

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

**ЛИТВИШКО ВАЛЕРІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ**

УДК 616.71-001.5-089.227.84.33:57.017.35-036.82

**ЗАКОНОМІРНОСТІ УТВОРЕННЯ КІСТКОВОГО РЕГЕНЕРАТУ  
ПІСЛЯ ДІАФІЗАРНОГО ПЕРЕЛОМУ ЗА УМОВ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО  
ЛІКУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ  
ПРУЖНО-СТІЙКОГО З'ЄДНАННЯ ВІДЛАМКІВ**

14.01.21 – травматологія та ортопедія

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
доктора медичних наук

Харків – 2019



Дисертацією є рукопис.

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

Науковий консультант: доктор медичних наук, професор  
ПОПСУЙШАПКА Олексій Корнілієвич  
Харківська медична академія  
післядипломної освіти МОЗ України,  
професор кафедри травматології та ортопедії

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

доктор медичних наук, професор  
АНКІН Микола Львович  
Національна медична академія  
післядипломної освіти імені П.Л. Шупика  
МОЗ України, завідувач кафедри  
травматології та ортопедії № 2

доктор медичних наук, професор  
ВАСЮК Володимир Леонідович  
Вищий державний навчальний заклад України  
«Буковинський державний медичний  
університет» МОЗ України, завідувач  
кафедри травматології та ортопедії

Захист відбудеться « 1 » лютого 2019 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 « 29 » грудня 2018 р.

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



В.О.Радченко

**Актуальність теми.** Сьогодні спостерігаємо високу частоту випадків незрощення або уповільненого зрощення відламків кісток. За результатами проведеного клініко-епідеміологічного дослідження, відсоток уповільненого зрощення в разі переломів плечової кістки складає 21,4 %, стегнової — 47,7 %, ліктьової — 35,8 %, променевої — 15,7 % (Корж Н.А. та ін., 2010). Загалом має місце подовження термінів консолідації переломів у кожному третьому випадку. Встановити, чому це відбувається та зменшити частоту зазначених ускладнень можна шляхом подальшого вивчення процесу регенерації кістки і впливу на нього умов, які ми створюємо, застосовуючи наявні методики лікування. Процес утворення регенерату після діафізарного перелому вже давно вивчається, але отримана інформація, головним чином, стосується опису морфологічних явищ, які відбуваються на його етапах (Зайченко И.Л. 1958; Корж А. А., Белоус А. М., Панков Е. Я. 1972; Маркс В. О. 1949; Sfeir С., Ho L., Doll В.А., 2005; Корж Н.А., Дедух Н. В., 2006). Залишаються невизначеними до кінця механізми, які скеровують процес формування повноцінного регенерату, та фактори, які можуть на нього впливати. Частина клініцистів вважають, що незрощення відламків кістки після перелому пов'язано з порушеннями методики остеосинтезу, інші на перше місце ставлять тяжкість і обсяг ушкодження тканин, деякі звертають увагу на вплив внутрішніх чинників, які негативно впливають на процес регенерації.

Останнім часом вчені приділяють увагу ролі біологічних чинників (цитокінів), які регулюють міжклітинні взаємодії. Для стимуляції остеогенезу в разі незрощень фрагментів кісток після переломів використовують кісткові морфогенетичні білки (Friedlaender G. E. et al., 2001), збагачену тромбоцитами плазму або фібрин (Bastami F., 2016; Dohan Ehrenfest D. M. et al., 2010), стовбурові клітини (Оксимец В. М. 2014; Centeno J. C. et al., 2011) тощо.

Ми вважаємо, що слід ефективно використати природню репарацію кісткової тканини, яка за сприятливих умов приводить до утворення повноцінної кістки. Логічно припустити, що всі вказані фактори наявні після перелому та питання в тому, чому вони не спрацьовують.

На сьогодні найбільш поширеними у світі методиками лікування хворих із діафізарними переломами кісток є інтрамедулярний блокований та накістковий остеосинтез пластинами різних конструкцій. Висока якість пристроїв, досконалість інструментарію полегшують виконання операції та є привабливими для хірурга. У практиці складається ситуація, коли в разі більшості закритих діафізарних переломів можна використати як зазначені варіанти зануреного остеосинтезу, так і апарат зовнішньої фіксації, і, навіть, гіпсову пов'язку, ортез. Прийняття рішення базується на прагненні хірурга забезпечити надійну (стабільну) фіксацію відламків відповідно до характеру перелому в конкретному випадку. І перевагу віддають тому способу, який здається надійнішим для міцності з'єднання відламків. Але власне з'єднання фрагментів кістки – це лише частина процесу лікування. Набагато важливіше обрати той засіб з'єднання відламків, який, по-перше, не буде негативно впливати на процес зрощення, а по-друге – створюватиме сприятливі біологічні

та механічні умови для перебігу цього процесу. Але для цього необхідно знати ці умови.

На нашу думку, науково пріоритетним напрямом слід вважати вивчення впливу напружень і деформацій навколівідламкових тканин на процес регенерації кістки після перелому. Він є малодослідженим, уявлення про його взаємозв'язок із процесом регенерації лишаються на рівні припущень, що породжує суперечливі погляди та є проблемним питанням травматології.

Асоціація Остеосинтезу (АО) в 1958 році висунула принципи лікування переломів, які в 1990-ті роки декілька змінила. У сучасному варіанті для діафізарних переломів вони сформульовані як збереження кровопостачання, функціональна репозиція, стабільна фіксація, ранні активні рухи (Волна А. А., 2008). На нашу думку, у них є дискутабельні питання. Перш за все, це стосується уявлень про стабільність фіксації відламків. Зокрема, використання внутрішнього остеосинтезу в разі переломів пояснює теорія абсолютної та відносної стабільності (Perren S. M., Cordey J., 1980; Романенко К. К., Прозоровский Д. В., Белостоцкий А. И., 2009). Автори її, посиляючись на допустимі деформації кісткової тканини на розтягнення, вважають, що лінійні переміщення між фрагментами у певних межах (2 % від вихідної довжини) відповідають стану абсолютної стабільності відламків. Переміщення відламків від 2 до 10 % довжини міжвідламкового регенерату відповідає стану відносної стабільності. Вони стверджують, що в такому діапазоні деформацій регенерат не зазнає руйнування і трансформується в кісткову тканину. Переконливих даних про походження зазначених величин і про те, що саме такі переміщення відламків у реальності є оптимальними для загоєння перелому, в науковій літературі не знайдено.

Вкрай важливим і мало вивченим є питання щодо початкових етапів формування регенерату в навколівідламковій зоні та їхня залежність від локальних механічних умов. Процес загоєння починається відразу після виникнення перелому та не можна виключати, що його подальший перебіг залежить від явищ, які відбуваються в перші години після травми. Лишається не з'ясованою важлива обставина, що безпосередньо підлягає напруженню на самих ранніх етапах після перелому, коли ще відсутній регенерат.

Інший напрямок у лікуванні переломів, започаткований школою Г. А. Ілізарова, – це компресійно-дистракційний остеосинтез, який має специфічні особливості, потребує відповідних знань і навичок для виконання. На сьогодні домінує думка, що апарати зовнішньої фіксації слід використовувати в разі відкритих багатовідламкових переломів зі значним руйнуванням м'яких тканин або множинних переломів — як тимчасовий засіб фіксації відламків. Поширена думка, що їх доцільно використовувати, поки не відбудеться загоєння рани або не покращиться загальний стан постраждалого, після чого виконують внутрішній остеосинтез, аргументуючи це тим, що зовнішній апарат не забезпечує необхідної стабільності відламків (Анкин Н. Л. и др., 2001; Wani N. et al., 2010).

Метод позаосередкового компресійно-дистракційного остеосинтезу є

здобутком вітчизняної травматології та ортопедії і свій розвиток він отримав в Україні (Попсуйшапка А. К., Шевченко С. Д. 1986; Амро Т. А. 2002; Бец Г. В. 2002; Климовицкий В. Г. и др. 2004). Результати цих розробок впроваджені в практичну діяльність, доведено їхню клінічну ефективність (Климовицкий В.Г. и др., 2002). Разом із тим лишається багато дискусійних і нез'ясованих питань щодо зазначеного методу лікування. Зокрема, це стосується питань надійності з'єднання відламків і вибору оптимальних схем введення стрижнів, регуляції напружень у конструкції, вибору режиму функціонального навантаження ушкодженої кінцівки в апараті, профілактики обмеження функції суглобів, розмірів апарата і побутових незручностей тощо.

Отже, зазначене вище свідчить про необхідність подальших досліджень регенерації кістки після діафізарних переломів за умов застосування пристроїв, які допускають певну рухомість відламків.

#### **Зв'язок роботи 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 ефективність і розробити критерії лікування травматичних та вогнепальних ушкоджень грудного та поперекового відділів хребта і їх наслідків», шифр теми ЦФ2015.1 НАМНУ, держреєстрація № 0115U003023. У межах теми автором проведені експерименти *in vitro* щодо визначення формоутворення, механічних властивостей і структури фібрин-кров'яного згустку).

**Мета дослідження:** підвищити ефективність лікування хворих із діафізарними переломами довгих кісток кінцівок шляхом встановлення закономірностей формоутворення кісткового регенерату й удосконалення методики функціонального лікування з використанням апаратів зовнішньої фіксації та ортезів.

#### **Завдання дослідження:**

1. Проаналізувати наукову літературу щодо частоти незрощення відламків після діафізарних переломів кісток кінцівок за умов застосування різних способів їхнього з'єднання, а також впливу режиму фіксації на процес регенерації кістки.

2. Виявити частоту випадків незрощення відламків і уповільненого зрощення після діафізарних переломів довгих кісток за умов різних способів їхньої фіксації за матеріалами міжрайонної спеціалізованої травматологічної МСЕК за період 2008–2010 рр.

3. За допомогою клініко-інструментальних методів дослідити у хворих із діафізарним переломом форму, особливості розташування фібрин-кров'яного згустку в навколівідламковій зоні та його морфологічну структуру в перші три тижні після перелому.

4. В експерименті на тваринах вивчити особливості розташування фібрин-кров'яного згустку в навколівідламковій зоні після закритого діафізарного перелому та морфологічні особливості його організації впродовж перших двох тижнів після перелому.

5. Вивчити особливості формоутворення, механічні властивості та морфологічну структуру фібринового згустку і вплив на них механічних факторів.

6. Вивчити характер напружено-деформованого стану тканин у навколівідламковій зоні на початкових етапах формування регенерату в разі різних способів з'єднання відламків (за допомогою математичної кінцево-елементної моделі «відламки – згусток – регенерат – фіксатор»).

7. Вивчити характер і величину переміщень відламків кісток під час лікування діафізарних переломів ортезом або апаратом зовнішньої фіксації.

8. Уточнити клініко-морфологічні стадії формоутворення кісткового регенерату після діафізарного перелому та обґрунтувати принципи лікування.

9. Удосконалити методики функціонального лікування діафізарних переломів довгих кісток зі застосуванням апаратів зовнішньої фіксації.

10. Вивчити клініко-морфологічні особливості регенерату у хворих із незрощенням відламків після діафізарного перелому та отримані результати після повторного хірургічного лікування.

11. Проаналізувати результати лікування постраждалих із діафізарними переломами довгих кісток з використанням удосконалених методик

*Об'єкт дослідження* – процес формування кісткового регенерату в постраждалих після діафізарного перелому та вплив на нього механічних та інших факторів.

*Предмет дослідження* – навколівідламкова гематома, фібрин-кров'яні згустки *in vitro* та *in vivo*, регенерат у постраждалих та експериментальних тварин, математична модель «відламки – регенерат – фіксатор», переміщення відламків, методи лікування постраждалих із діафізарними переломами кісток кінцівок.

*Методи дослідження:* експериментальне моделювання на тваринах – для вивчення форми та розташування фібрин-кров'яного згустку в навколівідламковій зоні; клінічні – для визначення величини зміщення відламків кісток, характеру їх кутових переміщень, терміну їх зникнення та відновлення опорної функції ушкодженої кінцівки, фіксації відламків зовнішнім пристроєм; рентгенологічні – для отримання інформації про положення відламків, терміни розвитку періостальної кісткової мозолі, її розмірів та форми; ультрасонографічні – для вивчення форми та розмірів навколівідламкової гематоми, термінів появи організації згустку, а також для реєстрації величини переміщень відламків у процесі лікування переломів; гістоморфологічне – для дослідження структури фібрин-кров'яних згустків і біоптатів регенератів, отриманих під час хірургічного лікування пацієнтів із переломами кісток кінцівок і експериментальних тварин; біомеханічний (математичне кінцево-елементне моделювання) – для розрахунку рівнів напруження тканин у різних зонах регенерату за умов стабілізації відламків кісток різними фіксаторами; статистичний – для верифікації отриманих показників.

**Наукова новизна отриманих результатів.** Доповнені наукові знання про закономірності формоутворення кісткового регенерату після діафізарного перелому кісток кінцівок. Уперше доведено, що фібрин-кров'яний згусток,

який утворюється в навколівідламковій зоні, є первинним біологічно активним механічним каркасом, в якому відбувається проліферація та диференціація клітин із подальшим утворенням кісткової тканини. Показано, що малодиференційовані клітини розташовуються на фібринових перетинках, а їхня повздовжня вісь спрямована паралельно волокнам фібрину. Уперше в умовах *in vitro* досліджено утворення фібрин-кров'яного згустку та показано вплив на нього механічних факторів (перемішування і тиску).

У результаті виконання ультразвукографічних досліджень уперше встановлено, що форма та локалізація кісткового регенерату відповідає формі та локалізації фібрин-кров'яного згустку.

Уперше на підставі математичних розрахунків із використанням скінчено-елементних моделей вивчено особливості напружено-деформованого стану фібрин-кров'яного згустку та окістя в навколівідламковій зоні. Максимальну величину напруження фібрину виявлено біля кістки, у центральній частині веретена вона зменшувалася, а наближаючись до окістя, знову збільшувалася. Встановлено найбільше напруження фібрину в разі з'єднання відламків апаратом зовнішньої фіксації за умов і вертикального, і поперечного навантаження. У випадку з'єднання відламків пластиною або інтрамедулярним блокованим стрижнем рівень напружень фібрину був значно меншим.

Уперше проаналізовано величини лінійних переміщень відламків в умовах функціонального лікування діафізарних переломів довгих кісток кінцівок ортезом або стрижневим апаратом зовнішньої фіксації. Встановлено, що переміщення 13–40 % (від вихідної величини між контрольними точками), якщо вони діють на перших трьох тижнях після перелому, супроводжуються утворенням суцільного періостального кісткового регенерату в 95–98 % випадків.

На підставі виявлених закономірностей уточнена стадійність формоутворення кісткового регенерату після діафізарного перелому, сформульовані принципи лікування та удосконалені їх методики.

**Практичне значення одержаних результатів.** На підставі результатів експериментальних, клінічних і теоретичних досліджень розроблені методики мінімально інвазивного функціонального лікування пацієнтів із діафізарними переломами кісток кінцівок із використанням стрижневих апаратів зовнішньої фіксації. У методиках поєднано особливі, взаємопов'язані процедури зіставлення відламків і з'єднання їх стрижневим апаратом зовнішньої фіксації, процедуру функціонального навантаження ушкодженої кінцівки, контролю за процесом регенерації в разі переломів стегнової та плечової кісток, кісток гомілки. Їх використання дало змогу знизити частоту випадків незрощення відламків (які потребують додаткового хірургічного лікування) у вказаній категорії постраждалих у порівнянні з даними незалежних багатоцентрових досліджень, де первинно при лікуванні були застосовані методи зануреного (накісткового або інтрамедулярного) остеосинтезу.

Завдяки накопиченому клінічному досвіду удосконалені конструкції пристроїв для зовнішньої фіксації відламків, розроблена технологія їхнього виготовлення та налагоджене виробництво.

Результати дослідження впроваджені в клінічну практику КЗОЗ «Харківська обласна клінічна травматологічна лікарня», Військово-медичного клінічного центру Північного (м. Харків) регіону МО України, Національного військово-медичного клінічного центру «Головний військовий клінічний госпіталь» МО України, клінічній лікарні ім. І. Мечнікова, Київській дитячій лікарні ОХМАТДИТ.

**Особистий внесок здобувача.** Автор самостійно провів вибірку з архіву міжрайонної спеціалізованої травматологічної МСЕК за період 2009–2010 роки та проаналізував увесь матеріал. Він запропонував ідею та виконав експериментальне моделювання переломів на вівцях, провів макроскопічне пошарове вивчення розмірів згустків і відібрав ділянки для гістологічного дослідження. Взяв активну участь у створенні математичної кінцево-елементної моделі та аналізі отриманих результатів про розподіл напружено-деформованого стану фібрин-кров'яного згустку.

Самостійно пролікував 404 хворих із переломами кісток кінцівок, серед яких у 336 виконав хірургічне втручання. Розробив методики лікування діафізарних переломів стегнової кістки та кісток гомілки шляхом поетапної тракції скелетним витягненням із наступним остеосинтезом стрижневим апаратом зовнішньої фіксації. Розробив методику стимуляції регенерації з застосуванням гемостатичної губки. Під час лікування хворих спостерігав особливості розташування фібрин-кров'яних згустків біля відламків, досліджував форму гематоми та переміщення відламків за допомогою сонографії. Проаналізував отримані результати.

Наукові дослідження виконані в Державній установі «Інститут патології хребта та суглобів імені професора М.І. Ситенка НАМН України»: гістологічні з аналізу формування фібрин-кров'яного згустку та його реорганізації, а також структури регенерату – в лабораторії морфології сполучної тканини за консультативної допомоги к.б.н. Ашукіної Н.О., біомеханічні з вивчення характеру напружено-деформованого стану тканин у навколівідламковій зоні на початкових етапах формування регенерату в разі різних способів з'єднання відламків на математичній моделі «відламки – згусток – регенерат – фіксатор» – в лабораторії біомеханіки за консультативної допомоги наукового співробітника Ярьська О.В. Автор на підставі аналізу результатів досліджень обґрунтував висновки дослідження. Участь співавторів відображено в спільних наукових публікаціях.

**Апробація результатів дослідження.** Результати дисертаційного дослідження оприлюднені на XV з'їзді ортопедів-травматологів України (Дніпропетровськ, 2010); науково-практичній конференції «Сучасні теоретичні та практичні аспекти травматології та ортопедії» (Донецьк–Урзуф, 2011); науково-практичній конференції «Сучасні дослідження в ортопедії та травматології (Перші наукові читання, присвячені пам'яті академіка О. О. Коржа)



(Харків, 2011); XVI з'їзді ортопедів-травматологів України (Харків, 2013); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Сучасні дослідження в ортопедії та травматології (Другі наукові читання, присвячені пам'яті академіка О. О. Коржа), (Харків, 2014); щорічній науково-практичній сесії «Впровадження наукових розробок у практику охорони здоров'я» (Київ, 2014); науково-практичній конференції з міжнародною участю «Сучасна тактика медичної допомоги при бойових ранах і відкритих переломах кінцівок», (Київ, 2014); XXV симпозіумі польського товариства дитячих ортопедів-травматологів (Закопани, 2015); міжобласній науково-практичній конференції «Позавогнищевий остеосинтез в сучасній травматології» (Суми, 2016); науково-практичній конференції «Актуальні питання сучасної бойової травми» (Маріуполь, 2016); 18 Європейському Конгресі ортопедів-травматологів (EFORT) (Відень, Австрія, 2017); Європейському Конгресі ортопедів-травматологів (EFORT), (Барселона, Іспанія, 2018).

**Публікації.** За темою дисертації опубліковано 21 наукову працю, із них 20 статей у наукових фахових виданнях, 1 методичні рекомендації.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація викладена на 351 сторінках друкованого тексту, складається зі вступу, аналізу літератури, розділу «Матеріал і методи», 8 розділів власних досліджень, висновків, додатків. Дисертація містить 91 рисунок, 32 таблиці.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

### Матеріал і методи

*Епідеміологічне дослідження.* Вивчені протоколи засідань міжрайонної спеціалізованої травматологічної МСЕК КЗОЗ «Обласний центр медико-соціальної експертизи» Харківської облдержадміністрації за період 2008–2010 роки та проведений аналіз частоти незрощення відламків та уповільненого їхнього зрощення за умов різних способів фіксації в 762 хворих, які мали діафізарні переломи довгих кісток кінцівок та отримали лікування в травматолого-ортопедичних відділеннях обласних, міських і районних лікарень Харківської області.

*Клінічні дослідження.* Дисертація ґрунтується на досвіді лікування 457 хворих, які знаходилися на стаціонарному й амбулаторному лікуванні в установах: КЗ «Чугуївська центральна районна лікарня ім. М. І. Кононенка» (404 пацієнти); ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН» (38 хворих); КЗ «Харківська клінічна обласна травматологічна лікарня» (15 хворих), у період із 2006 по 2017 роки. Загалом хворих зі свіжими переломами було 387 осіб, із незрощеним переломом — 70.

Під час лікування проводили спеціальні клінічні дослідження, до яких відносили: візуальне оцінювання розташування фібрин-кров'яного згустку в навколівідламковій зоні; наявність кутової рухомості відламків, її характер (ригідна, пружня, вільна), терміни її зникнення; термін початку повної опори кінцівки, терміни фіксації зовнішнім апаратом або пов'язкою.

Для лікування постраждалих використані пристрої виробництва ПП «Ортопак», раніш запропоновані О. К. Попсуйшапкою (Свідоцтво про держав-

ну реєстрацію № 10276/211 «Пристрої стрижневі для з'єднання кісткових відламків при лікуванні переломів кінцівок» ТУ.У 33.1—35700506—001:2011. Згідно з наказом Держлікінспекції МОЗ України від 15.03.2011) (рис. 1).

Під час виконання роботи ці вироби були удосконалені, створені методики їхнього використання за умов різних переломів. Окрім зовнішніх стрижневих пристроїв, застосовано функціональні гіпсові пов'язки й ортези (Sarmiento A., Latta L., 1981; Попсуйшапка А.К., 1991), а також накісткові пластини виробництва «Ортомед», «Interlok», «Net».



Рис. 1. Зовнішній вигляд стрижневих пристроїв для фіксації відламків у разі лікування діафізарних переломів кінцівок.

За умов діафізарних переломів стегнової кістки (93 переломи у 90 хворих) використано такі методики лікування:

- закрите вправлення відламків на системі постійного скелетного витягнення протягом 5–7 днів із подальшим остеосинтезом апаратом зовнішньої фіксації (72 переломи);
- закрите одночасне вправлення відламків і остеосинтез апаратом зовнішньої фіксації (16 переломів);
- відкрите вправлення відламків і фіксація їх апаратом у зв'язку з неефективністю спроби зіставити їх закрито на витягненні (5 переломів).

У випадку перелому кісток гомілки (183 хворих) залежно від ступеня фіксованості відламків окісно-м'язовим футляром використано методики лікування, наведені в табл. 1.

Хворі з діафізарним переломом плечової кістки (92) за застосованими методиками лікування розподілися так:

- функціональне консервативне лікування з використанням шиноплотноного ортезу — 58 (63 %);
- функціональне лікування з використанням апаратів зовнішньої фіксації — 16 (17 %): після закритої репозиції — 13 (14 %), після відкритої репозиції — 3 (3 %);
- відкрита репозиція та накістковий остеосинтез — 18 (20 %).

Таким чином, відкрита репозиція відламків у разі переломів плечової кістки була застосована у 21 (23 %) пацієнта, у решти 71 (77 %) зона перелому лишалася закритою.

У разі переломів діафіза кісток передпліччя (22 хворих) для фіксації відламків були застосовані: циркулярна гіпсова пов'язка (тутор) – 3; накісткові пластини – 13; інтрамедулярно проведені спиці в поєднанні з циркулярною гіпсовою пов'язкою (тутором) – 2; апарат зовнішньої фіксації – 4.

Таблиця 1

## Методики лікування діафізарних переломів кісток гомілки

Методики лікування	Кількість хворих	
	абс.	%
Закрите усунення кутової деформації та фіксація відламків гіпсовою пов'язкою (типа Дельбе) з подальшим дозованим функціональним навантаженням	52	29
Закрите одночасне зіставлення відламків, стабілізація їх апаратом зовнішньої фіксації з подальшим функціональним навантаженням кінцівки	41	22
Закрите зіставлення відламків на системі скелетного витягнення (3-7 діб) з наступною стабілізацією їх апаратом зовнішньої фіксації та подальшим навантаженням кінцівки	39	21
Відкрите зіставлення відламків та фіксація їх зовнішнім апаратом з подальшим навантаженням кінцівки	38	21
Відкрите зіставлення відламків та фіксація їх накістковою пластиною	13	7
Усього	183	100

Загалом у випадку свіжих діафізарних переломів (390) стрижневі пристрої зовнішньої фіксації використані у 231 хворого, функціональна гіпсова пов'язка – у 57, ортез – у 58, накісткова пластина – у 44.

Хворих із незрощенням відламків раніше лікували в інших установах. Орієнтуючись на клініко-рентгенологічні прояви, ми розділили хворих із діафізарними переломами, які не зрослися, на 3 клінічні групи, які відрізнялися за методикою лікування.

*Перша група* (13 хворих) з фіброзно-хрящовим незрощенням відламків із малою її кутовою рухомістю. Характерними ознаками в них були: пружні кутові деформації  $2^{\circ}$ – $5^{\circ}$ , відсутність зануреного металевого фіксатора, наявність періостальної регенерації кістки, зберігалася опора кінцівки. За такої ситуації закрито усували деформацію сегмента (одночасно або поетапно), фіксували відламки зовнішнім апаратом із подальшим повним осьовим навантаженням кінцівки. На гомілці це обов'язково супроводжувалося резекцією ділянки малогомілкової кістки на рівні незрощення відламків великогомілкової.

*Друга група* (22 хворих) із вільною (не пружною) рухомістю відламків. У них спостерігали: рухомість відламків виникала за умов незначних навантажень і була в межах 6°-20°, значний діастаз між відламками, відсутність періостальної кісткової регенерації, відсутність зануреного фіксатора. Цим хворим виконували операцію декортикації з видаленням сполучної тканини, що розмежовувала відламки, їхнє зіставлення, закріплення апаратом зовнішньої фіксації та стимуляцію регенерації різними способами.

*Третя група* (35 хворих) із незрощенням відламків за наявності зануреного фіксатора (накісткової пластин або інтрамедулярного блокованого стрижня). Основні ознаки: наявність зануреного фіксатора, який утримував відламки повністю або частково, помірна кутова рухомість відламків (до 10°), часткова опоро спроможність кінцівки. У них видаляли фіксатор, після чого оцінювали величину кутової рухомості відламків і, виходячи з конкретної ситуації, обирали спосіб їхньої фіксації та методику стимуляції регенерації.

Стимуляція регенерації проведена у хворих другої та третьої груп (табл. 2).

Таблиця 2

Способи стимуляції зрощення у хворих другої та третьої клінічних груп

Спосіб(и) стимуляції	Кількість хворих
Декортикація та заповнення між- та навколівідламкового простору подрібненою спонгіозною аутокісткою	18
Декортикація в поєднанні з плазмою, збагаченою тромбоцитами	5
Декортикація в поєднанні з фібриновим гелем, отриманим з аутокрові	4
Заповнення підокістного навколівідламкового простору плівкою, що містить фібрин для зупинки кровотечі (тахаконб, серджисил)	6
Декортикація, заповнення між- та навколівідламкового простору гемостатичною губкою	14
Декортикація	10
Усього	57

*Морфологічні дослідження фібрин-кров'яного згустку з навколівідламкової зони у хворих із діафізарним переломом.* Гістологічно досліджені біоптати з навколівідламкової зони, які були вилучені у 16 хворих зі свіжими діафізарним переломом в терміни 1-18 діб після травми, а також у 7 осіб із незрощенням відламків під час хірургічного втручання через 8 міс. і більше після перелому.

*Морфологічні дослідження навколівідламкового фібрин-кров'яного згустку з прилеглими тканинами при експериментальному переломі стегнової кістки у овець.* Була відтворена модель закритого перелому діафіза стегнової кістки у 8 овець. Шляхом пошарового розтину тканин стегна вивчені

особливості локалізації навколівідламкового фібрин-кров'яного згустку в такі терміни після травми: 5 год (2 вівці); 1 (2), 4 (2) та 15 (2) діб. Вилучали ділянки згустку з прилеглими тканинами періостальної та ендостальної зон, з яких виготовлено гістологічні препарати.

*Ультрасонографічні дослідження навколівідламкової зони у хворих із діафізарним переломом.* Ультрасонографічне дослідження проведено 25 постраждалим із діафізарними переломами кісток кінцівок: плечова – 13, кістки гомілки – 4, стегнова – 8. За терміном проведення дослідження розподілилися так: 2–6-та доба після травми – 4, 7–14-та доба – 16, 15–21-ша – 10. Використаний сонограф «Tosiba Aplio-500» з лінійним датчиком 5–12 Гц та переносний сонограф SLE-100» (Литва) з лінійним датчиком 5–7,5 Гц.

*Експериментальні дослідження впливу механічних факторів на структуру та механічні властивості фібрин-кров'яного згустку in vitro.* Дослідження проводили з венозною кров'ю трьох здорових добровольців віком 30, 48 і 62 роки. Із кубітальної вени набирали 6 порцій крові (по 3 мл) у шприци об'ємом 5 мл. У кожного з волонтерів кров брали тричі. Першу серію порцій крові (6) досліджували на вплив тиску, другу (6) – на перемішування і третю (3) – на тиск у гумовій оболонці. Загалом виконано 9 експериментів із використанням 39 порцій крові. Реєстрували час, коли кров перетворювалася в згусток під дією указаних механічних впливів, візуально оцінювали його форму, згустки добової давності досліджували гістоморфологічно та вимірювали їхню деформацію на стиснення.

*Дослідження переміщень відламків у хворих у процесі лікування діафізарного перелому.* Клінічними прийомами реєстрували кутову рухомість відламків та термін її зникнення в процесі лікування 246 хворих. За допомогою ультрасонографії вимірювали лінійні та кутові переміщення відламків у 26 хворих із діафізарними переломами плечової (9), стегнової (5) і великогомілкової (12) кісток під час функціонального навантаження кінцівки.

*Теоретичні розрахунки напружено-деформованого стану фібрин-окістного веретена в зоні діафізарного перелому за різних умов з'єднання відламків шляхом математичного скінченно-елементного моделювання.* Ми створили скінченно-елементну модель стегна з переломом кістки в середній її третині, в якій відтворено стан, що відповідає стадії утворення фібрин-кров'яного згустку в навколівідламковій зоні. Зона, заповнена фібрин-кров'яним згустком, мала веретеноподібну форму й оточена окістям. Згусток побудований у вигляді комірчастої структури. Комірки розташовані системно, їхні розміри збільшувалися в напрямку від периферії до центру. Діастаз між відламками також заповнений фібрином. Використані відомі дані про модуль Юнга і коефіцієнт Пуасона для фібрину, окістя, кістки, титану, іржостійкої сталі та склопластику. Розрахунки напружено-деформованого стану елементів моделі проводили з використанням комп'ютерної програми SolidWorks в умовах:

- відламки з'єднані апаратом зовнішньої фіксації виробництва ПП «ОРТОПАК» відповідно до методики;

- відламки з'єднані інтрамедулярним блокованим стрижнем фірми СНМ (із нещільним станом стрижня в кістковомозковому каналі);
- відламки з'єднані титановою накістковою пластиною з кутовою стабільністю і використанням 8 гвинтів.

Умови: осьове навантаження стегнової кістки 800 Н з прикладенням сили на її головку, поперечне навантаження 200 Н на дистальний кінець стегнової кістки в сагітальній та фронтальній площинах.

### **Результати досліджень**

*Результати епідеміологічних досліджень.* За аналізом протоколів огляду 762 хворих із діафізарними переломами кінцівок (які були працюючими особами й отримували лист непрацездатності) міжрайонної спеціалізованої травматологічної МСЕК виявлено, що у 289 (37 %) осіб первинно був застосований накістковий остеосинтез, у 98 (13 %) — інтрамедулярний блокований, у 60 (8 %) — традиційний інтрамедулярний, у 98 (13 %) — стрижневі апарати, у 72 (9 %) — апарат Ілізарова, у 122 (16 %) — гіпсова пов'язка або ортез і у 28 (4 %) — скелетне витягнення. Найбільший відсоток незрощення зафіксовано в разі застосування накісткового й інтрамедулярного остеосинтезу — в середньому 20 %. За умов застосування апаратів зовнішньої фіксації частота незрощень була нижчою та коливалася в межах від 7 до 13 %. У разі консервативного лікування діафізарних переломів гіпсовою пов'язкою, ортезом, скелетним витягненням цей показник був ще нижчим і дорівнював 2,6–4 %.

Аналіз сучасної наукової літератури показує значну поширеність накісткового й інтрамедулярного остеосинтезу, а автори, які його застосовують, надають показники частоти незрощення відламків кісток у діапазоні від 2,6 до 35 %. Така розбіжність, а також досить високий відсоток незрощень, за даними незалежних досліджень (Е. Antonova et al., 2013), викликає сумніви щодо ефективності зазначеного виду остеосинтезу у випадку закритих переломів кісток кінцівок. Наблизитися до істини можна шляхом подальшого вивчення регенерації кістки за умов різних способів з'єднання відламків.

*Результати макроскопічного (під час хірургічного втручання) й ультрасонографічного дослідження навколівідламкових тканин.* На час відкриття зони перелому кров, яка заповнювала навколівідламковий простір, уже змінила свій біологічний стан. Вона частково просочувала прилеглі тканини, а решта перетворилася у фібрин-кров'яний згусток. Із урахуванням цих трансформацій у перші дні після перелому біля відламків спостерігали такі зони (рис. 2):

- фібрин-кров'яного згустку;
- сироватки з еритроцитами (кров'яниста рідина, іноді відсутня);
- м'язів, просочених кров'ю.

Залежно від величини зміщення відламків і руйнування прилеглих тканин конфігурація фібрин-кров'яного згустку була різною. Ми спостерігали три варіанти:

- I – фібрин-кров'яний згусток повністю заповнював навколівідламковий

простір, обмежений відшарованим і мало ушкодженим окістям. Такий варіант траплявся, коли відламки були зміщені по ширині на незначну відстань, приблизно до 1/3 поперечника кістки (рис. 3, а). Окістя з м'язами під тиском крові деформувалися за типом мембрани, утворюючи веретеноподібний простір заповнений кров'ю;

II – фібрин-кров'яний згусток зберігав веретеноподібну форму за типом периферійного бар'єра, був обмежений м'язами, але в центральній його зоні містилася сироватка з еритроцитами (кров'яниста рідина) (рис. 3, б);

III – окістно-м'язовий футляр ушкоджений, веретеноподібна його форма відсутня, фібрин-кров'яні згустки у вигляді фрагментів і знаходяться у різних місцях (не утворюють цілісної структури), кров просочує у прилеглі тканини на значних територіях, відламки зміщені на повний поперечник та по довжині (рис. 3, в).

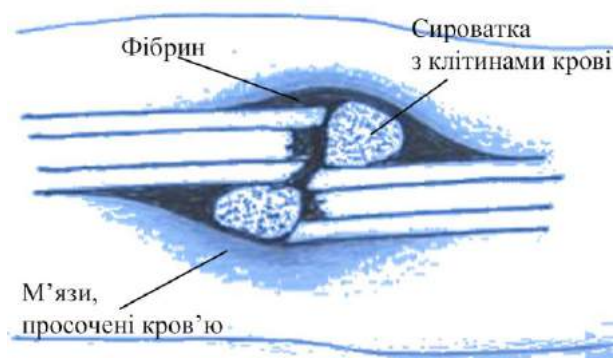


Рис. 2. Схематичне зображення виділених зон навколо відламків.

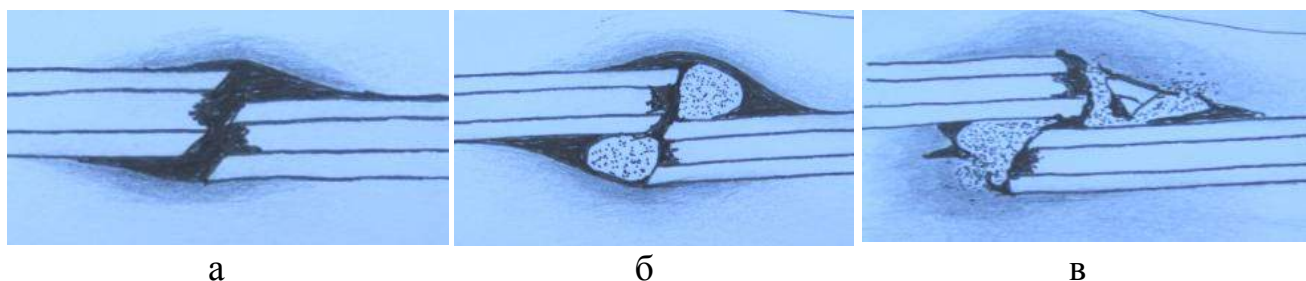


Рис. 3. Схематичне зображення варіантів форми та обсягу фібрин-кров'яного згустку в навколівідламковій зоні після діафізарного перелому: а) I, б) II, в) III.

Зона перифокальної інфільтрації м'язів (або інших тканин) кров'ю залежала від ступеня руйнування окістного бар'єру – чим більший його розрив, тим поширенішою була інфільтрація. Це визначено візуально за зміною кольору м'яза та підтверджено гістологічними дослідженнями. У цій зоні між м'язовими волокнами знаходилися скупчення еритроцитів. Власне фібрин-кров'яні згустки, які заповнювали навколівідламковий простір, були темно-червоного кольору, мали пружну консистенцію та завжди були міцно пов'язані з прилеглими тканинами (кісткою, окістям, мієлоїдною або жировою тканинами). Характерною їхньою локалізацією були: зламана поверхня кістки, включаючи кістковомозковий канал, та внутрішня поверхня відшарованого

окістя, переважно в крайових зонах веретена. Якщо зміщення відламків було незначним, згусток повністю заповнював простір безпосередньо між площинами зламу.

*Результати ультрасонографічного дослідження.* Під час ультрасонографічного дослідження зони перелому на 2-6-ту добу після його виникнення у 72 % обстежених (18 із 25) над відламками спостерігали анехогенну зону з дугоподібним зовнішнім контуром. Вона вказувала на наявність навколівідламкової гематоми або свіжого фібрин-кров'яного згустку без його організації. Щоб з'ясувати рівень ехогенності свіжеутвореного фібрину, ми поміщали на датчик сонографа фібрин-кров'яний згусток двохдобової та трьохдобової давнини, отриманий із венозної крові людини. Свіжеутворений згусток не чинив опору ультразвуку та сприймався сонографом як анехогенне середовище. Через 7 днів і більше на місці колишньої гематоми (частіше по периферійній її частині, а також безпосередньо між відламками) з'являлася дугоподібна зона гіпоехогенності, яка з'єднувала у вигляді арки (містка) відламки. Даний симптом свідчив про проростання клітин у фібрин із формуванням колагену. Це співпадало з результатами наших гістологічних досліджень навколівідламкового згустку та даними інших авторів (McNally E. G., 2011).

*Результати гістологічного дослідження.* На гістологічних препаратах біоптатів, отриманих під час хірургічного втручання із навколівідламкової зони в перші 1-3 доби після травми, виявлено фібрин-кров'яні згустки, представлені мережею фібринових перетинок різної щільності. На деяких ділянках вони розташовувалися паралельно, в інших — утворювали комірчасту структуру. Комірочки, обмежені фібриновими перетинками, мали округлу або овально-витягнуту в одному напрямі форму і були заповнені клітинами крові (переважно еритроцитами) (рис. 4).

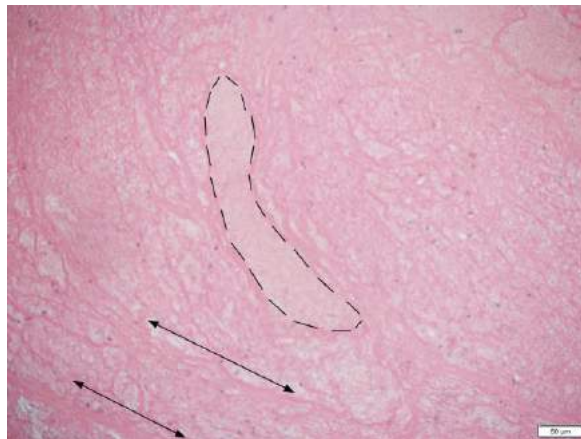


Рис. 4. Мікрофото. Фрагмент фібрин-кров'яного згустку з навколівідламкової зони пацієнта, 2-га доба після перелому. Стрілками показаний напрямок паралельних перетинок фібрину, пунктирною лінією — овально-витягнута комірочка, заповнена еритроцитами. Гематоксилін та еозин, bar — 50  $\mu$ m.

Починаючи з 3-ї доби після перелому, спостерігали проростання у фібрин-кров'яний згусток кровоносних капілярів і проникнення в нього бластних



клітин витягнутої форми, довга вісь яких була спрямована в напрямку їхнього просування – від прилеглих тканини до центра згустку. Такі клітини мали великі гіпохромні ядра та витягнуту базofilьну цитоплазму. Щільність клітин (серед них – малодиференційовані мезенхімальні, фібробласти, макрофаги) була найбільшою з боку ушкодженої м'язової тканини, інфільтрованої кров'ю, та зменшувалася з наближенням до центральних ділянок згустку. Між м'язовими волокнами виявлено скупчення еритроцитів, мезенхімальні клітини, фігури мітозу (2-3 в полі зору мікроскопа, ок. 10, об. 40). Проліферацію малодиференційованих клітин спостерігали також у кістковомозковому каналі.

Зі збільшенням терміну спостереження території фібрин-кров'яного згустку зменшувалися через підвищення кількості клітин, які проникали в нього з прилеглих тканин. Клітини утворювали стрічкоподібні тяжі, які починалися від зоні їхнього скупчення, та проростали у фібрин.

Через 8–12 діб після травми перебудова фібрин-кров'яного згустку тривала: у нього проникали малодиференційовані клітини, фібро- й остеобласти, кровоносні капіляри, які формували грануляційну та фіброретикулярну тканини, а поблизу кісткових відламків — остеїд. У ділянках, віддалених від материнських травмованих тканин, кількість клітин була меншою, виявляли залишки фібрину. Клітини видовженої форми були орієнтовані паралельно одна до одної та до прилеглих фібринових перетинок.

Через 14–18 діб після перелому на місці фібрин-кров'яного згустку утворювалася грануляційна тканина з високою щільністю клітин і судин, осередки фіброретикулярної тканини остеогенного типу, грубоволокниста кісткова тканина у вигляді окремих кісткових трабекул. На їхній зовнішній поверхні розташовувалися функціонально активні остеобласти з великими гіпохромними ядрами. Між кістковими трабекулами містилася фіброретикулярна тканина остеогенного типу зі значною кількістю остеобластів і фібробластів. Поздовжня вісь цих клітин збігалася з віссю трабекул. Таким чином, заповнення навколівідламкового фібрин-кров'яного згустку клітинами відбувається в напрямку від прилеглих тканин і займає в часі в людини до 12-18 діб.

У результаті експериментального дослідження на вівцях виявлено, що проліферація мезенхімальних клітин починається в життєздатних тканинах (м'язах, мієлоїдній тканині), які були просочені кров'ю та прилягали до фібринового згустку. Вже на 4-ту добу після перелому звідти в середину згустку просувалися малодиференційовані клітини та фібробласти (рис. 5).

*Результати експериментальних досліджень впливу механічних факторів на структуру та механічні властивості фібрин-кров'яного згустку в разі його формування in vitro.* Установлено, що в замкнутому просторі (*in vitro*) кров людини в об'ємі 3 мл перетворюється у фібрин-кров'яний згусток впродовж приблизно 12-24 год залежно від механічних впливів, що на неї діють. У шприцах, які знаходилися в стані спокою (без тиску та під тиском) відмічено через 24 год трансформацію крові у фібрин-кров'яний згусток. Після вилучення зі шприца поршня згусток був прикріплений до його поверхні, мав

каплеподібну форму та складався з білої або світло-жовтої верхньої частини та темно-червоної нижньої.

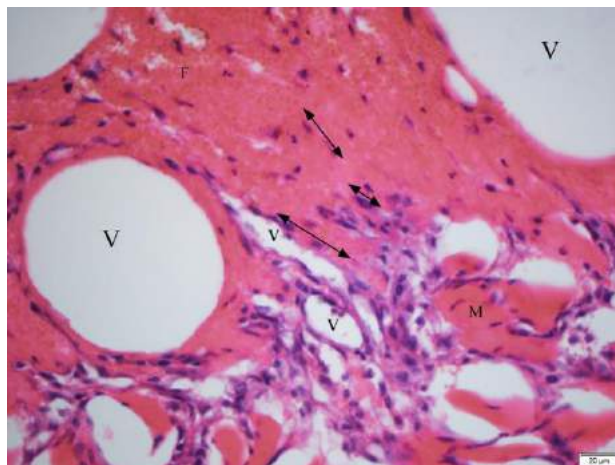


Рис. 5. Мікрофото. Фрагмент фібрин-кров'яного згустку та прилеглого до нього м'яза, інфільтрованого кров'ю. Висока щільність клітин на межі «згусток – м'яз». Стрілками показано напрямок проростання кровоносних капілярів (v) і клітин, 4-та доба після перелому у вівці. Гематоксилін та еозин, bar — 20  $\mu$ m.

У порціях крові, які піддавали перемішуванню в перші 30 хв експерименту, згусток відрізнявся від тих, що утворилися в стані спокою. Він був циліндричної форми і мав рівномірно темно-червоний колір. Під час мікроскопічного дослідження встановлено, що в згустку, утвореному в разі перемішування, фібринові перетинки формували мережу, яка займала всю його територію. Між ними знаходились переважно еритроцити, а також поодинокі лейкоцити. Проте зазначено, що щільність фібринових перетинок по периферії згустку була більшою в порівнянні з тією, яку спостерігали в його центральній частині. На деяких ділянках на поверхні щільного фібрину були розташовані скупчення тромбоцитів. У згустку, утвореному в спокої, щільний фібрин концентрувався у верхній частині, яка прилягала до поршня, та по периферії, утворюючи оболонку незначної товщини, що підтримувала його форму. На решті центральної частини згустку виявлені щільно упаковані еритроцити, між якими було важко диференціювати фібринові перетинки. Таку картину можна пояснити тим, що в спокої відбувається фракціонування плазми та формених елементів крові. Останні осідали, а плазма, залишаючись вгорі, контактувала з шершавою (активною) поверхнею поршня шприца. Природно, фібриноген плазми концентрувався вгорі та перетворювався на фібрин, у результаті чого саме тут формувалася найщільніша фібринова структура.

Експеримент з одностороннім стисненням фібрин-кров'яних згустків показав, що величина деформації згустків, що утворилися в спокої, була значно більшою у порівнянні з тими, які формувалися за умов перемішування крові. Така закономірність простежувалася в усіх трьох експериментах. Це свідчить, про те, що за умов перемішування крові утворюється жорсткіший фібриновий каркас завдяки рівномірнішому розподіленню фібрину по всьому обсягу

згустку. Згусток найбільш інтенсивно деформувався на початкових етапах ступінчастого навантаження. Надалі зі збільшенням сили ступень його деформації зменшувалася. Виявлено механічну особливість фібрин-кров'яного згустку, утвореного в умовах перемішування: після усунення сили стискання форма згустку частково відновлювалася. Це дає підставу вважати, що деформування згустку відбувається за пластично-пружним типом. Спочатку дії сили він деформувався пластично, а за умов підвищення внутрішнього напруження набував пружної властивості.

Експеримент із фібриноутворенням у резиновій кульці виявив, що через 24 год перебування крові в напруженій гумовій оболонці (рис. 6, а) формувалася фібрин-кров'яний згусток, який зберігав округлу форму після видалення резинової оболонки (рис. 6, б). На розрізі структура згустку була неоднорідною: по периферії було видно смугу рожевого кольору, а центральна частина була темно-червоною (рис. 6, в). Мікроскопічно периферична зона містила щільний фібрин із незначною кількістю еритроцитів у ньому. Центральна частина була щільно заповнена еритроцитами (рис. 6, г).

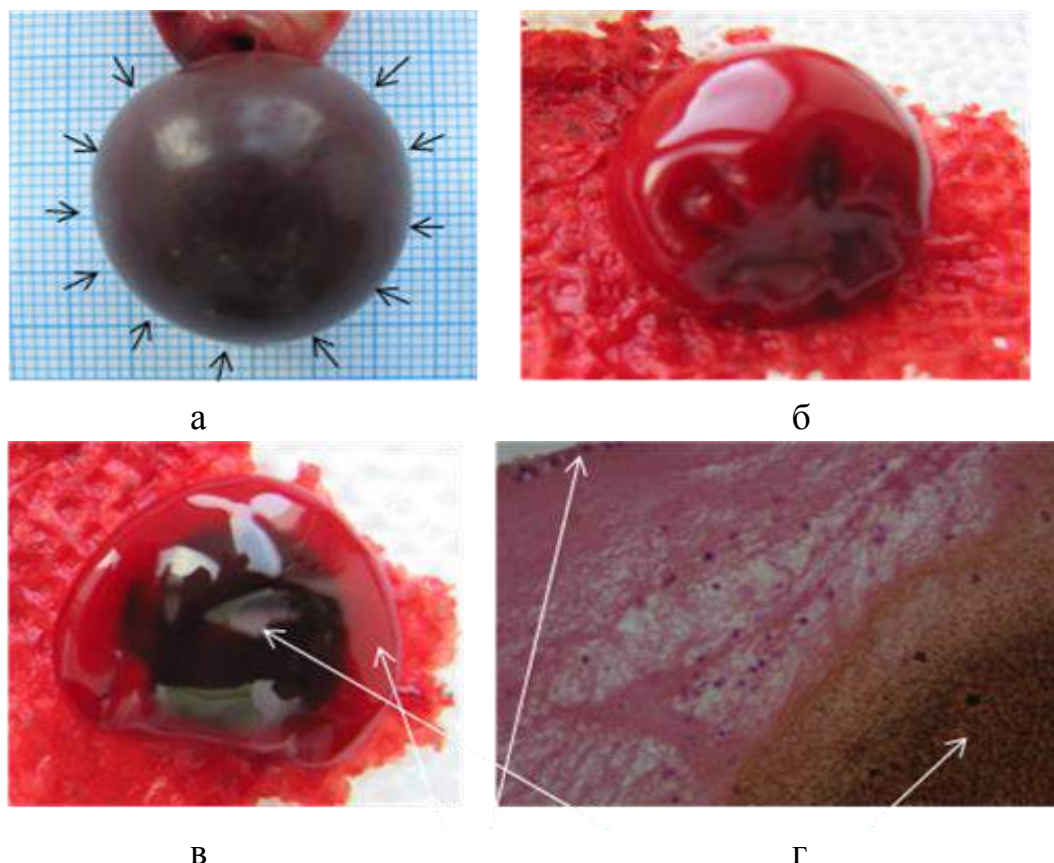


Рис. 6. Форма згустку, утвореного в гумовій оболонці під тиском: а) відразу після взяття крові; б) через 24 год після утворення та видалення гумової оболонки (загальний вигляд); в) у розрізі; г) мікроскопічна структура згустку на межі щільного фібрину та скупчення еритроцитів.

*Переміщення відламків та динаміка його зникнення у процесі загоєння перелому.* Кутова деформація сегмента супроводжується лінійними

переміщеннями кінців відламків. У 8 хворих з діафізарними переломами плечової кістки при фіксації ортезом, лінійні переміщення кінців відламків (контрольних точок) один відносно другого були в межах 1,1-6 мм. У відносних одиницях це становило 10-40 % від початкової відстані між контрольними точками. Куткові переміщення відламків були в межах 2°-8°.

За умов фіксації відламків стрижневим апаратом їхні лінійні переміщення під час навантаження було виявлено в 7 хворих із 12 обстежених. У разі переломів стегнової кістки лінійні переміщення відламків зафіксовані в 4 із 6. Їхні абсолютні значення коливалися від 2 до 4 мм або 13–30 % від максимальної відстані. У разі перелому великогомілкової кістки переміщення встановлені в 3 із 5, їхні величини склали 1–2 мм (16–33 %). У одного хворого з переломом плечової кістки за умов фіксації апаратом переміщень не виявлено. Тобто в разі фіксації відламків зовнішнім стрижневим апаратом переміщення відламків спостерігали в 50 % обстежених, його відносні величини склали від 13 до 33 %.

Під час ультрасонографічних досліджень також спостерігали об'ємні деформації фібрин-окісного веретена (рис. 7).

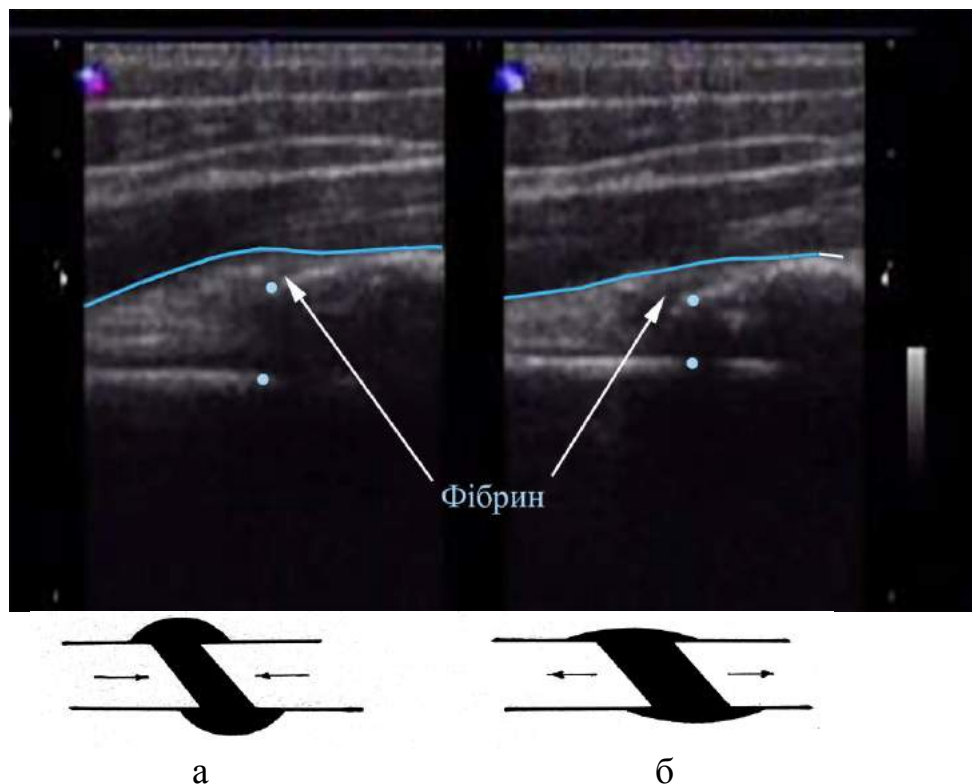


Рис. 7. Об'ємні деформації фібрин-окісного веретена за умов переміщення відламків плечової кістки: напруження (а) та розслаблення (б) м'язів плеча.

У хворих із незрощенням відламків їхні лінійні переміщення дорівнювали 1,5–4,6 мм або 37–61 % від вихідної відстані між контрольними точками.

Терміни зникнення симптому кутової рухомості відламків під час лікування діафізарних переломів наведено в табл. 3.

Упродовж вказаних термінів під час мануального дослідження виявляли кутову рухомість відламків (за умов усунення дії фіксатора) в межах 3°-10°. У подальшому вона зникала і це співпадало з появою на рентгенограмі періостального кісткового регенерату.

Таблиця 3

Терміни зникнення кутової рухомості відламків у процесі функціонального лікування діафізарних переломів пристроями зовнішньої фіксації та ортезами

Локалізація переломів і спосіб фіксації відламків	Кількість хворих (246)	Середній термін, дні ( $M \pm \delta$ )
Плечова кістка (64):		
- ортез	48	42 ± 16
- стрижневий апарат	16	70 ± 12
Кістки гомілки (120):		
- гіпсова пов'язка	45	77 ± 21
- стрижневий апарат	75	112 ± 35
Стегнова кістка (62):		
- стрижневий апарат	62	84 ± 12

*Особливості напружено-деформованого стану фібрин-окісного веретена за різних умов з'єднання відламків (математичне моделювання).*

Рівень напружень фібрину й окістя та обсяг його поширення у веретені залежали від умов фіксації відламків. Найбільшим він був за умов пружного з'єднання відламків зовнішнім стрижневим апаратом і значно менший — накістковою пластиною або інтрамедулярним блокованим стрижнем. Співвідношення величини напруження фібрину в центральній частині веретена за вказаних умов фіксації відламків і поперечному навантаженні стегна становило 12: 6 : 1.

У процесі аналізу напружень поздовжнього профілю фібрин-окісного веретена встановлено загальну закономірність, яка проявлялася за всіх умов фіксації відламків. Стан максимального напруження зберігався у двох зонах А і Б (рис. 8).

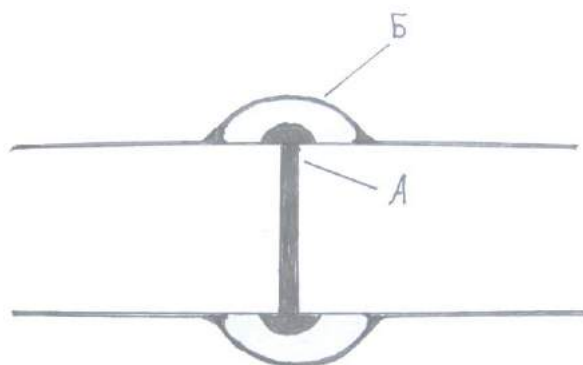


Рис. 8. Схема зон напружень А і Б фібрин-окісного веретена.

Зона А займала міжвідламкову щілину (повністю або частково) з переходом на періостальну територію. Зона Б зберігалася в окісті та передавалася на фібрин у вигляді вузької смужки. Між цими зонами зберігався проміжок зі зменшеним і навіть нульовим напруженням. За умов збільшення деформації періостальна частина зони А збільшувалася, наближаючись до зони Б. Отримані дані пояснюють механізм утворення значних розмірів періостального кісткового регенерату в разі застосування методів лікування, які не передбачають жорсткого з'єднання відламків. Імовірно, високий рівень напруження фібрину обумовлює формування в цих зонах щільнішої трабекулярної кістки. У разі жорсткого з'єднання відламків напруженню піддається зона А і ми бачимо утворення кісткового регенерату малих розмірів.

*Результати лікування хворих. Порівняльна оцінка з даними незалежних досліджень.* Результати використання наших методик лікування оцінювали за частотою випадків незрощення відламків, порівнювали з матеріалам Міжрайонної спеціалізованої травматологічної МСЕК КЗОЗ «Обласний центр медико-соціальної експертизи» Харківської облдержадміністрації та даними, опублікованими американським страховим агентством Thomson Reuters Marketscan (Antonova E. Et al. 2013). Статистичну оцінку різниці показників проводили за Пірсоном (табл. 4).

Таблиця 4

Частота випадків незрощення відламків після застосування первинного способу лікування діафізарних переломів кінцівок за результатами різних досліджень (без урахування способу фіксації відламків)

Сегмент	Частота незрощення (%)		
	В. О. Литвишко	Міжрайонна спеціалізована травматологічна МСЕК	E. Antonova, T. Le, R. Burge et. al., 2013
Гомілка	6,6	8,7	12
Стегно	3,3	22,7	–
Плече	7,6	36	–

У разі переломів кісток гомілки значуща різниця в частоті незрощення виявлена між нашими даними і показниками американського страхового агентства — 6,6 і 12 % відповідно. Між даними Міжрайонної спеціалізованої травматологічної МСЕК і даними тієї ж агенції різниця достовірно не значуща.

У випадку переломів стегнової та плечової кісток частота випадків незрощення за даними Міжрайонної спеціалізованої травматологічної МСЕК виявилася значущо більшою порівняно з нашими результатами.

Крім того, ми порівняли частоту незрощення в групах з однаковими способами фіксації відламків (табл. 5). Аналізуючи отримані дані про незрощення кісток гомілки, статично значущу різницю виявлено лише між нашою групою, в якій лікування проводили функціональною гіпсовою

пов'язкою (2 %), та групами МСЕК, де застосовували накісткову пластину або інтрамедулярний стрижень (12,5 і 20,5 % відповідно), а також за даними американської страхової агенції (12 %), де про використанні способи фіксації інформації немає.

В усіх групах хворих, яким на кістках гомілки застосовано накісткову пластину або апарат зовнішньої фіксації, частота незрощення коливалася в межах від 7,6 до 12,5 % і не мала між собою достовірної різниці. Цікаво відмітити, що, як в нашому матеріалі, так і в незалежних дослідженнях, показник частоти незрощення в разі застосування накісткової пластини незначно коливався – 12–15 %. Тобто є підстави вказану величину вважати такою, що об'єктивно відповідає дійсному стану. Виходячи з аналізу, бачимо, що зниження відсотку незрощень кісток гомілки відбувається завдяки групі хворих, де застосовано консервативне лікування функціональною гіпсовою пов'язкою.

Таблиця 5

Частота випадків незрощення відламків після початкового лікування діафізарних переломів за нашими даними та результатами багатоцентрових незалежних досліджень в залежності від способу фіксації та локалізації сегмента.

Сегмент	Спосіб фіксації	Частота незрощення %		
		В. О. Литвишко	Міжрайонна спеціалізована травматологічна МСЕК	Antonova E., Le T., Burge R. et al., 2013
Гомілка	Гіпсова пов'язка	2	–	12
	Апарат зовнішньої фіксації	7,6	9,8	
	Накісткова пластина	15	12,5	
	Інтрамедулярний остеосинтез	–	20,5	
Стегно	Апарат зовнішньої фіксації	3,4	10	–
	Накісткова пластина	–	23	
	Інтрамедулярний остеосинтез	–	20,5	
Плече	Ортез	5,2	–	–
	Апарат зовнішньої фіксації	–	–	
	Накістковий остеосинтез	22	24	
	Інтрамедулярний остеосинтез	–	60	

За нашими результатами лікування переломів стегнової кістки апаратами зовнішньої фіксації, частота незрощення становила 3,4 %, що було значно менше ніж у разі застосування відкритої репозиції відламків і зануреного остеосинтезу пластиною або інтрамедулярним стрижнем за даними Міжрайонної спеціалізованої травматологічної МСЕК (23 і 20,5 %). Що стосується незрощень після використання апаратів зовнішньої фіксації за даними МСЕК, то вони не мали статистично значимої різниці з нашими даними, що підтверджує вищу ефективність апаратного лікування. Варто також звернути увагу, що за даними МСЕК у разі застосування скелетного витягнення вона склала 3,6 %.

Застосування у випадку переломів плечової кістки ортезів та апаратів зовнішньої фіксації супроводжувалося достовірно нижчою частотою незрощення, ніж це відбувалося за умов використання накісткового або інтрамедулярного остеосинтезу за даними МСЕК.

Результати порівняння свідчать про перевагу консервативного та мінімальноінвазивного функціонального лікування діафізарних переломів над методиками відкритого зануреного металоостеосинтезу в плані імовірності виникнення незрощення відламків.

*Результати лікування переломів, що не зрослися.* Після повторної операції через 3-5 міс. отримано зрощення відламків у 73 хворих, ще у 3 – через 7-8 міс. після повторної кісткової пластики зі збереженням на сегменті апарата. У 4 хворих у зв'язку з відсутністю кісткового зрощення виконано ще по декілька операцій, у результаті чого у 3 із них сформувалися ригідні типи незрощення з частковим відновленням функції кінцівки. Один пацієнт продовжує лікування. Останні 4 випадки стосуються незрощення плечової кістки у хворих другої групи після первинного застосування накісткового остеосинтезу.

Гістологічні дослідження міжвідламкових тканин за умов незрощення кісток виявили наступну закономірність. Характер деформування ушкодженого сегмента залежить від клітинного складу міжвідламкового регенерату. У разі ригідного пружного деформування регенерат переважно складається з хрящової та кісткової тканин, за умов вираженої рухомості відламків між ними утворюється виключно зріла сполучна тканина. Імовірно, саме цим можна пояснити несприятливий прогноз лікування в разі атрофічного незрощення кісток.

## ВИСНОВКИ

1. На підставі аналізу наукової літератури виявлено складні питання травматології, які потребують вирішення, а саме: значна розбіжність у частоті незрощення відламків після застосування зануреного металоостеосинтезу за умов діафізарних переломів; значення та допустимість переміщень відламків під час лікування переломів; перебіг процесу формоутворення кісткового регенерату після перелому та механізми, які регулюють його закономірний порядок.

2. У результаті незалежного ретроспективного дослідження за даними Харківської МСЕК встановлено, що частота незрощення відламків після



ізолюваних діафізарних переломів кісток кінцівок за умов застосування накісткової пластини або інтрамедулярного остеосинтезу становила 17–23 %; апаратів зовнішньої фіксації — 7–12,5 %, у разі консервативного лікування пов'язкою, ортезом і скелетним витягненням — 2,5–4 %.

3. На підставі клініко-інструментальних досліджень виявлено, що в разі закритого діафізарного перелому в навколівідламковому просторі утворюється фібрин-кров'яний згусток, зазвичай, веретеноподібної форми. У разі значного руйнування прилеглих м'яких тканин формоутворення локального згустку порушується, оскільки кров просочує їх на значній території. Морфологічно доведено, що в згустку фібринові волокна утворюють мембрани різної товщини, розташовані з різною густиною та формують комірчасту структуру з високою щільністю перетинок по периферії. У центральних зонах збільшені комірочки заповнені клітинами та сироваткою крові. Упродовж перших двох тижнів після перелому у фібрин-кров'яний згусток проростають кровоносні капіляри, проникають малодиференційовані мезенхімальні клітини і фібробласти, орієнтовані довгою віссю вздовж фібринових перетинок. На третьому тижні частина клітин бластами диференціюється в остеобласти, які на основі фібрин-колагенових пучків формують кісткові трабекули.

4. В експерименті *in vivo* підтверджено закономірності формоутворення фібрин-кров'яного згустку в навколо відламковому просторі після закритого перелому стегнової кістки. Окрім цього, встановлено, що процес проліферації мезенхімальних клітин починається в м'язовій та мієлоїдній тканинах, які межують зі згустком і були раніш просочені кров'ю. Звідси клітини просуваються у згусток по фібриновим перетинкам. Тобто, утворення фібрин-кров'яного згустку в навколівідламковій зоні слід вважати явищем, що знаменує початок процесу регенерації кістки. Він є первинним механічним біологічно активним каркасом, на якому стає можливим утворення клітинно-колагенової бластами.

5. Процес формування фібрин-кров'яного згустку з крові в замкнутому просторі *in vitro* тривалє в об'ємі крові 3 мл у спокої 12-24 год, а в разі перемішування — прискорюється. Структура фібринового каркасу згустку формується під впливом сил, які діють на кров під час її коагуляції, зокрема, фактор перемішування приводить до утворення рівномірного фібринового каркасу по всьому об'єму згустку, а статичний тиск обумовлює формування на відповідній поверхні щільного фібрину. За рахунок комірчастої будови та наявності в комірках рідини фібрин перебуває в напружено-деформованому стані та здатний чинити опір навантаженням.

6. НДС веретеноподібного окісно-фібринового згустку за однакових умов навантаження залежить від пристрою, яким фіксують відламки. Під дією осьового навантаження моделі «відламки стегнової кістки – фіксатор» співвідношення рівнів напруження окісно-фібринового веретена за умов використання інтрамедулярного блокованого стрижня, накісткової пластини та зовнішнього стрижневого пристрою становить 1 : 2 : 4, а під впливом поперечного навантаження — 1 : 6 : 10–12.

7. У випадку фіксації відламків кісток ортезом або стрижневим пристроєм під час дозованих (добольових) навантажень кінцівки можуть відбуватися пружні деформації сегмента, які призводять до лінійних переміщень відламків у межах до 6 мм, що складає 40 % від вихідної відстані між контрольними точками. Переміщення супроводжуються об'ємними деформаціями спочатку фібрин-кров'яного згустку, а потім регенераційної бласти. Напружено-деформований стан фібрин-клітинно-колагенової бласти слід розглядати, як формоутворюючий фактор кісткового регенерату після перелому. Кутова рухомість відламків, яку можна ідентифікувати в процесі застосування вказаних засобів фіксації, існує протягом 1-2 міс., її характер поступово змінюється від пластично-пружного до пружного і, далі, пружно-ригідного. функціонального навантаження ушкодженої кінцівки.

8. На підставі установлених закономірностей формоутворення кісткового регенерату уточнена стадійність процесу відновлення кістки в людини та сформульовані принципи, яких необхідно дотримуватися під час лікування хворих із діафізарними переломами кісток кінцівок: збереження цілісності відшарованого від кінців відламків окісно-м'язового футляру та фібрин-кров'яного згустку, утвореного в навколівідламковому просторі; забезпечення пружно-стійкого режиму фіксації відламків; реалізація раннього дозованого і поступово збільшуваного

9. Удосконалені методики лікування діафізарних переломів стегнової кістки, кісток гомілки та плечової з використанням стрижневих апаратів зовнішньої фіксації щодо способу зіставлення відламків, геометрії розташування стрижнів та їх з'єднання, стимуляції регенерації та режиму функціонального навантаження ушкодженої кінцівки.

10. Вивчення групи хворих із незрощенням відламків після діафізарних переломів кісток показало, що прогноз лікування залежить від тканинного складу міжвідламкового регенерату та пов'язаного з цим типом кутової рухомості відламків. Чим більше в його складі хрящової та кісткової тканини, тим більша імовірність кісткового зрощення. За наявності переважно сполучнотканинного міжвідламкового регенерату переформувати в ньому процес в остеогенному напрямку вдається в меншому відсотку випадків. Основними факторами, які сприяють кістковому зрощенню відламків є: повноцінне напруження регенерату з правильним (фізіологічним) вектором; наявність повторної травми з крововиливом і реакцією фібриноутворення. Повторні операції зі стимуляцією фібриноутворення дали змогу одержати кістковий регенерат у 83 % пацієнтів.

11. Аналіз результатів функціонального лікування постраждалих зі свіжим діафізарним переломом кінцівки виявив, що додаткові хірургічні втручання через незрощення відламків були необхідні 6,6 % пацієнтів із переломами кісток гомілки, 3,3 % — стегнової кістки, 7,6 % — плечової. Отримані показники виявилися нижчими порівняно з даними незалежних багатоцентрових досліджень (12; 22,7 і 36 % відповідно). У разі застосування апаратів зовнішньої фіксації, укороченої гіпсової пов'язки або ортеза частота

виникнення незрощень становила 2–7,6 % проти 12,5–24 % за умов відкритої репозиції та фіксації відламків накістковою пластиною або інтрамедулярним стрижнем (за даними міжрайонної спеціалізованої травматологічної МСЕК).

## ПЕРЕЛІК РОБІТ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Попсуйшапка А. К. Остеосинтез: определение понятий, терминология, классификация, направление исследований / А. К. Попсуйшапка, **В. А. Литвишко**, И. Н. Боровик // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2008. – № 3. – С. 98-101.

Особистий внесок автора полягає в уточненні та обґрунтуванні доцільності використання основних термінів, які характеризують властивості з'єданого сегмента після перелому певним способом, використавши для цього знання інших дисциплін.

2. Попсуйшапка А. К. Сращение отломков после перелома кости / А. К. Попсуйшапка, **В. А. Литвишко**, О. А. Подгайская // Международный медицинский журнал. – 2009. – Т. 15, № 2. – С. 73–80.

Автором особисто проаналізовано джерела наукової літератури про регенерацію кістки і, зокрема, ролі в цьому процесі кров'яного згустку, наведено клінічні спостереження про характер навколівідламкового згустку в 34 хворих, висловлено припущення про механізм, що скеровує позиційну орієнтацію клітин і колагену утворюваного регенерату.

3. Попсуйшапка А. К. Лечение несросшихся диафизарных переломов конечностей путем стимуляции фибриногенеза и создания напряжений регенерирующих тканей / А. К. Попсуйшапка, **В. А. Литвишко** // Травма. – 2010. – Т. 11, № 4. – С. 437–440.

Особисто автором прооперовано 12 пацієнтів із застосуванням гемостатичної губки та інших фібринутворювальних препаратів в навколівідламковій зоні, проаналізовано результати лікування.

4. Попсуйшапка А. К. Роль фибринового сгустка и механических напряжений в нем в процессе образования первичного костного регенерата при переломе кости / А. К. Попсуйшапка, **В. А. Литвишко**, Н. А. Ашукина, О. А. Подгайская // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2010. – № 3 (580). – С. 22–27.

Автор особисто прооперував 35 пацієнтів, вилучив біоптати для гістологічного дослідження і взяв участь у їхньому вивченні, провів ультрасонографічне дослідження навколівідламкових тканин 6 хворим, зробив висновки про форму та мікроструктуру згустків.

5. **Литвишко В. А.** Внутренние напряжения в конструкциях «отломки – внешний аппарат» и «отломки – на костная пластина» при лечении диафизарных переломов. Почему разрушается конструкция? / **В. А. Литвишко**, А. К. Попсуйшапка, И. М. Боровик // Травма. – 2012. – Т. 13, № 1. – С. 120–123.

Автор особисто пролікував 155 пацієнтів, проаналізував результати лікування 235 хворих, взяв участь у розробленні математичних моделей конструкцій «відламки – фіксатор» і розрахунках внутрішніх напружень,

узагальнив отримані дані та зробив висновки про причину руйнування внутрішнього металевого фіксатора.

6. **Литвишко В. А.** Лечение диафизарных переломов конечностей в условиях травматологического отделения притрассовой ЦРБ / **В. А. Литвишко**, О. Е. Ужегова // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2012. – № 2 (587). – С. 68–73.

Автором особисто проліковано 256 хворих, проаналізовано отримані результати.

7. Попсуйшапка А. К. Частота несращения отломков при изолированных диафизарных переломах длинных костей конечностей / А. К. Попсуйшапка, О. Е. Ужегова, **В. А. Литвишко** // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2013. – № 1 (590). – С. 39–43.

Особистий внесок автора полягає у виборі пацієнтів для аналізу з протоколів огляду за період 2009-2010 рр. (70 % матеріалу), ним проаналізовано 762 випадки, первинно розглянуті членами комісії Міжрайонної спеціалізованої травматологічної МСЕК.

8. Попсуйшапка А. К. Особенности формирования, структурно-механические свойства фибрин-кровяного сгустка и его значение для регенерации кости / А. К. Попсуйшапка, **В. А. Литвишко**, Н. А. Ашукина, З. Н. Данищук // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2013. – № 4 (593). – С. 5–12.

Особистий внесок автора полягає у виготовленні приладдя, придбанні матеріалів для дослідів, дослідженні процесу утворення фібрин-кров'яного згустку, його стискання, узагальненні отриманих результатів.

9. Попсуйшапка А. К. Проблемные вопросы теории лечения диафизарных переломов / А. К. Попсуйшапка, **В. А. Литвишко** // Международный медицинский журнал. – 2014. – Т. 20, № 3. – С. 76–80.

Особисто автором на підставі власного досвіду лікування переломів та іншої наукової інформації сформульовано проблемні питання в лікуванні пацієнтів із діафизарними переломами.

10. Попсуйшапка А. К. Лечение несращения отломков кости после диафизарного перелома / А. К. Попсуйшапка, **В. А. Литвишко**, В. В. Григорьев, Н. А. Ашукина, З. Н. Данищук // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2014. – № 1 (594). – С. 34–41.

Особистий внесок автора полягає в лікуванні 27 пацієнтів, аналізі матеріалів дослідження.

11. **Литвишко В. А.** Лечение диафизарных переломов бедренной кости аппаратами внешней фиксации / **В. А. Литвишко** // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2014. – № 2 (595). – С. 16–22.

12. Попсуйшапка О. К. Клініко-морфологічні стадії зрощення відламків після перелому кістки / О. К. Попсуйшапка, **В. О. Литвишко**, Н. О. Ашукіна // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2015. – № 1 (598). – С. 12–20.

Авторові належить ідея експерименту на вівцях, його виконання. Ним вивчено морфологічну (макроскопічну і гістологічну) картину навколо-відламкових тканин, проведено ультрасонографічне обстеження 17 пацієнтів,

досліджено терміни зникнення рухомості відламків у 242 і особливості фібрин-кров'яного згустку в 43.

13. **Литвишко В. О.** Функціональне лікування діафізарних переломів гомілки з використанням гіпсової пов'язки або стрижневого апарата / **В. О. Литвишко**, О. К. Попсуйшапка // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2015. – № 4 (601). – С. 91–102.

Особистий внесок автора полягає у викладенні методик лікування переломів кісток гомілки з використанням апарата зовнішньої фіксації.

14. **Литвишко В. А.** Оскольчатые диафизарные переломы и их лечение / **В. А. Литвишко**, А. К. Попсуйшапка // Травма. – 2016. – Т. 17, № 3. – С. 159–165.

Особисто автором проліковано та проаналізовано результати лікування 63 пацієнтів, запропоновано робочу класифікацію багатовідламкових переломів.

15. **Литвишко В. О.** Напружено-деформований стан фібрин-кров'яного згустку та окістя в зоні діафізарного перелому за різних умов з'єднання відламків та його вплив на структурну організацію регенерату / **В. О. Литвишко**, О. К. Попсуйшапка, О. В. Ярьсько // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2016. – № 1 (602). – С. 62–71.

Автор запропонував ідею створення математичної моделі «відламки – згусток – фіксатор», взяв участь в аналізі напружень у конструкції, зробив висновки.

16. Попсуйшапка А. К. Переміщення відламків під час лікування діафізарних переломів та їх значення для процесу регенерації / А. К. Попсуйшапка, **В. О. Литвишко**, Н. А. Ашукина, С. М. Яковенко // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2016. – № 2 (603). – С. 31–39.

Особистий внесок автора полягає в дослідженні переміщень відламків у пацієнтів за допомогою ультрасонографії. Він запропонував концепцію впливу переміщень відламків на процес регенерації.

17. **Литвишко В. О.** Діафізарні переломи плечової кістки. Як лікувати консервативно і коли потрібна операція? / **В. О. Литвишко** // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2016. – № 3 (604). – С. 96–103.

18. **Литвишко В. А.** Лечение оскольчатых переломов длинных костей конечностей аппаратами внешней фиксации / **В. А. Литвишко** // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2016. – № 4 (605). – С. 40–46.

19. **Литвишко В. О.** періостального регенерату після діафізарного перелому за порівняльними даними ультрасонографії та рентгенографії / **В. О. Литвишко**, О. К. Попсуйшапка // Травма. – 2017. – Т. 18, № 1. – С. 74–79.

Автор особисто провів ультрасонографічні дослідження навколівідламкових тканин у 25 хворих, виконав порівняльний аналіз розмірів фібрин-кров'яного згустку на ультрасонографічних зображеннях із розмірами періостального кісткового регенерату.

20. Popsuishapka A. K. Differentiation mechanisms of regeneration blastema cells during bone fracture healing / А. К. Popsuishapka, **В. А. Lytvyshko**, N. A. Ashukina, V. V. Hryhoriev, O. A. Pidgaiska // Ортопедия, травматология

и протезирование. – 2018. – № 2 (611). – С. 78–86.

Особистий внесок автора полягає в поведенні традиційних гістологічних досліджень біоптаптів навколівідламкової зони 16 пацієнтів, аналізі 7 клінічних спостережень, узагальненні результатів.

21. Попсуйшапка О. К. Функціональне лікування діафізарний переломів кінцівок із використанням стрижневих пристроїв для пружно-стійкого з'єднання відламків (методичні рекомендації) / О. К. Попсуйшапка, **В. О. Литвишко**, І. М. Боровик. – Київ: Міністерство охорони здоров'я України, Український центр наукової інформації і патентно-ліцензійної роботи, 2014. – 46 с.

Особистий внесок автора полягає в розробленні й апробації методик лікування пацієнтів із переломами стегнової кістки з використанням пристроїв зовнішньої фіксації.

## АНОТАЦІЯ

**Литвишко В.О. Закономірності утворення кісткового регенерату після діафізарного перелому за умов функціонального лікування з використанням пружно-стійкого з'єднання відламків. – На правах рукопису.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора 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, 2019.

Дисертація заснована на досвіді лікування 457 хворих з діафізарними переломами кінцівок із використанням стрижневих апаратів (298), функціональної гіпсової пов'язки або ортеза (115) і накісткової пластини (44).

Проведено гістоморфологічне вивчення навколівідламкових тканин у разі закритого перелому у 8 експериментальних тварин (вівці), та у 16 хворих із діафізарним переломом. Вивчені особливості формоутворення фібрин-кров'яного згустку з крові людини в замкнутому просторі *in vitro* під впливом різних механічних умов. Установлено величину лінійних переміщень відламків за умов фіксації їх стрижневим апаратом або ортезом. Розраховані за допомогою математичної моделі напруження фібрин-окісного веретена в разі фіксації відламків стрижневим апаратом, накістковою пластиною й інтрамедулярним стрижнем.

У результаті проведених досліджень установлені закономірності етапного формування кісткового регенерату в умовах пружної фіксації відламків, уточнено стадійність процесу та удосконалені методики лікування. Результати лікування показали, що в разі використання стрижневих апаратів та ортезів у разі діафізарних переломів кінцівок частота незрощення відламків складає 4,7 %, що нижче в порівнянні з даними незалежних досліджень.

**Ключові слова:** діафізарні переломи, функціональне лікування, зовнішні стрижневі апарати, ортези, фібрин-кров'яний згусток регенерація кістки, рухомість відламків, напружено-деформований стан.

## АННОТАЦИЯ

**Литвишко В.А. Закономерности образования костного регенерата после диафизарного перелома в условиях умов функционального лечения с использованием упруго-устойчивого соединения отломков.** – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени доктора 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, 2019.

Диссертация основана на опыте лечения 457 больных с диафизарными переломами конечностей с использованием стержневых аппаратов (298), функциональной гипсовой повязки или ортеза (115) и накостной пластины (44). Больных со свежими переломами было 387 и несросшимися переломами –70.

При выборе способа фиксации отломков учитывали величину первичного смещения отломков

Проведено гисто-морфологическое изучение околоотломковых тканей при закрытом переломе у 8 экспериментальных животных (овцы), и у 16 больных с диафизарным переломом. Оценены визуально во время операции у 45 больных и ультрасонографически у 25 больных форма и локализация фибрин-кровяного сгустка в зоне перелома. Изучены особенности формообразования фибрин-кровяного сгустка с крови человека в замкнутом пространстве *in vitro* под действием разных механических условий. Установлены величины линейных перемещений отломков при фиксации их стержневым аппаратом или ортезом. Рассчитано с помощью математической модели напряженно-деформированное состояние фибрин-надкостничного веретена при фиксации отломков стержневым аппаратом, накостной пластиной и интрамедуллярным стержнем.

Установлено, что плотность фибрин-кровяного сгустка, его форма и размеры зависят от распространенности разрушения надкостнично-мышечного футляра, на которую указывает величина первичного смещения отломков. В большинстве случаев он имеет веретенообразную форму. Фибрин по периферии и в межотломковой зоне имеет плотное строение, а в центральных участках образует ячеистую структуру. В ячейках находится скопление эритроцитов. Пролиферация мезенхимальных клеток происходит в прилежащих к сгустку жизнеспособных тканях, откуда они врастали в фибрин-кровяной сгусток. Клетки располагались своей продольной осью на фибриновых перемычках. Костные трабекулы, которые формировались на третьей неделе после перелома, повторяли направление фибриновых перемычек.

Эксперименты с кровью человека *in vitro* показали, что на скорость образования и структуру фибрин-кровяного сгустка влияют механические факторы — перемешивание и давление. Микроскопически на его поверхности



образуется плотный фибрин, а по направлению к центру он переходит в ячеистую структуру с увеличением размеров ячеек.

С помощью ультразвукографии установлено, что концы отломков на 1–3-й неделях функционального лечения ортезом или стержневым аппаратом перемещаются в пространстве в пределах 1–6 мм, что составляло в относительных величинах 10–40 % от исходного расстояния между контрольными точками. В результате расчетов на математических моделях установлено, что уровень напряжений фибрина и его распространенность в веретене зависит от условий фиксации отломков. Наибольшим он был при соединении отломков стержневым аппаратом и значительно меньшим в случаях использования наkostной пластины или интрамедуллярного блокируемого стержня. Соотношение величин напряжения фибрина в центральной части веретена при указанных условиях фиксации отломков и поперечной нагрузке составляло 12 : 6 : 1.

Исходя из указанных закономерностей образования костного регенерата уточнена стадийность процесса и предложены следующие принципы лечения диафизарных переломов: – сохранение целостности отслоенного надкостнично-мышечного футляра а так же околоотломкового фибрин-кровяного сгустка; – обеспечение упруго-устойчивого режима фиксации отломков; – реализация ранней, дозированной, постепенно увеличивающейся функциональной нагрузки поврежденной конечности.

Результаты лечения показали, что при использовании стержневых аппаратов, гипсовых повязок и ортезов при диафизарных переломах конечностей и соблюдении наших принципов частота несращения отломков составляет 4,7 %, что ниже по сравнению с данными независимых исследований.

**Ключевые слова:** диафизарные переломы, функциональное лечение, внешние стержневые аппараты, ортезы, фибрин-кровяной сгусток регенерация кости, подвижность отломков, напряженно-деформированное состояние тканей.

## SUMMARY

**Lytvyshko V.O. Regularities of formation of osseous regenerate after shaft fracture under the conditions of functional therapy using elastic-stable connection of fragments.** – Published as a manuscript.

Dissertation for a scientific degree of a Doctor of Medical Sciences following the specialty 14.01.21 - Traumatology and Orthopedics. – State institution "Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Kharkiv, 2019.

The thesis is based on the experience of treatment of 457 patients with diaphyseal fractures of the extremities using rod devices (298), functional plaster bandage or orthosis (115) and extramedullary plate (44).

A morphological study of tissues surrounding the fragments in closed fracture was conducted in 8 experimental animals (sheep), and in 16 patients with a diaphyseal fracture. The particulars of morphogenesis of fibrin-blood clot from human blood in a confined space in vitro under the influence of various mechanical conditions were studied. The magnitude of linear displacements of the fragments upon their fixation by a rod device or an orthosis has been established. Strains in fibrin-periosteal spindle for fixation of fragments with a rod device, an extramedullary plate, and an intramedullary core were calculated using a mathematical model.

As a result of studies performed, the regularities of stepwise formation of bone regenerate under the conditions of elastic fixation of fragments have been established, staging of the process has been specified, and treatment techniques have been improved. The treatment results showed that the rate of nonunion of fragments in the case of use of rod devices and orthoses in diaphyseal fractures of extremities is 4.7 %, which is lower compared with the data of independent studies.

**Key words:** diaphyseal fractures, functional treatment, external rod devices, orthoses, fibrin-blood clot, bone regeneration, mobility of fragments, stress strain behavior.