

experiment by exsanguination under thiopental anesthesia. Histological micropreparations and semi-thin sections were prepared from the thyroid gland, on which the area of the arteries, their lumen, the area of the intima, adventitia, Vaughanworth and Kernoghan indices, the area of endothelial cells, their nuclei, nuclear-plasma ratios, and the volume of damaged endothelial cells were determined. Quantitative indicators were processed statistically.

It has been established that resection of the left and right lateral lobes of the liver in rats leads to hypertension in the portal system and significant remodeling of the arteries of the thyroid gland, which is characterized by an increase in the area of the arteries, media, adventitia, an increase in the Wogenworth index, a decrease in the area of the lumen, intima, endothelial cells, a decrease in the Kernoghan index, a decrease in the permeability of the studied vessels, damage to endothelial cells, endothelial dysfunction, deterioration of the blood supply to the organ, hypoxia, dystrophy, necrosis of tissues and cells, foci of cellular infiltrates, sclerosis. The established morphological changes in the arteries of the thyroid gland dominated in the combination of postresection portal hypertension with multiple organ failure.

Key words: thyroid gland, arteries, postoperative portal hypertension, multiple organ failure.

ORCID and contributionship / ORCID кожного автора та їх внесок до статті:

Hnatjuk M. S.: <https://orcid.org/0000-0002-4110-5568>^{ADEF}

Chernetsky A. A.: <https://orcid.org/0009-0007-2917-5727>^{ABC}

Tatarchuk L. V.: <https://orcid.org/0000-0002-4678-4205>^{BCF}

Stets N. Ja.: <https://orcid.org/0000-0003-2799-0895>^{ABDF}

Conflict of interest / Конфлікт інтересів:

The authors declare no conflict of interest. / Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Corresponding author / Адреса для кореспонденції

Hnatjuk Mykhaylo Stepanovych / Гнатюк Михайло Степанович

I. Horbachevsky Ternopil National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine / Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ України

Ukraine, 46001, Ternopil, 1 Maydan Voli str. / Адреса: Україна, 46001, м. Тернопіль, вул. Майдан Волі 1

Tel.: +380674765285 / Тел.: +380674765285

E-mail: hnatjuk@tdmu.edu.ua

A – Work concept and design, B – Data collection and analysis, C – Responsibility for statistical analysis, D – Writing the article, E – Critical review, F – Final approval of the article / A – концепція роботи та дизайн, B – збір та аналіз даних, C – відповідальність за статичний аналіз, D – написання статті, E – критичний огляд, F – остаточне затвердження статті.

Received 29.07.2025 / Стаття надійшла 29.07.2025 року
Accepted 10.11.2025 / Стаття прийнята до друку 10.11.2025 року

DOI 10.29254/2077-4214-2025-4-179-312-317

UDC 611.718.4-018.4:612.015.31:612.76-08

Dovgan R. R., Masna Z. Z.

ANALYSIS OF THE DYNAMICS OF FEMORAL BONE TISSUE DENSITY UNDER EXPERIMENTAL HYPODYNAMIA

Danylo Halytsky Lviv National Medical University (Lviv, Ukraine)

masna.zz@gmail.com

Hypodynamia, caused by reduced physical load and a general decrease in physical activity in modern humans, has a negative impact on the body overall and on bone tissue in particular. A study conducted on 20 white outbred sexually mature male rats aged 3-3.5 months and weighing 180-200 g, subjected to experimentally induced hypodynamia, allowed us to determine its effect on the condition of bone tissue in different regions of the rat femur. Forced hypodynamia was modeled by immobilizing the lumbosacral region and hind limbs using a plaster cast of the coxite type, entirely restricting movement in the hip and knee joints.

The density of femoral bone tissue in the areas of the head, neck, greater trochanter, and proximal diaphysis was assessed using radiovisiographic examination. The unit of tissue density measurement was the conditional gray level unit (CGLU).

It was established that the highest density values were observed in the greater trochanter, slightly lower in the femoral head and proximal diaphysis, and the lowest in the femoral neck. After six weeks of immobilization, bone density decreased compared to normal values by 8% in the femoral head, 5% in the neck, 7% in the greater trochanter, and 2% in the proximal diaphysis. Two weeks after cast removal, density remained below normal by 1% in the head region, 3% in the neck, 6% in the greater trochanter, and 1% in the proximal diaphysis. The obtained data correspond with the results of other authors and significantly expand our understanding of the effects of hypodynamia on bone tissue.

Key words: bone tissue, density, hypodynamia, radiological methods, femur.

Connection of the publication to planned research work.

The study was conducted within the framework of the planned research project of the Department of Normal Anatomy and the Department of Operative Surgery with Topographic Anatomy of Danylo Halytsky Lviv National Medical University: “Morphofunctional features of organs in the pre- and postnatal periods of ontogenesis under the influence of opioids, food additives, reconstructive surgeries, and obesity” (state registration number 0120U002129).

Introduction.

The lifestyle of modern humans is closely influenced by numerous factors associated with globalization, digitalization, rapid technological development, and transportation advances. Their effects include a significant reduction in physical load and overall physical activity compared to previous generations. Numerous studies on sedentary behavior indicate its negative influence on nearly all physiological systems, metabolic processes, and mental health, bringing the issue of hypodynamia into the medical and social domain. Modern medical literature contains works devoted to studying the effects of physical inactivity on chronic diseases [1] and the relationship between physical activity and musculoskeletal pathology, particularly bone pathology [2-4].

The aim of the study.

To determine the effect of hypodynamia of different durations on bone tissue in various regions of the rat femur.

Object and research methods.

The study was conducted on 20 white outbred sexually mature male rats aged 3-3.5 months and weighing 180-200 g. Animals were kept on a standard vivarium diet at Danylo Halytsky LNMU with free access to water, stable temperature, and humidity. They were divided into a control group (5 rats) and an experimental group (15 rats). Forced hypodynamia was modeled by immobilizing the lumbosacral region and hind limbs using a coxite-type plaster cast (reinforced with wire), completely restricting movement in the hip and knee joints. Observation periods were 3, 4, 5, and 6 weeks after immobilization, and 2 weeks after cast removal.

Bone density in the regions of the head, neck, greater trochanter, and proximal diaphysis of the femur was measured with a Siemens radioviography unit using TROPHI Radiologi software. The unit of measurement was the conditional gray level unit (CGLU).

Statistical calculations were performed using RStudio v1.2.5042 software and Excel spreadsheets from the MS Office 2010 package using the licensed STATISTICA program (version 6.1; serial number AGAR 909 E415822FA).

The conducted research does not violate the provisions of the «European Convention for the Protec-

tion of Vertebrate Animals Used for Experimental and Other Scientific Purposes», «General Ethical Principles of Animal Experiments», adopted by the First National Congress on Bioethics (Kyiv, 2001), Law of Ukraine No. 3447-IV “On the Protection of Animals from Cruelty” in accordance with EU Council Directive 2010/63/EU on the enforcement of regulations, laws, and administrative provisions of the EU Member States regarding the protection of animals used for scientific purposes [5, 6].

Research results and their discussion.

Measurement of bone density in the rat femur revealed that the highest values were in the greater trochanter, slightly lower in the head and proximal diaphysis, and the lowest in the femoral neck (**table**).

The analysis of bone density dynamics revealed distinct patterns in each studied region over the 8-week

Table – Comparison of Bone Tissue Density Dynamics in Different Regions of the Rat Femur During Prolonged Forced Immobilization and After Its Removal (CGLU) (M±m)

	Study Region			
	Femoral Head	Femoral Neck	Greater Trochanter	Proximal Diaphysis of Femur
Intact animals	143.92±6.06	131.28±6.25	156.80±8.49	136.32±7.53
3 weeks of immobilization	141.65±5.42	130.31±3.70	153.05±6.03	139.98±7.97
4 weeks of immobilization	140.08±4.01	131.04±2.68	149.97±2.32	143.73±3.31
5 weeks of immobilization	136.23±3.48	129.18±2.51	148.29±4.89	137.32±2.01
6 weeks of immobilization	132.08±4.73	125.33±2.73	146.26±3.50	133.54±2.22
6 weeks of immobilization + 2 weeks without fixation	135.1±3.76	127.13±2.17	147.03±2.94	135.13±2.05

experiment. Bone density in the head, neck, and greater trochanter began to decrease after three weeks of immobilization, reaching minimum values by week six. Meanwhile, bone density in the proximal diaphysis increased slightly during the first four weeks compared to normal, but began decreasing from week five and reached its minimum by week six. After six weeks of immobilization, density decreased compared to controls by: 8% in the head, 5% in the neck, 7% in the greater trochanter, 2% in the proximal diaphysis of femur. Two weeks after cast removal, bone density increased in all regions but remained below control values: 1% lower in the head, 3% lower in the neck, 6% lower in the greater trochanter, and 1% lower in the proximal diaphysis.

Given the high frequency of femoral injuries and pathologies of the hip joint, the obtained results have both theoretical and practical significance. Scientific literature contains contradictory data on the effects of hypodynamia on bone health. For example, studies by Cao Y. et al. (2024), Chen Y. et al. (2024), and Wang X.S. et al. (2024), Guo C. et al. (2025), Fayad I. et al. (2025) Jeng B, Motl RW (2024) report associations between physical activity and osteoporosis risk [2-4, 7-9]. However, Gudmundsdóttir S.L. et al. (2024) found that sedentary behavior is not a definitive predictor of low bone mineral density or fractures [10]. Both perspectives align with our findings, which show differing degrees of density loss in different femoral regions during forced hypodynamia.

Conclusions.

1. Forced 6-week immobilization leads to a pronounced decrease in bone tissue density of the rat femur.
2. The dynamics of bone density reduction under experimental hypodynamia vary between different anatomical regions of the femur.
3. Two weeks after removal of the immobilization cast, bone density increases but remains lower than in intact animals.

DOI 10.29254/2077-4214-2025-4-179-312-317

УДК 611.718.4-018.4:612.015.31:612.76-08

Довган Р. Р., Масна З. З.

АНАЛІЗ ДИНАМІКИ ЩІЛЬНОСТІ КІСТКОВОЇ ТКАНИНИ СТЕГНОВОЇ КІСТКИ НА ТЛІ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ ГІПОДИНАМІЇ

ДНП «Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького»
(м. Львів, Україна)

masna.zz@gmail.com

Гіподинамія, викликана зниженням фізичного навантаження та загальним зменшенням фізичної активності сучасної людини має загальний негативний вплив на організм та зміни в кістковій тканині зокрема. Результати дослідження, проведеного на 20 білих безпородних статевозрілих щурах-самцях віком 3-3,5 місяці і масою 180-200 г., яким моделювали вимушену гіподинамію, дозволили з'ясувати її вплив на стан кісткової тканини в різних ділянках стегнової кістки щура. Вимушену гіподинамію моделювали шляхом іммобілізації крижово-тазової ділянки та задніх кінцівок гіпсовою пов'язкою по типу кокситної, з повним обмеженням рухів у кульшових та колінних суглобах.

Щільність кісткової тканини стегнової кістки щура в ділянці головки, шийки, великого вертлюга та проксимального відділу діафіза визначали методом радіовізіографічного дослідження. Одиниця виміру щільності тканин – умовна одиниця сірості (УОС).

Встановлено, що найвищим досліджувані показники є в ділянці великого вертлюга, дещо нижчими – в ділянці головки та проксимальної ділянки діафіза та найнижчими – в ділянці шийки стегнової кістки. Через 6 тижнів іммобілізації досліджувані показники знижувалися у порівнянні з нормою на 8% в ділянці головки, на 5% в ділянці шийки, на 7% в ділянці великого вертлюга та на 2% в проксимальній ділянці діафіза стегнової кістки. Через 2 тижні після зняття іммобілізаційної пов'язки щільність кісткової тканини, залишалась нижчою від норми на 1% в ділянці головки, на 3% – шийки, на 6% – великого вертлюга, та лише на 1% – проксимальної ділянки діафіза стегнової кістки. Отримані дані підтверджують результати досліджень інших авторів, суттєво доповнюючи інформацію щодо впливу гіподинамії на кісткову тканину.

Ключові слова: кісткова тканина, щільність, гіподинамія, променеві методи обстеження, стегнова кістка.

Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами.

Дослідження виконане в рамках планової науково-дослідної роботи кафедри нормальної анатомії і кафедри оперативної хірургії з топографічною анатомією ДНП «ЛНМУ імені Данила Галицького» «Морфофункціональні особливості органів у прета постнатальному періодах онтогенезу, при впливі опіоїдів, харчових добавок, реконструктивних операціях та ожирінні» (номер державної реєстрації 0120U002129).

Вступ.

Спосіб життя сучасної людини перебуває в тісній залежності від численних чинників, пов'язаних з глобалізацією, цифровізацією, стрімким розвитком виробничих технологій і транспортних комунікацій. Їх вплив на організм пов'язаний, зокрема, із суттєвим зниженням фізичного навантаження та загальним зменшенням фізичної активності сучасної людини у порівнянні з представниками попередніх поколінь. Результати численних досліджень, пов'язаних з ма-

Prospects for further research.

The established patterns of qualitative and quantitative changes in bone tissue under experimental hypodynamia of varying duration may provide a theoretical basis for improving current and developing new methods of preventing pathological bone changes in individuals subjected to prolonged immobilization

лорухливим способом життя засвідчують його негативний вплив на практично всі системи організму, а також на метаболічні процеси та психічне здоров'я, переводячи проблему гіподинамії у медико-соціальну площину. У сучасній науковій медичній літературі знаходимо праці, присвячені вивченню впливу фізичної неактивності на розвиток хронічних захворювань [1], а також дослідженню зв'язку між фізичною активністю та захворюваністю структур опорно-рухового апарату і, зокрема – кісток [2-4].

Мета дослідження.

З'ясування впливу гіподинамії різної тривалості на стан кісткової тканини в різних ділянках стегнової кістки щура в експерименті.

Об'єкт і методи дослідження.

Дослідження було виконане на 20 білих безпородних статевозрілих щурах-самцях віком 3-3,5 місяці і масою 180-200 г. Тварин утримували на стандартному раціоні віварію ДНП «ЛНМУ імені Данила Галицького» з вільним доступом до води, при сталій температурі й вологості. Тварин було поділено

на контрольну (5 тварин) та експериментальну (15 тварин) групи. Вимушену гіподинамію моделювали шляхом іммобілізації крижово-тазової ділянки та 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 після накладення іммобілізацийних пов'язок та 2 тижні після їх зняття.

Щільність кісткової тканини стегнової кістки щура в ділянці головки, шийки, великого вертлюга та проксимального відділу діафіза визначали методом радіовізіографічного дослідження на апараті фірми Siemens програмним забезпеченням TROPHI Radiologi. Одиниця виміру щільності тканин – умовна одиниця сірості (УОС).

Статистичні розрахунки проведені з застосуванням програмного забезпечення RStudio v1.2.5042 та електронних таблиць Excel з пакету MS Office 2010 з використанням ліцензійної програми STATISTICA (версія 6.1; серійний номер AGAR 909 E415822FA).

Проведене 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 [5, 6].

Результати дослідження та їх обговорення.

Визначення щільності кісткової тканини стегнової кістки щура засвідчило, що найвищим досліджуваними показниками є в ділянці великого вертлюга, дещо нижчими – в ділянці головки та проксимальної ділянки діафіза та найнижчими – в ділянці шийки стегнової кістки (табл.).

Проведений аналіз динаміки щільності кісткової тканини дав змогу встановити особливості її перебігу, характерні для кожної досліджуваної ділянки упродовж 8-и тижнів експерименту. Щільність кісткової тканини головки, шийки та великого вертлюга починала знижуватись вже після трьох тижнів іммобілізації та сягала мінімальних показників через 6 тижнів після початку експерименту. При цьому щільність кісткової тканини проксимальної ділянки діафіза стегнової кістки упродовж перших чотирьох тижнів експерименту дещо зростала, у порівнянні з нормою, а починаючи з п'ятого тижня – знижувалась і сягала мінімального значення до кінця шостого тижня. Через 6 тижнів іммобілізації досліджуваний показник знижувався у порівнянні з нормою на 8% в ділянці головки, на 5% в ділянці шийки, на 7% в ділянці великого вертлюга та на 2% в проксимальній

Таблиця – Порівняння динаміки щільності кісткової тканини різних ділянок стегнової кістки щура упродовж тривалої вимушеної іммобілізації та після її завершення (УОС) (M±m)

	Ділянка дослідження			
	Головка стегнової кістки	Шийка стегнової кістки	Великий вертлюг	Проксимальна ділянка діафіза стегнової кістки
Інтактні тварини	143.92±6.06	131.28±6.25	156.80±8.49	136.32±7.53
3 тижні іммобілізації	141.65±5.42	130.31±3.70	153.05±6.03	139.98±7.97
4 тижні іммобілізації	140.08±4.01	131.04±2.68	149.97±2.32	143.73±3.31
5 тижнів іммобілізації	136.23±3.48	129.18±2.51	148.29±4.89	137.32±2.01
6 тижнів іммобілізації	132.08±4.73	125.33±2.73	146.26±3.50	133.54±2.22
6 тижнів іммобілізації + 2 тижні без фіксації	135.1±3.76	127.13±2.17	147.03±2.94	135.13±2.05

ділянці діафіза стегнової кістки. Через 2 тижні після зняття іммобілізацийної пов'язки щільність кісткової тканини мала виражену тенденцію до підвищення в усіх досліджуваних ділянках, залишаючись, однак, нижчою, ніж у інтактних тварин. Зокрема, нижчою від норми на 1% залишалась щільність кісткової тканини головки, на 3% – шийки, на 6% – великого вертлюга, та лише на 1% – проксимальної ділянки діафіза стегнової кістки.

Беручи до уваги високу частоту травмування стегнової кістки та патологічних змін в кульшовому суглобі, результати вивчення динаміки якості кісткової тканини досліджуваних нами структур за умови вимушеної гіподинамії мають не тільки теоретичне, але й виражене практичне значення. Сучасна наукова медична література містить часто протилежні дані про вплив гіподинамії на стан кісток. Зокрема, праці Cao Y, et al. (2024), Chen Y, et al. (2024), Wang XS, et al. (2024), Guo C. et al. (2025), Fayad I. et al. (2025) Jeng B, Motl RW (2024) засвідчують наявність зв'язку між фізичною активністю та захворюваністю на остеопороз [2-4, 7-9]. При цьому результати досліджень Gudmundsdóttir SL, et al. підтверджують, що малорухливий спосіб життя не є однозначною причиною зниження мінеральної щільності кісток та їх переломів [10]. Обидва твердження знаходять підтвердження в отриманих нами результатах проведеного дослідження, що засвідчують різну динаміку та різну вираженість зміни кісткової щільності в різних ділянках стегнової кістки на тлі вимушеної іммобілізації.

Висновки.

1. Вимушена 6-тижнева іммобілізація веде до вираженого зниження щільності кісткової тканини стегнової кістки щура.
2. Динаміка кісткової щільності на тлі експериментальної гіподинамії є різною в різних ділянках стегнової кістки.
3. Через 2 тижні після зняття іммобілізацийної пов'язки показники кісткової щільності зростають, залишаючись при цьому нижчими, ніж у інтактних тварин.

Перспективи подальших досліджень.

Результати вивчення закономірностей зміни якісних і кількісних показників кісткової тканини на тлі експериментальної гіподинамії різної тривалості можуть стати теоретичним підґрунтям для удосконалення існуючих та розпрацювання нових ефективних методів профілактики патологічних змін кісток у осіб з вимушеною тривалою іммобілізацією.

References / Література

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](https://doi.org/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](https://doi.org/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](https://doi.org/10.1097/MD.00000000000037467).
4. Wang XS, Chen Y, Zhao YW, Chen MW, Wang H. Assessing the association between a sedentary lifestyle and prevalence of primary osteoporosis: a community-based cross-sectional study among Chinese population. *BMJ Open.* 2024;14(6):e080243. DOI: [10.1136/bmjopen-2023-080243](https://doi.org/10.1136/bmjopen-2023-080243).
5. Council of Europe. European Convention for the protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purposes. Strasbourg: Council of Europe; 1986. 52 p.
6. European Parliament. 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.
7. 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](https://doi.org/10.3389/fnagi.2025.1495218).
8. 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](https://doi.org/10.1016/j.jocd.2025.101586).
9. 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](https://doi.org/10.1016/j.msard.2024.105922).
10. Gudmundsdóttir SL, Berger C, Macdonald H, Adachi JD, Hopman WM, Kaiser SM, et al. Sedentary behavior does not predict low BMD nor fracture-population-based Canadian Multicentre Osteoporosis Study. *J Bone Miner Res.* 2024;39(3):231-240. DOI: [10.1093/jbmr/zjae004](https://doi.org/10.1093/jbmr/zjae004).

АНАЛІЗ ДИНАМІКИ ЩІЛЬНОСТІ КІСТКОВОЇ ТКАНИНИ СТЕГНОВОЇ КІСТКИ НА ТЛІ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ ГІПОДИНАМІЇ

Довган Р. Р., Масна З. З.

Резюме. Сучасна наукова медична література містить численні праці, присвячені вивченню впливу гіподинамії на розвиток хронічних захворювань та дослідженню зв'язку між фізичною активністю і патологією кісток. Мета роботи: з'ясування впливу гіподинамії різної тривалості на стан кісткової тканини в різних ділянках стегнової кістки щура в експерименті. Дослідження виконане на 20 білих безпородних статевозрілих щурах-самцях віком 3-3,5 місяці і масою 180-200 г. Тварин було поділено на контрольну (5 тварин) та експериментальну (15 тварин) групи. Вимушену гіподинамію моделювали шляхом іммобілізації крижово-тазової ділянки та 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 після накладення іммобілізаційних пов'язок та 2 тижні після їх зняття. Щільність кісткової тканини стегнової кістки щура в ділянці головки, шийки, великого вертлюга та проксимального відділу діафіза визначали методом радіовізіографічного дослідження на апараті фірми Siemensz програмним забезпеченням TROPHI Radiologi. Одиниця виміру щільності тканин – умовна одиниця сірості (УОС).

Встановлено, що найвищу щільність кісткова тканина має в ділянці великого вертлюга, дещо нижчу – в ділянці головки та проксимальної ділянки діафіза, найнижчу – в ділянці шийки стегнової кістки. На фоні експериментальної гіподинамії щільність кісткової тканини головки, шийки та великого вертлюга починала знижуватись вже після трьох тижнів іммобілізації та сягала мінімальних показників через 6 тижнів експерименту. Щільність кісткової тканини проксимальної ділянки діафіза стегнової кістки упродовж перших чотирьох тижнів експерименту дещо зростала, у порівнянні з нормою, а починаючи з п'ятого тижня – знижувалась і сягала мінімального значення до кінця шостого тижня. Через 6 тижнів іммобілізації досліджуваний показник знижувався у порівнянні з нормою на 8% в ділянці головки, на 5% в ділянці шийки, на 7% в ділянці великого вертлюга та на 2% в проксимальній ділянці діафіза стегнової кістки. Через 2 тижні після зняття іммобілізаційної пов'язки щільність кісткової тканини головки залишалась нижчою від норми на 1%, шийки – на 3%, великого вертлюга – на 6% та проксимальної ділянки діафіза стегнової кістки – на 1%.

Висновки: вимушена 6-тижнева іммобілізація веде до вираженого зниження щільності кісткової тканини стегнової кістки щура; динаміка кісткової щільності на тлі експериментальної гіподинамії є різною в різних ділянках стегнової кістки; через 2 тижні після зняття іммобілізаційної пов'язки показники кісткової щільності зростають, залишаючись при цьому нижчими, ніж у інтактних тварин.

Ключові слова: кісткова тканина, щільність, гіподинамія, променеві методи обстеження, стегнова кістка.

ANALYSIS OF THE DYNAMICS OF FEMORAL BONE TISSUE DENSITY UNDER EXPERIMENTAL HYPODYNAMIA

Dovgan R. R., Masna Z. Z.

Abstract. Modern scientific medical literature contains numerous studies devoted to examining the effects of hypodynamia on the development of chronic diseases and the relationship between physical activity and bone pathology. The aim is to determine the effect of hypodynamia of different durations on bone tissue in various regions of the rat femur in an experimental setting. The study was conducted on 20 white outbred sexually mature male rats aged 3-3.5 months and weighing 180-200 g. The animals were divided into a control group (5 rats) and an experimental group (15 rats). Forced hypodynamia was modeled by immobilizing the lumbosacral region and hind limbs with a coxite-type plaster cast (reinforced with metal wire), completely restricting movement in the hip and knee joints. The observation periods were 3, 4, 5, and 6 weeks after the application of the immobilization cast and 2 weeks after its removal. Bone tissue density in the regions of the femoral head, neck, greater trochanter,

and proximal diaphysis was determined using radiovisiographic examination with a Siemens device equipped with TROPHI Radiologi software. The unit of measurement was the conditional gray level unit (CGLU).

It was established that bone tissue density is highest in the greater trochanter region, slightly lower in the femoral head and proximal diaphysis, and lowest in the femoral neck. Under experimental hypodynamia, bone density in the head, neck, and greater trochanter began to decrease after three weeks of immobilization and reached minimum values by the sixth week of the experiment. Bone density in the proximal diaphysis increased slightly during the first four weeks compared to normal levels, but starting from the fifth week, it declined and reached its minimum by the end of week six. After six weeks of immobilization, bone density decreased compared to normal by 8% in the femoral head, 5% in the neck, 7% in the greater trochanter, and 2% in the proximal diaphysis. Two weeks after removal of the immobilization cast, bone density in the femoral head remained 1% below normal, in the neck 3% below normal, in the greater trochanter 6% below normal, and in the proximal diaphysis 1% below normal.

Conclusions: forced six-week immobilization leads to a significant decrease in bone tissue density of the rat femur; the dynamics of bone density changes under experimental hypodynamia differ across various regions of the femur; two weeks after removal of the immobilization cast, bone density increases but remains lower than in intact animals.

Key words: bone tissue, density, hypodynamia, radiological methods, femur.

ORCID and contributionship / ORCID кожного автора та його внесок до статті:

Dovgan R. R.: <https://orcid.org/0000-0002-4502-1740>^{ABCD}

Masna Z. Z.: <https://orcid.org/0000-0003-2057-7061>^{EF}

Conflict of interest / Конфлікт інтересів:

The authors declare no conflict of interest. / Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Corresponding author / Адреса для кореспонденції

Masna Zoriana Zynoviiivna / Масна Зоряна Зеновіївна

Danylo Halytsky Lviv National Medical University / Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького

Ukraine, 79010, Lviv, 69 Pekarska str. / Адреса: Україна, 79010, м. Львів, вул. Пекарська 69

Tel.: +380505867087 / Тел.: +380505867087

E-mail: masna.zz@gmail.com

A – Work concept and design, B – Data collection and analysis, C – Responsibility for statistical analysis, D – Writing the article, E – Critical review, F – Final approval of the article / A – концепція роботи та дизайн, B – збір та аналіз даних, C – відповідальність за статичний аналіз, D – написання статті, E – критичний огляд, F – остаточне затвердження статті.

Received 17.07.2025 / Стаття надійшла 17.07.2025 року

Accepted 10.11.2025 / Стаття прийнята до друку 10.11.2025 року

DOI 10.29254/2077-4214-2025-4-179-317-325

UDC 612.84:616-001.31-007.23 -092.9:534.222.2

Kosharniy V. V., Abdul – Ogly L. V., Kushnaryova K. A., Kozlovska G. O.

PECULIARITIES OF BLOOD SUPPLY AND STRUCTURE OF THE SMALL INTESTINE AND ITS ROLE IN BLAST INJURY

Dnipro State Medical University (Dnipro, Ukraine)

kosha.v@ukr.net

Blast-induced injuries of the abdominal cavity are characterized by high vulnerability of hollow and parenchymal structures, which is confirmed by numerous clinical and experimental observations. Primary and secondary intestinal perforations are of particular danger, the frequency of which varies depending on the conditions of exposure to the blast wave. At the same time, injuries to parenchymal organs are recorded in approximately one third of cases of abdominal blast trauma. Despite the sufficient amount of clinical data on the diagnosis and treatment of such injuries, the issues of pathogenesis and morphological changes in the early and delayed periods after barotrauma remain relevant.

The aim of the study was to assess the influence of the acute period of barotrauma on the histomorphometric characteristics of the small intestine of white rats. The experiment was conducted on 20 animals, divided into control and experimental groups, for which abdominal barotrauma was simulated under anesthesia. Histological studies of the proximal small intestine were performed according to standard methods with subsequent morphometric analysis. Statistical processing of the results was carried out using the Student's t-test.

The results of the work allow us to clarify the features of early structural changes in the small intestine after blast-induced barotrauma and may be useful for further study of the pathogenesis, diagnosis and possible approaches to the correction of such injuries.

Key words: digestive tube, small intestine, intestinal wall, mucous membrane, crypts, villi, morphometry, vessels.