

Біомеханічно обґрунтоване хірургічне лікування поранених з вогнепальними переломами довгих кісток

О. А. Бур'янов¹, А. А. Лакша², Н. О. Борзих³, М. С. Шидловський⁴

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

²Національний військово-медичний клінічний центр МО України, м. Київ,

³Інститут травматології та ортопедії НАМН України, м. Київ,

⁴Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Biomechanically substantiated surgical treatment of the wounded persons with the gun-shot fractures of long bones

O. A. Buryanov¹, A. A. Laksha², N. O. Borzykh³, M. S. Shydlovskiy⁴

¹O. O. Bogomolets National Medical University, Kyiv,

²National Military-Medical Clinical Centre, Kyiv,

³Institute Traumatology and Orthopedics, Kyiv,

⁴National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Реферат

Вступ. Лікування постраждалих з вогнепальними пораненнями кінцівок супроводжується незадовільними результатами. Остеомієліт, утворення хибних суглобів, контрактуру, невропатію, вкорочення кінцівок відзначають у 8 – 19,6% хворих, ампутацію кінцівки виконують в 11,8%.

Матеріали і методи. Наведена тактика надання хірургічної допомоги при пораненнях м'яких тканин та вогнепальних переломах з огляду на зміни біомеханічних властивостей кісткової тканини.

Результати. Встановлено, що за відстані від стрижнів до місця перелому менше 4 см вірогідність виникнення остеомієліту збільшується у 5 разів. Використання запропонованого алгоритму лікування постраждалих з приводу вогнепальних поранень кінцівок дозволило досягти хороших результатів лікування у 80%.

Висновок. Встановлення апарата зовнішньої фіксації (АЗФ), зважаючи на зону ударно-хвильової остеопорозоподібної трансформації, закриття дефектів м'яких тканин із застосуванням реконструктивної хірургії, заміна методу фіксації в оптимальні строки дозволили зменшити частоту порушення остеорепації в 7 разів, встановлення інвалідності – у 3 рази.

Ключові слова: вогнепальні поранення кінцівок; хірургічна тактика; позавогнищевий остеосинтез; біомеханічні властивості кісткової тканини.

Abstract

Introduction. The treatment of injured persons with the gun-shot woundings is accompanied by poor results. Osteomyelitis, degradation with creation of false joints, contractures, neuropathy, shortening of extremities were noted in 8 – 19.6% of the patients, the extremity amputation are performed in in 11.8%.

Materials and methods. The tactics of the surgical aid delivery in woundings of soft tissues and the gun-shot fractures, taking into account the changes of biomechanical properties of osseous tissue, is adduced.

Result. There was established, that while the distance from the rods to the fracture localization is less than 4 cm probability of the osteomyelitis occurrence enhances in 5 times. Application of the treatment algorithm, proposed for the injured persons with the gun-shot woundings of extremities, have permitted to achieve good results of treatment in 80%.

Conclusion. Installation of the external fixation apparatus, taking into account the zone of the shockwave osteoporosis-like transformation, closure of the soft tissues defects, using reconstructive surgery, change of the fixation method in optimal terms have permitted to reduce the osteoreparation disorder rate in 7 times, and the disability establishment – in 3 times.

Keywords: the gun-shot woundings of extremities; surgical tactics; extrafocal osteosynthesis; biomechanical properties of osseous tissue.

У структурі сучасної бойової травми вогнепальні поранення кінцівок становлять 62 – 72% санітарних втрат хірургічного профілю [1, 2]. Особливе місце посідають вогнепальні переломи, лікування яких є складною проблемою [3, 4].

Вогнепальні переломи при пораненні сучасними видами зброї переважно є уламковими (у 35 – 41% спостережень). Первинні дефекти кісток виявляють у 79,3% поранених, з них у 48,7% – дефекти діафізу довжиною більше 3 см, у 30,6% – більше 5 см [5, 6]. У загальній структурі

вогнепальних поранень кінцівок переважають легкі поранення, а також середньої тяжкості (відповідно у 40,5 і 33,3% спостережень). Проте при вогнепальних переломах легкі поранення і середньої тяжкості становлять менше 10%, переважають тяжкі (у 85,4%) і вкрай тяжкі (у 5,5%) поранення. Результати лікування постраждалих з приводу вогнепальних переломів кісток кінцівок нерідко незадовільні. Остеомієліт, хибні суглоби, контрактуру, невропатію, вкорочення кінцівок відзначають у 8 – 19,6% потерпілих, ампутацію кінцівки виконують в

11,8% [7]. При вогнепальних пошкодженнях кісток пріоритетним методом хірургічного лікування є позавогнищевий остеосинтез. З біомеханічної точки зору найбільш надійної фіксації кісткових відламків при переломах досягають за мінімальної відстані між стрижнями, розташованими в різних кісткових фрагментах (за рекомендаціями провідних спеціалістів, стрижні вводять на відстані 2 см від місця перелому) [8, 9]. Зважаючи на ударно-хвильову остеопорозоподібну трансформацію кісткової тканини внаслідок дії снаряда, що раниць (невідоме поширення зони цього пошкодження), введення імплантатів у ці зони небажане.

При вогнепальних пораненнях кінцівок з переломами довгих кісток суттєво збільшується ступінь передачі кінетичної енергії м'яким тканинам, отже, і їх ушкодження. Дрібні кісткові уламки виконують роль вторинних раних осколків, додатково травмуючи м'які тканини. Порушення мікроциркуляції, що виникають в ділянці вогнепальної рани, зумовлюють некротичні процеси [10]. Це спричиняє довготривале загоєння вогнепальних ран з частим виникненням інфекційних ускладнень. Гнійні ускладнення є одним з основних чинників, що перешкоджають успішному лікуванню постраждалих з вогнепальними пораненнями кінцівок. Майже завжди місцеві ускладнення виникають за наявності в рані вільних кісткових уламків та сторонніх тіл, як правило, на тлі дефекту тканин, порушення кровообігу, трофоневротичних розладів.

Матеріали і методи дослідження

З метою визначення змін характеристик жорсткості кісткової тканини в ділянці вогнепального перелому внаслідок ударно-хвильової остеопорозоподібної трансформації на трупах проведені біомеханічні випробування нефіксованих великогомілкових кісток. Показники жорсткості кожної кістки досліджували двічі – в непошкодженному стані та після вогнепального перелому на різній відстані від нього. В умовах закритого тиру на препаратах великогомілкових кісток, що вільно закріплені, моделювали вогнепальні переломи шляхом пострілу з карабіна Remington 700 SPS Varmint з характеристиками снаряда, що раниць (кулі): калібр – 22 – 250 Rem. (5,56 × 45 мм NATO), початкова швидкість кулі – 1300 м/с, маса кулі 3,5 г, відстань 100 м. $E_{кін}$ кулі обраного для проведення досліджень карабіна має проміжне зна-

чення між $E_{кін}$ кулі автомата АК–74 (індекс 7Н6) та снайперської гвинтівки Драгунова.

У лабораторії біомеханічних випробувань кафедри ДММ та ОМ НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського» здійснювали осьове компресійне циклічне навантаження на препарати із застосуванням універсальної випробувальної машини TIRA–test 2151.

Досліджувані кістки закріплювали за допомогою спеціально виготовлених опор. Для фіксації препаратів при дії навантаження для кожної кістки виготовлені індивідуальні заливальні форми під розмір кісток, що в подальшому фіксували пластмасою протакрил–М. Опори компенсували всі непаралельності сторін при закріпленні кістки для випробування.

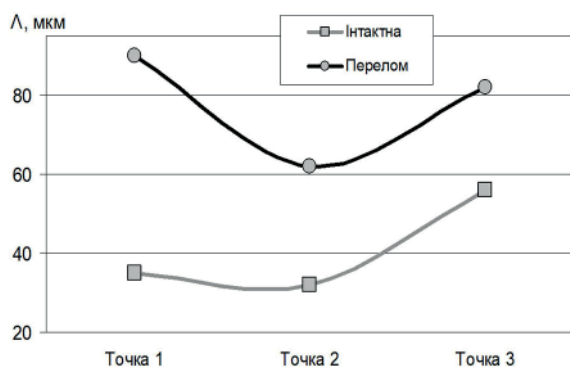
У кірковій речовині великогомілкової кістки перпендикулярно її поздовжній осі по медіальній поверхні симетрично просвердлювали по три отвори дистально та проксимально від середньої частини кістки. Відстань між сусідніми отворами та від середини кістки до найближчих отворів 30 мм, діаметр отворів – 2 мм.

У просвердлені отвори почергово вводили індентор діаметром 2 мм, виготовлений з нержавіючої сталі, на який прикладали навантаження.

Визначені показники загальної деформації в кожній точці системи «кістка – навантажувальний пристрій» при циклічних навантаженнях з амплітудою 100, 200, 300, 400 та 500 Н. Для цього у 1, на 2, 3–му та 10–му циклах навантаження записували діаграми деформування у координатах «сила – переміщення». Величину деформації реєстрували за допомогою мікрокомп'ютера, вбудованого у випробувальну машину. Деформацію вимірювали також окремо індикатором годинникового типу ІЧ–10 з точністю $\pm 10^{-5}$ м. Дублювання способів вимірювання сприяло збільшенню точності показників деформування кістки в непошкодженному стані та після вогнепального перелому.

Неовернені переміщення точок препаратів, що накопичувалися з 2–го до 10–го циклу навантаження, значно більші в пошкодженій кістці, ніж у непошкодженій (приблизно на 100%), що зумовлено ударно-хвильовою остеопорозоподібною трансформацією кістки внаслідок вогнепального перелому (див. рисунок).

Залежно від виду лікування постраждалі поділені на дві групи: у 61 (42%) пацієнта (основна група) застосований розроблений метод (встановлення АЗФ з огляду на зону ударно-хвильової остеопорозоподібною трансформації, закриття дефектів м'яких тканин із застосуванням реконструктивної хірургії, заміна методу фіксації зануреним функціонально-стабільним остеосинтезом в оптимальні строки – на 3 – 5–ту добу після демонтажу АЗФ); у 83 (58%) пацієнтів (група порівняння) для лікування використовували загальноприйняті методи (встановлення АЗФ, не зважаючи на зону ударно-хвильової остеопорозоподібною трансформації, закриття дефектів м'яких тканин із застосуванням вторинних швів, пластика розщепленим клаптом шкіри або мозаїчна дерматотомія, заміна методу фіксації на 10 – 14–ту добу після демонтажу АЗФ). Обидві групи статистично зіставні за віком хворих, видом травми, типом перелому, ступенем пошкодження м'яких тканин, методом іммобілізації на догоспітальному етапі, строками проведен-



Неовернені переміщення точок препаратів, що накопичуються з 2–го по 10–й цикл навантаження силою 500 Н.

ня первинної хірургічної обробки (ПХО), строками госпіталізації в травматологічне відділення НВМКЦ «ГВКГ».

Поява стрижневого остеомієліту або нагноєння м'яких тканин у ділянці розташування стрижнів були показаннями до перемонтажу АЗФ. При цьому встановлювали стрижні в іншій площині або накладали АЗФ іншої просторової конструкції.

Пацієнтам основної групи кісткові дефекти заміщували шляхом кісткової аутопластики, ковзної кісткової пластики, переміщення малоомілкової кістки з накладанням мікросудинного анастомозу або без такого, дефекти м'яких тканин закривали за допомогою вільних і невеликих клаптів тканин. Пацієнтам групи порівняння кісткові дефекти заміщували шляхом адаптаційної резекції уламків, створення міжуламкової компресії з укороченням сегмента з подальшим подовженням кінцівки за методом Лізарова. При вкороченні сегмента кінцівки створювали умови для закриття рани під швами, проте в більшості хворих проводили тривале місцеве лікування із застосуванням керованого негативного тиску, що створювало умови для росту грануляційної тканини, з метою заповнення порожнини рани та зменшення об'єму дефекту з подальшою його пластикою розщепленим клаптом шкіри.

Невеликі кісткові дефекти заповнювали губчастим кістковим аутоотрансплантатом.

Консолідацію перелому оцінювали за загальноприйнятною методикою відповідно до строків зрощення кістки. При виявленні кісткових дефектів під час консолидації виконували операції кісткової аутопластики. Утворення хибного суглоба в місці перелому потребувало виконання операції заміни методу фіксації.

Медичну реабілітацію постраждалих проводили паралельно з хірургічним лікуванням.

Результати та їх обговорення

Залежність частоти виникнення ускладнень від відстані імплантатів (стрижнів АЗФ) до місця перелому представлена у *табл. 1*.

Частота виникнення ускладнень за відстані від стрижнів до місця перелому менше 4 см статистично значущо ($p < 0,05$) перевищувала таку за цієї відстані більше 4 см. Встановлено, що за відстані від стрижнів до місця перелому менше 4 см вірогідність (ризик) виникнення остеомієліту збільшується у 5 разів, ($OR=5,0$, $1,1 - 23,2$, $p=0,025$), нагноєння м'яких тканин – у 3,1 разу ($OR=3,2$, $1,3 - 7,9$, $p=0,012$).

У *табл. 2* представлена залежність частоти виникнення ускладнень від строків заміни методу фіксації.

Встановлено, що при заміні методу фіксації пізніше ніж через 10 діб після демонтажу АЗФ вірогідність (ризик) атрофії м'язів збільшується у 17,8 раза ($OR=17,8$, $7,5 - 42,3$, $p=0,0001$), утворення контрактури суміжних суглобів – у 15 разів ($OR=15,0$, $6,1 - 36,9$, $p=0,0001$).

У *табл. 3* представлена залежність частоти виникнення ускладнень від застосування методів реконструктивної хірургії.

Якщо методи реконструктивної хірургії не застосовували, вірогідність (ризик) атрофії м'язів збільшувалася у 13,6 раза ($OR=13,6$, $4,5 - 41,7$, $p=0,0001$), утворення контрактури суміжних суглобів – у 4 рази ($OR=4,0$, $1,8 - 9,1$, $p=0,001$), судинних порушень – у 3,2 раза ($OR=3,2$, $1,3 - 7,8$, $p=0,007$), неврологічних розладів у 2,3 раза ($OR=2,3$, $1,1 - 5,2$, $p=0,035$).

Для оцінювання результатів лікування використовували модифіковану нами комплексну анатомо-функціональну шкалу результатів лікування постраждалих з переломами кісток Матисса–Любошиця–Шварцберга. Аналізували такі показники: наявність болю, обсяг рухів у суглобах, вкорочення та деформацію сегмента кінцівки, поперечний зсув

Таблиця 1. Залежність частоти виникнення ускладнень від відстані імплантатів до місця перелому

Ускладнення	Кількість спостережень за відстані, см				OR (95%CI)	p
	менше 4 (n=83)		більше 4 (n=61)			
	абс.	%	абс.	%		
Стрижневий остеомієліт	12	14,5	2	3,3	5,0 (1,1 - 23,2)	0,025*
Нагноєння	24	28,9	7	11,5	3,1 (1,3 - 7,9)	0,012*
Атрофія м'язів	64	77,1	14	23,0	11,3 (5,2 - 24,8)	0,0001*
Контрактура суміжних суглобів	73	88,0	18	29,5	17,4 (7,4 - 41,2)	0,0001*
Неврологічні розлади	56	67,5	26	42,6	2,8 (1,4 - 5,5)	0,003*
Судинні порушення	46	55,4	20	32,8	2,5 (1,3 - 5,1)	0,007*
Укорочення сегмента	16	19,3	2	3,3	7,0 (1,6 - 31,9)	0,004*

Примітка. OR (95%CI) – оцінка відношення шансів та 95% довірчий інтервал; * - різниця показників статистично значуща ($p < 0,05$). Те ж у табл. 2, 3.

Таблиця 2. Залежність частоти виникнення ускладнень від строків заміни методу фіксації

Ускладнення	Кількість спостережень при заміні методу фіксації				OR (95%CI)	p
	після 10-ї доби (n=71)		до 5-ї доби (n=64)			
	абс.	%	абс.	%		
Стрижневий остеомієліт	9	12,7	3	4,7	3,0 (0,8 - 11,4)	0,103
Нагноєння	16	22,5	10	15,6	1,6 (0,7 - 3,8)	0,309
Атрофія м'язів	60	84,5	15	23,4	17,8 (7,5 - 42,3)	0,0001*
Контрактура суміжних суглобів	63	88,7	22	34,4	15,0 (6,1 - 36,9)	0,0001*
Неврологічні розлади	51	71,8	28	43,8	3,3 (1,6 - 6,7)	0,001*
Судинні порушення	41	57,7	22	34,4	2,6 (1,3 - 5,2)	0,007*
Укорочення сегмента	10	14,1	8	12,5	1,1 (0,4 - 3,1)	0,787

Таблиця 3. Залежність частоти виникнення ускладнень від застосування методів реконструктивної хірургії

Ускладнення	Кількість спостережень				OR (95% CI)	p
	без РХ (n=112)		при застосуванні РХ (n=32)			
	абс.	%	абс.	%		
Стрижневий остеомієліт	13	11,6	1	3,1	4,1 (0,5 - 32,4)	0,153
Нагноєння	28	25,0	3	9,4	3,2 (0,9 - 11,4)	0,058
Атрофія м'язів	74	66,1	4	12,5	13,6 (4,5 - 41,7)	0,0001*
Контрактура суміжних суглобів	79	70,5	12	37,5	4,0 (1,8 - 9,1)	0,001*
Неврологічні розлади	69	61,6	13	40,6	2,3 (1,1 - 5,2)	0,035*
Судинні порушення	58	51,8	8	25,0	3,2 (1,3 - 7,8)	0,007*
Укорочення сегмента	16	14,3	2	6,3	2,5 (0,5 - 11,5)	0,225

Примітка. РХ – реконструктивна хірургія.

кісткових уламків, атрофію м'язів, судинні та неврологічні розлади, рентгенологічні ознаки зрощення кістки, відновлення працездатності.

Кожному показнику, відповідно до його вираженості надавали дискретний індекс від 2 до 4, індекси підсумовували, одержану величину поділили на 10. Хорошому анатомо–функціональному результату лікування відповідав сумарний індекс 3,5 – 4 бали; задовільному – 2,5 – 3,5 бала, незадовільному – 2,5 бала та менше.

Віддалені результати лікування постраждалих з вогнепальними переломами довгих кісток за анатомо–функціональною шкалою оцінювали у строки від 1 до 3 років.

Результати лікування в групі порівняння гірші, ніж в основній групі: у 54% пацієнтів – хороші, у 43% – задовільні, у 3% – незадовільні; в основній групі хороші результати лікування визначені у 80% пацієнтів.

Наводимо спостереження. Хворий С., 20 років, госпіталізований з діагнозом: вогнепальне наскрізне кульове поранення верхньої третини правої гомілки з багатоламковим переломом середньої третини правої великогомілкової кістки та зміщенням уламків; гострий компартмент–синдром фасціальних футлярів правої гомілки середньої тяжкості; посттравматична невротія правої великогомілкового нерва.

Постраждалому проведені ПХО кістково–м'язової рани, фасціотомія футлярів гомілки, позавогнищевий черезкістковий остеосинтез з використанням стрижневого АЗФ, встановлено систему лікування негативним тиском. У подальшому виконані етапні оперативні втручання, вторинна хірургічна обробка. Рана зашита на 19–ту добу. Через 27 діб АЗФ демонтований, виконана гіпсова іммобілізація правої нижньої кінцівки. На 5–ту добу після демонтажу АЗФ, після загоєння ран від стрижнів за відсутності ознак запалення виконане оперативне втручання – блокований інтрамедулярний остеосинтез правої великогомілкової кістки. Результат лікування оцінений як хороший.

Висновки

1. Впровадження розробленої методики біомеханічних натурних стендових випробувань дозволило визначити механічні характеристики кісткової тканини на лінійних ділянках деформування до і після вогнепального перелому, встановлено, що метод циклічного навантаження найбільш чутливий.

2. Частота виникнення ускладнень за відстані від стрижнів до місця перелому менше 4 см статистично значущо ($p < 0,05$) перевищувала таку за відстані понад 4 см. За відстані від стрижнів до місця перелому менше 4 см вірогідність (ризик) виникнення остеомієліту збільшувався у 5 разів, нагноєння м'яких тканин – у 3,1 раза.

3. Наявність дефекту м'яких тканин у постраждалих з вогнепальними пораненнями кінцівок потребує застосування методів реконструктивної хірургії, за їх відсутності вірогідність (ризик) атрофії м'язів збільшувався у 13,6 раза, утворення контрактури суміжних суглобів – у 4 рази, судинних порушень – у 3,2 раза, неврологічних розладів – у 2,3 раза.

4. Застосування запропонованого алгоритму лікування постраждалих з вогнепальними переломами довгих кісток дозволило зменшити частоту порушення остеорепації в 7 разів, виникнення інвалідності – у 3 рази.

References

- Fletcher C. The Initial Management of Gunshot Injuries to The Femur. EC Orthopaedics. 2016;3(6):404–7.
- Schoenfeld AJ, Dunn JC, Belmont PJ. Pelvic, spinal and extremity wounds among combat–specific personnel serving in Iraq and Afghanistan (2003–2011): A new paradigm in military musculoskeletal medicine. Injury. 2013 Dec;44(12):1866–70. doi: 10.1016/j.injury.2013.08.001. Epub 2013 Aug 11.
- Jorgensen J, Naess P, Gaarder C. Injuries caused by fragmenting rifle ammunition. Injury. 2016;44(3):1951–4. doi: 10.1016/j.injury.2016.03.023. Epub 2016 Mar 24.
- Perkins C, Scannell B, Brighton B, Seymour R, Vanderhave K. Orthopaedic firearm injuries in children and adolescents: An eight–year experience at a major urban trauma center. Injury. 2016 Jan;47(1):173–7. doi: 10.1016/j.injury.2015.07.031. Epub 2015 Jul 29.
- Burianov OA, Strafun SS, Shlapak IP, Laksha AM, Halushko OA, Yarmoliuk YuO, et al. Vohnepalni poranennia kintsivok [Metodychni rekomendatsii]. Kyiv; 2015. 46 s. [In Ukrainian].
- Loskutov Ole, Zherdiev II, Domanskyi AM, Korol SO. Khirurgichna taktika likuvannia vohnepalnykh poranen kintsivok v umovakh bahatoprofilnoi likarni. Travma. 2016;17(3):169–72. [In Ukrainian].
- Chaplyk V, Oliynyk P, Tsehelskyi A. Nevidkladna viiskova khirurgiia. Kyiv: Nash format; 2015. 568 s. [In Ukrainian].
- Nayagam S, Maquetlet AC. Galaxy Fixationssystem – untere Extremität. Orthofix. 2016. 76 s.
- Seligson D, Burgess AR, Osgood M, Andrews CT. Hoffmann 3 Modulare externe Fixation – OP–Technik. Stryker. 2016. 52 s.
- Covey DC, Born CT. Blast injuries: mechanics and wounding patterns. J Surg Orthop Adv. 2010;19(1):8–12. PMID 20371000