

The identification of the primary signs of cardiotoxicity is not an easy task. Thus, it is known from literary sources that the earliest ultrastructure imines are affected by cardiomyocyte damage are changes in mitochondria. In this case, the morphology of the organelle can have significant variability, and some of the forms have a connection with the mechanism of damage. So, first a reduction in the electron density of the matrix is recorded, then the matrix swelling occurs. The edema of the cyst ends with their destruction, which explains the cause of the energy deficit in cardiomyopathy.

The decrease in the density of myofibrils in our own studies was detected already on the first day of the exposure of lead acetate. Changes in the density of myofibrils on day 7 were not detected, indicating a certain stability of these protein structures. At the same time, the length of sarcomeres was reduced. These changes should not be considered as a manifestation of the recovery process, since a significant number of myofibers have suffered damage. The general conclusion is an increase in the destructive changes in cardiomyocytes during the exposure of lead acetate.

The manifestation of cardiotoxic action of lead acetate is edema of cardiomyocytes, destructive changes in mitochondria and reduction of myofibrils. Ultrastructural disorders are a consequence of the acute toxic effects of lead acetate.

**Key words:** lead acetate, heart, myocardium, matrix, myofibril, cardiomyocytes, sarcomere, kristi, cardiotoxic effect of lead acetate.

*Рецензент – проф. Білаш С. М.  
Стаття надійшла 12.05.2018 року*

DOI 10.29254/2077-4214-2018-2-144-310-315

УДК 616.718.4-001.5-089.85-018.4:615.849.112:534.222.2:621.374.001.6

<sup>1</sup>Килимнюк Л. О., <sup>2</sup>Ковальчук В. М., <sup>2</sup>Григорівська А. В., <sup>1</sup>Окаєвич О. А., <sup>1</sup>Маціпура М. М.

### ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕКСТРАКОРПОРАЛЬНОЇ УДАРНО-ХВИЛЬОВОЇ ТЕРАПІЇ НА РЕПАРАТИВНИЙ ОСТЕОГЕНЕЗ В УМОВАХ НЕСТАБІЛЬНОГО ОСТЕОМЕТАЛОСИНТЕЗУ

<sup>1</sup>Вінницький національний медичний університет імені М.І. Пирогова (м. Вінниця)

<sup>2</sup>Національна медична академія післядипломної освіти імені П.Л. Шупика (м. Київ)

kylymniuk@gmail.com

**Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами.** Робота є фрагментом науково-дослідної роботи кафедри травматології та ортопедії Вінницького національного медичного університету імені М.І. Пирогова «Комплексна реабілітація хворих з травмами та захворюваннями опорно-рухового апарату», № державної реєстрації 0115U007095.

**Вступ.** Репаративний остеогенез являється складаним біологічним ланцюгом клітинних реакцій спрямованих на відновлення втраченої органної і тканинної структур за рахунок елементів ідентичних по морфології і функціональній здатності. Відновлення кісткової структури відбувається за рахунок проліферації недиференційованих клітинних форм скелетогенної тканини. Диференціація прогеніторних клітин в клітини з остеогенним функціональним потенціалом супроводжується утворенням кісткової тканини [1]. Однак на фоні нестабільної фіксації, в міжламковій щілині можливий розвиток сполучної та хрящової тканин, які порушують процеси нормальної консолідації та ведуть до уповільнення зрощення та формування хибних суглобів. Незважаючи на наявні в організмі передумови, необхідні для відновлення втраченої кісткової тканини та при дотриманні методик малоінвазивного стабільно-функціонального остеосинтезу кількість ускладнень, пов'язаних з розладами остеорепації сягає 46 % [1,2]. Незважаючи на значні досягнення в розумінні біологічних процесів відновлення кісткової тканини питання стимуляції репаративного остеогенезу залишається актуальним. В останні роки все ширшого застосування в лікуванні ортопедичних патологій набуває методика екстракорпоральної ударно-хвильової терапії (ЕУХТ) [3]. Ефективність її застосування в

лікуванні розладів остеорепації підтверджена численними клініко-експериментальними роботами, однак можливість використання при неускладнених переломах залишаються невивченими [4,5,6]. Зважаючи на високу частоту порушення зрощення переломів проблема вивчення ролі ЕУХТ як альтернативного варіанту превентивного лікування чи стимуляції репаративного остеогенезу являється актуальною та потребує подальшого вивчення.

**Мета дослідження:** встановити морфологічні особливості зрощення переломів під впливом екстракорпоральної ударно-хвильової терапії при нестабільному остеометалосинтезі уламків.

**Об'єкт і методи дослідження.** Експеримент виконано в умовах віварію Вінницького національного медичного університету імені М.І. Пирогова на 40 здорових статевозрілих лінійних щурах-самцях масою  $332,53 \pm 14,47$  г. Дослідження виконано згідно етичних норм поводження з тваринами, з дотриманням рекомендацій та вимог Європейської конвенції по захисту хребтових тварин, яких використовують для експериментів чи в інших наукових цілях (Страсбург, 1986). Під комбінованим наркозом з використанням тіопенталу натрію та кетаміну виконували остеотомию діафіза стегнової кістки з наступним інтрамедулярним остеометалосинтезом спицею. Хірургічне втручання проводили в умовах операційної, з дотриманням принципів асептики та антисептики. При виконанні інтрамедулярного остеосинтезу використовували металеву спицю з нержавіючої сталі діаметром 0,6 мм. В післяопераційному періоді усім щурам надавали вільний динамічний режим. Дотримувалися моделі нестабільного остеометалосинтезу. Серед прооперованих щурів було виділено 2 групи

– експериментальну (n=20) та контрольну (n=20). Щурам експериментальної групи додатково проводили стимуляцію зрощення переломів шляхом застосування ЕУХТ. Повний курс лікування становив 4 сеанси з інтервалами 7 діб. Для проведення ЕУХТ використовували апарат фірми Swiss DolorClast (Electro Medical Systems, Nyon, Switzerland). Частота ударів відповідала 15 Гц, робочий тиск 1 бар. Сумарна кількість ударів на ділянку пошкодження протягом однієї процедури становила 300 ударів. Тварин виводили з експерименту шляхом внутрішньоочеревинного введення летальної дози тіопенталу натрію на 14, 21, 28, 35 добу післяопераційного періоду, по 5 осіб з кожної групи. Виділяли стегнову кістку, матеріал оцінювали макроскопічно. В подальшому фіксували матеріал в 10% нейтральному розчині формаліну, проводили декальцинацію в 12% розчині азотної кислоти, зневоднювали в спиртах висхідної концентрації та заливали в парафін. Гістологічні зрізи товщиною 5–7 мкм зафарбовували гематоксиліном та еозином, а також фуксином за ван Гізоном. Для кількісної оцінки процесів зрощення методом лінійного інтегрування визначали питомий об'єм кісткової (BV/TV) тканини шляхом визначення об'єму губчастої та компактної кісткової тканини в одиниці загального об'єму об'єкта та питомий об'єм сполучної тканини (CV/TV) при розрахунку об'єму сполучної тканини в одиниці загального об'єму об'єкта. Розрахунки проводили з допомогою окулярної лінійки після оцінки 5 полів зору при збільшенні  $\times 200$ .

Розподіл досліджуваної вибірки згідно тесту Колмагорова-Смірнова відрізнявся від нормального ( $p < 0,05$ ), тому, для оцінки вірогідності безпомилкового прогнозу використовували непараметричний критерій Манна-Уїтні та ранговий коефіцієнт кореляції Спірмена. Вірогідність безпомилкового прогнозу встановлювали при  $p \leq 0,05$ , отримані результати наведені у вигляді середнього арифметичного  $\pm$  середнього квадратичного відхилення ( $M \pm SD$ ). Динаміку процесів зрощення оцінювали з допомогою побудови динамічних рядів, визначення тренду, показників темпу росту, абсолютного приросту, темпу приросту та показників наочності. Для статистичної обробки матеріалів використовували програму Statistica 10.

**Результати досліджень та їх обговорення.** На 14 добу дослідження у щурів обох груп спостерігалися ознаки активного новоутворення кісткових балок. Процес дозрівання балок відбувався інтенсивніше у щурів експериментальної групи, ніж у щурів групи контролю. У щурів контрольної групи новоутворені балки переважно групувалися поблизу фрагментів і не об'єднувалися в єдину кісткову мозоль. Щілина між фрагментами поряд з новоутвореною кістковою тканиною була виповнена неоформленою сполучною тканиною, зустрічалися елементи хондроїдної тканини (рис. 1).

Спостерігалися посттравматичні геморагії, розлади кровопостачання. Встановлено дифузну реактивну запальну лейкоцитарну інфільтрацію з переважанням клітин лімфо-плазмоцитарного ряду, гранулоцитів та моноцитів. Кісткова мозоль щурів контрольної групи була менш щільною, її об'єми значно перевищували кістковотканинні регенерати отримані в щурів експериментальної групи.

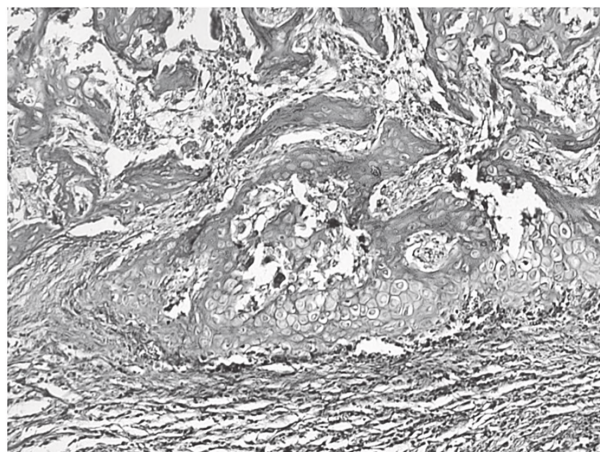


Рис. 1. Мікрофотографія. Регенерат діафізарного перелому стегнової кістки щура контрольної групи на 14 добу експерименту. Забарвлення гематоксиліном та еозином. Збільшення  $\times 200$ .

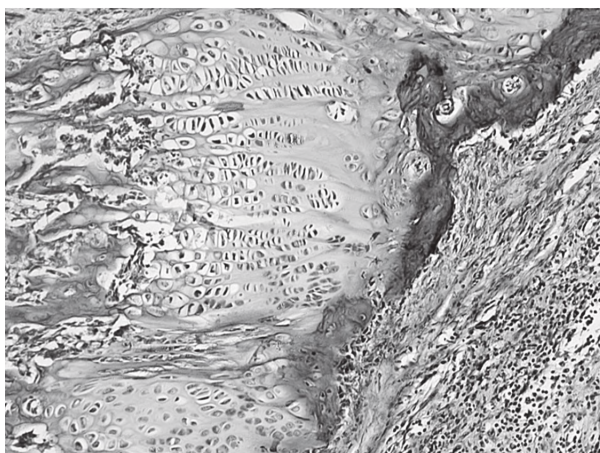


Рис. 2. Мікрофотографія. Регенерат діафізарного перелому кістки щура експериментальної групи на 14 добу дослідження. Забарвлення гематоксиліном та еозином. Збільшення  $\times 200$ .

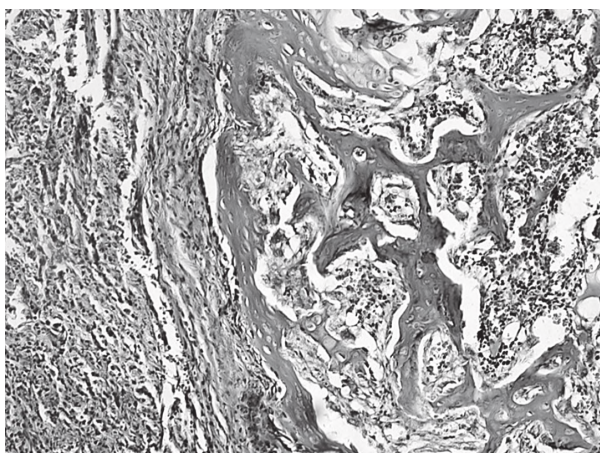


Рис. 3. Мікрофотографія. Регенерат діафізарного перелому стегнової кістки щура контрольної групи на 21 добу експерименту. Забарвлення гематоксиліном та еозином. Збільшення  $\times 200$ .

У щурів експериментальної групи до цього періоду спостерігалося з'єднання кістковотканинних регенератів фрагментів. Розташування балок кісткової мозолі, що формується, значно щільніше, а її маса не була надлишковою. Кістковий регенерат представлений переважно губчастою остеогенною кістковою



Рис. 4. Мікрофотографія. Регенерат діафізарного перелому стегнової кістки щура експериментальної групи на 21 добу дослідження. Забарвлення гематоксилином та еозином. Збільшення x200.

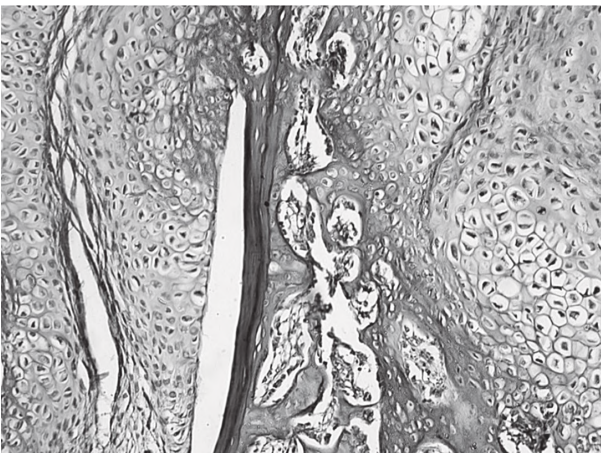


Рис. 5. Мікрофотографія. Регенерат діафізарного перелому стегнової кістки щура контрольної групи на 28 добу дослідження. Забарвлення гематоксилином та еозином. Збільшення x200.

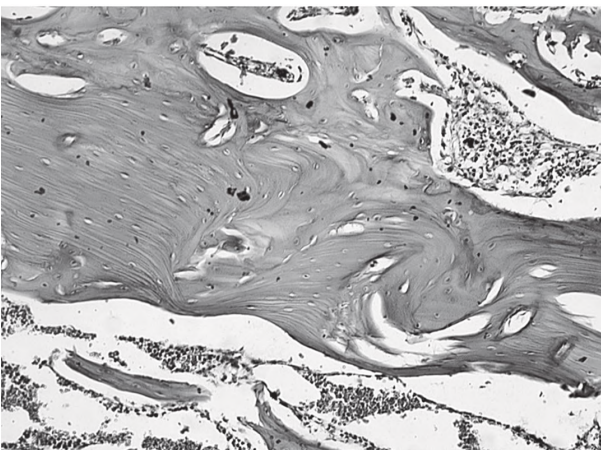


Рис. 6. Мікрофотографія. Регенерат діафізарного перелому стегнової кістки щура дослідної групи на 28 добу експерименту. Забарвлення гематоксилином та еозином. Збільшення x200.

тканиною, яка формувала ендостальний компонент кісткової мозолі, у вигляді різної щільності сітки молодих кісткових перекладин, які вкриті ланцюжками активних остеобластів (рис. 2). Міжбалковий простір був вивонений фіброретикулярною тканиною, в якій формувалися балки інтермедіарної кісткової

мозолі. В міжбалковому просторі спостерігалися ділянки активного ангиогенезу.

На 21 добу у щурів контрольної групи кісткова мозоль мала надлишковий об'єм, залишалася пухкою, продовжувалися процеси новоутворення кісткових балок. Міжбалковий простір заповнений пухкою волокнистою сполучною тканиною, по периферії кісткових трабекул розміщені остеобласти на різних етапах диференціювання (рис. 3). Процес консолідації невиражений. В зоні дефекту встановлено наявність гіалінового хряща з великою кількістю хондробластів, колагенового матриксу в зоні енхондрального окостеніння та острівки новоутвореної спонгіози, що формується. Фрагменти кісткової тканини неоднорідного складу: зустрічаються ділянки пластинчастої кісткової тканини, але в більшості ділянок тканина ретикулофіброзна. В червоному кістковому мозку спостерігалися ділянки спустошення, зменшення кількості осередків активного кровотворення, вогнища розростання елементів сполучної тканини, нерівномірне повнокров'я з ознаками плазмостазу в окремих судинах.

У більшості тварин експериментальної групи до цього періоду спостерігалася інтенсивна консолідація мозолі із помітним потовщенням балок, а також з більш щільним їх розташуванням. Кісткова тканина була представлена компактизованою пластинчастою кістковою тканиною, замість трабекул з'явилися первинні та вторинні остеони і судинні канали (рис. 4). Розширені канали були заповнені молодим остеїдом, по їх стінкам відмічалася формування вузьких зон новоутвореної пластинчастої тканини.

У щурів контрольної групи до 28 доби експерименту кісткова мозоль залишалася пухкою у більшості випадків, у деяких – мала більш компактний вигляд (рис. 5). У всіх випадках мозоль мала надлишковий об'єм.

Регенерат був представлений густою сіткою кісткових балок різної товщини, елементами хрящової тканини з великою кількістю хондробластів. Кісткові трабекули мали переважно дугоподібну форму, були хаотично орієнтовані в товщі регенерату. Міжбалковий простір заповнений пухкою волокнистою сполучною тканиною. Зона періостальної мозолі представлена фіброзною тканиною з домішками лімфогістіоцитарних елементів низької або помірної щільності, серед яких незначний відсоток складала сегментоядерні лейкоцити, ознаки активного запального процесу не спостерігалися.

Натомість у щурів експериментальної групи кісткова мозоль порівняно з більш ранніми термінами мала більш зрілий вигляд. Основу регенерату складала густа система анастомозуючих кісткових балок, які представлені переважно пластинчастою компактною кістковою тканиною (рис. 6). Кісткові пластинки губчастої кісткової речовини мали паралельне розташування. Спостерігалася значна кількість мінералізованих ділянок. Клітинний склад кісткової тканини представлений значною кількістю остеоцитів та остеобластів.

В міжбалковому просторі наявні судинні канали, навколо яких формувалися кісткові структури по типу остеонів. В судинних каналах і резорбційних порожнинах зустрічалися дрібні артерії м'язового типу. Спостерігалися осередки кісткового мозку, переваж-

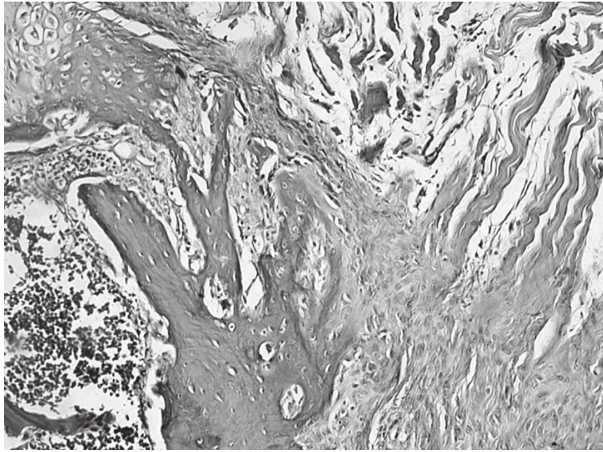


Рис. 7. Мікрофотографія. Регенерат діафізарного перелому стегнової кістки щура контрольної групи на 35 добу дослідження. Забарвлення гематоксилином та еозином. Збільшення x200.

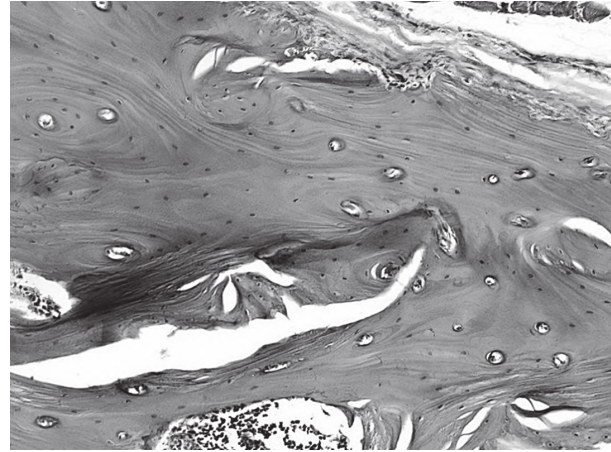


Рис. 8. Мікрофотографія. Регенерат діафізарного перелому стегнової кістки щура експериментальної групи на 35 добу дослідження. Забарвлення гематоксилином та еозином. Збільшення x200.

но червоного, який представлено всіма ростками кровотворення. В міжбалковому просторі виявлено ділянки активного ангиогенезу. Тенденції до формування надлишкової мозолі не спостерігалось. У деяких тварин експериментальної групи спостерігалися ознаки вираженої консолідації та активної перебудови мозолі.

До 35 доби експерименту у щурів контрольної групи кісткова мозоль зберігала переважно пухку структуру та виражену надлишковість об'єму. У деяких випадках спостерігалась ознака активної консолідації кісткової мозолі, що атипово розрослась і формування кісткової тканини на місці хряща (рис. 7). Основа регенерату представлена переважно пластинчастою кістковою тканиною, елементи якої знаходилися на різних етапах диференціювання. Переважна більшість кісткових пластинок розташовані паралельно. Вздовж краю кісткових трабекул спостерігалась невелика кількість остеобластів та помірна кількість остеоцитів – в товщі самих балок. В міжбалковому просторі виявлено ділянки розростання ретикулярної тканини. Наявна невелика кількість ділянок мінералізованої міжклітинної речовини. Репаративні процеси на більшості зрізів були слабо вираженими, спостерігалися окремі ділянки формування замикальної пластинки, яка була обмежена переважно волокнистою тканиною. В кістковому мозку спостерігається помірне фіброзування, мононуклеарно-макрофагально-плазмацитарна інфільтрація низької щільності. Елементи червоного кісткового мозку представлені переважно гемопоетичними клітинами, які знаходилися на різних стадіях розвитку, переважно гранулоцитарного ряду. Візуалізувалися поодинокі мегакаріоцити.

У щурів експериментальної групи у цей період кісткова мозоль мала високий ступінь зрілості. Її тканина відрізнялася від непошкоджених ділянок лиш хаотичністю розташування гаверсових систем, деяким розширенням гаверсових і фолькманівських каналів. Основу регенерату становила пластинчаста кісткова тканина з численними ділянками мінералізованої міжклітинної речовини

(рис. 8). Кісткові пластинки були орієнтовані вздовж трабекул. Виявлено значну кількість остеоцитів, які локалізовані в товщі кісткових балок. В міжбалковому просторі наявні судинні канали, навколо яких формувалися кісткові структури по типу остеонів. Ділянки червоного кісткового мозку представлені гемопоетичними клітинами, переважно гранулоцитарного ряду, які знаходилися на різних стадіях розвитку. Кістка була покрита окістям, яке представлено камбіальними остеогенними клітинами та їх похідними остеобластами, візуалізувалася також невелика кількість остеокластів. Навколо окістя виявлено незначну кількість прилеглих м'язових волокон.

Оцінюючи морфометричні показники статистично значимої різниці в показниках об'ємів BV/TV та CV/TV на 14 добу експерименту між групами не встановлено ( $p > 0,05$ ) (табл.). На 21 добу післяопераційного періоду та проведення 2 сеансів ЕУХТ у щурів досліджуваної групи показники BV/TV були достовірно вищими, порівняно з показниками контрольної групи ( $p = 0,01$ ), де на противагу їм встановлено достовірне зростання CV/TV ( $p = 0,01$ ). BV/TV у щурів експериментальної групи на 28 добу післяопераційного періоду достовірно відрізнявся від аналогічних показників визначених в контрольній групі ( $p = 0,02$ ). У цей же період у щурів контрольної групи встановлено достовірно вищий CV/TV, порівняно з щурами дослідної групи ( $p = 0,01$ ). На 35 добу післяопераційного періоду встановлено достовірно вищий BV/TV у

Таблиця.

**Порівняльна характеристика морфометричних показників процесів зрощення кісткової тканини щурів експериментальної та контрольної груп**

Показники	Доба дослідження	Експериментальна група, (мм <sup>3</sup> /мм <sup>3</sup> )	Контрольна група, (мм <sup>3</sup> /мм <sup>3</sup> )	p
BV/TV	14	2,92±0,82	1,63±0,76	0,09
CV/TV	14	1,80±1,21	1,82±0,83	0,83
BV/TV	21	3,78±1,29	1,79±0,47	0,01*
CV/TV	21	1,23±0,78	2,97±0,43	0,01*
BV/TV	28	4,0±1,45	1,90±0,58	0,02*
CV/TV	28	0,54±0,3	3,19±0,97	0,01*
BV/TV	35	5,54±1,04	2,08±0,67	0,01*
CV/TV	35	0,33±0,2	4,2±0,44	0,01*

\*Примітка. Встановлено статистично значиму різницю між показниками при  $p < 0,05$ .

щурів експериментальної групи ( $p=0,01$ ) та нижчий CV/TV ( $p=0,01$ ), порівняно з показниками контрольної групи.

У щурів експериментальної групи шляхом регресійного аналізу встановлено прямий кореляційний зв'язок середньої сили ( $r=+0,6323$ ) між BV/TV та добою експерименту, що свідчить про достовірне зростання BV/TV протягом дослідження. Між показниками CV/TV та добою експерименту встановлено зворотній кореляційний зв'язок середньої сили ( $r=-0,6437$ ), що вказує на достовірне зниження CV/TV під впливом ЕУХТ протягом дослідження у щурів експериментальної групи. У щурів контрольної групи не встановлено достовірних змін BV/TV протягом дослідження, натомість встановлено прямий сильний кореляційний зв'язок ( $r=+0,7911$ ), що свідчить про достовірне збільшення CV/TV протягом дослідження.

BV/TV у щурів експериментальної групи безперервно і швидко збільшувався та значно перевищував темпи росту у щурів контрольної групи. Якщо до 35 доби дослідження у щурів експериментальної групи BV/TV зріс в 1,9 разів, то у щурів контрольної групи за цей же період – в 1,28 разів. Встановлено, що процеси формування кісткової тканини у щурів експериментальної групи під впливом ЕУХТ розвивалися в 1,48 разів швидше, порівняно з щурами контрольної групи. У щурів експериментальної групи встановлено позитивний тренд у формуванні кісткової тканини, загальної тенденції показників у щурів контрольної групи не встановлено.

У щурів експериментальної групи відмічалось безперервне і стрімке зменшення CV/TV. На противагу цьому у щурів контрольної групи показники CV/TV безперервно і швидко збільшувалися. До 35 доби дослідження у щурів експериментальної групи CV/TV знизилася в 5,46 разів, то у щурів контрольної групи за цей же період встановлено збільшення показників в 2,31 рази. У щурів експериментальної групи під впливом ЕУХТ встановлено негативну тенденцію у формуванні сполучної тканини у процесі дослідження, натомість у щурів контрольної групи спостерігалась позитивний тренд у формуванні сполучної тканини.

Механізм впливу акустичної хвилі на зрощення переломів залишається до кінця невивченим. Однак, позитивний вплив застосування ЕУХТ на формування кісткової мозолі підтверджений численними клініко-експериментальними дослідженнями [3,4,5,6]. Встановлено збільшення товщини сформованих остеообластами кісткових трабекул та вище мінеральне насичення кісткової речовини під впливом ЕУХТ, що підтверджує отримані нами результати [3,4]. У ряді робіт позитивний вплив ЕУХТ пояснюється первинним утворенням мікропереломів, які стимулюють неоваскуляризацію, формування остеобластів та кісткове зрощення [3]. Однак, у нашому дослідженні ми не знайшли морфологічного підтвердження наявності мікропереломів, гематом та пошкодження окістя, внаслідок застосування ЕУХТ. Позитивний вплив методики ми пов'язуємо з індукцією остеогенного потенціалу диференціювання мезенхімальних стовбурових клітин, активацією неоваскулярних процесів та направленою росту кісткових трабекул. Спрямований повздожній ріст кісткових балок, без фази хаотичного розташування кісткових трабекул та наступного їх ущільнення скорочує терміни консолідації уламків та ремоделювання кісткової мозолі.

**Висновки.** Таким чином, на основі морфологічних показників у щурів експериментальної групи встановлено позитивний вплив застосування ЕУХТ при нестабільному остеоменталосинтезі уламків на процеси зрощення переломів. Динаміка формування кісткової структури та її якісні характеристики у щурів експериментальної групи достовірно відрізнялися від аналогічних показників визначених у щурів контрольної групи. У щурів експериментальної групи встановлено позитивну тенденцію у формуванні кісткової тканини та негативну – у розвитку сполучної. Натомість у щурів контрольної групи спостерігалась позитивна динаміка формування сполучної тканини.

**Перспективи подальших досліджень.** Доцільним для подальшого вивчення залишається питання визначення впливу екстракорпоральної ударно-хвильової терапії на процеси хондрогенезу.

### Література

1. Ivanov OM, Berezka MI, Lytovchenko VO, Hariachiy YeV. Resultaty vykorystannia reparativnoi metodyky likuvannia dysreheneracii kistkovoї tkanyny. Scientific Journal «ScienceRise» [Internet]. 2015 [tsitirovano 2018 Yanv 4]; 10/3(15):5-11. Dostupno: DOI:10.15587/2313-8416.2015.50733 [in Ukrainian].
2. Popsuishapka AK, Uzhyhova OE, Lytvishko VA. Chastota nesrashcheniia i zamedlennoho srashcheniia otlomkov pri izolirovannykh diafizarnykh perelomah dlennykh trubchastykh kostei konechnosti. Ortopediya, travmatologiya i protezirovaniye [Internet]. 2013 [tsitirovano 2018 Yanv 16]; 1:39-43. Dostupno: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/OrTIP\\_2013\\_1\\_10](http://nbuv.gov.ua/UJRN/OrTIP_2013_1_10) [in Russian]. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/OrTIP\\_2013\\_1\\_10](http://nbuv.gov.ua/UJRN/OrTIP_2013_1_10)
3. Cheng JH, Wang CJ. Biological mechanism of shockwave in bone. Int J Surg [Internet]. 2015 [cited 2017 Dec 16]; 24(PtB):143-6. DOI: 10.1016/j.ijsu.2015.06.059
4. Haffner N, Antonic V, Smolen D, Slezak P, Schaden W, Mittermayr R, et al. Extracorporeal shockwave therapy (ESWT) ameliorates healing of tibial fracture non-union unresponsive to conventional therapy. Injury [Internet]. 2016 [cited 2017 Dec 6]; 47(7):1506-13. DOI: 10.1016/j.injury.2016.04.010
5. Schaden W, Mittermayr R, Haffner N, Smolen D, Gerdesmeyer L, Wang CJ. Extracorporeal shockwave therapy (ESWT)-First choice treatment of fracture non-unions? Int J Surg [Internet]. 2015 [cited 2018 Jan 4]; 24(Pt B):179-83. DOI: 10.1016/j.ijsu.2015.10.003
6. Kertzman P, Császár NBM, Furia JP, Schmitz C. Radial extracorporeal shock wave therapy is efficient and safe in the treatment of fracture nonunions of superficial bones: a retrospective case series. Journal of Orthopaedic Surgery and Research [Internet]. 2017 [cited 2017 Dec 16]; 12:164. Available from: <http://doi.org/10.1186/s13018-017-0667-z>

### ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕКСТРАКОРПОРАЛЬНОЇ УДАРНО-ХВИЛЬОВОЇ ТЕРАПІЇ НА РЕПАРАТИВНИЙ ОСТЕОГЕНЕЗ В УМОВАХ НЕСТАБІЛЬНОГО ОСТЕОМЕТАЛОСИНТЕЗУ

Килимнюк Л. О., Ковальчук В. М., Григоровська А. В., Окаевич О. А., Маціпура М. М.

**Резюме.** В статті встановлено морфологічні особливості зрощення переломів під впливом екстракорпоральної ударно-хвильової терапії при нестабільному остеоменталосинтезі уламків. У щурів експериментальної

групи під впливом екстракорпоральної ударно-хвильової терапії встановлено позитивну тенденцію у формування кісткової тканини та негативну – у розвитку сполучної. У щурів контрольної групи спостерігалася позитивна динаміка формування сполучної тканини.

**Ключові слова:** порушення зрощення переломів, екстракорпоральна ударно-хвильова терапія, стимуляція репаративного остеогенезу, репаративний остеогенез, морфологічні особливості зрощення переломів.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭКСТРАКОРПОРАЛЬНОЙ УДАРНО-ВОЛНОВОЙ ТЕРАПИИ НА РЕПАРАТИВНЫЙ ОСТЕОГЕНЕЗ В УСЛОВИЯХ НЕСТАБИЛЬНОГО ОСТЕОМЕТАЛОСИНТЕЗА

Килимнюк Л. А., Ковальчук В. Н., Григоровская А. В., Окаевич А. А., Маципура М. Н.

**Резюме.** В статье установлено морфологические особенности сращения переломов под влиянием экстракорпоральной ударно-волновой терапии при нестабильном остеометалосинтезе отломков. У крыс экспериментальной группы под влиянием экстракорпоральной ударно-волновой терапии установлено позитивную тенденцию в формировании костной ткани и негативную – в развитии соединительной. У крыс контрольной группы наблюдалась положительная динамика формирования соединительной ткани.

**Ключевые слова:** нарушения сращения переломов, экстракорпоральная ударно-волновая терапия, стимуляция репаративного остеогенеза, репаративный остеогенез, морфологические особенности сращения переломов.

### EXPERIMENTAL STUDY OF THE INFLUENCE OF EXTRACORPORAL SHOCKWAVE THERAPY ON REPARATIVE OSTEOGENESIS FOR UNSTABLE FIXATION CONDITIONS

Kylymniuk L. O., Kovalchuk V. M., Hryhorovska A. V., Okaievych O. A., Matsipura M. M.

**Abstract. Aim:** to establish the morphological features of healing process of fracture with unstable fixation under the influence of extracorporeal shockwave therapy.

**Object and methods.** The study was performed on 40 healthy male rats weighing  $332,53 \pm 14,47$  g. The osteotomy of diaphysis of the femoral bone with followed intramedullary fixation was performed under combined anesthesia. Two groups were selected – control ( $n=20$ ) and experimental ( $n=20$ ). In the experimental group, the bone healing process were stimulated by using extracorporeal shockwave therapy. The whole course of treatment consists of 4 procedures with 7 days intervals. The extracorporeal shockwave therapy was performed by apparatus Swiss Dolor Clast (Electro Medical Systems, Nyon, Switzerland). The animals were taken out of the experimental on 14, 21, 28, 35 days of postoperative period, for 5 rats from each group. Specific volumes of bone (BV/TV) and connective tissue (CV/TV) were determined by linear integration method. The probability of an error-free prediction was set at  $p \leq 0.05$ . For statistical data processing the Statistica 10 program was used.

**Results.** In both groups, BV/TV continuously increased to 35 days, by 1.9 in the experimental group, in the control group – by 1.28. The formation of bone tissue in the experimental group developed 1.48 faster. In the experimental group, marked a rapid decrease in CV/TV by 5.46 to 35 days, in the control group, these figure increased 2.31. In the experimental group, a significant increase in BV/TV ( $r = +0.6323$ ) and a significant decrease in CV/TV ( $r = -0.6437$ ) during the study was established. There was no significant difference in BV/TV in the control group, while a significant increase in CV/TV was established ( $r = +0.7911$ ).

**Conclusions.** In the experimental group, a positive tendency was observed in the formation of bone tissue and negative in the development of the connective tissue. In the control group, positive dynamics of the formation of connective tissue was observed.

**Key words:** fracture healing complication, extracorporeal shockwave therapy, stimulation of reparative osteogenesis, reparative osteogenesis, morphological features of fracture healing.

Рецензент – проф. Єрошенко Г. А.

Стаття надійшла 04.05.2018 року

DOI 10.29254/2077-4214-2018-2-144-315-319

УДК [616.716+617.52]-003.92-08

\*Криничко Л. Р., \*Григоров С. М., \*\*Ставицький С. О., \*\*Локес К. П., \*\*Розколупа О. О.

### ГІСТОТОПОГРАФІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РЕГЕНЕРАТИВНИХ ПРОЦЕСІВ, ЩО ВІДБУВАЮТЬСЯ В ШКІРІ ШИЇ НА 3-Й МІСЯЦЬ ПІСЛЯ ОПЕРАЦІЙНОГО ПЕРІОДУ

\*Харківський національний медичний університет (м. Харків)

\*\*Вищий державний навчальний заклад України

«Українська медична стоматологічна академія» (м. Полтава)

stanislav\_stavickii@mail.ru

**Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами.** Робота є фрагментом науково-дослідних робіт Вищого державного навчального закладу України «Українська медична стоматологічна академія» МОЗ України: «Оптимізація консервативного та хірургічного лікування хворих, що мають дефекти та деформації тканин щелепно-лицевої ділянки», № державної реєстрації 0110U004629.

**Вступ.** Сучасне суспільство пов'язане з глобальною урбанізацією та, як наслідок, розвитком соціальних мереж та комунікативних сітей. Саме цей фактор першочергово впливає на індустріальний розвиток провідних країн світу. За переконаннями науковців, що вивчають соціальну медицину, вищенаведені фактори сприяють розвитку доказової медичної та природознавчої науки. Науковцями підтверджений чіткий