

Р.Р. Довган
З.З. Масна

ДНП «Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького»
Львів, Україна

Надійшла: 20.09.2025
Прийнята: 15.10.2025

DOI: <https://doi.org/10.26641/1997-9665.2025.3.65-72>

УДК 611.718.4-018.4:612.015.31:616.74-008.64]-08

ПОРІВНЯННЯ ДИНАМІКИ ЯКОСТІ КІСТКОВОЇ ТКАНИНИ ШИЙКИ СТЕГНОВОЇ КІСТКИ ЩУРА ТА ЇЇ МІНЕРАЛЬНОГО СКЛАДУ УПРОДОВЖ РІЗНИХ ТЕРМІНІВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ ГІПОДИНАМІЇ

Dovgan R.R. , Masna Z.Z.  Comparison of the dynamics of bone tissue quality and mineral composition of the femoral neck in rats during different periods of experimental hypokinesia.

Danylo Halytsky Lviv National Medical University, Lviv, Ukraine.

ABSTRACT. Relevance. Hypokinesia is one of the serious problems of the modern lifestyle. Its impact on the musculoskeletal system manifests as muscle atrophy, impairment of the joint ligamentous apparatus structure, and decrease in bone mass — therefore, a sedentary lifestyle is recognized as a risk factor for osteoporosis development. **Aim.** To determine the dynamics of changes in the quality and mineral composition of the femoral neck bone tissue under conditions of forced limb immobilization in the experiment. **Methods.** To identify the dynamics of changes developing against the background of forced immobilization, an experimental study was conducted on 25 adult male outbred white rats aged 3–3.5 months and weighing 180–200 g. Forced experimental hypokinesia was modeled by immobilizing the hind limbs with a plaster cast of the coxite type (reinforced with a metal wire), completely restricting movement in the hip and knee joints. The observation periods were 3, 4, 5, and 6 weeks. Bone tissue density was determined in conditional grayscale units (GSU) using a radiovisiographic study on a Siemens device with TROPHI Radiologi software. The content of mineral elements in the femoral neck bone tissue was determined in mg/g by atomic absorption spectral analysis performed on an AAS-1N atomic absorption spectrophotometer (Carl Zeiss Jena, Germany) using a propane-butane-air flame. **Results.** After 6 weeks of the experiment, bone tissue density of the femoral neck in rats decreased by 3% compared to the control. The study of mineral content in the bone tissue throughout six weeks revealed distinct dynamics characteristic of each element. By the end of the experiment, calcium, sodium, zinc, and strontium levels were higher than in intact animals, whereas phosphorus and magnesium levels were lower, and lead content remained unchanged compared to normal values. The study of bone density dynamics and the absolute values of macro- and microelement content in bone tissue under prolonged experimental hypokinesia allows for a better understanding of the causes of structural and mechanical alterations of bone under forced motion restriction and can contribute to the development of effective methods of prevention and correction.

Key words: experimental hypokinesia, forced immobilization, femur, bone tissue, density, mineral composition.

Dovgan RR, Masna ZZ. [Comparison of the dynamics of bone tissue quality and mineral composition of the femoral neck in rats during different periods of experimental hypokinesia]. *Morphologia*. 2025;19(3):65-72. Ukrainian.

DOI: <https://doi.org/10.26641/1997-9665.2025.3.65-72>

 Dovgan R.R. 0000-0002-4502-1740

 Masna Z.Z. 0000-0003-2057-7061

© Dnipro State Medical University, «Morphologia»

Вступ

Гіподинамія є однією з серйозних проблем способу життя сучасної людини. Розвиток комунікаційних технологій, транспорту, глобальна автоматизація та цифровізація призводять до зниження фізичної активності населення [1-3]. Гіподинамію вважають однією з основних причини розвитку метаболічних порушень в організмі, вона веде до надмірної ваги тіла, порушень зі сторони серцево-судинної, травної та дихальної сис-

тем, опорно-рухового апарату, а також до порушення кровопостачання та іннервації різних органів. Вплив гіподинамії на опорно-руховий апарат проявляється атрофією м'язів, порушенням структури зв'язкового апарату суглобів, зниженням кісткової маси – тому малорухливий спосіб життя визнано фактором ризику розвитку остеопорозу [4-6]. При обстеженні пацієнтів з різними ступенями фізичного навантаження різні дослідники вказують на зв'язок між тривалими фізичними

вправами та різним остеогенним індексом, харчовими моделями, складом тіла, біологічними факторами та мінеральною щільністю кісток [7]. При цьому характерною ознакою гіподинамічної кістки є порушення її обмінних процесів, а основною її клінічною проблемою є погіршення якості кісткової тканини та підвищення ризику переломів [8-13].

Метою нашого дослідження стало з'ясування динаміки змін якості та мінерального складу кісткової тканини шийки стегнової кістки, що розвиваються на фоні вимушеної іммобілізації кінцівок в експерименті.

Матеріал та методи

Дослідження було виконане на 25 білих безпородних статевозрілих щурах-самцях віком 3-3,5 місяці і масою 180-200 г. Тварини отримані з віварію ДНП «Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького» та утримувалися на стандартному раціоні віварію з вільним доступом до води, при сталій температурі й вологості. Проведення дослідження не порушує положень «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, які використовуються для експериментальних та інших наукових цілей», «Загальних етичних принципів експериментів на тваринах», ухвалених Першим Національним конгресом з біоетики (Київ, 2001), Закону України №

3447 – IV «Про захист тварин від жорстокого поводження» згідно з директивою Ради ЄС 2010/63/EU про дотримання постанов, законів, адміністративних положень Держав ЄС з питань захисту тварин, які використовуються з науковою метою [14, 15]. Комісією з біоетики Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького встановлено, що проведені наукові дослідження відповідають етичним вимогам згідно наказу МОЗ України № 231 від 01.11.2000 р. (протокол № 4 від 15 квітня 2024 р.). Тварин було поділено на контрольну (5 тварин) та експериментальну (20 тварин) групи. Вимушену гіподинамію моделювали шляхом іммобілізації задніх кінцівок гіпсовою пов'язкою по типу кокситної (з укріпленням металевим дротом), з повним обмеженням рухів у кульшових та колінних суглобах [16]. Терміни спостереження становили 3, 4, 5 і 6 тижнів. Після виведення тварин з експерименту досліджували щільність кісткової тканини стегнової кістки в ділянці шийки та вміст у ній мінеральних елементів (кальцію, магнію, натрію, цинку, стронцію, свинцю). Щільність кісткової тканини визначали методом радіовізіографічного дослідження на апараті фірми Siemens з програмним забезпеченням TROPHIRadiologi. Одиниця виміру щільності тканин – умовна одиниця сірості (УОС) (рис. 1).

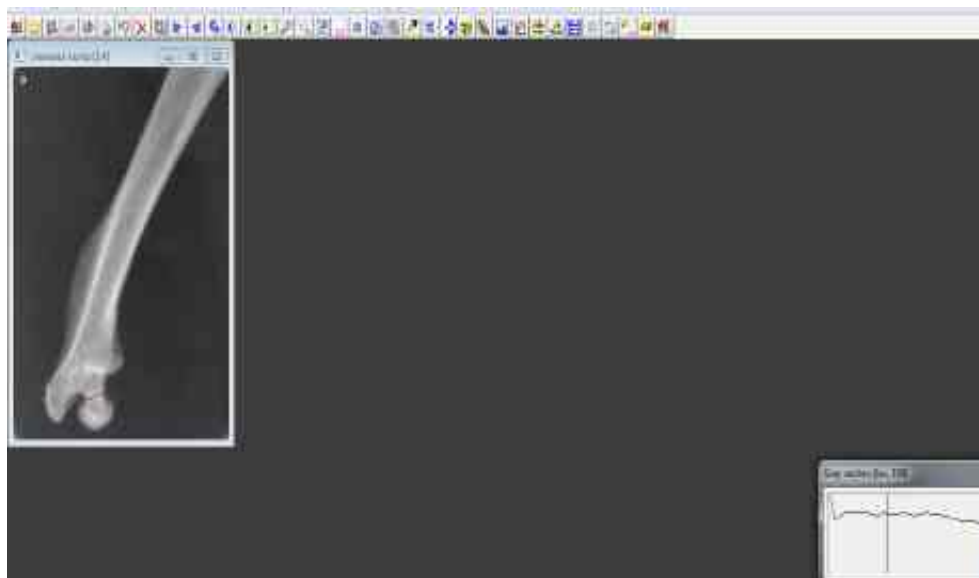


Рис. 1. Алгоритм визначення щільності кісткової тканини шийки стегнової кістки радіовізіографічним методом.

Для проведення статистичних розрахунків, створення графіків і таблиць використовували програмне забезпечення RStudio v1.2.5042, а також електронні таблиці Excel з пакету MS Office 2010 з використанням ліцензійної програми STATISTICA (версія 6.1; серійний номер AGAR 909 E415822FA). Послідовність статистичних процедур виконували згідно з рекомендаціями [17].

Вміст мінеральних елементів в кістковій тканині шийки стегнової кістки визначали в мг/г шляхом проведення атомно-абсорбційного спектрального аналізу, виконаного на атомно-абсорбційному спектрофотометрі AAS-1N (CarlZeissJena, Німеччина) із використанням полум'я пропан-бутан-повітря.

Результати та їх обговорення

Проведене дослідження показників щільності кісткової тканини шийки стегнової кістки засвідчило мінімальну динаміку даного показника упродовж чотирьох тижнів експерименту – через 3 тижні іммобілізації його значення становило $132,07 \pm 7,15$ УОС, а через 4 тижні – $131,04 \pm 9,16$ УОС, при значенні $131,28 \pm 12,86$ УОС у інтактних

тварин.

Через 5 тижнів вимушеної іммобілізації щільність кісткової тканини в досліджуваній ділянці знижувалась до $130,12 \pm 3,01$ УОС, а через 6 тижнів – до $127,43 \pm 5,14$ УОС, що на 3% ($p \leq 0,1$) нижче від норми (рис. 2)

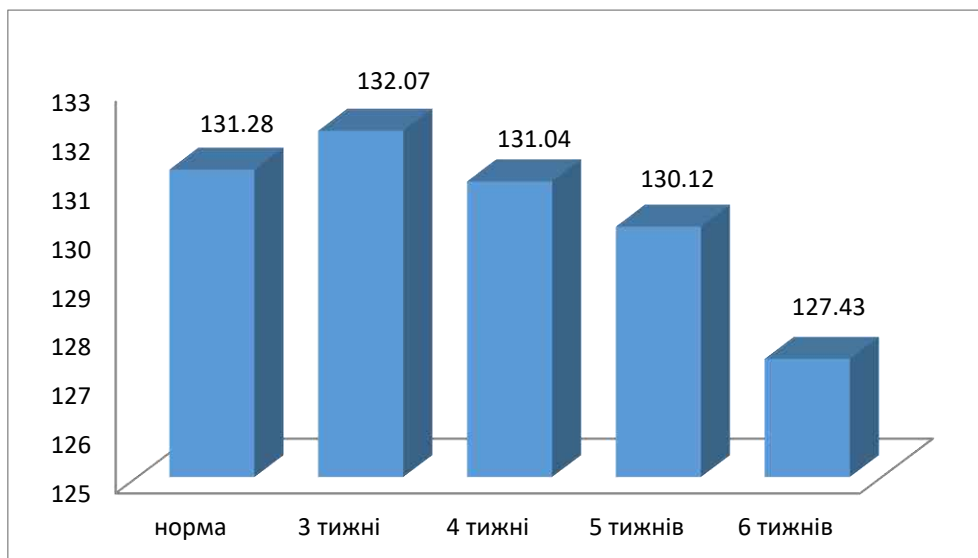


Рис. 2. Динаміка щільності кісткової тканини шийки стегнової кістки щура упродовж 6-тижневої гіподинамії.

Проведений аналіз мінерального складу кісткової тканини стегнової кістки щура в ділянці шийки засвідчив наявність у ній досліджуваних

макро- та мікроелементів у кількостях, можливих до визначення (табл. 1).

Таблиця 1
Вміст мінеральних макро- та мікроелементів в кістковій тканині стегнової кістки інтактного щура (мг/г) ($M \pm m$)

	макроелементи				мікроелементи		
	Ca	P	Na	Mg	Zn	Sr	Pb
Кількість	$9,2 \pm 1,017$	$13,5 \pm 1,318$	$1,9 \pm 0,223$	$2,6 \pm 0,094$	$0,3 \pm 0,002$	$0,02 \pm 0,001$	$0,022 \pm 0,003$

Вивчення вмісту досліджуваних елементів в кістковій тканині шийки стегнової кістки щура упродовж шести тижнів експерименту дозволило з'ясувати особливості його динаміки, характерної для кожного елемента.

Зокрема, кількість кальцію у кістковій тканині стегнової кістки щура при іммобілізації знижувалась до кінця 3-го тижня експерименту, упродовж наступного тижня вміст кальцію залишався практично незмінним, з незначною тенденцією до підвищення, а починаючи з 5-го тижня рівень кальцію різко підвищився майже втричі у порівнянні з тваринами контрольної групи. Підвищення вмісту кальцію продовжувалось і впродовж 6-го тижня експерименту, сягаючи максимального значення. Мінімальним показник вмісту кальцію був на 3-ій тиждень експерименту (рис. 3).

Дослідження показників вмісту фосфору у

стегновій кістці щура при іммобілізації на 3-му тижні засвідчило їх зниження, що продовжувалось до кінця 5-го тижня експерименту і тільки на 6-ий тиждень спостерігали його підвищення до рівня показників третього тижня експерименту. В загальному на 6 тиждень в порівнянні з контрольною групою вміст фосфору зменшився приблизно на 14,8% ($p \leq 0,1$). Таким чином, максимальний показник вмісту фосфору було виявлено на 6-ий тиждень експерименту, мінімальний – на 5-ий тиждень (рис. 4).

При дослідженні вмісту магнію у стегновій кістці щура через 3 тижні іммобілізації спостерігали зниження його показників, на 4-ий тиждень експерименту – незначне їх підвищення. На 5-ий тиждень показники вмісту магнію зменшувались суттєво – їх значення становило близько 53,9% ($p \leq 0,05$) від початкового рівня, та залишалося без змін і упродовж 6-го тижня експерименту. Таким

чином встановлено, що максимальних показників вміст магнію сягав на 4-ий тиждень експерименту, мінімальних – на 5-ий і 6-ий тиждень (рис. 5).

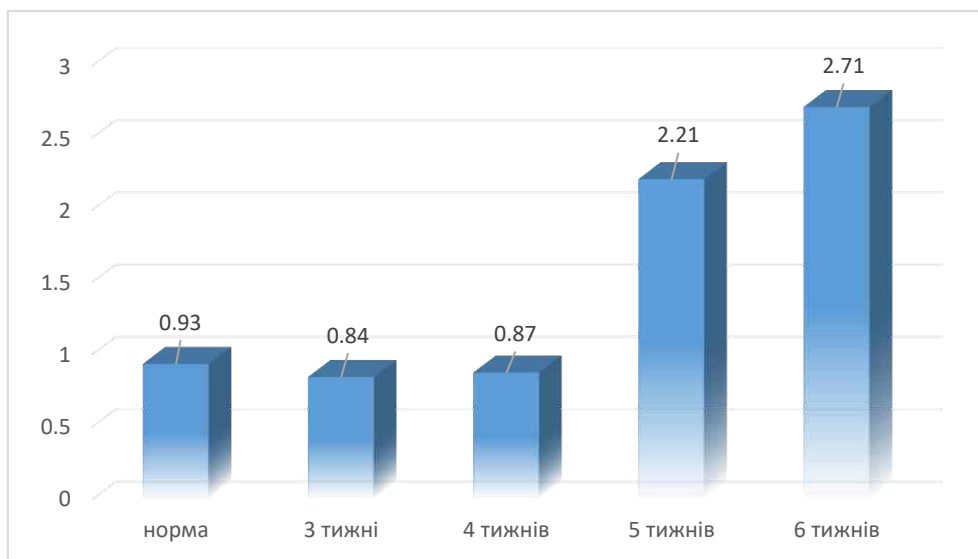


Рис. 3. Динаміка вмісту кальцію в кістковій тканині стегнової кістки щура упродовж 6-ти тижнів експериментальної гіподинамії (мг/г).

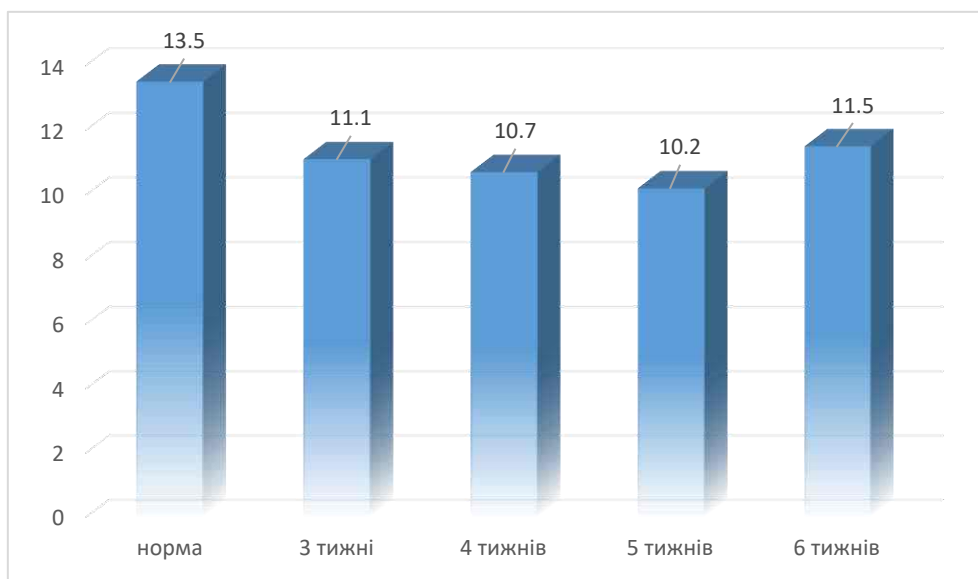


Рис. 4. Динаміка вмісту фосфору в кістковій тканині стегнової кістки щура упродовж 6-ти тижнів експериментальної гіподинамії (мг/г).

Дослідження динаміки показників вмісту натрію у стегновій кістці щура при іммобілізації на 3 тижні засвідчило відсутність змін у порівнянні з контрольною групою, на 4-ий тиждень спостерігали незначне збільшення вмісту натрію, а упродовж 5-го тижня експерименту вміст натрію зріс більше, ніж утрічі у порівнянні з контрольною групою. На 6-ий тиждень досліджуваній показник дещо знизився, в порівнянні з попереднім терміном, залишаючись утрічі вищим, ніж у тварин контрольної групи (рис. 6).

Вивчення динаміки вмісту свинцю у кістковій тканині стегнової кістки щура засвідчило відсутність його змін при іммобілізації на 3 тижні. На 4-ий тиждень експерименту відмічали незначне зниження вмісту свинцю, а на 5-ий тиждень – зростання його кількості та повернення до показників норми. На 6-му тижні експерименту вміст свинцю продовжував незначно зростати і сягав максимального показника. Мінімальний показник вмісту свинцю упродовж експерименту був встановлений на 4-ий тиждень (рис. 7).

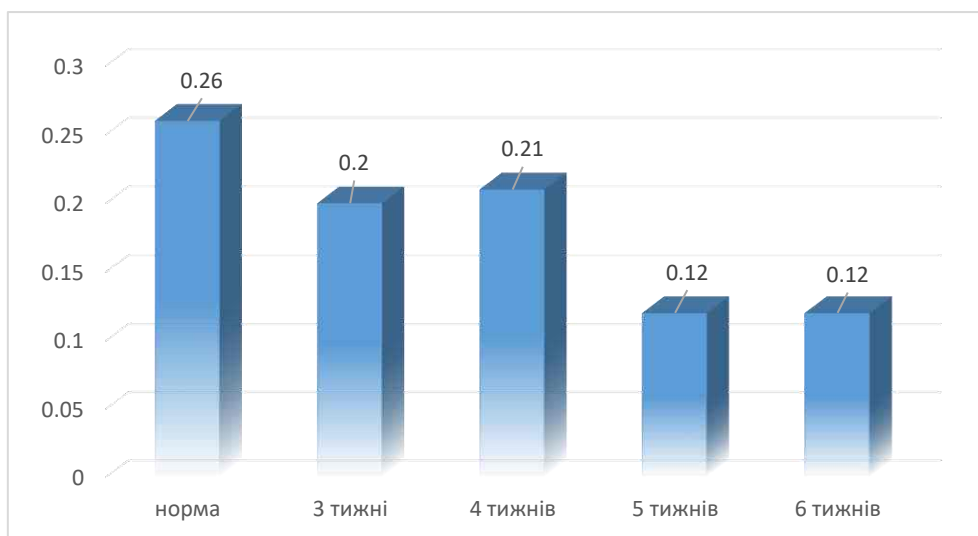


Рис. 5. Динаміка вмісту магнію в кістковій тканині стегнової кістки щура упродовж 6-ти тижнів експериментальної гіподинамії (мг/г).

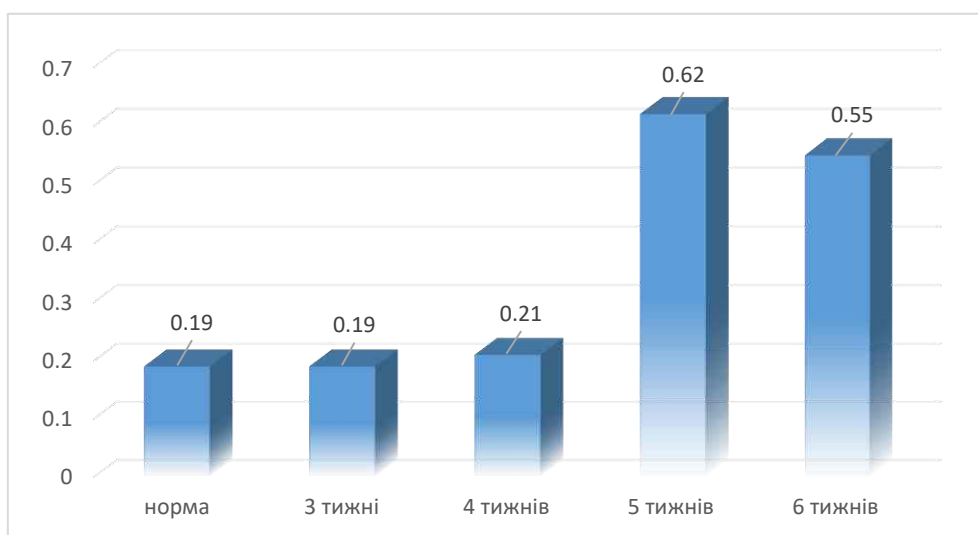


Рис. 6. Динаміка вмісту натрію в кістковій тканині стегнової кістки щура упродовж 6-ти тижнів експериментальної гіподинамії (мг/г).

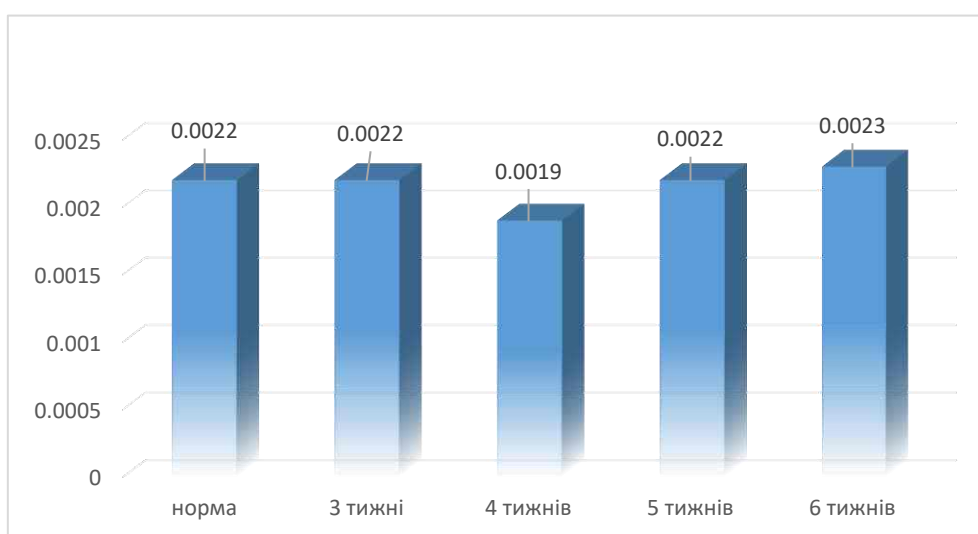


Рис. 7. Динаміка вмісту свинцю в кістковій тканині стегнової кістки щура упродовж 6-ти тижнів експериментальної гіподинамії (мг/г).

Аналіз вмісту цинку у кістковій тканині стегнової кістки щура засвідчив, що при іммобілізації на 3-му тижні його кількість знижується у порівнянні з контрольною групою. На 4-ий тиждень експерименту відбувається підвищення вмісту цинку, на 5-ий тиждень – зростання вмісту цинку

продовжується і повертається до показників норми, а на 6-ий тиждень експерименту перевищує показники інтактних тварин на 36,7% ($p \leq 0,1$). Максимальний показник вмісту цинку в кістковій тканині встановлений на 6-му тижні експерименту, мінімальний – на 3-му тижні (рис. 8).

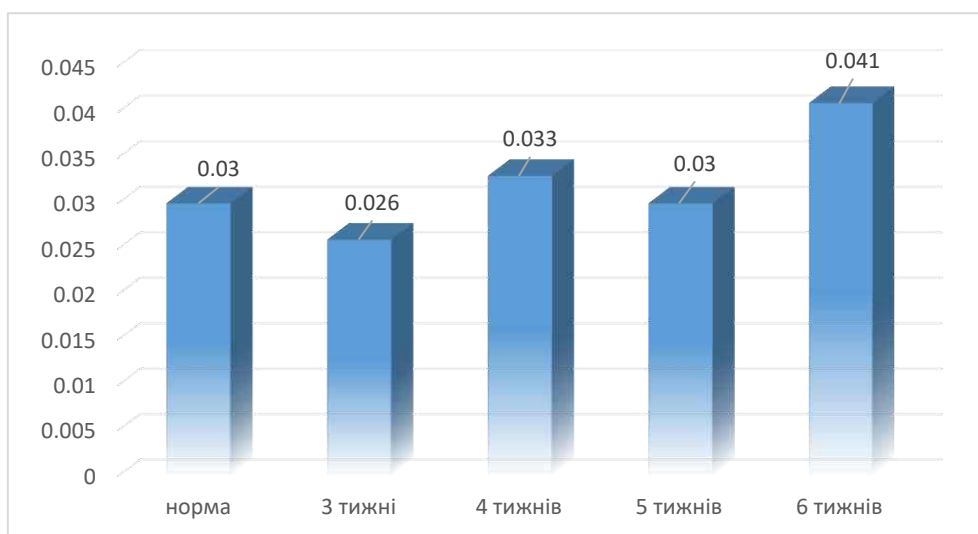


Рис. 8. Динаміка вмісту цинку в кістковій тканині стегнової кістки щура упродовж 6-ти тижнів експериментальної гіподинамії (мг/г).

Аналіз динаміки показників стронцію у кістковій тканині стегнової кістки щура при іммобілізації на 3-му тижні дав змогу встановити їх збільшення. На 4-мй тиждень експерименту спостерігали незначне зниження вмісту стронцію з наступним його повторним зростанням упродовж 5-го

тижня. На 6-ий тиждень експерименту вміст стронцію знову дещо зменшується. Таким чином, максимальних показників вміст стронцію сягав на 5-ий тиждень експерименту, мінімальних – на 3-ій тиждень (рис. 9).

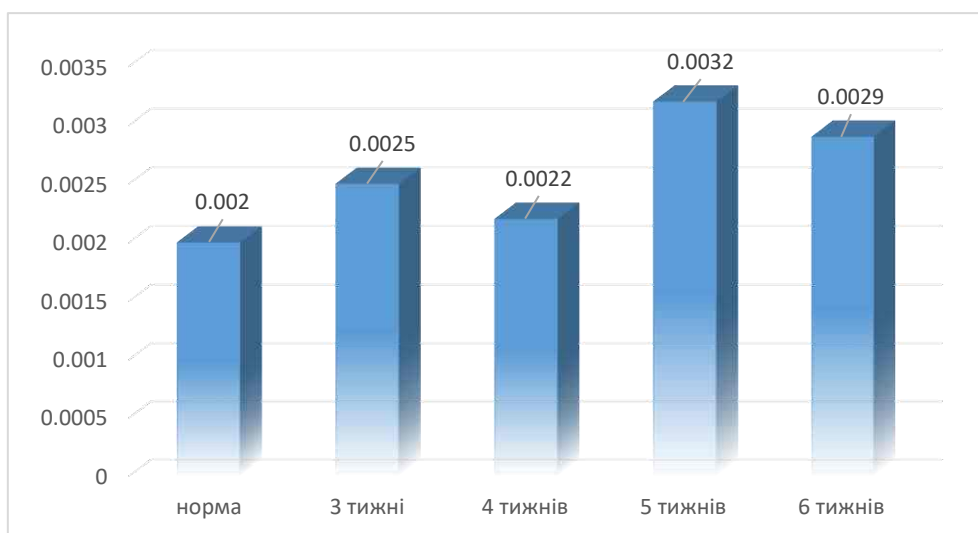


Рис. 9. Динаміка вмісту стронцію в кістковій тканині стегнової кістки щура упродовж 6-ти тижнів експериментальної гіподинамії (мг/г).

Отримані результати підтверджують наявність вираженої динаміки щільності кісткової тканини шийки стегнової кістки щура, а також абсолютних показників вмісту в ній досліджуваних

макро- та мікроелементів на фоні експериментальної гіподинамії, що суттєво доповнює літературні дані про структурні та функціональні зміни кісткової тканини людини та експериментальних тварин при тривалих змінах фізичної активності,

зокрема – при її вимушеному зниженні [9-13].

Висновки

1. Аналіз щільності кісткової тканини шийки стегнової кістки щура засвідчив, що через 6 тижнів вимушеної іммобілізації досліджуваний показник знижується на 3% ($p \leq 0,1$)

2. Проведений аналіз мінерального складу кісткової тканини шийки стегнової кістки щура засвідчив наявність у ній кальцію, фосфору, магнію та натрію, а також цинку, стронцію та свинцю у кількостях, можливих до визначення.

3. Упродовж 6-тижневої експериментальної гіподинамії спостерігали виражену динаміку показників досліджуваних макро- та мікроелементів кісткової тканини шийки стегнової кістки щура.

4. Через 6 тижнів експерименту показники вмісту свинцю в кістковій тканині поверталися до контрольного рівня, вміст кальцію, натрію, стронцію та цинку залишався вищим контрольного рівня, вміст магнію та фосфору був нижчим контрольного рівня.

5. Максимальні зміни вмісту кальцію спостерігали через 6 тижнів експерименту (вище норми на 290% ($p \leq 0,05$)); натрію – через 5 тижнів експерименту (вище норми на 320% ($p \leq 0,05$)); магнію – через 4 тижні експерименту (нижче норми

на 19% ($p \leq 0,1$)); фосфору – через 6 тижнів експерименту (нижче норми на 15% ($p \leq 0,1$)), цинку – через 6 тижнів експерименту (вище норми на 30% ($p \leq 0,1$)); стронцію – через 5 тижнів експерименту (вище норму на 60% ($p \leq 0,05$)); свинцю – через 6 тижнів експерименту (нижче норми на 4,5% ($p \leq 0,1$)).

Перспективи подальших досліджень

Вивчення динаміки щільності кісткової тканини, а також абсолютних показників вмісту в ній мінеральних макро- та мікроелементів упродовж тривалої експериментальної гіподинамії дозволить зрозуміти причини розвитку змін структури та механічних властивостей кістки при вимушеному обмеженні руху та розпрацювати ефективні методи їх профілактики та корекції.

Інформація про конфлікт інтересів

Потенційних або явних конфліктів інтересів, що пов'язані з цим рукописом, на момент публікації не існує та не передбачається.

Джерела фінансування

Робота виконана в рамках науково-дослідної теми «Морфофункціональні особливості органів у пре- та постнатальному періодах онтогенезу, при впливі опіоїдів, харчових добавок, реконструктивних операціях та ожирінні» (номер державної реєстрації 0120U002129).

Літературні джерела

References

1. Bourke E, Rawstorn J, Maddison R, Blakely T. The effects of physical inactivity on other risk factors for chronic disease: A systematic review of reviews. *Prev Med Rep.* 2024;46:102866. doi: 10.1016/j.pmedr.2024.102866.
2. Cao Y, Hu Y, Lei F, Zhang X, Liu W, Huang X, et al. Associations between leisure-time physical activity and the prevalence and incidence of osteoporosis disease: Cross-sectional and prospective findings from the UK biobank. *Bone.* 2024;187:117208. doi: 10.1016/j.bone.2024.117208.
3. Chen Y, Yu J, Li W, Wang L, Zhou X, Zhuang C, et al. Potential causal association between leisure sedentary behaviors and osteoporosis: A two-sample Mendelian randomization analysis. *Medicine (Baltimore).* 2024;103(12):e37467. doi: 10.1097/MD.00000000000037467.
4. Fayad I, Pinti A, Zouhal H, El Hage R. Sprinting performance correlates with composite indices of femoral neck strength in middle-aged active men. *J Clin Densitom.* 2025;28(3):101586. doi: 10.1016/j.jocd.2025.101586.
5. Guo C, Dai T, Zhang H, Luo M, Gao J, Feng X. Effect of resistance training on body composition and physical function in older females with sarcopenic obesity-a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Front Aging Neurosci.* 2025;17:1495218 doi: 10.3389/fnagi.2025.1495218.
6. Jeng B, Motl RW. Is sedentary behavior associated with body composition in multiple sclerosis? *Mult Scler Relat Disord.* 2024;92:105922. doi: 10.1016/j.msard.2024.105922.
7. Kopiczko A, Bałdyka J, Adamczyk JG, Nyrć M, Gryko K. Association between long-term exercise with different osteogenic index, dietary patterns, body composition, biological factors, and bone mineral density in female elite masters athletes. *Sci Rep.* 2025;15(1):9167. doi: 10.1038/s41598-025-93891-9.
8. Cieplińska J, Kopiczko A. Bone mineral density and body composition in Polish girls with Myelomeningocele: effects of adapted physical activity and past fractures. *Homo.* 2021;72(2):149-57. doi: 10.1127/homo/2021/1357.
9. Dalla Via J, Duckham RL, Peake JM, Kukuljan S, Nowson CA, Daly RM. Circulating Levels of Inflammation and the Effect on Exercise-Related Changes in Bone Mass, Structure and Strength in Middle-Aged and Older Men. *Calcif Tissue Int.* 2019;104(1):50-8. doi: 10.1007/s00223-018-0475-4.
10. Savikangas T, Suominen TH, Alén M, Rantalainen T, Sipilä S. Changes in femoral neck bone mineral density and structural strength during a 12-month multicomponent exercise intervention among older adults - Does accelerometer-measured physical activity matter? *Bone.* 2024;178:116951. doi: 10.1016/j.bone.2023.116951.

11. Chelpanova IV. [Comparison of bone density changes in rabbit mandible using different osteoplastic materials]. *Morphologia*. 2024;18(2):84-90. Ukrainian. doi: 10.26641/1997-9665.2024.2.84-90.
12. Chelpanova IV. Analysis of the bone density of the rabbit mandible according to radiovisiography data. *Clinical Anatomy and Operative Surgery*. 2022;21(3):18-21. Ukrainian. doi: 10.24061/1727-0847.21.3.2022.32.
13. Stapledon CJM, Stamenkov R, Cappai R, Clark JM, Bourke A, Bogdan Solomon L, Atkins GJ. Relationships between the Bone Expression of Alzheimer's Disease-Related Genes, Bone Remodelling Genes and Cortical Bone Structure in Neck of Femur Fracture. *Calcif Tissue Int*. 2021;108(5):610-21. doi: 10.1007/s00223-020-00796-y.
14. European Convention for the Protection of Vertebrate Animals Used for Experimental and Other Scientific Purposes. Strasburg: Council of Europe. 1986;123:52. Available from: <https://rm.coe.int/168007a67b>.
15. Directive 2010/63/EU of the European Parliament and of the Council of 22 September 2010 on the Protection of Animals Used for Scientific Purposes. *Off J Eur Union*. 2010;53(L276):33–79.
16. Dovgan RR, Masna ZZ. [Analysis of the impact of immobilisation-induced hypodynamia on hip-joint range of motion]. *Morphologia*. 2025;19(2):16-22. Ukrainian. doi: 10.26641/1997-9665.2025.2.16-22.
17. Hruziova TS, Lekhan VM, Ohniov VA, Hailienko LI, Kriachkova LV, Palamar BI, et al. [Biostatistics]. Vinnytsia: New Book; 2020. 384 p. Ukrainian.

Довган Р.Р., Масна З.З. Порівняння динаміки якості кісткової тканини шийки стегнової кістки щура та її мінерального складу упродовж різних термінів експериментальної гіподинамії.

РЕФЕРАТ. Актуальність. Гіподинамія є однією з серйозних проблем способу життя сучасної людини. Її вплив на опорно-руховий апарат проявляється атрофією м'язів, порушенням структури зв'язкового апарату суглобів, зниженням кісткової маси – тому малорухливий спосіб життя визнано фактором ризику розвитку остеопорозу. **Мета роботи:** з'ясування динаміки змін якості та мінерального складу кісткової тканини шийки стегнової кістки, що розвиваються на фоні вимушеної іммобілізації кінцівок в експерименті. **Методи.** Для виявлення динаміки змін, що розвиваються на фоні вимушеної іммобілізації кінцівок в експерименті виконано дослідження на 25 білих безпородних статевозрілих щурах-самцях віком 3-3,5 місяці і масою 180- 200 г. Вимушену гіподинамію моделювали шляхом іммобілізації задніх кінцівок гіпсовою пов'язкою по типу кокситної (з укріпленням металевим дротом), з повним обмеженням рухів у кульшових та колінних суглобах. Терміни спостереження становили 3, 4, 5 і 6 тижнів. Щільність кісткової тканини визначали в умовних одиницях сірості (UOC) методом радіовізіографічного дослідження на апараті фірми Siemens з програмним забезпеченням TROPHIRadiologi. Вміст мінеральних елементів в кістковій тканині шийки стегнової кістки визначали в мг/г шляхом проведення атомно-абсорбційного спектрального аналізу, виконаного на атомно-абсорбційному спектрофотометрі AAS-1N (CarlZeissJena, Німеччина) із використанням полум'я пропан-бутан-повітря. **Результати.** Встановлено, що через 6 тижнів експерименту щільність кісткової тканини шийки стегнової кістки щура знижувалась на 3% у порівнянні з нормою. Вивчення вмісту досліджуваних елементів в кістковій тканині шийки стегнової кістки щура упродовж шести тижнів експерименту дозволило з'ясувати особливості його динаміки, характерної для кожного елемента. На кінець експерименту вміст кальцію, натрію, цинку і стронцію був вищим, ніж у інтактних тварин, вміст фосфору і магнію – нижчим від норми, а вміст свинцю – не відрізнявся від нормальних показників. Вивчення динаміки щільності кісткової тканини, а також абсолютних показників вмісту в ній мінеральних макро- та мікроелементів упродовж тривалої експериментальної гіподинамії дозволить зрозуміти причини розвитку змін структури та механічних властивостей кістки при вимушеному обмеженні руху та розпрацювати ефективні методи їх профілактики та корекції.

Ключові слова: гіподинамія, вимушена іммобілізація, стегнова кістка, кісткова тканина, щільність, мінеральний склад.