

УДК 616.71-001.5-003.93-07-092.9(045)

Клініко-морфологічні стадії процесу зрощення відламків кістки

О. К. Попсуйшапка ¹, В. О. Літвішко ², Н. О. Ашукіна ³

¹ Харківська медична академія післядипломної освіти МОЗ України

² КЗ «Чугуївська центральна районна лікарня ім. М. І. Кононенка». Україна

³ ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України», Харків

Bone regeneration is a cascade of cellular and molecular phenomena leading in the fracture region to the formation of bone tissue which is identical to the original one. The process is divided into stages between which it is impossible to draw a clear line. Objective: To identify key clinical and morphological phenomena that define the staging process of fragments fusion after the bone fracture, to clarify the essence of the first stage, to set the dates of each stage in humans. Methods: Experiments were performed in 8 adult Karakul breed sheep weighing 35–40 kg underwent a closed fracture of the right femur. Plot fracture examined by histological methods after 5 hours, 1, 4 and 15 days. Near fragmental space studied in 43 patients with closed fractures of long bones which was performed open reduction of bone fragments in. Retrospectively we evaluated clinical data in 546 patients with diaphyseal fractures of the extremities accumulated over the past 30 years. Results: it is proved that the fibrin blood clot is naturally necessary structure for proliferation and differentiation of cells and for the formation of new bone tissue. After ultrasound examination it was found that the shape and location of bone regenerate conforms to the shape and location of the fibrin blood clot. Based on the study of angular mobility of bone fragments and bone regenerate formation we established terms of healing of fractures in humerus in the period from 4 to 8 weeks, in femur — from 8 to 12, and in shin bones — from 8 to 17 weeks. Conclusion: There were proposed to highlight formation of a fibrin blood clot as the first important step of bone regeneration which completely or partially fills near fragmental space. Approximate lifetime formation and stabilization of its structure is from 12 to 24 hours. There were established terms of the stages of healing of diaphyseal fractures in human long bones. Key words: diaphyseal fracture, bone regeneration, stage, fibrin blood clot.

Регенерация кости — это каскад клеточных и молекулярных событий, которые приводят к образованию в области перелома костной ткани, идентичной первоначальной. Процесс разделяют на стадии, между которыми невозможно провести четкой границы. Цель: выделить ключевые клинические и морфологические явления, определяющие стадийность процесса сращения отломков после перелома кости, уточнить сущность первой стадии, установить сроки каждой стадии у человека. Методы: эксперименты выполнены на 8 взрослых овцах породы каракульская курдючная массой 35–40 кг, которым выполняли закрытый перелом правой бедренной кости. Участок перелома исследовали с помощью методов гистологии через 5 ч, 1, 4 и 15 суток. Изучено околоотломковое пространство у 43 пострадавших с закрытыми переломами длинных костей конечностей, которым выполняли открытую репозицию отломков. Ретроспективно оценен клинический материал 546 пострадавших с диафизарными переломами костей конечностей, накопленный за последние 30 лет. Результаты: доказано, что фибрин-кровяной сгусток является закономерно необходимой структурой для пролиферации и дифференциации клеток и образования новой костной ткани. В результате проведения УЗИ установлено, что форма и локализация костного регенерата соответствует форме и локализации фибрин-кровяного сгустка. На основе исследования угловой подвижности костных отломков и образования костного регенерата установили сроки заживления переломов плечевой кости в период от 4 до 8 недель, бедренной — от 8 до 12, костей голени — от 8 до 17. Вывод: предложено как первую важную стадию регенерации кости выделить формирование фибрин-кровяного сгустка, который заполняет полностью или частично околоотломковое пространство. Примерный срок образования и стабилизации его структуры составляет от 12 до 24 часов. Установлены сроки стадий заживления диафизарных переломов длинных костей у человека. Ключевые слова: диафизарный перелом, регенерация кости, стадии, фибрин-кровяной сгусток.

Ключові слова: діафізарний перелом, регенерація кістки, стадії, фібрин-кров'яний згусток

Вступ

Учення про закономірності зрощення відламків довгих кісток після переломів є фундаментом травматології, на якому мають ґрунтуватися принципи лікування переломів. Закономірності цього процесу вивчаються за стадіями регенерації, які виділені в результаті наукових досліджень низки вітчизняних та зарубіжних учених [1–8].

Сьогодні фахівці дотримуються думки, що регенерація кістки — це каскад клітинних та молекулярних реакцій, які призводять до утворення в ділянці перелому кісткової тканини, ідентичної початковій. Процес поділяють на стадії, кожен з яких контролюють певні локальні та системні фактори, але чіткої межі провести між ними неможливо [5, 7, 8]. Аналіз стадій процесу остеорепації, які визначили різні автори, виявив найбільш всього розбіжностей у тлумаченні першої стадії. Зокрема, І. Л. Зайченко [2] до першої стадії відносить крово- і лімфовивів та утворення згустків крові, О. О. Корж і співавт. [4] — катаболізм тканинних структур та проліферацію клітинних елементів, А. В. Каплан [3], посилаючись на А. В. Русакова і співавт., — утворення мезенхімальних тканин. Сьогодні фахівці [5, 7, 8] першою стадією репаративного остеогенезу вважають запалення. Подальші стадії процесу загоєння кісток після перелому всі автори вбачають приблизно однаково — це проліферація та диференціація клітин, утворення кісткової тканини, адаптаційна перебудова новоутвореної кістки.

Усі автори зауважують, що розподіл на стадії певною мірою є умовним, тому що окремі послідовні явища не співпадають у часі в різних зонах регенерату. Тому І. Л. Зайченко [2] ввів такий термін, як зональність гістоструктури регенерату. Умовність тривалості стадій також пов'язана з дослідженням регенерації кістки частіше в експериментальних умовах на тваринах, в яких швидкість біологічних процесів значно більша, ніж у людини. Отже В. О. Марк [6] навіть використав такий термін, як «схема загоєння зламаної кістки», мабуть, щоб не пов'язувати її етапи з перебігом часу.

Дійсно, цей процес складається зі значної кількості явищ, які по різному сприймають і оцінюють автори наявних концепцій. На нашу думку, дуже важливо чітко визначити домінуючі явища в кожній із стадій і далі встановити причинно-наслідкові зв'язки, які обумовлюють перехід від однієї стадії до іншої.

Поділ процесу зрощення відламків кісток на стадії та виділення їх ключових ознак, які відображають його спрямованість та швидкість, мають важливе значення для клінічної практики.

Мета роботи: виділити ключові клінічні та морфологічні явища, які визначають стадійність процесу зрощення відламків кістки після перелому, уточнити сутність першої стадії, встановити терміни кожної зі стадій у людини.

Матеріал та методи

Експериментальні дослідження. Враховуючи різні точки зору на початкову стадію загоєння перелому, ми вирішили з'ясувати два питання за допомогою експерименту. Перше стосувалось формоутворення фібрин-кров'яного згустку в навколівідламковому просторі (його розміри, розташування, зв'язок з прилеглими тканинами). Друге питання полягало в тому, щоб виявити зони, де починається утворення мезенхімальних клітин, і яку роль відіграє в цьому фібрин-кров'яний згусток. Для експерименту відібрали 8 дорослих овець породи каракульська курдючна масою 35–40 кг у ТОВ «Зоря» (гендиректор Кравцов А. М.). Усім тваринам в умовах ветеринарного пункту на території вівцекомплексу виконували закритий перелом правої стегнової кістки під знеболюванням (седазин внутрішньом'язово, бутомідор внутрішньовенно) за участі ветеринарного лікаря Орленка А. О. Розташовували стегно на двох підставках і наносили удар у поперечній площині. Усі вівці через 1–2 год після перелому починали активно рухатися, спираючись на три кінцівки. Із експерименту тварин виводили через 5 год (2 вівці), 1 (2), 4 (2) та 15 днів (2). Проведення експериментів затверджено комісією з біоетики ДУ «ІПХС ім. проф. М. І. Ситенка НАМН» (протокол № 109 від 29.10.2012 р.) відповідно до правил «Європейської конвенції захисту хребетних тварин, що використовуються в експериментальних та інших наукових цілях» [9].

Видаляли ушкоджену кінцівку, після чого розтинали поздовжньо м'які тканини стегна, обережно відкривали зону перелому, поетапно фіксуючи розташування фібрин-кров'яних згустків у білявідламковій зоні цифровою фотокамерою. Щоб з'ясувати явища, які відбуваються на межі материнських тканин з фібрин-кров'яним згустком на ранніх етапах після травми, для гістологічного дослідження брали об'єкти: м'язи з фіксованим до них фібрин-кров'яним згустком; згусток, який утворився в кістковомозковому каналі з прилеглим кістковим мозком; фібрин-кров'яний згусток, розташований в центральній частині навколівідламкового простору.

Клінічний матеріал та методики дослідження процесу регенерації кістки. Навколівідламковий простір дослідили в 43 постраждалих із закритими

переломами, яким виконували відкриту репозицію відламків. Візуально під час операції оцінювали об'єм та розташування фібрин-кров'яного згустку. У 16 хворих (з переломами стегна — 3, плеча — 7, гомілки — 6) проведено гістологічне дослідження згустку з навколівідламкової зони, через 1 (3 пацієнти), 2–5 (5), 6–10 (5) та 11–18 (3) діб після перелому.

Для ретроспективного клініко-рентгенологічного дослідження особливостей регенерації використано клінічний матеріал, накопичений авторами впродовж останніх 30 років. Це 546 постраждалих з діафізарними переломами кінцівок, яких лікували:

- консервативним методом з використанням гіпсових пов'язок та ортезів — 324 [10, 11];
- шляхом закритої або відкритої репозиції відламків за допомогою апарата зовнішньої фіксації (АЗФ) — 322 [10, 12, 13].

Клінічні спостереження дали змогу реєструвати явища, які є важливими з огляду на стадійність процесу зрощення відламків та можуть розглядатися як головні критерії певної стадії, наприклад, зникнення кутової рухомості відламків у разі діафізарного перелому. У випадках фіксації відламків за допомогою гіпсової пов'язки, ортеза або АЗФ на етапах лікування ми оцінювали характер кутового переміщення відламків, а також час її існування. Симптом кутової рухомості відламків визначали мануально, що детально описано раніше [11, 14]. Клінічна реєстрація зникнення симптому кутової рухомості є достовірною ознакою перебігу процесу зрощення, а її термін свідчить про перехід до стадії утворення кісткового або кістково-хрящового з'єднання відламків. Це підтверджується одночасним розвиненням періостального кісткового регенерату, який візуалізують на рентгенограмі.

Гістологічні дослідження. Виділені фрагменти тканин овець та біоптати пацієнтів фіксували в 10 % нейтральному формаліні, проводили декальцинацію в 4 % азотній кислоті, зневоднювали в спиртах висхідної концентрації та суміші спирту з ефіром (1:1), заливали в целоїдин. Виготовлені гістологічні зрізи забарвлювали гематоксиліном та еозином, пікрофуксином за Ван-Гізеном й аналізували під світловим мікроскопом «Olympus BX 63», зокрема ретельно досліджували межу материнської (життєздатної) тканини та фібрин-кров'яного згустку на ранніх етапах формування регенерату. Особливу увагу звертали на структуру фібрину, місце і термін появи фібробластів та остеобластів, судин, їх просторову орієнтацію.

Ультрасонографічні дослідження. Для оцінювання форми та розмірів навколівідламкової гематоми, визначення терміну організації та розташування фібрину проводили ультрасонографічне

дослідження зони перелому через 1–4 та 8–16 діб після травми. Дослідження виконано у 17 постраждалих з діафізарними переломами плечової кістки (5), стегнової (8), кісток гомілки (4). За повідомленням E. G. McNally [15], у перші години гематома сонографічно має вигляд гіпоехогенної зони. Через 6 діб у ній з'являються гіперехогенні ділянки, що пов'язано з організацією фібрину. У мобільних хворих (із переломом верхньої кінцівки) дослідження виконували за допомогою стаціонарного сонографа «Sonoline G-50» (Siemens) з лінійним датчиком 5–10 МГц, у постраждалих з переломами нижньої кінцівки — переносним сонографом «SLE-110» (Литва) з лінійним датчиком 5–7,5 МГц.

Результати та їх обговорення

Особливості утворення фібрин-кров'яного згустку в навколівідламковій зоні за результатами експерименту на тваринах. Вивчаючи локалізацію фібрин-кров'яних згустків у разі закритого перелому, ми звернули увагу, що скупчення крові і, відповідно, її згустків, може мати неоднаковий характер. Це явище ми проаналізували в 6 тварин з термінами після перелому від 5 год до 4 діб, а у тварин з терміном 14 діб важко було чітко візуалізувати межі фібринового згустку серед інших тканин. У двох експериментальних овець спостерігали суцільне заповнення згустками навколівідламкового простору, який мав відносно невеликі розміри і був відмежований від прилеглих тканин (рис. 1, а). В одному випадку згусток частково заповнював навколівідламковий простір за типом периферійного бар'єру, а в центральній частині зберігалася кров'яниста рідина (рис. 1, б). Ще у трьох тварин навколо відламків згустків не було, за винятком поверхні кістковомозкового каналу, або вони були незначних розмірів і розташовувалися на окремих ділянках. Водночас усі прилеглі м'язи сегмента були просочені кров'ю (рис. 1, в).

Вказані варіанти зумовлені характером і обсягом руйнування м'яких тканин навколо відламків та, відповідно, величиною зміщення останніх. Якщо зберігається цілісність окістя та м'язів, які протидіють тиску крові, крововилив має досить чітку межу і веретеноподібну форму (рис. 1, а, б). Як бачимо, обмеження крововиливу сприяє утворенню по його периферії згустку, який закриває дефекти окістя. У разі значного розриву періостально-м'язового футляру крововилив у стані рідкої крові поширюється на значні території і не має певної форми (рис. 1, в).

Особливості ранніх клітинних трансформацій на межі «згусток-материнська тканина» за резуль-

татами експерименту на тваринах. Через 5 год після перелому було видно, що фібрин-кров'яний згусток щільно контактував з прилеглими тканинами — окістям, м'язами, тканиною кістковомозкового каналу. Прилегла м'язова тканина містила еритроцити, які були розташовані групами між м'язовими волокнами. Фібринові волокна на межі з м'язовою тканиною утворювали щільну структуру, а в напрямку центру згустку — комірчасту. Між фібриновими волокнами розташовувалися еритроцити, а на окремих ділянках відмічені скупчення нейтрофілів. Через одну добу в прилеглих до м'язової тканини ділянках виявлено поодинокі малодиференційовані клітини (рис. 2).

Через 4 доби після травми на гістологічних препаратах тканин, видалених із навколівідламкової ділянки стегнових кісток овець, зафіксовано реорганізацію фібрин-кров'яного згустку, яка починалася з боку життєздатних тканин (рис. 3). По периферії згустку відзначено утворення молодої грануляційної тканини з великою кількістю тонкостінних капілярів (рис 3, б), макрофагів, малодиференційованих клітин, які містили великі ядра з ядерцями та дифузним розподілом хроматину, що свідчить про їх біосинтетичну активність. Також серед клітин, які проникали в згусток, були витягнуті, з великими ядрами, заповненими еухроматином, із поздовжньою віссю, орієнтованою в напрямку їхнього руху (вказано стрілкою). Щільність клітин зменшувалась від периферії до центру згустку, де утворювалися судинні щілини.

Відомо, що репаративний остеогенез нерозривно пов'язаний з неоваскулогенезом. Судини забезпечують не лише постачання кисню та живильних речовин, а також клітин, які беруть участь у відновних процесах — периваскулоцитів та малодиференційованих клітин [18, 19]. Факторами ангиогенезу на цей період були фібрин, продукти його розпаду, біологічно активні речовини, які продукують нейтрофіли, макрофаги, лімфоцити, що узгоджується з науковими даними [20].

Через 14 днів після травми спостерігали грануляційну тканину в центральних ділянках регенерату (рис. 4), збільшення її території, подальше вросання кровоносних капілярів та клітин. Відмічено утворення молодої кісткової тканини у вигляді дрібнопетлястих кісткових трабекул (рис. 5).

Особливості утворення та трансформації в регенерат фібрин-кров'яного згустку у хворих з переломами кінцівок. Після розтину зони перелому у 32 хворих із 43 (74 %) зафіксовано кров'янисту рідину темно-червоного кольору, яка відрізнялася від свіжої крові та самостійно під тиском евакуувалась. Після

випливу цієї рідини в зоні травми залишалися фібрин-кров'яні згустки, які заповнювали крайовий простір між кісткою та відшарованим окістям із м'язами. В 11 хворих (26 %) після розтину встановлено суцільне заповнення між- та навколівідламкового простору фібрин-кров'яним згустком (рис. 6). Кров'янистої рідини в цих пацієнтів не було. Зауважимо, що це були переважно постраждалі з помірним первинним зміщенням відламків (на 1/3–1/2 поперечника). Фібрин-кров'яні згустки мали темно-червоний колір, щільно закривали кістковомозковий канал (рис. 7) та міцно з'єднувалися прилеглими тканинами.

У процесі гістологічного аналізу ми оцінювали структуру фібрину в згустках та швидкість їх реорганізації. Через добу після травми у згустку розташовувалися фібринові волокна різної щільності та клітини крові. Через 2–5 днів з'являлися малодиференційовані клітини та поодинокі фібробласти, а через 10–14 днів спостерігали реорганізацію згустку з формуванням фіброретикулярної тканини з високою щільністю клітин фібробластичного та остеобластичного диферонів. Таким чином, реорганізація згустку з утворенням судин, міграцією та проліферацією малодиференційованих клітин відбувається впродовж перших 14 днів після перелому. Через 15–18 днів ми відмічали вже утворення остеоїду та молодої кісткової тканини.

Отже, у разі перелому кістки в людини впродовж перших 2–3 тижнів відбувається (і можна вважати в основному завершується) стадія, яка містить взаємопов'язані явища — міграцію мезенхімальних клітин у фібриновий згусток з боку життєздатних прилеглих тканин, їх диференціацію з одночасним формуванням судин. Далі процес переходить в наступну стадію, коли переважно відбувається синтез новоутвореними клітинами опорного міжклітинного матриксу, що проявляється відповідними клінічними і рентгенологічними ознаками.

Форма та розміри навколівідламкової гематоми та особливості її трансформації в регенерат за результатами ультрасонографії. У процесі ультрасонографічного дослідження зони перелому на 2–3 добу після травми кінці відламків знаходилися в анехогенній зоні, яка в більшості постраждалих (15) була веретеноподібної форми, чітко відмежовувалася від прилеглих м'язів і відповідала навколівідламковій гематомі, яка через гідростатичний тиск дугоподібно деформувала прилегли м'які тканини за типом мембрани (рис. 8, а).

У двох випадках (перелом кісток стегна і гомілки) навколівідламкова гематома не була обмеженою та локалізованою, а характеризувалася значними

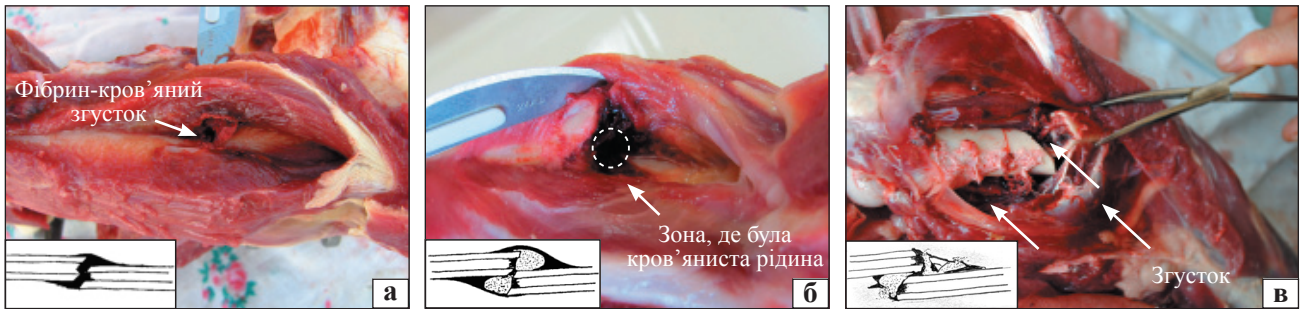


Рис. 1. Фото ділянки перелому стегнової кістки овець: суцільне заповнення навколівідламкового простору фібрин-кров'яним згустком (а) та часткове за типом периферійного бар'єру з кров'янистою рідиною в центрі (б); фрагментарне розташування фібрин-кров'яних згустків з просоченням тканин кров'ю (в)

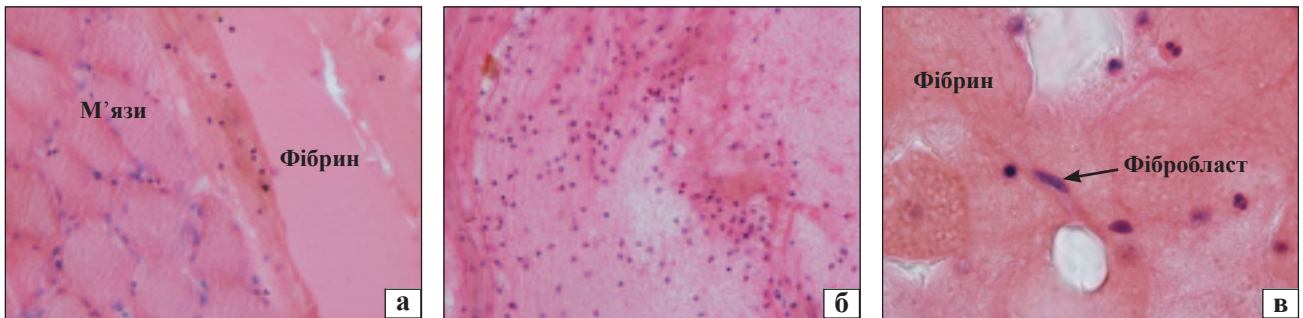


Рис. 2. Фото гістопрепарату. Фібрин-кров'яний згусток на поверхні м'язової тканини через 5 год після перелому: а) межа з м'язовою тканиною, зб. 200; б) фібринові волокна утворюють комірчасту структуру, між ними розташовані формені елементи крові, зб. 200; в) малодиференційовані клітини та нейтрофіли в фібрині поблизу з прилеглими м'язами, зб. 400. Гематоксилін та еозин

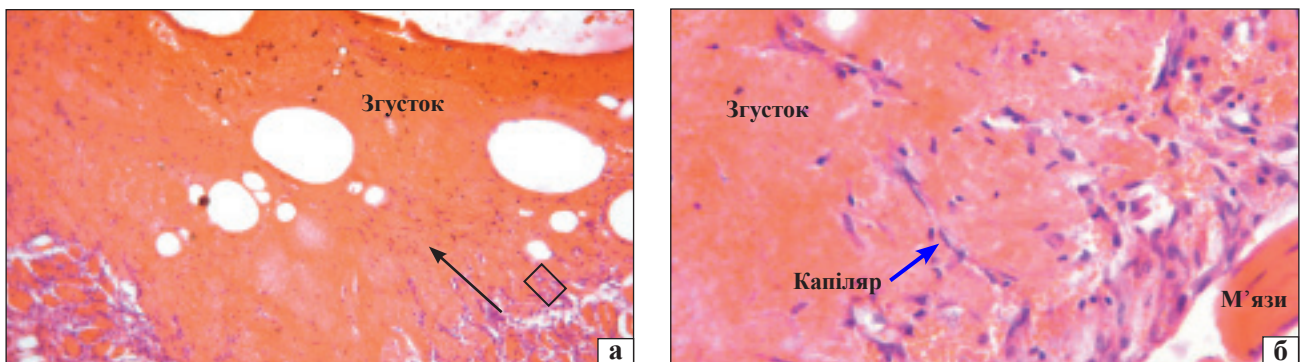


Рис. 3. Фото гістопрепарату. Фрагмент згустку з прилеглими м'язами, 4-а доба після перелому: а) вrostання клітин та кровно-носних капілярів у глибину згустку, зб. 40; б) фрагмент рис. 3, а — молода грануляційна тканина. Тонкостінні капіляри (блакитна стрілка), малодиференційовані клітини, зб. 1 000. Гематоксилін та еозин

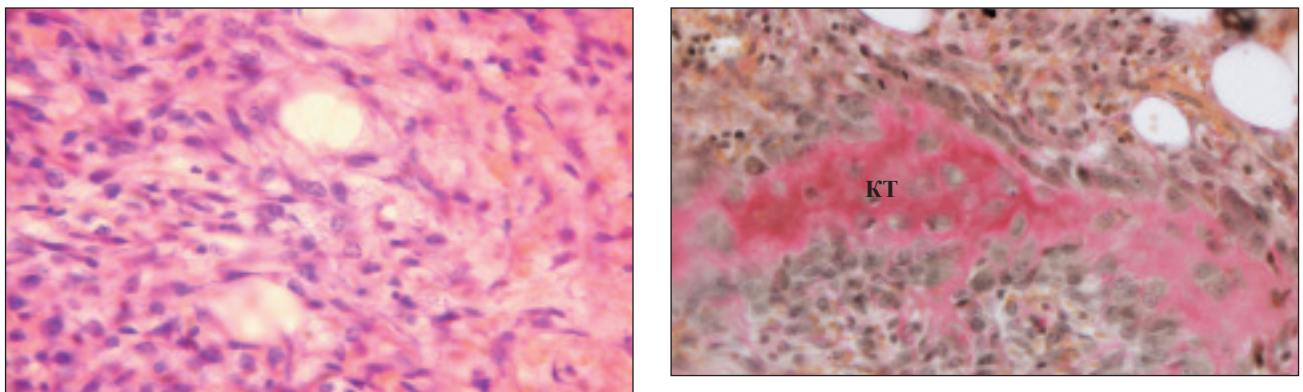


Рис. 4. Фото гістопрепарату. Зріла грануляційна тканина. 14 днів після перелому. Гематоксилін та еозин. Зб. 400

Рис. 5. Фото гістопрепарату. Хворий О., 13 років. Перелом плечової кістки. Молода кісткова трабекула (КТ) серед грануляційної тканини. 15 днів після травми. Пікрофуксин за Ван-Гізеном. Зб. 400



Рис. 6. Хворий П., 14 років, перелом плечової кістки. Суцільний фібрин-кров'яний згусток після розтину закритого перелому плеча, 4-а доба після травми

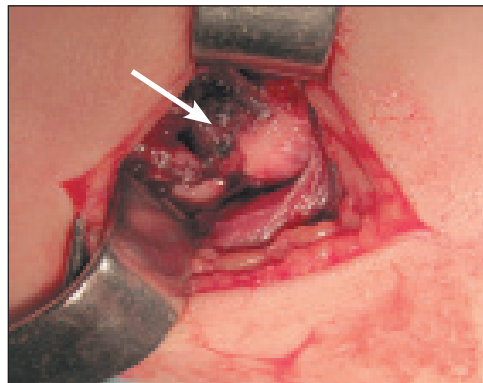


Рис. 7. Хворий А., 17 років, закритий перелом стегна. Фібрин-кров'яний згусток у кістковомозковому каналі після розтину закритого перелому через 5 год після травми

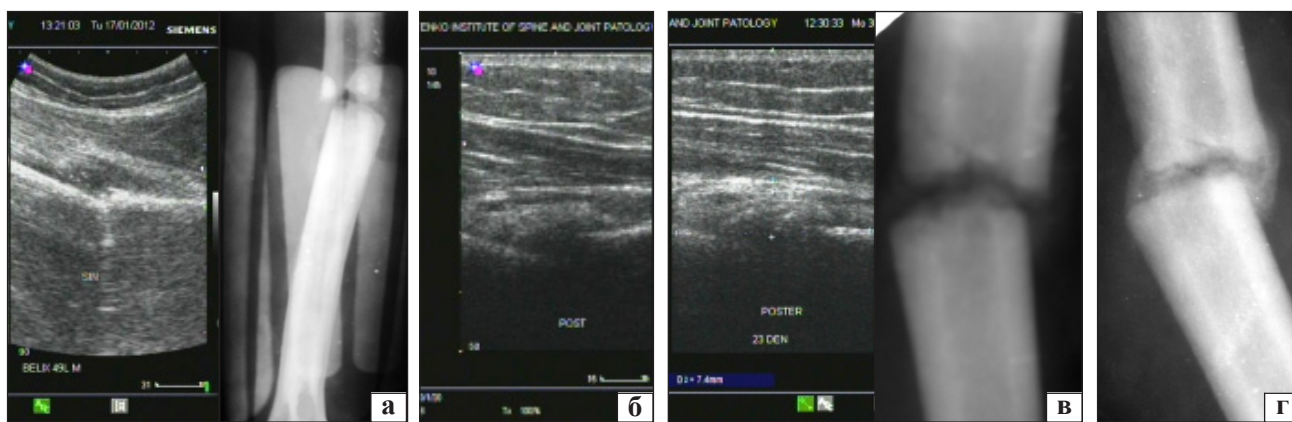


Рис. 8. Ультрасонограми та рентгенограма хворого Б., 49 років, з переломом плечової кістки на етапах лікування: 3-я (а), 14-а (б), 21-а (в) та 45-а (г) доба після перелому

розмірами, що перевищували довжину лінійного датчика (7 см). Вона мала неправильну геометричну форму з утворенням між'язових затікань. Зазначені постраждалі отримали переломи зі значним зміщенням відламків у ДТП. Раніше ми встановили, що в закритому просторі фібрин-кров'яний згусток утворюється не раніше ніж через 60 хв після крововиливу [20] і впродовж декількох діб зберігає анехогенність. Щоб в цьому переконатися, ми поміщали на датчик сонографа згусток дводобової давнини, отриманий *in vitro*. Він не давав ехогенного сигналу і сприймався як кров.

Через 8–14 діб після травми сонографічна картина зони ушкодження суттєво змінювалася. Анехогенна зона зникала або значно зменшувалася через виникнення в ній ехогенних включень, які часто мали вигляд дугоподібної перетинки, з'єднуваної відламки (рис. 8, б). Виникнення ехогенних ділянок у зоні гематоми пов'язане з процесом організації фібрин-кров'яного згустку. У ці терміни в нього проростають регенеративні клітини, які синтезують колаген та остеїд, що підвищує щільність згустку. У подальшому спостерігали перетворення

дугоподібної перемички організованого фібрину в періостальний кістковий регенерат (рис. 8, в, г).

Таким чином, результати ультрасонографічних досліджень підтверджують наявність у більшості постраждалих веретеноподібної форми навколівідламкової гематоми, а поява в ній ехогенних включень співпадає в часі і просторі з гістологічними проявами проліферації клітин і синтезу колагену.

Терміни зникнення рухомості відламків у разі діафізарного перелому. У процесі функціонального лікування постраждалих з діафізарними переломами кінцівок за допомогою ортезів, гіпсових пов'язок або АЗФ ми мали можливість спостерігати за станом кутової рухомості відламків, перевіряючи цей симптом під час клінічних оглядів. Головним критерієм сприятливого перебігу процесу загоєння перелому вважали своєчасне зникнення рухомості відламків, яке реєстрували за допомогою мануального дослідження [10, 11, 14] та підтверджували клінічними ознаками (зникнення болю в місці перелому за умов функціонального навантаження, відновлення активних рухів у суглобах), а на рентгенограмах виявляли кістковий періостальний регенерат.

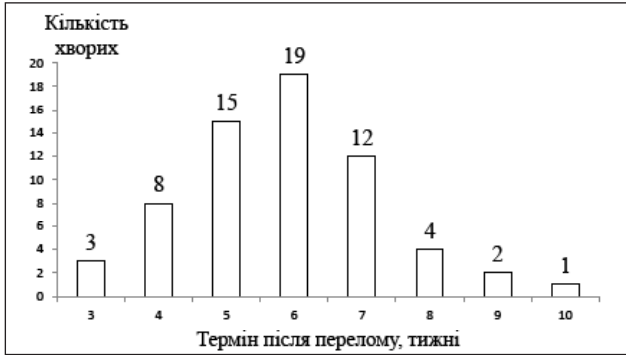


Рис. 9. Діаграма розподілу 64 хворих з діафізарним переломом плечової кістки за термінами зникнення симптому кутової рухомості відламків

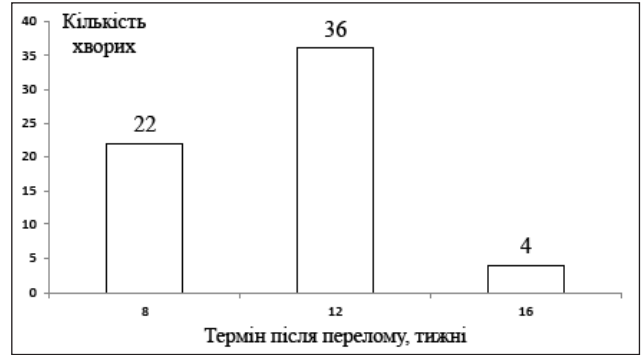


Рис. 10. Діаграма розподілу 62 хворих з діафізарними переломами стегнової кістки за термінами зникнення симптому кутової рухомості відламків

Оцінити рухомість відламків легше за все було під час лікування переломів плечової кістки з використанням знімного ортезу, коли обстеження проводили з інтервалом 1–2 тижні. У випадку лікування переломів кісток гомілки або стегнової кістки із застосуванням гіпсової пов'язки або АЗФ кутову рухомість досліджували під час зміни пов'язки або спеціального видалення зовнішньої опори АЗФ через 6–8, 12–14 та понад 20 тижнів після перелому. Зазвичай зникнення рухомості відламків супроводжувалося появою на рентгенограмах періостального кісткового регенерату нещільної структури. На рис. 9–11 представлено терміни зникнення симптому рухомості відламків у 246 хворих з діафізарними переломами плечової (64) та стегнової (62) кістки та кісток гомілки (120), в яких загоєння перелому наступило після первинно застосованої методики лікування.

Отримані нами результати свідчать про закономірність у термінах утворення кісткового регенерату навколо відламків та зникненні симптому їх кутової рухомості залежно від ушкодженого сегмента. Зокрема, у більшості постраждалих з переломами плечової кістки зрощення відламків відбувалося в період від 4 до 8 тижнів, стегнової — від 8 до 12, кісток гомілки — від 8 до 17. Спробуємо пояснити таку різницю в термінах зрощення. Раніше ми встановили прямий зв'язок між величиною первинного зміщення відламків під час травми, відшаруванням від кістки і розривом окісно-м'язового футляру, обсягом утворюваного дефекту тканин, який заповнюється кров'ю, та термінами загоєння перелому [11]. Це підтверджується наведеними вище результатами УЗД. Як вже було зазначено, чим більший дефект, тим менша ймовірність утворення суцільного фібрин-кров'яного згустку. Тому центральна зона міжвідламкового дефекту залишається заповненою сироваткою з еритроцитами. Припускаємо, що в цій зоні спочатку утворюється хондроїд,

а потім у нього врастають судини, навколо яких формуються кісткові трабекули [6, 22]. Для цього необхідний певний час, який залежить від обсягу хрящової частини регенерату. Тому третя стадія процесу зрощення діафізарного перелому може тривати 2–4 міс. залежно від обсягу руйнування окісно-м'язового футляра. Констатувати завершення третьої стадії можна на підставі відсутньої кутової рухомості відламків за наявності суцільного кісткового періостального регенерату.

Слід звернути увагу, що первинно утворений кістковий регенерат має губчасту структуру і не може повною мірою забезпечити функцію кінцівки. Тому в подальшому відбувається адаптаційна перебудова кісткового регенерату з утворенням компактною кістки відповідно до дії сил внутрішнього напруження, які виникають за умов функціонального навантаження кінцівки. Цей процес триває від кількох місяців до декількох років.

Наші міркування стосуються природного процесу зрощення відламків, який відбувається за умов мінімального впливу факторів активного лікування у вигляді їх відкритої репозиції та жорсткого з'єднання. Це важливо з огляду вибору тактики

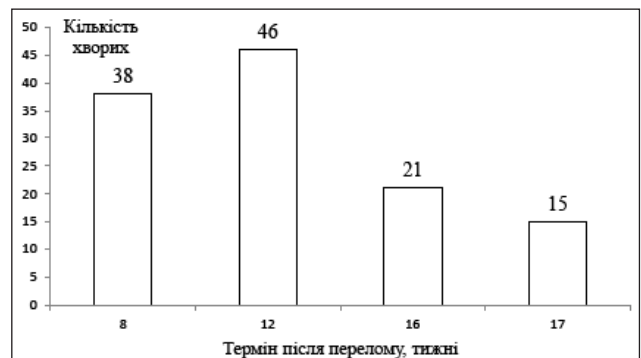


Рис. 11. Діаграма розподілу 120 хворих з діафізарними переломами кісток гомілки за термінами зникнення симптому кутової рухомості відламків

лікування хворих із закритими переломами кісток відповідно до закономірностей репаративної регенерації кістки.

Висновки

Проведені дослідження дали змогу встановити низку важливих явищ щодо формоутворення фібрин-кров'яного згустку в навколівідламковій зоні та їх зв'язок з подальшим процесом регенерації кісткової тканини в разі діафізарних переломів довгих кісток. Одержані результати свідчать, що фібрин-кров'яний згусток є закономірно необхідним середовищем, в якому відбувається проліферація та диференціація клітин і утворення нової кісткової тканини. У результаті виконання УЗД встановлено, що форма та локалізація кісткового регенерату відповідає формі та локалізації фібрин-кров'яного згустку. Виявлений зв'язок дає підстави пропонувати відокремлення як *першу* і важливу стадію регенерації формування фібрин-кров'яного згустку, що повністю або частково заповнює навколівідламковий простір. Приблизний термін утворення і стабілізації його структури коливається від 12 до 24 год.

Запальний процес, який розвивається паралельно, є неспецифічним біологічним інструментом і супроводжує регенерацію будь-якої тканини до завершення. Виразеність запалення максимальна на початку, потім його активність знижується.

Друга стадія. Міграція і проліферація мезенхімальних клітин у фібриновий матрикс з боку неушкоджених тканин з формуванням судин та диференціація клітин в напрямку кісткового та хрящового диферонів. Адгезія клітин відбувається на фібринових перетинках, а їх повздовжня вісь розташовується паралельно волокнам фібрину. Організація клітиної бласти форми відбувається за участю багатьох системних та локальних факторів, серед останніх ключову роль, на нашу думку, відіграють механічні, зокрема спрямованість сил напруження. Ця стадія триває приблизно від 2 до 20–30 днів після перелому.

Третя стадія. Утворення кісткового або кістково-хрящового регенерату, що з'єднує відламки. В її основі процеси синтезу клітинами елементів матриксу, його організації, формування остеоїду, хондроїду. Наприкінці цього періоду утворюється грубоволокниста кісткова тканина. Клінічною ознакою цієї стадії є зникнення рухомості відламків, що відбувається через 2–4 міс. після перелому. Відповідно її тривалість може варіювати від 1 до 5 міс.

Четверта стадія. Адаптаційна перебудова новоутвореного кісткового регенерату відповідно

до умов функціонального навантаження кінцівки. Приблизний термін 6–12 міс.

Представлену стадійність необхідно враховувати для визначення терміну виконання репозиції відламків, вибору способу їх репозиції і фіксації, а також для призначення режиму функціональної активності ушкодженої кінцівки. Найактивнішими і швидкими є явища, які відбуваються в ранні терміни після травми (I, II стадії). Неадекватні дії в цей період можуть порушити або спотворити процес зрощення відламків кісток.

Список літератури

1. Маркс В. О. Заживление закрытого перелома трубчатой кости у человека и экспериментальных животных: дис. ... докт. мед. наук / Василий Оскарович Маркс. — Харьков, 1949. — 692 с.
2. Зайченко И. Л. Элементы к построению управления развитием регенеративного процесса костной ткани и вообще тканей / И. Л. Зайченко. — Львов, 1958. — 236 с.
3. Каплан А. В. Повреждение костей и суставов / А. В. Каплан. — 3-е изд-е, перераб. и доп. — М.: Медицина, 1972. — 229 с.
4. Корж А. А. Репаративная регенерация кости / А. А. Корж, А. М. Белоус, Е. Я. Панков. — М.: Медицина, 1972. — 229 с.
5. Корж Н. А. Репаративная регенерация кости: современный взгляд на проблему. Стадии регенерации (сообщение 1) / Н. А. Корж, Н. В. Дедух // Ортопедия, травматология и протезирование. — 2006. — № 1. — С. 77-84.
6. Маркс В. О. Заживление закрытого перелома кости / В. О. Маркс. — Минск: Изд-во Академии Наук БССР, 1962. — 275 с.
7. Marsell R. The biology of fracture healing / R. Marsell, T. A. Einhorn // Injury. — 2011. — Vol. 42(6). — P. 551–555, doi: 10.1016/j.injury.2011.03.031.
8. Bone regeneration and repair: biology and clinical applications / eds. J. R. Lieberman, G. E. Friedlander. — Humana Press Inc., 2005. — 450 p.
9. Європейська конвенція про захист хребетних тварин, що використовуються для дослідних та інших наукових цілей. Страсбург, 18 березня 1986 року: офіційний переклад [Електронний ресурс] / Верховна Рада України. — Офіц. веб-сайт. — (Міжнародний документ Ради Європи). — Режим доступу до документа :http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=994_137.
10. Попсуйшапка А. К. Функциональное лечение диафизарных переломов костей конечностей (клиническое и экспериментальное обоснование): дис. ... д-ра мед. наук; 14.00.22 — «Травматология и ортопедия» // А. К. Попсуйшапка. — Харьков, 1991. — 271 с.
11. Літвішко В. О. Функциональное лікування діафізарних переломів плечової кістки: автореф. ... канд. мед. наук; 14.00.22 — «Травматология та ортопедия» // В. О. Літвішко. — Харків, 1999. — 20 с.
12. 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. — С. 68–73, doi: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872012268-73>
13. Боровик И. Н. Лечение диафизарных переломов бедренной кости у детей внешним стержневым аппаратом: дис. ... канд. мед. наук; 14.00.22 — «Травматология та ортопедия» / И. Н. Боровик. — Харьков, 2010. — 172 с.

14. Лечение несращения отломков кости после диафизарного перелома / А. К. Попсуйшапка, В. А. Литвишко, В. В. Григорьев, Н. А. Ашукина // Ортопедия, травматология и протезирование. — 2014. — № 1. — С. 34–41, doi: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872014134-41>.
15. McNally E. The development and clinical applications of musculoskeletal ultrasound / E. G. McNally // *Skeletal Radiol.* — 2011. — Vol. 40(9). — P. 1223–1231, doi: [10.1007/s00256-011-1220-5](http://dx.doi.org/10.1007/s00256-011-1220-5).
16. Шехтер А. Б. Воспаление, адаптивная регенерация и дис-регенерация (анализ межклеточных взаимодействий) / А. Б. Шехтер, В. В. Серов // *Архив патологии.* — 1991. — Т. 53, № 7. — С. 7–14
17. Лаврищева Г. И. Морфологические и клинические аспекты репаративной регенерации опорных органов / Г. И. Лаврищева, Г. А. Оноприенко. — М.: Медицина, 1996. — 208 с.
18. Данилов Р. К. Экспериментально-гистологический анализ гистогенеза и регенерации тканей (некоторые итоги XX в. и перспективы дальнейших исследований) / Р. К. Данилов, Т. Г. Боровая, Н. Д. Клочков // *Морфология.* — 2000. — Т. 117, № 4. — С. 7–16.
19. Шевцов В. И. Ультраструктурные особенности ангиогенеза при заживлении переломов / В. И. Шевцов, Ю. М. Ирьянов // *Гений ортопедии.* — 1999. — № 4. — С. 13–18.
20. 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. Данишук // Ортопедия, травматология и протезирование. — 2013. — № 4. — С. 5–12, doi: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-5987201345-12>.
21. Кромпехер С. Местный тканевой метаболизм биологические особенности регенерата кости. Механизмы регенерации костной ткани / С. Кромпехер: пер. с англ. А. М. Белоуса, Е. Я. Панкова. — М., Медицина, 1971. — 294 с.

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872015112-20>

Стаття надійшла до редакції 20.06.2014

CLINICAL AND MORPHOLOGICAL STAGES OF BONE FRAGMENTS FUSION

O. K. Popsuyshapka ¹, V. O. Litvishko ², N. O. Ashukina ³

¹ Kharkiv Medical Academy for Postgraduate Education of the Ministry of Health of Ukraine

² CHI «Kononenko Chuguyev Central District Hospital», Kharkiv region, Ukraine

³ SI «Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology National Academy of Medical Science of Ukraine», Kharkiv