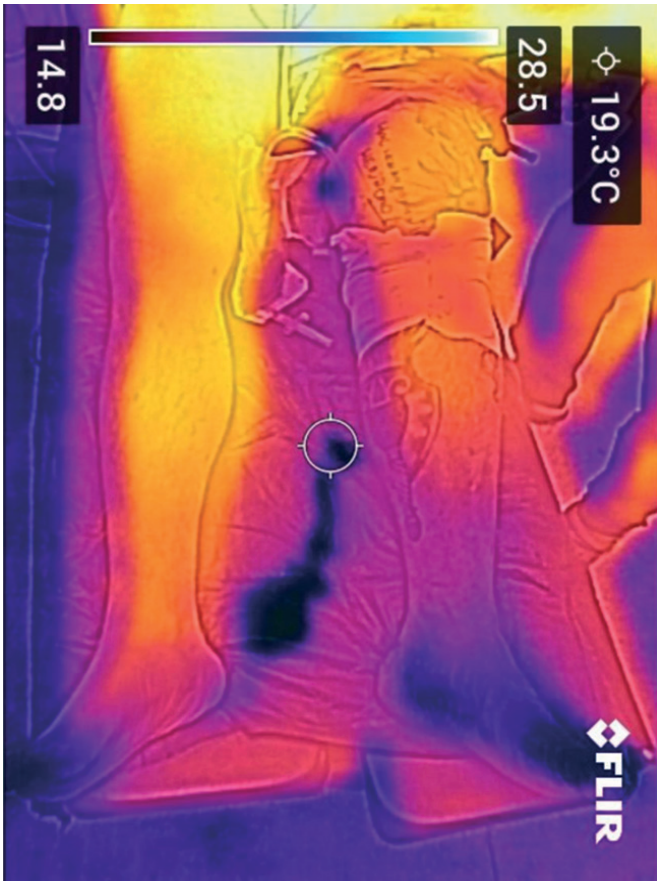


Рис. 3. Турнікетний синдром лівого стегна. Тривалість турнікету 8 годин: А – зовнішні прояви у вигляді мармуровості, синюшності лівої нижньої кінцівки нижче рівня турнікету із розвитком контрактури пальців стопи та гомілково-стопного суглобу; Б – зниження температури дистальних ділянок кінцівки (19,30С), що свідчить про незворотні зміни.

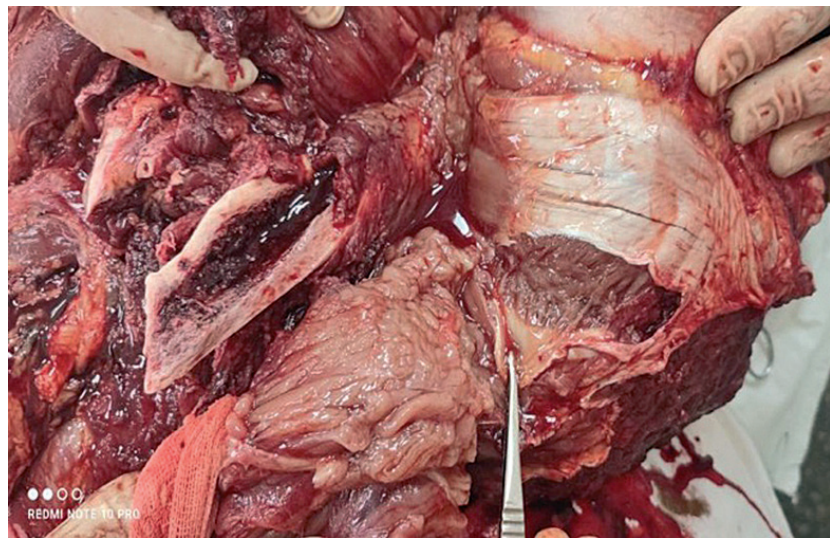


Рис. 4. Загальний вигляд рани після ампутації на рівні верхньо-середньої третини лівого стегна. А – відмічається поширений рабдоміоліз м'язів стегна. Б – загальний вигляд кука обох стегон із ревізорними швами.

проводиться як гострий так і хронічний діаліз. Перевага надається гострому гемодіалізу, цитратно-кальцієвій антикоагуляції, особливо при

великих ранових поверхнях з метою профілактики кровотечі. Під час гемодіалізу обов'язковий контроль рівня калію (норма 3.5-5.5 ммоль/л) та

бікарбонату (24-28 ммоль/л) крові. Оптимально дотримуватися рівня бікарбонату 28-34 ммоль/л для залужнення крові. Один сеанс гострого діалізу триває 72 години. На курс лікування у середньому потрібно 3 сеанси. При відсутності гострого діалізу проводиться хронічний, який також краще проводити у вигляді Sledd терапії. Сеанс хронічного гемодіалізу триває 10 годин і включає у себе від 10 до 15 сеансів.

Під час гемодіалізу проводиться контроль волеми за рахунок моніторингу центрального венозного тиску (ЦВТ) та УЗД розмірів посвіту нижньої порожнистої вени (норма 15-20мм).

ВВ! Під час лікування турнікетного синдрому заборонено використовувати діуретики.

До основних критеріїв припинення гемодіалізу відносять:

1. відновлення діурезу до 0,5 мл/кг/год та вище,
2. зменшення рівня креатиніну у крові до 350 ммоль/л та приріст після зниження не більше 50% за 24 години спостереження.

На підставі запропонованої класифікації розроблений алгоритм дій при турнікетному синдромі, який базується на наступному:

При I стадії турнікетного синдрому першочергово проводиться консервативна терапія. Хворий госпіталізується у профільне відділення та знаходиться під динамічним контролем чергової зміни. Через 12 годин проводиться контрольний аналіз біохімічних показників крові та оцінка діурезу. При позитивній динаміці продовжується консервативна терапія.

При негативній – проводиться фасціотомія сегменту кінцівки для декомпресії м'язово-фасціального футляру та ревізії м'язів. Зазвичай перша стадія турнікетного синдрому має благоприємний прогноз на одужання.

При 2А стадії турнікетного синдрому крім консервативного лікування першочергово проводиться фасціотомія м'язово-фасціального футляру під місцем де стояв джгут та дистальних сегментів. Під дистальними сегментами розуміється передпліччя при турнікеті на плечі та гомілка при знаходженні турнікету та стегні. Проводиться парціальна некректомія. При позитивній динаміці, тобто відсутності прогресування рабдоміолізу, покращення лабораторних показників крові наступає одужання пацієнта.

2Б стадія може діагностуватися первинно під час поступлення постраждалого або може бути наслідком прогресування 2А стадії із характерною зміною клінічних та лабораторних показників.

При цій стадії першочергово проводиться фас-

ціотомія м'язово-фасціального футляру під місцем де стояв джгут та дистальних сегментів. Зазвичай проводиться розширена некректомія враховуючи більший масив нежиттєздатних м'язів. На цій стадії, коли має місце гостре пошкодження нирок проводиться гемодіаліз.

Якщо через 12 годин відмічається негативна динаміка, яка характеризується наростанням трансмінази крові, зниженням діурезу до анурії, появою контрактури у суглобах кисті чи стопи, порушенням магістрального кровообігу ставляться покази до ампутації кінцівки із наступним проведенням гемодіалізу.

III стадія турнікетного синдрому виникає при застосуванні джгута протягом 6 годин та більше, що призводить до незворотного ішемічного ураження м'язів. При анамнестичному застосуванні джгута більше 6 годин, але лабораторних показниках, які відповідають II стадії, відсутності контрактури у суглобах кисті чи стопи проводиться зняття турнікету, фасціотомія м'язово-фасціального футляру та ревізія м'язів під місцем стояння турнікету та на передпліччі чи гомілці із парціальною чи поширеною некректомією. Враховуючи наявність гострого пошкодження нирок проводиться гемодіаліз.

При анамнестичному застосуванні джгута більше 6 годин, лабораторних показниках, які відповідають III стадії, наявності контрактури у суглобах кисті чи стопи, порушеному магістральному кровотоці турнікет не знімається та проводиться ампутація вище джгута із некректомією уражених м'язів.

Основними проблемними питаннями в лікуванні турнікетного синдрому вважаємо:

1) Відсутність своєчасного переходу на давячу пов'язку або переміщення турнікету якомога ближче до вогнепальної рани (5-8 см) після евакуації пораненого з червоної зони бойових дій. Накладання одночасно 2-3 турнікетів на одному рівні однієї кінцівки.

2) Недостатньо ретельний збір анамнезу (особливу увагу слід звернути на час, що минув з моменту травмування до поступлення, та час появи і швидкість розвитку набряку). Недостатня увага до розвитку клінічних симптомів характерних для компартмент-синдрому: виражений, нестерпний біль, що не відповідає тяжкості ушкодження, щільний напружений набряк, що прогресує протягом 2-3 діб після травми, пара-, гіпо- або анестезія у зоні іннервації уражених ішемією нервів;

3) У випадку тривалого турнікету при наданні медичної допомоги відсутність адекватної ревізії м'язів на етапах медичної евакуації. Неправильна локалізація та недостатня довжина розрізів для

адекватної ревізії усіх м'язевих футлярів кінцівки, неправильне трактування трофічних змін у м'язах.

Висновки

Ведення пацієнтів із турнікетним синдромом потребує достатньо ємкого аналізу клінічної картини та лабораторно-інструментальних методів дослідження для формування правильної тактики лікування.

Розроблена класифікація та алгоритм лікування дають можливість раціонального підходу до лікування цієї категорії пацієнтів на основі визначення ступеню тяжкості та стадій розвитку турнікетної ішемії.

Рішення про проведення ампутації кінцівки приймається лише при сумісному огляді декількох профільних спеціалістів: хірурга відділення гнійної хірургії, травматолога та судинного хірурга, анестезіолога сумісно із провідним хірургом, ретельному аналізу даних лабораторних показників, даних діурезу, макроскопічній картині м'язів у ділянці турнікету та дистальних сегментах та обов'язковій згоді хворого при його ясній свідомості.

References

1. Кравець ОВ, Клыгуненко ОМ, Єхалов ВВ, Гашинова КЮ, Станін ДМ, Зозуля ОО, та ін. Синдром тривалого стискування: Навчально-методичний посібник для лікарів-інтернів різних спеціальностей. Львів: «Новий Світ – 2000»; 2021. 194 с.
2. Kravec' OV, Klygunenko OM, Yevlahov VV, Gashinova KY, Stanin DM, Zozulia OO, et al. Crash syndrome: Educational and methodological manual for intern doctors of various specialties. L'viv: «Novyi Svit – 2000»; 2021. 194 s. [in Ukrainian]
3. Страфун СС, Бруско АТ, Лябах АП. Діагностика та лікування місцевого гіпертензивного ішемічного синдрому (compartment-syndrome). В: Страфун СС, Бруско АТ, Лябах АП, Лесков ВГ, Тимошенко СВ, автори. Профілактика, діагностика та лікування ішемічних контрактур кисті та стопи. Київ: Стилос; 2007. 128 с.

4. Strafun SS, Brusko AT, Liabakh AP. Diagnosis and treatment of local hypertensive syndrome (compartment-syndrome). In: Strafun SS, Brusko AT, Liabakh AP, Lieskov VG, Tymoshenko SV, editors. Prophylaxis, diagnosis and treatment of ischemic contractures of the hand and foot. Kyiv: Stylos; 2007. 128 p. [in Ukrainian].
5. Страфун СС, Тимошенко СВ, Лопайчук ВО. Оцінка ефективності профілактики та лікування місцевого гіпертензивного ішемічного синдрому (компаратмент синдрому) шляхом моніторингу підфасціального тиску у хворих з переломами кісток кінцівок. Травма. 2003;3:22-25.
6. Strafun SS, Tymoshenko SV, Lopaichuk VO. Evaluation of the effectiveness of prevention and treatment of local hypertensive ischemic syndrome (compartment syndrome) by monitoring subfascial pressure in patients with limb bone fracture. Trauma. 2003;3:22-25 [in Ukrainian].
7. Brodie S., Hodgetts T.J., Ollerton J., McLeod J., Lambert P., Mahoney P. Tourniquet use in combat trauma: UK military experience. J. R. Army Med. Corps. 2007;153:310–313.
8. Caubère A, de Landevoisin ES, Schlienger G, Demoures T, Romanat P. Tactical tourniquet: Surgical management must be within 3 hours. Trauma Case Rep. 2019 Jul 3;22:100217. doi: 10.1016/j.tcr.2019.100217.
9. Cheremskiy A, Goloborodko N. Emergency tourniquets: from past to present. EM [Internet]. 2019 Mar. 26 [cited 2024 Apr. 18];(1.96):42-7. Available from: <https://emergency.zaslavsky.com.ua/index.php/journal/article/view/1061>. DOI: 10.22141/2224-0586.1.96.2019.158744.
10. Kuzminskiy IV. Influence of ischemic-reperfusion syndrome of limbs on deviations of indicator of cytolytic syndrome. Achievements of clinical and experimental medicine. 2018;3:176-81. DOI: <https://doi.org/10.11603/1811-2471.2018.v0.i3.9351>
11. Sabate-Ferris A, Pfister G, Boddaert G, Daban JL, de Rudnicki S, Caubere A, et al. Prolonged tactical tourniquet application for extremity combat injuries during war against terrorism in the Sahelian strip. Eur J Trauma Emerg Surg. 2022 Oct;48(5):3847-3854. doi: 10.1007/s00068-021-01828-4.
12. Вересюк ТО, Сельський ПР, Телев'як АТ, Сельський БП. Морфологічні зміни у скелетних м'язах задніх кінцівок щурів при гострій ішемії-реперфузії, спричиненій накладанням артеріального турнікета, та її корекції карбацетамом. Вісник медичних і біологічних досліджень. 2020;3(5):16–23.
13. Veresiuk TO, Selskyy PR, Televiak AT, Selskyy BP. Morphological changes in skeletal muscles of the hind limbs of rats in acute ischemia-reperfusion caused by arterial tourniquet application, and its correction by carbacetam. Bulletin of Med and Biol Res. 2020;3(5):16–23 [in Ukrainian].

Tactics of Treatment of Tourniquet Syndrome after Gunshot Wounds

Khoroshun E.M.^{2,3}, Strafun S.S.¹, Shypilov S.A.^{2,3}, Klapchuk Yu.V.^{2,3}, Babrii O.S.², Honcharenko S.S.², Kupriianchuk V.V.²

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

²Military Medical Clinical Center of the Northern Region, Kharkiv

³Kharkiv National Medical University, Kharkiv

Summary. The objective of our study was to develop a differentiated approach to the treatment of tourniquet syndrome based on the severity and stages of its development.

The work was based on a retrospective analysis of 30 wounded with tourniquet syndrome of the upper and lower extremities, who were treated at the Military Medical Clinical Center of the Northern Region. All the wounded were hospitalized from the combat zone; all were males, aged 33.8 ± 0.4 years. After admission to the Military Medical Center of the Northern Region (Role 3), anamnestic data were collected, clinical symptoms as well as laboratory and additional research methods were analyzed. To form a differentiated approach to the treatment of tourniquet syndrome, the analysis of the following indicators was carried out: the duration of the tourniquet (up to 3 hours, 3.1-6 hours, 6.1 hours and more), the place of tourniquet application (shoulder, thigh), local clinical manifestations (edema, paresthesia, hypoesthesia, anesthesia, hypothermia, contracture of the joints of the hand or foot), laboratory indices (creatinine, alanine aminotransferase, aspartate aminotransferase, creatine phosphokinase, potassium, and myoglobin), assessment of peripheral pulse, diuresis, ultrasound examination of muscles, ultrasound examination of the kidneys and inferior vena cava to calculate infusion therapy, radiographic and thermal imaging studies at the site of injury, and intraoperative visual evaluation of the muscles (viable muscles, partial or widespread rhabdomyolysis). Based on the analysis of the obtained data, a classification and treatment algorithm of tourniquet syndrome were developed, which enabled to take a rational approach to the treatment of this category of patients based on determining the severity and stages of its development.

Keywords: *tourniquet syndrome; muscle-fascial sheath; gunshot wounds of extremities; ischemic tissue injury; amputation; hemodialysis.*

Основні хірургічні методи заміщення критичних кісткових дефектів великогомілкової кістки. (Огляд літератури). Перша частина

Грицай М.П.¹, Колов Г.Б.¹, Сабатош В.І.¹, Видерко Р.В.¹, Половий А.С.¹✉, Гуцайлюк В.І.¹

Резюме. Огляд літератури присвячений основним методам заміщення критичних кісткових дефектів великогомілкової кістки. Проведений пошук за базою PubMed за період 2007-2023 роки, перевага надавалась матеріалам останніх 5 років, показані переваги та недоліки найпопулярніших методів лікування. Ця стаття містить описовий несистематичний огляд поточної літератури щодо методів заміщення кісткових дефектів великогомілкової кістки і можливі напрямки майбутніх досліджень. Ретельний пошук у базі даних PubMed було здійснено з використанням відповідних пошукових термінів, з рецензованими статтями англійською мовою, визначеними та оціненими. Не існувало жорстких критеріїв включення чи виключення, за якими відбирали статті для рецензування повного тексту. Натомість було зроблено суб'єктивну оцінку відповідності окремих статей загальному нарративному огляду та огляду хірургічних технік, що зрештою призвело до посилань на 43 статті. Було знайдено два додаткові посилання незалежно від початкового пошуку.

Ключові слова: кістковий дефект; критичний дефект; великогомілкова кістка; гостре вкорочення; кісткова аутопластика; техніка Masquelet.

Список скорочень:

Рентгенологічний очевидний кістковий проміжок – РОКП

Поліметилметакрилат – ПММА

Кістковий морфогенетичний білок-2 – КМБ-2

Судинний ендотеліальний фактор росту – СЕФР

Дистракційний остеогенез – ДО

Рімер-аспіратор-іригатор – РІА

Вступ

Сегментарні дефекти довгих трубчастих кісток викликають значну інвалідизацію пацієнтів. Сучасні хірургічні методи в ортопедії є надійними для реконструкції таких дефектів [1]. Сегментарні кісткові дефекти великогомілкової кістки піддаються численним варіантам лікування, включаючи дистракційний остеогенез з використанням апарату Ілізарова, одномоментного вкорочення, а потім подовження, техніку індукованої мембрани або ж техніка Masquelet, транспортування через інтрамедулярний стрижень, вільну трансплантацію малоогомілкової кістки та медіальне транспортування іпсилатеральної малоогомілкової кістки.

Кожний з варіантів лікування має свої відносні переваги та недоліки залежно від розміру дефекту, стану м'яких тканин, наявності чи відсутності інфекції та супутніх захворювань пацієнта, його віку та психоемоційного стану [2,3,4].

Проблема кісткових дефектів хоч і є достатньо вивченою, залишається складною для лікування та вимагає значних ресурсів як від лікаря та медперсоналу, так і від самого пацієнта та його родичів. Широкий спектр вибору варіантів лікування є доказом того, що жодна стратегія не може бути використана як універсальна для всіх пацієнтів. Вибір методу лікування має ґрунтуватися на конкретних вимогах пацієнта після адекватної оцінки лікарем наявної ситуації з урахуванням усіх змінних [5].

Визначення

На сьогоднішній день немає чіткого єдиного визначення того, що є дефектом критичного розміру. Загалом, дефект критичного розміру розглядається як той, який не заживає спонтанно незважаючи на хірургічну стабілізацію, і вимагає подальшого вторинного хірургічного втручання, наприклад аутологічної кісткової трансплантації [6].

Загальні рекомендації запропоновані в літературі,

✉ Половий А.С., andru.polovoy@ukr.net

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

включають довжину дефекту понад 1-2 см і більше 50% втрати окружності кістки. Доведено, що дефект діафіза великогомілкової кістки завдовжки до 1 см і окружністю <50 % виліковується без додаткового хірургічного втручання в 47 % випадків. Отже, такий дефект не є «критичним». Проте порівняно із загальною когортою переломів великогомілкової кістки, пацієнти з такими дефектами кісток мали вищу частоту повторної операції та гірші функціональні результати [7].

Це також має вирішальне значення для розуміння, оскільки незрощення – це не те саме, що і дефект критичного розміру. При незрощенні спостерігається порушення клітинних та молекулярних механізмів та/або біомеханічної нестабільності. В порівнянні з критичним розміром дефекту, в якому часто спостерігається адекватна біологія та стабільність, ці механізми нездатні компенсувати значну втрату кістки, яка також може бути ускладнена втратою м'яких тканин та коморбідним фоном пацієнта [6].

Існує багато факторів, які впливають на дефект кістки: чи є втрата кістки по окружності, анатомічне розташування (діафізарне/метафізарне/суглобове), стан м'яких тканин, включаючи пошкодження окістя і оточуючих м'язів, вік, наявність хронічних захворювань та іншої супутньої патології [8]. До прикладу, вплив анатомічного розташування видно, коли розглядається результат сегментарного дефекту стегнової та великогомілкової кістки. Сегментарні дефекти стегнової кістки, як правило, мають сприятливе оточення м'яких тканин, повідомляється про спонтанне загоєння сегментарних дефектів довжиною 6–15 см. На відміну від цього, дефекти великогомілкової кістки мають набагато гірші результати щодо спонтанного загоєння з набагато меншими дефектами у випадку, коли розмір дефекту перевищує 1–2 см і – 50% окружності кортикального шару. Проблема полягає в тому, що більшість сегментарних дефектів виникають у великогомілковій кістці (>60%) у її діяфізі (>60%), а діяфіз великогомілкової кістки – це ділянка з поганим покриттям м'якими тканинами і обмеженим кровопостачанням. [9]

Також усі ці асоційовані фактори стають очевидними, коли хтось намагається перекласти або екстраполювати результати тваринних моделей, результати яких використовуються для людських сценаріїв, які ускладнюються механізмом травми, середовищем м'яких тканин, інфекцією та демографічними характеристиками пацієнтів [10,11]. В останньому випадку набагато менший дефект може бути критичним через численні інші фактори, які пов'язані безпосередньо з травмою.

У ретроспективному когортному дослідженні проведеному в США вивчали переломи діяфізу

великогомілкової кістки 10–50 мм і $\geq 50\%$ окружності. Рентгенологічно очевидний кістковий проміжок (РОКП) визначали шляхом вимірювання кісткового проміжку на кожному кортикальному шарі. Переломи, що досягли зрощення, мали РОКП 12 ± 1 мм проти 20 ± 2 мм у тих, що згодом залишилися незрощеними. РОКП 25 мм був оптимальним порогом для розрізнення результатів зрощення та незрощення. Переломи з РОКП <25 мм досягали зрощення набагато частіше, ніж переломи з розривами ≥ 25 мм (54 проти 0%), відповідно, і найвищий РОКП у пацієнта, у якого було досягнуто зрощення, становив 24 мм. У цьому дослідженні такі фактори як вік, стать, час до операції, класифікація відкритих переломів, кількість процедур, додаткові допоміжні засоби, діабет, наявність супутніх захворювань, імуносупресія та політравма не вплинули на результат [12].

Незважаючи на те, що на сьогоднішній день все ще існує відсутність консенсусу щодо визначення дефектів критичного розміру, особливо щодо дефектів у діапазоні 1-3 см, можна дійти висновку, що дефекти розміром близько $\geq 2,5$ см мають погану тенденцію до загоєння, а отже можуть вважатись критичними [9]. Також існує припущення, що критичним дефектом є сегментарний дефект, довжина якого в 2–2,5 рази перевищує діаметр ураженої кістки [13].

Класифікація

Моріс Мюллер вважав, що класифікація корисна, лише якщо вона враховує тяжкість ураження кістки та служить основою для лікування та оцінки результатів. На основних принципах Мюллера-АО класифікації переломів довгих кісток від простих до складних, з буквено-цифровим позначенням була розроблена класифікація, що дозволяє визначити пріоритетні методи лікування.

Дефекти кожного сегмента кістки поділяються на чотири типи з подальшим поділом на три групи та їх підгрупи, що утворюють ієрархічну організацію в тріадах (рис. 1).

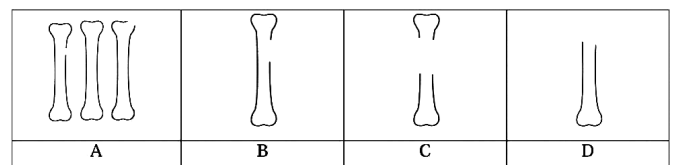


Рис. 1. Типи кісткових дефектів довгих трубчастих кісток: А – обмежені дефекти; В – кісткові фрагменти контактують; С – кісткові фрагменти не контактують (сегментарні дефекти, «дефект-діастаз»); D – повні дефекти суглобів [14].

А – Обмежені дефекти (< 20% втрати кортикального шару):

- A1 – Діафізарний
- A2 – Метафізарний
- A3 – Епіфізарний

В – Кісткові уламки контактують:

V1 – Повний контакт з анатомічним укороченням

V2 – обмежений контакт без анатомічного вкорочення

V3 – обмежений контакт з анатомічним укороченням

С – Кісткові фрагменти не контактують (сегментарні дефекти, «дефект-діастаз»):

- C1 – Сегментарні дефекти без вкорочення
- C2 – Сегментарні дефекти з укороченням
- C3 – Субтотальні дефекти

D – Повні дефекти суглобів:

- D1 – Епіфізарний
- D2 – Епіметафізарний
- D3 – Епіметафізарний
- D4 – Ампутація

Проте суттєвим недоліком класифікації є відсутність урахування розмірів кісткового дефекту, що є критичним фактором при розгляді різних варіантів лікування.

У 2021 році Tetsworth та ін. [15] запропонували нову систему класифікації кісткових дефектів (табл.1).

Таблиця 1.

Класифікація кісткових дефектів

D1 – Неповний дефект (задіяні максимум три з чотирьох кортикальних шарів)
A: до 25% втрати кортикального шару
B: втрата кортикального шару кістки від 25 до 75%
C: від 75 до 99% втрати кортикального шару
D2 – субкритичний дефект до 2 см (розрізняють за формою кінців кісткових уламків)
A: два косих кінця кісткових уламків
B: один косий інший поперечний кінець
C: два поперечних кінця уламка, тобто сегментарний дефект
D3- сегментарний дефект критичного розміру (> 2 см)
A: від 2 до 4 см
B: від 4 до 8 см
C: ≥ 8 см

Класифікація включає D1-неповні дефекти, D2-незначні/субкритичні (повні) дефекти (< 2 см) і D3-сегментарні/критичні дефекти – розмір дефектів (≥ 2 см). Неповні дефекти (D1) включають D1 A < 25% втрати окружності кортикального шару, D1 B 25 -75% , та D1 C > 75% втрати окружності кортикального шару. Незначні/субкритичні (повні) дефекти (< 2 см) (D2) включають D2 A – два косі кінці, що дозволяють можливе перекриття, D2

B – один кінець косий, інший кінець поперечний і D2 C – обидва уламки мають поперечні кінці. Сегментарні критичного розміру дефекти (≥ 2 см) включають D3 A – помірні дефекти від 2 до 4 см; D3 B – великі дефекти від 4 до 8 см; і D3 C – масивні дефекти ≥ 8 см.

Ця класифікаційна схема забезпечує надійний посібник з оцінки кісткових дефектів, який потенційно може полегшити вибір найбільш прийнятної стратегії лікування для оптимізації подальших клінічних результатів [16].

Гостре одномоментне вкорочення

Гостре одномоментне вкорочення є найпростішим способом усунення дефектів кісток і може дуже допомогти зменшити ступінь дефекту оточуючих м'яких тканин [17]. Укорочення стегнової та великогомілкової кісток до 20 мм добре переноситься без подальшого подовження [18,19,20] Якщо планується гостре вкорочення та поступове подовження, гомілкову кістку можна вкоротити на 10% від початкової довжини, а стегнову кістку на 20% від початкової довжини без будь-яких ускладнень [17,19,21]. У той ж час плечова кістка може бути вкорочена до 20% від початкової довжини без будь-яких функціональних порушень [22]. Максимально можливе гостре вкорочення, проведене за один етап на великогомілковій кістці, становить 3 см [23].

Існує думка, що межа гострого вкорочення визначається станом м'яких тканин і судинним статусом ушкодженої кінцівки [24]. Проте, група авторів пропонує контролювати безпеку гострого вкорочення за допомогою інтраопераційної доплерівської сонографії та моніторингу кровотоку в дистальних судинах (a. dorsalis pedis та a. tibialis posterior) або за допомогою пульсоксиметрії на великому пальці стопи [25,26].

Отже, після гострого вкорочення завжди необхідно перевіряти васкуляризацію кінцівки дистально, так як може статися перегин нервово-судинних структур, якщо вкорочення є надмірним, що може призвести до негативних наслідків [5].

Аутологічний кістковий трансплантат

Незважаючи на інтенсивні дослідження та розробку потенційних альтернатив кістковому трансплантату, на сьогоднішній день аутологічний кістковий трансплантат залишається золотим стандартом лікування кісткових дефектів. Часто-та зрощення, пов'язана з аутотрансплантатом, є більшою, ніж з будь-якими іншими альтернативними кістковими трансплантатами [27]. Кісткові трансплантати характеризуються з точки зору їх остеокондуктивності, остеоіндуктивності, остеогенності та механічної міцності [28].

Остеогенність – це здатність трансплантанта до утворення кістки керованими клітинами, які походять із самого трансплантата, наприклад, уцілілі попередники остеобластів. Такі трансплантати містять клітинні елементи, фактори росту та матрикс, що необхідні для формування нової кістки, здатні індукувати ангиогенез і вrostання мезенхімальних стовбурових клітин, що також необхідні (остеоіндукція). Остеоіндукція – це проліферація та диференціація мезенхімальних стовбурових клітин господаря в остеобласти та хондробласти. Остеокондукція – це так звана здатність трансплантанту виступити мікроскопічною сполучнотканинною матрицею, що забезпечить основу для розміщення клітинної популяції з подальшим формуванням кістки. Кісткові трансплантати мають різну здатність витримувати механічне навантаження [27]. Характеристики механічної міцності трансплантата відрізняються: щільні кортикальні трансплантати забезпечують більшу початкову механічну підтримку, тоді як губчасті трансплантати багатші регенераторними клітинами та факторами росту, а їх високопориста структура сприяє швидкому вrostанню судин та згодом утворенню кістки.

Аутологічна кістка є частиною власної кістки пацієнта, яку вилучають та потім трансплантують у потрібне місце. Аутогенний трансплантат має особливу цінність для загоєння кісткових дефектів завдяки своєму складу: він містить остеогенні клітини, остеоіндуктивні фактори росту та остеокондуктивний матрикс, а також є повністю гістосумісним та не має ризику передачі захворювання. Найпоширенішим місцем, для забору аутогенного трансплантата, є гребінь клубової кістки таза, хоча його також можна отримати з інших кісток, таких як стегнова, гомілкорова, малогомілкорова та променево-плечова кістки. Незважаючи на регенеративний потенціал аутогенного трансплантата, забір живої тканини супроводжується суттєвими недоліками. Обсяг доступної тканини, яку можна забрати, обмежений, внаслідок травматизації та болючості місця забору донора [28].

За результатами систематичного огляду проведеного у Великобританії було проаналізовано майже 6500 пацієнтів та зафіксовано ускладнення у 3180 хворих (18,96%) при заборі трансплантату з переднього клубового гребеня та 370 ускладнень у 1909 пацієнтів (19,38%) відповідно при заборі з заднього клубового гребеня. Хоча різниця в загальних ускладненнях між двома місцями забору не є статистично значущими, виявлено певну закономірність: показники інфікування, утворення гематом, перелому та гіпертрофічного рубця були значно вищими, коли місцем донору був передній гребінь клубової кістки порівняно з заднім гребенем клубової кістки, в той час як рівень хро-

нічного болю донорської ділянки та сенсорні порушення були значно нижчими.[29]

Аутологічний кістковий трансплантат залишається золотим стандартом лікування сегментарних дефектів < 5 см за розміром. Для дефектів > 5 см кістковий трансплантат підлягає резорбції, спричиненій ревазуляризацією та очищенням некротичної тканини трансплантата. Також слід відмітити, що для кісткових дефектів розміром понад 4–5 см застосування одного кісткового трансплантата недостатньо для досягнення загоєння і потрібні більш складні хірургічні втручання для відновлення та регенерації пошкодженої або відсутньої кістки [28].

Техніка індукованої остеогенної мембрани або двохетапна процедура за Masquelet

Якщо аутогенний кістковий трансплантат залишається стандартом лікування невеликих дефектів (<5 см), то індукована мембранна техніка та дистракційний остеогенез є сучасними стратегіями вибору для реконструкції більших кісткових дефектів [30].

Техніка індукованої остеогенної мембрани або двохетапна процедура за Masquelet на сьогодні досягла статусу золотого стандарту в реконструкції кісткових дефектів [31].

Успіх техніки Masquelet ґрунтується на створенні васкуляризованої оболонки м'яких тканин із подібними, але не ідентичними властивостями до окістя («індуковане окістя») [32].

Ця мембрана є не просто бар'єром, який перешкоджає резорбції трансплантата, а біологічною камерою, яка виділяє різні фактори росту, критично важливі для регенерації кісток [33]. Дійсно, мембрана виділяє різні фактори росту, включаючи трансформуючий фактор росту бета-1 (ТФР-β1), фактор росту фібробластів-2 (ФРФ-2), кістковий морфогенетичний білок-2 (КМБ-2) і судинний ендотеліальний фактор росту (СЕФР), забезпечує добре васкуляризоване середовище та містить мезенхімальні стовбурові клітини (МСК), остеопрогенітори, здатні диференціюватися в зрілі остеобласти, клітини, відповідальні за активність формування кісток [34].

Метою першого етапу хірургічного втручання є створення біологічного середовища, вільного від некрозу або інфікованої тканини шляхом повного видалення всіх нежиттєздатних кісткових і м'яких тканин. Неадекватна санація негативно впливає на якість сформованої мембрани і підвищує ризик інфекційних ускладнень. Видалення склерозованої кістки досягається, коли отримана адекватна кісткова кровоточивість, що забезпечує життєздатність решти кістки та розпізнається клінічно за

наявністю точкової кровоточивості всередині медулярного каналу, інакше відомий як «симптом паприки», у вітчизняній літературі ознака «кров'яної роси». Після належної обробки поліметилметакрилат (ПММА) цементним блоком імплантують в дефект. Цементний спейсер повинен входити приблизно на 1 см у інтрамедулярний канал і виступати по колу над кортикальним шаром проксимального та дистального фрагментів, щоб охопити оголені кінці кісток приблизно на 2 см, подібно до морфології капсули суглоба. Під час полімеризації спейсеру виникає екзотермічна реакція, через що спейсер слід огороджувати мокрою губкою чи серветкою для уникнення теплового некрозу навколишніх тканин [31]. Часто до порошку спеціалізованого кісткового цементу додають порошок антибіотиків для підвищення відсотка ерадикації інфекції в області хірургічного втручання. Спейсери з ПММА, наповнені відносно низькими концентраціями ванкоміцину (1-4 г на одну дозу цементу), не перешкоджали проліферативній, остеогенній та ангіогенній здатності індукованих мембран і навіть підвищували їх здатність. В той ж час, спейсери, завантажені відносно високою концентрацією ванкоміцину (6-10 г на одну дозу цементу), мали негативний вплив на життєздатність остеобластів, ангіогенез і проліферацію [35]. Після завершення першої операції необхідний певний період часу, щоб викликати місцевий каскад реакції на чужорідне тіло та утворення аутологічної «індукованої» стороннім тілом мембрани навколо спейсера з ПММА. [36]

Вважається, що остеогенна здатність мембрани досягає максимуму, а потім зменшується: експресія СЕФР різко знижується через один місяць, тоді як експресія КМБ-2 досягає піку через 4-6 тижнів. Ці дані вказують на те, що ідеальний час для виконання другого етапу становить від чотирьох до шести тижнів після першого етапу. Однак через різноманітність травм у клінічних умовах не завжди можна передбачити час наступного етапу, оскільки загоєння рани вважається необхідною умовою для виконання другої операції. Порушене середовище м'яких тканин також може затримувати формування мембрани з нездатністю просуватися до завершальної операції. Проте клінічно визнаний консенсус полягає в тому, що 4-8 тижнів є ідеальним часом для очікування між двома етапами процедури.[37]

На другому хірургічному етапі мембрану ідентифікують і обережно надрізають, забезпечуючи доступ поздовжнім розрізом, щоб уникнути порушення васкуляризації мембрани. Цементний спейсер видаляється частинами за допомогою остеотомів з метою уникнення пошкодження мемб-

рани. Після чого проводять забір спонгіозного аутогенного трансплантату та імплантують його всередину мембрани для заповнення дефекту. Кістковий трансплантат має бути щільно упакований, а мембрана закрита над трансплантантом швом. На другому етапі для стабілізації використовується остаточна фіксація кісткових фрагментів, так як жорстка фіксація сприяє васкуляризації трансплантата [31].

Якщо кісткового трансплантата недостатньо для заповнення дефектів, аутогенний кістковий трансплантат можна змішати з алогенними кістковими трансплантатами або синтетичними сполуками (частинки трикальційфосфату) для збільшення об'єму. Ідеальне співвідношення між аутогенними та алогенними кістковими трансплантатами все ще залишається предметом суперечок. Загалом оптимальним вважається 70% аутогенної кістки і 30% розширювачів об'єму (алогенні кісткові трансплантати, синтетичні тощо) [38]. Слід враховувати, що зі збільшенням кількості так званих розширювачів об'єму збільшується і відсоток незрощень.

Повідомляється, що зрощення при використанні техніки Masquelet, не залежить від розміру дефекту і більшість дефектів вважаються загоєними через 8-12 місяців. Початкові показники загоєння добрі, але не ідеальні. Загалом близько 86% кісткових дефектів вдається загоїти за допомогою ж ревізійної операції або додаткових заходів – кінцевий рівень успіху становить приблизно 90% [39].

Проте аналізуючи ретроспективне дослідження серії випадків проведених в Німеччині, яке засвідчує що дефекти розміром понад 62 мм мали менші шанси досягти зрощення, і їх можна визначити як «критичний розмір дефекту» для техніки Masquelet [40].

Найближчою альтернативою МІТМ для порятунку кінцівки з великими дефектами є дистракційний остеогенез (ДО). Час лікування ДО експоненціально залежить від довжини дефекту і може тривати більше 18 місяців для великих дефектів. Проте ДО було ретельно вивчено та вдосконалено, тому його початковий показник успішності становить приблизно 95% [39].

Висновки

Дефект великогомілкової кістки критичного розміру є поширеним явищем і може виникнути в багатьох ситуаціях, починаючи з травматичних випадків, таких як відкриті переломи з високоенергетичною травмою, до нетравматичних, таких як пухлини та інфекції [41]. Основні методи заміщення

критичних кісткових дефектів великогомілкової кістки висвітлені у цій частині огляду літератури мають свої обмеження: в першу чергу це відносно невелика довжина дефекту (до 6 см). Основним обмежуючим фактором у лікуванні сегментарних дефектів більшої довжини є неможливість забезпечити необхідну кількість кісткової аутопластики для імплантації в зону дефекту, або ж ризик незрошення є надто високим при додаванні алотрансплантатів, синтетичних матеріалів, таких як трикальційфосфат, біокераміка та інші. Крім того, вартість синтетичних матеріалів, алотрансплантатів може бути непомірно високою, особливо з огляду на обмежені наукові докази їхньої ефективності.

Оцінка обсягу дефекту є цінним інструментом для передопераційного планування, коли основною метою є оцінка кількості та якості матеріалу трансплантата до оперативного втручання [42]. З приводу середнього об'єму трансплантату, зібраного з однієї стегнової кістки за допомогою системи рімер-аспіратор-іригатор (PIA), становить 40 мл (діапазон від 25 до 75 мл), що значно більше, ніж середнє значення від 15 до 20 мл, отримане при традиційному заборі трансплантата з гребеня клубової кістки, проте цього об'єму все одно є недостатньо для заміщення більших кісткових дефектів. [43] Згідно даних літератури в середньому дефекти в проксимальному відділі великогомілкової кістки потребують до 12 мл/см аутоотрансплантату, в дистальному відділі великогомілкової кістки вимагають до 6 мл/см, а дефекти діафіза 5 мл/см [42]. Шляхом нескладної математики стає очевидним, що для заміщення дефекту діафізу великогомілкової кістки завдовжки 7 см потрібно приблизно 35 мл аутоотрансплантату, що є можливим лише при використанні PIA, у відповідній категорії пацієнтів та при наявності відповідних технічних засобів, що на сьогоднішній день на жаль ще не набрали належної поширеності на наших теренах, навіть у спеціалізованих медичних закладах.

Основні хірургічні методи лікування, критичних дефектів великогомілкової кістки (більше 6 см) їх переваги та недоліки будуть розглянуті в другій частині цього огляду літератури.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів під час написання статті. Ця публікація не була, не є і не буде предметом комерційної зацікавленості в будь-якій формі.

References:

1. Mauffrey C, Barlow BT, Smith W. Management of segmental bone defects. *J Am Acad Orthop Surg.* 2015 Mar;23(3):143-53. doi: 10.5435/JAAOS-D-14-00018.
2. Morelli I, Drago L, George DA, Gallazzi E, Scarponi S, Romanò CL. Masquelet technique: myth or reality? A systematic

- review and meta-analysis. *Injury.* 2016 Dec;47 Suppl 6: S68-S76. doi: 10.1016/S0020-1383(16)30842-7.
3. Aurégan JC, Bégué T, Rigoulot G, Glorion C, Pannier S. Success rate and risk factors of failure of the induced membrane technique in children: a systematic review. *Injury.* 2016 Dec;47 Suppl 6: S62-S67. doi: 10.1016/S0020-1383(16)30841-5.
4. Kadhim M, Holmes L Jr, Gesheff MG, Conway JD. Treatment Options for Nonunion with Segmental Bone Defects: Systematic Review and Quantitative Evidence Synthesis. *J Orthop Trauma.* 2017 Feb;31(2):111-119. doi: 10.1097/BOT.0000000000000700.
5. Ferreira N, Tanwar YS. Systematic Approach to the Management of Post-traumatic Segmental Diaphyseal Long Bone Defects: Treatment Algorithm and Comprehensive Classification System. *Strategies Trauma Limb Reconstr.* 2020 May-Aug;15(2):106-116. doi: 10.5005/jp-journals-10080-1466.
6. Nauth A, Schemitsch E, Norris B, Nollin Z, Watson JT. Critical-Size Bone Defects: Is There a Consensus for Diagnosis and Treatment? *J Orthop Trauma.* 2018 Mar;32 Suppl 1:S7-S11. doi: 10.1097/BOT.0000000000001115.
7. Sanders DW, Bhandari M, Guyatt G, Heels-Ansdell D, Schemitsch EH, Swiontkowski M, et al. SPRINT Investigators. Critical-sized defect in the tibia: is it critical? Results from the SPRINT trial. *J Orthop Trauma.* 2014 Nov;28(11):632-5. doi: 10.1097/BOT.0000000000000194.
8. Nauth A, McKee MD, Einhorn TA, Watson JT, Li R, Schemitsch EH. Managing bone defects. *J Orthop Trauma.* 2011 Aug;25(8):462-6. doi: 10.1097/BOT.0b013e318224caf0.
9. Schemitsch EH. Size Matters: Defining Critical in Bone Defect Size! *J Orthop Trauma.* 2017 Oct;31 Suppl 5: S20-S22. doi: 10.1097/BOT.0000000000000978.
10. Reichert JC, Epari DR, Wullschlegler ME, Saifzadeh S, Steck R, Lienau J, et al. Establishment of a preclinical ovine model for tibial segmental bone defect repair by applying bone tissue engineering strategies. *Tissue Eng Part B Rev.* 2010 Feb;16(1):93-104. doi: 10.1089/ten.TEB.2009.0455.
11. Reichert JC, Saifzadeh S, Wullschlegler ME, Epari DR, Schütz MA, Duda GN, et al. The challenge of establishing preclinical models for segmental bone defect research. *Biomaterials.* 2009 Apr;30(12):2149-63. doi: 10.1016/j.biomaterials.2008.12.050.
12. Haines NM, Lack WD, Seymour RB, Bosse MJ. Defining the Lower Limit of a «Critical Bone Defect» in Open Diaphyseal Tibial Fractures. *J Orthop Trauma.* 2016 May;30(5): e158-63. doi: 10.1097/BOT.0000000000000531.
13. Giannoudis PV, Tosounidis TH. Acute and chronic infection: Is there a gold standard for management of the wound and bone defect? *OTA Int.* 2020 Mar 23;3(1): e068. doi: 10.1097/OI9.0000000000000068.
14. Solomin L, Slongo T. Long Bone Defect Classification: What It Should Be?. *Journal of Bone Reports and Recommendations.* 2016; 1-2. doi:10.4172/2469-6684.100016.
15. Santis D, Lucoli P, Polimanti D. Definitive treatment of open tibia fractures. *Lo Scalpello – Journal.* 2023 Sep;37,2:90-95. doi: <https://doi.org/10.36149/0390-5276-287>.
16. Tetsworth KD, Burnand HG, Hohmann E, Glatt V. Classification of Bone Defects: An Extension of the Orthopaedic Trauma Association Open Fracture Classification. *J Orthop Trauma.* 2021 Feb 1;35(2):71-76. doi: 10.1097/BOT.0000000000001896.
17. Salih S, Mills E, McGregor-Riley J, Dennison M, Royston S. Transverse debridement and acute shortening followed by distraction histogenesis in the treatment of open tibial fractures with bone and soft tissue loss. *Strategies Trauma Limb*

- Reconstr. 2018 Nov;13(3):129-135. doi: 10.1007/s11751-018-0316-z.
18. Tetsworth K, Paley D, Sen C, Jaffe M, Maar DC, Glatt V, Hohmann E, Herzenberg JE. Bone transport versus acute shortening for the management of infected tibial non-unions with bone defects. *Injury*. 2017 Oct;48(10):2276-2284. doi: 10.1016/j.injury.2017.07.018.
19. Wen H, Zhu S, Li C, Xu Y. Bone transport versus acute shortening for the management of infected tibial bone defects: a meta-analysis. *BMC Musculoskelet Disord*. 2020 Feb 6;21(1):80. doi: 10.1186/s12891-020-3114-y.
20. Sigmund IK, Ferguson J, Govaert GAM, Stubbs D, McNally MA. Comparison of Ilizarov Bifocal, Acute Shortening and Re-lengthening with Bone Transport in the Treatment of Infected, Segmental Defects of the Tibia. *J Clin Med*. 2020 Jan 28;9(2):279. doi: 10.3390/jcm9020279.
21. El-Rosasy MA. Acute shortening and re-lengthening in the management of bone and soft-tissue loss in complicated fractures of the tibia. *J Bone Joint Surg Br*. 2007 Jan;89(1):80-8. doi: 10.1302/0301-620X.89B1.17595.
22. Ferreira N, Marais LC, Serfontein C. Two stage reconstruction of septic non-union of the humerus with the use of circular external fixation. *Injury*. 2016 Aug;47(8):1713-8. doi: 10.1016/j.injury.2016.06.014.
23. Plotnikovs K, Movcans J, Solomin L. Acute Shortening for Open Tibial Fractures with Bone and Soft Tissue Defects: Systematic Review of Literature. *Strategies Trauma Limb Reconstr*. 2022 Jan-Apr;17(1):44-54. doi: 10.5005/jp-journals-10080-1551.
24. Laine JC, Cherkashin A, Samchukov M, Birch JG, Rathjen KE. The Management of Soft Tissue and Bone Loss in Type IIIB and IIIC Pediatric Open Tibia Fractures. *J Pediatr Orthop*. 2016 Jul-Aug;36(5):453-8. doi: 10.1097/BPO.0000000000000492.
25. Atbasi Z, Demiralp B, Kilic E, Kose O, Kurklu M, Basbozkurt M. Angiographic evaluation of arterial configuration after acute tibial shortening. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2014 Dec;24(8):1587-95. doi: 10.1007/s00590-013-1327-6.
26. Hernández-Irizarry R, Quinnan SM, Reid JS, Toney CB, Rozbruch SR, Lezak B, et al. Intentional Temporary Limb Deformation for Closure of Soft-Tissue Defects in Open Tibial Fractures. *J Orthop Trauma*. 2021 Jun 1;35(6):e189-e194. doi: 10.1097/BOT.0000000000001988.
27. Schmidt AH. Autologous bone graft: Is it still the gold standard? *Injury*. 2021 Jun;52 Suppl 2: S18-S22. doi: 10.1016/j.injury.2021.01.043.
28. Stahl A, Yang YP. Regenerative Approaches for the Treatment of Large Bone Defects. *Tissue Eng Part B Rev*. 2021 Dec;27(6):539-547. doi: 10.1089/ten.TEB.2020.0281.
29. Dimitriou R, Mataliotakis GI, Angoules AG, Kanakaris NK, Giannoudis PV. Complications following autologous bone graft harvesting from the iliac crest and using the RIA: a systematic review. *Injury*. 2011 Sep;42 Suppl 2: S3-15. doi: 10.1016/j.injury.2011.06.015.
30. Mauffrey C, Barlow BT, Smith W. Management of segmental bone defects. *J Am Acad Orthop Surg*. 2015 Mar;23(3):143-53. doi: 10.5435/JAAOS-D-14-00018.
31. Pereira R, Perry WC, Crisolago PA, Liette MD, Hall B, Hafez Hassn SG, et al. Membrane-Induced Technique for the Management of Combined Soft Tissue and Osseous Defects. *Clin Podiatr Med Surg*. 2021 Jan;38(1):99-110. doi: 10.1016/j.cpm.2020.09.005.
32. Lioudakis E, Giannoudis VP, Sehmisch S, Jha A, Giannoudis PV. Bone defect treatment: does the type and properties of the spacer affect the induction of Masquelet membrane? Evidence today. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2022 Dec;48(6):4403-4424. doi: 10.1007/s00068-022-02005-x. Epub 2022 Jun 21.
33. Dai K, Deng S, Yu Y, Zhu F, Wang J, Liu C. Construction of developmentally inspired periosteum-like tissue for bone regeneration. *Bone Res*. 2022 Jan 3;10(1):1. doi: 10.1038/s41413-021-00166-w.
34. Durand M, Barbier L, Mathieu L, Poyot T, Demoures T, Souraud JB, et al. Towards Understanding Therapeutic Failures in Masquelet Surgery: First Evidence that Defective Induced Membrane Properties are Associated with Clinical Failures. *J Clin Med*. 2020 Feb 6;9(2):450. doi: 10.3390/jcm9020450.
35. Xie J, Wang W, Fan X, Li H, Wang H, Liao R, Hu Y, Zeng M. Masquelet technique: Effects of vancomycin concentration on quality of the induced membrane. *Injury*. 2022 Mar;53(3):868-877. doi: 10.1016/j.injury.2021.11.003.
36. Gouron R. Surgical technique and indications of the induced membrane procedure in children. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2016 Feb;102(1 Suppl): S133-9. doi: 10.1016/j.otsr.2015.06.027.
37. Ahmed H, Shakshak M, Trompeter A. A review of the Masquelet technique in the treatment of lower limb critical-size bone defects. *Ann R Coll Surg Engl*. 2023 Jun 27. doi: 10.1308/rcsann.2023.0022.
38. Wang P, Wu Y, Rui Y, Wang J, Liu J, et al. Masquelet technique for reconstructing bone defects in open lower limb fracture: Analysis of the relationship between bone defect and bone graft. *Injury*. 2021 Apr;52(4):988-995. doi: 10.1016/j.injury.2020.12.009.
39. Alford AI, Nicolaou D, Hake M, McBride-Gagyi S. Masquelet's induced membrane technique: Review of current concepts and future directions. *J Orthop Res*. 2021 Apr;39(4):707-718. doi: 10.1002/jor.24978.
40. Frese J, Schulz AP, Kowald B, Gerlach UJ, Frosch KH, Schoop R. Treatment outcome of the Masquelet technique in 195 infected bone defects-A single-center, retrospective case series. *Injury*. 2023 Oct;54(10):110923. doi: 10.1016/j.injury.2023.110923.
41. Utomo DN, Hernugrahanto KD, Edward M, Widhiyanto L, Mahyudin F. Combination of bone marrow aspirate, cancellous bone allograft, and platelet-rich plasma as an alternative solution to critical-sized diaphyseal bone defect: A case series. *Int J Surg Case Rep*. 2019; 58:178-185. doi: 10.1016/j.ijscr.2019.04.028.
42. Dye NB, Vagts C, Manson TT, O'Toole RV. Estimation of tibial shaft defect volume using standard radiographs: development and validation of a novel technique. *Injury*. 2015 Feb;46(2):299-307. doi: 10.1016/j.injury.2014.08.005.
43. Belthur MV, Conway JD, Jindal G, Ranade A, Herzenberg JE. Bone graft harvest using a new intramedullary system. *Clin Orthop Relat Res*. 2008 Dec;466(12):2973-80. doi: 10.1007/s11999-008-0538-3.

Main Surgical Methods of Critical Tibial Bone Defects Replacement (Literature Review). Part I

*Hrytsai M.P.¹, Kolov H.B.¹, Sabadosh V.I.¹, Vyderko R.V.¹, Polovyi A.S.¹, Hutsailiuk V.I.¹
¹SI «Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine», Kyiv*

Summary. *The literature review is devoted to the main methods of critical bone defects replacement of the tibia. A search in the PubMed database for the period 2007-2023 was carried out. Preference was given to the material of the last 5 years; the advantages and disadvantages of the most popular methods of treatment are shown. This article provides a descriptive, non-systematic review of the current literature on methods of tibial bone defect replacement and possible directions for future research. A thorough search in the PubMed database was performed using relevant search terms, with peer-reviewed articles in English identified and evaluated. No rigid inclusion or exclusion criteria were used to select articles for full text review. Instead, a subjective assessment was made of the relevance of individual articles to the overall narrative and surgical technique review, which ultimately resulted in 43 articles being referenced. Two additional references were found, independent of the initial search.*

Keywords: *bone defect; critical defect; tibia; acute shortening; bone autoplasty; Masquelet technique.*

Хірургічна тактика лікування ушкоджень передньої схрещеної зв'язки в гострому періоді (огляд літератури)

Коструб О.О.¹, Блонський Р.І.¹, Волос О.В.²✉

Резюме. В роботі представлено теоретичне і практичне обґрунтування сучасних аспектів клінічної картини, діагностики та лікування ушкодження передньої схрещеної зв'язки у гострий період за даними вітчизняної та закордонної літератури.

Ключові слова: ушкодження передньої схрещеної зв'язки, відновлення передньої схрещеної зв'язки в гострий період, нестабільність колінного суглобу, артроскопія, анатомія, реконструкція, реабілітація.

Вступ

В наш час у нашій країні і в світі загалом спостерігається тенденція щодо підвищення зацікавленості людей різними видами спорту, часто можна спостерігати перехід від аматорського до професійного спорту, що потребує формування якісно нового рівня функціональної готовності спортсменів. Намагання форсувати даний процес одночасно зі збільшенням фізичних навантажень, ускладненням технічних прийомів на тренуваннях, призводить до збільшення частоти травм передньої схрещеної зв'язки. Лікарі ортопеди-травматологи мають великий клінічний і дослідницький інтерес щодо відновлення передньої схрещеної зв'язки, при цьому отримані нові біомеханічні, біологічні та клінічні дані допомагають розвивати сучасні концепції лікування ушкоджень передньої схрещеної зв'язки (ПСЗ) спрямовані на збереження ПСЗ та збільшення зусиль щодо запобігання та профілактики її ушкодження.

Актуальність

Розрив передньої схрещеної зв'язки (ПСЗ) – найбільш часта травма зв'язок колінного суглобу. Цю травму діагностують щороку близько у 68,6 осіб на 100 000 населення. Погіршує ситуацію те, що ушкодження колінного суглоба дуже часто зустрічаються у осіб молодого віку, що займаються фізичною культурою та спортом. Без належного

лікування розрив ПСЗ може призвести не лише до закінчення спортивної кар'єри, але й до незворотних ушкоджень в колінному суглобі у віддалений термін та ще більших ушкоджень при повторних травмах [1].

З впровадженням сучасних методів відновлення саме відновлення передньої схрещеної зв'язки знаходиться в центрі уваги. Хоча початкові позитивні короткострокові результати після відкритого відновлення ПСЗ були представлені ще в 1970-х роках, але середньострокові результати погіршилися. Були повідомлення про значну частоту повторного ушкодження після відновлення ПСЗ у 17 із 32 пацієнтів, яким проводили відкриті операції та п'ятирічний контроль. Техніка, яка використовувалася для відкритого відновлення ПСЗ, включала артротомію, ушивання ПСЗ із просвердленням отворів у стегновій кістці та іммобілізацію гіпсовою пов'язкою протягом 4-6 тижнів. Ця відкрита техніка відновлення була замінена артроскопічною аутотендопластиком ПСЗ у 1980-х роках. Відновлення за допомогою аутотендопластики ПСЗ є золотим стандартом хірургічного лікування розриву ПСЗ, незважаючи на низку проблем, пов'язаних із цією операцією: біль у передньому відділі коліна, слабкість м'язів підколінного сухожилля після збору, ротаційна нестабільність з опорним зсувом, повторним розривом і лише від 50 до 65 % спортсменів повертаються у спорт до того рівня фізичних можливостей, який був до травми [2]. Ще одним недоліком звичайної аутотендопластики ПСЗ є тривалий період реабілітації. У середньому пацієнти повертаються до роботи через 11 тижнів і можуть повернутися до спорту через 9-12 місяців. Аутотендопластика ПСЗ має величезний соціально-економічний вплив, оскільки

✉ ²Волос О.В., sasha_n999@yahoo.com

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

² КНП «Надвірнянська ЦРЛ» м. Надвірна, Івано-Франківська обл.

більшість травм ПСЗ трапляються у людей працездатного віку [3]. У пацієнтів без оперативного лікування ПСЗ колінного суглоба спостерігається ризик розвитку остеоартриту середнього ступеня у 4,71 рази та важкого ступеня у 2,41 рази частіше ніж у пацієнтів після аутогендопластики ПСЗ. Власне тому останнім часом ми можемо спостерігати зростаючий інтерес до збереження ПСЗ як варіанту можливо кращого відновлення нативної анатомії, біомеханіки та нейросенсорної функції ПСЗ. Причиною цієї зміни парадигми є прогрес у якості магнітно-резонансної томографії МРТ, регенеративної медицини та можливості тканинної інженерії, артроскопічні методи та інструменти, а також краще оцінювання важливості ранньої мобілізації в реабілітації. Відновлення спрямоване на збереження властивості нативної ПСЗ здатності до загоєння, пропріоцептивної функції та кінематики колінного суглоба. Гістологічний аналіз демонструє, що проксимальна третина ПСЗ має високу здатність щодо загоєння, подібну до медіальної колатеральної зв'язки, і що проксимальні та дистальні залишки розірваної ПСЗ є багатими на механорецептори [3,4,5]. Відновлення ПСЗ тепер може бути виконано артроскопічно з використанням новітніх пристроїв, що дозволяє безпосередньо зберегти натяг та прифіксувати залишок проксимальної частини ПСЗ до місця її прикріплення, тоді як передові підходи до реабілітації з акцентом на ранніх рухах допомагають пом'якшити високі показники скутості та виснажливого пателлофemorального болю, які спостерігалися в попередніх випадках. Також проведено порівняння клінічних та рентгенографічних результатів між відновленням ПСЗ та аутогендопластикою протягом мінімум 2 років спостереження [6].

Ахтніх та співавт. у порівняльному дослідженні між відновленням ПСЗ та аутогендопластикою ПСЗ проведеному у 2016 році, повідомили про 15 % негативних результатів у групі відновлення ПСЗ проти 0 % у групі аутогендопластики та підтвердили наявність ПСЗ на МРТ у 100 % випадків аутогендопластики проти 86 % випадків відновлення за середнього періоду спостереження 28 місяців. Проте вони прийшли до висновку, що відновлення є розумним вибором у вибраній популяції пацієнтів і може відновити стабільність і дати хороші функціональні результати, порівняні з результатами аутогендопластики, висновок, який повторили Тейлор та співавт. у їх систематичному огляді 2015 року. Зокрема ще одним із основних факторів хорошого результату є вибір техніки операції відповідно типу розриву ПСЗ [7,8].

Етіологія та патогенез

ПСЗ складається з двох пучків, які названі за

їхніми відносними місцями кріплення до великогомілкової кістки: передньо-медіальний (AM) і задньо-латеральний (PL). AM пучок майже ізометричний з тенденцією до трохи більшого натягу під час згинання, ніж при розгинанні. Завдяки цій якості AM пучок вважається центром обертання ПСЗ. Пучок PL не такий натягнутий при згинанні та натягується більше під час кінцевого діапазону розгинання. Цей зв'язок дозволяє AM пучку забезпечувати як обертальну, так і трансляційну (сагітальна площина) стабільність, тоді як PL пучок забезпечує більшу ротаційну стабільність.

Ірушіма з співавт. описали, що ПСЗ має меншу площу поперечного перерізу в середній частині порівняно з його великогомілковою та стегною частинами. Крім того, ПСЗ має смугоподібну форму по довжині, розширюючись, як труба, у місці прикріплення до великогомілкової кістки та серпоподібну форму у місці кріплення до стегнової кістки.

Існує три основні механізми ушкодження ПСЗ: прямий контакт, непрямий контакт і безконтактний. Травми від прямого контакту виникають, коли сила безпосередньо діє по коліну. Травми від непрямого контакту виникають, коли сила діє на частину тіла, окрім самого коліна, спричиняючи передачу надмірних сил через коліно (наприклад, прямий удар по стегну, що переводить стегнову кістку в задній бік відносно гомілкової кістки), що призводить до ушкодження ПСЗ. Безконтактні травми виникають, коли сила уповільнення або зміни напрямку (поворотна) застосовується до коліна, але часто викликає передчасне нервово-м'язове напруження навколо коліна, що спричиняє трансляцію великогомілкової кістки на стегнову кістку, що призводить до ушкодження ПСЗ. На безконтактні механізми припадає 60-70 % ушкоджень ПСЗ. Більшість розтягувань і розривів передньої хрестоподібної зв'язки відбуваються через травму, як правило, в спорті чи фітнесі. Зв'язка розтягується або розривається, коли при зафіксованій стопі і гомілці коліно блокується і крутиться або повертається одночасно, так зване скручування в коліні. Це часто відбувається в баскетболі, футболі, волейболі та гімнастиці, де раптова зміна напрямку підсилює і пошкоджує зв'язковий апарат. Ці травми безконтактні, відбуваються на низькій швидкості і в міру уповільнення тіла.

Ушкодження ПСЗ можуть також виникати, коли великогомілкова кістка просувається вперед по відношенню до стегнової кістки. Це механізм травми, яка виникає через падіння під час катання на лижах, від прямого удару по передній або бічній частині коліна (наприклад, у футболі, карате та інших контактних видах спорту (Рис. 1)) або в автомобільній аварії.



Рис. 1. Механізм отримання травми.

На даний час відновлення ПСЗ рекомендують проводити у гострій стадії, у цей період досягнуто найкращих результатів. Гостра стадія ушкодження ПСЗ вважається від дня травми до 21 дня. Так само оптимальний вік для відновлення – 21 рік і старше.

Тип ушкодження ПСЗ Шерман 1 (Рис. 2) вважається найбільш оптимальним для відновлення ПСЗ у гострій стадії [9].

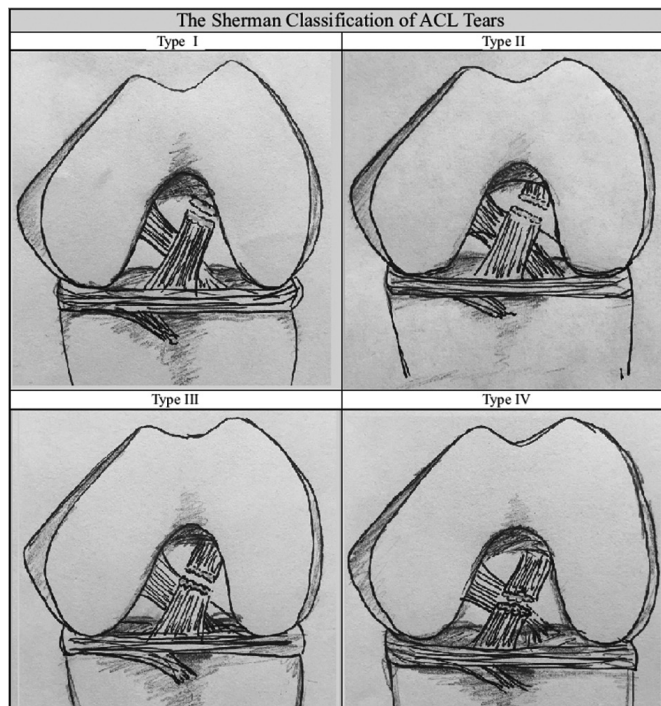


Рис. 2. Класифікація ушкодження ПСЗ за Шерман.

Вигляд ушкодженої проксимальної частини ПСЗ на МРТ (Рис. 3).

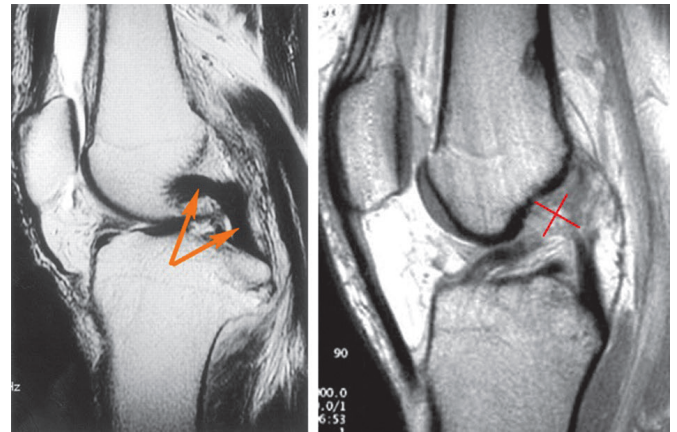


Рис. 3. МРТ ушкодження проксимальної частини ПСЗ.

Наразі існує 4 типи найбільш розповсюджених операцій по відновленню ПСЗ.

Динамічна інтралігаментарна стабілізація (Dynamic intraligamentary stabilization (DIS))

У 2012 році Сандро Коль та ін. опублікував результати дослідження на тваринах нової техніки відновлення ПСЗ, динамічної інтралігаментарної стабілізації (DIS, Ligamys, Mathys Ltd., Bettlach, Швейцарія). Розірвана ПСЗ відновлюється за допомогою полідіоксанонових швів (PDS), а коліно стабілізується міцним швом на ПСЗ, який фіксується в гомілковій кістці за допомогою пружинно-гвинтової системи (Рис. 4) [10,11,12]. У 2014 році жорстка фіксація була використана для відновлення ПСЗ, яка була пошкоджена під час циклічного навантаження. Завдяки створенню динамічної фіксації, яка відновлювала передньо-задню (ПЗ) стабільність і могла протистояти повторюваним циклічним силам, було створено біомеханічно стабільне середовище, в якому ПСЗ могла відновлюватись. Наступного року було повідомлено про результати лікування перших 10 пацієнтів із DIS з дворічним спостереженням. Це лікування призвело до стабільного клінічного та радіологічного загоєння розірваної ПСЗ у всіх, крім одного пацієнта цієї першої серії. Було досягнуто нормальний рівень роботи колінного суглоба, повідомлено про відмінні результати і можливість пацієнта повернутися до попереднього рівня спортивної активності [13,14,15]. Серія випадків із спостереженням за 278 пацієнтами, яким проводили DIS з приводу гострого розриву ПСЗ із середнім періодом спостереження 14 місяців, продемонструвала не гірші результати із частотою повторного розриву 2,9%. Таким чином, наприкінці 2014 року розробники методики DIS представили багатообіцяючі результати нового лікування ПСЗ [16,17,18].

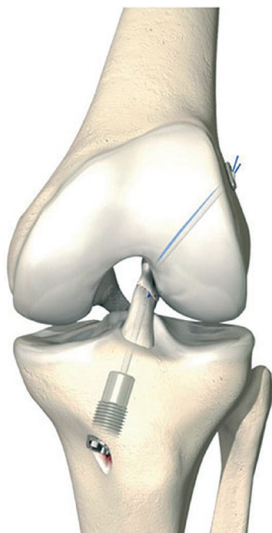


Рис. 4. Динамічна інтралігаментарна стабілізація лівого колінного суглоба, вид спереду. Це зображення можна знайти в брошурі «Хірургічна техніка Ligamys», Mathys Ltd. Bettlach. Компанія Mathys Ltd. Bettlach надала дозвіл на використання цього зображення в журнальній статті.

Аугментація шовною стрічкою (Internal brace)

Техніка аугментації шовною стрічкою, яку також називають підсиленням шовною стрічкою або технікою нарощування внутрішньої фіксуєючої зв'язки (Internal Brace, Arthrex GmbH, Неаполь, штат Флорида, США), є технікою відновлення, яку можна використовувати для всіх зв'язок колінного суглоба, включаючи ПСЗ, а також для зв'язок щиколотки, ліктя та плеча. Розірвані частини ПСЗ з'єднуються швом ласо та захищаються високоміцною стрічкою шириною 2 мм, яка діє як внутрішня скоба, щоб забезпечити оптимальне середовище для відновлення ПСЗ (Рис. 5). Цей внутрішній бандаж зміцнює зв'язку як вторинний стабілізатор, захищає її під час фази відновлення та підтримує ранню мобілізацію [19]. Хейтман та інш. опублікував у 2014 році результати біомеханічного дослідження проведеного на свинях. У цьому дослідженні доповнене аугментацією шовною стрічкою відновлена ПСЗ забезпечує значно вищу стабільність порівняно з її ізольованим шовним відновленням або аутогендопластиком за допомогою сухожиль групи семі. МакКай та інш. опублікував у 2015 році огляд аугментації зв'язок за допомогою внутрішньої фіксації, що містить результати однорічного спостереження 68 пацієнтів. Результати цього дослідження свідчать про те, що при короткостроковому спостереженні відновлення за допомогою техніки аугментації шовною стрічкою є принаймні настільки ж ефективним у відновленні стабільності та функції коліна, як і традиційна

операція аутогендопластики ПСЗ. Результати дво-річного спостереження за 42 пацієнтами, яких отримували лікування за методикою аугментації шовною стрічкою, показали значне покращення функції колінного суглоба. Два з 42 пацієнтів (4,8%) повідомили про повторний розрив ПСЗ. В результаті автори прийшли до висновку, що відновлення за допомогою цієї методики може бути клінічно значущим як варіант лікування пацієнтів з гострим розривом проксимальної частини ПСЗ, яка не втягується і має хорошу якість тканин [20,21,22].

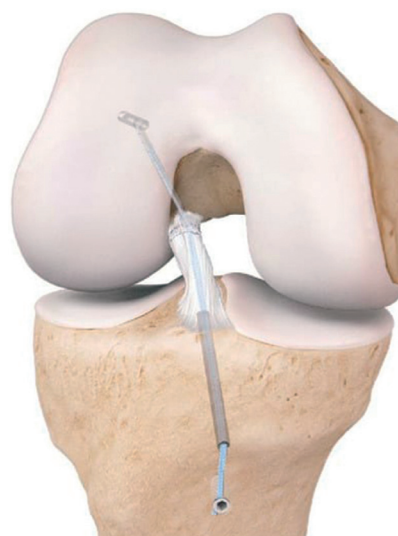


Рис. 5. Аугментація ПСЗ правого колінного суглоба, вид спереду. Це зображення можна знайти в брошурі «Первинна корекція ПСЗ за допомогою внутрішньої хірургічної техніки», Arthrex GmbH. Компанією Arthrex GmbH було надано дозвіл на використання цього зображення в журнальній статті.

Первинне відновлення ПСЗ за допомогою анкерного шва (Suture anchor primary re-fixation (SAPR))

Діфеліс та інш. опублікував у 2015 році результати раннього спостереження 11 випадків пацієнтів, які отримали відновлення ПСЗ за допомогою шовного кріплення (SAPR) із середнім періодом спостереження 3,5 роки. За методикою (SAPR) розірвана ПСЗ прошивалась, починаючи з неушкодженої дистальної частини зв'язки, по черзі передньо-медіальний і задньо-боковий пучки, рухаючись до місця розриву у проксимальній частині. Шви фіксували за допомогою шовного фіксатора на передньо-медіальній та задньо-латеральній ділянці стегнової кістки (Рис. 6). У даному дослідженні у одного пацієнта стався повторний розрив, а у одного пацієнта була розбіжність KT-1000 AP на 6 мм. В результаті автори прийшли до

висновку, що ця методика може досягти коротко-строгового клінічного успіху у ретельно відібраній групі пацієнтів з проксимальними розривами та відмінною якістю тканин. Дані клінічні результати зберігалися у середній період спостереження $6,0 \pm 1,5$ роки. У наступні роки Діфеліс та Ван Дер Ліст виконали масштабну роботу з сучасного відновлення ПСЗ. Вони запропонували алгоритм лікування ушкоджень ПСЗ, який базується на місці розриву та якості тканини [23,24]. Ретроспективне дослідження 52 відновлень і 90 аутогендопластик показало, що після відновлення пацієнти мали кращий діапазон рухів і тенденцію до меншої кількості ускладнень, ніж при аутогендопластиці. Відновлення було більш імовірно можливим у пацієнтів більш старшого віку, пацієнтів з низьким індексом маси тіла (ІМТ) і у випадках, якщо операція була виконана протягом чотирьох тижнів після травми [25]. Результати різних досліджень показали, що розташування розриву та якість тканини на передопераційній МРТ можуть передбачити придатність для артроскопічного відновлення ПСЗ, а післяопераційна МРТ точно прогнозує ймовірність повторного розриву відновленої ПСЗ [26,27,28].

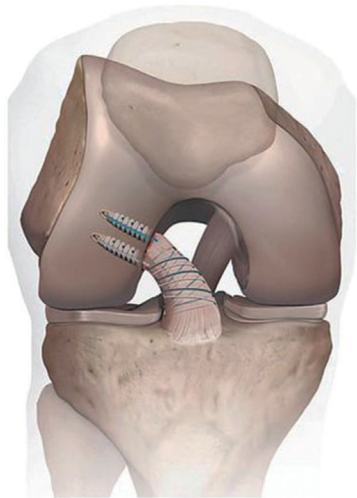


Рис. 6. Відновлення первинної передньої схрещеної зв'язки правого колінного суглоба якорним швом, вид спереду. Це зображення можна знайти в брошурі «ACL Primary Repair Surgical Technique», Arthrex GmbH. Компанією Arthrex GmbH було надано дозвіл на використання цього зображення в журнальній статті.

Відновлення ПСЗ за допомогою системи (Bridge-Enhanced Anterior Cruciate Ligament Repair (BEAR))

Порівняно з раніше згаданими методиками відновлення, було опубліковано результати широких фундаментальних досліджень та дослідження

на тваринах щодо методу відновлення ПСЗ за допомогою системи (BEAR). Техніка (BEAR) передбачає накладення швів на зв'язку в поєднанні з біоактивним каркасом для усунення розриву між розірваними кінцями зв'язки (Рис. 7). У 2016 році проведено перше когортне дослідження на людях, в якому порівнювалась методика (BEAR) з аутогендопластиком ПСЗ, оцінка результатів проводилась через три місяці після операції. Результати цього дослідження свідчать про те, що частота побічних реакцій процедури (BEAR) була досить низькою, щоб вимагати дослідження ефективності у більшій групі пацієнтів. Після дворічного спостереження не було виявлено невдалих відновлень, і методика (BEAR) показала подібні результати як і аутогендопластика ПСЗ з аутогендопластиком підколінного сухожилля. Рандомізоване контрольоване дослідження (РКД) за участю 65 пацієнтів, яким провели (BEAR) проти 35 пацієнтів, яким проводили аутогендопластику ПСЗ, показало подібні результати в обох групах лікування [29,30,31].

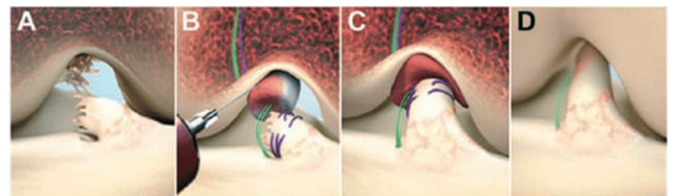


Рис. 7. Відновлення передньої хрестоподібної зв'язки із застосуванням (BEAR), вид спереду правого коліна: (А) Розрив ПСЗ; (В) Скафолд насичений кров'ю пацієнта; (С) Кукса ПСЗ підтягується до насиченого каркаса; (D) Відновлення ПСЗ.

Перспектива

Одним із найважливіших висновків раніше згаданих статей щодо відновлення ПСЗ за останнє десятиліття є те, що ПСЗ має здатність до відновлення та згодом відновити стабілізацію коліна. Загоєння ПСЗ і наступна стабілізація колінного суглоба була доведена клінічно, підтверджено під час реартроскопії та МРТ. Відновлення ПСЗ має свої особливості у порівнянні з іншими зв'язками коліна.

Постійне оточення синовіальною рідиною в колінному суглобі перешкоджає утворенню стабільного фібрино-тромбоцитарного згустку між розірваними кінцями ПСЗ, який, у свою чергу, утворює стабільну рубцеву тканину. Притягуючи розірвані кінці ПСЗ один до одного (DIS/Internal brace/SAPR) або розміщуючи біологічно активний каркас для усунення розриву між кінцями розірваних зв'язок (BEAR), синовіальна рідина не перешкоджає утворенню стабільної рубцевої тканини [32,33,34].

Відновлення ПСЗ може бути перспективною хірургічною технікою з раніше згаданими теоретичними перевагами перед аутотендопластиком ПСЗ. Залишається відкритим питання, чи можна продемонструвати ці переваги в клінічній практиці і чи не погіршаться проміжні результати, як у 1970-х роках зі старими методами відновлення ПСЗ. Чи може це змінити ситуацію чи історія повториться? [35].

Чотири описані раніше методи відновлення ПСЗ демонструють багатообіцяючі результати, що спонукало розробників до проведення подальших досліджень.

По-перше, було підтверджено, що ПСЗ здатна відновлюватись за допомогою сучасних артроскопічних методів відновлення ПСЗ [36].

По-друге, відновлена ПСЗ здатна знову стабілізувати функцію колінного суглобу.

По-третє, частота повторного розриву від 0 до 10 % за результатами перших невеликих досліджень про випадки з дворічним спостереженням була багатообіцяючою. Ця частота повторного розриву зросла до 2,9 – 14 % у дослідженнях із більшою кількістю пацієнтів, але все одно вважається прийнятною [37].

Згодом були опубліковані клінічні результати ранніх адаптацій методів відновлення ПСЗ, і дискусія стала більш різноманітною. Порівняно з результатами розробників, здавалося, що загальний рівень повторних розривів і повторних операцій був вищим з інших причин. Особлива увага надається відбору пацієнтів. Факторами ризику негативних результатів є молодий вік, високий рівень спортивної активності до травми, розриву середньої субстанції та порушення цілісності пучків ПСЗ та синовіальної оболонки. У п'ятирічному дослідженні з 57 пацієнтами з (DIS) Ахмад та ін. підкреслили потенціал відновлення ПСЗ, але також зазначив небезпеку процедури, якщо не проводити суворого відбору пацієнтів. Навпаки, більш висока частота повторних розривів і повторних операцій не були відображені в трьох опублікованих на даний момент РКД. Два РКД (DIS) проти реконструкції ПСЗ та (BEAR) проти реконструкції ПСЗ з дворічним спостереженням не показали суттєвої різниці у частоті повторних розривів. Три РКД повідомили про не гірші або порівнянні результати щодо відновлення ПСЗ порівняно з аутотендопластиком ПСЗ [38].

Кількість відгуків про відновлення ПСЗ вражає. За останні чотири роки було опубліковано 12 оглядів щодо відновлення ПСЗ. Загальний консенсус у цих оглядах полягає в тому, що необхідні проспективні дослідження, які б порівнювали відновлення ПСЗ з аутотендопластиком з достатнім

спостереженням в динаміці. Два огляди віддають перевагу аутотендопластиці ПСЗ, а не відновленню. Три огляди стосуються недостатньої кількості високоякісних доказів, що ускладнює визначення ролі відновлення ПСЗ. Сім інших оглядів підкреслюють багатообіцяючі результати або описують відновлення ПСЗ як (безпечний) варіант лікування гострого розриву ПСЗ [39,40].

На даний час ведуться дискусії щодо відновлення ПСЗ. Багато публікацій за останні кілька років показали, що розірвана ПСЗ здатна відновитись, але вибір пацієнтів є вкрай критичним.

Недоліком пацієнтів із тривалою нестабільністю, які отримували консервативне лікування ПСЗ, є зменшення можливості успішного відновлення ПСЗ через 3–6 місяців.

Іншою цікавою подією є краще розуміння важливості передньо-латерального комплексу. Відновлення ПСЗ разом із передньо-латеральним позасуглобовим комплексом може зменшити частоту повторного розриву. Це особливо важливо для пацієнтів молодше 25 років і спортсменів високого рівня [41].

Відновлення ПСЗ зберігає нативне місце прикріплення, а також нативні пропріорецептори, що у свою чергу, може призвести до більш фізіологічної механіки суглоба та зниження ризику посттравматичного остеоартриту. Довгострокове спостереження має показати чи відновлення ПСЗ, на відміну від аутотендопластики ПСЗ, або консервативного лікування, захищає від підвищеного ризику посттравматичного остеоартриту.

Аутотендопластика ПСЗ все ще залишається золотим стандартом, доки додаткові дані щодо відновлення ПСЗ не підтвердять протилежне. Таким чином, усі пацієнти з відновленням ПСЗ повинні перебувати під ретельним наглядом і спостереженням [42,43].

Все викладене вище обумовлює актуальність майбутнього дослідження.

Висновки

Враховуючи все вищезазначене слід зробити висновок, що ефективність лікування розриву ПСЗ в гострий період після травми, залежить від індивідуального підходу до пацієнта: місця розриву, виду розриву, методу відновлення, віку пацієнта та його фізичної активності. Вибір хірургічної техніки не має критичного та принципового значення, про переваги одного чи іншого з методів можна буде стверджувати при порівнянні однакових груп пацієнтів протягом однакового часу, але вже зараз можна виділити такі важливі моменти,

які покращать результати лікування, це аугментація ПСЗ шовною стрічкою та інтраопераційне застосування клітинних технологій, таких як насичення культі ПСЗ плазмою збагаченою факторами росту, які будуть покращувати процеси загоєння ПСЗ. У зв'язку з чим надзвичайно важливим фактором для ефективного лікування є своєчасна якісна діагностика та комплексний підхід до пацієнта.

References

- Sanders TL, Kremers MH, Bryan AJ, Larson DR, Dahm DL, Levy BA, et al. Incidence of Anterior Cruciate Ligament Tears and Reconstruction: A 21-Year Population-Based Study. *Am J Sports Med.* 2016;44(6):1502-7. doi: 10.1177/0363546516629944.
- Hoogeslag RAG, Brouwer RW, Boer BC, de Vries AJ. Acute Anterior Cruciate Ligament Rupture: Repair or Reconstruction? Two-Year Results of a Randomized Controlled Clinical Trial. *Am J Sports Med.* 2019 Mar;47(3):567-577. doi: 10.1177/0363546519825878.
- Lind DRG, Patil RS, Amunategui MA, DePhillipo NN. Evolution of anterior cruciate ligament reconstruction & graft choice: a review. *Ann Joint* 2023;8:19. doi: 10.21037/aoj-22-39.
- Malahias MA, Chytas D, Nakamura K, Raouliet V, Yokotal M. A Narrative Review of Four Different New Techniques in Primary Anterior Cruciate Ligament Repair: «Back to the Future» or Another Trend? *Sports Med – Open.* 2018;4:37-49. doi: 10.1186/s40798-018-0145-0.
- Van der List JP, Jonkergouw A, van Noort A, Kerkhoffs GMMJ, DiFelice GS. Identifying candidates for arthroscopic primary repair of the anterior cruciate ligament: a case-control study. *The Knee.* 2019;26(3):619-27. doi: 10.1016/j.knee.2019.02.004.
28. Vermeijden HD, Yang XA, van der List JP, DiFelice GS. Role of Age on Success of Arthroscopic Primary Repair of Proximal Anterior Cruciate Ligament Tears. *Arthroscopy.* 2021;37(4):1194-201. doi: 10.1016/j.arthro.2020.11.024.
- Van der List JP, DiFelice GS. Preoperative magnetic resonance imaging predicts eligibility for arthroscopic primary anterior cruciate ligament repair. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2018;26:660-71. doi: 10.1007/s00167-017-4646-z.
- Ateschrang A, Schreiner AJ, Ahmad SS, Schröter S, Hirschmann MT, Körner D, et al. Improved results of ACL primary repair in one-part tears with intact synovial coverage. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2019 Jan;27(1):37-43. doi: 10.1007/s00167-018-5199-5.
- Raines BT, Naclerio E, Sherman SL. Management of Anterior Cruciate Ligament Injury. *Indian Journal of Orthopaedics.* 2017;51:563-75. doi: 10.4103/ortho.IJOrtho_245_17.
- Ahmad SS, Schreiner AJ, Hirschmann MT, Schröter S, Döbele S, Ahrend MD, et al. Dynamic intraligamentary stabilization for ACL repair: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2019 Jan;27(1):13-20. doi: 10.1007/s00167-018-5301-z.
- Henle Ph, Röder Ch, Perler G, Heitkemper S, Egli S. Dynamic Intraligamentary Stabilization (DIS) for treatment of acute anterior cruciate ligament ruptures: case series experience of the first three years. *BMC Musculoskelet Disord.* 2015;16(27):1-9. doi: 10.1186/s12891-015-0484-7.
- Kohl S, Evangelopoulos DS, Schär MO, Bieri K, Müller T, Ahmad SS. Dynamic intraligamentary stabilisation: initial experience with treatment of acute ACL ruptures. *Bone Joint J* 2016;98(B):793-8. doi: 10.1302/0301-620X.98B6.35040.
- Kösters C, Glasbrenner J, Raschke M, Lenschow S, Herbert M, Schliemann B. Clinical outcome 5 years after Dynamic Intraligamentary Stabilization of acute ACL ruptures. *Orthop. Orthopaedic Journal of Sports Medicine.* 2019;7(6):4. doi: 10.1177/2325967119800239.
- Ahmad SS, Schürholz K, Liechti EF, Hirschmann MT, Kohl S, et al. Seventy percent long-term survival of the repaired ACL after dynamic intraligamentary stabilization. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2020;28:594-8. doi: 10.1007/s00167-019-05749-z.
- Osti M, El Attal R, Doskar W, Höck P, Smekal V. High complication rate following dynamic intraligamentary stabilization for primary repair of the anterior cruciate ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2019 Jan;27(1):29-36. doi: 10.1007/s00167-018-5067-3.
- Ateschrang A, Ahmad SS, Stöckle U, Schroeter S, Schenk W, Ahrend MD. Recovery of ACL function after dynamic intraligamentary stabilization is resultant to restoration of ACL integrity and scar tissue formation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2018 Feb;26(2):589-95. doi: 10.1007/s00167-017-4656-x.
- Kösters C, Glasbrenner J, Spickermann L, Kittl C, Dominick C, Herbert M, et al. Repair With Dynamic Intraligamentary Stabilization Versus Primary Reconstruction of Acute Anterior Cruciate Ligament Tears: 2-Year Results From a Prospective Randomized Study. *The American Journal of Sports Medicine.* 2020 Apr;48(5):1108-16. doi: 10.1177/0363546520905863.
- Krismer AM, Gousopoulos L, Kohl S, Ateschrang A, Kohlhof H, Ahmad SS. Factors influencing the success of anterior cruciate ligament repair with dynamic intraligamentary stabilisation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2017 Dec;25(12):3923-28. doi: 10.1007/s00167-017-4445-6.
- Heitmann M, Dratzidis A, Jagodzinski M, Wohlmuth P, Hurschler C, Püschel K et al. «Ligament bracing» – die augmentierte Kreuzbandnaht. *Unfallchirurg.* 2014;117:650-7. doi: 10.1007/s00113-014-2563-x.
- Zazulia K, Roelant E, Dossche L, van Tiggelen D, Roeykens J, Smits E, et al. Study protocol: a single-blind, multi-center, randomized controlled trial comparing dynamic intraligamentary stabilization, internal brace ligament augmentation and reconstruction in individuals with an acute anterior cruciate ligament rupture: LIBRE study. *BMC Musculoskelet Disord.* 2019 Nov 18;20(1):547. doi: 10.1186/s12891-019-2926-0.
- Ortmaier R, Fink C, Schobersberger W, Kindermann H, Leister I, Runer A, et al. Return to Sports after Anterior Cruciate Ligament Injury: a Matched-Pair Analysis of Repair with Internal Brace and Reconstruction Using Hamstring or Quadriceps Tendons. *Sportverletz Sportschaden.* 2021;35(01):36-44. doi: 10.1055/a-1019-0949.
- Van Eck CE, Limpisvasti O, ElAttrache NS. Is There a Role for Internal Bracing and Repair of the Anterior Cruciate Ligament? A Systematic Literature Review. *The American Journal of Sports Medicine.* 2018;46(9):2291-8. doi: 10.1177/0363546517717956.
- Achtlich A, Rosslenbroich S, Beitzel K, Imhoff AB, Petersen W. Arthroscopic refixation of acute proximal anterior cruciate ligament rupture using suture anchors. *Oper Orthop Traumatol.* 2017 Apr;29(2):173-9. doi: 10.1007/s00064-016-0470-8.
- Heusdens CHW, Hopper GP, Dossche L, Mackay GM. Anterior Cruciate Ligament Repair Using Independent Suture Tape Reinforcement. *Arthroscopy Techniques.* 2018;7(7):e747-e753. doi: 10.1016/j.eats.2018.03.007.
- Gagliardi AG, Carry PM, Parikh HB, Traver JL, Howell DR, Albright JC. ACL Repair With Suture Ligament Augmentation Is

Associated With a High Failure Rate Among Adolescent Patients. *The American Journal of Sports Medicine*. 2019 Mar;47(3):560-6. doi: 10.1177/0363546518825255.

26. Dougouih WA, Zade RT, Bodendorfer BM, Siddiqui Y, Lincoln AE. Anterior Cruciate Ligament Repair with Suture Augmentation for Proximal Avulsion Injuries. *Arthroscopy, Sports Medicine, and Rehabilitation*. 2020;2(5):e475-e480. doi: 10.1016/j.asmr.2020.05.003.

27. Schneider KN, Schliemann B, Gosheger G, Theil C, Weller J, Buddhdev PK, et al. Good to Excellent Functional Short-Term Outcome and Low Revision Rates Following Primary Anterior Cruciate Ligament Repair Using Suture Augmentation. *J. Clin. Med.* 2020;9(10):3068. doi: 10.3390/jcm9103068.

28. Hoffmann C, Friederichs J, von Räden C, Schaller C, Bühren V, Moessmer C. Primary single suture anchor re-fixation of anterior cruciate ligament proximal avulsion tears leads to good functional mid-term results: a preliminary study in 12 patients. *J Orthop Surg Res* 2017;12(1):171-7. doi: 10.1186/s13018-017-0678-9.

29. Murray MM, Kalish LA, Fleming BC, Flutie B, Freiburger C, Henderson RN. Bridge-Enhanced Anterior Cruciate Ligament Repair: Two-Year Results of a First-in-Human Study. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. 2019 Mar;7(3):1-9. doi: 10.1177/2325967118824356.

30. Proffen BL, Vavken P, Haslauer CM, Fleming BC, Harris CE, Machan JT, Murray MM. Addition of autologous mesenchymal stem cells to whole blood for bioenhanced ACL repair has no benefit in the porcine model. *The American Journal of Sports Medicine*. 2015;43(2):320-30. doi: 10.1177/0363546514559826.

31. Murray MM, Fleming BC, Badger GJ, Freiburger C, Henderson R, Barnett S, et al. et al. Bridge-Enhanced Anterior Cruciate Ligament Repair Is Not Inferior to Autograft Anterior Cruciate Ligament Reconstruction at 2 Years: Results of a Prospective Randomized Clinical Trial. *The American Journal of Sports Medicine*. 2020 May;48(6):1305-15. doi: 10.1177/0363546520913532.

32. DiFelice GS, van der List JP. Clinical Outcomes of Arthroscopic Primary Repair of Proximal Anterior Cruciate Ligament Tears Are Maintained at Mid-term Follow-up. *Arthroscopy*. 2018;34(4):1085-93. doi: 10.1016/j.arthro.2017.10.028.

33. Van der List JP, Jonkergouw A, van Noort A, Kerkhoffs GMMJ, DiFelice GS. Identifying candidates for arthroscopic primary repair of the anterior cruciate ligament: a case-control study. *The Knee*. 2019;26(3):619-27. doi: 10.1016/j.knee.2019.02.004.

34. Vermeijden HD, Yang XA, van der List JP, DiFelice GS. Role of Age on Success of Arthroscopic Primary Repair of Proximal Anterior Cruciate Ligament Tears. *Arthroscopy*. 2021;37(4):1194-201. doi: 10.1016/j.arthro.2020.11.024.

35. Van der List JP, DiFelice GS. Preoperative magnetic resonance imaging predicts eligibility for arthroscopic primary anterior cruciate ligament repair. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2018;26:660-71. doi: 10.1007/s00167-017-4646-z.

36. Hoogeslag RAG, Brouwer RW, Boer BC, De Vries AJ, Huis R. In 't Veld. Acute Anterior Cruciate Ligament Rupture: Repair or Reconstruction? Two-Year Results of a Randomized Controlled Clinical Trial. *The American Journal of Sports Medicine*. 2019 Mar;47(3):567-77. doi: 10.1177/0363546519825878.

37. Mahapatra P, Horriat S, Anand BS. Anterior cruciate ligament repair - past, present and future. *Journal of Experimental Orthopaedics*. 2018;5(1):20-30. doi: 10.1186/s40634-018-0136-6.

38. Van der List JP, Vermeijden HD, Siersevelt IN, DiFelice GS, van Noort A, Kerkhoffs GMMJ. Arthroscopic primary repair of proximal anterior cruciate ligament tears seems safe but higher level of evidence is needed: a systematic review and meta-analysis of recent literature. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2020;28(6):1946-57. doi: 10.1007/s00167-019-05697-8.

39. Papalia R, Torre G, Papalia G, Campi S, Maffulli N, Denaro V. Arthroscopic primary repair of the anterior cruciate ligament in adults: a systematic review. *British Medical Bulletin*. 2019 Sep 19;131(1):29-42. doi: 10.1093/bmb/ldz019.

40. Nwachukwu BU, Patel BH, Lu Y, Allen AA, Williams 3rd RJ. Anterior Cruciate Ligament Repair Outcomes: An Updated Systematic Review of Recent Literature. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2019 Jul;35(7):2233-47. doi: 10.1016/j.arthro.2019.04.005.

41. Hoogeslag RAG, Brouwer RW, de Vries AJ, Boer BC, In 't Veld RH. Efficacy of Non-augmented, Static Augmented, and Dynamic Augmented Suture Repair of the Ruptured Anterior Cruciate Ligament: A Systematic Review of the Literature. *The American Journal of Sports Medicine*. 2020 Dec;48(14):3626-37. doi: 10.1177/0363546520904690.

42. Hughes JD, Lawton CD, Nawabi DH, Pearle AD, Musahl V. Anterior Cruciate Ligament Repair: The Current Status. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. 2020;102(21):1900-15. doi: 10.2106/JBJS.20.00509.

43. Heusdens CHW. ACL Repair: A Game Changer or Will History Repeat Itself? A Critical Appraisal. *Journal of Clinical Medicine*. 2021;10(5):912. doi: 10.3390/jcm10050912.

Surgical Treatment Tactics of Injuries of the Anterior Cruciate Ligament in the Acute Period (Literature Review)

Kostrub O.O.¹, Blonskyi R.I.¹, Volos O.V.²

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

²MNPE «Nadvirna Central District Hospital», Nadvirna

Summary. *The article presents a theoretical and practical rationale for modern aspects of the clinical picture, diagnosis and treatment of anterior cruciate ligament injury in the acute period, according to domestic and foreign literature.*

Keywords: *anterior cruciate ligament injury; restoration of the anterior cruciate ligament in the acute period; instability of the knee joint; arthroscopy; anatomy; reconstruction; rehabilitation.*

Травматичні вивихи груднинного кінця ключиці, методи їх консервативного та хірургічного лікування (огляд літератури)

Сороківський І. Р.¹✉, Кулик Ю.А.¹

Резюме. На сьогоднішній день тактика лікування травматичних вивихів груднинного кінця ключиці визначена недостатньо, результати суперечливі, високий відсоток рецидивів та ускладнень, відсутність диференційованого підходу до вибору методу хірургічного лікування, що свідчить про актуальність даної проблеми. В даному огляді описано відомі методи консервативного та хірургічного лікування цієї травми, проведена оцінка їх ефективності. Мета: на основі аналізу літературних джерел, присвячених вивиху груднинного кінця ключиці, оцінити ефективність консервативних та хірургічних методів лікування. Матеріали та методи. Матеріалом для роботи стали дані отримані в результаті пошуку за бібліотечними базами даних Medline, PubMed та EMBASE за період 1951-2024 рр. Результати. Проаналізовано 87 джерел літератури, які стосуються лікування травматичних вивихів груднинного кінця ключиці, з них виділено 35 джерел, які мають кількісні характеристики та відповідають меті аналізу (анатомія та біомеханіка – 7, консервативне лікування – 7, хірургічне лікування – 22). Висновки. Вивихи груднинного кінця ключиці складають 1% загальної кількості вивихів та 3% від вивихів верхньої кінцівки. Проблемою є складність анатомічної ділянки, невисока ефективність лікування, високий відсоток рецидивів та ускладнень. Основними методами консервативного лікування є закрите усунення вивиху за двома описаними техніками: абдукційної тракції та принципу важеля (застосування каудальної тяги) з подальшою іммобілізацією кінцівки. На сьогодні вибір оптимального методу хірургічного лікування залишається дискусійним питанням. Існує велика кількість методів хірургічної фіксації груднинного кінця ключиці, що може свідчити про недосконалість кожного з них.

Ключові слова: вивих; стернально-ключичний суглоб; груднинно-ключичний суглоб; передній вивих груднинно-ключичного суглоба; задній вивих груднинно-ключичного суглоба; огляд.

Вступ

Вивих груднинного кінця ключиці (ГКК) — нечасте явище, при зустрічі з яким ортопед-травматолог зіштовхується з високим рівнем небезпеки під час лікування цієї специфічної травми. За статистичними даними його частота складає 1% загальної кількості вивихів та 3% у випадках вивихів верхньої кінцівки [1].

Залишається дискусійним механізм виникнення цієї травми та його наслідки для організму. Ключовим аспектом є складна топографічна анатомія груднинно-ключичного суглоба (ГКС), яка полягає в близькому його розташуванні з життєво важливими анатомічними структурами, серед

яких плечеголовний артеріальний стовбур, внутрішня яремна вена, загальна сонна артерія, блукаючий і діафрагмальний нерви, трахея і стравохід. Такі особливості топографічної анатомії під час лікування можуть призводити до ушкодження цих структур та тяжких наслідків [2].

За даними досліджень Nettles та інших 1968 року, травматичні вивихи можуть виникати допереду або дозаду, і при цьому передній вивих зустрічається приблизно в дев'ять разів частіше [3]. Характер анатомічних ушкоджень може впливати на результат лікування травматичних вивихів груднинного кінця ключиці, що потребує вдосконалення методів.

Мета роботи: на основі аналізу літературних джерел, присвячених вивиху груднинного кінця ключиці, оцінити ефективність консервативних та хірургічних методів лікування.

✉ Сороківський І. Р., isorokivskiy@gmail.com

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

Матеріали та методи

Матеріалом для роботи стали дані, отримані в результаті пошуку за бібліотечними базами даних Medline, PubMed та EMBASE за період 1951-2024 рр. Критерії включення: роботи або статті, присвячені лікуванню свіжих та застарілих вивихів ГКК. Критерії виключення: переломовивихи ГКК, вивихи ГКК у дітей. Проаналізовано 87 джерел літератури, які стосуються лікування травматичних вивихів груднинного кінця ключиці, з них виділено 35 джерел, які мають кількісні характеристики та відповідають меті аналізу (анатомія та біомеханіка – 7, консервативне лікування – 7, хірургічне лікування – 22). Частина джерел стосувалась переломів, інша – не відповідала критеріям включення.

Анатомія

Груднинно-ключичний суглоб — єдиний суглоб, який з'єднує осьовий скелет з верхньою кінцівкою [4]. Ключиця — перша кістка в організмі людини, яка проходить процес осифікації, як правило, на п'ятому тижні ембріогенезу, але у свою чергу ГКК осифікується останнім у віці 23-25 років [5]. Тому у деяких пацієнтів віком до 25 років те, що вважається вивихом ГКК, насправді є його переломом.

ГКС — це синовіальний суглоб диартродіального сідлоподібного типу, який за своєю суттю є нестабільним [6,7]. Менше 50% медіальної поверхні ключиці з'єднується з відповідною суглобовою поверхнею на рухів'ї груднини (РГ). Його стабільність визначається внутрішніми та зовнішніми зв'язковими структурами, що оточують суглоб [6]. Ці структури включають реберно-ключичну зв'язку, яка поділяється на передній і задній пучки. Передній пучок чинить опір зовнішній ротації та латеральному зсуву, а задній пучок чинить опір внутрішній ротації та медіальному зсуву. Міжключична зв'язка, задня і передня груднинно-ключичні зв'язки також забезпечують стабільність разом із передньою та задньою капсульними зв'язками.

У 1967 році Vearn та інші провели анатомічне дослідження структур, які мали першочергове значення для підтримки стабільності ГКС. Було встановлено, що розсічення всіх зв'язкових структур, окрім капсульних, не впливає на положення ключиці. Однак, розсічення капсульних зв'язок ізольовано призвело до верхнього зміщення ГКК [8]. Цю роботу повторили Spencer та інші у 2002 році та показали, що задня капсула є найсильнішим зв'язковим стабілізатором суглоба. Розсічення задньої капсули призвело до збільшення переднього зміщення на 41% і заднього зміщення на 106%. Коли передню капсулу розсікали окремо, це призвело лише до 25% збільшення переднього зміщення та 0,7% збільшення заднього. Тому в

реконструктивній хірургії слід приділяти пильну увагу задній капсулі незалежно від того, є вивих переднім чи заднім [4].

ГКС містить фіброзно-хрящовий диск, який прикріплений до передньої та задньої груднинно-ключичних зв'язок і капсули, що поділяє суглоб на дві синовіальні порожнини [6].

Задній вивих ГКК може бути спричинений прямим впливом сили на передньомедіальну частину ключиці або непрямим впливом сили на задньолатеральний відділ плеча, що змушує ГКК відхилитися назад. Передній вивих зазвичай спричинений бічним стискаючим зусиллям на плечовий пояс, що призводить до збереження задньої капсули, але також і до розриву передньої капсули та часто частини реберно-ключичної зв'язки. Як і у випадку з усіма високоенергетичними травмами, слід мати високий рівень підозри щодо асоційованих травм [6].

Результати

Загальні. На сьогоднішній день існує багато методів лікування передніх та задніх вивихів ГКК. Загалом, вивихи ГКК можна лікувати закритим усуненням вивиху. На відміну від переднього вивиху ГКК, невдале закриття усунення заднього вивиху є показанням до оперативного лікування в гострому стані. Якщо показане оперативне лікування, воно зазвичай включає відкрите усунення та відновлення однієї або декількох зв'язок. Для лікування цих ушкоджень також описано резекцію ГКК з або без реконструкції зв'язок, застосування спеціалізованих металофіксаторів, шпичь Кіршнера, кісткових анкерів тощо.

Закритого усунення переднього вивиху ГКК зазвичай легко досягти. Пацієнта розміщують у положенні лежачи на спині, з невеликим мішечком з піском між плечима. У цьому положенні суглоб може зводитися при прямому легкому натисканні на зміщену вперед ключицю. У 1978 році Savastano та інші описали, що закриття репозицію не варто виконувати в гострому стані (перші 3 доби з моменту вивиху), оскільки стабільність груднинно-ключичного суглоба не є необхідною для забезпечення нормальної функції ураженої кінцівки [9]. De Jong та інші повідомили про десять пацієнтів із гострими вивихами груднинного кінця ключиці, яких лікували консервативно без закритої репозиції [10]. Результати лікування були добрими у семи пацієнтів, задовільними у двох і незадовільними у одного пацієнта. Eskola та інші у 1986 році описали результати, досягнуті у восьми пацієнтів, яким виконували закриття усунення вивиху: повторний

вивих відбувся у п'яти з них і був болісним у трьох пацієнтів, двоє з яких були прооперовані [11]. Nettles та спіавт. отримали кращі результати: з шістнадцяти пацієнтів, які отримували закрити репозицію, в одинадцяти не було рецидивів і болю, троє мали повторний вивих, а двоє були втрачені для подальшого спостереження [3].

Закрите усунення заднього вивиху. Було описано дві різні техніки закритого усунення заднього вивиху. Найпоширенішою є техніка абдукційної тракції, при якій пацієнта розміщують лежачи на спині з іпсилатеральним вивиху плечем біля краю столу та невеликим мішечком з піском між плечима. Бічна тракція застосовується до відведеної руки, яка потім поступово повертається до розгинання. Важливо, що тракція завжди повинна передувати розгинанню руки, щоб запобігти защемленню передньої частини груднинного кінця ключиці на задній поверхні РГ. Якщо ця техніка виявляється неефективною, можна використати стерильний затискач для білизни, щоб полегшити репозицію, охопивши медіальну ключицю та застосувавши латеральну та передню тракцію. [12]. Використовуючи техніку абдукційної тракції, Groh та співавторами досягнуто закритої репозиції в 11 із 12 пацієнтів, виконуючи її до 10 днів після травми. У двох пацієнтів довелося використовувати стерильний затискач для білизни. У восьми пацієнтів були відмінні результати, а у трьох пацієнтів згодом були повторні задні вивихи [12].

Інша техніка полягає в застосуванні принципу важеля. Пацієнт також розміщується на спині, каудальна тяга застосовується до відведеної руки, тоді як обидва плеча відводяться назад прямим тиском [13]. Застосовуючи цю техніку максимум через 3 дні після травми, Buckerfield та інші досягли закритого усунення травматичного заднього вивиху ГKK або заднього переломовивиху тіла кістки у 6 з 7 пацієнтів у віці від 13 до 26 років [13].

Laffosse та ін. успішно виконали закриті усунення вивиху (техніка усунення вивиху не вказана у першоджерелі) у 5 із 10 випадків і невдало в усіх 4 випадках з епіфізарними переломами. У одного із пацієнтів після успішного закритого усунення вивиху зафіксовано 8 рецидивів, в іншого — передній підвивих, обидва ці випадки потребували оперативного лікування [14].

Хірургічне лікування (табл.1). За даними світової літератури існує багато варіантів хірургічного лікування вивихів ГKK, при цьому немає явних доказів, що вказують що один метод кращий за інший. Існує 5 найбільш популярних методів хірургічного лікування вивихів ГKK.

Перший метод полягає у зшиванні груднинно-ключичної та реберно-ключичної зв'язок. Це

єдиний метод, який описаний у літературі для гострих випадків. Eskola зі спіавт. та Witvoët зі спіавт. виконали відкриту репозицію із зшиванням зв'язок і капсули разом із фіксацією двома спицями Кіршнера та подальшою трьохтижневою іммобілізацією в пов'язці Вельпо [11,15]. Lehmann та ін. використовували анкерний фіксатор, який поміщали в груднину [16]. Загалом результати у семи пацієнтів з гострим вивихом були добрими, без ускладнень [11,15,16].

Другий метод частіше застосовується для хронічних передніх вивихів ГKK. Він передбачає реконструкцію передньої груднинно-ключичної зв'язки із застосуванням аутогендотрансплантату. Spenser та ін. заявили, що використання аутогендотрансплантата напівсухожилкового м'яза у формі вісімки забезпечує початкові біомеханічні властивості, які перевершують ті, що отримані за допомогою інших відомих методів лікування хронічного вивиху ГKK [17]. У 2008 році Castropil та інші застосували цю методику у спортсмена та отримали добрі результати [18]. Armstrong та ін. і Lee та ін. успішно використовували медіальну частину груднинної головки груднинно-ключично-соскоподібного м'яза для реконструкції передньої груднинно-ключичної зв'язки [19,20]. Armstrong та ін. повідомляють про покращення стабільності ГКС у всіх 7 випадках: добрі результати зафіксовані у 2 досліджуваних пацієнтів, задовільні — у 5 із 7 випадків (періодичний підвивих, що понизив рівень активності пацієнтів) [19].

Третім методом є реконструкція реберно-ключичної зв'язки. У 1951 році Burrows та інші виконали транспозицію підключичного м'яза для фіксації груднинно-ключичного суглоба [21]. Lunseth використовував ту саму техніку, але з додатковою фіксацією анкером Steinmann [22]. Тенодез груднинної головки груднинно-ключично-соскоподібного м'яза також успішно використовувався для реконструкції ключично-реберної зв'язки [23]. Усі ці методи були вивчені на невеликих групах пацієнтів, і було встановлено, що вони дають сприятливі результати.

Четвертий метод — резекція груднинного кінця ключиці. Результати вказують на невисоку ефективність цього методу, тому цей варіант не рекомендується для застосування [24,25,26].

П'ятим методом є фіксація груднинно-ключичного суглоба за допомогою hook-пластинки Бальзера (часто застосовується для вивихів акроміального кінця ключиці). Цей спосіб лікування має ті ж передумови, що й використання hook-пластини при гострих вивихах акроміального кінця ключиці [27]. Недоліком є великий розмір фіксатора та необхідність його видалення через 3 місяці. Qu та

інші описали відмінні результати, використовуючи такий метод фіксації: 10 із 10 пацієнтів не мали жодних ускладнень, у них покращилась рухливість плечового поясу, післяопераційна фізична функція згідно з бальною системою ASES, мала середнє значення 94,8 [28]. Franck та інші також описали свою альтернативну техніку з використанням пластини Бальзера для заднього вивиху ГКК. На відміну від ретростерального положення при передньому вивиху пластинка розташована інтрас-терально. 9 із 10 пацієнтів отримали відмінні результати, один випадок був ускладнений серомою, яка потребувала хірургічного видалення [35].

Існує велика кількість методів фіксації, які використовуються рідше. Серед них можна виділити нову спеціалізовану hook-пластинку, яка змодельована, враховуючи анатомію ГКС, може використовуватись як для передніх, так і для задніх вивихів ГКК. За даними Zhang C та інших і Zhang Y та інших, такий метод фіксації показує відмінні результати. [29,30]. Zhang C та інші описали відмінні та добрі результати у всіх 32 досліджуваних пацієнтів, тільки у 9 із них був післяопераційний безболісний набряк. У 29 пацієнтів через 6-12 місяців після хірургічного лікування видалено металофіксатор, ускладнень не спостерігалось [29]. Zhang Y та співавтори надали результати хірургічного лікування 16 пацієнтів: 14 із них мали відмінні результати, 2 — незадовільні (невдача внутрішньої фіксації) [30]. Chen та інші успішно застосовували фіксацію натяжною стрічкою та шплицями Кіршнера у 8 пацієнтів, але виявив, що ця методика має недоліки: висока вірогідність поломки шплиці через ефект важеля; можливість міграції в органи

середостіння, що може спричинити летальність; травматичний артрит, зумовлений пошкодженням суглобового хряща шпичею; неможливість ранньої розробки рухів, через високий ризик поломки шплиці; пошкодження шкіри тощо [31]. В інших статтях фіксація шплицями Кіршнера не рекомендована через високий ризик внутрішньогрудної міграції та можливого впливу на структури середостіння, що може спричинити смертельні травми [32,33]. Деякі інші методики, які не використовувалися для лікування передніх вивихів ГКК, були запропоновані для пацієнтів із задніми вивихами. Наприклад, Shuler та інші виконали остеосинтез замикальною пластинкою (одна частина фіксується на ГКК, інша — на РГ, що призводить до повного замикання суглоба) у двох пацієнтів з добрими результатами [34].

Висновки

Вивихи груднинного кінця ключиці складають 1% загальної кількості вивихів та 3% від вивихів верхньої кінцівки. Проблемою є складність анатомічної ділянки, невисока ефективність лікування, високий відсоток рецидивів та ускладнень, відсутність диференційованого підходу до вибору методу хірургічного лікування.

Основними методами консервативного лікування є закрите усунення вивиху за двома описаними техніками: абдукційної тракції та принципу важеля (застосування каудальної тяги) з подальшою іммобілізацією кінцівки.

На сьогодні вибір оптимального методу

Таблиця 1.

Порівняння методів хірургічної фіксації груднинно-ключичного суглоба

Метод	Автор	Металофіксатор	Необхідність пластики зв'язок	Результат
Зшивання груднинно-ключичної та реберно-ключичної зв'язок	Eskola, Witvoët, Lehmann	2 шплиці Кіршнера/анкерний фіксатор	Ні	Добрий
Реконструкція передньої груднинно-ключичної зв'язки	Castropil, Armstrong, Lee	Ні	Так	Задовільний
Реконструкція реберно-ключичної зв'язки	Burrows, Lunseth	Ні/анкерний фіксатор	Так	Задовільний
Резекція груднинного кінця ключиці	Eskola, Rockwood, Acus	Ні	Ні	Незадовільний
Фіксація суглоба пластинкою Бальзера	Qu, Franck	Пластинка Бальзера	Ні	Відмінний
Фіксація суглоба новою спеціалізованою анатомічною hook-пластинкою	Zhang C, Zhang Y	Спеціалізована анатомічна пластинка	Ні	Відмінний
Фіксація суглоба натяжною стрічкою та шплицями Кіршнера	Chen	Шплиці Кіршнера	Ні	Незадовільний
Фіксація замикальною пластинкою	Shuler	Спеціалізована замикальна пластинка	Ні	Добрий

хірургічного лікування є дискусійним питанням. Існує багато методів хірургічної фіксації груднинного кінця ключиці:

- зшивання груднинно-ключичної та реберно-ключичної зв'язок;
- реконструкція передньої груднинно-ключичної зв'язки;
- реконструкція реберно-ключичної зв'язки;
- резекція груднинного кінця ключиці;
- фіксація суглоба пластинкою Бальзера;
- фіксація суглоба новою спеціалізованою анатомічною hook-пластинкою;
- фіксація суглоба натяжною стрічкою та шпичками Кіршнера;
- фіксація замикальною пластинкою.

Таке різноманіття опосередковано може свідчити про недосконалість кожного із них.

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

References

1. Renfree KJ, Wright TW. Anatomy and biomechanics of the acromioclavicular and sternoclavicular joints. *Clin Sports Med.* 2003 Apr;22(2):219-37. doi: 10.1016/s0278-5919(02)00104-7.
2. Garg S, Alshameeri ZA, Wallace WA. Posterior sternoclavicular joint dislocation in a child: a case report with review of literature. *J Shoulder Elbow Surg.* 2012 Mar;21(3):e11-6. doi: 10.1016/j.jse.2011.07.007.
3. Nettles JL, Linscheid RL. Sternoclavicular dislocations. *J Trauma.* 1968 Mar;8(2):158-64. doi: 10.1097/00005373-196803000-00004.
4. Spencer EE, Kuhn JE, Huston LJ, Carpenter JE, Hughes RE. Ligamentous restraints to anterior and posterior translation of the sternoclavicular joint. *J Shoulder Elbow Surg.* 2002 Jan-Feb;11(1):43-7. doi: 10.1067/mse.2002.119394.
5. Wirth MA, Rockwood CA Jr. Acute and Chronic Traumatic Injuries of the Sternoclavicular Joint. *J Am Acad Orthop Surg.* 1996 Oct;4(5):268-278. doi: 10.5435/00124635-199609000-00005.
6. Sewell MD, Al-Hadithy N, Le Leu A, Lambert SM. Instability of the sternoclavicular joint: current concepts in classification, treatment and outcomes. *Bone Joint J.* 2013 Jun;95-B(6):721-31. doi: 10.1302/0301-620X.95B6.31064.
7. Tepolt F, Carry PM, Heyn PC, Miller NH. Posterior sternoclavicular joint injuries in the adolescent population: a meta-analysis. *Am J Sports Med.* 2014 Oct;42(10):2517-24. doi: 10.1177/0363546514523386.
8. Bearn JG. Direct observations on the function of the capsule of the sternoclavicular joint in clavicular support. *J Anat.* 1967 Jan;101(Pt 1):159-70.
9. Savastano AA, Stutz SJ. Traumatic sternoclavicular dislocation. *Int Surg.* 1978 Jan;63(1):10-3.
10. De Jong KP, Sukul DM. Anterior sternoclavicular dislocation: a long-term follow-up study. *J Orthop Trauma.* 1990;4(4):420-3.
11. Eskola A. Sternoclavicular dislocation. A plea for open treatment. *Acta Orthop Scand.* 1986 Jun;57(3):227-8. doi: 10.3109/17453678608994382.
12. Groh GI, Wirth MA, Rockwood CA Jr. Treatment of traumatic posterior sternoclavicular dislocations. *J Shoulder Elbow Surg.* 2011 Jan;20(1):107-13. doi: 10.1016/j.jse.2010.03.009.
13. Buckerfield CT, Castle ME. Acute traumatic retrosternal dislocation of the clavicle. *J Bone Joint Surg Am.* 1984 Mar;66(3):379-85.
14. Laffosse JM, Espié A, Bonneville N, Mansat P, Tricoire JL, Bonneville P, Chiron P, Puget J. Posterior dislocation of the sternoclavicular joint and epiphyseal disruption of the medial clavicle with posterior displacement in sports participants. *J Bone Joint Surg Br.* 2010 Jan;92(1):103-9. doi: 10.1302/0301-620X.92B1.22186.
15. Witvoët J, Martinez B. Traitement des luxations sternoclaviculaires antérieures. A propos de 18 cas [Treatment of anterior sternoclavicular dislocations. Apropos of 18 cases]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 1982;68(5):311-6. French.
16. Lehmann W, Laskowski J, Grossterlinden L, Rueger JM. Refixation der sternoklavikulären Luxation mit einem Fade-nankersystem [Refixation of sternoclavicular luxation with a suture anchor system]. *Unfallchirurg.* 2010 May;113(5):418-21. German. doi: 10.1007/s00113-010-1784-x.
17. Spencer EE Jr, Kuhn JE. Biomechanical analysis of reconstructions for sternoclavicular joint instability. *J Bone Joint Surg Am.* 2004 Jan;86(1):98-105. doi: 10.2106/00004623-200401000-00015.
18. Castropil W, Ramadan LB, Bitar AC, Schor B, de Oliveira D'Elia C. Sternoclavicular dislocation--reconstruction with semitendinosus tendon autograft: a case report. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2008 Sep;16(9):865-8. doi: 10.1007/s00167-008-0527-9.
19. Armstrong AL, Dias JJ. Reconstruction for instability of the sternoclavicular joint using the tendon of the sternocleidomastoid muscle. *J Bone Joint Surg Br.* 2008 May;90(5):610-3. doi: 10.1302/0301-620X.90B5.20293.
20. Lee SU, Park IJ, Kim YD, Kim YC, Jeong C. Stabilization for chronic sternoclavicular joint instability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2010 Dec;18(12):1795-7. doi: 10.1007/s00167-010-1230-1.
21. Burrows HJ. Tenodesis of subclavius in the treatment of recurrent dislocation of the sterno-clavicular joint. *J Bone Joint Surg Br.* 1951 May;33B(2):240-3.
22. Lunseth PA, Chapman KW, Frankel VH. Surgical treatment of chronic dislocation of the sterno-clavicular joint. *J Bone Joint Surg Br.* 1975 May;57(2):193-6.
23. Booth CM, Roper BA. Chronic dislocation of the sternoclavicular joint: an operative repair. *Clin Orthop Relat Res.* 1979 May;(140):17-20.
24. Eskola A, Vainionpää S, Vastamäki M, Slätis P, Rokkanen P. Operation for old sternoclavicular dislocation. Results in 12 cases. *J Bone Joint Surg Br.* 1989 Jan;71(1):63-5. doi: 10.1302/0301-620X.71B1.2915008.
25. Rockwood CA Jr, Groh GI, Wirth MA, Grassi FA. Resection arthroplasty of the sternoclavicular joint. *J Bone Joint Surg Am.* 1997 Mar;79(3):387-93. doi: 10.2106/00004623-199703000-00011.
26. Acus RW 3rd, Bell RH, Fisher DL. Proximal clavicle excision: an analysis of results. *J Shoulder Elbow Surg.* 1995 May-Jun;4(3):182-7. doi: 10.1016/s1058-2746(05)80049-7.
27. Salem KH, Schmelz A. Treatment of Tossy III

acromioclavicular joint injuries using hook plates and ligament suture. *J Orthop Trauma*. 2009 Sep;23(8):565-9. doi: 10.1097/BOT.0b013e3181971b38.

28. Qu YZ, Xia T, Liu GH, Zhou W, Mi BB, Liu J, Guo XD. Treatment of Anterior Sternoclavicular Joint Dislocation with Acromioclavicular Joint Hook Plate. *Orthop Surg*. 2019 Feb;11(1):91-96. doi: 10.1111/os.12422.

29. Zhang C, Lin L, Liang J, Wang B, Chen G, Chen H. Efficacy analysis of a novel sternoclavicular hook plate for treatment of unstable sternoclavicular joint dislocation or fracture. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2017 Jan;25(1):2309499016684488. doi: 10.1177/2309499016684488.

30. Zhang Y, Xing B, Hou X, Li Y. A novel sternoclavicular hook plate for treatment of proximal clavicle fracture with dislocation of sternoclavicular joint. *BMC Surg*. 2022 Jun 29;22(1):250. doi: 10.1186/s12893-022-01703-y.

31. Chen QY, Cheng SW, Wang W, Lin ZQ, Zhang W, Kou DQ, Shen Y, Ying XZ, Cheng XJ, Lv CZ, Peng L. K-wire and tension

band wire fixation in treating sternoclavicular joint dislocation. *Chin J Traumatol*. 2011 Feb 1;14(1):53-7.

32. Clark RL, Milgram JW, Yawn DH. Fatal aortic perforation and cardiac tamponade due to a Kirschner wire migrating from the right sternoclavicular joint. *South Med J*. 1974 Mar;67(3):316-8. doi: 10.1097/00007611-197403000-00017.

33. Ferrandez L, Yubero J, Usabiaga J, No L, Martin F. Sternoclavicular dislocation. Treatment and complications. *Ital J Orthop Traumatol*. 1988 Sep;14(3):349-55.

34. Shuler FD, Pappas N. Treatment of posterior sternoclavicular dislocation with locking plate osteosynthesis. *Orthopedics*. 2008 Mar;31(3):273. doi: 10.3928/01477447-20080301-35.

35. Franck WM, Jannasch O, Siassi M, Hennig FF. Balser plate stabilization: an alternate therapy for traumatic sternoclavicular instability. *J Shoulder Elbow Surg*. 2003 May-Jun;12(3):276-81. doi: 10.1016/s1058-2746(02)86802-1.

Traumatic Dislocations of the Sternoclavicular Joint, Methods of their Conservative and Surgical Treatment (Literature Review)

Sorokivskyi I.R.¹, Kulyk Yu.A.¹

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

Summary. *Treatment of traumatic dislocations of the sternoclavicular joint is not well defined, the results are contradictory, with a high percentage of recurrences and complications, and no differentiated approach to the choice of surgical treatment is developed, which indicates the relevance of this problem. This review describes the known methods of conservative and surgical treatment of this injury, and their effectiveness is evaluated. Objective:* based on the analysis of literature on dislocation of the sternoclavicular joint, to evaluate the effectiveness of conservative and surgical treatment. **Materials and Methods.** *The review is based on the data obtained by searching the Medline, PubMed, and EMBASE databases for the period 1951-2024. Results.* We analyzed 87 sources of literature related to the treatment of traumatic dislocations of the sternoclavicular joint, of which 35 sources were identified as having

*quantitative characteristics and meeting the purpose of the analysis (anatomy and biomechanics – 7, conservative treatment – 7, surgical treatment – 22). **Conclusions.** Dislocations of the sternoclavicular joint account for 1% of the total number of dislocations and 3% of the upper extremity dislocations. The problem is the complexity of the anatomical area, low treatment efficiency, and a high rate of recurrence and complications. The main method of conservative treatment is closed reduction of the dislocation using the two techniques described below: abduction traction and the principle of a lever (caudal traction) with subsequent immobilization of the limb. Today, the choice of the optimal method of surgical treatment remains a controversial issue. There are a large number of methods of surgical fixation of the sternoclavicular joint, which may indicate the imperfection of each of them.*

Keywords: *dislocation; sternoclavicular joint; anterior dislocation of the sternoclavicular joint; posterior dislocation of the sternoclavicular joint; review.*

УМОВИ ПУБЛІКАЦІЇ В ЖУРНАЛІ «TERRA ORTHOPAEDICA»

Шановні автори!

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

Усі матеріали повинні бути оформлені відповідно до таких вимог:

1. Рукопис.

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

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

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

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

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

Наприклад, неприпустимо замінювати латин-

ську букву «i» українською літерою «і», незважаючи на візуальну ідентичність.

2. До обов'язкових структурних елементів статті відносяться:

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

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

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

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

2.3. **Ключові слова** (Key words). Необхідно вказати 3-6 слів або словосполучень, відповідних змісту роботи, які сприятимуть індексуванню статті в пошукових системах. У ключові слова оглядових статей слід включати слово «огляд». Ключові слова повинні бути ідентичні українською та англійською мовами, їх слід писати через крапку з комою.

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

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

2.6. **Пристатейний список літератури** – «Література». Оптимальна кількість цитованих робіт в оригінальних статтях і лекціях становить 20-30 джерел, в оглядах – 40-60 джерел. **Бажано цитувати оригінальні роботи, опубліковані протягом останніх 5-7 років у зарубіжних періодичних виданнях. Також намагайтеся звести до мінімуму посилання на тези конференцій, монографії. У список літератури не включаються неопубліковані роботи, офіційні документи, рукописи дисертацій, підручники і довідники. Повинна бути представлена додаткова інформація про статті – DOI, PubMed ID і ін. Якщо в списку менше половини джерел мають індекси DOI, стаття не може бути опублікована в міжнародному науковому журналі. Посилання повинні перевірятися перед комплектацією списку використаних джерел через сайт <http://www.crossref.org/questquery> або <https://scholar.google.com.ua/>.**

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

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

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

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

2.7. **Відправка рукопису.** До розгляду приймаються рукописи, раніше ніде не опубліковані і не спрямовані для публікації в інші видання. Стат-

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

Супровідна документація. До оригінальної статті додаються: супровідний лист від керівництва установи, в якому проводилося дослідження; декларація про наявність або відсутність конфлікту інтересів; авторська угода. Ці документи в електронному (відсканованому) вигляді надсилаються на електронну адресу редакції разом зі статтею, яка подається до публікації.

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

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

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

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

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

Автори несуть відповідальність за наукове та літературне редагування поданого матеріалу, цитат

і посилань, але редакція залишає за собою право на власне редагування статті (наукового і літературного характеру, а також на скорочення статті, що неперекручує її зміст) чи відмову авторові у публікації, якщо поданий матеріал не відповідає за формою або змістом вищезгаданим вимогам. Матеріали, що не відповідають наведеним стандартам публікацій у журналі «Вісник ортопедії, травматології та протезування», не розглядають-

ся та не повертаються. Дискети, диски, рукописи, рисунки, фотографії та інші матеріали, надіслані в редакцію, не повертаються.

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

Матеріали для публікації надсилайте на електронну адресу: t.yevlantieva@gmail.com.

Адреса редакції: 01601, м. Київ, вул. Бульварно-Кудрявська, 27.
Тел.: (044) 486-42-49, 486-60-65, тел./факс: (044) 486-66-28, e-mail: atou@ukr.net.
Засновник та його адреса: ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України»,
01601, м. Київ, вул. Бульварно-Кудрявська, 27.

Видається 4 рази на рік. Мова видання: українська, англійська.

Сфера розповсюдження — загальнодержавна.

Мед. коректор — Грабар Н. М. Літ. редактор — Ковальова Г. О. Технічний секретар — Полякова М. Б.

Переклад англійською — Кравченко О. М.

Підписано до друку: 28.11.2023 р. Наклад 1000 прим. Ціна договірна.

Верстка та друк: ТОВ «Про формат», (067) 235-22-56.