

Р.Р. Довган
З.З. Масна

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

Надійшла: 22.05.2025
Прийнята: 18.06.2025

DOI: <https://doi.org/10.26641/1997-9665.2025.2.16-22>

УДК 611.728.2:616.74-008.64

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ІММОБІЛІЗАЦІЙНОЇ ГІПОДИНАМІЇ НА АМПЛІТУДУ РУХІВ У КУЛЬШОВОМУ СУГЛОБІ

Dovgan R.R. , Masna Z.Z.  Analysis of the impact of immobilisation-induced hypodynamia on hip-joint range of motion.

Danylo Halytsky Lviv National Medical University, Lviv, Ukraine.

ABSTRACT. Relevance. A sedentary lifestyle is nowadays among the global medico-social problems which, together with worldwide ecological changes caused by numerous technogenic catastrophes, military actions, everyday environmental pollution and infectious epidemics, lead to a rapid rise in morbidity irrespective of residence, age, sex or social status. **Aim.** To study the effect of prolonged immobilisation of the sacropelvic region and hind limbs of the rat on the functional capacity of the hip joints. **Methods.** The study included 25 mature male outbred white rats aged 3–3.5 months and weighing 180–200 g. Animals were divided into a control group (5 animals) and an experimental group (20 animals). Forced hypodynamia was modelled by immobilising the sacropelvic region and hind limbs with a plaster cast analogous to a coxite cast reinforced with wire, completely restricting movements in the hip and knee joints. Observation periods were 4 and 6 weeks after cast application. Passive range of motion was re-evaluated in all animals 2 weeks after cast removal. **Results and conclusion.** With the hind limb initially positioned perpendicular to the body axis, passive hip flexion and extension in intact rats were both 90°. After prolonged immobilisation the hip range of motion decreased compared with normal. In all experimental groups the flexion angle remained higher on the left side, while the extension angle showed varying asymmetry. In the majority of animals, both right and left, the extension angle remained significantly greater than the flexion angle; the only exception were animals assessed 2 weeks after 4-week immobilisation, in whom flexion and extension values differed insignificantly and were closest to normal. The study showed that after 6 weeks of immobilisation the hip-joint flexion angle decreased by more than half (51–57 %) compared with normal, whereas the extension angle decreased by only 9–10 %. The changes developing after 4 and 6 weeks of forced immobilisation were reversible, as evidenced by near-normal values 2 weeks after 4-week immobilisation and marked recovery 2 weeks after 6-week immobilisation. The duration of the recovery period was proportional to the duration of immobilisation.

Key words: hip joint, range of motion, immobilization, hypodynamia, muscles, sacropelvic region.

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: <https://doi.org/10.26641/1997-9665.2025.2.16-22>

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

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

© Dnipro State Medical University, «Morphologia»

Вступ

Малорухомий спосіб життя належить сьогодні до групи медико-соціальних проблем планетарного рівня, які, поряд з глобальними екологічними змінами, зумовленими численними техногенними катастрофами, військовими діями, а також побутовим забрудненням навколишнього середовища та інфекційними епідеміями стають основними причинами стрімкого росту захворюваності населення, незалежно від території проживання, віку, статі, соціального статусу тощо [1-5]. Недостатність фізичної активності веде до порушення обміну речовин, зниження синтезу білка, є

причиною зростання ризику розвитку серцево-судинних захворювань, хвороб опорно-рухового апарату, внутрішніх органів та систем [6-12].

Відомо, що надлишкова маса тіла та гіподинамія, сповільнюючи як загальний, так і кістковий метаболізм, є ключовими чинниками зниження мінеральної маси кісткової тканини, що веде до виникнення і прогресування остеопенії та розвитку остеопорозу, збільшення ризику зламів кісток навіть при незначній травмі [13, 14]. При цьому посттравматична іммобілізація стає додатковим чинником, який приводить до обмеження чи повного виключення функції іммобілізованих суглобів.

бів, функціональні порушення яких, на думку низки дослідників можуть перейти у незворотні структурні [15, 16].

Метою нашого дослідження стало вивчення впливу тривалої іммобілізації крижово–тазової ділянки та задніх кінцівок щура на функціональну спроможність кульшових суглобів.

Матеріали та методи

Дослідження було виконане на 25 білих безпородних статевозрілих щурах-самцях віком 3-3,5 місяці і масою 180-200 г. Тварин утримували на стандартному раціоні віварію ДНП «Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького» з вільним доступом до води, при сталій температурі й вологості.

Тварин було поділено на контрольну (5 тварин) та експериментальну (20 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 4 і 6 тижнів після накладення іммобілізаційних пов'язок. Після завершення експерименту та зняття гіпсових пов'язок визначали амплітуду пасивних згинальних та розгинальних рухів у кульшовому суглобі. Початковим вважали положення задньої кінцівки перпендикулярно до осі тіла щура. Повторно амплітуду пасивних рухів визначали всім тваринам через 2 тижні після зняття пов'язок. Вимірювання величин кутів згинання/розгинання проводили з використанням кутоміра.

Тварини отримані з віварію Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького. 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 [17, 18]. 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.).

Результати та їх обговорення

При вихідному положенні задньої кінцівки щура перпендикулярно до осі тіла (нейтральне положення дорівнює 0°), амплітуда її пасивних рухів (згинання і розгинання) у інтактного щура становила по 90° в кожному випадку.

Після тривалої іммобілізації гіпсовою пов'яз-

кою амплітуда рухів у кульшових суглобах експериментальних тварин у порівнянні з нормою знижувалась. Зокрема, через 4 тижнів іммобілізації амплітуда згинальних рухів становила $59,00^{\circ} \pm 6,49^{\circ}$ справа та $61,00^{\circ} \pm 5,28^{\circ}$ зліва. Амплітуда розгинальних рухів була більшою і складала $86,00^{\circ} \pm 3,69^{\circ}$ справа та $82,00^{\circ} \pm 3,02^{\circ}$ зліва. При цьому розгинання у повному об'ємі було збережене у двох тварин з обох сторін і у чотирьох тварин тільки з правої сторони.

Після 6-тижневої іммобілізації амплітуда згинальних/розгинальних рухів була значно обмеженою, ніж після 4-тижневої іммобілізації. У порівнянні з нормою досліджуваний показник знижувався більше, ніж удвічі і становив $39,00^{\circ} \pm 11,41^{\circ}$ справа та $44,50^{\circ} \pm 12,67^{\circ}$ зліва. Динаміка амплітуди розгинальних рухів була менш вираженою і справа середня величина кута розгинання становила $81,00^{\circ} \pm 7,11^{\circ}$, а зліва – $82,00^{\circ} \pm 5,64^{\circ}$, майже не відрізняючись від попереднього терміну. У повному об'ємі розгинальні рухи були збережені у двох тварин з обох сторін, у трьох – лише з правої сторони і у ще у двох тварин лише зліва.

Через 2 тижні після зняття гіпсової пов'язки у тварин, які носили її упродовж 4 тижнів амплітуда всіх пасивних рухів істотно зростала і наближалась до норми, становлячи при згинанні справа $84,00^{\circ} \pm 4,04^{\circ}$, зліва – $87,50^{\circ} \pm 3,04^{\circ}$ та при розгинанні справа $89,00^{\circ} \pm 2,26^{\circ}$ і зліва $89,00^{\circ} \pm 2,26^{\circ}$. Амплітуда всіх досліджуваних рухів у повному об'ємі відновилась у двох тварин. У дев'яти тварин відновилась повністю амплітуда розгинальних рухів з обох сторін, у одного щура – лише справа. Згинальні рухи у повному об'ємі з обох сторін відновились у двох тварин, ще у двох – лише справа та у п'яти тварин – лише з лівої сторони.

У тварин, яким іммобілізували задні кінцівки на 6 тижнів, через 2 тижні після зняття пов'язки також спостерігали позитивну динаміку збільшення амплітуди пасивних рухів в кульшовому суглобі, проте виражену менше, ніж у тварин попередньої групи. Через 2 тижні після зняття пов'язки у тварин з попередньою 6-тижневою іммобілізацією величина кута згинання у кульшовому суглобі справа становила $71,00^{\circ} \pm 8,56^{\circ}$, зліва – $73,00^{\circ} \pm 4,83^{\circ}$, величина кута розгинання – $88,00^{\circ} \pm 3,02^{\circ}$ і $87,00^{\circ} \pm 3,46^{\circ}$ з кожної сторони відповідно. У шести тварин з даної групи розгинальні рухи відновились в повному об'ємі з обох сторін, ще у двох тварин – лише справа та у одного щура тільки з лівої сторони. Згинальні рухи в повному об'ємі відновились лише у одній тварини справа.

Проведений аналіз динаміки показників амплітуди пасивного згинання/розгинання задньої кінцівки щура в кульшовому суглобі упродовж різних термінів експерименту засвідчив, що у тварин всіх досліджуваних груп кут згинання залишався вищим з лівої сторони.

Величина кута розгинання в кожній експериментальній групі мала різну асиметрію: після 4 тижнів іммобілізації та через 2 тижні після 6-тижневої іммобілізації досліджуваний показник був

більшим справа, після 6 тижнів іммобілізації – зліва, а через 2 тижні після 4-тижневої іммобілізації мав однакові значення з лівої та правої сторони (рис. 1, 2).

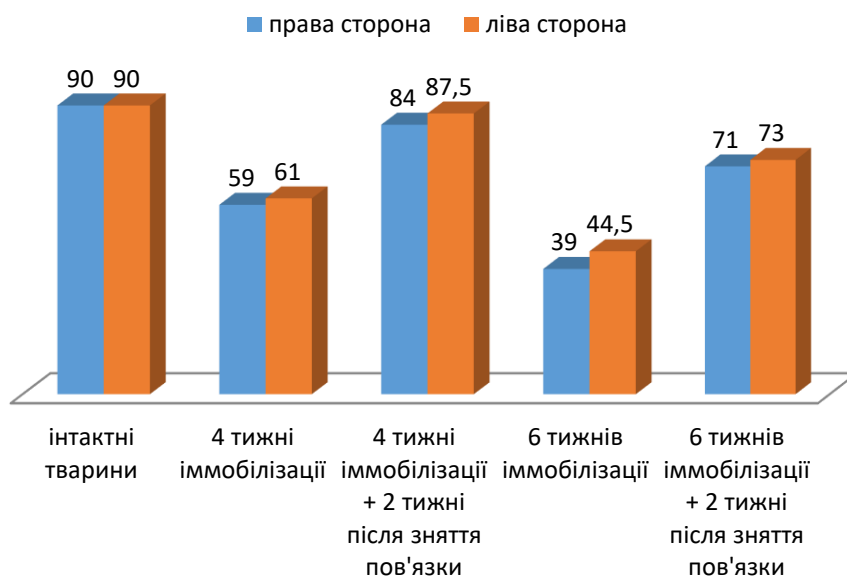


Рис. 1. Порівняння показників амплітуди згинання задньої кінцівки щура в кульшовому суглобі після її іммобілізації різної тривалості та через 2 тижні після зняття пов'язки.

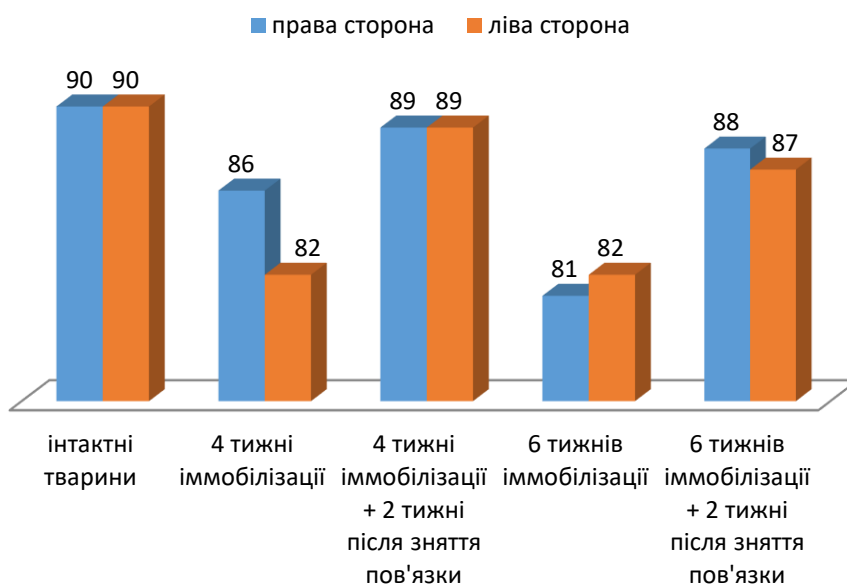


Рис. 2. Порівняння показників амплітуди розгинання задньої кінцівки щура в кульшовому суглобі після її іммобілізації різної тривалості та через 2 тижні після зняття пов'язки.

Порівняння показників амплітуди рухів взаємно протилежної направленості (згинання/розгинання) засвідчило, що у переважної більшості тварин як з правої, так і з лівої сторони величина кута розгинання зберігалась суттєво вищою, ніж величина кута згинання (рис. 3, 4). Виняток становили тварини, яким вимірювали амплітуду рухів через 2 тижні після 4-тижневої іммобілізації –

у них показники згинання і розгинання мали несуттєву різницю і максимально наближались до норми.

Результати проведеного дослідження засвідчили, що після 6-тижневої іммобілізації кут згинання задньої кінцівки в кульшовому суглобі зменшується у порівнянні з нормою більше, ніж удвічі (на 51-57%), а кут розгинання – лише на 9-10% (рис. 5).

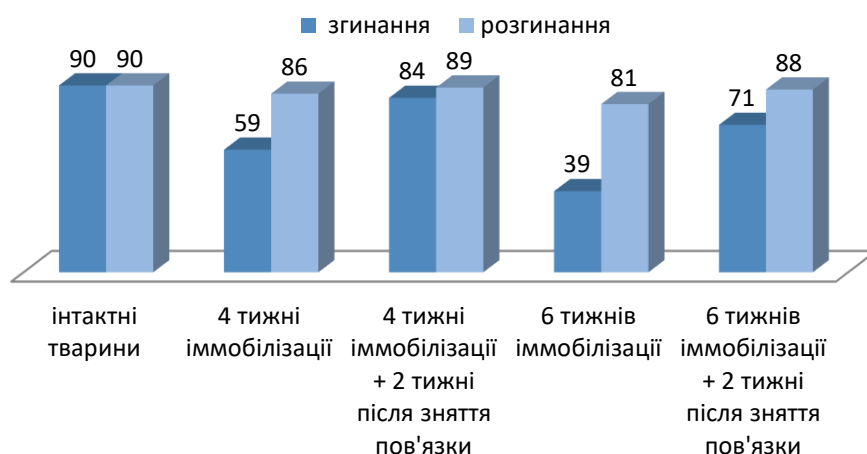


Рис. 3. Порівняння показників амплітуди рухів правої задньої кінцівки щура в кульшовому суглобі після її імобілізації різної тривалості та через 2 тижні після зняття пов'язки.

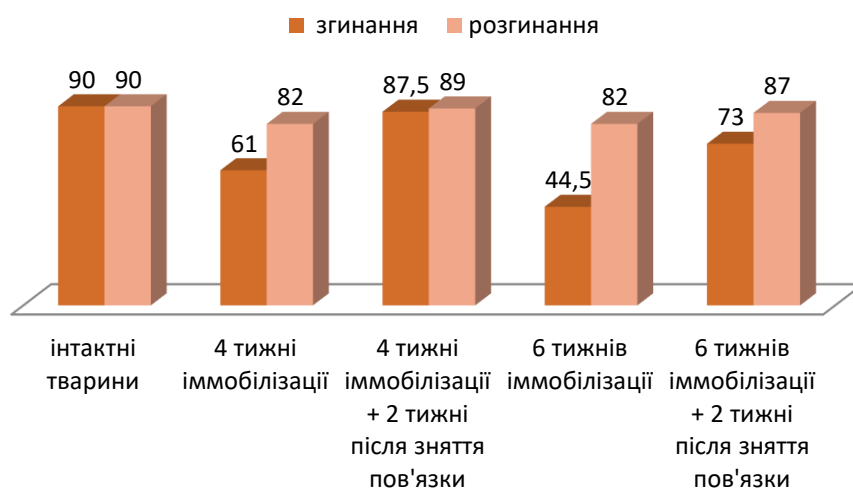


Рис. 4. Порівняння показників амплітуди рухів лівої задньої кінцівки щура в кульшовому суглобі після її імобілізації різної тривалості та через 2 тижні після зняття пов'язки.

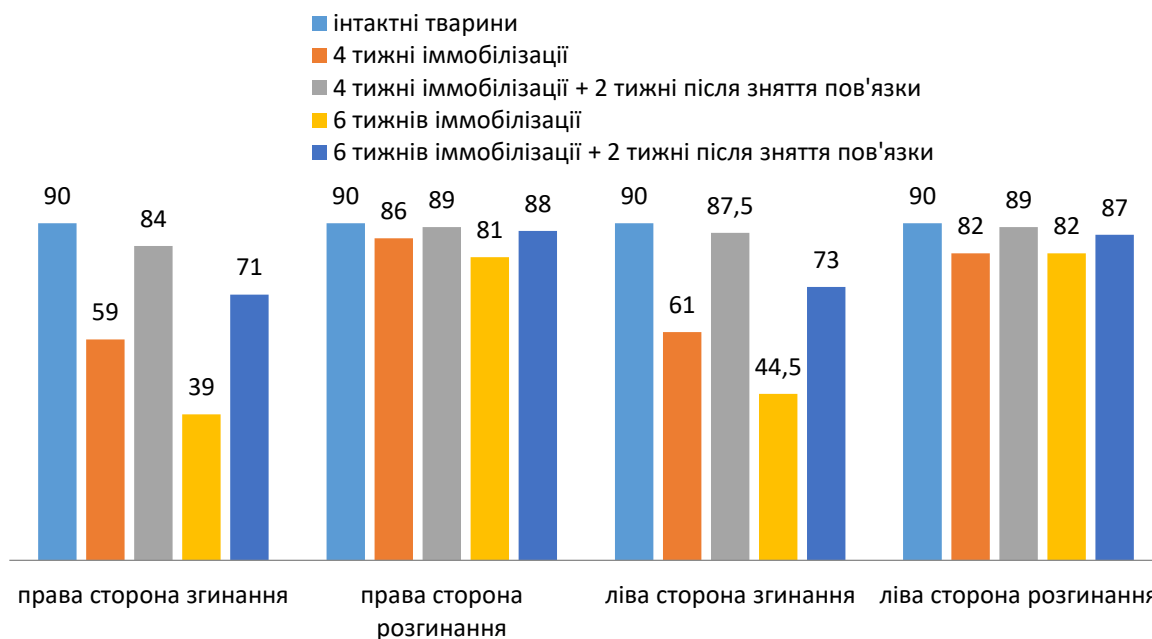


Рис. 5. Порівняння показників амплітуди рухів задніх кінцівок щура в кульшових суглобах після їх імобілізації різної тривалості та через 2 тижні після зняття пов'язки.

При цьому виявлені зміни, що розвиваються через 4 і 6 тижнів вимушеної іммобілізації, носять зворотний характер, підтвердженням чого є максимальне наближення до норми досліджуваних показників через 2 тижні після 4-тижневої іммобілізації та суттєве відновлення амплітуди рухів через 2 тижні після 6-тижневої іммобілізації.

Отримані дані засвідчують більш виражене зниження амплітуди згинальних рухів, хоча літературні джерела вказують на швидшу і більш виражену атрофію м'язів розгиначів у порівнянні із згиначами [10]. На нашу думку збереження високих показників амплітуди розгинальних рухів в нашому експерименту зумовлене максимально розігнутим положенням кінцівки при накладанні іммобілізаційної пов'язки.

Хоча пасивні рухи не потребують активної участі скелетних м'язів, оскільки виконуються внаслідок дії зовнішньої сили, результати проведеного дослідження засвідчують, що стан м'язів, які забезпечують функціонування відповідного суглоба, також впливає на величину показників амплітуди доступних рухів. На думку різних авторів блокування можливості суглоба забезпечити повну анатомічну амплітуду пасивного руху зумовлене зниженням функціональної спроможності атрофованих м'язів [10, 15, 16].

Висновки

1. Тривала іммобілізація є причиною зменшення амплітуди пасивних рухів в кульшовому суглобі. Зменшення амплітуди рухів є пропорційними тривалості іммобілізації.

2. Після тривалої двосторонньої іммобілізації показники амплітуди рухів в кульшових суглобах є асиметричними.

3. Після тривалої іммобілізації зниження амплітуди згинальних рухів є більше вираженим, ніж розгинальних.

4. Зниження амплітуди рухів, зумовлене тривалою іммобілізацією (4 і 6 тижнів) є зворотнім. Тривалість періоду відновлення є пропорційною тривалості іммобілізації.

Перспективи подальших досліджень

Дані, отримані в результаті глибокого та всестороннього вивчення впливу різних видів гіподинамії на організм дозволять оптимізувати підходи до профілактики та лікування патологій, що потребують тривалої іммобілізації та підвищити ефективність реабілітаційних заходів, направлених на відновлення функцій організму в цілому та структур опоро-рухового апарату зокрема.

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

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

Літературні джерела References

1. Chernychenko IO, Balenko NV, Lytvychenko OM, Babii VF, Kondratenko OYe, Hlavachek DO [Chemical pollution of atmospheric air and modern policy of its quality at the international level and in the leading countries of the world (review of literature and regulatory data)]. *Dovkillia ta zdorov'ia*. 2023;1:135-42. Ukrainian. URL: <https://doi.org/10.32402/dovkil2023.01.035>

2. Bazyka DA, Bruslova KM, Lyashenko LO, Pushkariova TI, Tsvetkova NM, Zaitseva AL, Gonchar LO, Yatsemyrskyi SM, Lytvynets OM, et al. [Effect of iron on bone tissue metabolism and thyroid function in children living on radiologically contaminated territories since the chnpp accident]. *Problems of Radiation Medicine and Radiobiology*. 2022;27:264-75. Ukrainian. <https://doi.org/10.33145/2304-8336-2022-27-264-275>

3. Bazyka DA, Bruslova KM, Lyashenko LO, Tsvetkova NM, Pushkariova TI, Galkina SH, Kondrashova VN, Yaroshenko ZhS, Gonchar LO, et al. [Affecting mechanisms of increased bone density formation in children living on radiologically contaminated territories after the chnpp accident] *Problems of Radiation Medicine and Radiobiology*. 2022;27:276-

89. Ukrainian. <https://doi.org/10.33145/2304-8336-2022-27-276-289>.

4. Adamovych OO, Safonov AS, Kryvetskyi VV, Kordiyak OY, Sohuyko RR, Paltov YeV, Kotsarenko MV. [Comparative analysis of changes in density and mineral composition of bone tissue on the background of experimental diabetes mellitus and opioid influence]. *Ukrainskyi radiolohichnyi ta onkolohichnyi zhurnal*. 2021;29(4):39-47. Ukrainian. <https://doi.org/10.46879/ukroj.4.2021.39-47>

5. Chelpanova IV. [Analysis of bone density of the rabbit lower jaw according to radioviziographiya]. *Klinichna anatomiya ta operativna khirurgiya*. 2022;21(3):18-21. Ukrainian. <https://doi.org/10.24061/1727-0847.21.3.2022.32>

6. Chelpanova IV. [Comparison of bone density changes in rabbit mandible using different osteoplastic materials]. *Morphologia*. 2024;18(2):84-90. Ukrainian. <https://doi.org/10.26641/1997-9665.2024.2.84-90>

7. Zalubovskaya OI, Tryfonova NS, Krapivko SO, Narizhna AV. [State of mineral motion and metabolic function of bone tissue in patients with diabe-

tes mellitus in combination with obesity] (Electronical resource). Problemy endokrynnoi patolohiyi. 2021;2:19-26. Ukrainian. <https://doi.org/10.21856/j-PEP.2021.2.03>

8. Kostyshyn NM. [Evaluation of tibia mineral density in rats to nonphysiological whole body vibration in obesity and sedentary osteopenia model]. (Electronical resource). Visnyk problem biolohiyi I medytsyny. 2021;1:393-6. Ukrainian. <https://doi.org/10.29254/2077-4214-2021-1-159-393-396>

9. Chelpanova I, Masna Z, Ambarova N. Dynamics of mineral element content in mandibular bone tissue of experimental animals during the healing of an artificial defect filled with octacalcium phosphate. Proceeding of the Shevchenko Scientific Society. Medical Sciences. 2024;76(2). <https://doi.org/10.25040/ntsh2024.02.06>

10. Tsymbal OS, Novakova LV. [Features of lower limb contractures]. Medsestrynstvo. 2024;4:62-4. Ukrainian. <https://doi.org/10.11603/2411-1597.2024.4.15047>

11. Kostyshyn NM, Gzhegotskyi MR. Influence of whole body vibration on structural properties of bone in conditions of obesity and limited mobility. Experimental and Clinical Physiology and Biochemistry. 2020;90(2):14-20. <https://doi.org/10.25040/ecpb2020.02.014>

12. Kostyshyn N, Kulyk Y, Kostyshyn L, Gzhegotskyi M. Metabolic and Structural Response of Bone to Whole-Body Vibration in Obesity and Sedentary Rat Models for Osteopenia. Romanian Journal of Diabetes Nutrition and Metabolic Diseases.

2020;(27:200-8. <https://doi.org/10.46389/rjd-2020-1031>

13. Fassio A, Idolazzi L, Rossini M, Gatti D, Adami, G., Giollo, et al. The obesity paradox and osteoporosis. Eating and Weight Disorders Studies on Anorexia, Bulimia and Obesity. 2018;23(3):293-302. <https://doi.org/10.1007/s40519-018-0505-2>

14. Pagnotti GM, Styner M, Uzer G, Patel VS, Wright LE, Ness KK, et al. Combating osteoporosis and obesity with exercise: leveraging cell mechanosensitivity. Nature Reviews Endocrinology. 2019;15(6):339-55. <https://doi.org/10.1038/s41574-019-0170-1>

15. Hertsyk A. [System resources of physical rehabilitation / physical therapy in musculoskeletal disorders]. Slobozhanskyi naukovo-sportyvnyi visnyk. 2016;5(55):22-7. Ukrainian. <https://doi.org/10.15391/snsv.2016-5.004>

16. Polkovnyk-Markova VS. [Features of musculoskeletal system examination in physical rehabilitation]. Fizychna rehabilitatsiia ta rekreatsino-ozdorovchi tehnologii. 2016;3:173-9. Ukrainian. <https://doi.org/10.15391/prrht>

17. European Convention for the protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purposes. Strasburg: Council of Europe. 1986; 123:52.

18. 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.

Довган Р.Р., Масна З.З. Аналіз впливу іммобілізаційної гіподинамії на амплітуду рухів у кульшовому суглобі.

РЕФЕРАТ. Актуальність. Малорухомий спосіб життя належить сьогодні до групи медико-соціальних проблем планетарного рівня, які, поряд з глобальними екологічними змінами, зумовленими численними техногенними катастрофами, військовими діями, а також побутовим забрудненням навколишнього середовища та інфекційними епідеміями стають основними причинами стрімкого росту захворюваності населення, незалежно від території проживання, віку, статі, соціального статусу тощо. **Мета** дослідження: вивчення впливу тривалої іммобілізації крижово-тазової ділянки та задніх кінцівок щура на функціональну спроможність кульшових суглобів. **Методи.** Дослідження виконане на 25 білих безпородних статево-зрілих щурах-самцях віком 3-3,5 місяці і масою 180-200 г. Тварин було поділено на контрольну (5 тварин) та експериментальну (20 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 4 і 6 тижнів після накладення іммобілізаційних пов'язок. Повторно амплітуду пасивних рухів визначали всім тваринам через 2 тижні після зняття пов'язок. **Результати та підсумок.** При вихідному положенні задньої кінцівки щура перпендикулярно до осі тіла амплітуда її пасивних рухів (згинання і розгинання) у інтактного щура становила по 90° в кожному випадку. Після тривалої іммобілізації гіпсовою пов'язкою амплітуда рухів у кульшових суглобах експериментальних тварин у порівнянні з нормою знижувалась. У тварин всіх досліджуваних груп кут згинання залишався вищим з лівої сторони, величина кута розгинання в кожній експериментальній групі мала різну асиметрію. У переважної більшості тварин як з правої, так і з лівої сторони величина кута розгинання зберігалась суттєво вищою, ніж величина кута згинання, виняток становили тварини, яким вимірювали амплітуду рухів через 2 тижні після 4-тижневої іммобілізації – у них показники згинання і розгинання мали несуттєву різницю і максимально наближались до норми. Результати проведеного дослідження засвідчили, що після 6-тижневої іммобілізації кут згинання задньої кінцівки в кульшовому суглобі зменшується у порівнянні з нормою більше, ніж удвічі (на 51-57%), а кут розгинання – лише на 9-10%. Виявлені зміни, що розвиваються через 4 і 6 тижнів вимушеної імо-

білізації, носили зворотний характер, підтвердженням чого є максимальне наближення до норми досліджуваних показників через 2 тижні після 4-тижневої іммобілізації та суттєве відновлення амплітуди рухів через 2 тижні після 6-тижневої іммобілізації. Тривалість періоду відновлення є пропорційною тривалості іммобілізації.

Ключові слова: кульшовий суглоб, амплітуда рухів, іммобілізація, гіподинамія, м'язи, крижово-тазова ділянка.