

7. Сенчакович Ю.В. Морфометрична характеристика ланок мікроциркуляторного русла піднебінних залоз при експериментальній гіпосалівації / Ю.В. Сенчакович, Г.А. Єрошенко // Вісник проблем біології та медицини. -2014. - Вип. 3, Т. 3 (112). – С. 275 – 278.
8. Якименко Д. О. Особливості профілактики і лікування протезних стоматитів у хворих з метаболічним синдромом : автореф. Дис. на здобуття наук. Ступеня канд. мед. наук : спец. 14.01.22 «стоматологія» / Д. О. Якименко. - Одеса, 2012.- 20 с.
9. European convention for the protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purposes. - Strasbourg: Council of Europe, - 1986. - 53 p.
10. Yeroshenko G.A. Methacrylate-induced changes in metric parameters of rat palatine glands / Yeroshenko G.A., Senchakovich Yu.V. Yeroshenko A.I. // European International Journal of Science and Technology.- 2015. – Vol.4, No.3 . – P.132-135.

Реферати
**СТРУКТУРНАЯ ПЕРЕСТРОЙКА СЛИЗИСТОЙ
ОБОЛОЧКИ ДЕСНЫ КРЫС ПОСЛЕ ДЕЙСТВИЯ
МЕТАКРИЛАТА**
Герасименко С.Б.

Влияние 1% раствора метилового эфира метакриловой кислоты в течение 14 суток приводит к структурным изменениям слизистой оболочки прикрепленной части десны крыс, которые проявляются утолщением эпителиальной пластинки за счет увеличения рядов клеток в шиповатом и роговом слоях. Увеличивается количество интраэпителиальных лимфоцитов. В собственной пластинке развивается полнокровие сосудов гемомикроциркуляторного русла и периваскулярный отек. До 30 суток наблюдения установлено уплотнение роговых чешуек и уплощение клеток зернистого слоя, в собственной пластинке увеличилось количество тучных клеток. Полученные гистологические данные подтвердились при морфометрическом исследовании. Установленные гистологические и морфометрические изменения слизистой оболочки прикрепленной части десны крыс обусловлены как непосредственным раздражающим воздействием 1% раствора метилового эфира метакриловой кислоты, так и изменениями в системе микроциркуляции, что приводит к нарушению трофики компонентов слизистой оболочки.

Ключевые слова: десна, прикрепленная часть, слизистая оболочка, метакрилат.

Стаття надійшла 12.06.2015 р.

**STRUCTURAL ADJUSTMENT OF RATS'
GUMS MUCOSA AFTER THE
METHACRYLATE INTRODUCTION**
Gerasimenko S.B.

Effect of 1% methyl ester of methacrylic acid solution for 14 days leads to structural changes in the mucosa of rats' gum attached parts which appear of epithelial thickening of the plate due to the increase in the rows of cells in the corneum and spinosum layers. The number of intraepithelial lymphocytes increased. In the lamina propria developing vascular congestion of hemomicrocirculatory bed and perivascular edema. Up to 30 days of observation set the seal horny scales and flattening of granular layer's cells, the number of mast cells increased in the lamina propria. These histological findings were confirmed at the morphometric study. Installed histological and morphometric changes of gum's attached part mucosa of rats caused a direct irritant effect of 1% methyl ester of methacrylic acid, and changes in the microcirculation system, that causing a disruption of the mucosa's components trophics.

Key words: gum, attached part, mucosa, methacrylate.

Рецензент Білаш С.М.

УДК 57.017.3:577.118:548:539.4:616.71-003.93

С. В. Гусак
Сумський державний університет, м. Суми
**СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ГУБЧАСТОЇ КІСТКОВОЇ
ТКАНИНИ НА 21-ШУ ДОБУ РЕПАРАТИВНОГО ОСТЕОГЕНЕЗУ ЗА УМОВ
МОДЕЛЬОВАНОГО МІКРОЕЛЕМЕНТОЗУ**

В роботі представлені результати дослідження структурно-функціональної характеристики ГКТ на 21-шу добу репаративного остеогенезу за умов мікроелементозу з використанням методів рентгенівської дифракції та ударної в'язкості. Аналіз мікроструктурних характеристик ГКТ показав менші розміри кристалітів та більший рівень мікрореформації кристалічної решітки в експериментальній групі порівняно з контролем. Вивчення показників ударної в'язкості як енергетичної характеристики ГКТ показало зниження рівня стійкості до крихкого руйнування в 2,7 рази в експериментальній групі. Результати дослідження свідчать про негативний вплив важких металів на регенераторний потенціал ГКТ, а саме змін параметрів мікроструктури мінералу та погіршення тривкісних властивостей.

Ключові слова: губчаста кісткова тканина, апатит, репаративний остеогенез, рентгенівська дифракція, ударна в'язкість, кристалічна решітка, тривкісні властивості.

Робота є фрагментом НДР «Морфофункціональні особливості перебудови скелета та внутрішніх органів в умовах порушення гомеостазу організму» (№ держреєстрації 0110U001287).

Архітектоніка губчастої кісткової тканини (ГКТ) - це індивідуальна інтегральна відповідь кістки на напруження і деформації, яких вона зазнає при різноманітних навантаженнях. ГКТ за своїми механічними властивостями є неоднорідною, нелінійною і анізотропною [14]. Крім того вони можуть істотно змінюватись залежно від віку, статі, структурно-функціонального стану кісткової тканини, наявності локальних і системних патологічних процесів. Не зважаючи на те,

що переломи серед губчастих кісток складають до 5% від загальної кількості травм, їх загоєння ускладнене за рахунок трабекулярної будови і місць локалізації в організмі [8].

На сьогоднішній час існує проблема забруднення навколишнього середовища важкими металами (ВМ), які мають широкий спектр антагоністичних і синергічних властивостей та можуть стати причиною появи патологічних станів у кістковій тканині [2, 4, 9, 11, 15].

Метою роботи було дослідити дію комбінації важких металів на структурно-функціональну характеристику ГКТ в період репаративного остеогенезу, а саме мікроструктурні особливості структури мінералу ГКТ та її механічні властивості на 21 добу загоєння перелому під час надходження до організму підвищеної кількості ВМ.

Матеріал та методи дослідження. До початку експерименту тварин усіх серій утримували на звичайному харчовому раціоні та в умовах, що відповідають «Санітарним правилам створення, обладнання та утримання експериментально-біологічних клінік (віваріїв)» від 06.04.73 р. та доповненням від 04.12.78 р. до Наказу МОЗ СРСР № 163 від 10.03.66 р. «Про добові норми харчування тварин та продуценти». Уся експериментальна частина дослідження була проведена згідно з вимогами міжнародних принципів „Європейської конвенції щодо захисту хребетних тварин, які використовуються в експерименті та інших наукових цілях“ (Страсбург, 1986 р.), принципів Гельсінської декларації, прийнятої Генеральною асамблеєю Всесвітньої медичної асоціації (1964-2004 рр.) та відповідного закону України „Про захист тварин від жорстокого поводження“ (№ 3446-IV від 21.02.2006 р., м. Київ) [5, 6, 7, 13].

Експеримент був проведений на 12 білих лабораторних щурах 6-місячного віку. Лабораторні щури були розподілені на 2 серії. Всім тваринам з медіальної поверхні тіла п'яркової кістки наносився дірчастий дефект зубним бором діаметром 1,2 мм з постійним зрошенням рани фізіологічним розчином. Операцію виконували під кетаміновим наркозом в асептичних умовах. Усі піддослідні тварини були поділені на дві серії. І-шу серію складали тварини контрольної групи, які отримували звичайний питний та харчовий раціон протягом усього експериментального терміну. Щурам експериментальної серії протягом місяця і в період репаративної регенерації моделювали мікроелементоз солями важких металів, розчиненими у питній воді в такій концентрації: Zn^{2+} - 5мг/л, Mn^{2+} - 0,1мг/л, Cu^{2+} - 1мг/л; Pb^{2+} - 0,1мг/л, Cr^{3+} - 0,1мг/л. На 21-шу добу тварин обох серій виводили з експерименту шляхом передозування наркозу.

Для мікроструктурної характеристики біомінералу губчастої кісткової видаляли по 6 тазових кісток з обох експериментальних серій. Після механічної очистки матеріал спалювали у муфельній печі при $200^{\circ}C$ і $900^{\circ}C$ протягом 1 години. Отриману золу розтирали в ступці у порошок і досліджували методом рентгеноструктурного аналізу. Низькотемпературний відпал при $200^{\circ}C$ призводив до декомпозиції органічної складової кісткової тканини та видаленню не зв'язаної кристалітами води при збереженні незмінної структури мінералу. Відпалювання при $900^{\circ}C$, що призводить до рекристалізації біоапатиту та появи нових фаз, застосовувалось для оцінки досконалості структури первісного апатиту [3]. Рентгеноструктурні дослідження структури зразків були виконані на автоматизованому дифрактометрі ДРОН-4-07.

Для вивчення тривкісних властивостей кісткової тканини на 21 добу репаративного остеогенезу взято по 6-ть зразків п'яркової кістки щурів обох груп. Зразки з дірчастим дефектом обох експериментальних серій були закріплені в алюмінієвих оправах циліндричної форми за допомогою епоксидного клею. Фіксування кістки проводилось на межі закріплювач-зона регенерації.

В експерименті використовувався маятниковий копр вагою 5 кг. Для виміру площини зламу кістки, утвореного при дії копра, використовувався мікроскоп МПБ-2. Ударну вязкість ан визначали за формулою $a_n = A_n / F$, де A_n – робота, F — площа поперечного перерізу[10]. Статистична обробка одержаних даних проводилася методами варіаційної статистики за допомогою стандартного пакета статистичних розрахунків Microsoft Excel. Вірогідність розбіжностей середніх величин визначали за t критерієм Ст'юдента. Розбіжності вважалися значущими при $p=0,001$.

Результати дослідження та їх обговорення. Основним структурним мінеральним компонентом кісткової тканини є апатит. Електронна і атомна структура його кристалічної решітки може змінюватись, пристосовуючись до хімічних заміщень. Такими замісниками виступають двозарядні метали [3, 12]. Атомна будова кристалу визначає його морфологію, фізико-хімічні властивості всього мінералу і фізіологічні властивості цілої тканини.

Фазовий аналіз зразків кісткової тканини 1-ї експериментальної серії при температурній обробці при t 200°C показав наявність лише однієї фази - гідроксиапатиту. Згідно Таблиці 1 отримані за формулою Шерера розміри кристалітів після відпалу матеріалу при 900°C демонструють тенденцію до зменшення у результаті експериментального мікроелементозу. Ця ж тенденція спостерігається при врахуванні двохфакторної залежності розширення дифракційної лінії (метод апроксимацій).

Це явище можна пояснити тим, що кожний варіант вакансій і замішень визначає особливості накопичення напруг в кристаліті і створює нездоланий енергетичний бар'єр для подальшого росту біомінералу при досягненні їм певного розміру. Особливої уваги потребує факт значного зростання мікродеформацій кристалічної решітки біоапатиту у зразках після впливу важких металів [1].

Таблиця 1

Мікроструктурні характеристики мінералу зразків губчастої кістки після відпалу 900°C

Зразки	Розмір кристалітів за Шерером, нм	Параметри мікроструктури	
		Розмір кристалітів, нм	Величина мікродеформацій, 10 ⁻³
Контрольні	71,76±0,46	45,71±0,3	1,38±0,005
Експериментальні	29,92±0,39*	20,93±0,29*	2,48±0,05*

Примітка: * - різниця достовірна при $p=0,001$

Важливо, що не тільки внутрішня структура мінералу контролює його розмір, але і розмір біомінералу, в свою чергу, контролює його внутрішню структуру. В середині кристаліту кожний катіон оточений сусідніми аніонами і навпаки, створюючи утримуюче поле. Однак на поверхні немає повного екранування іонів і зовнішня поверхня характеризується перерваними зв'язками. Цей деформований шар стабілізується за рахунок води. При заміні вакантних місць кальцію на катіони важких металів та негативному впливі цих елементів на обмінні процеси в аморфному шарі апатиту рівень величини мікродеформацій решітки може збільшуватись [1]. При збільшенні концентрації іонів у оточуючому розчині кристаліту можна вважати метастабільним, так як дійсна величина розчинності перевищує нормальну розчинність. Рівень розчинності карбонат апатитів корелює з рівнем мікродеформації і погано – з розміром кристалітів [1].

Атомна будова кристалітів важлива для розуміння ролі механізмів, які визначають морфологію їх росту, механічних і фізико-хімічних властивостей. Складність цієї будови пов'язана з великою кількістю різних атомів, які входять або можуть вбудовуватись до складу одного кристаліту.

Кожний із таких нехарактерних замісників може здійснювати суттєвий вплив на його властивість, збільшувати його розчинність. Збільшення катіонів в аморфній фазі кристалічної решітки призводить до метастабільності кристалітів. Отримані вище результати підтверджують негативний вплив мікроелементозу на кристалічний стан структури біоапатиту, оскільки мікрокристали розчиняються краще за макрокристали [1].

Оскільки регенераторний потенціал кісткової тканини залежить від функціонального стану кісткової тканини на момент травми, це може відзначитись на тривкісних властивостях новоутвореної кісткової тканини і кістки як органу. Ударна в'язкість під час згинання оцінює енергетичні характеристики матеріалу, а саме його схильність до крихкого руйнування та здатність зазнавати пластичної деформації, поглинати енергію в складних умовах навантаження. Фіксування оправок з кісткою дозволяє визначити величину роботи руйнування яка витрачена на одиницю площі зразка в площині удару [10].

Таблиця 2

Значення ударної в'язкості ГКТ на 21-шу добу репаративного остеогенезу в умовах мікроелементозу

Зразки	аН, кгс·м/см ² .
Контрольні	8,14±0,299
Експериментальні	2,92 ±0,244*

Примітка: * - різниця достовірна при $p=0,001$

Значення ударної в'язкості характеризують величини тріщиностійкості губчастої кісткової тканини в місці прикладеної сили. Тривкісні характеристики зразків контрольної групи в 2,78 рази більші ніж в експериментальній. Отримані низькі значення в'язкісної характеристики ГКТ на 21-шу добу репаративного остеогенезу можуть бути наслідком змін параметрів мікроструктури мінералу, а саме зниження розмірів кристалітів та збільшення величини мікродеформацій кристалічної решітки біоапатиту.

Висновок

Отримані значення структурних характеристик губчастої кісткової тканини (розміри кристалітів, ступінь мікрореформацій решітки гідроксиапатиту) та ударної в'язкості, як метода вивчення тривісних властивостей кісткової тканини в умовах мікроелементозів вказують на комплексний негативний вплив металів на структурно-функціональний стан новоутвореної губчастої кісткової тканини.

Список літератури

1. Аврунин А. С. Влияние воды, различных включений и замещений на физико-химические свойства биоапатита и механические свойства минерализованных тканей / А.С. Аврунин, Ю.И. Денисов // Травматология и ортопедия России. - 2015. - № 3. - С. 37-50.
2. Вашкулат Н. П. Установление уровней содержания тяжелых металлов в почвах Украины / Н. П. Вашкулат, В. И. Пальгов, Д. Р. Спектор [и др.] // Довідки та здоров'я. - 2002.- N2. -С. 44-47.
3. Данильченко С. Н. Структура и свойства апатитов кальция с точки зрения биоминералогии и биоматериаловедения / С. Н. Данильченко // "Вісник СумДУ. Серія Фізика, математика, механіка". - 2007. - № 2. - С. 33-59.
4. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Сумській області у 2009 році. - Суми:ПКР "Ellada S", - 2010. - 84 с.
5. Закон України «Про захист тварин від жорстокого поводження» №3447 – IV від 21.02.2006. – К., -2006. – 18 с.
6. Западнюк В. И. Лабораторные животные / В. И. Западнюк, И. П. Западнюк, Е. А. Захария // – Киев: Вища школа, - 1985. – 385 с.
7. Кожемякін Ю. М. Науково-практичні рекомендації з утримання лабораторних тварин та роботи з ними / Ю. М. Кожемякін, О. С. Хромов, М. А. Філоненко, Г. А.
8. Копысова В. А. Реконструктивный остеосинтез пяточной кости / В. А. Копысова, В. А. Каплун, А.А. Федоров [и др.] // Травматология и ортопедия России. - 2(56). - С. 7-12.
9. Погорелов М. В. Макро- та мікроелементи (обмін, патологія та методи визначення): монографія / М. В. Погорелов, В. І. Бумейстер, Г. Ф. Ткач [та ін.] // – Суми: Вид- во СумДУ, - 2010. – 147 с.
10. Пименов М. Ю. Определение ударной вязкости пястной и плюневой костей крупного рогатого скота костромской породы, в сравнительном аспекте / Ю. М. Пименов // Мир современной науки. – 2011. - №2. – С. 1-5.
11. Рустембекова С. А. Микроэлементозы и факторы экологического риска: для практикующих врачей / С. А. Рустембекова, Т. А. Барабошкина //– М.: Логос, -2006. – 512 с.
12. Brigitte Wopenka A mineralogical perspective on the apatite in bone / Brigitte Wopenka, Jill D. Pasteris // Materials Science and Engineering.- С 25 -2005. – P. 131 – 143.
13. European convention for the protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purpose: Council of Europe 18.03.1986. – Strasbourg, -1986. – № 123. – 52 p.
14. Janus Lukowski Anisotropic properties of trabecular bone. Conductometric and ultrasonic studies / Janus Lukowski, Mariusz Kaczmarek, Josef Kubik // Acta of Bioengineering and Biomechanics. - 2000. - Vol. 2, No. 1. - С. 17-27.
15. Tchounwou P. V. Heavy Metals Toxicity and the Environment / P. B. Tchounwou, C. G. Yedjou, A. K. Patlolla [et al.] // EXS. – 2012. - №101. – P.133-164.

Реферати

**СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНА
ХАРАКТЕРИСТИКА ГУБЧАТОЇ КОСТНОЇ ТКАНИ
НА 21-Е СУТКИ РЕПАРАТИВНОЇ РЕГЕНЕРАЦІЇ В
УМОВАХ МОДЕЛЬНОГО МІКРОЕЛЕМЕНТОЗА**

Гусак Е. В.

В роботі представлені результати дослідження структурно-функціональної характеристики ГКТ на 21-е сутки репаративного остеогенеза в умовах мікроелементозів з використанням методів рентгеновської дифракції та ударної в'язкості. Аналіз мікроструктурних ГКТ показав менші розміри кристалітів та більший рівень мікрореформацій кристалічної решітки в експериментальній групі порівняно з контролем. Дослідження показало, що енергетична характеристика ГКТ показала зниження рівня стійкості до хрупкого руйнування в 2,7 рази в експериментальній групі. Результати дослідження свідчать про негативний вплив важких металів на регенеративний потенціал ГКТ, а саме зміни параметрів мікроструктури мінерала та погіршення механічних властивостей.

Ключові слова: губчаста кісткова тканина, репаративний остеогенез, рентгеновська дифракція, ударна в'язкість, механічні властивості.

Стаття надійшла 6.06.2016 р.

**INFLUENCE OF TRACE METALS ON
STRUCTURAL AND FUNCTIONAL
CHARACTERISTICS OF CANCELLOUS BONE IN 21
DAYS OF REPARATIVE OSTEOGENESIS**

Husak E. V.

The research presents the results of influence trace metals on structural and functional characteristics of cancellous bone on day 21 reparative osteogenesis. In the course of the study we used the methods of X ray diffraction and impact toughness. Analysis of microstructural parameters indicated that the crystallites were generally smaller and the lattice microstrain level was higher in the experimental group than at the baseline. The use of the impact toughness method as energy characteristics of cancellous bone demonstrated the level decreases of resistance to brittle fracture of more than two in the experimental group. The results of the study show the negative impact of trace metals on regenerative capacity of cancellous bone. Changing parameters of the mineral microstructure and sacrifice in mechanical properties have been found.

Key words: cancellous bone, reparative osteogenesis, X-ray diffraction, impact toughness, mechanical properties.

Рецензент Сандомірський Б.П.