

*Research results and their discussion.* In the first group of patients, suppuration of the wound occurred in 1 (3.7%) patients, in 3 (11.1%) serous inflammation of the postoperative wound, which was eliminated by drainage and the appointment of anti-inflammatory therapy (diclofenac 3.0 1 times/m), anal incontinence in patients was not marked.

The wound healed for  $10 \pm 1.2$  days. In the second group of patients in the early postoperative period there were local complications in the form of suppurative wounds in 7 (26.9%) patients, partial incontinence of gases appeared in 6 (23.0%) patients, anal incontinence of the 1st degree was noted at 6 (23.0%), stable anal incontinence arose in 4 (15.3%), the wound was healed for  $24 \pm 2.3$  days. Long-term results of treatment, which were studied from 1 to 24 months, by surveys and questionnaires of 21 patients in the first group and 22 patients in the second group. Relapse in the first group occurred in 1 (3.7%) of the patient in the second group occurred in 4 (15.4%) patients. In addition, in the second group, stable anal incontinence was observed in 3 (13.6%) and partial incontinence gases in 4 (18.1%) patients.

*Conclusions.* The proposed technique reduced the number of relapses in patients with extrasphincter fistulas after surgical treatment by 11.7% compared with the classical ones.

Local use of a lyophilized allogeneic collagen implant promotes accelerated formation of own collagen in the patient's tissues, which leads to a rapid closure of the defect.

**Key words:** extrasphincter fistulas, collagen implant, transanal ultrasound examination.

Рецензент – проф. Малик С. В.  
Стаття надійшла 22.01.2018 року

DOI 10.29254/2077-4214-2018-1-1-142-204-208

УДК 616.71-001.58:615.837:612.08

<sup>1</sup>Фіщенко В. О., <sup>1</sup>Килимнюк Л. О., <sup>2</sup>Ковальчук В. М., <sup>1</sup>Маціпура М. М., <sup>2</sup>Ренкас О. П.

### ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ЗРОЩЕННЯ ПЕРЕЛОМІВ ПІД ВПЛИВОМ УДАРНО-ХВИЛЬОВОЇ ТЕРАПІЇ НА ОСНОВІ РЕНТГЕНОГРАФІЧНИХ ДАНИХ

<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.** Сучасні досягнення травматології та ортопедії сприяють покращенню результатів лікування пацієнтів з переломами кісток. На цьому фоні проблема порушення зрощення привертає все більшої уваги. Частота переломів довгих трубчастих кісток ускладнених сповільненою консолидацією та формуванням хибних суглобів становить 12,5-26%, а частка незадовільних результатів лікування при даній патології сягає 33% [1]. Для покращення результатів лікування протягом тривалого часу продовжуються пошуки засобів впливу на процеси зрощення, однак проблема залишається невирішеною [10]. Сучасні погляди на причину розвитку розладів репаративної регенерації пов'язують її з пошкодженням клітинних програм відновлення, які призводить до порушення процесів формування кісткової тканини в обсязі достатньому для заповнення утвореного дефекту [3]. Необхідною умовою для оптимального вибору тактики лікування переломів є глибокі знання комплексу фізіологічних процесів у складному багатосту-

пеневому каскаді клітинних реакцій, які виникають у відповідь на дію травмуючого агента. Ретельне вивчення додаткових способів стимуляції при розладах репаративної регенерації дозволить розробити диференційований підхід до вибору способу лікування при порушеннях зрощення переломів з урахуванням біологічних процесів в ділянці перелому та кістковій мозолі [3,4,10]. Таким чином, потреба в пошуках додаткових засобів впливу на процеси репаративної регенерації з метою профілактики даного ускладнення є актуальною, що зумовлено не лише інтересом науковців, а й суттєвим медико-соціальним значенням даної проблеми.

**Мета дослідження:** дослідити вплив екстракорпоральної ударно-хвильової терапії (ЕУХТ) на процеси зрощення кісткової тканини при нестабільному остеометалосинтезі шляхом оцінки рентгенографічних показників в експериментальних умовах.

**Об'єкт і методи дослідження.** Дослідження виконано в умовах віварію Вінницького національного медичного університету імені М.І. Пирогова на 40 безпородних статевозрілих здорових щурах-самцях масою  $330 \pm 20$  г. Експеримент 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

Таблиця 1.

**Рентгенографічна шкала оцінки процесів кісткового зрощення в експериментальних дослідженнях**

Категорія	Бали
Періостальна реакція (ПР)	
відсутня	0
мінімальна (розташована біля зони перелому)	1
середня (поширюється за межі зони перелому)	2
помірна (поширюється від $j$ до $S$ ділянки дефекту)	3
повна (від $S$ до повної довжини ділянки дефекту)	4
Лінія остеотомії (ЛО)	
обидва кортикальні шари повністю несформовані	0
один кортикальний шар частково сформований	1
обидва кортикальні шари частково сформовані	2
один кортикальний шар сформований	3
обидва кортикальні шари сформовані	4
Зовнішня структура (ЗС)	
без змін	0
незначні резорбція (одна обмежена ділянка)	1
помірна резорбція (більше однієї обмеженої ділянки)	2
майже повністю заміщена	3
повністю заміщена	4

тіопенталу натрію та кетаміну виконували остеотомію діафіза стегнової кістки з наступним інтрамедулярним остеометалосинтезом шпичею. Хірургічне втручання проводили в умовах операційної, з дотриманням принципів асептики та антисептики. При виконанні інтрамедулярного остеосинтезу використовували металеву шпичку з нержавіючої сталі діаметром 0,6 мм. В післяопераційному періоді усім щурам надавали вільний динамічний режим. Таким чином, 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 перелому з допомогою ЕКУХТ. Повний курс лікування становив 4 сеанси з інтервалами 7 діб. Для проведення ЕУХТ використовували апарат фірми Swiss DoloClast. Частота ударів відповідала 15 Гц, робочий тиск 1 бар. Сумарна кількість ударів на ділянку пошкодження протягом однієї процедури сягала 300 ударів, використовували головки для класичної ЕУХТ R15 (діаметр 15 мм), максимальна енергія 0,38 мДж/мм хв.

Для оцінки динаміки процесів регенерації кісткової тканини виконували рентгенографію ушкодженого сегмента на 14, 21, 28, 35 добу післяопераційного періоду. Для кількісної оцінки змін рентгенографічних показників використовували рентгенографічну шкалу оцінки кісткового зрощення [8] з модифікаціями для моноосального сегмента (табл. 1).

Протягом експерименту проводили спостереження загального стану лабораторних щурів, їх апетиту, поведінкових реакцій, опороздатності оперованої кінцівки, стану локальних шкірних покривів та м'яких тканин в області оперативного втручання.

Обробка даних. 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 критерій тау Кендалла. Вірогідність безпомилкового прогнозу встановлювали при  $p \leq 0,05$ , отримані результати наведені у вигляді середнього арифметичного  $\pm$  середнього квадратичного відхилення ( $M \pm SD$ ). Для статистичної обробки матеріалів використовували програму Statistica 10 Trial.

**Результати дослідження та їх обговорення.** У щурів контрольної групи на 14 добу післяопераційного періоду рентгенологічна картина характеризувалася появою світло-сірих неоднорідних тіней малої інтенсивності, що розташовувалися паралельно кортикальному шару. Між уламками спостерігалися процеси формування первинної мозолі у вигляді безструктурних нещільних утворень. Лінія остеотомії зберігалася на всьому протязі. Контури кортикального шару уламків в ділянці перелому втрачали свою чітку відмежованість, краї уламків згладжені. Спостерігалися ознаки остеопорузу на краях уламків.

На рентгенограмах щурів дослідної групи на 14 добу після інтрамедулярного остеосинтезу та 1 сеансу ЕКУХТ було виявлено ознаки формування ендостальної кісткової мозолі у вигляді світло-сірої неоднорідної тіні малої інтенсивності з поодинокими ділянками звапнення. В безпосередній близькості від лінії перелому з'являлися початкові ознаки формування періостальної кісткової мозолі, у вигляді світло-сірих хмароподібних тіней малої інтенсивності та неоднорідної структури. Періостальна кісткова мозоль мала вигляд безструктурних нещільних утворень та поодиноких остеоїдних трабекул. Краї уламків були згладжені, кортикальний шар в ділянці мозолі – нерівномірний.

На 14 добу достовірної різниці в досліджуваних рентгенографічних показниках репаративної регенерації в експериментальній групі та групі контролю не встановлено (табл. 2).

На рентгенограмах щурів контрольної групи на 21 добу після інтрамедулярного остеометалосинтезу відмічалася згладження країв уламків, нерівномірність кортикального шару в ділянці мозолі та відсутність його чіткої відмежованості. Ендостальна кісткова мозоль візуалізувалася як світло-сіра неоднорідна тінь малої інтенсивності. На бокових поверхнях уламків спостерігалися ознаки періостальної мозолі, у вигляді безструктурних нещільних утворень та поодиноких остеоїдних трабекул.

На рентгенограмах щурів дослідної групи на 21 добу після інтрамедулярного остеометалосинтезу та 2 сеансів ЕУХТ простір між уламками був вповнений ендостальною кістковою мозоллю неоднорідної структури з поодинокими ділянками звапнення, щільність якої збільшувалася, однак залишалася нижчою, порівняно із здоровою кістковою тканиною. В безпосередній близькості від лінії перелому

**Результати рентгенографічної шкали щурів експериментальної та контрольної груп**

групи	доба	ПР	ЛО	ЗС	сума
контрольна	14	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0	0,0±0,0
експериментальна	14	0,6±0,55	0,4±0,55	0,2±0,45	1,2±1,3
p		0,07	0,18	0,42	0,07
контрольна	21	1,2±0,45	0,4±0,55	1,0±0,0	2,6±0,89
експериментальна	21	1,6±0,55	1,6±0,89	1,8±0,45	5,0±1,22
p		0,27	0,04*	0,02*	0,018*
контрольна	28	1,6±0,55	1,6±0,55	1,4±0,55	4,6±0,89
експериментальна	28	3,4±0,55	3,4±0,55	3,2±0,45	10,0±0,71
p		0,01*	0,01*	0,009*	0,01*
контрольна	35	2,4±0,55	2,2±0,45	2,6±0,55	7,2±1,1
експериментальна	35	3,8±0,45	3,4±0,55	3,8±0,45	11,1±1,0
p		0,015*	0,019*	0,019*	0,01*

\*Примітка. Статистично значима різниця між показниками при  $p \leq 0,05$ .

спостерігалися ознаки формування нового кортикального шару. Періостальна кісткова мозоль мала неоднорідну структуру, з окремими осередками кальцинації. Лінія остеотомії частково зберігалася.

На 21 добу у щурів експериментальної групи процеси ремоделювання ( $p=0,02$ ), закриття лінії остеотомії ( $p=0,04$ ) та сумарні результати ( $p=0,018$ ) мали достовірно кращі результати, порівняно з показниками щурів контрольної групи.

На рентгенограмах щурів контрольної групи на 28 добу простір між уламками був виповнений ендостальною кістковою мозоллю, щільність якої була значно нижчою, порівняно із здоровою кістковою тканиною. Новий кортикальний шар, в безпосередній близькості від перелому не був сформований. Ззовні кінці уламків охоплені періостальними нашаруваннями помірних розмірів. Періостальна кісткова мозоль мала неоднорідну структуру, з окремими осередками кальцинації. Лінія остеотомії зберігалася.

На рентгенограмі щурів дослідної групи на 28 добу після 3 сеансів ЕУХТ спостерігалася безперервна та рівномірно кальцинована ендостальна кісткова мозоль, яка походила з кісткомозкових каналів уламків і повністю виповнювала простір між ними. Щільність її не відрізнялася від здорової кісткової тканини. В ділянці перелому спостерігалися ознаки формування нового кортикального шару, який був менш кальцинований, порівняно зі здоровою тканиною. Лінія остеотомії майже не прослідковувалася. Періостальна кісткова мозоль незначних розмірів, у вигляді безперервної гомогенної світлої муфти огортала ділянку перелому.

На 28 добу встановлено достовірну відмінність у процесах формування кісткової мозолі ( $p=0,01$ ), закриття лінії остеотомії ( $p=0,01$ ), ремоделювання кісткової тканини ( $p=0,009$ ) та сумарним результатам ( $p=0,01$ ) в досліджуваних групах.

На рентгенограмах стегнової кістки щурів контрольної групи на 35 добу після інтрамедулярного остеометалосинтезу простір між уламками був виповнений ендостальною кістковою мозоллю нео-

днорідної структури з окремими осередками звапнення. Щільність її була значно нижчою, порівняно із здоровою кістковою тканиною. В безпосередній близькості біля перелому спостерігаються ознаки формування нового кортикального шару, який також менш кальцинований. Ззовні кінці уламків охоплені веретеноподібної форми періостальною кістковою мозоллю, значних розмірів та неоднорідної структури з окремими кальцинованими ділянками. Крім того, у 7 щурів контрольної групи спостерігалися ознаки порушення зрощення переломів у вигляді появи замикальної пластинки, збільшення діастазу між уламками, локального остеопорозу

фрагментів та періостальної кісткової мозолі значних розмірів.

На рентгенограмах стегнової кістки щурів дослідної групи на 35 добу після інтрамедулярного остеометалосинтезу та 4 сеансів ЕУХТ у всіх щурів експериментальної групи виявлено консолідацію переломів. Вісь стегнової кістки правильна. Простір між уламками був повністю заповнений рівномірно кальцинованою ендостальною кістковою мозоллю з дещо вищою щільністю, порівняно зі здоровою кістковою тканиною. В ділянці перелому виявлено ознаки сформованого нового кортикального шару. Лінія остеотомії не прослідковувалася. Періостальна кісткова мозоль відсутня.

На 35 добу у щурів дослідної групи процеси зрощення перелому достовірно відрізнялися порівняно з контрольною групою по всім досліджуваним параметрам ( $p=0,01$ ). Статистично значима відмінність встановлена між показниками формування кісткової мозолі ( $p=0,015$ ), закриттям лінії остеотомії ( $p=0,019$ ) та процесами ремоделювання ( $p=0,019$ ).

При порівнянні показників процесів зрощення отриманих згідно рентгенографічної шкали в експериментальній та контрольній групах встановлена статистично достовірна різниця, що свідчить про позитивний вплив ЕУХТ на репаративну регенерацію переломів при нестабільному остеометалосинтезі (табл. 3).

Таблиця 3.

**Порівняльна характеристика результатів рентгенологічної шкали для щурів експериментальної та контрольної груп**

	ПР	ЛО	ЗС	сума
експериментальна	2,35±1,42	2,2±1,44	2,25±1,48	6,8±4,18
контрольна	1,3±0,98	1,05±0,1	1,25±1,02	3,6±2,82
p	0,02*	0,0095*	0,027*	0,014*

\*Примітка. Статистично значима різниця між показниками при  $p \leq 0,05$ .

Між порушенням процесів зрощення переломів у щурів та використанням ЕУХТ для стимуляції репаративної регенерації встановлено зворотній кореляційний зв'язок середньої сили ( $r=-0,5388$ ,  $p \leq 0,05$ ),

що свідчить про зростання частоти формування розладів остеорепації у щурів контрольної групи при нестабільному остеометалосинтезі.

Дані сучасної літератури підтверджують отримані нами результати та вказують на позитивний вплив ЕУХТ на процеси формування кісткової тканини. Експериментальні і клінічні дослідження свідчать про ефективність ЕУХТ в активізації процесів репаративного остеогенезу при порушеннях зрощення переломів [4, 10]. Доведено позитивний вплив ЕУХТ на об'єм і структуру кісткової тканини – потовщення кортикального шару довгих трубчастих кісток, підвищення мінеральної щільності кісткової тканини та перебіг процесів формування кісткової тканини [2,3].

В експериментальних дослідженнях використання ЕУХТ сприяло інтенсифікації формування кісткової мозолі, остання характеризувалася більшою масою кісткової речовини, більшим мінеральним насиченням, більшим вмістом кальцієвих солей, більшою витривалістю при біомеханічних навантаженнях (механічному стресі) і більшим модулем

еластичності в порівнянні з контрольною групою тварин [2,9]. Крім того, в ряді робіт підтверджено вплив ЕУХТ високої енергії на зрощення псевдоартрозів довгих кісток [5,9]. Однак, точні механізми впливу ЕУХТ при порушеннях зрощення переломів залишаються невивченими, а відсутність стандартизованої методики застосування ускладнює ситуацію.

**Висновки.** Таким чином, доведено позитивний вплив ЕУХТ на процеси зрощення переломів, їх динаміку та якісну структуру кісткової тканини. Встановлено превентивний ефект ЕУХТ у формуванні розладів репаративної регенерації за умов нестабільного остеометалосинтезу.

**Перспективи подальших досліджень.** Перспективним являється наукове обґрунтування вибору методу стимуляції при порушеннях зрощення переломів з урахуванням виду та тривалості процесу. Створення єдиного алгоритму використання допоміжних методів стимуляції дозволить не лише покращити результати лікування, а й порівнювати їх для визначення найбільш ефективного методу.

### Література

1. Popsuyshapka AK, Litvishko AV, Grigor'yev VV, Ashukina NA. Lecheniye nesrashcheniya otlomkov kosti posle diafizarnogo pereloma. Ortopediya, travmatologiya i protezirovaniye [Internet]. 2014 [tsitirovano 2018 Yanv 4]; 11:34-41. Dostupno: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/OrTIP\\_2014\\_1\\_8](http://nbuv.gov.ua/UJRN/OrTIP_2014_1_8) [in Russian].
2. Barnes K, Lanz O, Werre S, Clapp K, Gilley R. Comparison of autogenous cancellous bone grafting and extracorporeal shock wave therapy on osteotomy healing in the tibial tuberosity advancement procedure in dogs. Radiographic densitometric evaluation. Vet Comp Orthop Traumatol [Internet]. 2015 [cited 2017 Dec 14];28(3):207-14. DOI: 10.3415/VCOT-14-10-0156
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.ijssu.2015.06.059
4. Everding J, Freistühler M, Stolberg-Stolberg J, Raschke MJ, Garcia P. Extracorporeal shock wave therapy for the treatment of pseudarthrosis: New experiences with an old technology. Unfallchirurg [Internet]. 2017 [cited 2017 Jan 4];120(11):969-78. DOI: 10.1007/s00113-016-0238-5
5. Fan T, Huang G, Wu W, Guo R, Zeng Q. Combined treatment with extracorporeal shock wave therapy and bone marrow mesenchymal stem cell transplantation improves bone repair in a rabbit model of bone nonunion. Mol Med Rep [Internet]. 2018 [cited 2018 Jan 4];17(1):1326-32. DOI: 10.3892/mmr.2017.7984
6. Huang H-M, Li X-L, Tu S-Q, Chen X-F, Lu C-C, Jiang L-H. Effects of Roughly Focused Extracorporeal Shock Waves Therapy on the Expressions of Bone Morphogenetic Protein-2 and Osteoprotegerin in Osteoporotic Fracture in Rats. Chinese Medical Journal [Internet]. 2016 [cited 2018 Jan 4];129(21):2567-75. Available from: <http://doi.org/10.4103/0366-6999.192776>
7. Kieves NR, MacKay CS, Adducci K, Rao S, Goh C, Palmer RH, et al. High energy focused shock wave therapy accelerates bone healing. A blinded, prospective, randomized canine clinical trial. Vet Comp Orthop Traumatol. [Internet]. 2015 [cited 2018 Jan 4];28(6):425-32. DOI: 10.3415/VCOT-15-05-0084
8. Maiti SK, Ninu AR, Sangeetha P, Mathew DD, Tamilmahan P, Kritaniya D, et al. Mesenchymal stem cells-seeded bio-ceramic construct for bone regeneration in large critical-size bone defect in rabbit. Journal of Stem Cells & Regenerative Medicine [Internet]. 2016 [cited 2018 Jan 4];12(2):87-99. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5227108/>
9. Oktaş B, Orhan Z, Erbil B, Değirmenci E, Ustündağ N. Effect of extracorporeal shock wave therapy on fracture healing in rat femoral fractures with intact and excised periosteum. Eklem Hastalik Cerrahisi [Internet]. 2014 [cited 2018 Jan 4];25(3):158-62. DOI: 10.5606/ehc.2014.33
10. 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.ijssu.2015.10.003

### ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ЗРОЩЕННЯ ПЕРЕЛОМІВ ПІД ВПЛИВОМ УДАРНО-ХВИЛЬОВОЇ ТЕРАПІЇ НА ОСНОВІ РЕНТГЕНОГРАФІЧНИХ ДАНИХ

**Фіщенко В. О., Килимнюк Л. О., Ковальчук В. М., Маціпура М. М., Ренкас О. П.**

**Резюме.** Досліджено вплив екстракорпоральної ударно-хвильової терапії (ЕКУХТ) на процеси зрощення кісткової тканини при нестабільному остеометалосинтезі шляхом оцінки рентгенографічних показників в експериментальних умовах. Доведено, що у щурів експериментальної групи під впливом ЕУХТ спостерігалися вищі показники, що характеризували процеси формування, ремоделювання кісткової мозолі та закриття лінії остеотомії, порівняно з аналогічними показниками контрольної групи. Динаміка показників процесів зрощення перелому в щурів дослідної групи, достовірно відрізнялася від аналогічних показників щурів групи контролю на 21 добу ( $p=0,018$ ), 28 ( $p=0,01$ ) та 35 добу ( $p=0,01$ ). В результаті дослідження встановлено превентивний ефект ЕУХТ у формуванні розладів репаративної регенерації за умов нестабільного остеометалосинтезу, що підтверджено наявністю оберненого кореляційного зв'язку середньої сили ( $r=-0,5388$ ,  $p<0,05$ ) між порушеннями зрощення переломів та використанням ЕУХТ.

**Ключові слова:** зрощення переломів, сповільнена консолидація, екстракорпоральна ударно-хвильова терапія.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СРАЩЕНИЯ ПЕРЕЛОМОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ УДАРНО-ВОЛНОВОЙ ТЕРАПИИ НА ОСНОВАНИИ РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ

**Фищенко В. А., Килимнюк Л. А., Ковальчук В. Н., Маципура М. Н., Ренкас Е. П.**

**Резюме.** Исследовано влияние экстракорпоральной ударно-волновой терапии (ЭУВТ) на процессы сращения костной ткани при нестабильном остеометалосинтезе, путем оценки рентгенографических показателей в экспериментальных условиях. Установлено, что у крыс экспериментальной группы под воздействием ЭУВТ наблюдались высшие показатели, которые характеризовали процессы формирования, ремоделирования костной мозоли и закрытия линии остеотомии, по сравнению с аналогичными показателями контрольной группы. Динамика показателей процессов сращения переломов в крыс подопытной группы, значимо отличалась от аналогичных показателей крыс группы контроля на 21 сутки ( $p=0,018$ ), 28 ( $p=0,01$ ) и 35 сутки ( $p=0,01$ ). В результате исследования установлено превентивный эффект ЭУВТ в формировании расстройств репаративной регенерации при условиях нестабильного остеометалосинтеза, что подтверждено наличием обратной корреляционной связи средней силы ( $r=-0,5388$ ,  $p\leq 0,05$ ) между нарушениями сращения переломов и использованием ЭУВТ.

**Ключевые слова:** сращение переломов, замедленная консолидация, экстракорпоральная ударно-волновая терапия.

### EXPERIMENTAL STUDY THE EFFECTS OF SHOCKWAVE THERAPY ON FRACTURE HEALING BASED ON X-RAY DATA

**Fishchenko V. O., Kylymniuk L. O., Kovalchuk V. M., Matsipura M. M., Renkas O. P.**

**Abstract. Aim.** To investigate the effects of extracorporeal shockwave therapy (ESWT) on bone healing process with unstable internal fixation by evaluating radiographic parameters in experimental conditions.

**Object and methods.** An experimental study was performed on 40 healthy mongrel mature male rats weighing  $330 \pm 20$  g. Under combined anesthesia, osteotomy of the diaphysis of the femoral bone was performed followed by intramedullary internal fixation. Among the operated 2 groups of rats were selected – experimental ( $n = 20$ ) and control ( $n = 20$ ). The rats of the experimental group additionally performed stimulation of fracture healing with ESWT. The complete course of treatment consisted of 4 sessions with intervals of 7 days. To assess the dynamics of regeneration of bone X-rays performed on the damaged segment at 14, 21, 28, 35 day of postoperative period. To quantify changes in radiographic parameters used radiographic evaluation of bone accretion of scale with modifications to one-bone segment.

**Results.** At the 14 day, there was no significant difference in the radiographic regeneration parameters in the experimental group and in the control group. At the 21 day the remodeling process ( $p = 0.02$ ), closing line of osteotomy ( $p = 0.04$ ) and total results ( $p = 0.018$ ) in experimental group of rats had significantly better results compared with those of the control group rats. At the 28 days the authentic difference in terms of the formation of callus ( $p = 0.01$ ), closing line of osteotomy ( $p = 0.01$ ), remodeling of bone tissue ( $p = 0.009$ ) and total result ( $p = 0.01$ ) in the study group. At the 35 day experimental group the fracture healing processes was significantly different compared with the control group in all parameters investigated ( $p = 0.01$ ), an indicator of callus formation ( $p = 0.015$ ), closing line of osteotomy ( $p = 0.019$ ) and remodeling process ( $p = 0.019$ ). In addition, the results of the study indicate that without the additional use of ESWT in an unstable internal fixation, the frequency of fracture increased ( $r = -0.5388$ ,  $p\leq 0,05$ ).

**Conclusion.** The positive influence of the ESWT on the fracture healing, their dynamics and qualitative structure of bone tissue has been proved. The preventive effect of ESWT in formation of disorders of reparative regeneration in conditions of unstable internal fixation is established.

**Key words:** fracture healing, delay union, extracorporeal shockwave therapy.

*Рецензент – проф. Малик С. В.*

Стаття надійшла 23.01.2018 року