

АНАТОМО-ТОПОГРАФІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЛІМФАТИЧНИХ ВУЗЛІВ ЛАБОРАТОРНИХ ЩУРІВ, ЯКІ ОТРИМУВАЛИ ВИСОКОЖИРОВИЙ РАЦІОН

М. Кравцова, І. Мирошниченко

Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро

Лімфатичні вузли – це периферичні органани гемо- і лімфопоезу, які забезпечують фільтрацію лімфи та функцію антигензалежної проліферації і диференціації імункомпетентних клітин. Розглянуті особливості топографії та макроструктури соматичних і вісцеральних лімфатичних вузлів статевозрілих білих лабораторних щурів, які протягом 30 діб отримували раціон з підвищеним умістом жиру. Визначено, що лімфатичні вузли цього виду ссавців відносяться до групи мононодозних одиничних вузлів. Макроскопічно для кожного дослідженого органу характерна полярна структура з визначенням двох основних зон: випукла поверхня (місце входження аферентних лімфатичних судин) і ворітна впадина (з кровоносними і еферентними лімфатичними судинами). Високожировий раціон щурів не впливає на топографію і макроскопічні показники соматичних і вісцеральних лімфатичних вузлів. Маса лімфатичних вузлів у щурів значно варіює, залежно від їх топографічного розташування: серед соматичних вона максимальна в лицьового і поверхневого шийного, а серед вісцеральних – у клубово-сліпокишкового (ілеоцикального) та клубово-ободового.

Ключові слова: *органи гемо- і лімфопоезу, абсолютна і відносна маса, довжина, ширина, високожировий раціон.*

Постановка проблеми. Лабораторних щурів використовують у проведенні експериментальних досліджень як модельних тварин, основна мета яких, полягає у визначенні імовірних наслідків дії різноманітних чинників зовнішнього і внутрішнього середовища на організм людини та ссавців. Щури на відміну від інших експериментальних тварин, є доступнішими для наукових лабораторій, інститутів і загалом науковців, а їх забезпечення і утримання та фінансові витрати є помірним порівняно з іншими лабораторними тваринами [16].

Щоб достовірніше інтерпретувати отриманні результати від проведених досліджень, необхідно мати уявлення про видові, вікові, статеві особливості, будову систем та органів лабораторних тварин, які найбільш чутливі до впливу досліджуваних факторів.

Аналіз актуальних досліджень. На сьогодні в науковому середовищі наявна значна кількість літератури, в якій докладно розглянута анатомія лабораторних щурів, описана структура м'язів, кісток, нервів і кровоносної системи [1,12]. Окрема увага приділена публікаціям, у яких викладено дослідження експериментального впливу на системи і органи цих тварин [7, 11, 14]. Щодо досліджень лімфатичної системи цих тварин здебільшого приділена значна увага демонстрації та візуалізації лімфатичних судин та їх мікроциркуляторного русла [7, 13, 14, 17].

Відомо, що важливу роль у гомеостазі усього організму відіграють лімфоїдні органи. Лімфатичні вузли займають особливе місце серед інших органів системи гемо- і лімфопоезу, оскільки вони одночасно здійснюють дренажну й імунну функцію [12]. Морфологічний статус лімфатичних вузлів здебільшого розглядається у якості загального індикатора внутрішнього середовища за впливу різноманітних чинників як зовнішнього середовища, так і вікових аспектів [5]. Лімфатичні вузли щурів – це численні органи різного розміру і форми, що вирізняються від оточуючих тканин кольором і своєрідним блиском. Вони розташовані розсіяно по всьому тілу у тісному зв'язку з лімфатичними судинами. Основні регіональні вузли лежать поблизу або вздовж крупних артерій, де здебільшого формують скупчення [4]. Наявні відомості по топографії, мікроанатомії і морфометричні параметри соматичних і вісцеральних лімфатичних вузлів щурів суперечливі та досить обмежені. Здебільшого увага науковців приділена саме вісцеральним лімфовузлам, оскільки на відміну від соматичних, вони мають значні відмінності залежно від функціонального стану внутрішніх органів [17].

Зміни органів гемо- і лімфопоезу після дії на організм різних негативних чинників, у тому числі незбалансованої дієти чи лікарських препаратів вивчають давно [5, 6, 15, 18, 19]. Відомо, що при експериментальному ожирінні ці органи по різному і часто різнонаправлено реагують на довготривале надмірне надходження поживних речовин. Так висококалорійний раціон викликав зниження маси тимусу і збільшення кількості клітин у його паренхімі, а в селезінці навпаки – збільшувалася маса і знижувався уміст клітинних елементів [19].

Оскільки попередньо було проведено декілька експериментів по вивченню впливу окремих лікарських рослин [3, 8, 11, 10] і ксенобіотиків [2, 9] на обмінні процеси, функціональний стан нервової системи, мікробіом кишечника лабораторних щурів на тлі споживання ними високожирового раціону, важливим аспектом постає статус органів гемо- і лімфопоезу. Тому для подальшої адекватної інтерпретації результатів таких досліджень ми вивчили морфологічні і морфометричні особливості основних лімфатичних вузлів лабораторних щурів, що утримувалися на високожировій дієті, що і стало метою нашої роботи.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проведені в умовах віварію факультету ветеринарної медицини Дніпровського державного аграрно-економічного університету. Досліджували соматичні (поверхневі шийні, лицьові, внутрішні яремні, підколінні) та вісцеральні (каудальні середостінні, навколо-ободові, клубово-ободові, ілеоцекальні) лімфовузли, відібрані від статевозрілих білих нелінійних лабораторних щурів ($n=6$), які протягом 30 діб отримували раціон із високим вмістом жиру. Раціон готували на основі стандартного раціону (75% зерноsumіш (кукурудза, зерно соняшника, пшениця, ячмінь), 8% коренеплоди (картопля, морква), по 2% м'ясо-кісткове борошно і вітамінно-мінеральний комплекс) додавали 15% соняшnikової олії. З цих інгредієнтів виготовляли гранули, годували тварин щоденно, без обмеження. Діапазон маси тіла щурів не перевищував $\pm 20\%$ від середнього значення на початок досліду.

Через 30 діб після евтаназії (наркоз 80 мг/кг кетаміна, 12 мг/кг ксилазина, внутрішньоочеревинно), шляхом анатомічного препарування та морфометрії визначали особливості топографії, макроскопічні характеристики та морфометричні показники лімфатичних вузлів. Абсолютну масу органів визначали аналітичними вагами АВ224 з точністю 0,0001 г. Відносну масу лімфовузла вираховували до маси тіла тварин. Лінійні заміри (довжина, ширина) кожного органа визначали за допомогою сантиметрової лінійки з ціною ділення 1 мм. Статистичну обробку цифрових даних здійснювали однофакторним дисперсійним аналізом і діаграмою розмаху.

Результати. Лімфатичні вузли у щурів широко розкидані по тілу, розташовуються по напрямку проходження лімфатичних судин здебільшого поверхнево, та в незначній кількості можуть зустрічатися у глибших ділянках, формуючи об'єднанні регіонарні центри. Досліджувані лімфатичні вузли щурів були пружної консистенції, вкриті капсулою, мали переважно округлу чи овальну форму. На кожному лімфовузлі виділялася опукла поверхня (місце входження аферентних лімфатичних судин) і ворітна впадина (вихід еферентних лімфатичних судин і вен, та вхід артерій).

Найбільші морфометричні показники серед досліджених соматичних лімфатичних вузлів у поверхневих шийних (*Inn. cervicales superficiales*), які представлені в кількості чотирьох вузлів, з яких два найбільші розміщуються в місці прикріплення двочеревцевого м'яза до вентрального краю нижньощелепної кістки. Вони крупні, овально-витягнутої форми, червоного кольору, пружної консистенції. Інші два дещо менші за попередні, округлі, розміщені в ділянці краніального краю підверхньощелепних слинних залоз. Середнє значення довжини цих лімфовузлів становить 0,70 мм, а ширини – 0,40 мм (Рис. 1, 2), при чому медіани значень розташовані поблизу середнього значення. Абсолютна маса поверхневого шийного вузла – $0,032 \pm 0,001$ г, а відносна – $0,985 \pm 0,305\%$ (таблиця 1).

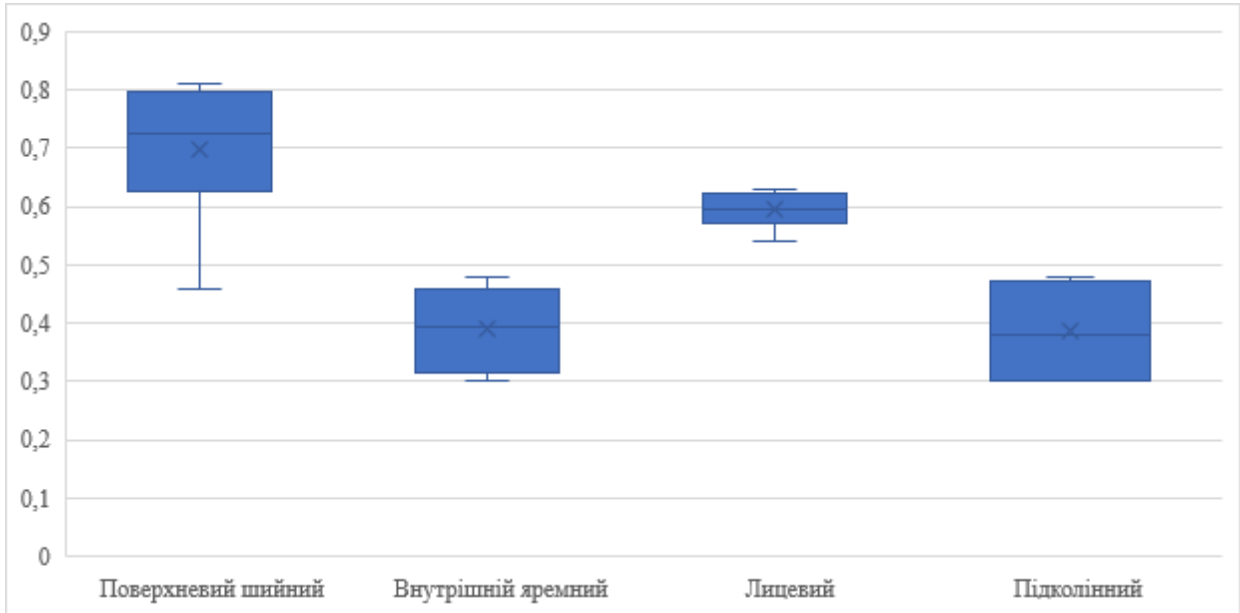


Рис. 1. Довжина деяких соматичних лімфатичних вузлів щурів, які 30 днів отримували високожировий раціон, мм, n=6.

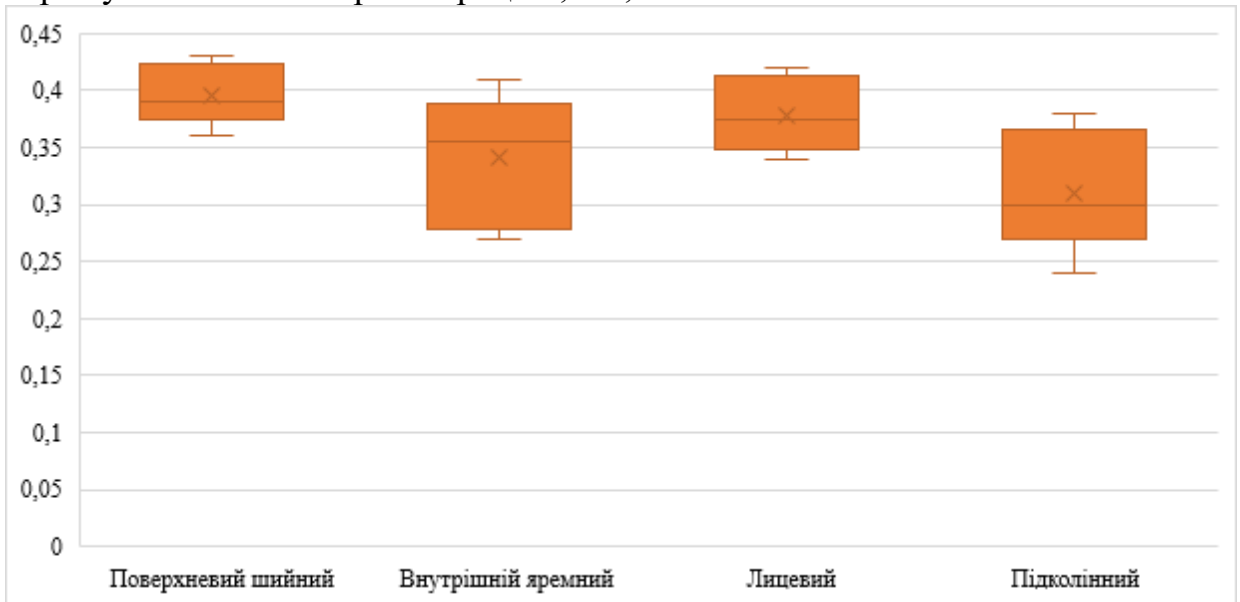


Рис. 2. Ширина деяких соматичних лімфатичних вузлів щурів, які 30 днів отримували високожировий раціон, мм, n=6.

Дещо менші розміри у лицевих лімфатичних вузлах (*Inn. facials*), які у кількості 2-3 вузлів, середнього розміру, світло-рожевого кольору та овально-втягнутої форми розміщуються дорсально з обох сторін у ділянці нижнього краю підверхньощелепних слинних залоз, у місці з'єднання зовнішньої яремної вени з краніальною та каудальною лицевими венами. Середнє значення довжини – 0,593 мм, а ширини – 0,378 мм (Рис. 1, 2). У цих лімфовузлів міжквартильні діапазони найменші, медіани і середні значення

майже співпадають, абсолютна та відносна маси найбільша ($0,057 \pm 0,016$ г і $1,744 \pm 0,503\%$ відповідно) (див. таблицю 1).

Таблиця 1. Абсолютна та відносна маса деяких соматичних і вісцеральних лімфатичних вузлів щурів, які 30 діб отримували високожировий раціон, ($X \pm SD$, $n=6$).

Лімфатичні вузли	Абсолютна маса, г	Відносна маса, %
Поверхневий шийний	$0,032 \pm 0,010$	$0,985 \pm 0,305$
Внутрішній яремний	$0,012 \pm 0,002$	$0,359 \pm 0,066$
Лицевий	$0,057 \pm 0,016$	$1,744 \pm 0,503$
Підколінний	$0,010 \pm 0,001$	$0,299 \pm 0,039$
Каудальний середостінний	$0,013 \pm 0,001$	$0,392 \pm 0,018$
Навколоободовий	$0,042 \pm 0,012$	$1,282 \pm 0,360$
Клубово-ободовий	$0,102 \pm 0,014$	$3,128 \pm 0,657$
Ілеоцекальний	$0,058 \pm 0,015$	$1,795 \pm 0,453$

Найменші морфометричні показники мають внутрішній яремний і підколінний лімфатичні вузли. Внутрішній яремний лімфатичний вузол (*In. jugularis internus*) лежить у вентральній частині плечового сплетення, впритул наближений до стінки сонної артерії. Здебільшого невеликого розміру, правильно округлої форми, світло-рожевого кольору. Підколінний лімфатичний вузол (*In. popliteus*) розміщується у великій кількості жиру на латеральному боці підколінної ямки поряд із поверхневою м'язовою веною. Він некрупний, округлої форми, дещо стиснутий з боків, світло-жовтого кольору. Середнє значення довжини внутрішнього яремного і підколінного лімфатичних вузлів становить $0,39$ і $0,385$ мм, а ширини – $0,34$ і $0,31$ мм відповідно (див. рис. 1, 2). Середні значення розташовані поряд із медіанами. Абсолютна маса внутрішнього яремного і підколінного лімфатичних вузлів – $0,012 \pm 0,002$ і $0,010 \pm 0,001$ г, а відносна – $0,359 \pm 0,066$ і $0,299 \pm 0,039\%$ відповідно (див. таблицю).

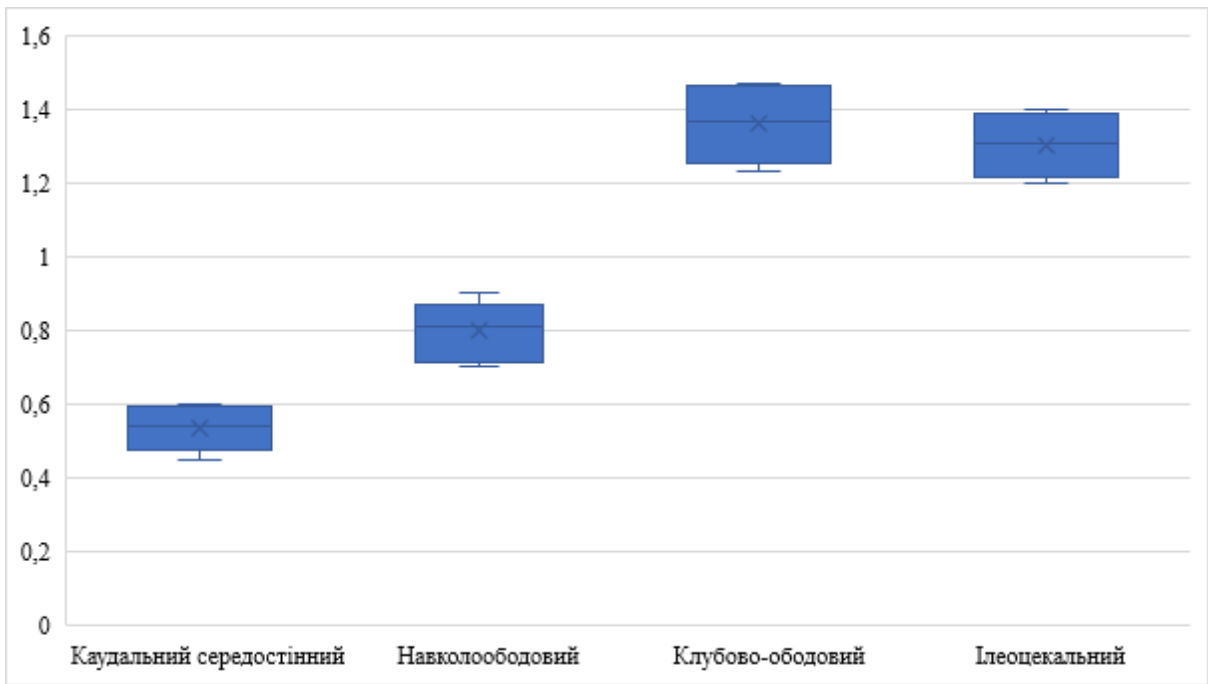


Рис. 3. Довжина деяких вісцеральних лімфатичних вузлів щурів, які 30 днів отримували високожировий раціон, мм, n=6.

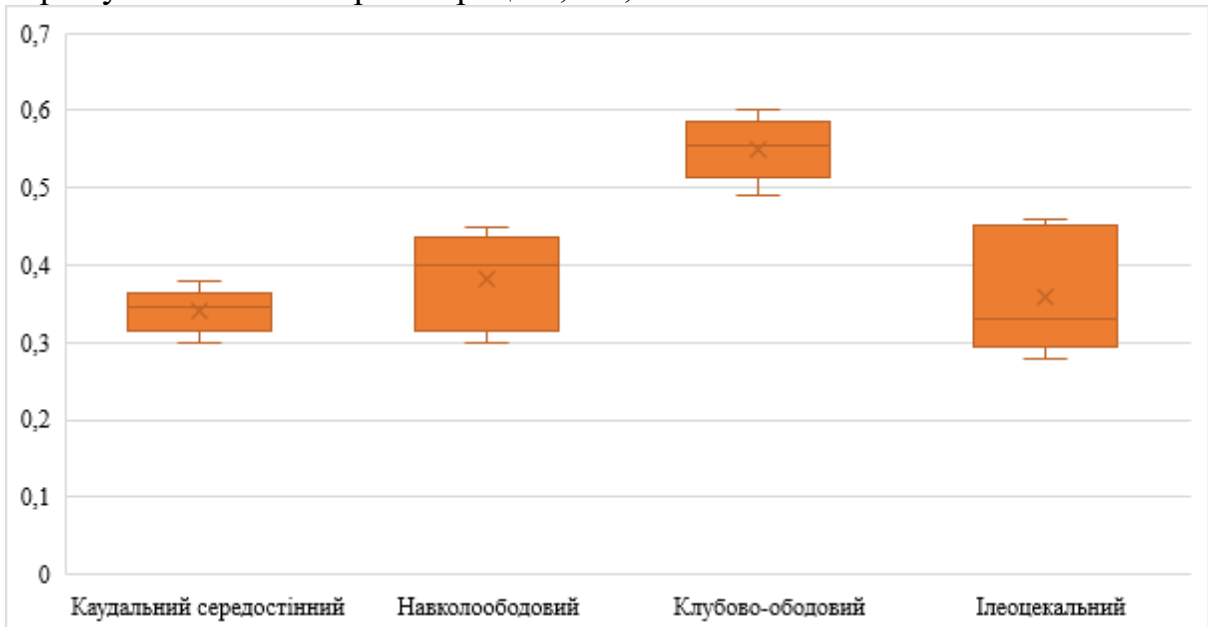


Рис. 4. Ширина деяких вісцеральних лімфатичних вузлів щурів, які 30 днів отримували високожировий раціон, мм, n=6

Серед вісцеральних лімфовузлів найбільші розміри виявлені у клубово-ободових (*Inn. Ileocolici*), котрі у кількості 3-4 вузлів різного розміру, за формою округлі або овальні, згруповані в компактну групу, яка оточена невеликою кількістю жиру, розміщуються за ходом клубово-ободової артерії. Середнє значення їх довжини склало 1,36 мм, а ширини – 0,55 мм (Рис. 3, 4). У них найбільша абсолютна і відносна маса ($0,102 \pm 0,214$ г і $3,128 \pm 0,657\%$)

(див. таблицю). Середні значення довжини і ширини розташовані поблизу медіан у всіх вісцеральних вузлах.

Дещо менші морфометричні показники виявляли у ілеоцекальних і навколоободових вузлів. Ілеоцекальний (*Inn. ileocaecalis*) великий лімфатичний вузол, бобоподібної або овально-втягнутої форми, розміщується поверх ділянки переходу клубової кишки в сліпу. Навколоободові (параколярні) (*Inn. mesenterici superiories paracolici*) у кількості 2-3 вузлів розміщуються в товщі жирової тканини в ділянці кореня брижі. За формою вони овальні, дещо сплюснені, нагадують кавові зернятка або сочевицю. Середні показники довжини ілеоцекальних і навколоободових вузлів становили 1,30 і 0,53 мм, а ширини – 0,36 і 0,34 мм відповідно (див. рис. 3, 4). Абсолютна маса ілеоцекальних і навколоободових лімфатичних вузлів – $0,058 \pm 0,015$ і $0,042 \pm 0,012$ г, а відносна – $1,795 \pm 0,453$ і $1,282 \pm 0,360\%$ (див. таблицю).

Найменші розміри відмічені у каудальних середостінних лімфатичних вузлах (*Inn. mediastinales caudales*), які розділяються на більший правий і менший лівий лімфатичні вузли. Правий лімфатичний вузол має овально-втягнуту форму, світло-рожевий колір розміщується з правого боку, впритул до стравоходу, лівий – округло-стислої форми, рожевого кольору, лежить з лівого боку поряд з краніальною порожнистою веною. Середнє значення довжини і ширини становить 0,53 і 0,34 мм (див. рис. 3, 4), а абсолютна і відносна маси – $0,013 \pm 0,001$ г і $0,392 \pm 0,018\%$ (див. таблицю).

Висновки.

Отже лімфатичні вузли лабораторних щурів, які протягом 30 діб отримували високожировий раціон топографічно і макроскопічно не відрізняються від таких, як і у дорослих статевозрілих особин цього виду. Лімфатичні вузли щурів за типом своєї будови відносяться до типу мононодозних або солітарних вузлів, не утворюючи при цьому конгломератів. Соматичні вузли поодинокі та розташовані серед пухкої волокнистої сполучної тканини, що оточує органи апарату руху, а вісцеральні – групами або лімфоцентрами, під листками серозної оболонки.

Морфометричні показники лімфатичних вузлів визначаються регіональними особливостями лімфодинаміки та антигенним навантаженням. Серед соматичних лімфовузлів максимальну абсолютну масу, довжину та ширину мають лицеві вузли, а мінімальні – підколінні. У вісцеральних вузлів найбільші показники відмічені у клубовоободових, а найменші – у каудальних середостінних.

Отримані результати морфометричних параметрів соматичних і вісцеральних лімфатичних вузлів білих лабораторних щурів, що отримували високожировий раціон будуть використані у якості контрольних показників

під час оцінювання впливу лікарських рослин на імунний статус з метою корекції метаболічних порушень у тварин.

Список використаних джерел

1. Andreeva, I. V., Vinogradov, A. A., & Abrosimova, T. N. (2008) Osobennosti ultrazvukovoy anatomii organov bryushnoy polosti kryis [Features of ultrasound anatomy of the abdominal organs of rats]. *Ukrainskyi medychnyi almanakh*, 6 (1), 11–13 (in Russian).
2. Bilan, M. V., Lieshchova, M. A., Tishkina, N. M., & Brygadyrenko, V. V. (2019). Combined effect of glyphosate, saccharin and sodium benzoate on the gut microbiota of rats. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 10(2), 228–232. <http://doi.org/10.15421/021934>
3. Brygadyrenko, V. V., Lieshchova, M. A., Bilan, M. V., Tishkina, N. M., & Horchanok, A. V. (2019). Effect of alcohol tincture of *Aralia elata* on the organism of rats and their gut microbiota against the background of excessive fat diet. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 10(4), 497–506. <http://doi.org/10.15421/021973>
4. Dijkstra, C. D., Kamperdijk, E. W. A., & Veerman, A. J. P. (1990). Normal Anatomy, Histology, Immunohistology, and Ultrastructure, Lymph Node, Rat. In: Jones, T. C., Ward, J. M., Mohr, U., Hunt, R. D. (eds) Hemopoietic System. Monographs on Pathology of Laboratory Animals. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-84110-1_20
5. Harapko, T. V. (2020). Histological changes of structural components in lymph nodes of rats and changes in biochemical blood indices in experimental obesity. *Світ медицини та біології*, 1(71), 169–173. DOI 10.26724/2079-8334-2019-4-70-169-173
6. Holovatskyi, A. S., & Valko, O. O. (2016). Morfofunktsionalni zminy v limfatychnykh vuzlakh pry diyi na orhanizm khimichnykh i fizychnykh chynnykiv. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Seriya "Medytsyna"*, 1(53), 131–136 (in Ukrainian).
7. Jia, L., Xie, Z., Zheng, J., Liu, L., He, Y., Liu, F., & He, Y. (2012). Morphological studies of lymphatic labyrinths in the rat mesenteric lymph node. *Anatomical record (Hoboken, N.J.: 2007)*, 295(8), 1291–1301. <https://doi.org/10.1002/ar.22509>
8. Lieshchova, M. A., & Brygadyrenko, V. V. (2021). Influence of *Lavandula angustifolia*, *Melissa officinalis* and *Vitex angus-castus* on the organism of rats fed with excessive fat-containing diet. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 12(1), 169–180. <http://doi.org/10.15421/022125>

9. Lieshchova, M. A., Bilan, M. V., Bohomaz, A. A., Tishkina, N. M., & Brygadyrenko, V. V. (2020). Effect of succinic acid on the organism of mice and their intestinal microbiota against the background of excessive fat consumption. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 11(2), 153–161. <http://doi.org/10.15421/022023>
10. Lieshchova, M. A., Bohomaz, A. A., & Brygadyrenko, V. V. (2021). Effect of *Salvia officinalis* and *S. sclarea* on rats with a high-fat hypercaloric diet. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 12(3), 554-563. <https://doi.org/10.15421/022176>
11. Lieshchova, M., & Brygadyrenko, V. (2022). Effects of *Origanum vulgare* and *Scutellaria baicalensis* on the Physiological Activity and Biochemical Parameters of the Blood in Rats on a HighFat Diet. *Scientia Pharmaceutica*, 90(3), 49.
12. Ohtani, O., & Ohtani, Y. (2008). Structure and function of rat lymph nodes. *Archives of histology and cytology*, 71(2), 69–76. <https://doi.org/10.1679/aohc.71.69>
13. Ohtani, O., Ohtani, Y., Carati, C. J., & Gannon, B. J. (2003). Fluid and cellular pathways of rat lymph nodes in relation to lymphatic labyrinths and Aquaporin-1 expression. *Archives of histology and cytology*, 66(3), 261–272. <https://doi.org/10.1679/aohc.66.261>
14. Okada, S., Albrecht, R. M., Aharinejad, S., & Schraufnagel, D. E. (2002). Structural aspects of the lymphocyte traffic in rat submandibular lymph node. *Microscopy and microanalysis : the official journal of Microscopy Society of America, Microbeam Analysis Society, Microscopical Society of Canada*, 8(2), 116–133. <https://doi.org/10.1017/s1431927601020049>
15. Shaikh, S. R., Haas, K. M., Beck, M. A., & Teague, H. (2015). The effects of diet-induced obesity on B cell function. *Clinical & Experimental Immunology*, 179(1), 90–95.
16. Suami, H., & Scaglioni, M. F. (2017). Lymphatic Territories (Lymphosomes) in the Rat: An Anatomical Study for Future Lymphatic Research. *Plastic and reconstructive surgery*, 140(5), 945–951. <https://doi.org/10.1097/PRS.0000000000003776>
17. Suami, H., Chang, D. W., Matsumoto, K., & Kimata, Y. (2011). Demonstrating the lymphatic system in rats with microinjection. *Anatomical record (Hoboken, N.J.: 2007)*, 294(9), 1566–1573. <https://doi.org/10.1002/ar.21446>
18. Valko, O. O., Holovatskyi, A. S., Nebesna, Z. M., Volkov, K. S., & Kramar, S. B. (2017). Strukturni zminy limfatychnykh vuzliv bilykh shchuriv pry dvotyzhnevomu ta chotyrytyzhnevomu opioidnomu vplyvi. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Seriya "Medytsyna"*, 2(56), 7–10 (in Ukrainian).

19. Yakubtsova, I. V., Khilko, T. D., Savytska, I. M., Konopelniuk, V. V., Preobrazhenska, T. D., & Makai, Sh. (2016). Vplyv *Trigonella foenum graecum* L. na stan imunokompetentnykh orhaniv za umov diyetindukovanoho ozhyrinnia u shchuriv. Scientific Journal “ScienceRise: Biological Science”, 3(3), 53–60 (in Ukrainian).

ANATOMO-TOPOGRAPHIC FEATURES OF LYMPHATIC NODES OF LABORATORY RATS THAT RECEIVED A HIGH-FAT DIET

M. Kravtsova, I. Myroshnychenko

Lymph nodes are peripheral organs of hemopoiesis and lymphopoiesis that provide lymph filtration and the function of antigen-dependent proliferation and differentiation of immunocompetent cells. Features of the topography and macrostructure of somatic and visceral lymph nodes of sexually mature white laboratory rats, which received a high-fat diet for 30 days, were considered. It was determined that the lymph nodes of this type of mammal belong to the group of mononodose single nodes. Macroscopically, each examined organ is characterized by a polar structure with the definition of two main zones: a convex surface (place of entry of afferent lymphatic vessels) and a portal cavity (with blood and efferent lymphatic vessels). The high-fat diet of rats does not affect the topography and macroscopic indicators of somatic and visceral lymph nodes. The mass of lymph nodes in rats varies significantly, depending on their topographical location: among somatic, it is maximal in the Inn. facials and Inn. cervicales superficiales, and among visceral - in the Inn. ileocaecalis and In. jugularis internus.

Key words: *organs of hemopoiesis and lymphopoiesis, absolute and relative weight, length, width, high-fat diet.*