

Національна академія медичних наук України  
Державна установа «Інститут патології хребта та суглобів імені професора  
М.І. Ситенка Національної академії медичних наук України»

**СТОЙКО Іван Вікторович**

УДК 616.718.5/6-001.5-089.84

**ФІЗІОЛОГІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ ЛІКУВАННЯ ПАЦІЄНТІВ  
З ПЕРЕЛОМАМИ ДИСТАЛЬНИХ МЕТАЕПІФІЗІВ КІСТОК ГОМІЛКИ  
(ПЕРЕЛОМАМИ PILON)**

14.01.21 – травматологія та ортопедія

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата медичних наук

Харків – 2015



Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Державній установі «Інститут патології хребта та суглобів імені професора М.І.Ситенка Національної академії медичних наук України».

Науковий керівник: доктор медичних наук  
БЕЦЬ Григорій Вікторович  
Комунальний заклад охорони здоров'я  
«Харківська міська багатoproфільна  
лікарня № 18 Харківської міської Ради»,  
завідуючий травматологічним відділенням

Офіційні опоненти: доктор медичних наук, професор  
ВИРВА Олег Євгенович  
Державна установа «Інститут патології хребта  
та суглобів імені професора М.І. Ситенка  
Національної академії медичних наук України»,  
заступник директора з науково-лікувальної роботи

доктор медичних наук, професор  
ГОЛОВАХА Максим Леонідович  
Запорізький державний медичний  
університет МОЗ України, завідувач  
кафедри травматології та ортопедії

Захист відбудеться «18» грудня 2015 р. об 11.30 на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.607.01 Державної установи «Інститут патології хребта та суглобів імені професора М.І.Ситенка Національної академії медичних наук України» (61024, м. Харків, вул. Пушкінська, 80).

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Державної установи «Інститут патології хребта та суглобів імені професора М.І. Ситенка Національної академії медичних наук України» (61024, м. Харків, вул. Пушкінська, 80).

Автореферат розісланий «17» листопада 2015 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради  
заслужений діяч науки і техніки України,  
доктор медичних наук професор



В.О.Радченко

**Актуальність теми.** Підвищена увага останніми роками до проблеми високоенергетичних ушкоджень дистальних метаепіфізів кісток гомілки зумовлена тим, що «...лікування переломів pilon сьогодні є одним з найбільш серйозних викликів травматологам», а його результати дуже скромні (Chowdry M., 2010). Відносна рідкість ушкоджень (5-12 % усіх переломів кісток гомілки) та їх мультिवаріантність призвели до значної класифікаційної та технологічної неузгодженості (Кондратьєв І.П., 2012; Труфанов І.І., 2013).

Ще в шістдесяті роки минулого століття вважали, що будь-яка спроба хірургічного лікування ушкоджень pilon приречена на катастрофу (Yergensen, 1959), тому домінувало консервативне лікування. Але завдяки роботам М.Е. Muller (1963), Т.Р. Ruedi, Allgower (1969) розроблена концепція відкритої репозиції та внутрішньої фіксації (ORIF). Ця низка технологій сьогодні поширена в хірургічному лікуванні переломів pilon.

Але у звітах інших дослідників (Moll B.N., Kerb B., 1982; Helfet D.L., 1994) повідомлено про загрозливу кількість тяжких невдач ORIF, що досягала в разі ушкоджень pilon 52-54 %. Розроблення двохетапної тактики та «обмеженої» менш агресивної ORIF частково вирішило проблему ускладнень за низькоенергетичної травми pilon.

Логічне бажання зменшити тяжкість операційної травми обумовило створення «малоінвазивних» методик позаосередкового остеосинтезу, які спочатку базувались на дослідженнях представників школи Г.А. Ілізарова та її послідовників (Бабовніков А.В., 2003; Труфанов І.І., 2013). Тенденція школи АО/ASIF полягає в тому, що раніше позаосередкову фіксацію переломів pilon розглядали тільки як тимчасову (до «нормалізації» стану м'яких тканин для «радикальної» операції), але пізніше велика кількість інвалідизуючих ускладнень примусила багатьох дослідників розглядати позаосередкові методики як основні. На цьому шляху теж виникли питання, які потребують об'єктивного вирішення, – біомеханіка взаємодії системи «фіксатор – сегмент», репонувальні та фіксувальні можливості засобів позаосередкової фіксації, оптимальні терміни хірургічних втручань та фіксації, можливість застосування в комбінації з іншими методами фіксації тощо.

Водночас методики накісткового остеосинтезу в разі ушкоджень pilon набули нової якості в концепції МІРО (minimally invasive plate osteosynthesis). Але В.Д. Crist і співавт. (2011) вважають, що доказів переваги МІРО перед ORIF тепер замало, а Н. Namazi, К. Mozzafarion (2007) взагалі розглядають МІРО як нову пастку для більшості травматологів та їх пацієнтів.

Одним з найменш розроблених питань щодо лікування ушкоджень pilon виглядає питання реабілітації.

Очевидно, що жоден з існуючих методів хірургічної фіксації відламків pilon не забезпечує достатньою мірою умов для дійсно ранньої функціональної реабілітації. У цьому контексті нашу увагу привернула концепція вчених з Нідерландів, які використовують ортези з полімерних матеріалів заданих властивостей, завдяки чому реалізується додатковий ефект гідравлічної стабілізації відламків. Ці технології набули деякого поширення в Україні, але інформація щодо них має суто рекламний характер; дані про фізичні

властивості самих матеріалів та механізми взаємодії системи «ортез – ушкоджений сегмент» у доступних джерелах відсутні.

Наведені вище не вирішені та дискусійні питання обумовлюють актуальність обраного наукового дослідження.

Таким чином, концепція поданої роботи полягає у двох положеннях:

– у разі хірургічного лікування переломів pilon методом вибору є дистракційний лігаментотаксис за допомогою однобічних стрижневих пристроїв, репонувальні можливості яких можуть бути доповнені малоінвазивними засобами репозиційного остеосинтезу. За умов зваженого тактичного підходу це може вирішити питання фізіологічної малотравматичної хірургічної репозиції та фіксації відламків у разі переломів pilon;

– оскільки умови раннього функціонального лікування не забезпечені достатньою мірою існуючими методами хірургічної фіксації відламків pilon, необхідною та перспективною для мінімізації вірогідності вторинних зміщень є розробка засобів функціонального ортезування на основі нових полімерних матеріалів.

**Зв'язок дисертації з науковими програмами, планами, темами.**

Дисертаційна робота виконана згідно з планом науково-дослідних робіт Державної установи «Інститут патології хребта та суглобів імені професора М.І. Ситенка Національної академії медичних наук України» («Дослідити патологічні зміни в суглобах нижніх кінцівок за умов післятравматичних позасуглобових деформацій у дорослих», шифр теми ЦФ.2014.6.НАМНУ, держреєстрація № 01144U003020. У межах теми автор самостійно провів патентно-інформаційний пошук, брав участь у стендових дослідженнях та комп'ютерному моделюванні, розробив тактичні принципи хірургічного лікування та реабілітації хворих з переломами pilon. Брав участь у хірургічному та післяопераційному лікуванні пацієнтів, проаналізував результати роботи).

**Мета роботи:** розробити технологію лікування хворих з ушкодженнями дистальних метаепіфізів кісток гомілки, спрямовану на зменшення травматичності хірургічних втручань та раннє відновлення функції кінцівки.

**Завдання дослідження:**

1. Вивчити проблемні питання лікування переломів дистальних метаепіфізів кісток гомілки та шляхи їх вирішення.

2. Дослідити біомеханічні властивості системи «гомілка – стопа» в умовах стабілізації за допомогою однобічних стрижневих фіксаторів.

3. Експериментально шляхом математичного та біомеханічного моделювання обґрунтувати використання засобів функціонального ортезування на основі полімерних матеріалів як компонента технології раннього функціонального лікування переломів дистальних метаепіфізів кісток гомілки.

4. Розробити та обґрунтувати концепцію фізіологічного малотравматичного остеосинтезу залежно від особливостей ушкоджень дистальних метаепіфізів кісток гомілки.

5. Розробити технологію лікування хворих з ушкодженнями дистальних метаепіфізів кісток гомілки

6. Провести клінічну апробацію розробленої технології лікування та проаналізувати результати її використання.

*Об'єкт дослідження* – лікування переломів дистальних метаепіфізів кісток гомілки.

*Предмет дослідження* – малотравматичні фізіологічні методи хірургічного лікування; передопераційне планування та критерії вибору хірургічної тактики; біомеханічні умови застосування засобів позаосередкової фіксації; фізичні властивості полімерних матеріалів та функціональних ортезів на їх основі.

*Методи дослідження:* клінічний, рентгенологічний, стендові випробування (дослідження механічних властивостей полімерних матеріалів), математичне моделювання (метод кінцевих елементів), статистичний.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Удосконалена методика передопераційного планування хірургічного лікування переломів pilon, в основу якої покладено інформативність використання прийому «тракційний тест».

Методом математичного моделювання визначено найбільш навантажені зони гомілки та стопи. Ними виявилися: задній край дистального метаепіфіза великогомілкової кістки, задні відділи п'яtkової та надп'яtkової кісток. Максимальні напруження в цих зонах сягають 10-11 МПа, а використання зовнішніх стрижневих апаратів дає змогу значно зменшити ці напруження.

Уперше досліджені механічні властивості сучасних іммобілізаційних матеріалів (Softcast/Scotchcast), отримано значення модулів пружності ((656,0 ± 44,5) та (1156,2 ± 92,0) МПа відповідно) та встановлені особливості їхньої протидії зовнішнім навантаженням.

Уперше вивчено розподіл напружень на моделі гомілки за умов переломів pilon, які виникають у фіксувальних пов'язках під час осьових навантажень та навантажень на згинання, та встановлена відповідність фізико-технічних характеристик пов'язок на основі матеріалів Softcast/Scotchcast завданням функціональної стабілізації за умов переломів pilon.

Використання функціонально-стабілізувальних пов'язок Softcast/Scotchcast у процесі раннього функціонального лікування дало змогу вперше отримати ефект функціонального ремоделювання суглобової поверхні великогомілкової кістки, що спостерігали клінічно та рентгенологічно.

**Практичне значення одержаних результатів.** Розроблено технологію лікування хворих з ушкодженнями дистальних метаепіфізів кісток гомілки, яка передбачає диференційований вибір малотравматичних методів репозиції та фіксації відламків і раннього функціонального лікування.

Застосування розробленої технології лікування переломів дистальних метаепіфізів кісток гомілки дозволило суттєво зменшити кількість гнійно-некротичних ускладнень від 52-54 до 23,5 %.

Використання функціонально-стабілізувальних пов'язок на основі полімерних матеріалів Softcast/Scotchcast дало змогу забезпечити умови раннього функціонального лікування за умов ушкоджень pilon, ефективну профілактику вторинних деформацій сегмента та іммобілізаційних ускладнень, функціональне ремоделювання суглобової поверхні великогомілкової кістки.

Проведена клінічна апробація розробленої технології дозволила досягти 79 % хороших та відмінних результатів лікування.

Усі запропоновані методичні та технологічні заходи впроваджені в клінічну практику КЗОЗ «Харківська міська багатoproфільна лікарня № 18», КЗОЗ «Харківська міська клінічна багатoproфільна лікарня № 17», КЗОЗ «Харківська міська клінічна багатoproфільна лікарня № 25».

**Особистий внесок дисертанта.** Дисертантом особисто проведений інформаційно-патентний пошук за даними вітчизняних та закордонних джерел, обґрунтована актуальність та перспективність досліджень. Ним особисто розроблена тактика диференційованого вибору фізіологічних малотравматичних технологій хірургічного лікування залежно від особливостей ушкоджень *pilon*; ним та з його активною участю проведено лікування пацієнтів групи дослідження.

Автором вивчені особливості взаємодії в системі «фіксатор – сегмент», фізичні властивості матеріалів Softcast/Scotchcast, та біомеханічні властивості функціонально-стабілізувальних пов'язок на їх основі.

Біомеханічні дослідження методом математичного моделювання виконані в лабораторії біомеханіки Державної установи «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І. Ситенка Національної академії медичних наук України» за консультативної допомоги наукових співробітників М.Ю. Карпінського, І.А. Суботи, А.В. Ярьсько. Участь співавторів відображена у відповідних наукових публікаціях.

**Апробація результатів дисертації.** Матеріали дисертації докладені й обговорені на засіданнях Харківського обласного товариства ортопедів-травматологів (2012), науково-практичній конференції з міжнародною участю «Актуальні проблеми множинних і поєднаних ушкоджень» (Харків-Київ, 2012), всеукраїнській науково-практичній конференції з міжнародною участю «Сучасні теоретичні та практичні аспекти травматології та ортопедії» (Донецьк, 2012), на XVI з'їзді ортопедів-травматологів України (Харків, 2013).

**Публікації.** За темою дисертації опубліковано 10 друкованих праць, із них 7 статей у наукових фахових виданнях, 3 роботи в матеріалах з'їзду та наукових конференцій.

**Обсяг і структура дисертації.** Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, висновків, додатків і списку використаної літератури. Загальний обсяг роботи 143 сторінок, у тому числі 74 рисунки, 15 таблиць, 2 додатка. Список використаних джерел містить 160 найменувань, у тому числі 90 українсько-російськомовних та 70 джерел латиницею.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**Матеріал та методи дослідження.**

**Експериментальні дослідження.**

Для перевірки адекватності однобічних стрижневих фіксаторів цілям лікування ушкоджень *pilon* виконаний аналіз напружено-деформованого стану трьох моделей методом кінцевих елементів: моделі зони *pilon* у нормі та моделей переломів *pilon* з використанням двох варіантів конструкцій

фіксаторів. Просторова геометрія досліджуваного об'єкту обумовила тривимірну кінцево-елементну модель у вигляді 10-вузлового ізопараметричного тетраедру з трьома ступенями свободи у вузлі. Розрахунки проводили з використанням розрахункової програми BioCad і програми візуалізації розрахунків Looker. Геометричні моделі будували на основі анатомічних характеристик дорослої людини, розміри елементів брали з сухих анатомічних препаратів.

Розрахункова кінцево-елементна модель побудована з 28586 елементів і 39519 вузлів. Усім елементам надавали механічні властивості відповідних матеріалів. Розрахунок напружено-деформованого стану моделей проводили з урахуванням дії поздовжнього навантаження, що дорівнює половині ваги тіла середньостатистичної людини (350 Н).

Оскільки умови раннього функціонального лікування не забезпечуються існуючими методами хірургічної фіксації відламків pilon, очевидна необхідність конструктивної розробки та біомеханічного обґрунтування засобів функціонального ортезування. Для цього проведені дослідження фізичних властивостей полімерних матеріалів Softcast/Scotchcast у порівнянні з гіпсом (лабораторія біомеханіки ДУ «ІПХС ім. проф. М.І. Ситенка НАМН»).

З кожного матеріалу були виготовлені по три пластинки розміром 100×10×4 мм. Зразки закріплювали одним кінцем у дослідному стенді, до іншого кінця прикладали навантаження від 1 до 5 Н та вимірювали величину прогинання. Одержанні дані давали змогу розрахувати модуль пружності матеріалів. Величину деформації вимірювали за допомогою мікрометра годинникового типу. Величину навантаження вимірювали тензометром SBA-100L, результати фіксували реєстраційним пристроєм CAS типу CI-2001A.

Величину прогинання зразка визначили за формулою:

$$v = \frac{F \cdot l^3}{3 \cdot E \cdot J}, \quad (1)$$

де F – сила, яку прикладають до зразка;

l – плече прикладання сили F;

E – модуль пружності зразка;

J – момент інерції.

Отримані показники були оброблені статистично; у результаті встановлювали середні величини прогину для кожного значення навантаження та його стандартні відхилення. За допомогою однофакторного дисперсійного аналізу з використанням апостеріорного тесту Дункана визначили, наскільки значуще відрізняються властивості матеріалів між собою.

Дослідження біомеханічної взаємодії в системі «гомілка – стопа – фіксувальна пов'язка» в разі переломів pilon також були проведені в лабораторії біомеханіки ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І. Ситенко НАМН України».

Розроблена математична модель, яка містить великогомілкову та малоогомілкову кістки, п'яткову, надп'яткову, човноподібну, та три клиновидні кістки; суглобові поверхні вказаних кісток взаємодіють між собою через

хрящову тканину. Модель також містить м'язову тканину та фіксувальну пов'язку. Зовнішній вигляд моделі представлений на рис. 1.

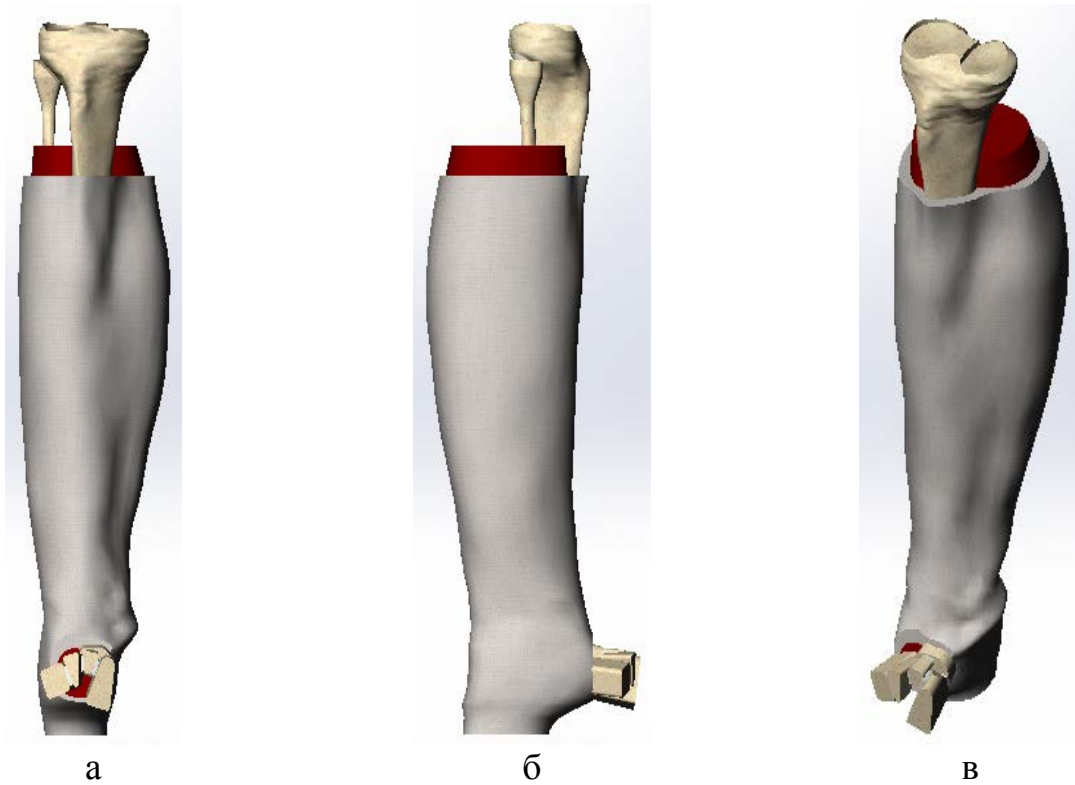


Рис. 1. Зовнішній вигляд моделі спереду (а), ззовні (б), загальній (в).

Моделювали перелом дистальних метаепіфізів кісток гомілки за умов фіксації гіпсовою пов'язкою та пов'язкою з пластичних матеріалів.

Механічні властивості штучних матеріалів, використаних у моделюванні, були одержані нами в результаті експериментальних досліджень. Механічні властивості біологічних тканин взяті з робіт В.А. Березовського (1990) (табл. 1).

Таблиця 1

Механічні властивості штучних матеріалів та біологічних тканин,  
використаних у моделюванні

Елементи моделі	Модуль пружності E, МПа	Коефіцієнт Пуассона
Кортикальна кістка	18350	0,3
Губчаста кістка	330	0,3
Хрящ	10,5	0,49
М'язова тканина	1,0	0,45
Гіпс	4000	0,3
Scotchcast	1200	0,3
Softcast	650	0,3

Моделі досліджували під дією вертикального навантаження 700 Н та навантаження на згинання 100 Н. Дослідження напружено-деформованого



стану моделей виконували методом кінцевих елементів. Як критерії оцінки напруженого стану моделей використовували напруження за Мізесом.

Моделювання системи «гомілка – стопа – фіксувальна пов'язка» виконували за допомогою системи автоматизованого проектування SolidWorks. Розрахунки напружено-деформованого стану моделей досліджували за допомогою програмного комплексу CosmosM.

### **Клінічні дослідження.**

Клінічна частина роботи заснована на аналізі результатів лікування 34 пацієнтів із закритими (21) та відкритими (13) ушкодженнями дистальних метаепіфізів кісток гомілки.

План клінічних досліджень та відповідність їх проведення сучасним вимогам біоетики ухвалені позитивним рішенням Комітету з біоетики ДУ «ІПХС ім. проф. М.І. Ситенка НАМН» (протокол № 123 від 11.11.2013, № 134 від 29.09.2014).

Характеристика постраждалих за статтю та віком представлена в табл. 2.

*Таблиця 2*

Розподіл постраждалих групи дослідження за статтю та віком

Показники	Вікові групи, роки					
	чоловіки			жінки		
	18-44	45-59	60 і старше	18-44	45-59	60 і старше
Абсолютні при розподілі за віком	10	9	4	4	2	5

Для класифікаційного оцінювання ушкоджень pilon пацієнтів групи дослідження застосована класифікація AO/ASIF. Однак нас не влаштовувала обставина, що в ній ніяк не відображені переломи малогомілкової кістки, наявність яких суттєво впливає на тактику хірургічного лікування. Тому класифікаційне оцінювання ушкоджень постраждалих групи дослідження доповнили цими даними, позначивши літерою «В» відсутність ушкодження малогомілкової кістки, літерою «П» – прості переломи, літерою «С» – складні багатовідламкові.

У зв'язку з цим у подальшому, використовуючи термін «переломи pilon», ми будемо мати на увазі ушкодження дистальних метаепіфізів обох кісток гомілки. Структуру травматичних ушкоджень дистальних метаепіфізів кісток гомілки в пацієнтів групи дослідження наведено в табл. 3.

Тактика і технологія хірургічного лікування відкритих ушкоджень pilon була обумовлена двома міркуваннями:

- 1) відкрите ушкодження потребує активної хірургічної тактики в ургентному порядку;
- 2) відкрите потенційно інфіковане ушкодження pilon потребує мінімізувати застосовування внутрішніх металоконструкцій.

Особливості первинної хірургічної обробки відкритих переломів *pislo* полягають у неможливості радикального видалення тканин сумнівної життєздатності з огляду на їх невелику загальну масу. Тому використовували прийоми механічної та хімічної санації, місцевої пластики, раціонального дренивання, маніпулюючи з ушкодженими тканинами дуже обережно.

Таблиця 3

Структура травматичних ушкоджень дистальних метаепіфізів кісток гомілки

Показники	Типи переломів			
	позасуглобові, тип А	частково внутрішньо- суглобові, тип В	внутрішньо- суглобові, тип С	зага- лом
Загальна кількість	12	10	12	34
Частка від загальної кількості, %	35	30	35	100
Кількість закритих переломів	6	6	9	21
Частка закритих переломів від загальної кількості, %	18	18	26	62
Кількість відкритих переломів	6	4	3	13
Частка відкритих переломів від загальної кількості, %	18	11	9	38
Усього	34			

Однобічні стрижневі фіксатори встановлювали на передньомедіальній поверхні (контралатерально до малогомілкової кістки) з варіаціями локалізації встановлення стрижнів залежно від наявності ран та ділянок відшарування шкіри. У разі позасуглобових переломів фіксатори могли монтувати в системі «гомілка – гомілка», за внутрішньосуглобових – у системі «гомілка – стопа».

У випадку закритих переломів *pislo* тактика лікування була двохетапною. На першому етапі постраждалому монтували систему скелетного витягнення. Метою першого етапу була не тільки і не стільки підготовка м'яких тканин до хірургічного етапу, обстеження та корекція супутніх захворювань, скільки передопераційне планування.

На скелетному витягненні з поздовжньою осьовою тракцією 6-7 кг виконували контрольну рентгенографію у двох проекціях (дистракційний тест). Результати контрольної рентгенографії давали уявлення про репонувальні можливості дистракційного лігаментотаксису в конкретному випадку та можливу необхідність допоміжних хірургічних заходів (репозиційної

внутрішньої фіксації відламків). Залежно від результатів контрольної рентгенографії ділянки перелому *pilon* у стані дистракції приймали три варіанти технологічних рішень:

1. Якщо на системі скелетного витягнення відбувалася анатомічна репозиція відламків *pilone*, то виконували дистракційний позаосередковий остеосинтез.

За умов часткової (неповної) репозиції виконували:

2. Дистракційний позаосередковий остеосинтез у комбінації з відкритою репозицією та остеосинтезом малоомілкової кістки за допомогою пластин.

3. Дистракційний позаосередковий остеосинтез у комбінації з відкритою репозицією та остеосинтезом малоомілкової кістки, відкритим репозиційним остеосинтезом основних фрагментів великоомілкової кістки за показаннями.

### **Результати досліджень, їх аналіз та обговорення.**

#### ***Експериментальні дослідження.***

У результаті досліджень біомеханічних властивостей системи «гомілка – стопа» в умовах іммобілізації за допомогою стрижневих зовнішніх фіксаторів виявлено, що в нормі основними навантажуваними зонами є задня поверхня великоомілкової кістки (5 МПа), задня частина суглобової поверхні надп'яркової кістки (11 МПа), відросток п'яркової кістки (10 МПа), субхондральна зона п'яркової кістки (3,5 МПа).

Дослідження напружено-деформованого стану моделей з переломом *pilone* в умовах фіксації за допомогою двох конструкцій стрижневих пристроїв показало, що основне навантаження беруть на себе стрижневі елементи фіксаторів (значення напруження в стрижні досягає 25 МПа).

Застосування стрижневих одnobічних фіксаторів дає змогу зняти навантаження з суглобової поверхні надп'яркової та відростка п'яркової кістки; величини напружень у зоні *pilone* практично рівні 0, що створює сприятливі умови для стабілізації фрагментів. Таким чином, результати дослідження дають змогу стверджувати, що досліджувані моделі фіксаторів за своїми властивостями адекватні для використання в лікуванні ушкоджень *pilone*.

Результати біомеханічних досліджень системи «гомілка – стопа – фіксувальна пов'язка» базувались на стендових випробуваннях зразків з гіпсу, матеріалів Softcast/Scotchcast. У результаті досліджень встановлені значення величини прогинання, та на цій основі – значення модулів пружності та коефіцієнт Пуасона (табл. 3).

Отримані дані використані для наступного етапу роботи – математичного моделювання взаємодій у системі «гомілка – стопа – фіксувальна пов'язка» в разі переломів *pilone*. Максимальні значення напружень в елементах моделі гомілки з переломом *pilone* у фіксувальних пов'язках під дією вертикального осьового навантаження та навантаження на згинання відображені в табл. 4 та 5.

Отримані значення величини прогинання під дією навантажень та значення модулів пружності матеріалів Softcast/Scotchcast дають змогу стверджувати, що їх комбінація під час виготовлення функціонально-

стабілізувальних пов'язок може забезпечити зміну форми пов'язки за м'язових напружень, створюючи умови для реалізації ефекту гідравлічної стабілізації відламків. Виходячи з одержаних значень максимальних напружень в елементах моделей гомілки з переломами pilon в умовах функціональної стабілізації, зазначені функціонально-стабілізувальні пов'язки за своїми фізико-механічними властивостями мають достатні можливості для протидії вторинним зміщенням відламків під час вертикальних навантажень та навантажень на згинання.

Таблиця 4

Максимальні значення напружень в елементах моделі гомілки з переломом pilon під дією вертикальних навантажень

Зони моделі	Максимальні напруження, МПа			
	гіпсова пов'язка		пластмасова пов'язка	
	кістка	гіпс	кістка	Cast
Передня поверхня нижньої третини	1,6	1,8	1,5	1,7
Задня поверхня нижньої третини	0,1	0,4	0,1	0,4
Медіальна поверхня нижньої третини	1,2	1	1,1	0,9
Латеральна поверхня нижньої третини	0,2	0,6	0,1	0,5

Таблиця 5

Максимальні значення напружень в елементах моделі з переломом pilon під дією навантажень на згинання

Зони моделі	Максимальні напруження, МПа			
	гіпсова пов'язка		пластмасова пов'язка	
	кістка	гіпс	кістка	Cast
Передня поверхня нижньої третини	1,7	4,2	1,5	3,9
Задня поверхня нижньої третини	0,1	2,3	0,1	2,5
Медіальна поверхня нижньої третини	0,5	1	0,5	1
Латеральна поверхня нижньої третини	0,1	0,8	0,1	0,7

### **Клінічні дослідження.**

Постраждалих з відкритими переломами pilon (13 осіб) прооперували з використанням позаосередкового остеосинтезу за допомогою одnobічних стрижневих фіксаторів; у двох випадках позаосередковий остеосинтез виконано в поєднанні з відкритим репозиційним остеосинтезом.

Постраждалих із закритими ушкодженнями pilon (21 особа) прооперували на другому етапі після перебування на системі скелетного витягнення протягом 1-2 діб.

Аналіз найближчих результатів хірургічного лікування пацієнтів групи дослідження проводили в перші два тижні після травми, оскільки в ці терміни могли виявити гнійно-некротичні ускладнення. Крім того, аналізували результати репозиції відламків pilon. Цей аналіз свідчить, що запропонована технологія є безпечною у відношенні тяжких гнійно-некротичних ускладнень, бо тільки у двох випадках тяжких відкритих переломів pilon спостерігали сухі некрози шкіри на невеликих ділянках.

Аналіз якості репозиції відламків у разі ушкоджень A1-A2 нарікань не викликав (12 спостережень). У випадку переломів B1, B2, C1 (12 спостережень) в 10 випадках вдалося ремоделювати суглобову поверхню великогомілкової кістки; у двох випадках це вдалося частково. За умов переломів B2, C2, C3 (10 спостережень) шляхом комбінованого остеосинтезу в 4 випадках вдалося досягти анатомічного ремоделювання відламків дистальних метаепіфізів кісток гомілки; у 6 випадках це вдалося частково, досягнувши задовільних просторових взаємовідносин кісткових елементів, що складають гомілково-надп'ятковий суглоб.

Через 5-6 тижнів після операції пацієнтам демонтували стрижневі фіксатори та накладали функціонально-стабілізуючі пов'язки Softcast/Scotchcast, у яких дозволяли навантажувати сегмент у межах 20 % від ваги тіла. Постійно пацієнти виконували вправи з відновлення рухів у надп'яtkово-гомілковому суглобі та суглобах стопи. Збільшували навантаження дозовано, індивідуально залежно від особливостей ушкодження, використовуючи відомий постулат лікування внутрішньосуглобових ушкоджень – «рання функція – пізні навантаження». Завдяки рентгенологічній прозорості матеріалів Softcast/Scotchcast виконували рентгенологічний моніторинг зони ушкодження, у процесі якого спостерігали об'єктивні ознаки функціонального ремоделювання суглобової поверхні великогомілкової кістки. Це проявлялося в тому, що за неповної репозиції відламків суглобової поверхні (наявність сходинок до 1-3 мм, дефектів внаслідок імпресії чи вертикальної щілини, зміщення задньомедіального фрагмента епіфіза) у процесі раннього функціонального лікування означені дефекти значною мірою згладжувалися, мінімізувалися, у результаті чого формувалася хороший анатомічний і функціональний результати лікування. Це ілюструють клінічні приклади (рис. 3, 4).

Виконано дистракційний позаосередковий остеосинтез стрижневим апаратом у системі «гомілка – стопа» у комбінації з накістковим остеосинтезом малоомілкової та репозиційним остеосинтезом великогомілкової кістки. Відмічено залишкове зміщення відламків суглобової поверхні великогомілкової кістки, а саме розходження по ширині та «сходінка» висотою близько 3 мм у дорзолатеральному відділі.

Сказане пояснюємо тим, що в разі дійсно раннього функціонального лікування (що можливо в умовах функціональної стабілізації pilon) регенерат із сполучної тканини, грубоволокнистого та гіаліноподібного хряща стає матеріалом для ремоделювання суглобової поверхні великогомілкової кістки. У

випадку затягування термінів реабілітації подальша трансформація регенерата призводить до фібротизації суглоба.



Рис. 3. Фотовідбитки рентгенограм пацієнта К., 31 рік: а) на час знаходження до стаціонару. Ушкодження 43С1ІС1МТ1NВ1С; б) після операції.



Рис. 4. Фотовідбитки рентгенограм пацієнта К., через 18 міс. після операції, що демонструють остаточний рентгенологічний результат лікування. Перелом зрісся, ознаки післятравматичного артрозу відсутні. Сумнівний результат інтраопераційної репозиції фрагментів суглобової поверхні не дозволяв сподіватися на такий (відмінний) результат лікування, але реально він має місце.

Наше ставлення до термінів функціональної реабілітації не було продиктоване бажанням досягти рекордно коротких строків лікування. Враховуючи особливості ушкоджень, терміни фіксації функціонально-стабілізувальними пов'язками Softcast/Scotchcast коливалися в межах 12-24

тижнів, упродовж яких осьове навантаження на сегмент доводили до номінального. Таким чином, загальний період лікування пацієнтів групи дослідження коливався в межах 18-30 тижнів.

Під час аналізу ускладнень встановлено, що вони зазначені у 8 пацієнтів групи дослідження. У ранньому післяопераційному періоді було два випадки сухого некрозу шкіри на обмежених ділянках. П'ять випадків запалення тканин у місцях встановлення стрижнів апаратів зовнішньої фіксації. Їх лікування обмежилось місцевими заходами (некректомії, перев'язки) і завершилось протягом 4 тижнів.

У одному випадку зафіксовано тяжке ускладнення у вигляді несправжнього суглоба дистального метаепіфіза великогомілкової кістки. Його причинами були необґрунтоване перевищення обсягу хірургічного втручання заради якості репозиції, та неадекватне оцінювання рентгенологічних даних з передчасним навантаженням на ушкоджений сегмент. Для лікування цього ускладнення успішно застосували компресійний остеосинтез за Г.А. Ілізаровим.

Усі ускладнення, які виявлені в групі дослідження, становлять 23,5 %. Якщо порівняти цей показник з даними D.L. Helfet (54 %) та А.В. Бабовникова (52 %), то різниця виявляється суттєвою. Характерних для переломів pilon тяжких гнійно-некротичних ускладнень ми не спостерігали.

Остаточні результати лікування нам вдалося прослідкувати у 23 з 34 пацієнтів групи спостереження у період від 8 міс. до 2,5 року. Інші 11 пацієнтів пішли з-під нагляду на етапах реабілітаційного лікування з різних (здебільшого, соціально-побутових) обставин.

Одним з найбільш використовуваних методів оцінювання результатів лікування ушкоджень pilon є шкала Ankle-Hindfoot Scale, яка враховує суб'єктивні (біль, можливість виконання функціональних тестів) та об'єктивні (клінічні та рентгенологічні) показники. Цим методом скористалися і ми. Згідно з цією оціночною системою результати можуть бути відмінними, хорошими, задовільними та незадовільними.

У табл. 6 наведені остаточні результати лікування пацієнтів групи дослідження (23 особи) за типами ушкоджень.

Таблиця 6

## Остаточні результати лікування пацієнтів групи дослідження

Типи ушкоджень	Результати				Кількість спостережень
	відмінні	хороші	задовільні	незадовільні	
А	5	2	0	0	7
В	2	1	2	1	6
С	0	8	2	0	0
Абсолютна кількість	7	11	4	1	23
Частка в групі обліку окремих результатів, %	30	49	17	4	100

З табл. 6 бачимо, що в разі переломів типу А у всіх 7 випадках вдалося досягти відмінних (5) та хороших (2) результатів. На наш погляд, ці переломи не лежать у центрі проблеми лікування ушкоджень pilon, а питання технології не видається вкрай принциповим.

Важливо, що в разі переломів типу С за відсутності відмінних та незадовільних результатів досягнуто 80 % хороших та 20 % задовільних.

## ВИСНОВКИ

1. За понад 40 років розвитку хірургічних методів лікування ушкоджень pilon загально визнаним слід вважати такі положення:

а) переломи pilon настільки різноманітні, що не вкладаються належним чином в жодну з існуючих класифікацій та являють собою дуже складне завдання для травматологів;

б) хірургічне лікування за переломів pilon є методом вибору;

в) основні зусилля мають бути направлені на зменшення додаткової операційної травми шляхом удосконалення всіх існуючих технологій і тактики хірургічного лікування з метою радикального поліпшення критичної ситуації щодо великої кількості ускладнень;

г) загально визнана необхідність раннього функціонального лікування в разі ушкоджень pilon повинна знайти практичне втілення в розробленні технологічних та ефективних засобів ортезування, що реально забезпечують умови для ранньої функції ушкодженого сегмента.

2. У результаті проведених досліджень розроблена та обґрунтована концепція фізіологічного малотравматичного комбінованого остеосинтезу за відкритих і закритих ушкоджень pilon на основі різноманітних варіантів поєднання позаосередкового дистракційного лігаментотаксису за допомогою стрижневих зовнішніх фіксаторів та малоінвазивного репозиційного остеосинтезу. Технологія заснована на принципах біологічної (фізіологічної) фіксації та знаходиться в руслі загальної тенденції мінімізації операційної травми під час хірургічного лікування ушкоджень pilon.

3. Дослідження біомеханічних властивостей системи «гомілка – стопа» методом кінцевих елементів із застосуванням стрижневих зовнішніх конструкцій показало, що апарати зовнішньої фіксації нейтралізують навантаження на дистальну ділянку гомілки та надп'яткову кістку.

4. Шляхом стендових випробувань досліджені механічні властивості сучасних іммобілізаційних матеріалів (Softcast/Scotchcast), отримано значення їхніх модулів пружності ( $(656,0 \pm 44,5)$  та  $(1156,2 \pm 92,0)$  МПа відповідно) та доведено їхню ефективність у протидії зовнішнім навантаженням. Дослідження параметрів взаємодії в системі «гомілка – стопа – пов'язка» доводять, що функціонально-стабілізувальні пов'язки на основі поєднання матеріалів Softcast/Scotchcast за своїми фізико-механічними характеристиками мають достатні фіксувальні можливості для протидії вторинним зміщенням відламків pilon у процесі раннього функціонального лікування.

5. Запропоновані методики хірургічного лікування завдяки відносно малій травматичності, принципу позаосередкового впливу та ефекту



лігаментотаксису на відміну від накісткового остеосинтезу, рекомендовані та найбільш ефективні в гострому періоді травми і дають змогу досягти задовільні просторові взаємовідносини анатомічних структур дистального метадіафіза та епіфіза кісток гомілки.

6. У процесі раннього функціонального навантаження з використанням функціонально-стабілізувальних пов'язок встановлено, що їх застосування не тільки надійно протидіє вторинним зміщенням відламків, а й створює умови для реалізації ефекту функціонального ремоделювання суглобової поверхні великогомілкової кістки, коли за відносно задовільних і навіть сумнівних показників первинного співставлення відламків суглобової поверхні можуть бути досягнуті хороші та задовільні анатомічні та функціональні результати лікування переломів pilon типу С.

7. Клінічне застосування розробленої технології лікування дало змогу суттєво зменшити кількість гнійно-некротичних ускладнень від 52-54 % до 23,5 % та ризик порушень кісткової регенерації. Ці ускладнення мають здебільшого ятрогенний характер, їх можна усунути точним виконанням технологічних вимог. Вказані ускладнення піддаються лікуванню без інвалідизуючих наслідків для пацієнтів.

8. На підставі проведеного дослідження доведено, що запропонована технологія фізіологічного лікування переломів pilon дає змогу досягти 79 % відмінних та хороших результатів.

### **СПИСОК РОБИТ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

1. **Стойко І.В.** Малоинвазивная технология функционального лечения закрытых переломов pilon / **И.В. Стойко**, Г.В. Бэц, Т.Г. Бэц // Травма. – 2012. – Т. 13, № 2. – С. 127-131.

Особистий внесок автора полягає в проведенні лікування хворих та в аналізі клінічного матеріалу дослідження.

2. **Стойко І.В.** Малоинвазивная технология лечения пациентов с открытыми переломами дистальных метаэпифизов костей голени (pilon переломами) / **И.В. Стойко**, Б.В. Менкус, Г.В. Бэц, И.Г. Бэц // Медицина сегодня и завтра. – 2012. – № 1 (54). – С. 134-139.

Особистий внесок автора полягає в проведенні хірургічних втручань, трактуванні результатів лікування хворих з відкритими переломами pilon.

3. Бэц Г.В. Предоперационное планирование и применение малотравматической хирургической техники при переломах pilon / Г.В. Бэц, **И.В. Стойко**, И.Г. Бэц // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2013. – № 4 (593). – С. 30-34.

Особистий внесок автора полягає в проведенні аналізу і трактуванні отриманих результатів.

4. **Стойко І.В.** Анализ напряженно-деформованного состояния дистального отдела голени и стопы при повреждениях pilon в условиях внешней фиксации при помощи стержневых аппаратов / **И.В. Стойко**, В.Г. Бэц, М.Ю. Карпинский // Травма. – 2014. – Т. 15, № 1. – С. 41-49.

Особистий внесок автора полягає в проведенні аналізу і трактуванні отриманих за допомогою біомеханічного дослідження результатів.

5. **Стойко І.В.** Исследования механических свойств материалов для функциональной стабилизации при переломе пилона / **И.В. Стойко**, Г.В. Бэц, И.Г. Бэц, М.Ю. Карпинский // Клінічна хірургія. – 2014. – № 2. – С. 45-48.

Особистий внесок автора полягає в ідеї проведення дослідження та трактуванні отриманих результатів.

6. **Стойко І.В.** Механические свойства системы «голень – фиксирующая повязка при переломах дистальных метаэпифизов костей голени (pilon) / **И.В. Стойко**, И.А. Суббота, И.Г. Бэц // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2014. – № 2 (595). – С. 88-93.

Особистий внесок автора полягає в проведенні аналізу і трактуванні отриманих за допомогою біомеханічного дослідження результатів.

7. Бэц И.Г. Хирургическое и функциональное ремоделирование суставной поверхности большеберцовой кости при переломах pilon / И.Г. Бець, **И.В. Стойко** // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2015. – № 2 (599). – С. 26-29.

Особистий внесок автора полягає в аналізі результатів хірургічного та функціонального лікування пацієнтів з переломами дистального відділу гомілки, та трактуванні отриманих результатів.

8. **Стойко І.В.** Малоинвазивная технология лечения открытых переломов дистальных метаэпифизов костей голени (переломов pilon'a) / **И.В. Стойко**, Б.В. Менкус, Г.В. Бэц, Т.Г. Бэц: збірник тез науково-практичної конференції з міжнародною участю [«Актуальні проблеми множинних та поєднаних пошкоджень»], (Харків–Київ, 19-20 квітня 2012 р.) / Міністерство охорони здоров'я України, Національна академія медичних наук України, Харківська обласна державна адміністрація. – Харків–Київ, 2012. – С. 13-14.

Автор проаналізував лікувальну тактику хворих з ушкодженнями pilon.

9. **Стойко І.В.** Функциональное лечение закрытых переломов pilon'a / **И.В. Стойко**, Г.В. Бэц, И.Г. Бэц: збірник матеріалів всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю [«Сучасні теоретичні та практичні аспекти травматології та ортопедії»], (Донецьк, 24-25 травня 2012 р.). – Донецьк, 2012. – С. 107-109.

Автор проаналізував лікувальну тактику хворих з ушкодженнями pilon.

10. Бець Г.В. Технология лечения переломов pilon / Г.В. Бець, **И.В. Стойко**, И.Г. Бець: збірник наукових праць XVI з'їзду ортопедів-травматологів України (Харків, 3-5 жовтня 2013 р.) / Міністерство охорони здоров'я України, Національна академія медичних наук України, ВГО «Українська асоціація ортопедів-травматологів». – Харків, 2013. – С. 421.

Особистий внесок автора полягає в аналізі результатів хірургічного лікування хворих з переломами pilon.

## АНОТАЦІЯ

**Стойко І.В. Фізіологічна технологія лікування пацієнтів з переломами дистальних метаепіфізів кісток гомілки (переломами pilon). – На правах рукопису.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата медичних наук за спеціальністю 14.01.21 – травматологія та ортопедія. – Державна установа «Інститут патології хребта та суглобів імені професора М.І. Ситенка Національної академії медичних наук України», Харків, 2015.

У дисертації на підставі клінічних, рентгенологічних та біомеханічних досліджень обґрунтована концепція диференційованого вибору варіантів фізіологічного малотравматичного комбінованого остеосинтезу в разі відкритих та закритих ушкоджень pilon на основі варіантів поєднання позаосередкового дистракційного лігаментотаксису за допомогою стрижневих зовнішніх фіксаторів та малоінвазивного репозиційного остеосинтезу.

Вивчені біомеханічні особливості системи «гомілка – стопа» в умовах фіксації за допомогою однобічних позаосередкових стрижневих фіксаторів та механізми взаємодії системи «гомілка – стопа – пов'язка», чим доведена доцільність використання стрижневих пристроїв та запропонованих функціонально-стабілізуювальних пов'язок з пластичних матеріалів у технології лікування ушкоджень pilon.

Досліджені найближчі результати хірургічного лікування 34 пацієнтів та віддалені результати лікування 23 пацієнтів. Доведено, що використання запропонованих технологій дає змогу суттєво знизити кількість ускладнень та досягти 79 % відмінних та хороших результатів лікування в разі ушкоджень pilon.

**Ключові слова:** переломи дистальних метаепіфізів кісток гомілки, стрижневі однобічні позаосередкові фіксатори, репозиційний остеосинтез, раннє функціональне лікування, функціонально-стабілізуювальні пов'язки.

## АННОТАЦИЯ

**Стойко И.В. Физиологичная технология лечения пациентов с переломами дистальных метаэпифизов костей голени (переломами pilon).** – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук по специальности 14.01.21 – травматология и ортопедия. – Государственное учреждение «Институт патологии позвоночника и суставов имени профессора М.И. Ситенко Национальной академии медицинских наук Украины», Харьков, 2015.

В диссертации на основе клинических, рентгенологических, биомеханических исследований обоснована технология лечения и реабилитации пациентов с повреждениями дистальных метаэпифизов костей голени (переломами pilon).

В результате проведенной работы получены новые знания о биомеханических свойствах системы «голень – стопа» в условиях фиксации отломков pilon при помощи односторонних стержневых аппаратов.

Путем стендовых испытаний изучены физические свойства полимерных материалов. Полученные знания в последующем использованы для конструирования функционально-стабилизирующих повязок, предназначенных для предотвращения вторичных деформаций при раннем функциональном лечении повреждений pilon. Особенности биомеханического взаимодействия в системе «голень – стопа – фиксирующая повязка» изучены путем математического моделирования с применением метода конечных элементов.

Проведен клинический анализ лечения 34 пациентов с открытыми (13) и закрытыми (21) повреждениями pilon.

Ближайшие результаты клинического использования физиологичной малотравматичной технологии хирургического лечения переломов pilon свидетельствуют о том, что ее использования в ранние сроки после травмы (независимо от состояния мягких тканей) обеспечивает условия для репозиции отломков за счет дистракционного лигаментотаксиса. Сочетая его с малоинвазивными приемами погружного репозиционного остеосинтеза, в большинстве случаев удается добиться удовлетворительных пространственных взаимоотношений костных структур, формирующих дистальный метадиафиз и эпифиз костей голени.

Применение данной технологии решает вопрос профилактики характерных необратимых гнойно-некротических осложнений хирургического лечения переломов pilon. Общее количество осложнений может быть снижено до 23,5 %. Эти осложнения носят в основном ятрогенный характер, поддаются лечению без инвалидизирующих последствий для пациентов.

В процессе ранней функциональной реабилитации с применением функционально-стабилизирующих повязок установлено, что их использование не только предотвращает вторичное смещение отломков pilon, но и создает

условия для функционального ремоделирования суставной поверхности большеберцовой кости.

Разработанная технология физиологичного малотравматичного хирургического лечения и реабилитации переломов pilon позволяет достичь 79 % отличных и хороших результатов.

**Ключевые слова:** переломы дистальных метаэпифизов костей голени, стержневые односторонние внеочаговые фиксаторы, репозиционный остеосинтез, ранее функциональное лечение, функционально-стабилизирующие повязки.

**ABSTRACT****Stojko I.V. Physiological treatment technology of patients with fractures of distal metaepiphysis leg bones (fractures of the pilon). - Manuscript.**

The dissertation for a scientific degree of the Candidate of Medical Sciences in the speciality 14.01.21 – Traumatology and Orthopedics. – SI «Sytenko Institute of Spine and Joints Pathology National Academy of Medical Sciences of Ukraine», Kharkiv, 2015.

In the dissertation on the base of clinical, radiological and biomechanical investigations the concept of differentiated choice of physiological low-traumatic osteosynthesis in patients with opened and closed pilon injuries was proved. The concept is based on combination variants of extrafocal distractive ligamentotaxis using rod external fixators with minimally invasive osteosynthesis reposition.

Biomechanical features of "shin-foot" system in conditions of fixation with unilateral extrafocal rod clamps were studied, as well as interaction mechanisms of "shin-foot- bandage". It has proved reasonable use of proposed core devices and functional and stabilizing bandage from plastic materials in technology of pilon injuries treatment.

Early surgical treatment results of 34 patients and long-term treatment results of 23 patients were investigated. It has been proved that use of proposed technology can significantly reduce the number of complications and achieve 79% of excellent and good treatment results in pilon injuries.

**Key words:** fractures of distal metaepiphysis leg bones, rod unilateral extrafocal fixators, repositional fixation, early functional treatment, functional and stabilizing bandage.