

Т.М.Павлова  
М.І.Березка

Харківський національний  
медичний університет

**Ключові слова:** перелом  
кістки, електричний опір,  
остеоцити, гістологічний  
аналіз.

Надійшла: 04.04.2016  
Прийнята: 17.05.2016

DOI: <https://doi.org/10.26641/1997-9665.2016.2.31-39>  
УДК 616.717.4/.6:616.718.5/.6-001.514]-07-089-037-036.8

## ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ЕЛЕКТРИЧНОГО ОПОРУ ТА МОРФОЛОГІЧНИХ ЗМІН СТЕГНОВОЇ КІСТКИ ЩУРІВ ПІСЛЯ МО- ДЕЛЮВАННЯ ВІДКРИТОГО ПЕРЕЛОМА (ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ)

*Дослідження виконано в рамках науково-дослідної роботи “Малоінвазивні хірургічні технології при лікуванні хворих з політравмою” (номер державної реєстрації 0111U001389).*

**Реферат.** Проведено гістологічне, електронно-мікроскопічне дослідження та вивчений електричний опір відламків стегнової кістки на білих щурах після моделювання відкритого перелому різної тяжкості. Виявлені гістологічні, ультраструктурні зміни в трьох досліджених точках дистального і проксимального відділу уламків кістки. Встановлено кореляційний взаємозв'язок електрогенеза кісткової тканини і станом остеоцитів, з використанням приладу мультиметра цифрового UT70B. Метод електричного опору може бути використаний для оцінки життєздатності кісткової тканини в клінічних умовах при відкритих діафізарних переломах кісток кінцівок при госпіталізації постраждалих.

**Morphologia.** – 2016. – Т. 10, № 2. – С. 31-39.

© Т.М.Павлова, М.І.Березка, 2016

✉ [doktor\\_82@bk.ru](mailto:doktor_82@bk.ru)

**Pavlova T.M., Berezka M.I. Relationship of electrical resistance and morphological changes thigh rats after modeling of open fracture (experimental study).**

**ABSTRACT. Background.** Due to the development of industry, increasing number of vehicles on the roads rate of traumatic injuries among adult population causing disability and mortality is still high in all countries of the world. Among all fractures of long bones open diaphyseal fractures ranges from 28% to 53%. **Objective.** To study the relationship of electrical resistance and morphological features of the femur of white male rats after modeling the open fracture. **Methods.** Studies were conducted on white male rats aged about 3 months. Digital multimeter UT70B was used to measure the electrical resistance of bones in experimental animals after 1 and 3 hours of experimental modeling of opened bone fracture. Histological and electron microscopic studies were performed to evaluate bone structure. **Results.** 1 hour after modeling an open bone fracture it was detected the presence of empty lacunae or gaps filled with detritus. 3 hours after the experiment cellular density in the first studied area was reduced 4.1 times, in the second area - 3.2 times comparing with the control. **Conclusion.** These histological examination and study of the electrical resistance of bone fragments after re-fracture (with or without coagulation fragments) indicate similar changes in direction of the bone. Electrical resistance after testing in the clinical setting can be used for testing the bone fragments after an open fracture to assess viability. We have developed a technique for evaluation the electrical resistance making it possible to predict the viability of bone tissue with opened diaphyseal fractures of extremities on early stages.

**Key words:** bone fracture, electrical resistance, osteocytes, histological analysis.

### Citation:

Pavlova TM, Berezka MI. [Relationship of electrical resistance and morphological changes thigh rats after modeling of open fracture (experimental study)]. *Morphologia*. 2016;10(2):31-9. Ukrainian.

### Вступ

У всіх країнах світу у зв'язку з розвитком промисловості, збільшення кількості транспортних засобів на шляхах спостерігається зріст травматизму дорослого населення внаслідок ДТП, виробничого травматизму, техногенних катастроф та кататравми, який досягає 50 – 70 % основних причин інвалідності та смертності. Щорічно в Україні травмується приблизно від 1,5 до 2

мільйонів людей, смертність від травм складає 8,14 % (132,8 випадків на 100 тис. населення та має тенденцію до збільшення. Кількість травмованих внаслідок високоенергетичної травми складає контингент постраждалих у віковій групі від 20 до 55 років [1-3].

Серед усіх переломів довгих кісток кінцівок питома вага відкритих діафізарних переломів становить від 28% до 53% [4]. При цьому вели-

кою проблемою в лікуванні таких потерпілих являються різного роду ускладнення, такі як порушення процесу репаративної регенерації - до 20%, гнійні ускладнення - 57,4% [5]. Важливе значення для консолідації перелому має життєздатність кісткової тканини після впливу травми різної інтенсивності [6; 7].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В даний час під електрогенезом кісткової тканини розуміють здатність генерувати електричні потенціали, що визначається її активними біоелектричними властивостями. В основі концепції полягає мембранно-іонна теорія, а саме: місцем електрогенеза є поверхнева мембрана клітини, різниця потенціалів, що виникає має іонну природу і обумовлена асиметрією розподілу електричних зарядів по обидві сторони мембрани [8].

При переломі на кісткову тканину впливає напруга, що виникає у кістці, та залишкова кінетична енергія, яка поширюється вздовж тканин сегмента у вигляді хвильових коливань. Руйнування мембрани клітин відбувається в момент, коли напруги, що у кістки, перевищують допустимі для мембрани значення. При пошкодженні кісткової тканини, викликаному травмою різної інтенсивності відбувається зміна електричних потенціалів, порушується їх стереометрія, утворюється електронегативний та електропозитивний заряд, порушується організація кісткової тканини [6; 9; 10].

При проведенні ретроспективного аналізу існуючих методів дослідження життєздатності кісткової тканини та м'яких тканин при відкритих переломах кісток та їх ускладненнях ми прийшли до висновку, що методи діагностики базуються на виявленні вторинних анатомічних змін в кістковій тканині, або певною мірою є запізнілими і не можуть дати оцінку структурно-функціонального стану кісткової тканини на ранньому госпітальному етапі.

У зв'язку з цим нами був запропонований метод оцінки структурно-функціонального стану кісткової тканини на основі взаємозв'язку електрогенеза, гістологічних та електронно-мікроскопічних особливостей кісткових клітин під впливом травми різної інтенсивності.

**Метою** даного дослідження є вивчення взаємозв'язку електричного опору та морфологічних особливостей стегнової кістки білих щурів-самців після моделювання відкритого перелому і провести кореляційний аналіз використаних методів для оцінки життєздатності кісткової тканини.

#### **Матеріали та методи**

Дослідження проведені на статевозрілих білих лабораторних щурах-самцях віком 3-х місяців (200-250г). Експерименти виконані відповідно до вимог про гуманне ставлення до експериментальних тварин, згідно з «Європейської конвенції захисту хребетних тварин, які використо-

вуються в експериментальних та інших цілях» і закону України [11-13].

План експерименту і тактика його виконання заслухані та затверджені Комітетом з питань біоетики (протокол №6 від 03.06.2015 р.).

Була відтворена модель порушення структурної організації відламків стегнової кістки у щурів шляхом відкритого перелому і після перелому з коагуляцією відламків (для посилювання порушень). В якості контролю використані тварини без перелому. Проведено гістологічна оцінка стану остеоцитів і електричного опору в різних областях стегнової кістки після перелому.

При оперативному втручанні використовували загальне знеболювання. Препарати вводили внутрішньом'язово, аміназин - 10 мг / кг живої маси, кетамін - 50 мг / кг живої маси. Після занурення тварин у наркоз та обробки області оперативного втручання, по латеральній поверхні стегна здійснювали поздовжній розріз шкіри і підшкірної жирової клітковини. Роз'єднували глибокі шари м'язів, оголюючи середню третину діафіза. За допомогою пилки Джиглі проводили поперечну остеотомію в середині діафіза стегнової кістки. Для посилення деструктивних порушень у кістки проводили електрокоагуляцію крайових відламків стегнової кістки. В якості контролю використовували тварин аналогічного віку та статі без перелому.

Щурів виводили з експерименту шляхом інгаляційного передозування ефіру для наркозу через 1 і 3 години після початку експерименту.

За допомогою приладу мультиметра цифрового UT70В вимірювали електричний опір кістки (рис. 1) в діапазоні від 0 до 4000 МОм у трьох ділянках кістки (вище і нижче області перелому) 6, 12 і 18 мм у дослідних тварин (далі по тексту позначені як 1, 2 і 3 точки відповідно) через 1 і 3 години з моменту відтворення відкритого перелому, (рис.2). У контрольних тварин в стегновій кістці обрані аналогічні точки.



Рис. 1. Загальний вигляд пристрою «мультиметр цифровий UT70В».

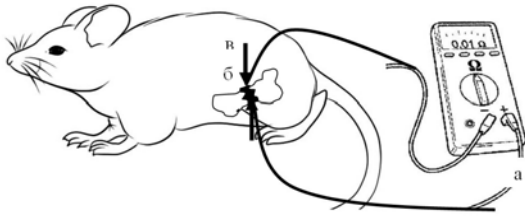


Рис. 2. Схема зняття показників локальної біоімпедансометрії на лабораторних тваринах, а - загальний вигляд мультиметра цифрового UT70B, б - точки вимірювання електричного опору після перелому в проксимальному (А) і дистальному (В) фрагментах, точки вимірювання 1,2,3 (А), 1', 2', 3' (в), в - використання щупів для вимірювання електричного опору в точках.

Для визначення омичного опору досліджуваної ділянки кісткової тканини до терміналу «VΩHz» підключали позитивний електрод (червоний щуп), до терміналу «СОМ» підключали негативний електрод (чорний щуп). У подаль-

шому встановлювали поворотний перемикач на шкалі приладу в положенні «Ω» (вимірювання електричного опору) і натискали вмикач « $\sim$ » для вибору режиму вимірювання електричного опору (Ω). Далі встановлюємо вищевказані вимірювальні щупи паралельно один до одного в кортикальний шар досліджуваних ділянок кожного кісткового фрагмента (рис. 3) (А і В) при експозиції 60 - 120 секунд, а саме: на кордоні перелому (1 і 1'), на середині фрагментів (2 і 2') і на протилежних кінцях фрагментів (3 і 3'). При цьому на дисплеї пристрою реєструються показники електричного опору в (МОм) в кожному фрагменті. Завдяки з'єднанню мультиметра цифрового UT70B з комп'ютером, зображення на дисплеї комп'ютера також відображає цифрові показання мультиметра в точках вимірювання, з додатковим записом електричного опору у вигляді гістограм.

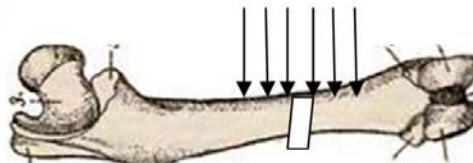


Рис. 3. Точки вимірювання електричного опору (1, 2, 3 та 1', 2', 3').

Статистична обробка цифрових показників проведена за Стьюдентом з обчисленням середньоарифметичних значень і середньоквадратичних помилок із застосуванням програмного пакету Microsoft Excel XP.

### Результати та їх обговорення

*Перша дослідна серія. Перелом. 1година після коагуляції.*

Проведено вимірювання електричного опору і гістологічний аналіз відламків стегнової кістки після перелому.

*Кортекс.* Мікроскопічно крайовий відділ кортекса стегнової кістки, точка 1 і 1'- остецити відносно рівномірно розподілені по міжклітинній речовині, мали округлі або подовжені ядра. Клітини оточені лакунами, які відрізнялися формою і розмірами. Виявлено поодинокі порожні лакуни або лакуни заповнені клітинним детритом.

Виразених відмітних особливостей між

фрагментами кістки в точці 2 і 2', 3 і 3' не виявлено. У області дослідження були присутні як порожні лакуни і лакуни заповнені клітинним детритом, так і остецити зі збереженням нормальної структурної організації.

При електронно-мікроскопічному дослідженні фрагментів, в точці 1 і 1' дослідження стегнової кістки, було знайдено підвищення кількості остецитів з гранулярним розпадом структур цитоплазми, лізисом плазматичної мембрани і фрагментацією ядра. Виявлено лакуни з клітинним детритом. Поряд із зруйнованими клітинами, були присутні остецити, зі збереженням характерної структурної організації. При цьому показники електричного опору були підвищеними в точках 1 і 1' та мали тенденцію до зниження в точках 2 і 2', 3 і 3'. Взаємозв'язок досліджень представлений в (рис. 4).

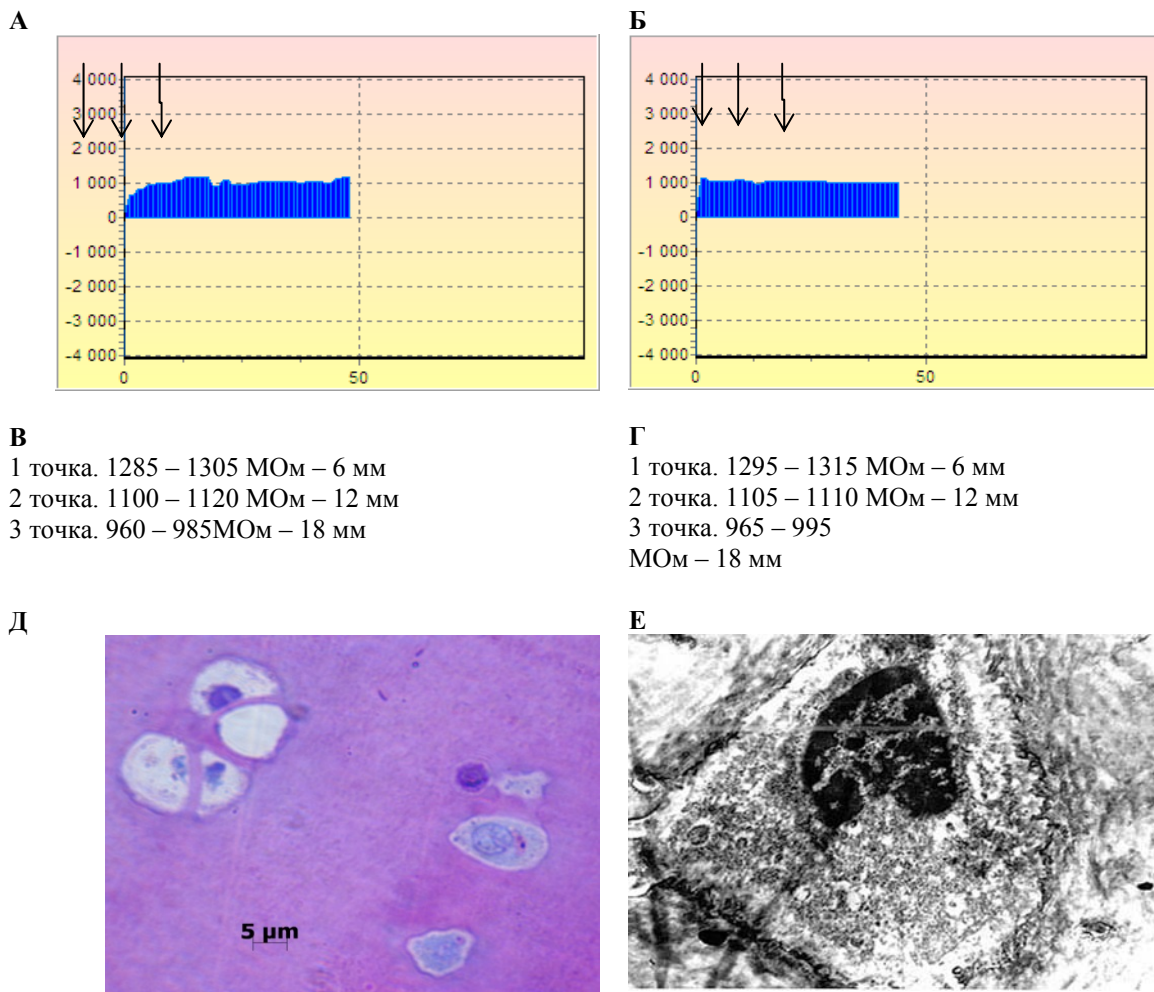


Рис. 4. Взаємозв'язок досліджень електричного опору кісткової тканини та її морфологічні зміни. Перелом. 1 година після коагуляції. Гістограма (А, Б) та діапазон електричного опору (В, Г) досліджуваних фрагментів кістки А та Б, відповідно. Д. Напівтонкий зріз фрагмента стегнової кістки. Нерівномірне забарвлення матриксу. Остеоцити. Базофілія стінок судинних каналів. Поодинокі порожні лакуни. Забарвлення по Арагісію [14],  $\times 1000$ . Е. Електронно-мікроскопічне дослідження фрагмента стегнової кістки. Некроз остеокита. Гранулярний розпад структур цитоплазми, лізис плазматичної мембрани. Фрагментація ядра. Контрастування по Рейнольдсу [15],  $\times 15600$ .

Гістологічна оцінка фрагментів стегнової кістки в точках 2и 2', 3 і 3' дослідження показала, що, поряд з лакунами, що містять остеокити з округлими або видовженими ядрами, виявлені одиничні порожні лакуни або лакуни заповнені клітинним детритом. Збережені остеокити мали відносно рівномірне забарвлення ядер, були оточені слабо еозинофільної цитоплазмою, відзначалася нерівномірна базофілія матриксу, але виражена в меншій мірі в порівнянні з точками 1 і 1' стегнової кістки. Кісткові канали, що містять судини, без патологічних порушень.

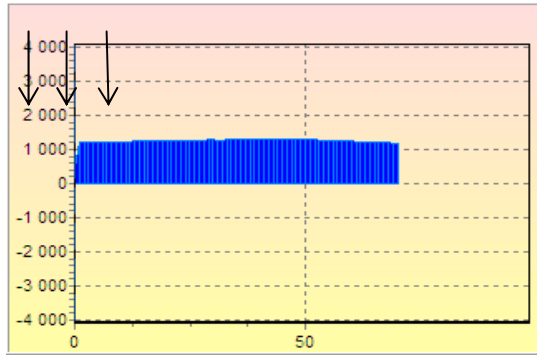
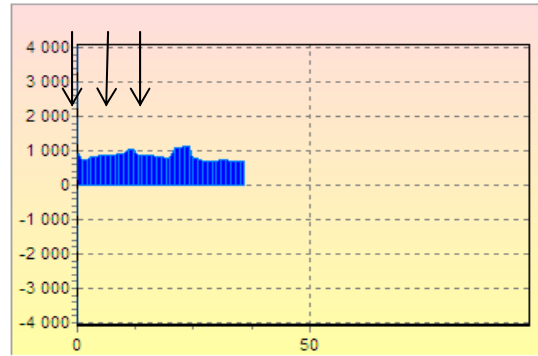
При електронно-мікроскопічному дослідженні в точках 2 і 2', 3 і 3' стегнової кістки шурів виявлено поодинокі остеокити з ознаками деструктивних порушень, проте переважали клітини з організацією, характерної для остеокитів в нормі.

*Друга дослідна серія. Перелом. 3 години після*

*коагуляції.*

Також, як і на попередній термін дослідження, через 3 години після коагуляції найбільша щільність лакун без остеокитів була розташована в точках 1 і 1'. У точках 2 і 2', 3 і 3' були присутні лише поодинокі пусті лакуни або лакуни з клітинним детритом. Взаємозв'язок досліджень представлений в (рис. 5).

При проведенні електронно-мікроскопічного дослідження виявлено, що основна маса остеокитів зберігала життєздатність, тобто, клітини мали гіпохромних ядра із збереженою ядерною мембраною, були оточені вузьким обідком цитоплазми з невеликою кількістю мембранних органел. Були присутні одиничні мітохондрії і невеликі профілі ендоплазматичної сітки. Плазматична мембрана остеокитів зберігала чіткі контури.

**А****Б****В**

1 точка. 1305 – 1355 МОм – 6 мм  
 2 точка. 1260 – 1270 МОм – 12 мм  
 3 точка. 1110 – 1120 МОм – 18 мм

**Г**

1 точка. 1295 – 1305 МОм – 6 мм  
 2 точка. 1265 – 1280 МОм – 12 мм  
 3 точка. 1115 – 1128 МОм – 18 мм

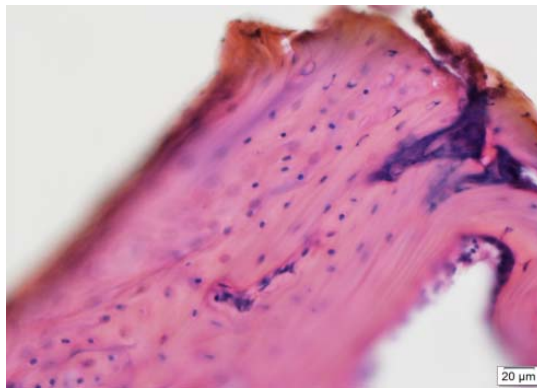
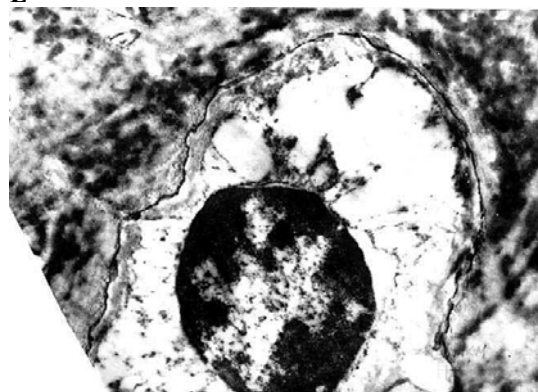
**Д****Е**

Рис. 5. Взаємозв'язок досліджень електричного опору кісткової тканини та її морфологічні зміни. Перелом. 3 години після коагуляції. Гістограма (А, Б) та діапазон електричного опору (В, Г) досліджуваних фрагментів кістки А та Б, відповідно. Д. Напівтонкий зріз фрагмента стегнової кістки. Нерівномірне забарвлення матриксу. Порушення організації судинних каналів в крайовому відділі кісткового уламка. Остеоцити з різною щільністю ядер. Порожні лакуни. Забарвлення по Арагісіо [14],  $\times 1000$ . Е. Електронно-мікроскопічне дослідження фрагмента стегнової кістки. Некроз остеокита. Гранулярний розпад структур цитоплазми, лізис плазматичної мембрани. Фрагментація ядра. Контрастування по Рейнольдсу [15],  $\times 15600$ .

#### *Третя дослідна серія. Перелом.*

Наступною моделлю, на якій було проведено вивчення стану остеоцитів, була модель перелому, виконана на щурах в діафізарній області стегнової кістки. Вивчення остеоцитів також проводили в трьох позначених точках.

У порівнянні з попередньою серією експерименту, в третій дослідній групі не виявлено особливостей в гістологічній організації остеоцитів в трьох досліджених точках. Відмінності встановлені лише в кількості порожніх лакун, що не містять клітин. У цій серії експерименту в першій галузі дослідження кортекса порожніх лакун або лакун заповнених детритом було значно менше, порівняно зі станом кортекса після перелому з коагуляцією. Порожні лакуни або лакуни, що містять клітинний детрит, перебували в проксимально та дистально розташованих уламках кістки поблизу області перелому, однак лакуни були поодинокі. Взаємозв'язок досліджень представлений в (рис. 6).

У точках 2 і 2', 3 і 3' - остеоцити зберігали будову, характерну для норми, мали базофільні ядра, оточені слабо еозинофільною цитоплазмою. Виявлені лише поодинокі лакуни без остеоцитів або лакун, що містять клітинний детрит. Матрикс кортекса мав відносно рівномірне забарвлення.

При електронно-мікроскопічному дослідженні в точках 1 і 1' - більшість остеоцитів мали нормальну організацію. Цитоплазматична мембрана була не порушена. Вузька цитоплазма містила поодинокі профілі мембранних органел. Ядра містили еухроматин. Гетерохроматин у вигляді грудочок був локалізований по внутрішній поверхні ядерної мембрани у вигляді невеликих щільних утворень, розташовувався по території ядра. Лише в поодиноких клітинах в ядрі було відзначено збільшення конденсації хроматину, що займає велику площу ядра. Ядерна мембрана зберігала двоконтурність, перинуклеарний простір було чітко окреслено, од-

нак на її ділянках виявлено розширення, що свідчить про порушення ядерно-цитоплазматичного транспорту. В цілому, збереження ядерної мембрани свідчить про оборотність виявлених змін. Окремі остецити мали звивисту поверхню цитоплазма-

тичної мембрани. За даними літератури такі зміни, як конденсація ядерного хроматину, нерівна поверхня клітини, обумовлена дезорганізацією цитоскелету, описані в науковій літературі які відносяться до оборотної фази ішемії.

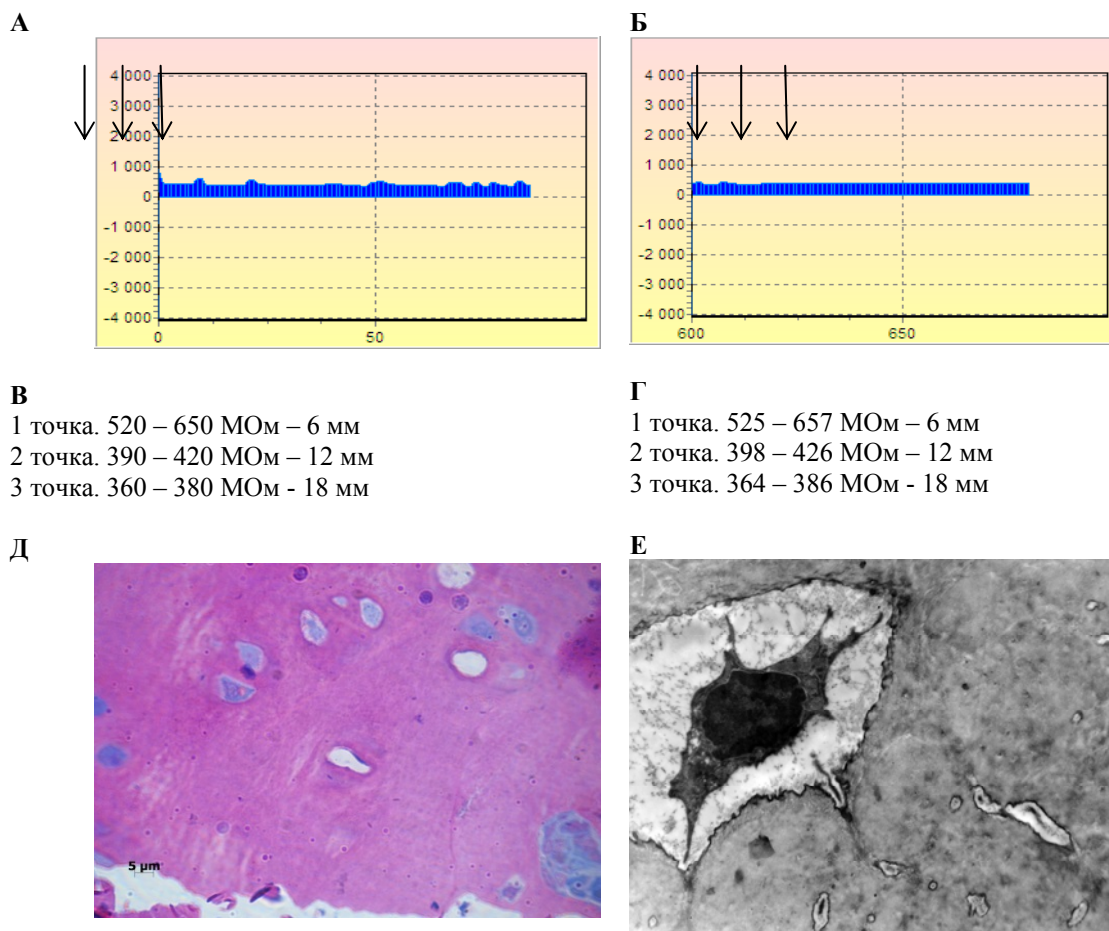


Рис. 6. Взаємозв'язок досліджень електричного опору кісткової тканини та її морфологічні зміни. Перелом. 1 година. Гістограма (А, Б) та діапазон електричного опору (В, Г) досліджуваних фрагментів кістки А та Б, відповідно. Д. Напівтонкий зріз фрагмента стегнової кістки. Лакуни без остеоцитів. Забарвлення по Арагісіо [14],  $\times 1000$ . Е. Електронно-мікроскопічне дослідження фрагмента стегнової кістки. Остеоцит з нерівними контурами плазматичної мембрани. Підвищена гетерохроматизація ядра. Нерівні зигзагоподібні контури лакуни. Контрастування по Рейнольдсу [15],  $\times 15600$ .

У точках 2 і 2', 3 і 3' - остецити зберігали характерну для норми будову (рис. 7, 8).

В контрольній серії експерименту через 1 і 3 години відмінних особливостей в клітинному складі матриксу стегнової кістки щурів не виявлено. Незважаючи на те, що після трьох годин дослідження, відсоток зруйнованих клітин і порожніх лакун мав тенденцію до підвищення, однак не виходив за 5%, що не відображається на функціонуванні біологічної системи.

При порівняльній оцінці показників представлених серій експерименту, виявлено, що найбільш високі показники порушень остеоцитів зафіксовані в області, прилеглої до перелому. У першій області дослідження відсоток порушень остеоцитів в кортексі перевищував аналогічні показники в другій і третій зонах. У першій зоні виявлено достовірне підвищення порожніх лакун

і лакун, заповнених клітинним детритом, в порівнянні з контролем, а також з другою і третьою областями дослідження.

Через 1 годину після відтворення відкритого перелому виявлені характерні особливості від контролю в присутності порожніх лакун або лакун, заповнених детритом: у 3,5 разів в першій області, на 3,2 рази у другій області. Через 3 години після відкритого перелому щільність клітин в першій області дослідження була знижена у 4,1 разів, в другій області - в 3,2 рази в порівнянні з контролем. У третій дослідженій області відмінностей від контролю не виявлено.

В експерименті, в якому відкритий перелом поєднувався з коагуляцією має місце підвищення кількість деструктивних клітин і порожніх лакун в першій області через 1 годину в 8,9 разів, а через 3 години - в 7,8 разів, в другій області - в 4,2

та 2,7 разів відповідно. У третій області дослідження відмінностей між серіями експерименту не виявлено.

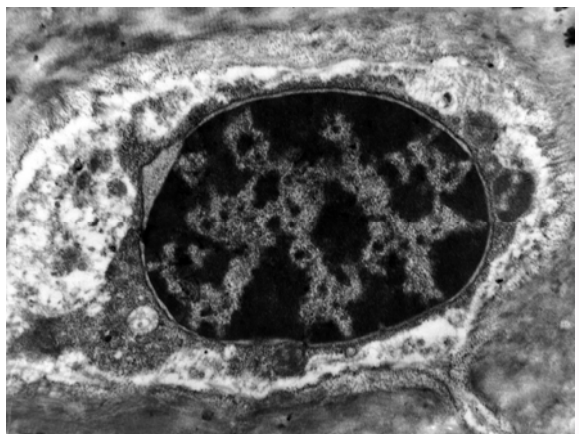


Рис. 7. Остеоцит. Вузький обідок цитоплазми з поодинокими мембранними органелами. Ядро з відносно рівномірним перінуклеарним простором. Контрастування по Рейнольдсу [15],  $\times 19500$ .

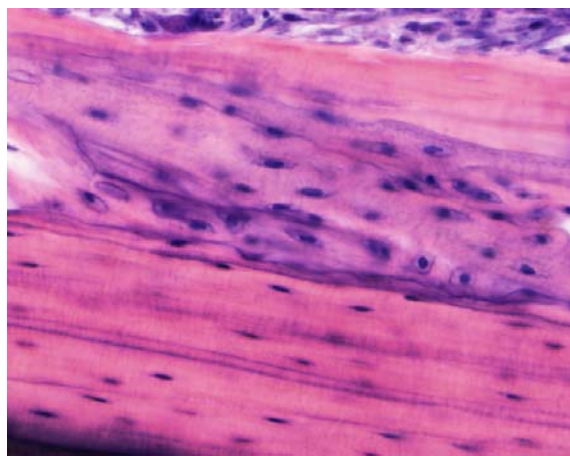


Рис. 8. Поодинокі пусті лакуни, або лакуни з клітинним детритом. Нерівномірне забарвлення матриксу. Забарвлення гематоксилином та еозином [11],  $\times 200$ .

Дані процентного співвідношення зруйнованих клітин по відношенню до збережених остеоцитів представлені в (табл. 1).

Таблиця 1  
Відсоток порожніх лакун в досліджених областях діяфіза стегнової кістки (контроль, перелом, перелом з коагуляцією)

Серії експерименту, час дослідження	1-а область дослідження (%)	2-а область дослідження (%)	3-я область дослідження (%)
Відсоток порожніх, або заповнених детритом лакун			
Контроль, 1 година	$1,5 \pm 0,3$	$1,3 \pm 0,4$ P1 > 0,05	$2,0 \pm 0,6$ P1 > 0,05 P2 > 0,05
Контроль, 3 години	$2,6 \pm 0,6$ P9 > 0,05	$2,5 \pm 0,4$ P1 > 0,05 P9 < 0,05	$2,5 \pm 0,7$ P1 > 0,05 P2 > 0,05 P9 > 0,05
Перелом, 1 година	$8,3 \pm 1,0$ P3 < 0,01	$4,1 \pm 0,6$ P1 < 0,01 P3 < 0,01	$2,1 \pm 0,4$ P1 < 0,01 P2 < 0,01 P3 > 0,05
Перелом, 3 години	$10,6 \pm 1,0$ P5 < 0,01 P7 > 0,05	$8,1 \pm 1,1$ P1 < 0,01 P5 < 0,01 P7 < 0,01	$3,0 \pm 0,4$ P1 < 0,01 P2 < 0,01 P5 > 0,05 P7 > 0,05
Перелом + коагуляція, 1 година	$13,4 \pm 1,6$ P3 < 0,01 P4 < 0,01	$5,4 \pm 0,7$ P1 < 0,01 P3 < 0,01 P4 > 0,05	$2,3 \pm 0,5$ P1 < 0,01 P2 < 0,01 P3 > 0,05 P4 > 0,05
Перелом + коагуляція, 3 години	$20,4 \pm 1,7$ P5 < 0,01 P6 < 0,01 P8 < 0,01	$6,7 \pm 0,3$ P1 < 0,01 P5 > 0,05 P6 < 0,05 P8 < 0,01	$2,6 \pm 0,7$ P1 < 0,01 P2 > 0,05 P5 > 0,05 P6 < 0,01 P8 > 0,05

При аналізі даних таблиці 1 використовували такі параметри порівняння: P1 - порівняння з першою областю дослідження; P2 - порівняння між другою і третьою областю дослідження; P3 - порівняння з контролем, 1 година; P4 - порівняння між переломом та переломом з коагуляцією, 1 година; P5 - порівняння з контролем, 3 години; P6 - порівняння між переломом та переломом з коагуляцією, 3 години; P7 - порівняння між переломом через 1 годину і 3 години; P8 - порівняння між переломом через 1 годину з коагуляцією через 1 і 3 години; P9 - порівняння між контролем через 1 і 3 години.

Для оцінки кореляції між показниками структурної організації остеоцитів і електричного опору кістки був проведений аналіз за Пірсоном. Для порівняння показники гістологічного дослідження та електричного опору, присутні в трьох точках, були об'єднані, оскільки виявлена однотипна спрямованість змін в досліджених точках. Встановлена висока кореляційна залежність між використаними двома методами дослідження, дані представлені в табл. 2 та на рис. 9-12.

Таблиця 2

Кореляційний аналіз за Пірсоном показників порожніх лакун або заповнених детритом з показниками електричного опору

Групи	r	P
Перелом 1 година	0,77	0,003
Перелом 3 години	0,71	0,009
Перелом + коагуляція 1 година	0,93	0,0001
Перелом + коагуляція 3 години	0,73	0,007

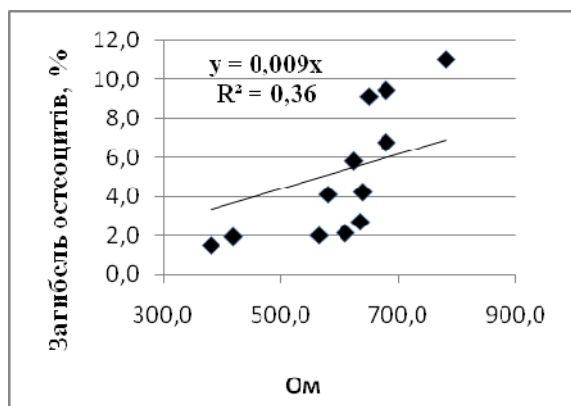


Рис. 9. Кореляційно-регресійний аналіз. Перелом, 1 година.

### Висновки

1. Дані гістологічного дослідження та вивчення електричного опору уламків кістки після відтвореного перелому (з коагуляцією відламків або без) свідчать про схожій спрямованості змін у кістці, що підтверджено даними кореляційного аналізу.

2. Аналіз даних гістологічного, електронно-

мікроскопічного досліджень кісткової тканини відкритого перелому і вивчення електричного опору свідчать про схожу спрямованості змін, тобто порушення структурної організації уламків кістки, пов'язаних з травмою різної інтенсивності і часом надання медичної допомоги.

3. Дані електричного опору після апробування в клінічних умовах можуть бути використані для тестування стану уламків кістки після відкритого перелому для оцінки життєздатності.

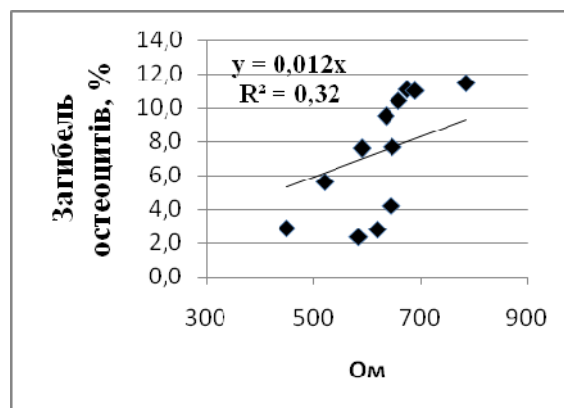


Рис. 10. Кореляційно-регресійний аналіз. Перелом, 3 години.

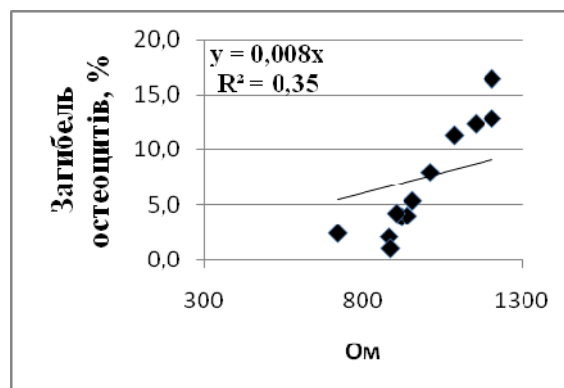


Рис. 11. Кореляційно-регресійний аналіз. Перелом + коагуляція, 1 година.

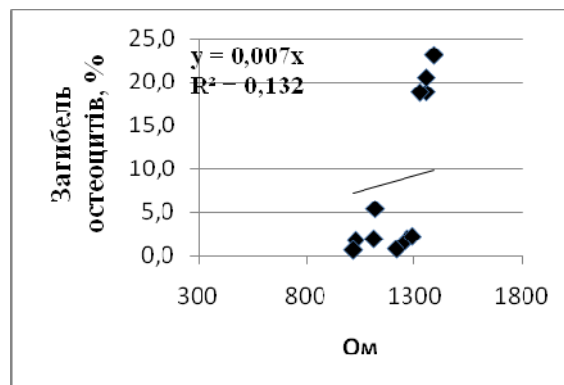


Рис. 12. Кореляційно-регресійний аналіз. Перелом + коагуляція, 3 години.



### Перспективи подальших досліджень

Розроблена нами методика дослідження визначення електричного опору дає можливість в клінічних умовах прогнозувати життєздатність

кісткової тканини при відкритих діафізарних переломах кісток кінцівок на ранньому госпітальному етапі надання медичної допомоги постраждалим.

### Літературні джерела References

1. Korzh NA, Gerasimenko SI, Klimovitskiy VG, Loskutov AE. [The prevalence of bone fractures and the results of their treatment in the Ukraine (clinical and epidemiological research)]. Orthopedics, Traumatology and Prosthetics. 2011; 2:5-15. Russian.
2. Guriev SO, Berezka MI, Solovyov OS, Satsyk SP. [Multiple injuries as medical and social problem (risk based approach)]. Medicine today and tomorrow. 2012; 1 (54):28-31. Ukrainian.
3. Gayko GV, Strafun SS, Kalashnikov AV, Derkach RV. [Ways to improve trauma care in Ukraine]. In: [XVI Congress orthopedic trauma Ukraine: Collected Works; 2013 October 17-18; Kharkov, Ukraine]. 2013. p.4. Ukrainian.
4. Klimovitskiy VG, Grebenyuk AM, Oksimets VM, Krivenko SN, Yevtushenko IS, Galaev YY. [Hemodynamic disorders in multiple high-energy injuries of the lower extremities and their pharmacological correction]. Trauma. 2013;14:28-30. Russian.
5. Mikhanov VA, Polyakov VS, Kopylov VA et al. [Reparative histogenesis of bone fracture in an open environment of the diaphysis of a long bone in rats using "Vinfar" drug]. Modern problems of science and education. 2015;3:162. Russian.
6. Klimovitskiy VG, Oksimets VM, Papadopoulo AG, Chernysh VY, Grebenyuk AM, Bushe VV, Magomedov AJ, Magomedov YA. [Cellular mechanisms of violations of reparative osteogenesis]. Orthopedics, Traumatology and Prosthetics. 2011;3:5-16. Russian.
7. Grin VK, Oksimets VM, Klimovitskiy VG et al. [Clinical possibilities cell fabric technology in violation of reparative osteogenesis]. "Journal of NAMS of Ukraine". 2013;19(3):331-338. Russian.
8. Levashov MI, Safonov AL, Lahin PV. [Effect of hypoxia on hypokinesia and static bone electrogenesis]. Physiological journal. 2010;56(3):62-69. Russian.
9. Papadopoulos AG, Boucher VV, Oksimets VM. [Morphological examination of the bone under the action of the traumatic force of varying intensity]. Tavricheskiy Medical and Biological Vestnik. 2013;16(1); h.1(61):194-196. Russian.
10. Grigorieva LI, Tomilin YA. [Fundamentals of biophysics and biomechanics: Tutorial]. Chornomorsky State University: Publisher CSU. Peter Graves. 2011:194-198. Ukrainian.
11. Sarkisov DS, Perov YL. [Mykroskopicheskaya tekhnika]. Rukovodstvo- M.: Medicine. 1996:544. Russian.
12. European Convention for the Protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purposes. Strasbourg, 18 March 1986: official translation [electronic resource] / Verkhovna Rada of Ukraine. - Official website. - (International Council of Europe document). - Access to documents: [http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=994\\_137](http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=994_137).
13. Law of Ukraine №3447-IV from 21.02.2006 "On protection of animals from cruelty".
14. Aparicio SR, Marsden P. [Rapid metilen blue basic stain for semi-thin section of periferial nevrnal tissue]. J. Microscopic. 1968 89:139 – 141. English.
15. Reynolds ES. [The use of lead citrate at high Ph as an electron-opoque stain in electron microscopy]. J. Cell. Biol. 1963;17:208 – 212.

### **Павлова Т.М., Бerezka Н.И. Взаимосвязь сопротивления и морфологические изменения бедренной кости крыс после моделирование открытых переломах (экспериментальное исследование).**

**Реферат.** Проведено гистологическое, електронно-микроскопическое исследование и изучено електрическое сопротивление отломков бедренной кости на белых крысах после моделирования открытого перелома различной степени тяжести. Обнаружены гистологические, структурно-функциональные изменения в трех исследованных точках дистального и проксимального отдела фрагментов кости. Установлена корреляционная взаимосвязь электрогенеза костной ткани и состоянием остеоцитов с использованием прибора мультиметра цифрового UT70B. Метод сопротивления может быть использован для оценки жизнеспособности костной ткани в клинических условиях при открытых диафізарных переломах костей конечностей на раннем госпитальном этапе.

**Ключевые слова:** перелом кости, електрическое сопротивление, остеоциты, гистологический анализ.