

## ОСОБЛИВОСТІ БУДОВИ ОСЕРДЯ В НОРМІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТІ: ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

Єлизавета ВЕРБА, Оксана КУШЧ

*Загальносвітова статистика демонструє високий рівень смертності від серцево-судинних захворювань, що підкреслює необхідність у глибокому розумінні осердя та його впливу на функціонування організму. Серце огорожене від інших органів осердя, яке виконує не лише структурні, а й імунні функції. Дослідження морфологічних аспектів осердя, зокрема його лімфоїдного компонента, надає нові погляди на роль цього органа в підтримці серцевого здоров'я. Особливу увагу слід приділити вивченню структурних змін, що виникають в осерді внаслідок експериментальних впливів. Важливо розглядати не лише інфекційні чи травматичні причини, але й аутоімунні та метаболічні фактори, що можуть сприяти розвитку запалення осердя. У статті поставлено завдання здійснити комплексний аналіз досліджень морфофункціонального стану осердя, зокрема в контексті експерименту на щурах. Оскільки анатомія щурячого серця схожа на людську, результати таких досліджень можуть бути перспективними для вирішення проблем серцево-судинної патології в організмі людини. Застосування інтегративного підходу до вивчення осердя дозволяє розкрити не лише анатомічні й гістологічні аспекти, але і зрозуміти взаємозв'язок осердя з імунною системою та локальним гомеостазом. Такий підхід є необхідним для розуміння причин та механізмів розвитку захворювань серця, що визначає його важливість у медичній та соціальній сферах.*

**Ключові слова:** осердя, перикард, серце, серцево-судинна система, імунна система, молочні плями, лімфоцит.

*Запорізький національний університет, кафедра фізіології, імунології і біохімії з курсом цивільного захисту та медицини, вул. Гоголя, 62, Запоріжжя, 69061 Україна; e-mail: eliz.verba@gmail.com; sidorov0240@gmail.com*

### **Structural features of the pericardium in norm and experiment: a literature review. Verba E. I., Kushch O. G.**

*Global statistics show a high mortality rate from cardiovascular diseases, which emphasizes the need for a deep understanding of the pericardium and its influence on the functioning of the heart. The heart is separated from other organs of thoracic cavity by the pericardium, which performs not only structural, but also immune functions. Research into the morphological aspects of the pericardium, particularly its lymphoid component, provides new insights into the role of this organ in maintaining cardiac health. Special attention should be paid to the study of structural changes that occur in the nucleus as a result of experimental influences. It is important to consider not only infectious or traumatic causes, but also autoimmune and metabolic factors that can contribute to the development of inflammation of the pericardium. The article sets itself the task of carrying out a comprehensive analysis of research on the morphofunctional state of the pericardium, in particular in the context of an experiment on rats. Since the anatomy of the rat is similar to the human one, the results of such studies may be promising for solving the problems of cardiovascular pathology in the human body. The use of an integrative approach to the study of the heart allows to reveal not only anatomical and histological aspects, but also to understand the relationship of the heart with the immune system and local homeostasis. Such an approach is necessary for understanding the causes and mechanisms of the development of heart diseases, which determines its importance in the medical and social spheres.*

**Key words:** pericardium, heart, cardiovascular system, immune system, milky spots, lymphocyte.

*Zaporizhzhia National University, Department of Physiology, Immunology and Biochemistry with a Course of Civil Protection and Medicine, 62, Hoholya str., Zaporizhzhia, 69061 Ukraine; e-mail: eliz.verba@gmail.com; sidorov0240@gmail.com*

### **Вступ**

Серцево-судинна система та її патології займають перше місце зі смертності не тільки в Україні, але й в усьому світі (Global Burden of Disease

2021), і згідно зі статистикою з 1990 року по 2019 рік кількість летальних випадків із цієї причини збільшилась на 7,8%. Морфофункціональний стан серця опосередковується не тільки органами

серцево-судинної системи, але й осердям, проте його вивченню не було приділено достатньої уваги. Вітчизняні науковці (Nefiodova et al. 2020; Shatorna, Lomyga 2020, 2023) вивчали токсичний вплив солей важких металів на ембріогенез серця. Однак питання морфологічних змін осердя в експерименті залишається відкритим, що відкриває нові перспективи для досліджень. В останні роки ми бачимо роботи, які присвячено вивченню осердя та його лімфоїдного компонента (Perez-Shibayama, Ludewig 2015; Ganshina 2016; Kuper et al. 2018, 2021; Mori et al. 2022), однак не до кінця з'ясовано, як саме структурні зміни в цьому органі, а також у лімфоїдній тканині, асоційованій з серозними оболонками, до яких належить і осердя, можуть впливати на реактивність серця і його локальний імунітет. Численні наукові дослідження акцентують на поліетіології запалення осердя – причина може бути як інфекційна чи спричинена травмою, так і аутоімунна або метаболічна. Окрім того, віковий фактор посилює хронічні системні запалення, також з віком знижується рівень імунного захисту організму, що теж може сприяти запаленню осердя, тож з огляду на ці факти дослідження морфофункціонального стану осердя під впливом чинників різної природи є не тільки медично-біологічною, але і соціально важливою проблемою.

Метою роботи є проведення комплексного аналізу наукових праць, всебічний розгляд основних аспектів морфофункціонального стану осердя в нормі та експерименті з акцентом на щурах, оскільки їм притаманна подібність анатомії цього органу до людського, тому отримані результати на тваринах можна екстраполювати на людину. Здійснюючи дослідження, з метою повного розкриття вибраного питання важливо продемонструвати анатомічні особливості осердя, їх гістології, розширити уявлення про лімфоїдний компонент осердя і його зв'язок з імунною системою організму.

### **Огляд літературних даних**

Комплексно розглядаючи питання анатомії осердя, варто звернути увагу на пренатальний період. Утворення основних целомічних порожнин у ссавців відбувається на стадії раннього ембріогенезу з мезодерми, коли тонка перетинка, що згодом стає діафрагмою, відокремлює перитонеальну і грудну порожнини між собою (Sikachupa 2004; Rykaliuk, Osmanov 2011). Наступним етапом у грудній порожнині утворюються дві плевральні порожнини по обидві сторони від середостіння, а також осердна порожнина, в якій відбувається

органогенез серця. Згідно з ветеринарною номенклатурою, осердя, або перикард (Pericardium) складається з двох листків – волокнистого осердя (Pericardium fibrosum) та серозного осердя (Pericardium serosum), його вентральний відділ прикріплений до грудини грудинно-перикардіальними зв'язками (Ligg. pericardiaca), а дорсальний відділ має бронхо-осердну перетинку (Membrana broncho-pericardiaca) (Khomych et al. 2019). Важливо зазначити, що серозне осердя має дві пластинки – пристінкову пластинку (Lamina parietalis), яка зрощена з волокнистим осердям, та нутрощеву пластинку, або епікард (Lamina visceralis, Epicardium), що являє собою верхній шар серця і зрощена з міокардом (Myocardium). Анатомічною особливістю осердя щурів є підсерцевий простір (Treuting et al. 2018; Kuper et al. 2018), що знаходиться між серцем і діафрагмою, на що важливо звертати увагу під час експерименту. За гістологічною структурою волокнисте осердя включає фіброзний перикард, власну пластинку перикарду (Lamina propria pleurae) та шар мезотелію (Mesothelium), причому мезотелій, що вистеляє осердя, може бути як плоский, так і кубічний, де між клітинами знаходяться стомати (Zerbino et al. 2016; Khomych et al. 2019; Michailova, Usunoff 2006). Тоді як мезотеліальний шар осердя досліджувався такими вченими, як К. Н. Михайлова та К. Г. Усунов (Michailova, Usunoff 2006), усе більше актуальності набуває питання вивчення типу колагенових волокон, які присутні у фіброзному перикарді.

У 1973 році Рот відкрив основну фізіологічну функцію серозних оболонок – полегшення руху внутрішніх органів у порожнинах за допомогою спеціальної рідини. Саме мезотелій забезпечує вироблення цієї рідини в осерді, вона збагачена гіалуриновою кислотою через апікальну мембрану мезотеліальних клітин, на якій є велика кількість мікроворсинок з глікопротеїнами. Перикардіальна рідина захищає тканини від стоншення і може реабсорбуватися лімфатичними капілярами як пристінкової пластинки осердя, так і нутрощєвої (Parungo et al. 2007). Окрім цього, важливою фізіологічною властивістю осердя є бар'єрність, проте важливо дослідити цю функцію не тільки з боку механічного захисту серця в разі травм, але й імунну ланку целомічного бар'єру осердя, як-от целом-асоційована лімфоїдна тканина (Coelom-Associated Lymphoid Tissue) в субмезотеліальному шарі серозної оболонки осердя (Kuper et al. 2018). У субмезотеліальному шарі осердя, у власній пластинці, відбувається регуляція активності

лімфоїдної тканини, однак ще не було досліджено, чи є в осерді локалізації самогенерації лімфоїдної тканини, чи відбувається міграція клітин з інших органів у відповідь на медіатори запалення. Лімфоїдна тканина в осерді представлена дифузно розташованими клітинами, лімфоїдними кластерами, асоційованими з целомом (Coelom-Associated Lymphoid Clusters) та лімфоїдними кластерами, асоційованими з жировою тканиною (Fat-Associated Lymphoid Clusters) (Kuper et al. 2018). Таким чином, актуальності набуває питання властивостей цих видів лімфоїдної тканини, чим саме вони відрізняються та як змінюється їх кількісний і якісний склад за впливу факторів різної природи.

На відміну від уже досліджених первинних та вторинних лімфоїдних органів лімфоїдна тканина осердя ще не досить вивчена, що відкриває нові перспективи досліджень (Dunayevska 2016, Horalsky et al. 2023). Таке явище, як «молочні плями» вперше зміг візуалізувати Л. Ранв'є у 1874 році. Він описав їх як «крихітні скупчення лімфоїдної тканини» у великому чепці людини і розглядав увесь великий чепець як один загальний лімфатичний вузол (Ranvier 1874). Однак Е. Зайферт довів, що головною відмінністю молочних плям від лімфатичних вузлів є відсутність капсули зі сполучної тканини, росткового центру і пазух (Seirfert 1923). Постає питання: яким чином регулюється кількісний склад імунокомпетентних клітин у некапсульованих скупченнях лімфоїдної тканини?

За результатами вчених, молочні плями можуть знаходитися не тільки в перитонеальній порожнині, але й у грудній (Panasco et al. 2010; Jackson-Jones et al. 2016; Bentkowska et al. 2023). Досі ведуться дискусії щодо відокремлення поняття «молочні плями» від целом-асоційованих та жирасоційованих лімфоїдних кластерів, однак найчастіше термін «молочні плями» вживається науковцями в контексті лімфоїдної тканини очеревини та її органів, а в грудній порожнині, зокрема в осерді, описуються целом- та жирасоційовані лімфоїдні кластери (Panasco et al. 2010; Kuper et al. 2021). Таким чином, таке питання імуноморфології все ще залишається відкритим. Усі ці структури вкриті мезотелієм і відповідають головно за підтримку та активацію саме В-клітин, як вважає К. Ф. Купер (2021), а основною відомою відмінністю є локалізація – жирова тканина або напівпорозорі ділянки серозних оболонки без адипоцитів. Питання функціонального стану целом- та жирасоційованих кластерів осердя потребує деталі-

зації виявлення окремих субпопуляцій лімфоцитів у них і допоможе з'ясувати роль вродженого і набутого імунітету в цьому органі.

Якісний склад лімфоїдних кластерів у нормі включає велику кількість макрофагів, субпопуляції  $V_{1a}$  і  $V_{1b}$  вроджених В-клітин,  $V_2$ -клітини, незрілі лімфоїдні клітини, а також НК-клітини та антигенпрезентуючі клітини (Elewa et al. 2014, 2016; Choi 2019). Наявність імунологічно незрілих лімфоїдних клітин робить лімфоїдні кластери самовідновлюваними структурами, однак важливо дослідити, чи перетворюються ці клітини в процесі дозрівання на В-клітини, які включені до якісного складу структури, чи можливе їх перетворення на Т-лімфоцити в разі дії різних антигенів, крім того, недостатньо вивчена морфологія імунокомпетентних клітин, що включені у целом- і жирасоційовані лімфоїдні кластери. За результатами наукових досліджень, можливі Т-залежні відповіді В-клітин на перитонеальні антигени в лабораторних тварин із відсутністю селезінки, лімфатичних вузлів і Паєрових бляшок, тож молочні плями перитонеальної порожнини виконують роль вторинних лімфоїдних органів (Rangel-Moreno et al. 2009). За аналогією, лімфоїдні кластери осердя теж можна віднести до периферичних органів імунного захисту, проте питання їх реактивності залишається відкритим.

В. Крішнан і К. Купер зі співавторами (Krishnan et al. 2012; Kuper et al. 2018) виявили, що по периферії лімфоїдного кластеру знаходяться резидентні макрофаги, а всередині – різні субпопуляції лімфоцитів, незрілі лімфоїдні та дендритні клітини. Діаметр макрофагів у молочних плямах людини становить 15–20 мкм, а В-лімфоцитів і Т-лімфоцитів – 7–10 мкм. За наявності дендритних клітин молочні плями і лімфоїдні кластери, що асоційовані з целомом та жировою тканиною, утворюють унікальну за своєю природою серозну імунну систему, яка функціонує з поєднанням вродженого і набутого імунітету (Janeway 2001; Kuper et al. 2018, 2021).

Актуальним нині є питання реактивності  $V_1$ -клітин, що знаходяться в лімфоїдній тканині осердя. З періоду раннього ембріогенезу вони є популяцією, що найбільш швидко зростає, а попередники саме субпопуляції  $V_1$ -лімфоцитів були виявлені ще в парааортальній спланхноплеврі на 9-й день гестації, проте в післянатальному періоді їх кількість знижується і є постійною в організмі (Godin et al. 1993; Kushch, Zlobina 2012). Вченими вже виявлено, що близько половини В-клітин, що знаходяться в грудній порож-

нині, є субпопуляціями  $V_1$ -лімфоцитів вродженого імунітету – sIgMhi, sIgDlow, CD11b+. Водночас субпопуляції CD5+ та CD5-, кількість яких сильно знижується в післянатальному періоді, є недостатньо задокументованими, тож їх функціональність і реактивність усе ще належить дослідити (Berland, Wortis 2002).

### **Експериментальні моделі**

Під час розгляду питання морфофункціональних змін осердя в експерименті важливим є розуміння чинників, за яких найімовірніше може утворюватися запальний процес. Це є доцільним для створення експериментальних моделей, що мають практичне значення для клінічної медицини та побудування вдосконалених терапевтичних стратегій. Ж. С. Сільвестр досліджував питання експериментального запалення осердя (Silvestre 2021), водночас А. Мауро з командою науковців вивчали ту ж проблему і довели, що універсальної експериментальної моделі для тварин немає (Mauro et al. 2021). Відсутність тваринних моделей пояснює обмежене розуміння наукою цієї проблеми та відсутність універсальних протизапальних методів усунення або зменшення процесу запалення, які терміново необхідні для зниження рівня захворюваності на хвороби серцево-судинної системи. У Тернопільському державному медичному університеті ім. І. Я. Горбачевського у 2012 році група науковців під керівництвом М. С. Гнатюка випустила патент на корисну модель експериментального перикардиту (Danylevych et al. 2012). Методику засновано на малоінвазивному доступі до осердя шляхом торакоскопії – осердя змочують тупфером зі спиртовим розчином йоду. Така експериментальна наукова модель може використовуватися для поставлення експерименту, проте вона потребує хоч і малоінвазивного, але хірургічного втручання в організм, що може вплинути на хід експерименту.

Одним зі способів моделювання запалення осердя є лабораторне аліментарне дієт-індуковане ожиріння, що сприяє відкладенню вісцерального жиру в осердній порожнині, чим викликає неінвазійний і неінфекційний системний запальний процес. Для цього можна вибрати експериментальну модель ожиріння японських учених під керівництвом К. Ойда, в якій вони досягають відкладення вісцерального жиру шляхом неонатального впливу на щурів, вводячи підшкірно розчин глутамату натрію (4 мг/г) на 2, 4, 6, 8 і 10-й день від народження (Oida et al. 1984). Цю методику моделювання ожиріння вже використовували у своїх експериментальних дослідженнях укра-

їнські науковці (Leshchenko et al. 2015). У даному випадку можна прослідкувати дію глутамату натрію в онтогенезі щура і механізм утворення запального процесу, однак ця методика теж має свої недоліки через великий відсоток летальних випадків у новонароджених особин.

Варіативним способом змоделювати аліментарне ожиріння за опосередкованого впливу глутамату натрію для утворення запального процесу в осерді є пероральне введення харчової добавки в раціон лабораторних тварин у дозуванні 0,07 г/кг/добу (Mateshuk-Vatseba et al. 2020). Цей патент на спосіб моделювання ожиріння в щурів розробили вчені з Тернопільського державного медичного університету ім. І. Я. Горбачевського. У разі щоденного введення добавки впродовж тривалого часу моделюється ожиріння з вісцеральним відкладенням жирової тканини, що дозволяє збільшити епікардіальне жирове депо в розмірі, тим самим викликаючи запальні процеси в осерді за рахунок механічного впливу та метаболічних змін. Висвітлені способи досягнення запалення органу можуть установити подальші перспективи дослідження для розроблення ефективних методів діагностики та лікування.

У разі підбирання експериментальні моделі є необхідність дослідити реактивність ціломи і жиром-асоційованих кластерів осердя, а також вплив лімфоцитів на морфогенетичні функції осердя, а надалі – й на функціональну активність цього органа. Натепер існує декілька методичних підходів щодо вивчення лімфоїдної тканини із застосуванням рутинних методик імуногістохімічних методів, як варіант, може бути застосований метод дослідження лімфоїдних популяцій за методом лектинової гістохімії, що є перспективою вивчення молочних плям, а також ціломи- та жиром-асоційованих лімфоїдних кластерів (Lutsyk et al. 1983; Antoniuk 2005; Kushch 2014; Bilash 2017).

### **Висновки та перспективи подальших досліджень**

Узагальнюючи проведений огляд, можна зазначити, що осердя потрібно розглядати з позиції імунозалежного органу. Організовані структури лімфоїдної тканини, що присутні в органах ціломичної природи, виконують роль імуноасоційованих компонентів зі складно організованою будовою і мають свої чіткі особливості порівняно з іншими органами імунного захисту. Реактивність ціломи- та жиром-асоційованих лімфоїдних кластерів в осерді та їх якісний склад усе ще є недостатньо вивченими, що є перспективою для подальших наукових досліджень.

- ANTONIUK, V.O. (2005) *Lektyny ta yikh syrovynni dzherela*. PP “Kvart”, Lviv.
- BENTKOWSKA, K., HARDGRAVE, A., IQBAL, N., GREASY, L., MARSDEN, B., MACHARIA, S., JACKSON-JONES, L. (2023) Pericardial and mediastinal fat-associated lymphoid clusters are rapidly activated in an alkane-induced model of systemic lupus erythematosus. *Discovery Immunology*, 2(1), kyad017.
- BERLAND, R., WORTIS, H.H. (2002). Origins and functions of B-1 cells with notes on the role of CD5. *Annual Review of Immunology*, 20, 253–300.
- BILASH, V.P. (2017) Lektynokhimichna kharakterystyka protokovoi systemy pidnyzhnioshelepnnykh slynnnykh zaloz liudyny ta deiakykh laboratornykh tvaryn u porivnialnomu aspekti. *Bulletin of Vinnytsia National Medical University*, 21(1), 231–235.
- CHOI, H.S. (2019) *The role of innate lymphoid cells in the heart and cardiac inflammation*. Ph.D. Thesis, Johns Hopkins University.
- DANYLEVYCH, Yu.O., HNATIUK, M.S., KOVALCHUK, M.F. (2012) *Sposib modelyuvannya perykardytu*. Patent Ukrainy, 75399.
- DUNAYEVSKA, O.F. (2016) Morfometrychni osoblyvosti limfoidnykh vuzlykiv selezinky khrebetnykh tvaryn. *Bulletin of the Problems of Biology and Medicine*, 4(2), 193–196.
- ELEWA, Y.H.A., ICHII, O., KON, Y. (2016) Comparative analysis of mediastinal fat-associated lymphoid cluster development and lung cellular infiltration in murine autoimmune disease models and the corresponding normal control strains. *Immunology*, 147, 30–40.
- ELEWA, Y.H.A., ICHII, O., OTSUKA, S., HASHIMOTO, Y., KON, Y. (2014) Characterization of mouse mediastinal fat-associated lymphoid clusters. *Cell and Tissue Research*, 357, 731–741.
- GANSHINA, I.V. (2016) Serous cavities of coelomic origin as possible organs of the immune system. *Biology Bulletin Reviews*, 6, 497–504.
- GLOBAL BURDEN OF DISEASE (2021) *Ischemic heart disease Seattle*. Available from: [https://www.healthdata.org/results/gbd\\_summaries/2019/ischemic-heart-disease-level-3-cause](https://www.healthdata.org/results/gbd_summaries/2019/ischemic-heart-disease-level-3-cause) (accessed 23.12.2023)
- GODIN, I.E., GARCIA-PORRERO, J.A., COUTINHO, A., DIETERLEN-LIÈVRE, F., MARCOS, M.A.R. (1993) Para-aortic splanchnopleura from early mouse embryos contains B1a cell progenitors. *Nature*, 364, 67–70.
- HORALSKY, L.P., DUNAYEVSKA, O.F., SOKULSKY, I.M., KOLESNIK, N.L. (2023) Osoblyvosti ontogenezu peryferuchnykh organiv imunnoho zakhystu u sobak. *Ukrainian Scientific and Medical Youth Magazine*, 138, 105–106.
- JACKSON-JONES, L.H., DUNCAN, S.M., MAGALHAES, M.S., CAMPBELL, S.M., MAIZELS, R.M., MCSORLEY, H.J., BÉNÉZECH, C. (2016) Fat-associated lymphoid clusters control local IgM secretion during pleural infection and lung inflammation. *Nature Communications*, 7(1), 12651.
- JANEWAY, C.A., TRAVERS, P., WALPORT, M., SHLOMCHIK, M.J. (2001) *Immunobiology: The Immune System in Health and Disease*. Garland Science, New York.
- KHOMYCH, V.T., MAZURKEVYCH, T.A., DYSHLIUK, N.V., STEHNEY, ZH.G., USENKO, S.I. (2019) *Mizhnarodna veterynarna nomenklatura (Terminologichny slovnyk)* [International Veterinary Histological Nomenclature (Terminological Dictionary)]. National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv (in Ukrainian).
- KRISHNAN, V., STADICK, N., CLARK, R., BAINER, R., VENERIS, J.T., KHAN, SH., DREW, A., RINKER-SCHAEFFER, C. (2012) Using MKK4's metastasis suppressor function to identify and dissect cancer cell-microenvironment interactions during metastatic colonization. *Cancer Metastasis Review*, 13(3-4), 605-613.
- KUPER, C.F., PIETERS, R.H., VAN BILSEN, J.H. (2021) Nanomaterials and the Serosal Immune System in the Thoracic and Peritoneal Cavities. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(5), 2610.
- KUPER, C.F., VAN BILSEN, J., WIJNANDS, M.V. (2018) The serosal immune system of the thorax in toxicology. *Toxicological Sciences*, 164(1), 31–38.
- KUSHCH, O.G. (2014) Lektyny v imunomorpholohiyi. *World of Medicine and Biology*, 4(47), 150–157.
- KUSHCH, O.G., ZLOBINA O.V. (2012) Lektynhistokhimichna kharakterystyka limfoidnoyi tkany, asotsiyovanoi z plodovoyu chastynoyu platsenty, naprykintsi persoho period vahitnosti u shchuriv. *Zaporizhzhia Medical Journal*, 3, 89–91.
- LESHCHENKO, I.V., LAZARENKO, L.M., PRYBYTKO, I.Yu., FALALEYEVA, T.M., BEREHOVA, T.V. (2015) Antropometrychni pokaznyky u shchuriv za umov, vyklykanoho neonatalnym vvedennyam hlytamatu natriyu, ta profilaktichno-likuvalnoho vvedennya probiotychnykh shtamiv laktobatsyl ta bifidobakteriy. *Bulletin of Problems of Biology and Medicine*, 4(2), 180–185.

- LUTSYK, M.D., PANASIUK, Ye.N., ANTONIUK, V.A., LUTSYK, A.D., LADNAIA, L.Ya. (1983) *Metody issledovaniya uglevodnoy spetsyfichnosti lektinov (metodicheskiye rekomendatsyi)*, Vysshaya Shkola, Lviv.
- MATESHUK-VATSEBA, L.R., HARAPKO, T.V., KYRYK, KH.A., BLYSHCHAK, N.B., PRYMACHENKO, V.I., PIDVALNA, U.YE., BEKESEVYCH, A.M., HRESKO, N.I., LYTVAK, Yu.B., SODOMORA, O.O., SAVKA, I.I., BORYS, R.YA., DZHALILOVA, E.A. (2020) *Sposib modeliuvanna eksperymentalnoho alimentarnoho ozhyrinnia oposedkovanyim vplyvom hlutamatu natriiu*. Patent Ukrayiny, 144191.
- MAURO, A.G., BONAVENTURA, A., VECCHIÉ, A. MEZZAROMA, E., CARBONE, S., NARAYAN, P., POTERE, N., CANNATÀ, A., PAOLINI, J.F., BUSSANI, R., MONTECUCCO, F., SINAGRA, G., VAN TASSEL, B.W., ABBATE, A., TOLDO, S. (2021) The role of NLRP3 inflammasome in pericarditis: potential for therapeutic approaches. *Basic to Translational Science*, 6(2), 137–150.
- MICHAILOVA, K.N., USUNOFF, K.G. (2006) *Serosal membranes (Pleura, Pericardium, Peritoneum): normal structure, development and experimental pathology*. Springer Science & Business Media, Berlin.
- MORI, S., HANNA, P., DACEY, M.J., TEMMA, T., HADAYA, J., ZHU, C., CHANG, G., PEACOCK, W.J., FISHBEIN, M.C., SHIVKUMAR, K. (2022) Comprehensive anatomy of the pericardial space and the sardiac hilum: Anatomical dissections with intact pericardium. *JACC: Cardiovascular Imaging*, 15(5), 927–942.
- NEFIODOV, O.O., BILYSHKO, D.V., KUSHNARIOVA, K.A., SHEVCHENKO, O.S., SHATORNA, V.F., KEFELI-YANOVSKA, O.I., KOZLOVSKA, O.G. (2020) Vyznachennya vplyvu kadmiyu na pokaznyky embriohenezu pry izoliovanomu vvedenni ta v kombinatsiyi z tsytratamy seleni ta hermaniyu. *Medical Perspectives*, 25(1), 24–31 (in Ukrainian).
- NEFIODOVA, O.O., HALPERIN, O.I., SHATORNA, B.F., SHEVCHENKO, I.V., DEMIDENKO, Yu.V., PRYDYUS, I.O., MIASOYID, Yu.P. (2020). Eksperymentalne vyznachennya nakopychennya v sertsii embrioniv soley kadmiyu ta yih vplyvu na emriogenez shchura. *Medical Perspectives*, 25(3), 8–16.
- OIDA, K., NAKAI, T., HAYASHI, T., MIYABO, S., TAKEDA, R. (1984) Plasma lipoproteins of monosodium glutamate-induced obese rats. *International Journal of Obesity*, 8(5), 385–391.
- PANASCO, M.S., PELAJO-MACHADO, M., LENZI, H.L. (2010) Omental and pleural milky spots: different reactivity patterns in mice infected with *Schistosoma mansoni* reveals coelomic compartmentalisation. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 105, 440–444.
- PARUNGO, C.P., SOYBEL, D.I., COLSON, Y.L., KIM, S.-W., OHNISHI, S., DE GRAND, A.M., LAURENCE, R.G., SOLTESZ, E.G., CHEN, F.Y., COHN, L.H., BAWENDI, MG, FRANGIONI, JV. (2007) Lymphatic drainage of the peritoneal space: a pattern dependent on bowel lymphatics. *Annals of Surgical Oncology*, 14, 286–298.
- PEREZ-SHIBAYAMA, C., LUDEWIG, B. (2015) Tuning up FALCs: Immunological shielding in the body cavities. *Nature Immunology*, 16, 796–798.
- PYKALYUK, V.S., OSMANOV A.Yu. (2011) *Philo-, ontohenes organiv i system liudyny*. Dolya, Simpheropol.
- RANGEL-MORENO, J., MOYRON-QUIROZ, J.E., CARRAGHER, D. M., KUSSER, K., HARTSON, L., MOQUIN, A., RANDALL, T. D. (2009) Omental Milky Spots Develop in the Absence of Lymphoid Tissue-Inducer Cells and Support B and T Cell Responses to Peritoneal Antigens. *Immunity*, 30, 731–743.
- RANVIER, L. (1874) Du developpement et de l'accroissement des vaisseaux sanguins. *Archives de Physiologie Normale et Pathologique*, 6, 429–449.
- SEIRFERT, E. (1923) Studien am Omentum majus des Menschen. Langenbecks. *Archiv der Klinischen Chirurgie*, 123, 608–683.
- SHATORNA, V., LOMYGA, L. (2023) Zminy pokaznykiv embriotoksychnosti khlorody kadmiyu pry kombinovanomu vvedenni z suksynatamy tsynku ta midi v khronichnomu eksperymenti na shchurah. *Current Problems of Modern Medicine: Bulletin of the Ukrainian Medical Stomatological Academy*, 23(4), 247–252.
- SIKACHYNA, S.F. (2004) *Ranni stadii embrionalnoho rozvytku silskohospodarskyh tvaryn*. Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro.
- SILVERSTRE, J.-S. (2021) Modeling Acute Pericarditis: An Inflammatory Step Toward Tailored Therapeutic Strategies. *Basic to Translational Science*, 6(2), 151–153.
- TREUTING, P.M., DINTZIS, S., MONTINE, K.S. (2018) *Comparative anatomy and histology: a mouse, rat, and human atlas*. Elsevier Inc. Academic Press, Cambridge.
- ZERRBINO, D.D., BAGRIYA, M.M., BODNARA, Ya.Ya., DIBROVY, V.A. (2016) *Patomorfologia ta histologia: atlas*. Nova Knyha, Vynnytsia.