

**МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

ЛАКША АРТЕМ АНДРІЙОВИЧ

УДК 616.717.4/.6+[616.718.4/.6]-001.5/089.881

**БІОМЕХАНІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ
ЗОВНІШНЬОЇ ФІКСАЦІЇ В ХІРУРГІЧНОМУ ЛІКУВАННІ ПОРАНЕНИХ З
ВОГНЕПАЛЬНИМИ ПЕРЕЛОМАМИ ДОВГИХ КІСТОК
(клініко-експериментальне дослідження)**

14.01.21 – травматологія та ортопедія

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата медичних наук

Лиман – 2018

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Українській військово-медичній академії МО України, м. Київ.

Науковий керівник:

доктор медичних наук, професор **БУР'ЯНОВ Олександр Анатолійович**, Національний медичний університет імені О. О. Богомольця МОЗ України, м. Київ, завідувач кафедри травматології та ортопедії.

Офіційні опоненти:

доктор медичних наук, професор **ЧЕРНИШ Володимир Юрійович**, Донецький національний медичний університет МОЗ України, м. Лиман, професор кафедри травматології, ортопедії та військово-польової хірургії;

доктор медичних наук, професор **ТЯЖЕЛОВ Олексій Алімович**, ДУ «Інститут патології хребта та суглобів імені професора М. І. Ситенка НАМН України», м. Харків, завідувач лабораторії біомеханіки.

Захист відбудеться «14» грудня 2018 року о 10⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 11.600.04 при Донецькому національному медичному університеті МОЗ України (84313, м. Краматорськ Донецької області, бульвар Машинобудівників, 39).

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Донецького національного медичного університету МОЗ України (84313, м. Краматорськ Донецької області, бульвар Машинобудівників, 39).

Автореферат розісланий «12» листопада 2018 року.

Учений секретар спеціалізованої вченої ради, доктор медичних наук, професор

М. В. Єрмолаєва

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Однією з найрозповсюдженіших локалізацій пошкоджень в умовах локальних конфліктів і вогневих контактів є осколкові (84,6 %) та кульові (12,05 %) поранення кінцівок, згідно з узагальнюючою статистикою конфліктів під час Антитерористичної операції на Сході України, у Сомалі, Іраку, Лівані та Афганістані. У структурі вогнепальних переломів кісток кінцівок переважають пошкодження кісток гомілки (в середньому 42,1 %) і стегнової кістки (в середньому 23,8 %). Поранення цих сегментів супроводжуються найбільшою кількістю ускладнень серед інших вогнепальних травм сегментів кінцівок (Гур'єв С. О., 2014; Король С. О., 2016; Penn-Barwell J., 2016).

Вогнепальні поранення кінцівок характеризуються значною тяжкістю травми і тривалим терміном лікування, що обумовлено багатоуламковими переломами з дефектами кісткової тканини (КТ) та масивним руйнуванням м'яких тканин, значним мікробним забрудненням рани з наявністю сторонніх тіл та вторинних осколків, що ранять, порушенням мікроциркуляції та високою частотою ранніх і пізніх ускладнень (Tintle S. M., 2010; Bakhach J., 2013). Застосування високоенергетичної вогнепальної зброї призводить до збільшення часткової долі поліструктурних ушкоджень у вигляді поєднання кісткових та м'якотканних дефектів. При вогнепальних пошкодженнях кісток пріоритетним методом хірургічного лікування є позавогнищевий остеосинтез (Косульников С. О., 2014; Лоскутов А. Е., 2015).

З біомеханічної точки зору найбільш надійна фіксація кісткових відламків при переломах досягається при мінімальній відстані між імплантатами, що знаходяться в різних кісткових фрагментах. За рекомендаціями провідних спеціалістів, імпланти вводяться на відстані 2-3 см від місця перелому (Schmidt K., 2010; Seligson D., Burgess A. R., 2016; Nayagam S., Maquelet A. C., 2016). Враховуючи пошкодження структур кістки внаслідок ударно-хвильової остеопорозоподібної трансформації (УХОТ) (невідоме розповсюдження зони цього пошкодження при пораненні кістки снарядами, що ранять (СР), з різною енергією) ці зони небажані для введення імплантів.

Негативним моментом, що призводить до зниження функціональних характеристик апаратів зовнішньої фіксації (АЗФ), є процеси розхитування стержнів і спиць, що виникають внаслідок некрозу, остеолізу КТ та внаслідок місцевих інфекційних ускладнень (Медведев Д. И., Лобанов Г. В., 2014).

Незважаючи на досягнення в лікуванні поранених з вогнепальними переломами довгих кісток (ДК) залишається висока частота ускладнень, незадовільних анатомічних і функціональних результатів лікування. Відсутня обґрунтована методика вибору зони введення кісткових імплантів за анатомічними показниками, що враховують розповсюдженість УХОТ в КТ, і за біомеханічними принципами (Никонов В. В., 2014; Борзих О. В., Лакша А. М., 2015).

Перспективним напрямком пошуку шляхів вирішення вказаної проблеми є поглиблене вивчення фундаментальних механізмів руйнування і відновлення КТ при дії пошкоджуючих факторів сучасної зброї. Це визначає необхідність розширення досліджень в області ранової балістики, присвячених вивченню тонкої

структури кісткового матриксу, як в нормі, так і при вогнепальних переломах (Stefanopoulos P. K., 2015).

При пораненнях кінцівок з пошкодженням ДК збільшується вірогідність і частота фрагментації та деформації СР, що суттєво збільшує ступінь передачі кінетичної енергії м'яким тканинам, отже, і їх пошкодження. Дрібні кісткові відламки виконують роль вторинних осколків, що ранять, тим самим додатково ушкоджуючи м'які тканини. Мікроциркуляторні порушення, що виникають в ділянці вогнепальної рани, сприяють розвитку некротичних процесів. Це призводить до довготривалого загоювання вогнепальних ран з частим розвитком інфекційних ускладнень (Covey D. C., Vorn C. T., 2010). Інфекційні ускладнення є одним з основних факторів, що перешкоджають успішному лікуванню поранених з вогнепальними пораненнями кінцівок. Гнійні ускладнення спостерігаються вже на 2-4 добу і досягають свого максимуму до кінця першого тижня з моменту поранення (Косульников С. О., 2014; Jorgensen J., 2016).

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана згідно з планом науково-дослідницьких робіт Української військово-медичної академії «Принципи діагностики та надання хірургічної допомоги постраждалим з ускладненням травматичної хвороби», шифр «Політравма-IV», номер державної реєстрації № 0106U007079 (автор провів аналіз результатів лікування; клінічні дослідження поранених з переломами довгих кісток; біомеханічні натурні стендові випробування кісток); «Розробка оцінки тяжкості хірургічної травми», шифр «Політравма-V», номер державної реєстрації № 0116U007313 (автор провів аналіз ступеня тяжкості скелетної травми).

Мета дослідження: покращити результати хірургічного лікування поранених з вогнепальними переломами довгих кісток на основі клініко-експериментального обґрунтування вибору раціональних методів позавогнищевого остеосинтезу з урахуванням біомеханічних змін кісткової тканини в ділянці вогнепального перелому.

Задачі дослідження:

1. Вивчити частоту та характер вогнепальних переломів довгих кісток в умовах сучасних бойових дій, провести аналіз незадовільних результатів лікування.
2. Удосконалити методику моделювання вогнепальних переломів на біологічних препаратах довгих кісток з можливістю визначення біомеханічних характеристик кісткової тканини до та після нанесення вогнепального перелому.
3. Розробити методику та визначити зміни біомеханічних характеристик у діафізах довгих кісток до та після вогнепального перелому на різній відстані від місця поранення та дати їм оцінку.
4. Розробити оптимальні компоновки системи «апарат – пошкоджена довга кістка» з урахуванням біомеханічних змін кісткової тканини після вогнепального перелому.
5. Розробити алгоритм хірургічного лікування поранених з вогнепальними переломами довгих кісток з урахуванням зони ударно-хвильової остеопорозоподібної трансформації, провести порівняльний аналіз його клінічної ефективності з прогнозуванням розвитку ускладнень.

Об'єкт дослідження – вогнепальні переломи довгих кісток.

Предмет дослідження – біомеханічні властивості кісткової тканини до та після вогнепального перелому; біомеханічні властивості оптимізованої конструкції апарату зовнішньої фіксації; результати хірургічного лікування поранених з вогнепальними переломами довгих кісток в залежності від застосованого хірургічного лікування.

Методи дослідження: клінічні, лабораторні, інструментальні, бібліосемантичний, системного аналізу, аналітичний, статистичний, натурних стендових випробувань.

Наукова новизна отриманих результатів. У дисертації *вперше*:

- в умовах сучасних бойових дій виявлені особливості структури вогнепальних переломів довгих кісток, які полягають у визначенні частоти ушкодження сегментів, ступеня пошкодження м'яких тканин, характеру вогнепальних переломів довгих кісток, видів переломів та наявності дефектів кісткової тканини;

- розроблено та обґрунтовано методику і відповідне устаткування для визначення біомеханічних характеристик кортикального шару довгих кісток до та після вогнепального перелому на різній відстані від місця поранення на одних і тих же кістках, що дало можливість збільшити точність експерименту;

- на підставі результатів експериментальних натурних стендових випробувань одержані науково-обґрунтовані експериментальні докази наявності зон зниження жорсткості кісткової тканини навколо вогнепального перелому, які нівелюються при збільшенні відстані від ділянки перелому та відповідають ділянкам ударно-хвильової остеопорозоподібної трансформації кісткової тканини при вогнепальних переломах;

- на підставі порівняльного аналізу характеристик жорсткості систем «апарат – пошкоджена довга кістка» зі стандартною схемою розташування гвинтів Шанца, з розташуванням гвинтів Шанца на збільшеній відстані від зони перелому та з введенням гвинтів Шанца під кутами обґрунтовано та оптимізовано конструкцію стержневого апарату зовнішньої фіксації;

- на основі вивчення причин незадовільних результатів лікування поранених з вогнепальними переломами довгих кісток виявлені клініко-організаційні фактори, з оцінкою інформативної значимості кожного та виділенням серед них найбільш вірогідних (визначення ризику), що склало основу прогнозування результатів лікування.

Практичне значення отриманих результатів. Запропоновані схеми фіксації кісткових відламків апаратом зовнішньої фіксації при вогнепальних переломах довгих кісток, за допомогою яких можливо отримати кращі результати лікування поранених.

Розроблений алгоритм хірургічного лікування поранених з вогнепальними переломами довгих кісток з доведеною клінічною ефективністю, з урахуванням біомеханічних змін кісткової тканини після вогнепального перелому з ділянками зниження характеристик жорсткості кістки, принцип якого полягає в комплексному підході до реалізації окремих етапів, використанні обґрунтованих і запропонованих схем накладання апаратів зовнішньої фіксації, оптимально-ранніх строках заміни метода фіксації.

Запропонована прогностична оцінка відносного ризику (OR) ймовірності незадовільного результату лікування за клінічними факторами з оцінкою інформативної значимості кожного, як інструмент для передбачення результату та можливої його корекції для досягнення максимального ефекту.

Результати роботи впроваджені в навчальний процес слухачів Української військово-медичної академії, а також в клінічну практику травматологічних відділень Бахмутської центральної районної лікарні, ЛШМД м. Маріуполь, міської лікарні № 1 м. Маріуполь, в/ч А0209.

Особистий внесок здобувача. Автору особисто належить визначення мети, задач та розробка програми дослідження, аналіз джерел наукової інформації, здійснення збору та обробка первинної документації, визначення методологічних підходів, опрацювання методів клінічних досліджень, систематизація результатів експериментальних і клінічних досліджень та їх аналіз, проведення статистичної обробки отриманих результатів та формулювання висновків роботи, публікація основних положень дисертації.

З консультативною допомогою к. тех. н. доцента Шидловського М. С. на базі лабораторії біомеханічних випробувань кафедри динаміки і міцності машин та опору матеріалів НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» автором проведений анатомо-біомеханічний експеримент з оцінки біомеханічних характеристик КТ в ділянці вогнепального перелому та порівняння жорсткісних характеристик різних конструкцій АЗФ. Автором оптимізовано конструкцію АЗФ з введенням гвинтів Шанца (ГШ) під кутом до вісі кістки. Автору належить розробка алгоритму хірургічного лікування поранених з вогнепальними переломами довгих кісток.

Дисертант брав безпосередню участь у лікуванні пацієнтів та у впровадженні методик та способів у практику надання медичної допомоги пораненим та у навчальний процес для слухачів Української військово-медичної академії.

Апробація результатів дослідження. Основні ідеї та конкретні результати дослідження доповідалися та обговорювалися на науково-практичній конференції з міжнародною участю «Актуальні проблеми сучасної ортопедії та травматології» (м. Чернігів, травень 2013 р.), на Всеукраїнській науково-практичній конференції з міжнародною участю «Сучасні технології надання спеціалізованої хірургічної допомоги в умовах мирного та воєнного часу» (м. Київ, вересень 2013 р.), на міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми механіки та медичного матеріалознавства» (м. Київ, листопад 2013 р.), на науково-практичній конференції з міжнародною участю «Актуальні питання травматології та остеосинтезу» (м. Полтава, квітень 2014 р.), на XVII з'їзді ортопедів-травматологів України (м. Київ, жовтень 2016 р.), на Всеукраїнській науково-практичній конференції «Впровадження наукових розробок у практику охорони здоров'я» (м. Київ, грудень 2016 р.), на науково-практичній конференції «Сучасні підходи до діагностики та лікування травм та захворювань опорно-рухового апарату» (м. Київ, квітень 2017 р.), на XVIII міжнародній науково-технічній конференції «Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта», (м. Київ, червень-липень 2017 р.), на науково-практичній конференції «Актуальні питання надання хірургічної допомоги та анестезіологічного забезпечення в умовах воєнного та мирного часу» (м. Одеса, вересень 2017 р.).

Публікації. Основні наукові результати дослідження опубліковані в 17 друкованих працях, серед яких 10 – у провідних наукових фахових виданнях переліку ДАК України, в тому числі 3 – у виданнях, що включені до міжнародних наукометричних баз.

Структура та обсяг роботи. Основний текст дисертації викладено на 143 сторінках машинопису. Робота складається зі вступу, п'яти розділів, перший з яких присвячений огляду наукових джерел інформації, висновків; ілюстрована 41 таблицею, 53 рисунками, має 5 додатків. Список джерел наукової інформації містить 170 найменувань, з них 84 кирилицею та 86 – латиницею.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У першому розділі представлено аналітичний погляд на проблему лікування поранених з вогнепальними переломами ДК. Аналіз санітарних втрат у війнах та збройних конфліктах підтверджує превалювання вогнепальних поранень кінцівок серед інших локалізацій – 54-70 %, а з переломами кісток – 35-40 %. Серед вогнепальних переломів переважають переломи кісток гомілки (42,1 %), рідше спостерігаються переломи стегнової і плечової кісток (23,8 % і 22,3 % відповідно); переломи кісток передпліччя становлять 11,8 %. На всіх сегментах домінують діафізарні переломи, а внутрішньосуглобові переломи виявляються у 17,1 % поранених. Серед 76,4 % вогнепальних переломів, отриманих при пораненнях сучасними видами зброї, 35,1 % мали осколковий, а 41,3 % – роздроблений характер. Первинні дефекти кісток були зареєстровані у 7,1 % військовослужбовців, із них у 79,3 % були виявлені дефекти від 3 см та більше. Дефекти м'яких тканин при вогнепальних пораненнях кінцівок зустрічаються у 37 % випадків.

АЗФ є методом вибору в лікуванні поранених з вогнепальними переломами ДК. Визначені основні вимоги до АЗФ: максимальне збереження анатомії кінцівки, можливість доступу до зони пошкодження для вторинних операцій, достатня механічна міцність, а також комфорт пацієнта.

На сьогоднішній день операції з застосуванням клаптів на перфорантних судинах стають пріоритетними при закритті дефектів м'яких тканин, оскільки дозволяють досягати добрих функціональних та естетичних результатів при одноетапній пластиці ранового дефекту. Транспозиція клаптів на перфорантних судинах дозволяє забезпечити низьку травматизацію донорської зони, повністю зберегти магістральний кровоплин, вісьовий кровообіг в клапоті, виконати пластику без накладання мікросудинних анастомозів однією бригадою хірургів, отримати стійкий до навантажень шкірний покрив без надлишкового об'єму клапотя після одного етапу пластики.

У другому розділі подано **матеріали і методи дослідження:** в роботі проведено аналіз результатів лікування 144 пацієнтів з вогнепальними переломами ДК, в яких використано загальноприйняті (група порівняння) і запропоновані методи лікування (основна група). Основна група складалася з 61 пацієнта з вогнепальними переломами ДК, які лікувалися за допомогою розробленого методу (встановлення АЗФ з урахуванням зони УХОТ, застосування оптимізованої конструкції стержневого АЗФ, заміна методу фіксації зануреним функціонально-

стабільним остеосинтезом в ранні терміни). Групу порівняння склали 83 пацієнта з вогнепальними переломами довгих кісток, які лікувалися за традиційною методикою – встановлення АЗФ без урахування зони УХОТ, встановлення «традиційної» моделі АЗФ. Заміна методу фіксації виконувалася в загальноприйнятій терміни.

Проведений аналіз груп порівняння виявив відсутність статистично значущих різниць ($p > 0,05$) за критерієм Хі-квадрат (χ^2) між клінічними групами: за віком, видом травми, локалізацією поранення за сегментами кінцівок, видом перелому, ступенем пошкодження м'яких тканин, методом іммобілізації на догоспітальному етапі, терміном виконання первинної хірургічної обробки, терміном поступлення на етап спеціалізованої допомоги. Вищезазначені параметри обумовлюють співставність груп порівняння.

Анатомо-біомеханічне дослідження виконано в лабораторії біомеханічних випробувань кафедри динаміки і міцності машин та опору матеріалів НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» за консультативної допомоги доц. Шидловського М. С.

З метою визначення біомеханічних змін, що відбуваються в КТ після вогнепального перелому на різній відстані від нього, були проведені біомеханічні дослідження трупних нефіксованих великогомілкових кісток людей, які померли від пошкоджень та захворювань, не пов'язаних з патологією опорно-рухової системи. Показники жорсткості кожної кістки досліджували двічі – в непошкодженному стані та після вогнепального перелому. Кістки піддавали осьовим компресійним навантаженням за допомогою універсальної випробувальної машини TIRA-TEST 2151. В умовах закритого тиру на препаратах великогомілкових кісток з попередньою розміткою, які вільно закріплювалися, були змодельовані вогнепальні переломи шляхом пострілу з карабіну Remington 700 SPS Varmint з характеристиками снаряда, що ранив (кулі): калібр – 22-250 Rem. (5,56x45 мм НАТО), початкова швидкість кулі – 1300 м/с, маса кулі – 3,5 г з відстані 50 м. Кінетична енергія кулі обраного для проведення досліджень карабіну Remington 700 SPS Varmint має середнє проміжне значення між кінетичною енергією кулі автомату АК-74 (індекс 7Н6) та кінетичною енергією кулі снайперської гвинтівки Драгунова. Для оцінки зміни стану КТ в ділянці вогнепального перелому розроблена методика та створено відповідне устаткування.

У великогомілковій кістці за віссю і перпендикулярно до неї по медіальній поверхні просвердлювали по три отвори дистально і по три отвори проксимально від центру кістки (відповідно точки № 1, 2, 3 і № 4, 5, 6). Відстань між сусідніми отворами та від центру кістки до найближчих отворів дорівнювала 20 мм, діаметр отворів дорівнював 2 мм (рис. 1). Для проведення циклічних осьових компресійних навантажень використовували навантажувальний пристрій: в просвердлені отвори почергово вводили індентор діаметром 2 мм, виготовлений із нержавіючої сталі, на який прикладалося навантаження.

Досліджувані кістки закріплювали у випробувальній машині за допомогою спеціально виготовлених опор. Попередніми експериментами встановлено, що виготовлення універсальних, таких, що підходять до всіх кісток, опор неможливо. Це пов'язано із індивідуальною формою поперечного перерізу кожної кістки. Опори,

які надійно утримують одну кістку при навантаженнях, не можуть утримати іншу кістку.



Рис. 1. Біомеханічні дослідження великогомілкових кісток

Для фіксації препаратів при дії навантажень для кожної кістки були виготовлені індивідуальні заливальні форми під розмір кісток, що в подальшому фіксувалися пластмасою ПРОТАКРИЛ-М. Опори компенсують всі непаралельності сторін при закріпленні кістки для випробування.

У третьому розділі представлені результати досліджень та їх обговорення.

Незворотні деформації препаратів, що накопичуються з 2-го по 10-й цикли навантаження силою 500 Н, представлено на діаграмі (рис. 2).

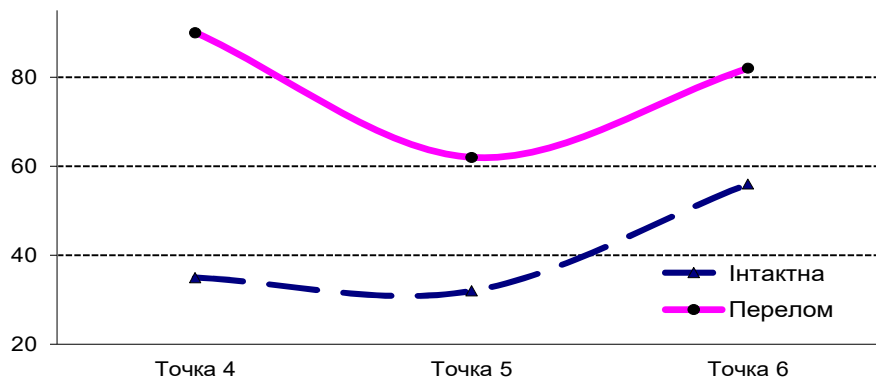


Рис. 2. Незворотні деформації препаратів, що накопичуються з 2-го по 10-й цикли навантаження силою 500 Н

Як представлено на рис. 2, незворотні деформації препаратів, що накопичуються з другого по десятий цикл навантаження на відстані до 40 мм від місця вогнепального перелому значно більші після вогнепального перелому, ніж в непошкодженій кістці (приблизно на 100 %), що є проявом УХОТ.

Методом скануючої електронної мікроскопії досліджували кісткові фрагменти, що вільно лежали безпосередньо біля перелому ДК поранених з вогнепальними переломами (n=14). Фрагменти кісток фіксували у 10 % нейтральному формаліні на фосфатному буфері і витримували 24 години. Після промивки у фізіологічному розчині проводили дегідратацію у висхідних концентраціях етанолу (25 %→50 %→75 %→100 %). Після цього матеріал висушували в установці Samdri-780A для сушки в критичній точці CO₂ та покривали золотом товщиною 15 нм з допомогою установки Gatan 682 PECS. Скануючу електронну мікроскопію проводили за допомогою електронного мікроскопу Tescan Mira 3 LMU.

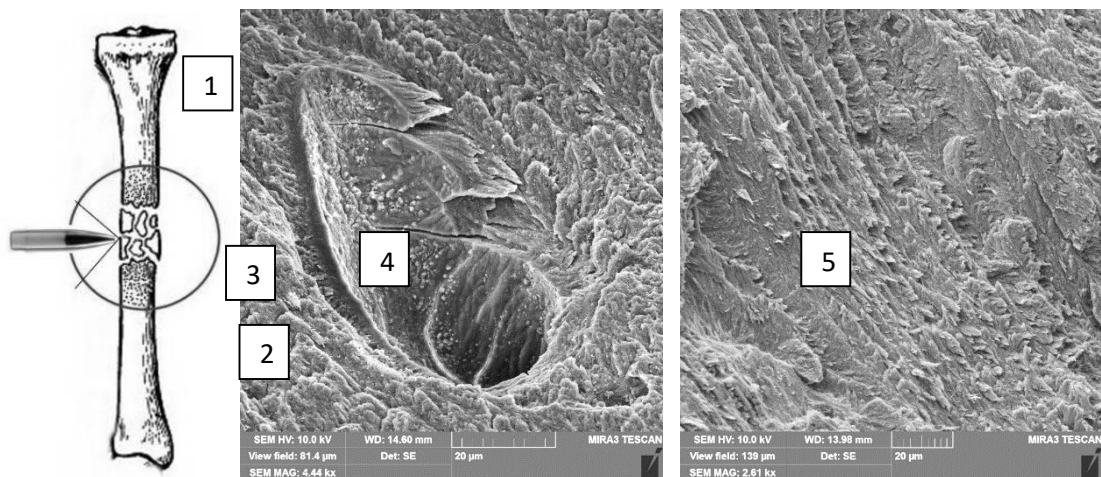


Рис. 3. УХОТ КТ: 1 – ділянка інтактної кістки; 2 – ділянка повної руйнації кістки; 3 – ділянка УХОТ; 4 – мікротріщини у каналі Гаверса; 5 – сколи за лініями пластинок остеонів

Кортикальна зона кісткових фрагментів представлена пластинчатою кісткою. На рис. 3 відображено сколи кістки, на яких реєструються канал Гаверса та пластинки остеонів. Чітко видно характер розколу кістки за розташуванням ламел остеонів. В інтактній КТ ламели остеонів утворюють безперервні кільцеві шари навколо каналу Гаверса. Останній містить живильну магістральну судину остеона. Морфологічно розриви компактної речовини у зразках після вогнепальних переломів представлені у вигляді мікротріщин лінійної форми, які формуються переважно у ділянках з'єднання ліній остеонів. Також відмічаються ділянки деструкції кісткового матриксу та мікротріщини у каналі Гаверса. У середньому діапазон мікротріщин у зразках після вогнепальних переломів варіював від 390 нм до 1,7 мкм. Тобто характер розколу КТ після вогнепальних переломів відбувався по ламелам остеонів. Наявність таких дефектів в кісткових відламках можна розглядати як чинник подальшої реорганізації КТ, остеопорозоподібної трансформації кісткового матрикса і нестабільності при остеосинтезі.

З біомеханічної точки зору найбільш надійна фіксація кісткових відламків при переломах досягається при мінімальній відстані між імплантатами, що знаходяться в різних кісткових фрагментах. Враховуючи пошкодження структур кістки внаслідок УХОТ після вогнепального перелому ці зони небажані для введення імплантів.

У випадку встановлення АЗФ за традиційною методикою ГШ 2 і 3 потрапляють саме в зону УХОТ (рис. 4).

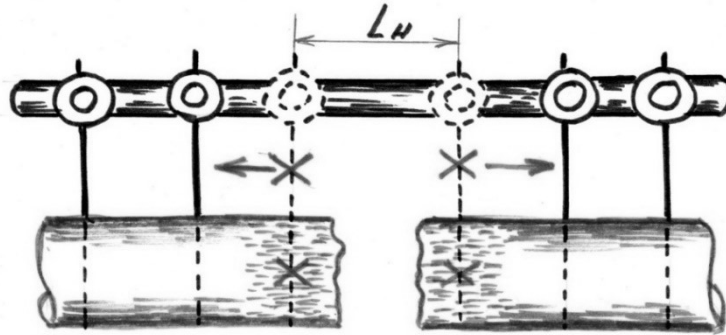


Рис. 4. Схема розміщення ГШ при встановленні АЗФ за традиційною методикою: 1, 4 – проксимальний та дистальний ГШ; 2, 3 – центральні ГШ, L_n – відстань між центральними ГШ (2, 3)

При введенні ГШ 2 і 3 більш дистально і проксимально поза межами ушкодженої КТ з УХОТ буде збільшуватись відстань між точками закріплення ГШ (рис. 5), за рахунок чого, під дією згинального моменту, кут деформації (θ) збільшиться, що наочно демонструє формула для визначення кута повороту між частинами системи «апарат-пошкоджена довга кістка»:

$$\theta = \frac{M \cdot L}{E \cdot I},$$

де: θ – кут взаємного повороту між частинами системи «апарат-пошкоджена довга кістка»;

M – вигинаючий момент сил, які прикладені до кістки;

L – відстань між стержнями 2 і 3;

E – модуль пружності штанги;

I – момент інерції поперечного перерізу штанги (геометрична характеристика перерізу):

$$I = \frac{\pi \times d^4}{64}$$

де d – діаметр штанги.

Таким чином, збільшення відстані між стержнями 2 і 3 призводить до збільшення кутів взаємного повороту частин перелому під дією зовнішніх навантажень. І навпаки, чим менша відстань, тим більша жорсткість фіксації перелому.

$$\theta_{(рад)} = \frac{L_n}{L'_n} = \Delta L_n$$

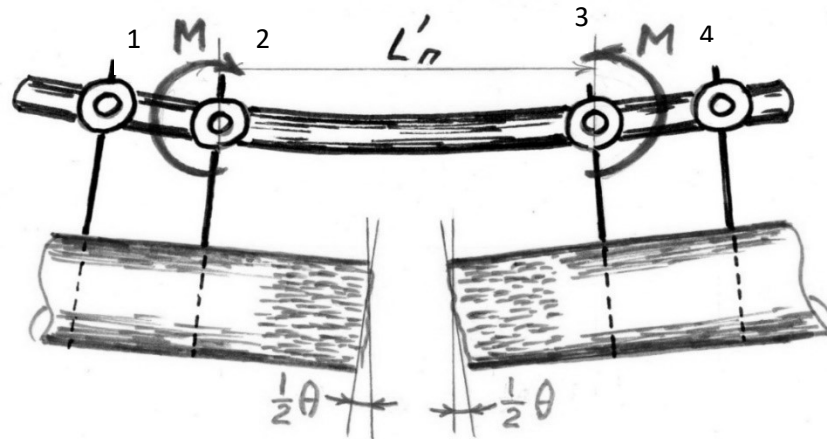


Рис. 5. Збільшення відстані між ГШ 2 і 3 призводить до зниження жорсткості системи «апарат – пошкоджена довга кістка»;
 L'_n – відстань між центральними ГШ (2, 3).

Ми пропонуємо вирішення зазначеної задачі шляхом оптимізації – розташування центральних ГШ (2 і 3) під кутом (рис. 6). Таким чином, при використанні такої схеми АЗФ, ГШ 2 і 3 будуть розташовуватись у зоні неушкодженої КТ, а відстань між фіксаторами АЗФ буде в допустимих межах.

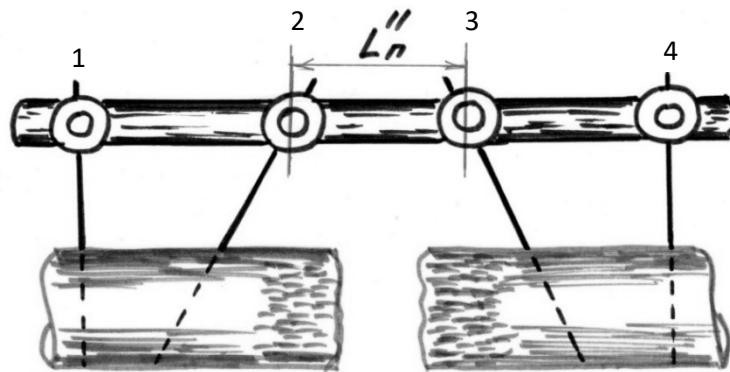


Рис. 6. Розташування ГШ під кутом до вісі кістки

З метою визначення оптимального кута встановлення ГШ, при якому жорсткість системи «апарат – пошкоджена довга кістка» буде найбільшою, були порівняні жорсткості систем зі стандартною схемою розташування ГШ, з розташуванням ГШ на збільшеній відстані один від одного та розташуванням ГШ під обраними кутами 15° та 30° . Для моделювання системи «апарат – пошкоджена довга кістка» (в якості кістки використані сталеві стержні) нами був розроблений фіксатор для ГШ, який дає можливість розташовувати їх під кутами 0° , 15° , 30° відносно перпендикуляру до поздовжньої вісі системи та переміщуватися по штанзі з фіксацією до неї у необхідному місці.

Як представлено на діаграмі (рис. 7), жорсткість системи «апарат-пошкоджена довга кістка» при встановленні ГШ під кутом 30° до вісі кістки при дії навантаження на стиск та на кручення перевищує жорсткість системи при іншому просторовому розміщенні стержнів; при дії навантаження вздовж площини стержнів та поперек

площини стержнів жорсткість системи при розміщенні ГШ під кутом 30° до вісі кістки перевищує жорсткість систем з стандартним та віддаленим встановленням ГШ та приблизно дорівнює жорсткості системи з розміщенням стержнів під кутом 15° .

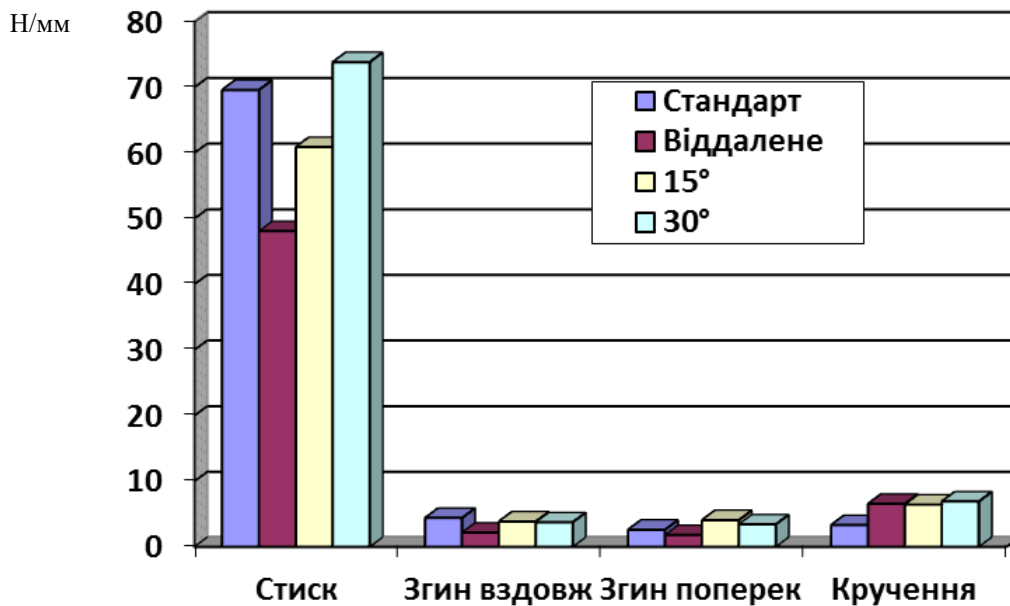


Рис. 7. Порівняльна діаграма отриманих жорсткостей систем «апарат – пошкоджена довга кістка»

У четвертому розділі представлено хірургічне лікування поранених з вогнепальними переломами довгих кісток з застосуванням запропонованого алгоритму.

Всім пораненим з вогнепальними переломами ДК на III (IV) рівні надання медичної допомоги були виконані повторні хірургічні обробки (ПвХО) вогнепальних ран. Так, в основній групі кількість ПвХО склала $5,03 \pm 1,74$, а в групі порівняння – $6,5 \pm 2,32$ на одного пораненого. ПвХО виконували за стандартною методикою і завершували накладанням системи лікування негативним тиском, що сприяло макродеформації рани, коли під впливом негативного тиску краї рани зближуються один з одним, що зменшує площу поверхні, яка повинна бути закрита, забезпечує постійне видалення з рани патологічних виділень і мікроорганізмів, підвищення локального рівня біологічно активних речовин, захист рани від впливу зовнішніх факторів, підтримку в ній вологого середовища, збільшення швидкості утворення грануляційної тканини, а також зменшення частоти перев'язок. Під час першого монтажу системи апарат налаштовували на постійний режим аспірації з величиною негативного тиску в порожнині рани – 125 мм рт. ст. Перший період функціонування системи складав від 24 до 48 годин, другий – до 3 діб. Під час лікування пацієнтів оцінювали об'єм ранового вмісту, інтенсивність його виділення, клінічний перебіг загоєння, лабораторні показники. Перемонтаж системи здійснювали з метою ревізії рани та ПвХО під загальним знеболенням. Якщо дном рани була м'язова тканина без оголених глибше розташованих структур, або, навпаки, великий обсяг ранового дефекту виключав можливість пластики з використанням васкуляризованого клапотя, а потрібно було комбіноване

застосування кількох методів заміщення м'яких тканин, ми використовували інтермітуючий режим аспірації з тиском від -50 до -80 мм рт. ст. для досягнення інтенсивного росту грануляцій з метою максимального зменшення обсягу ранового дефекту.

У випадку закриття грануляційної рани розщепленим шкірним клапотом вакуумну пов'язку застосовували при постійному режимі аспірації та тиску – 50 мм рт. ст. Це дозволяло не тільки видаляти рановий ексудат без перев'язок, а й покращити адаптацію клапотя до ранової поверхні та запобігало його зміщенню.

При відсутності ознак гнійно-некротичних змін на рану накладали первинно-відстрочені або вторинні шви. В основній групі закриття ран м'яких тканин за допомогою швів було виконано у 35 пацієнтів (57,3 %). В групі порівняння шви на рани були накладені 71 пацієнту (85,5 %). При пораненнях з пошкодженням м'яких тканин IV та V ступеня за класифікацією АО та E. Muller (2007) накладання швів на рани при відсутності ознак гнійно-некротичних змін було неможливе у зв'язку зі значним діастазом країв рани. В даному випадку ми застосовували методи реконструктивної хірургії: 16 пацієнтам (26,2 %) було виконано транспозицію ротаційних шкірно-фасціальних клаптів на перфорантних судинах, 6 пацієнтам (9,8 %) дефект м'яких тканин був закритий за допомогою транспозиції клапотя найширшого м'язу спини на судинній ніжці, 4 пацієнтам (6,5 %) була виконана трансплантація клапотя тканин з накладанням мікросудинного анастомозу.

При лікуванні поранених з вогнепальними переломами ДК ми застосовували принцип первинного позавогнищцевого остеосинтезу та вторинного зануреного остеосинтезу. Після загоєння рани виконували демонтаж АЗФ та протягом 3-5 днів пацієнтам основної групи лікували рани в місці проходження стержнів. В цей час перелом стабілізували за допомогою гіпсової лонгети або скелетного витягу. Коли зовнішній фіксатор знаходився менше трьох тижнів та не було ознак запалення, що спостерігалось у 12 пацієнтів основної групи (19,6 %), його видалення проводили одночасно з виконанням внутрішньої фіксації. Пацієнтам групи порівняння заміну метода фіксації виконували не раніше 14 доби після демонтажу АЗФ. Накістковому остеосинтезу завжди передували лабораторні та рентгенологічні дослідження, результатами яких була відсутність ознак запалення. Заміну метода фіксації виконували за допомогою пластин або інтрамедулярних стержнів. Операції зануреного остеосинтезу проводили з мінімальною травматичністю, зберігаючи периостальний кровообіг. Операційний доступ виконували крізь непошкоджені тканини. Пластини намагалися розміщувати таким чином, щоб канали від стержнів не співпадали з місцем контакту пластини з кісткою. Занурений остеосинтез був спрямований на можливість ранніх активних рухів та вісьового навантаження. В основній групі накістковий остеосинтез був виконаний 31 пацієнту (50,8 %), інтрамедулярний – 22 пацієнтам (36,0 %); в групі порівняння накістковий остеосинтез був використаний у 39 пацієнтів (46,9 %), інтрамедулярний – у 23 пацієнтів (27,7 %). В зв'язку з тим, що вогнепальні переломи супроводжуються масивним пошкодженням м'яких тканин та кістки, що потребує більш тривалого лікування до моменту заміни метода фіксації в порівнянні зі звичайними відкритими переломами, в багатьох випадках зона перелому була значно склерозована, що утруднювало, а інколи і унеможливило закриття репозицію та проведення

провідника при інтрамедулярному остеосинтезі. В таких випадках з метою зменшення часу операції ми за допомогою невеликого доступу в проекції перелому досягали кісткових уламків та видаляли склерозовані тканини, що було виконано під час 14 операцій (31,1 %) з заміни метода фіксації.

Коли дефект м'яких тканин був закритий за допомогою клапотя тканин та операційний доступ мав проходити через цю ділянку (3 пацієнта, 4,9 %), оперативне втручання по заміні метода фіксації відкладалося на 2 місяці. Цей час був необхідний для остаточного приживлення переміщеного клапотя. Заміщення дефекту м'яких тканин васкуляризованим клапотем одночасно з накістковим остеосинтезом було виконано у 8 пацієнтів (13,1 %) основної групи.

Оцінку консолідації перелому проводили за загальноприйнятою методикою у строки відповідно до термінів зрощення кістки. У випадку виявлення кісткових дефектів у процесі консолідації виконували операції кісткової аутопластики. Виникнення хибного суглобу в місці перелому потребувало виконання операції заміни метода фіксації.

Медична реабілітація пацієнтів проводилася паралельно з хірургічним лікуванням.

Наслідком вогнепальних поранень кінцівок є переломи ДК з дефектом КТ, що було відмічено у 34 пацієнтів (23,6 %). В основній групі пацієнти з кістковими дефектами склали 26,2 %, в групі порівняння – 21,6 %. За уніфікованою класифікацією дефектів довгих кісток Ю. А. Барабаша (2016) клиновидні дефекти ДК були виявлені у 7 пацієнтів основної групи (43,7 %) та у 8 пацієнтів групи порівняння (44,4 %). Циліндричні дефекти до 3 см спостерігалися у 5 пацієнтів (31,2 %) основної групи та у 4 пацієнтів (22,2 %) групи порівняння. У 3 пацієнтів (18,7 %) основної групи відмічалися циліндричні дефекти до 7 см та у 1 пацієнта основної групи (6,2 %) був виявлений циліндричний дефект більше 7 см.

У групі порівняння циліндричні дефекти до 7 см були виявлені у 4 пацієнтів (22,2 %), а циліндричні дефекти більше 7 см – у 2 пацієнтів (11,1 %).

Пацієнтам основної групи заміщення кісткових дефектів було виконано за допомогою кісткової аутопластики в комбінації з дрібними гранулами біологічної кераміки, ковзної кісткової пластики, переміщенням малогомілкової кістки з або без накладання мікросудинного анастомозу. Для заповнення залишкової або самотійної порожнини при клиновидних дефектах ДК, що спостерігалось у 7 пацієнтів основної групи, була використана губчаста кістка гребня здухвинної кістки в комбінації з гранулами біологічної кераміки. Для відновлення циліндричного кісткового дефекту розміром до 3 см у 5 пацієнтів ми використовували трикортикальний кістковий трансплантат з гребня здухвинної кістки. З метою закриття циліндричного кісткового дефекту розміром від 3 до 7 см нами було використано переміщення малогомілкової кістки без накладання судинного анастомозу у 3 пацієнтів основної групи. Кістковий дефект більше 7 см був відновлений шляхом переміщення малогомілкової кістки з накладанням мікросудинного анастомозу у 1 пацієнта. Вкорочення кінцівки в основній групі спостерігалось у 1 пацієнта. При лікуванні поранених з вогнепальними дефектами кісток значенню стабільності остеосинтезу надавали велике значення, оскільки якісна стабільна фіксація трансплантата є визначальним фактором його зрощення та перебудови.

Пацієнтам групи порівняння заміщення клиновидних кісткових дефектів, що спостерігалось у 8 пацієнтів, було виконано за допомогою кісткової аутопластики губчастою кісткою з гребня здухвинної кістки. Заміщення циркулярних кісткових дефектів в групі порівняння було виконано шляхом адаптаційної резекції уламків, створенням міжуламкової компресії з укороченням сегменту та з подальшим подовженням кінцівки за методом Ілізарова.

У п'ятому розділі представлено аналіз результатів лікування пацієнтів з вогнепальними переломами довгих кісток. У процесі аналізу результатів лікування поранених з вогнепальними переломами ДК нами вивчено залежність частоти розвитку таких ускладнень як стержневий остеомієліт, нагноєння м'яких тканин, розвиток атрофії м'язів, контрактур суміжних суглобів, неврологічних, судинних порушень та укорочення сегменту від ряду клінічних та організаційних прогностично значимих чинників: відстані від імплантів до місця перелому, терміну заміни методу фіксації, застосування методик реконструктивної хірургії (РХ), терміну надходження до НВМКЦ після поранення, наявності дефекту кістки.

Встановлено, що при відстані від імплантів до місця перелому менше 40 мм вірогідність (ризик) розвитку стержневого остеомієліту зростає у 5,0 разів (OR=5,0, p=0,025), вірогідність розвитку нагноєння м'яких тканин – у 3,2 рази (OR=3,2, p=0,012), вірогідність розвитку контрактур суміжних суглобів – у 17,4 рази (OR=17,4, p=0,0001), ризик розвитку атрофії м'язів – у 11,3 рази (OR=11,3, p=0,0001), вірогідність розвитку неврологічних порушень – у 2,8 рази (OR=2,8, p=0,003), вірогідність розвитку судинних порушень – у 2,5 рази (OR=2,5, p=0,007).

Встановлено, що при терміні надходження поранених до НВМКЦ після 6-ї доби опісля поранення ризик розвитку нагноєння м'яких тканин зростає у 5,3 рази (OR=5,3, p=0,0001). Також суттєво зростає ризик укорочення сегменту. Проте, даний результат не має прямої причинно-наслідкової залежності, а є результатом опосередкованої значущості інших чинників (конфаундинг факторів). Так, при наявності дефекту кістки ризик розвитку укорочення сегменту зростає у 51,3 рази (OR=51,3, p=0,0001).

Встановлено, що при заміні метода фіксації у терміни 14-21 діб після демонтажу АЗФ ризик розвитку атрофії м'язів зростає у 17,8 рази (OR=17,8, p=0,0001), а вірогідність розвитку контрактур суміжних суглобів – у 15,0 разів (OR=15,0, p=0,0001). Також при цьому встановлено статистично значиме зростання ризику неврологічних (у 3,3 рази) та судинних порушень (у 2,6 рази), p<0,05.

Аналіз застосування методик РХ показав, що при відсутності застосування зазначених методик ризик розвитку атрофії м'язів зростає у 13,6 рази (OR=13,6, p=0,0001), ризик розвитку контрактур суміжних суглобів – у 4,0 рази (OR=4,0, p=0,001), вірогідність розвитку судинних порушень – у 3,2 рази (OR=3,2, p=0,007), а ризик розвитку неврологічних порушень – у 2,3 рази (OR=2,3, p=0,035).

Врахування вищезазначених чинників для організації лікувальної тактики привело до скорочення термінів госпіталізації та покращення результатів лікування в основній групі. Оцінка за анатомо-функціональною шкалою свідчить про суттєвий приріст добрих результатів лікування до 80,3 % в основній групі проти 54,2 % у групі порівняння (p<0,05).

Відстань від місця вогнепального перелому до стержнів АЗФ впливає на частоту розвитку ускладнень, а саме при введенні імплантів на відстані до 40 мм від місця вогнепального перелому збільшується вірогідність розвитку стержньового остеомієліту у 5,0 разів і вірогідність розвитку нагноєння м'яких тканин у 3,2 рази. Заміна методу фіксації в ранні терміни дозволяє знизити зустрічаємість випадків розвитку контрактур суміжних суглобів та атрофії м'язів. При заміні метода фіксації у терміни 14-21 діб після демонтажу АЗФ зростає вірогідність розвитку атрофії м'язів у 17,8 рази і вірогідність розвитку контрактур суміжних суглобів у 15,0 разів. Застосування методик РХ при лікуванні поранених з вогнепальними переломами ДК дозволяє зменшити розвиток судинних порушень у 3,2 рази та розвиток неврологічних порушень у 2,3 рази.

Аналіз інтегральної оцінки результатів лікування за анатомо-функціональною шкалою (рис. 8) виявив, що результати лікування в групі порівняння гірші, ніж в основній групі (тільки 54,2 % добрих, при 43,3 % задовільних та 2,4 % незадовільних результатів). При цьому спостерігається наявність значимої частоти добрих результатів лікування – до 80,3 % – в основній групі.

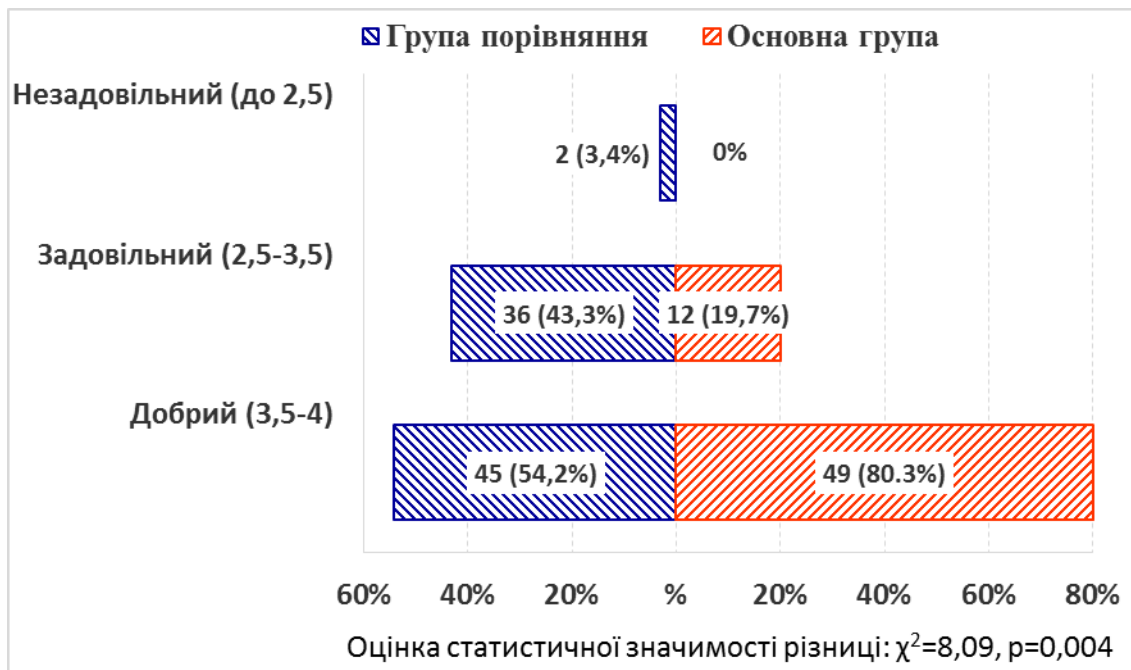


Рис. 8. Результати лікування за модифікованою анатомо-функціональною шкалою Матіса-Любошица-Шварцберга в групах дослідження

Запропонований нами алгоритм хірургічного лікування поранених з вогнепальними переломами ДК дозволив скоротити час стаціонарного лікування та збільшити на 26,1 % кількість добрих результатів лікування ($\Delta\text{РЛ} = 0,261$).

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведено узагальнення результатів дослідження і досягнуто сучасне вирішення актуального наукового завдання у галузі клінічної медицини, а саме травматології та ортопедії, щодо покращення результатів хірургічного лікування поранених з вогнепальними переломами довгих кісток на

основі клініко-експериментального обґрунтування вибору раціональних методів позавогнищевого остеосинтезу з урахуванням біомеханічних змін кісткової тканини в ділянці вогнепального перелому.

1. Визначено, що в умовах сучасних бойових дій поранені травматологічного профілю становлять 53,6-64,0 %, а з переломами довгих кісток – до 37 %. Серед вогнепальних переломів довгих кісток переважають переломи кісток гомілки (до 42 %). Первинні дефекти кісток при вогнепальних переломах реєструються у 7,1 % поранених. Основними причинами незадовільних результатів лікування поранених з вогнепальними переломами довгих кісток є контрактури (32,9 %), хронічний остеомієліт (5,7 %), хибні суглоби (3,1 %), що призводять до виникнення стійкої інвалідності (23,6 %) та звільнення із лав Збройних Сил України без інвалідності (22,2 %).

2. Удосконалена методика моделювання вогнепальних переломів на препаратах довгих кісток з попередньою розміткою для визначення біомеханічних властивостей кісткової тканини на різній відстані від перелому надала можливість порівняння результатів біомеханічних натурних стендових випробувань одних і тих же довгих кісток до та після вогнепального перелому, що нівелює додаткові похибки.

3. Визначення біомеханічних характеристик довгої кістки у фіксованих точках в непошкодженому стані та після вогнепального перелому за допомогою індентора з діаметром, меншим за кортикальний шар досліджуваної кістки, показало, що внаслідок вогнепального перелому у діафізарній частині довгих кісток утворюються ділянки зниження жорсткості кісткової тканини у лінійній залежності, що є проявом ударно-хвильової остеопорозоподібної трансформації. На відстані 20 мм від вогнепального перелому незворотні деформації інтактних препаратів склали 32 ± 2 мм, а препаратів після вогнепального перелому – 90 ± 3 мм (втрата жорсткості $181 \pm 2,7$ %); на відстані 40 мм від вогнепального перелому незворотні деформації інтактних препаратів склали 35 ± 3 мм, а препаратів після вогнепального перелому – 82 ± 4 мм (втрата жорсткості $134 \pm 0,8$ %); на відстані 60 мм від вогнепального перелому незворотні деформації інтактних препаратів склали 56 ± 4 мм, а препаратів після вогнепального перелому 62 ± 4 мм (втрата жорсткості $11 \pm 0,5$ %). При проведенні біомеханічних випробувань жорсткості кісткової тканини методом циклічних навантажень, що найбільш відповідає фізіологічним навантаженням, виявився найбільш показовим.

4. Жорсткість системи «апарат – пошкоджена довга кістка» при встановленні гвинтів Шанца під кутом 30° до вісі кістки при дії навантаження на стиск та на кручення перевищує жорсткість системи при іншому просторовому розміщенні стержнів; при дії навантаження вздовж площини стержнів та поперек площини стержнів жорсткість системи при розміщенні гвинтів Шанца під кутом 30° до вісі кістки перевищує жорсткість систем зі стандартним та віддаленим встановленням гвинтів Шанца та приблизно дорівнює жорсткості системи з розміщенням стержнів під кутом 15° . Розташування центральних гвинтів Шанца під кутом 30° до вісі довгої кістки забезпечує більшу жорсткість фіксації ($45,09 \pm 3,51$ Н/мм) в порівнянні з однобічною одноплощинною конструкцією апарату зовнішньої

фіксації ($36,94 \pm 4,32$ Н/мм) та дозволяє уникати введення імплантів в зону ударно-хвильової остеопорозоподібної трансформації.

5. Алгоритм хірургічного лікування поранених з вогнепальними переломами довгих кісток з встановленням апаратів зовнішньої фіксації з урахуванням зони ударно-хвильової остеопорозоподібної трансформації, застосування оптимізованої конструкції апарату зовнішньої фіксації, заміною методу фіксації в найбільш обґрунтовано ранні терміни дозволив підвищити ефективність хірургічного лікування. Аналіз результатів лікування за шкалою Матіса-Любошица-Шварцберга визначив добрі результати у 49 (80,3 %) пацієнтів основної групи, 45 (54,2 %) пацієнтів групи порівняння; задовільні результати – у 12 (19,7 %) пацієнтів основної групи, 36 (43,3 %) пацієнтів групи порівняння; незадовільні результати – у 2 (3,4 %) пацієнтів групи порівняння. В основній групі незадовільні результати лікування були відсутні. (Оцінка статистичної значимості різниці: $\chi^2=8,09$, $p=0,004$).

6. На основі ретроспективного аналізу рівня виникнення ускладнень, розрахунку показників відношення шансів (OR) з 95 % довірчим інтервалом та статистичною значимістю отриманих результатів ($p<0,05$) проведено прогнозування розвитку ускладнень у поранених з вогнепальними переломами довгих кісток: вірогідність розвитку стержневого остеомієліту зростає у 5,0 разів (OR=5,0 (1,1-23,2), $p=0,025$), вірогідність розвитку нагноєння м'яких тканин – у 3,1 рази (OR=3,2 (1,3-7,9), $p=0,012$), ризик розвитку контрактур суміжних суглобів – у 17,4 рази (OR=17,4 (7,4-41,2), $p=0,0001$), ризик розвитку атрофії м'язів – у 11,3 рази (OR=11,3 (5,2-24,8), $p=0,0001$), ризик розвитку неврологічних порушень – у 2,8 рази (OR=2,8 (1,4-5,5), $p=0,003$), а судинних порушень – у 2,5 рази (OR=2,5 (1,3-5,1), $p=0,007$).

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Шидловський М. С., Лакша А. М., Бур'янов О. А., Димань М. М., Котюк В. В., Лакша А. А., Літун Ю. М., Нікітін П. В., Омельченко Т. М., Скобенко Є. О., Юрійчук Л. М. Експериментальні дослідження засобів остеосинтезу / за ред. М. С. Шидловського, А. М. Лакши. Київ, 2017. 276 с. *Особистий внесок автора полягає у порівнянні жорсткісних властивостей кісткової тканини до та після вогнепального перелому, узагальненні результатів досліджень.*

2. Шидловський Н. С., Лакша А. М., Лакша А. А. Параметри жесткости стержневых аппаратов внешней фиксации. *Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія Машинобудування.* 2010. № 59. С. 31–34. *Особистий внесок автора полягає у порівнянні жорсткісних властивостей АЗФ різних просторових конструкцій.*

3. Бур'янов О. А., Асланян С. А., Ярмолюк Ю. О., Лакша А. А. Хірургічні аспекти лікування постраждалих з діафізарними переломами довгих кісток при поєднаній травмі в системі відновлювального лікування та реабілітації. *Літопис травматології та ортопедії.* 2012. № 1-2 (23-24). С. 94–96. *Особистий внесок автора полягає у визначенні хірургічної тактики в постраждалих із переломами довгих кісток.*

4. Страфун С. С., Борзих Н. О., Гайко О. Г., Борзих О. В., Савка І. С., Цівина С. А., Шипунов В. Г., **Лакша А. А.** Хірургічне лікування поранених з паралічем двоголового м'яза плеча внаслідок вогнепальних та мінно-вибухових ушкоджень периферичних нервів. *Наука і практика. Міжвідомчий медичний журнал.* 2016. №1-2 (7-8). С. 56–59. *Автором виконано оцінку результатів хірургічного лікування поранених з паралічем двоголового м'яза плеча.*

5. Страфун С. С., Борзих Н. О., **Лакша А. А.** Аналіз структури та лікування поранених з вогнепальними травмами верхніх кінцівок в умовах сучасних бойових дій. *Військова медицина України.* 2016. Т. 16, № 3. С. 97–105. *Особистий внесок автора полягає у проведенні аналізу результатів лікування поранених з вогнепальними переломами довгих кісток.*

6. Страфун С. С., Борзих Н. О., **Лакша А. А.**, Борзих О. В., Шипунов В. Г., Ярмолюк О. Ю. Структура та ступінь тяжкості бойових травм верхніх кінцівок. *Літопис травматології та ортопедії.* 2016. № 1-2 (33-34). С. 111–115. *Автором проаналізовані результати обстежень поранених з бойовим травмами верхніх кінцівок.*

7. Страфун С. С., Борзих Н. О., Ярмолюк Ю. О., Шипунов В. Г., **Лакша А. А.**, Безуглий А. А. Застосування методу керованого негативного тиску в комплексі лікування постраждалих з вогнепальними ранами кінцівок. *Клінічна хірургія.* 2017. № 7 (903). С. 45–47. *Особистий внесок автора полягає у систематизації результатів клінічних досліджень.*

8. Страфун С. С., Борзих Н. О., Борзих О. В., **Лакша А. А.** Тактика надання хірургічної допомоги пораненим з вогнепальними поліструктурними ушкодженнями плеча. *Одеський медичний журнал.* 2017. Т. 6 (164). С. 10–15. *Автором виконано узагальнення результатів лікування поранених з вогнепальними поліструктурними ушкодженнями плеча.*

9. Страфун С. С., Борзих О. В., Борзих Н. О., Курінний І. М., Гайко О. Г., **Лакша А. А.** Тактика хірургічного лікування поранених з поліструктурними вогнепальними ушкодженнями верхніх кінцівок на рівні спеціалізованої допомоги. *Літопис травматології та ортопедії.* 2017. № 1-2 (35-36). С. 21–27. *Дисертант провів набір та обстеження пацієнтів, статистичну обробку даних, описав результати дослідження, підготував статтю до друку.*

10. Борзих Н. О., Страфун С. С., Савосько С. І., Макаренко О. М., **Лакша А. А.** Ультроструктурні зміни кісткової тканини при вогнепальній травмі на основі результатів скануючої електронної мікроскопії. *Морфологія.* 2018. Т. 12, № 1. С. 7–13. *Автором виконано забір кісткового матеріалу під час операцій.*

11. Бур'янов О. А., **Лакша А. А.**, Борзих Н. О., Шидловський М. С. Біомеханічно обґрунтоване хірургічне лікування поранених з вогнепальними переломами довгих кісток. *Клінічна хірургія.* 2018. Т. 85, № 1. С. 67–70. *Автором особисто відібрано пацієнтів, запропоновано алгоритм хірургічного лікування поранених з вогнепальними переломами довгих кісток, проаналізовано результати лікування.*

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

12. Лакша А. М., Шидловський М. С., Ковбаса М. Л., **Лакша А. А.** Метод оцінки біомеханічних характеристик костної ткани в області огнестрельного

перелома. *Проблеми біомеханіки та медичного матеріалознавства*. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 21-22 листопада 2013). *Літопис травматології та ортопедії*. 2014. № 1-2 (29-30). С. 208. *Особистий внесок автора полягає в аналізі результатів біомеханічних натурних стендових випробувань довгих кісток.*

13. Страфун С. С., Борзих Н. О., Борзих О. В., Шипунов В. Г., **Лакша А. А.** Лікування бойових поліструктурних ушкоджень верхньої кінцівки. Матеріали XVII з'їзду ортопедів-травматологів України (Київ, 5-7 жовтня 2016). Київ, 2016. С. 41-42. *Особистий внесок автора полягає у аналізі результатів лікування поранених із поліструктурними ушкодженнями верхніх кінцівок.*

14. Шидловський М. С., **Лакша А. А.**, Мусієнко О. С. Особливості остеопорозноподібної трансформації кісткової тканини в ділянці вогнепальних переломів. *Сучасний стан та перспективи біомедичної інженерії*. Матеріали першої міжуніверситетської науково-практичної конференції з міжнародною участю (Київ, 26-27 квітня 2017). *Біомедична інженерія*. 2017. № 4. С. 100–104. *Особистий внесок автора полягає у порівнянні жорсткісних властивостей кісткової тканини до та після вогнепального перелому.*

15. Шидловський М. С., **Лакша А. А.**, Мусієнко О. С. Визначення оптимального розташування стержнів в апаратах для фіксації вогнепальних переломів. *Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта*. Матеріали XVIII міжнародної науково-технічної конференції (Київ, 29 червня – 1 липня 2017). Київ, 2017. С. 55-57. *Особистий внесок автора полягає у порівнянні жорсткісних властивостей стержневих АЗФ з розміщенням гвинтів Шанца під різними кутами.*

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

16. Бур'янов О. А., Лакша А. М., Ярмолюк Ю. О., **Лакша А. А.** Етапне хірургічне лікування постраждалих з вогнепальними пораненнями кінцівок. *Літопис травматології та ортопедії*. 2015. № 1-2 (31-32). С. 50–52. *Особистий внесок автора полягає у впровадженні алгоритму хірургічного лікування у постраждалих з вогнепальними пораненнями кінцівок.*

17. **Лакша А. А.** Хірургічне лікування поранених з вогнепальними переломами довгих кісток. *Сучасні аспекти військової медицини. Збірник наукових праць Національного військово-медичного клінічного центру «ГВКГ» МО України*. 2017. Вип. 24. С. 419–431.

АНОТАЦІЯ

Лакша А. А. Біомеханічне обґрунтування застосування систем зовнішньої фіксації в хірургічному лікуванні поранених з вогнепальними переломами довгих кісток (клініко-експериментальне дослідження). – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата медичних наук за спеціальністю 14.01.21 «Травматологія та ортопедія». – Донецький національний медичний університет Міністерства охорони здоров'я України, Лиман, 2018.

Дисертаційна робота є клініко-експериментальним дослідженням й присвячена питанню пошуку шляхів покращення результатів хірургічного лікування поранених з вогнепальними переломами ДК.

Клінічний матеріал включав результати спостережень 144 поранених з вогнепальними переломами ДК. Виділено дві клінічні групи:

- основна група складалася з 61 пацієнта з вогнепальними переломами ДК, які лікувалися за допомогою розробленого методу (встановлення АЗФ з урахуванням зони УХОТ, застосування оптимізованої конструкції АЗФ, заміна методу фіксації зануреним функціонально-стабільним остеосинтезом в ранні терміни);

- групу порівняння склали 83 пацієнта з вогнепальними переломами ДК, які лікувалися за традиційною методикою – встановлення АЗФ без урахування зони УХОТ, встановлення «традиційної» моделі АЗФ, заміна методу фіксації виконувалася в загальноприйнятні терміни.

З метою визначення біомеханічних змін, що відбуваються в КТ після вогнепального перелому на різній відстані від нього, були проведені біомеханічні дослідження трупних нефіксованих великогомілкових кісток людей, які померли від пошкоджень та захворювань, не пов'язаних з патологією опорно-рухової системи. Показники жорсткості кожної кістки досліджувалися двічі – в непошкодженому стані та після вогнепального перелому. Кістки піддавалися осьовим компресійним навантаженням за допомогою універсальної випробувальної машини TIRA-TEST 2151. В умовах закритого тирю на препаратах великогомілкових кісток з попередньою розміткою, які вільно закріплювалися, були змодельовані вогнепальні переломи шляхом пострілу з карабіну Remington 700 SPS Varmint. Для оцінки зміни стану КТ в ділянці вогнепального перелому розроблена методика та створено відповідне устаткування. Встановлено, що внаслідок вогнепального перелому у діафізарній частині довгих кісток утворюються ділянки зниження жорсткості КТ у лінійній залежності, що є проявом ударно-хвильової остеопорозоподібної трансформації. На відстані 20 мм від вогнепального перелому незворотні деформації точок інтактних препаратів склали 32 ± 2 мм, а препаратів після вогнепального перелому – 90 ± 3 мм (втрата жорсткості 181 %); на відстані 40 мм від вогнепального перелому незворотні деформації точок інтактних препаратів склали 35 ± 3 мм, а препаратів після вогнепального перелому – 82 ± 4 мм (втрата жорсткості 134 %); на відстані 60 мм від вогнепального перелому незворотні деформації точок інтактних препаратів склали 56 ± 4 мм, а препаратів після вогнепального перелому – 62 ± 4 мм (втрата жорсткості 11 %). Розташування центральних ГШ АЗФ під кутом 30° до вісі кістки забезпечує більшу жорсткість фіксації ($45,09 \pm 3,51$ Н/мм) в порівнянні із однобічною одноплощинною конструкцією АЗФ ($36,94 \pm 4,32$ Н/мм) та дозволяє уникати введення імплантів в зону УХОТ.

Розроблений алгоритм хірургічного лікування поранених з вогнепальними переломами ДК з урахуванням змін біомеханічних характеристик КТ на різній відстані від місця поранення дозволив статистично достовірно ($p = 0,013$) знизити ризик розвитку стержневого остеомієліту на 83 % ($OR = 0,17$ (0,04-0,8)). Встановлено, що при розміщенні стержнів АЗФ без урахування зони УХОТ вірогідність (ризик) розвитку остеомієліту зростає у 5,0 разів ($OR=5,0$ (1,1-23,2), $p=0,025$), вірогідність розвитку нагноєння м'яких тканин – у 3,2 рази ($OR=3,2$ (1,3-

7,9), $p=0,012$). Виконання заміни метода фіксації в ранні терміни дозволило статистично достовірно знизити зустрічаємість розвитку атрофій м'язів кінцівок до 2 см ($p = 0,002$) та незначного обмеження рухів у суміжних суглобах ($p = 0,0003$) і, в свою чергу, запобігти розвитку атрофій м'язів кінцівок більше 2 см ($p = 0,0001$) та різко вираженого обмеження рухів в суміжних суглобах ($p = 0,0001$). Аналіз результатів лікування за шкалою Матіса-Любошица-Шварцберга визначив добрі результати у 49 (80,3 %) пацієнтів основної групи, 45 (54,2 %) пацієнтів групи порівняння; задовільні результати – у 12 (19,7 %) пацієнтів основної групи, 36 (43,3 %) пацієнтів групи порівняння; незадовільні результати – у 2 (3,4 %) пацієнтів групи порівняння. В основній групі незадовільні результати лікування були відсутні. Кращий результат лікування пацієнтів основної групи дослідження відображає суттєву перевагу запропонованого алгоритму хірургічного лікування поранених з вогнепальними переломами ДК.

Ключові слова: вогнепальні поранення кінцівок, хірургічна тактика, позавогнищевий остеосинтез, біомеханічні властивості кісткової тканини, ударно-хвильова остеопорозоподібна трансформація.

SUMMARY

Laksha A. A. Biomechanical rationale of external fixation systems in the surgical therapy of patients with gunshot fractures of long bones (clinical experimental study). – Qualifying scientific work as a manuscript.

Thesis for scientific degree of a candidate of medical sciences (PhD) in the specialty 14.01.21 “Traumatology and Orthopedics”. – Donetsk State Medical University, Ministry of Health of Ukraine, Lyman, 2018.

This thesis paper is a clinical experimental research dedicated to the search of methods to improve results of surgical therapy in patients with gunshot fractures of long bones.

Clinical material included the results of observations among 144 patients with gunshot fractures of long bones. Two clinical groups were distinguished:

- basic group included 61 patients with gunshot fractures of long bones treated by the method developed, i.e., external fixation device with regard to shock-wave area of osteoporosis-like transformation, use of optimized design of rod external fixation device, replacement of insertion fixation method with functionally stable osteosynthesis at early stages;

- comparison group included 83 patients with gunshot fractures of long bones treated by traditional method. i.e., external fixation device without regard to shock-wave area of osteoporosis-like transformation, “traditional” model of external fixation device, replacement of fixation method was performed within the generally established terms.

In order to determine biomechanical changes observed in bone tissue following gunshot fracture at various distance from it, biomechanical studies were performed in cadaveric non-fixed shin bones of patients who died due to injuries and diseases non-related to locomotor system pathologies. Stiffness parameters of each bone were studied twice – at non-injured condition and after gunshot fracture. The bones were subject to axial compression load using multi-purpose testing machine TIRA-TEST 2151. Under the conditions of closed shooting range at the specimen of shin bones previously marked and

freely fixed, gunshot fractures were modeled by making a shot with short rifle Remington 700 SPS Varmint. To assess changes in the condition of bone tissue at the site of gunshot fracture, the method was developed and relevant tools were designed. It was established that in gunshot fracture due to interaction between an injuring shell and the bone at diaphysial part of long bones, shock-wave areas of osteoporosis-like transformation are observed that are characterized by reduced stiffness of bone tissue by linear dependency. At the distance of 20 mm from the gunshot fracture, irreversible deformations of intact specimens were 32 ± 2 mm, and specimens following gunshot fracture – 90 ± 3 mm (loss of stiffness 181 ± 2.7 %); at the distance of 40 mm from gunshot fracture, irreversible deformations of intact specimens were 35 ± 3 mm, and specimens following gunshot fracture were 82 ± 4 mm (loss of stiffness 134 ± 0.8 %); at the distance of 60 mm from gunshot wound irreversible deformations of intact specimens were 56 ± 4 mm, and specimens following gunshot fracture were 62 ± 4 mm (loss of stiffness 11 ± 0.5 %). Location of central Schanz screws at the EFD under 30° angle to the bone axis ensures higher fixation stiffness (45.09 ± 3.51 N/mm) as compared to unilateral single-plane EFD design (36.94 ± 4.32 N/mm) and makes it possible to avoid implants in the area of shock-wave osteoporosis-like transformation.

The developed algorithm of surgical treatment in patients with gunshot fractures of long bones with regard to alterations in biomechanical properties of bone tissue at the different distance to injury site made it possible to reduce the development risk of rod osteomyelitis with statistical significance ($p = 0.013$) by 83 % (OR = 0.17 (0.04-0.8)). It was established that if external fixation device rods are arranged without regard to the area of shock-wave transformation, the possibility (risk) of rod osteomyelitis increases 5.0-fold (OR=5.0 (1.1-23.2), $p=0.025$), the development of soft tissue suppuration increases 3.2-fold (OR=3.2 (1.3-7.9), $p=0.012$). Replacement of fixation method at early stages made it possible to reduce the rate of atrophy in limb muscles up to 2 cm with statistical reliability ($p = 0.002$) and minor motional restriction in adjacent joints ($p = 0.0003$) and, consequently, prevent development of atrophy in limb muscles by more than 2 cm ($p = 0.0001$) and strongly pronounced motional restriction in adjacent joints ($p = 0.0001$).

Analysis of treatment results by Lyuboshitz-Mathis-Schwarzberg demonstrated good results in 49 (80.3 %) patients of the main group, 45 (54.2 %) of comparison group; satisfactory results in 12 (19.7 %) patents of the main group, 36 (43.3 %) from comparison group; unsatisfactory results in 2 (3.4 %) patients from comparison group. In the main group, no unsatisfactory results were observed. Better treatment result in patients from the main study group demonstrates significant benefits of the suggested algorithms of surgical treatment in patients with gunshot fractures of long bones.

Key words: gunshot wounds of the limbs, surgical tactics, extrafocal osteosynthesis, biomechanical properties of bone tissue, shock-wave osteoporosis-like transformation.

АННОТАЦИЯ

Лакша А. А. Биомеханическое обоснование использования систем внешней фиксации в хирургическом лечении раненых с огнестрельными переломами длинных костей (клинико-экспериментальное исследование). – Квалификационная научная работа на правах рукописи.

Диссертация на соискание учёной степени кандидата медицинских наук по специальности 14.01.21 «Травматология и ортопедия». – Донецкий национальный медицинский университет Министерства здравоохранения Украины, Лиман, 2018.

Диссертационная работа является клинико-экспериментальным исследованием и посвящена поиску путей улучшения результатов хирургического лечения раненых с огнестрельными переломами длинных костей.

Клинический материал включал результаты наблюдений 144 раненых с огнестрельными переломами длинных костей. Выделено две клинические группы:

- основная группа состояла из 61 пациента с огнестрельными переломами длинных костей, которые лечились при помощи разработанного метода (постановка аппарата внешней фиксации (АВФ) с учетом зоны ударно-волновой остеопорозоподобной трансформации, использование оптимизированной конструкции стержневого АВФ, замена метода фиксации погружным функционально-стабильным остеосинтезом в ранние термины).

- группа сравнения состояла из 83 пациентов с огнестрельными переломами длинных костей, которые лечились по традиционной методике – постановка АВФ без учета зоны ударно-волновой остеопорозоподобной трансформации, использование «традиционной» конструкции стержневого АВФ, замена метода фиксации выполнялась в общепринятые сроки.

С целью определения биомеханических изменений, которые происходят в костной ткани после огнестрельного перелома на разном расстоянии от него, были проведены биомеханические исследования трупных нефиксированных большеберцовых костей людей, которые умерли от повреждений и заболеваний, не связанных с патологией опорно-двигательной системы. Показатели жесткости каждой кости исследовали дважды – в неповрежденном состоянии и после огнестрельного перелома. Кости подвергались осевым компрессионным нагрузкам при помощи универсальной испытательной машины TIRA-TEST 2151. В условиях закрытого тира на препаратах большеберцовых костей с предварительной разметкой, которые свободно закреплялись, были смоделированы огнестрельные переломы путем выстрела из карабина Remington 700 SPS Varmint. Для оценки изменения состояния костной ткани в области огнестрельного перелома разработана методика и создано соответствующее оборудование. Установлено, что при огнестрельном переломе вследствие взаимодействия ранящего снаряда и кости в диафизарной части длинных костей образуются области ударно-волновой остеопорозоподобной трансформации, которые характеризуются уменьшением жесткости костной ткани в линейной зависимости. На расстоянии 20 мм от огнестрельного перелома необратимые деформации интактных препаратов составили 32 ± 2 мм, а препаратов после огнестрельного перелома – 90 ± 3 мм (потеря жесткости 181 %); на расстоянии 40 мм от огнестрельного перелома необратимые деформации интактных препаратов составили 35 ± 3 мм, а препаратов после огнестрельного перелома – 82 ± 4 мм (потеря жесткости 134 %); на расстоянии 60 мм от огнестрельного перелома необратимые деформации интактных препаратов составили 56 ± 4 мм, а препаратов после огнестрельного перелома – 62 ± 4 мм (потеря жесткости 11 %). Размещение центральных винтов Шанца АВФ под углом 30° к оси кости обеспечивает большую жесткость фиксации ($45,09 \pm 3,51$ Н/мм) в сравнении с

односторонней одноплоскостной конструкцией АВФ ($36,94 \pm 4,32$ Н/мм) и позволяет избегать введения имплантов в зону ударно-волновой остеопорозоподобной трансформации.

Разработанный алгоритм хирургического лечения раненых с огнестрельными переломами длинных костей с учетом изменения биомеханических характеристик костной ткани на разном расстоянии от места ранения позволил статистически достоверно ($p = 0,013$) снизить риск развития стержневого остеомиелита на 83 % ($OR = 0,17$ (0,04-0,8)). Установлено, что при размещении стержней АВФ без учета зоны ударно-волновой остеопорозоподобной трансформации вероятность (риск) развития стержневого остеомиелита возрастает в 5,0 раз ($OR=5,0$ (1,1-23,2), $p=0,025$), вероятность развития нагноения мягких тканей – в 3,2 раза ($OR=3,2$ (1,3-7,9), $p=0,012$). Выполнение замены метода фиксации в ранние сроки позволило статистически достоверно снизить встречаемость развития атрофий мышц конечностей до 2 см ($p = 0,002$) и незначительного ограничения движений в смежных суставах ($p = 0,0003$) и, в свою очередь, предотвратить развитие атрофий мышц конечностей более 2 см ($p = 0,0001$) и резко выраженного ограничения движений в смежных суставах ($p = 0,0001$). Анализ результатов лечения по шкале Матиса-Любошица-Шварцберга определил хорошие результаты у 49 (80,3 %) пациентов основной группы, 45 (54,2 %) пациентов группы сравнения; удовлетворительные результаты – у 12 (19,7 %) пациентов основной группы, 36 (43,3 %) пациентов группы сравнения; неудовлетворительные результаты – у 2 (3,4 %) пациентов группы сравнения. В основной группе неудовлетворительные результаты лечения отсутствовали. Лучший результат лечения пациентов основной группы отображает существенное преимущество предложенного алгоритма лечения раненых с огнестрельными переломами длинных костей.

Ключевые слова: огнестрельные ранения конечностей, хирургическая тактика, внеочаговый остеосинтез, биомеханические свойства костной ткани, ударно-волновая остеопорозоподобная трансформация.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АЗФ	- апарат зовнішньої фіксації
ГШ	- гвинт Шанца
ДК	- довга кістка
КТ	- кісткова тканина
ПвХО	- повторна хірургічна обробка
СР	- снаряд, що ранить
УХОТ	- ударно-хвильова остеопорозоподібна трансформація