

9. Fedorova T. N. Reaction with thiobarbituric acid to determine blood malone dialdehyde by fluorometry / T. N. Fedorova, T. S. Korshunova, E. G. Larskiy // Laboratory Work. - 1983. - № 3. - P. 25-28.

10. Ecological and hygienic characteristics of nitrogen-containing surface-active substances such as pollutants of water bodies / [V.I. Zhukov, V.V. Myasoyedov, S.A. Stetsenko et al.]; ed. V.I. Zhukov – Kh. : Tornado, 2000. – 180 p.

11. Bajpai D. Fatty imidazolines, chemistry, synthesis, properties and their industrial application / D. Bajpai, V.K. Tyagi // Journal of Oleo Science. – 2006. – Vol. 55, № 7. – P. 319-329.

12. Tyagi R. Imidazoline and its derivatives: an overview / R. Tyagi, V.K. Tyagi, S.K. Pandey // Journal of Oleo Science. – 2007. – Vol. 56, № 5. – P. 211-222.

Максимова І.Г.

Активність процесів окислювальної модифікації білків та перекисного окислення ліпідів у щурів при тривалій дії сумішей імідазолінів

Харківський національний медичний університет, м. Харків, Україна, e-mail: babuzjuk@mail.ru

Резюме. У роботі досліджено активність процесів окислювальної модифікації білків та перекисного окислення ліпідів у щурів за умов тривалого впливу розповсюджених промислових хімічних забруднювачів довкілля - сумішей імідазолінів, що є необхідним для розкриття механізмів їхньої біологічної дії. Статевозрілі щури-

самці лінії WAG піддавалися пероральній затравці за допомогою зонда водними розчинами сумішей щоденно одноразово протягом 30 днів у дозах 1/10 і 1/100 ДЛ50. Спектрофотометричним і хемілюмінесцентним методами на 30-ту добу експериментів визначалися вміст альдегід- і кетондинітрофенілглідрозонів нейтрального та основного характеру у гемолізаті еритроцитів, інтенсивність індукованої перекисом водню хемілюмінесценції та рівень ТБК-активних продуктів у сироватці крові, гомогенаті печінки та головного мозку. Суміші імідазолінів з алкільними радикалами C₇₋₉ і C₉₋₁₅ на 30-ту добу впливу у дозах 1/10 і 1/100 ДЛ50 призводили до статистично значущого, по відношенню до контролю, підвищенню всіх досліджуваних показників. Найбільш токсичною виявилася суміш імідазолінів з алкільним радикалом C₇₋₉. Отримані результати свідчать про розвиток в організмі щурів за умов тривалої інтоксикації імідазолінвмісними сумішами окислювального стресу з деструкцією білкових і ліпідних молекул. Зміни активності процесів окислювальної модифікації білків і перекисного окислення ліпідів є однією з патогенетичних ланок біохімічних механізмів дії імідазолінвмісних сумішей, що необхідно враховувати при розробленні засобів їх корекції.

Ключові слова: суміші імідазолінів, щури, динітрофенілглідрозони, ТБК-активні продукти, інтенсивність хемілюмінесценції.

Received 22.06.2015.

УДК 612.751.1 : 577.118: 616–089.583.29] 578.08

Малишкіна С.В.¹, Пошелок Д.М.¹, Нікольченко О.А.¹, Вельямінова В.В.¹, Батурін О.А.², Фоміна Л.П.²

Мінеральний склад компактної кістки у щурів після змодельованої легкої гіпотермії

¹ – Державна установа «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М.І. Ситенка НАМН України», Харків, Україна

² – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна

E-mail: s_malysh@ukr.net

Резюме. Остеотропні макро- та мікроелементи є важливими структурними складовими кісткової тканини, а також компонентами макромолекул, які регулюють біоорганічні взаємодії. Порушення їхнього балансу з віком та під дією різних несприятливих факторів (зокрема, холодого впливу, який спричинює гіпотермію організму) призводять до структурних змін у кістках та розвитку такого захворювання як остеопороз. **Мета роботи:** дослідити вміст макро- та мікроелементів у компактній кістці щурів різного віку після змодельованої легкої гіпотермії. **Матеріали та методи.** Рентгеноспектральним флуоресцентним методом аналізували вміст макроелементів (Са, Р, Mg) та мікроелементів (Zn, Fe, Cu) у діафізах стегнових кісток щурів 6- та 24-місячного віку після гіпотермії організму внаслідок холодого впливу (перебування тварин у холодовій камері при температурі - 20°C впродовж 5 днів по 5 годин на добу). **Результати.** Встановлено, що у 6-місячних щурів на 14 добу після легкої гіпотермії порівняно з контролем спостерігався більший вміст фосфору (на 6,5 %) і менший показник співвідношення Са/Р (на 9,1 %), а на 28 добу ці показники та вміст інших мінеральних елементів (Mg, Zn, Fe, Cu) не відрізнялися від контрольних. У 24-місячних щурів на 14 добу після гіпотермії на відміну від контролю виявлено збільшений вміст фосфору (на 9,9 %), магнію (на 12 %), заліза (на 36 %) та зменшений показник співвідношення Са/Р (на 8,4 %). На 28 добу вміст фосфору перевищував контрольний показник на 11,3 %, а співвідношення Са/Р було меншим на 5,1 %. Показник вмісту магнію залишався високим порівняно з контролем (на 9,3 %), і не відрізнявся від показника на 14 добу. Зафіксовано зниження на 68 % вмісту заліза порівняно з 14 добою, і не виявлено відмінностей від контролю. Достовірних відмінностей показників вмісту цинку та міді щодо 14 доби і контрольних тварин не встановлено. **Висновок.** Гіпотермія призводить до дисбалансу макро- та мікроелементів у компактній кістці, який більш виражений у 24-місячних щурів.

Ключові слова: макроелементи, мікроелементи, стегнова кістка, гіпотермія, щури.

Постановка проблеми і аналіз останніх досліджень.

Особливості перебудови кістки в умовах дії різних несприятливих факторів становлять собою фундаментальну проблему біології та медицини [8, 14]. Остеотропні макро- та мікроелементи є важливими структурними складовими кісткової тканини, а також компонентами макромолекул, які регулюють біоорганічні взаємодії. Саме мінеральна складова кісткового матриксу відповідальна за складну архітектуру кістки. Дослідженнями встановлено, що макро- та мікроелементний склад кісткової тканини неоднаковий у різних кістках скелету та змінюється з віком, а також під впливом різних фізичних та хімічних факторів навколишнього середовища [3, 4, 9, 10]. В літературі є дані про негативний вплив гіпотермії на структурну організацію губчастості і компактної кісток, а також наведені результати досліджень про значні деструктивні зміни у кістковому матриксі, який містить мінеральні компоненти [1, 6]. Але робіт, в яких би вивчали макро- та мікроелементи у відновному періоді після змодельованої легкої гіпотермії у тварин, ми не знайшли.

Мета роботи: дослідити вміст макро- та мікроелементів у компактній кістці щурів різного віку після змодельованої легкої гіпотермії.

Матеріал і методи дослідження

В експерименті використано 48 нелінійних білих щурів-самців 6- та 24-місячного віку. Дослідних тварин (24 щури) піддавали впливу холоду, утримуючи їх впродовж 5 днів в окремих секціях холодової камери при температурі “20°C щодобово по 5 годин (з 10⁰⁰ до 15⁰⁰). Щури контрольних груп (24 тварини) знаходилися при кімнатній температурі 18-22°C. Температуру тіла щурів вимірювали медичним електронним термометром МТ-3001 ректально. Наприкінці експерименту температура тіла у щурів молодого віку

знизились на 2,29°C, у шурів старечого віку – на 4,04°C порівняно з початком експерименту, що свідчило про розвиток стану легкої гіпотермії (за класифікацією J.S. Tuli, R.C. Gilbert [15]). Евтаназію тварин виконували шляхом внутрішньочеревного введення тиопенталу натрію (90 мг/кг). Експеримент був проведений з дотримання вимог гуманного ставлення до піддослідних тварин, регламентованих Законом України «Про захист тварин від жорстокого поводження» (№ 3447-IV від 21.02.2006 р.) та Європейською конвенцією про захист хребетних тварин, які використовуються для дослідних та інших наукових цілей (Страсбург, 18.03.1986 р.). План експериментальних досліджень ухвалено позитивним рішенням Комітету з біоетики (протокол № 131 від 16.06.2014 р.).

Мінеральний склад стегнових кісток шурів аналізували рентгеноспектральним флуоресцентним методом. Для цього фрагменти діафіза стегнових кісток промивали в етиловому спирті та висушували при температурі 105°C. Рентгенівські спектри із фрагментів діафіза знімали на енергодисперсійному спектрометрі «Спрут» (Укррентген, Україна) з SDD-детектором X-123 (Amptek, США). Масову частку (%) хімічних елементів визначали за інтенсивністю їх флуоресцентного випромінювання методом градуальної функції [7]. Аналіз проводили на 14 та 28 добу після завершення 5-добового холодового впливу.

Отримані цифрові показники були опрацьовані методами варіаційної статистики. Відмінності між парними вибірками оцінювали за допомогою t-критерію Стьюдента та вважали статистично значущими за умови, що $P < 0,05$.

Результати дослідження

На 14 добу після холодової дії у кістковій тканині 6-місячних шурів зафіксовано достовірно більший рівень фосфору (на 6,9 %) та магнію (на 8,9 %) порівняно з контролем. При цьому відношення Ca/P менше на 9,2 %. У тварин 24-місячного віку спостерігається інша картина. Відмічено достовірне підвищення вмісту фосфору, магнію, заліза та міді порівняно з контролем, відповідно, на 9,9 %, 8,5%; 56,4% та 63,6%. Показник співвідношення Ca/P менший на 8,4 %.

При порівнянні показників вмісту мікроелементів у кістці 24-місячних шурів з 6-місячними тваринами після холодової дії встановлено, що співвідношення Ca/P у 24-місячних тварин нижче на 11,6 %. Показники вмісту магнію та заліза у 24-місячних тварин перевищують показники дослідних 6-місячних тварин, відповідно, на 17,0 та 98,0 %. Вміст цинку у 24-місячних тварин нижчий, ніж у 6-місячних шурів на 26,2 %. За вмістом міді у тварин відмінностей не виявлено.

На 28 добу після холодової дії у кістці 6-місячних тварин зафіксовано підвищення показника співвідношення Ca/P до рівня у контрольних тварин. Це може свідчити про відновні процеси у кістці. Не було виявлено відмінностей між дослідними і контрольними щурами за вмістом таких елементів як фосфор, магній, залізо, цинк та мідь. Порівняно з 14 добою показники рівню магнію та цинку знизились на 7,6% та 18 %, відповідно. Ці дані також вказують на відновні процеси у кістковій тканині 6-місячних шурів.

У 24-місячних тварин зафіксовані підвищений на 11,3% вміст фосфору, на 9,3 % магнію і знижений на 5 % показник відношення Ca/P порівняно з контролем. Виявлено зниження на 68,0 % вмісту заліза порівняно з 14 добою, проте від контролю відмінностей не виявлено. Достовірних відмінностей показників цинку та міді щодо 14 діб і контрольних тварин не встановлено.

Порівняльний аналіз показників макро- та мікроелементів у компактній кістці шурів різного віку на 28 добу після холодової дії показав, що вміст фосфору у 24-місячних тварин не відрізняється від 6-місячних шурів, а показник співвідношення Ca/P нижчий на 14,9 %. Це дає підставу припустити, що вміст кальцію у стегновій кістці шурів старечого віку на даний термін спостереження залишається низьким. У цих тварин вміст магнію на 22,1 % перевищує показник у 6-місячних тварин, тоді як показник заліза менший на 68,0 %.

Обговорення

Отримані нами дані щодо негативного впливу гіпотермії на мінеральний склад кісткової тканини збігаються з даними

літератури і доповнюють їх. Так, у літературі представлені результати експерименту, в якому шури зрілого віку перебували в кліматокамері при температурі -15°C по 3 години щодня протягом, на відміну від нашого експерименту, 14 та 30 діб [2]. Автори досліджували вміст кальцію, магнію, заліза в кістках черепа та показали, що вплив *тривалої* холодової дії значно збільшує концентрацію вказаних мінеральних елементів порівняно з контролем. На 14 добу виявлено підвищення вмісту кальцію на 12,45 % від початкового, тоді як на 30 добу рівень кальцію достовірно менший на 13,02% порівняно з вихідним показником. На 14 добу вміст заліза був вищий на 164,4 %, ніж у контролі, а на 30 добу він знизився і склав 72,8 % від показника у контрольних шурів. Концентрація магнію на 14 добу була на 34,5 % вище контролю, проте на 30 добу спостерігалася зниження його змісту на 10,3 % від початкового. Встановлений у нашому дослідженні та в експерименті А.Ю. Шарапова та співав. [2] факт накопичення магнію та мікроелементів у кістках шурів має важливе значення, бо може свідчити про ймовірність заміщення ними іонів кальцію в кристалічній решітці, що веде до втрати механічної міцності кістки [5, 12]. Дані літератури свідчать, що підвищені концентрації магнію пригнічують процеси кристалізації гідроксилапатиту, а зниження у кістці таких мінеральних компонентів як кальцій та цинк призводить до порушення остеогенезу та розвитку остеопорозу [13].

Зниження показників вмісту заліза у стегнових кістках старих шурів, яке зафіксовано у нашому дослідженні та в експерименті з кістками черепа зрілих шурів, чинить негативний вплив на стан кісткової тканини, тому що за умови нестачі заліза в цитохромоксидазі виникає інгібування дихального ланцюга мітохондрій остеобластів, внаслідок чого порушується проліферація і диференціювання остеобластів [5]. Дефіцит даного мікроелемента може призводити до підвищення пористості кістки, погіршення її біомеханічних характеристик [11].

Висновок

Гіпотермія призводить до порушення мінерального складу кісткової тканини (Ca, P, Mg, Zn, Fe, Cu) як у 6-місячних, так і у 24-місячних шурів. На 14 добу після холодової дії у 6-місячних шурів порівняно з контролем спостерігалися більший вміст фосфору (на 6,5 %) і менший показник співвідношення Ca/P (на 9,1 %), а на 28 добу – ці показники та вміст Mg, Zn, Fe, Cu не відрізнялися від контрольних, тобто спостерігалася нормалізація. У 24-місячних шурів на 14 добу холодової дії на відміну від контролю виявлені збільшений вміст фосфору (на 9,9 %), магнію (на 12 %), заліза (на 36 %) та зменшений показник співвідношення Ca/P (на 8,4 %). На 28 добу вміст фосфору перевищував контрольний показник на 11,3 %, а співвідношення Ca/P залишається меншим на 5,1 %. Вміст магнію порівняно з контролем залишається високим (на 9,3 %), і не відрізняється від показника на 14 добу. Зафіксовано зниження на 68,0 % вмісту заліза в порівнянні з 14 добою, і не виявлено відмінностей від контролю. Достовірних відмінностей показників вмісту цинку та міді щодо 14 доби і контрольних тварин не встановлено. Отже, гіпотермія призводить до дисбалансу макро- та мікроелементів у компактній кістці, який більш виражений у 24-місячних шурів.

Перспективи подальших досліджень

Виконане дослідження свідчить про актуальність вивчення мінерального складу різних кісток скелету після дії холодового фактору інших інтенсивностей, тому що встановлений факт порушення вмісту макро- та мікроелементів стегнової кістки у шурів внаслідок дії легкої гіпотермії може свідчити про розвиток порушень у кістках, які характеризують як остеопенічні та остеопоротичні.

Література

1. Бенгус Л.М. Ультраструктура губчатой костной ткани молодых и старых крыс в условиях общей легкой гипотермии / Л.М. Бенгус, Н.В. Дедух, Д.М. Пошелок // Проблемы остеологии. – 2014. – Т. 17, № 1. – С. 3-8.
2. Количественные показатели содержания некоторых микроэлементов в костях висцерального черепа крыс на фоне введения антиоксиданта / О.Ю. Шарапов, В.И. Ионцев, А.В. Лемещенко, Ю.А. Парфенов // Фундаментальные науки. – 2012. – № 10 (ч. 2). – С. 356-358.
3. Кутя С.А. Возрастные особенности фазового состава костного минерала крыс при воздействии гравитационных перегрузок / С.А. Кутя // Український морфологічний альманах. – 2009. – Т. 7, № 2. – С. 71-72.
4. Мікроелементний склад довгих та мішаних кісток скелета в нормі / С.В. Гусак, М.В. Погорелов, Г.Ф. Ткач [та ін.] // Український морфологічний альманах. – 2010. – Т. 8, № 4. – С. 51-55.
5. Накоскин А.Н. Содержание макро- и микроэлементов в онтогенезе и в условиях репаративной регенерации кости у собак / А.Н. Накоскин, М.И. Новиков // Травматология и ортопедия России. – 2008. – Т. 47, № 1. – С. 38-44.
6. Пошелок Д.М. Структурна організація компактної кістки після загальної гіпотермії / Д.М. Пошелок, С.В. Малишкіна // Таврический медико-биологический вестник. – 2013. – Т. 16, № 1, ч. 1. – С. 197-201.
7. Рентгеновские методы анализа состава материалов : монография / И.Ф. Михайлов, А.А. Батурич, А.И. Михайлов. – Х.: «Підручник НТУ «ХПІ»», 2015. – 204 с.
8. Родионова Н.В. Цитологічні механізми перебудов у кістках при гіпокінезії та мікрогравітації / Н.В. Родионова. – НВП Видавництва «Наукова думка» НАН України, 2006. – 240 с.
9. Сундукова Н.В. Влияние повышенной температуры воздуха и инъекций гидроксиплапата на показатели минерального обмена костной ткани / Н.В. Сундукова, В.Г. Подковкин // Вестник СамГУ. Естественная серия. – 2007. – № 8 (58). – С. 7-15.
10. Ткач Г.Ф. Вікові особливості структурно-функціонального стану кісток скелета тварин, які знаходилися в умовах впливу гіпоосмолярної гіпергідратації та динамічних фізичних навантажень / Г.Ф. Ткач // Таврический медико-биологический вестник. – 2012. – Т. 15, № 1. – С. 248-252.
11. Ших Е.В. Взаимодействие железа и кальция / Е.В. Ших // Человек и лекарство. – 2006. – Т. 14, № 4. – С. 256.
12. Danilchenko S.N. Some features of thermo-activated structural transformation of biogenic and synthetic Mg-containing apatite with I-tricalcium-magnesium phosphate formation / S.N. Danilchenko, I.Yu. Protsenko, L.F. Sukhodub // Cryst. Res. Technol. – 2009. – Vol. 44, № 5. – P. 553-560.
13. Downey P.A. Bone biology and the clinical implications for osteoporosis / P.A. Downey, M.I. Siegel // Phys. Ther. – 2006. – Vol. 86. – P. 77-91.
14. Robling A.G. Biomechanical and molecular regulation of bone remodeling / A.G. Robling, A.B. Castillo, C.H. Turner // Annu. Rev. Biomed. Eng. – 2006. – Vol. 8. – P. 455-498.
15. Tuli J.S. Hypothermia in animals / J.S. Tuli, R.C. Gilbert // [Electron resource] : <http://www.hypothermia.org/animalhypo.htm>

Малышкіна С.В.¹, Пошелок Д.М.¹, Никольченко О.А.¹, Вельяминова В.В.¹, Батурич А.А.², Фомина Л.П.²

Минеральный состав компактной кости у крыс после смоделированной легкой гипотермии

¹ – Государственное учреждение «Институт патологии позвоночника и суставов им. проф. М.И. Ситенко Национальной академии медицинских наук Украины», Харьков, Украина

² – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Харьков, Украина

E-mail: s_malysh@ukr.net

Резюме. Остеотропные макро- и микроэлементы являются важными структурными составляющими костной ткани, а также компонентами макромолекул, которые регулируют биологические взаимодействия. Нарушение их баланса с возрастом и под влиянием различных неблагоприятных факторов (в частности, холодного воздействия, вызывающего гипотермию организма) приводит к структурным изменениям в костях и развитию такого заболевания как остеопороз. **Цель работы:** исследовать содер-

жание макро- и микроэлементов в компактной кости крыс разного возраста после смоделированной легкой гипотермии. **Материалы и методы.** Рентгеноспектральным флуоресцентным методом анализировали содержание макроэлементов (Ca, P, Mg) и микроэлементов (Zn, Fe, Cu) в диафизах бедренных костей крыс 6- и 24-месячного возраста после гипотермии организма вследствие холодного воздействия (пребывание животных в холодной камере при температуре -20°C в течение 5 суток по 5 часов в день). **Результаты.** Установлено, что у 6-месячных крыс на 14 сутки после легкой гипотермии по сравнению с контролем наблюдалось большее содержание фосфора (на 6,5 %) и меньший показатель соотношения Ca/P (на 9,1 %), а на 28 сутки эти показатели и содержание других минеральных элементов (Mg, Zn, Fe, Cu) не отличались от контрольных. У 24-месячных крыс на 14 сутки после гипотермии в отличие от контроля выявлено увеличенное содержание фосфора (на 9,9 %), магния (на 12 %), железа (на 36 %) и сниженный показатель соотношения Ca/P (на 8,4 %). На 28 сутки содержание фосфора превышало контрольный показатель на 11,3 %, а соотношение Ca/P было меньше на 5,1 %. Показатель содержания магния остался высоким по сравнению с контролем (на 9,3 %), и не отличался от показателя на 14 сутки. Зафиксировано снижение на 68% содержания железа по сравнению с 14 сутками, и нет отличий от контроля. Достоверных различий показателей содержания цинка и меди по сравнению с 14 сутками и контрольными животными не установлено. **Вывод.** Гипотермия приводит к дисбалансу макро- и микроэлементов в компактной кости, более выраженному у крыс 24-месячного возраста.

Ключевые слова: макроэлементы, микроэлементы, бедренная кость, гипотермия, крысы.

Malyshkina S.V.¹, Poshelok D.M.¹, Nikolchenko O.A.¹, Velyaminova V.V.¹, Baturin A.A.², Fomina L.P.²

Mineral Content of Compact Bone in Rats after the Induction of Mild Hypothermia

¹ – State Institution “Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology of National Ukrainian Academy of Medical Sciences”, Kharkiv, Ukraine

² – National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine

E-mail: s_malysh@ukr.net

Abstract. Osteotropic macro- and microelements are important structural constituent elements of the bone tissue and also components of macromolecules regulating bioorganic interactions. The disruptions of their balance with age and under the influence of various adverse factors (in particular, a cold effect causing hypothermia of organism) leads to structural changes in bones and the progress of such disease as osteoporosis. **The purpose of the work:** to study the macro- and microelement content in a compact bone of rats of different ages after modeled mild hypothermia. **Materials and methods.** By X-ray spectral fluorescent method the content of macroelements (Ca, P, Mg) and microelements (Zn, Fe, Cu) were analyzed in femur diaphysis of the 6- and 24-month-age rats after organism hypothermia because of cold effect (keeping animals in a cold chamber at temperature “20°C for 5 days to 5 hours per day). **Results.** It was established that in 6-month-age rats after 14 day post cold exposure the phosphorus content was higher by 6,5 % and ratio Ca/P lower by 9.1 % than in control rats, whereas after 28 day these indexes and content of other mineral elements (Mg, Zn, Fe, Cu) did not differ from the control ones. In 24-month-age rats after 14 day post cold exposure the increased content of 9.9 % phosphorus, 12 % magnesium, 36 % iron and decreased 8.4 % ratio Ca/P compared with the control were revealed. After 28 day post cold exposure the phosphorus content was higher by 11.3 % and ratio Ca/P at 5.1 % less than in control group. The index of the magnesium content was high compared with the control (by 9.3 %) and did not differ from that one after 14 day post cold exposure. There was a decrease by 68 % iron content compared with 14 day and there was no difference from the control. The significant differences of zinc and copper content compared to 14 day and control animals were not found. **Conclusion.** Hypothermia leads to the disbalance of the macro- and microelements in compact bone, which is more expressed in 24-month-age rats.

Key words: macroelements, microelements, femur, hypothermia, rats.

Надійшла 22.06.2015 року.