

Науковий вісник Львівського національного університету
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.

Серія: Ветеринарні науки

Scientific Messenger of Lviv National University
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.

Series: Veterinary sciences

ISSN 2518-7554 print
ISSN 2518-1327 online

doi: 10.32718/nvlvet11314
<https://nvlvet.com.ua/index.php/journal>

UDC 619:636.2:591.482

Anatomical and morphological features of the heart of a domestic dog (*Canis Lupus Familiaris* L., 1758)

M. R. Ragulya¹, L. P. Goralskyi², I. M. Sokulskyi^{1✉}, N. L. Kolesnik¹, B. V. Gutyj³

¹Polissia National University, Zhytomyr, Ukraine

²Zhytomyr Ivan Franko State University, Zhytomyr, Ukraine

³Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv, Ukraine

Article info

Received 16.01.2024

Received in revised form

15.02.2024

Accepted 16.02.2024

Polissia National University,
Stary Blvd., 7, Zhytomyr,
10008, Ukraine.
Tel.: +38-097-485-73-20
E-mail: sokulskyi_1979@ukr.net

Zhytomyr Ivan Franko State
University, V. Berdychivska Str., 40,
Zhytomyr, 10002, Ukraine.
Tel.: +38-098-878-58-66
E-mail: goralskyi@ukr.net

Stepan Gzhytskyi National
University of Veterinary Medicine
and Biotechnologies Lviv,
Pekarska Str., 50, Lviv,
79010, Ukraine.
Tel.: +38-068-136-20-54.
E-mail: bvh@ukr.net

Ragulya, M. R., Goralskyi, L. P., Sokulskyi, I. M., Kolesnik, N. L., & Gutyj, B. V. (2024). Anatomical and morphological features of the heart of a domestic dog (*Canis Lupus Familiaris* L., 1758). *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary sciences*, 26(113), 93–101. doi: 10.32718/nvlvet11314

Cardiovascular organopathology in dogs occurs quite often, but is not fully diagnosed. The occurrence of cardiovascular pathology is due to inadequate physical activity, infectious diseases, injuries, blood loss, diseases of the lungs and other systems, hereditary factors, etc. It is known that prevention, diagnosis, surgical intervention and treatment of these pathologies are impossible without knowledge of the morpho-functional parameters of anatomy, histology and physiology. The cardiovascular system in mammals performs vital functions, ensuring the vital activity of the animal and human body. The cardiovascular system is very plastic in relation to the morpho-functional relationship and has not only pronounced hereditary individual traits, but also the ability to quickly adapt to the changing conditions of the organism's existence. It is one of the first to respond to various natural and anthropogenic factors of the environment and physical stress. The study of the cardiovascular system is an urgent issue today. The aim of the study was to study the morphological assessment of macro- and microstructures of the heart of a sexually mature domestic dog ($n = 5$), class – Mammalia, species – wolf (*Canis lupus*), subspecies – domestic dog (*Canis familiaris*). The completed work is a fragment of the scientific topic of the scientific research work of the Department of Normal and Pathological Morphology, Hygiene and Expertise of the Faculty of Veterinary Medicine of the Polish National University on the topic: "Development, morphology and histochemistry of animal organs in normal and pathological conditions", according to state registration number No. 0113V000900 and scientific topics: "Features of the morphology of the heart of domestic mammals", state registration No. 0121U108884. For the work, complex morphological research methods were used: anatomical, histological, organo-, histo- and cytometric, statistical, thanks to which new data on the peculiarities of the macro-, histo- and cytomorphometric characteristics of the morphological structures of the heart in the studied animals were presented. The dog's heart has a rounded shape, its absolute weight is 167.58 ± 9.46 g (without epicardial fat – 154.22 ± 8.04 g), relative weight is 0.72 ± 0.005 %. It was established that the microscopic structure of the ventricles and atria of the dog's heart differ by cytometric indicators, depending on their morphofunctional load. Thus, cardiomyocytes of the left ventricle have the largest volume – $2941.76 \pm 127.44 \mu\text{m}^3$, the right one has a smaller volume – $2237.24 \pm 103.02 \mu\text{m}^3$, and the cardiomyocytes of the atria have the smallest volume – $1496.92 \pm 98.02 \mu\text{m}^3$. The volume of the nuclei of cardiomyocytes of the left ventricle is $64.58 \pm 5.09 \mu\text{m}^3$, of the right ventricle – $59.97 \pm 5.83 \mu\text{m}^3$, the volume of cardiomyocytes of the atria is correspondingly smaller – $53.06 \pm 6.02 \mu\text{m}^3$. At the same time, the nuclear-cytoplasmic ratio of cardiomyocytes of the left ventricle is equal to 0.0224 ± 0.0076 , cardiomyocytes of the right ventricle are more important – 0.0275 ± 0.0081 , and cardiomyocytes of the atria are the most important – 0.0367 ± 0.0105 . We associate such ambiguous cytometric parameters of cardiomyocytes with the morphofunctional activity of the ventricles and the functional features of this myocardial tissue, which is capable of spontaneous rhythmic contractions, as a result of which blood moves through a closed vascular system. Information on the morphology of the heart of a domestic dog, including the results of the study of the macro- and microscopic structure of the studied organs, which are presented in the publication, are of great importance for histology and comparative anatomy, and also make a significant contribution to clinical veterinary medicine.

Key words: macro- and microanatomy, morphometric features, animals, organ research, dissection, cardiac cycle.

Анатомо-морфологічні особливості серця свійської собаки (*Canis Lupus Familiaris* L., 1758)

М. Р. Рагуля¹, Л. П. Горальський², І. М. Сокульський^{1✉}, Н. Л. Колеснік¹, Б. В. Гутий³

¹Поліський національний університет, м. Житомир, Україна

²Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир, Україна

³Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, м. Львів, Україна

Серцево-судинна патологія у собак зустрічається досить часто, але не повністю діагностується. Виникнення серцево-судинної патології обумовлено неадекватними фізичними навантаженнями, інфекційними хворобами, травмами, крововтратою, хворобами легень та інших систем, спадковими факторами тощо. Відомо, що профілактика, діагностика, хірургічне втручання та лікування даних патологій неможливі без знання морфофункціональних параметрів анатомії, гістології та фізіології. Серцево-судинна система у ссавців виконує життєво важливі функції, забезпечуючи життєдіяльність організму тварин і людини. Серцево-судинна система дуже пластична щодо морфофункціонального відношення і має не тільки виражені спадкові індивідуальні особливості, але й здатність швидко пристосовуватися до мінливих умов існування організму. Вона одна із перших реагує на різноманітні природні та антропогенні чинники довкілля і на фізичні навантаження. Дослідження серцево-судинної системи є актуальним питанням сьогодення. Метою дослідження було провести морфологічну оцінку макро- та мікроструктур серця свійської статевої собаки (n = 5), клас – Ссавці (*Mammalia*), вид – вовк (*Canis lupus*), підвид – собака свійський (*Canis familiaris*). Виконана робота є фрагментом наукової тематики науково-дослідної роботи кафедри нормальної та патологічної морфології, гігієни та експертизи факультету ветеринарної медицини Поліського національного університету на тему: “Розвиток, морфологія та гістохімія органів тварин у нормі та при патології”, за номером державної реєстрації – № 0113V000900 та наукової тематики: “Особливості морфології серця свійських ссавців”, державний реєстраційний № 0121U108884. Для роботи застосовували комплексні морфологічні методи досліджень: анатомічні, гістологічні, органо-, гісто- та цитометричні, статистичні, завдяки яким представлено нові дані щодо особливостей макро-, гісто- та цитометричної характеристики морфологічних структур серця у досліджених тварин. Серце собаки має округлу форму, його абсолютна маса дорівнює $167,58 \pm 9,46$ г (без епікардіального жиру – $154,22 \pm 8,04$ г), відносна маса – $0,72 \pm 0,005$ %. Встановлено, що мікроскопічна будова шлуночків та передсердь серця собаки різняться цитометричними показниками, залежно від їх морфофункціонального навантаження. Так, найбільший об’єм мають кардіоміоцити лівого шлуночка – $2941,76 \pm 127,44$ мкм³, менший – правого – $2237,24 \pm 103,02$ мкм³ та найменший – кардіоміоцити передсердь – $1496,92 \pm 98,02$ мкм³. Об’єм ядер кардіоміоцитів лівого шлуночка складає – $64,58 \pm 5,09$ мкм³, правого – $59,97 \pm 5,83$ мкм³, об’єм кардіоміоцитів передсердь, достовірно є меншим – $53,06 \pm 6,02$ мкм³. При тім, ядерно-цитоплазматичне відношення кардіоміоцитів лівого шлуночка дорівнює $0,0224 \pm 0,0076$, більше значення мають кардіоміоцити правого шлуночка – $0,0275 \pm 0,0081$ і найбільше кардіоміоцити передсердь – $0,0367 \pm 0,0105$. Такі неоднозначні цитометричні параметри кардіоміоцитів ми пов’язуємо з морфофункціональною діяльністю шлуночків та функціональними особливостями даної тканини міокарду, здатної до спонтанних ритмічних скорочень, внаслідок чого відбувається рух крові по замкнутій системі судин. Відомості з морфології серця свійської собаки, включаючи результати дослідження макро- та мікроскопічної будови досліджуваних органів, які представлені у публікації, мають велике значення для гістології та порівняльної анатомії, а також роблять вагомий внесок у клінічну ветеринарну медицину.

Ключові слова: макро- та мікроанатомія, морфометричні особливості, тварини, дослідження органів, препарування, серцевий цикл

Вступ

Серцево-судинна система – одна з найбільш важливих систем для живого організму (Tsang et al., 2016). До складу серцево-судинної системи входять серце, комплекс органів кровообігу та лімфатична система (Buckberg et al., 2018). Центральним органом серцево-судинної системи є серце, що нагнітає кров в артерії, які в міру віддалення їх від серця стають дрібнішими, переходячи в артеріоли та капіляри, що утворюють в органах своєрідні мережі (Onwuka et al., 2018; Mori, et al., 2019). Серце виконує надзвичайно важливі функції для життєдіяльності організму, основою яких є забезпечення газообміну – безперебійне постачання до клітин і тканин кисню, поживних речовин, що всмоктуються в кров або лімфу через стінки дихального та травного апаратів, та виділення з організму вуглекислого газу та інших кінцевих продуктів обміну (Kajstura et al., 2008; DiNicolantonio et al., 2018). Воно є домінуючою системою у забезпеченні дихальної, трофічної та екскреторної функцій, що забезпечує обмін речовин (Alvarado & Arce, 2016;

Liu & Summe, 2019). Функціональна, безперервна та послідовна робота серцевого м’яза відбувається завдяки систолі (скорочення серцевого м’яза) та діастолі (розслаблення серцевого м’яза), що разом формують серцевий цикл (Bessonova et al., 2016). У теплокровних тварин серцево-судинна система має велике значення у здійсненні терморегуляції (Tan & Knight, 2018). З кров’ю переносяться гормони, антитіла та інші фізіологічно активні речовини, внаслідок чого здійснюється діяльність імунної системи та гормональне регулювання процесів, що відбуваються в організмі за провідної ролі нервової системи (Sokulskyi et al., 2021).

Згідно даних (Bi & Zhang, 2021; Cupello et al., 2022; Taylor et al., 2022), у процесі філогенетичного розвитку ссавців, історично формується морфофункціональна закономірність безперервного поєднання та взаємозумовленості усіх анатомічних структур організму та їх функцій, особливо між серцево-судинною системою та іншими органами, наприклад, органами дихання, що здійснює обмін газів між навколишнім середовищем та кров’ю організму тварин. Саме такий

тісний взаємозв'язок, що сформувався у ссавців у процесі їх еволюційного розвитку, між будовою і функціями серцево-судинної системи (її замкнутої системи судин великого та малого кола кровообігу) та органами дихання (їх унікальної будови аерогематичного бар'єру альвеол легень), у тісному зв'язку з нервовою системою, забезпечує спільну життєвоважливу функцію газообміну (дихання) в організмі тварин із зовнішнім середовищем, про що свідчать роботи (Christoffels & Jensen, 2020; Voloshyn et al., 2020; Raiola et al., 2023).

Водночас, незважаючи на проведення профілактичних заходів щодо захворювань відповідної системи у тварин, за даними (Maksymovych & Slivinska, 2018; Katyukha et al., 2020; Manickavel, 2021), відзначається суттєве збільшення кількості таких хвороб за різної етіології. Таким чином, захворювання серцево-судинної системи тварин завдають значної економічної шкоди унаслідок зниження продуктивності, відтворювальних якостей та розвитку супутніх захворювань (Lebedinets et al., 2013).

При тім, відповідь організму ссавців на дію чинників навколишнього середовища, відбувається за нормальної роботи усіх його органів та систем, у тому числі серцево-судинної системи, апарату дихання та нервової системи, що трансформує їх в єдине ціле (Zhurenko et al., 2018). Оцінці функціонального стану серцево-судинної системи приділяється велика увага у клінічній практиці (Khan & Jehangir, 2014). Знання показників функції серцевої діяльності важливе як для постановки діагнозу та визначення ступеня тяжкості захворювання, так і для вибору лікувальних програм. З літературних джерел відомо, що важливим першочерговим напрямком у ветеринарній медицині для запобігання виникнення та поширення хвороб різного генезу, є профілактика захворювань заразної та незаразної патології, для успіху якої, разом з організаційно-профілактичними заходами, потрібно проводити поглиблені фундаментальні морфологічні дослідження організму тварин, його макро- та мікроскопічної будови, в тому числі серцево-судинної системи.

Мета дослідження

Тому, дослідження будови серцево-судинної системи, до складу якої входять серце, дасть можливість більш детально з'ясувати морфологічну будову серця на макро- та мікроскопічному рівнях, що може бути маркерними ознаками та критеріями для морфологічної діагностики хвороб тварин, пов'язаних з порушенням органів серцево-судинної системи організму, що є метою наших досліджень.

Матеріал і методи досліджень

Наукові дослідження виконувались на кафедрі нормальної і патологічної морфології, гігієни та експертизи факультету ветеринарної медицини Поліського національного університету упродовж 2019–2023 років. Наукова робота є фрагментом розробки кафедри: “Розвиток, морфологія та гістохімія органів тварин у нормі та при патології” (№ державної реєстра-

ції: 0113V000900); “Особливості морфології серця свійських ссавців” (державний реєстраційний № 0121U108884).

Для дослідження у роботі застосовували анатомічні, морфологічні, морфометричні і статистичні методи. Об'єктом дослідження слугували серце статевозрілих собак – *Canis familiaris*: (n = 5).

Виконання досліджень відбувались з дотриманням згідно сучасних методологічних підходів та з дотриманням відповідних вимог і стандартів, зокрема відповідають вимогам DSTU ISO/IEC 17025:2005 (2006), положень “Загальних етичних принципів експериментів на тваринах”, ухвалених I Національним конгресом з біоетики (м. Київ, 2001 р.). Експериментальні дослідження були проведені відповідно до положень Порядку проведення науковими установами дослідів, експериментів на тваринах (Mishalov et al., 2007; Law of Ukraine No. 249, 2012; Nichiporuk et al., 2022), згідно з вимогами міжнародних принципів “Європейської конвенції щодо захисту хребетних тварин, які використовують в експерименті та інших наукових цілях” (Страсбург, 1986 р.) (European Convention..., 1986), “Правилами проведення робіт з використанням експериментальних тварин”, затверджених наказом МОЗ № 281 від 1 листопада 2000 р. “Про заходи щодо подальшого удосконалення організаційних форм роботи з використанням експериментальних тварин”, Гельсінської декларацією про гуманне ставлення до хребетних тварин та відповідного Закону України “Про захист тварин від жорстокого поводження” (№ 3447-IV від 21.02.2006 р., м. Київ).

Анатомічному препаруванню піддавали серце статевозрілого собаки. Для морфологічного дослідження визначали його абсолютну та відносну масу.

Абсолютну масу (AM) серця визначали шляхом зважування на лабораторних вагах марки “RADWAG” PS 6000/C/2.

Відносну масу (BM) визначали за формулою:

$$BM = \frac{AM}{MT} \times 100 \quad (1)$$

де AM – абсолютна маса органа; MT – маса тварини.

Визначення лінійних параметрів досліджуваних органів (висота, ширина, товщина та окружність) проводили прямим вимірюванням. Індекс розвитку (IP) органу визначали шляхом визначення загальної висоти серця до ширини використовуючи наступну формулу:

$$IP = \frac{BO}{ШО} \times 100 \quad (2)$$

де BO – висота органу; ШО – ширина органу.

Для проведення мікроскопічних досліджень серця, шматочки матеріалу фіксували у 10–12 % охолодженому водному розчині формаліну впродовж 24 годин та більше. Після фіксації шматочки матеріалу заливали у парафін згідно схем, які запропоновані у посібнику Л. П. Горальського, В. Т. Хомича, О. І. Кононського (Horalskyi et al., 2019). Парафінові зрізи, товщина яких не перевищувала 10–12 мкм, виготовляли на санному мікротомі МС-2.

Для дослідження цито- та гістоархітекτονіки серця, гістозрізи (після депарафінації) забарвлювали гематок-

силіном (Diapath, Італія, 2020) та еозином (Leica Geosystems, Німеччина, 2020). Крім того, для мікроскопічного дослідження (візуалізації елементів) попередньо-посмугованої м'язової тканини міокарду, виявлення цитоструктури кардіоміоцитів, застосовували фарбування гістопрепаратів за методом Гейденгайна. Виготовлені гістопрепарати використовували для дослідження основних структур, що входять до складу серця та проводили цитометричні дослідження.

Виміри довжини та ширини (діаметру) кардіоміоцитів, об'єму їх ядер, здійснювали при світловій мікроскопії за допомогою мікроскопів "Micros" (Micros, Австрія, 2012) з системою візуалізації та МБС-10 (Micromed, Китай, 1998) з постійною довжиною тубуса, згідно з рекомендаціями викладеними у посібнику (Horalskyi et al., 2019).

Визначення об'єму клітин-кардіоміоцитів здійснювали за формулою:

$$V = \pi \times \left(\frac{B}{2}\right)^2 \times A \quad (3)$$

де V – об'єм клітини; π – 3,14; A – довжина клітини; B – ширина клітини.

Для визначення об'єму ядер кардіоміоцитів, використовували наступну формулу:

$$V = \frac{\pi}{6} \times A \times B^2 \quad (4)$$

де V – об'єм клітин; π – 3,14; A – довжина ядер кардіоміоцита; B – ширина ядер кардіоміоцита.

Ядерно-цитоплазматичне відношення (ЯЦВ) визначали за формулою:

$$ЯЦВ = \frac{Об'єм ядра}{Об'єм клітин - Об'єм ядра} \quad (5)$$

Фотографування гістологічних препаратів проводили за допомогою відеокамери-CAM V-200 (Інтер Мед, КНР, 2017).

Статистичні дані результатів кількісних досліджень проведені за використання програмного пакету Statistica 7.0 програмного забезпечення (StatSoft, Талса, США). Різницю між цифровими даними досліджуваних показників здійснювали за допомогою ANOVA, де різниця вважалася достовірною при $P < 0,05$ (з урахуванням похибки Бонферроні).

Результати та їх обговорення

З погляду механіки, згідно досліджень (Shemla et al., 2021; Weiser-Bitoun et al., 2021), серце можна розглядати як механізм, що складається з двох нагнітальних насосів, сформованих у замкнуту систему трубок, якими циркулює рідина (кров). У цьому випадку насоси служать для створення спрямованого потоку крові у відповідному напрямку. Саме серце, за даними (Storlund et al., 2021), являє собою м'язовий порожнистий орган і у топографічному та функціональному відношенні є центральним органом серцево-судинної системи, забезпечуючи циркуляцію крові.

Серце у собаки має конусоподібно-еліпсоподібну форму з розширеною основою та вираженою верхівкою, знаходиться у грудній порожнині між легеньми і займає простір від 3–7 ребра та зміщене дещо вліво.

Основа серця знаходиться на половині висоти грудної клітки на рівні середини першого ребра, а верхівка у ділянці 6–7-го ребер. Аорта виходить із лівого шлуночка серця, позаду легеневого стовбура. Прямує дорсально до хребта, вона робить дугу на рівні 11-го грудного хребця.

Зовні епікард серця собаки гладенький, вологий, блискучий, біло-сірого кольору, прозорий, без будь-яких нашарувань, відмічено наявність невеликої кількості жиру біло-сірого кольору. Міокард серця пружної консистенції, блідо-червоного кольору з поверхні та на розрізі, малюнок волокон виражений добре.

Необхідно зазначити, що у ссавців серце має різні форми. У хижаків домінує кулеподібна або конусовидно-еліпсоподібна форми. Згідно літературних джерел, у собаки, залежно від їх породних властивостей, зустрічається еліпсоподібна (43 %), конусо-еліпсоподібна (24 %), еліпсо-куляста (26 %) та куляста (7 %) форми (Gómez-Torres et al., 2021; Best et al., 2022).

Серце ссавців, зокрема і собаки, поділено перегородками на чотири камери: ліве та праве передсердя, лівий та правий шлуночки (рис. 1). Згідно результатів досліджень, правий шлуночок має більш товсту стінку, ніж у передсерді, але менш тонку, ніж у лівого шлуночка. Різниця товщини стінки між правим та лівим шлуночками складає приблизно 2,4 рази.

Серце собак має розширену основу, що направлена дорсокраніально, та звужену верхівку, яка направлена вентрокаудально (рис. 1).

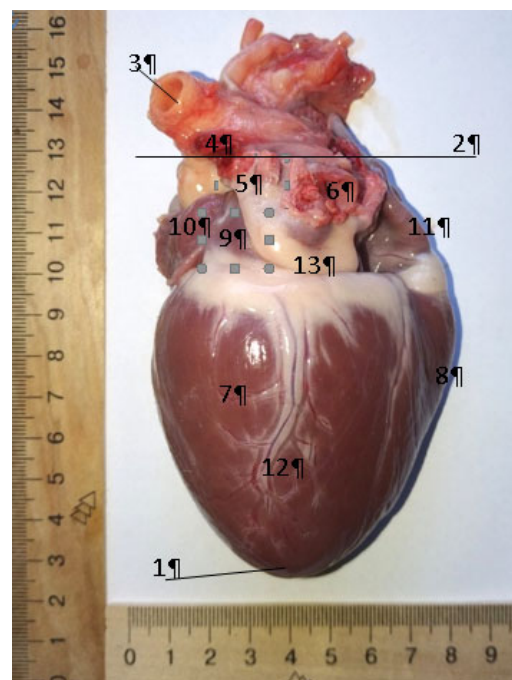


Рис. 1. Макропрепарат будови серця статевої собаки – права сторона: 1 – верхівка серця; 2 – основа серця; 3 – аорта; 4 – стовбур легневих артерій; 5 – краніальна порожниста вена; 6 – каудальна порожниста вена; 7 – правий шлуночок; 8 – лівий шлуночок; 9 – праве передсердя; 10 – праве серцеве вушко; 11 – ліве передсердя; 12 – підпазушна міжшлуночкова борозна; 13 – субепікардіальний жир.

Порожнина серця (внутрішньою перегородкою) розділена на ліву і праву половини. Останні розмежовані на передсердя та шлуночки. Кожне праве та ліве передсердя з відповідними їм шлуночками з'єднуються між собою передсердно-шлуночковим отвором. Передсердя містяться на основі серця, ззовні вони розмежовані від шлуночків серця поперечною вінцевою борозною. Передсердя у основі серця утворюють праве і ліве серцеві вушка (мішкоподібні випинання), які мають краніальний напрямок та розташовані праворуч і ліворуч, відносно стовбура легених артерій і аорти. Правий та лівий шлуночки серця займають основну частину органа. Ззовні вони між собою відділені міжшлуночковими борознами – біляконусною, що розташована більш краніально, та підпазушною, що розташована більш каудально. Такі борозни з'єднуються між собою на краніальній частині серця, не досягаючи його верхівки і відділяють відповідно лівий шлуночок від правого.

Оприлюднені дослідження, які свідчать, що абсолютна маса серця залежить від породи і віку собак, і по відношенню до маси тіла складає від 0,76 до 1,2 % (Brambilla et al., 2020). За результатами проведених досліджень, абсолютна маса серця становить $167,58 \pm 9,46$ г, відносна маса – $0,72 \pm 0,005$ %. Середня маса органа (без епікардіального жиру), у собаки становить $154,22 \pm 8,04$ г. При цьому висота серця дорівнює $11,09 \pm 0,04$ см, ширина серця $7,6 \pm 0,02$ см відповідно, окружність – $17,7 \pm 0,08$ см. Зі співставленням морфометричних даних літературних джерел (Queiroz et al., 2018) та аналізу проведених нами лінійних морфологічних промірів, серце досліджених нами статевозрілих собак частіше має округлу (еліпсоподібну) форму (рис. 1).

Згідно результатів органометричних досліджень маса лівого шлуночка серця собаки дорівнює $76,24 \pm 1,02$ г, маса правого шлуночка – $43,59 \pm 0,62$ г. Середній показник маси правого та лівого шлуночків становить $120,26 \pm 1,98$ г, а маса передсердь – $33,77 \pm 0,48$ г. При цьому, коефіцієнт відношення між масою шлуночків серця до його чистої маси дорівнює 1:0,78, відповідно коефіцієнт відношення між масою передсердь до чистої маси серця – 1:0,22, а коефіцієнт між відношенням маси передсердь до маси шлуночків дорівнює 1:0,28. Товщина стінки шлуночків серця, залежно від їх морфофункціональної активності різна: товщина стінки лівого шлуночка ($15,92 \pm 0,34$ мм) є у 1,52 рази ($P \leq 0,01$) більшою ($10,47 \pm 0,11$ мм), ніж правого. Товщина стінки передсердь становить $4,01 \pm 0,02$ мм.

Стінка серця собаки, так як і у інших свійських ссавців, утворена трьома оболонками: внутрішньою – ендокард, середньою – міокард та зовнішньою – епікард, з яких найбільш розвинутою є м'язова оболонка. Міокард передсердь побудований з двох шарів – зовнішнього, який є загальним для обох передсердь та глибокого. Середня оболонка шлуночків (міокард) утворена п'ятьма шарами: зовнішнім та внутрішнім, у яких м'язові волокна розташовані у косопоздовжньому напрямку, потім більш глибокими шарами – зовнішнім та внутрішнім і найбільш глибоким шаром, м'язові волокна якого мають напрямок подібний літе-

рі “вісім”. Завдяки такій будові шлуночків міокарду та їх функціональній діяльності, їх стінки значно товстіші за стінки передсердь.

Гістоархітектоніка міокарду побудована поперечнопозмугованими м'язовими волокнами, які сформовані одноядерними клітинами – кардіоміоцитами, які за фарбування гістологічних зрізів за методом Гейденгайна мають вигляд темних поперечних, прямокутної форми смужок (рис. 2, 3). У кардіоміоцитах чітко диференціюється їх сарколема, міофібрили та ядра, що містяться у центральній частині кардіоміоцитів (рис. 2, 3).

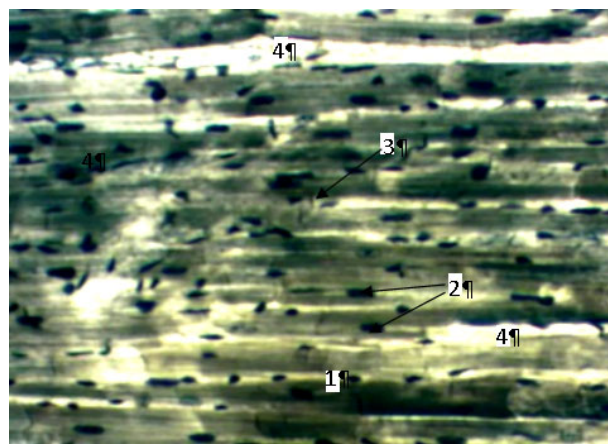


Рис. 2. Фрагмент гістологічного зрізу міокарда лівого шлуночка серця статевозрілої собаки: 1 – кардіоміоцити; 2 – ядра кардіоміоцитів; 3 – вставні диски; 4 – міжм'язова сполучна тканина. Фарбування за методом Гейденгайна. X 280

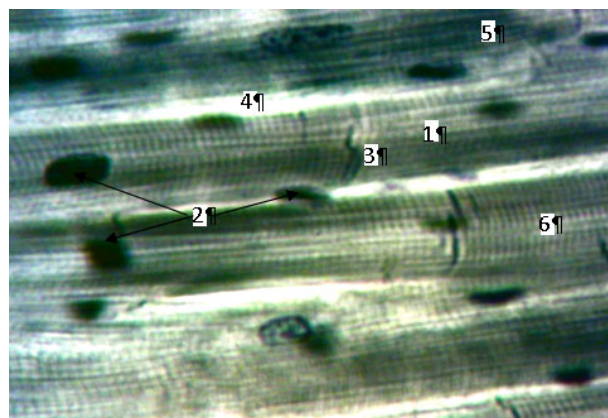


Рис. 3. Фрагмент гістологічного зрізу міокарда лівого шлуночка серця статевозрілої собаки: 1 – кардіоміоцити; 2 – ядра кардіоміоцитів; 3 – вставні диски; 4 – міжм'язова сполучна тканина; 5 – поздовжня позмугованість; 6 – поперечна позмугованість. Фарбування за методом Гейденгайна. X 600

Оцінка змін кількісних морфометричних параметрів кожного органу за будь-якої його патології має починатися від якоїсь певної точки відліку. Таким відправним пунктом є поняття “норми” (Bilash et al., 2019). Однак існують різні кількісні варіанти параметрів незміненого серця, що залежать від генетичних, конституційних факторів, фізичної активності тощо (Hnatjuk et al., 2017). Тому поняття “нормальне серце”

достатньо умовне. На думку [M. Hnatjuk et al., \(2017\)](#), морфологам потрібно користуватися своїми кількісними параметрами серця, враховуючи вікові зміни. Тому, важливе значення у морфології, для визначення будови, форми, розмірів органів та систем, співвідношення їх специфічних структурних особливостей, має математичний аналіз структур морфологічних об'єктів, який здобув визнання як метод, що вирізняється об'єктивністю та достовірністю ([Hryhorieva & Cherniavskiy, 2018](#); [Bhadoria et al., 2022](#)).

За результатами проведених морфометричних досліджень, кардіоміоцити лівого (ЛШ) та правого шлуночків (ПШ), кардіоміоцити передсердь, залежно від їх морфотопографії, а значить і від їх функціонального навантаження, мають неоднозначні цитометричні параметри. Морфометричний аналіз свідчить, що кількісні показники кардіоміоцитів лівого шлуночка серця собаки, значно більші, ніж такі у правого. Так, довжина та ширина кардіоміоцитів лівого шлуночка майже у 1,1 рази більші ніж правого і дорівнює – $46,06 \pm 1,12$ мкм (довжина) та $9,02 \pm 0,39$ мкм (ширина) відповідно ([табл. 1](#)).

Таблиця 1

Гістометрія кардіоміоцитів серця статевозрілої собаки ($M \pm m$, $n = 5$)

Показники	Довжина кардіоміоцитів (мкм)	Ширина кардіоміоцитів (мкм)	Об'єм кардіоміоцитів (мкм ³)	Об'єм ядер кардіоміоцитів (мкм ³)	Ядерно-цитоплазматичне відношення
Лівий шлуночок	$46,06 \pm 1,12$	$9,02 \pm 0,39$	$2941,76 \pm 127,44$	$64,58 \pm 5,09$	$0,0224 \pm 0,0076$
Правий шлуночок	$41,47 \pm 1,24$	$8,29 \pm 0,42$	$2237,24 \pm 103,02^*$	$59,97 \pm 5,83$	$0,0275 \pm 0,0081^*$
Передсердя	$39,06 \pm 1,35^*$	$7,19 \pm 0,49^*$	$1496,92 \pm 98,02^{**}$	$53,06 \pm 6,02^*$	$0,0367 \pm 0,0105^{**}$

Примітка: * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$; *** – $P \leq 0,001$ по відношенню до лівого

Тому зростання морфометричних параметрів кардіоміоцитів міокарду лівого шлуночка, відповідно до правого, ми пов'язуємо з морфофункціональним навантаженням м'язової тканини міокарду, а саме наслідком спонтанних ритмічних скорочень кардіоміоцитів серця, сприяючи руху крові по замкнутому колі судин: кардіоміоцити ЛШ виконують відповідно більше навантаження, сприяючи руху крові по судинам великого кола кровообігу; кардіоміоцити правого шлуночка – менше навантаження, сприяючи руху крові по судинам малого кола кровообігу.

Значно менші цитометричні показники (довжина та ширина кардіоміоцитів, їх об'єм, об'єм ядер) властивими були для кардіоміоцитів передсердь, а від так, такі кардіоміоцити мали найбільше для них ядерно-цитоплазматичне відношення ($0,0367 \pm 0,0105$) ([табл. 1](#)). Таке зростання ядерно-цитоплазматичного індексу кардіоміоцитів передсердь, відносно шлуночків серця, свідчило про менше їх морфофункціональне навантаження, так як найбільш морфофункціонально зрілими та активними соматичними клітинами є ті, для яких характерний низький індекс ядерно-цитоплазматичного відношення і, навпаки, клітини з високим ядерно-цитоплазматичним відношенням є менш функціонально активними ([Horalskyi et al., 2022](#); [Trachsel et al., 2022](#); [Kiessling et al., 2023](#)). Такі неоднозначні морфометричні показники кардіоміоцитів лівого та правого шлуночків і передсердь серця,

Подібні зміни встановлено за морфометричного дослідження об'ємів кардіоміоцитів: найбільший об'єм кардіоміоцитів спостерігається у лівому шлуночку ($2941,76 \pm 127,44$ мкм³), у правому шлуночку такий показник достовірно ($P \leq 0,05$) менший у 1,31 рази і дорівнює $2237,24 \pm 103,02$ мкм³. Подібні результати морфометричних параметрів виявляли і при визначенні об'єму ядер кардіоміоцитів: середній об'єм ядра кардіоміоцитів лівого шлуночка становить $64,58 \pm 5,09$ мкм³, правого шлуночка – $59,97 \pm 5,83$ мкм³ ([табл. 1](#)).

Згідно таких неоднозначних кількісних цитометричних характеристик кардіоміоцитів для шлуночків серця собак, формувалося для них різне ядерно-цитоплазматичне відношення: найменшим такий показник був характерний для кардіоміоцитів лівого шлуночка ($0,0224 \pm 0,0076$) і значно більший для кардіоміоцитів правого шлуночка ($0,0275 \pm 0,0081$), що свідчило про їх морфофункціональну активність. Це не випадковість, а об'єктивна реальність, так як лівий шлуночок функціонує переважно як насос, а правий шлуночок серця, як об'ємний ([Orozco et al., 2019](#)).

ми пов'язуємо з морфофункціональними особливостями роботи серця: передсердя відповідно отримують кров, яка повертається до серця від тіла тварин, виконуючи при тім менше навантаження, а шлуночки перекачують кров від серця до тіла тварин, виконуючи при цьому значно більше навантаження.

Проведені дослідження у цьому напрямку засвідчили, що морфологічна будова серця у досліджувальних нами клінічно здорових собак, має подібну для них морфоархітектоніку, властиву іншим видам тварин класу Ссавці, проте різниться морфометричними показниками.

Так, залежно від морфофункціонального навантаження, найбільші морфометричні параметри (об'єм кардіоміоцитів, об'єм їх ядер) характерні для кардіоміоцитів лівого та правого шлуночків, у яких ЯЦВ найменше (відповідно $0,0224 \pm 0,0076$ та $0,0275 \pm 0,0081$), порівняно з ЯЦВ кардіоміоцитів передсердь ($0,0367 \pm 0,0105$), що вказує про їх морфофункціональну активність (найбільш активними та зрілими клітинами є ті, для яких характерний низький індекс ЯЦВ і, навпаки, клітини з високим ЯЦВ – менш активні). Такі дослідження мають достеменне значення для порівняльної морфології та є основою для клінічної ветеринарної медицини, як критерії морфологічної діагностики захворювань серцево судинної системи.

Висновки

Серце у більшості статевозрілих собак має округлу (еліпсоподібну) форму. Абсолютна маса серця становить $167,58 \pm 9,46$ г (без епікардіального жиру – $154,22 \pm 8,04$ г). Відносна маса – $0,72 \pm 0,005$ %. Висота серця дорівнює $11,09 \pm 0,04$ см, ширина – $7,6 \pm 0,02$ см, окружність – $17,7 \pm 0,08$ см. Коефіцієнт відношення загальної маси передсердь до маси шлуночків становить 1:0,28, відношення маси шлуночків до чистої маси серця – 1:0,78, відповідно маси передсердь – 1:0,22.

Мікроскопічна будова шлуночків та передсердь серця собаки мають подібну гістоархітектоніку, але різняться цитометричними параметрами, залежно від їх морфофункціонального навантаження: найбільший об'єм мають кардіоміоцити лівого шлуночка – $2941,76 \pm 127,44$ мкм³, менший – правого $2237,24 \pm 103,02$ мкм³ і найменший – кардіоміоцити передсердь $1496,92 \pm 98,02$ мкм³. Об'єм ядер кардіоміоцитів лівого ($64,58 \pm 5,09$ мкм³) та правого ($59,97 \pm 5,83$ мкм³) шлуночків серця є майже однаковими, у кардіоміоцитах передсердь такий показник значно менший ($53,06 \pm 6,02$ мкм³).

Ядерно-цитоплазматичне відношення кардіоміоцитів лівого шлуночка становить $0,0224 \pm 0,0076$, дещо більше значення мають кардіоміоцити правого шлуночка – $0,0275 \pm 0,0081$ і найбільше – кардіоміоцити передсердь ($0,0367 \pm 0,0105$).

Перспективи подальших досліджень полягають у видовому морфологічному дослідженні серця свійських тварин класу Mammalia – Ссавці.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

References

Alvarado, A., & Arce, I. (2016). Metabolic Functions of the Lung, Disorders and Associated Pathologies. *Journal of clinical medicine research*, 8(10), 689–700. DOI: 10.14740/jocmr2668w.

Bessonova, I. M., Bogmat, L. F., Vvedenskaya, T. S., Golovko, T. O., & Nikonova, V. V. (2016). Morphofunctional characteristics of the heart at different types of the left ventricular diastolic dysfunction in adolescents with myocardium pathology. *Ukrainian medical journal*, 3(113), 107–110. URL: <https://umj.com.ua/uk/publikatsia-147140-morphofunctional-characteristics-of-the-heart-at-different-types-of-the-left-ventricular-diastolic-dysfunction-in-adolescents-with-myocardium-pathology> (in Ukrainian).

Best, A., Egerbacher, M., Swaine, S., Pérez, W., Alibhai, A., Rutland, P., Kubale, V., El-Gendy, S. A. A., Alsafy, M. A. M., Baiker, K., Sturrock, C. J., & Rutland, C. S. (2022). Anatomy, histology, development and functions of Ossa cordis: A review. *Anatomia, histologia, embryologia*, 51(6), 683–695. DOI: 10.1111/ahe.12861.

Bhadoria, P., Bisht, K., Singh, B., & Tiwari, V. (2022). Cadaveric Study on the Morphology and Morphometry of Heart Papillary Muscles. *Cureus*, 14(2), e22722. DOI: 10.7759/cureus.22722.

Bi, X. P., & Zhang, G. J. (2021). Ancestral developmental potentials in early bony fish contributed to vertebrate water-to-land transition. *Zoological research*, 42(2), 135–137. DOI: 10.24272/j.issn.2095-8137.2021.066.

Bilash, S. M., Pronina, O. M., & Koptev, M. M. (2019). Znachennia kompleksnykh morfolohichnykh doslidzhen dlia suchasnoi medychnoi nauky. *Ohliad literatury Bulletin of Problems Biology and Medicine*, 151, 20–22 (in Ukrainian).

Brambilla, P. G., Polli, M., Pradelli, D., Papa, M., Rizzi, R., Bagardi, M., & Bussadori, C. (2020). Epidemiological study of congenital heart diseases in dogs: Prevalence, popularity, and volatility throughout twenty years of clinical practice. *PloS one*, 15(7), e0230160. DOI: 10.1371/journal.pone.0230160.

Buckberg, G. D., Nanda, N. C., Nguyen, C., & Kocica, M. J. (2018). What Is the Heart? Anatomy, Function, Pathophysiology, and Misconceptions. *Journal of cardiovascular development and disease*, 5(2), 33. DOI: 10.3390/jcdd5020033.

Christoffels, V., & Jensen, B. (2020). Cardiac Morphogenesis: Specification of the Four-Chambered Heart. *Cold Spring Harbor perspectives in biology*, 12(10), a037143. DOI: 10.1101/cshperspect.a037143.

Cupello, C., Hirasawa, T., Tatsumi, N., Yabumoto, Y., Gueriau, P., Isogai, S., Matsumoto, R., Saruwatari, T., King, A., Hoshino, M., Uesugi, K., Okabe, M., & Brito, P. M. (2022). Lung evolution in vertebrates and the water-to-land transition. *eLife*, 11, e77156. DOI: 10.7554/eLife.77156.

DiNicolantonio, J. J., Liu, J., & O'Keefe, J. H. (2018). Thiamine and Cardiovascular Disease: A Literature Review. *Progress in cardiovascular diseases*, 61(1), 27–32. DOI: 10.1016/j.pcad.2018.01.009.

DSTU ISO/IEC 17025:2005 (2006). Zahalni vymohy do kompetentnosti vyprobuvalnykh ta kalibruvalnykh laboratorii. URL: http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id_doc=50873 (in Ukrainian).

European Convention for the protection of vertebrate animals used for research and other scientific purposes (1986, March). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_137#Text (in Ukrainian).

Gómez-Torres, F. A., Estupiñán, H. Y., & Ruíz-Saurí, A. (2021). Morphometric analysis of cardiac conduction fibers in horses and dogs, a comparative histological and immunohistochemical study with findings in human hearts. *Research in veterinary science*, 135, 200–216. DOI: 10.1016/j.rvsc.2021.02.013.

Hnatjuk, M. S., Slabyi O. B. & Tatarchuk, L. V. (2017). Features of the secretory activity of myoendocrine cells of the atria of the pulmonary heart with different types of blood supply. *Herald of scientific research*, 2, 154–158 (in Ukrainian).

Horalskyi, L. P., Khomych, V. T., & Kononskyi, O. I. (2019). Fundamentals of histological technique and morphofunctional research methods in normal and pathology. *Zhytomyr: Polissia* (in Ukrainian).

Horalskyi, L. P., Ragulya, M. R., Glukhova, N. M., Sokulskiy, I. M., Kolesnik, N. L., Dunaievskaya, O. F., Guttyj, B. V., & Goralska, I. Y. (2022). Morphology and specifics of morphometry of lungs and myocardium of heart ventricles of cattle, sheep and horses.

- Regulatory Mechanisms in Biosystems, 13(1), 53–59. DOI: 10.15421/022207.
- Hryhorieva, O. A., & Cherniavskiy, A. V. (2018). Morphometric features of walls and interventricular septum thickness of rat's heart in normal conditions and after antenatal antigen impact. *Bulletin of Scientific Research*, 2(91), 129–132. DOI: 10.11603/2415-8798.2018.2.8981.
- Kajstura, J., Hosoda, T., Bearzi, C., Rota, M., Maestroni, S., Urbanek, K., Leri, A., & Anversa, P. (2008). The human heart: a self-renewing organ. *Clinical and translational science*, 1(1), 80–86. DOI: 10.1111/j.1752-8062.2008.00030.x.
- Katyukha, S. M., Magrelo, N. V., Sus, G. V., & Vus, U. M. (2020). Analysis of distribution of diseases in dogs and cats by age. *Veterinary biotechnology*, 36, 86–92. DOI: 10.31073/vet_biotech36-08.
- Khan, S., & Jehangir, W. (2014). Evolution of Artificial Hearts: An Overview and History. *Cardiology research*, 5(5), 121–125. DOI: 10.14740/cr354w.
- Kiessling, M., Djalilac, N., Voglhuber, J., & Ljubojevic-Holzer, S. (2023). Nuclear Calcium in Cardiac (Patho)Physiology: Small Compartment, Big Impact. *Biomedicines*, 11(3), 960. DOI: 10.3390/biomedicines11030960.
- Law of Ukraine No. 249 “On The procedure for carrying out experiments and experiments on animals by scientific institutions”. (2012, March). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0416-12#Text> (in Ukrainian).
- Lebedinets, A. N., Voloshin, N. A., & Reznichenko, Yu. G. (2013). Dynamics of body weight and heart weight in rats after antigen influence at antenatal period. *Tavrisheskiy mediko-biologicheskiiy vestnik*, 16(61), 127–131. URL: http://dspace.zsmu.edu.ua/bitstream/123456789/16792/1/Tmbv_2013_16_1%281%29_32.pdf (in Ukrainian).
- Liu, G., & Summer, R. (2019). Cellular Metabolism in Lung Health and Disease. *Annual review of physiology*, 81, 403–428. DOI: 10.1146/annurev-physiol-020518-114640.
- Maksymovych, I., & Slivinska, L. (2018). Treatment of horses with asthma syndrome complicated myocardiomyopathy. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 20(92), 83–93. DOI: 10.32718/nvlvet9217.
- Manickavel, S. (2021). Pathophysiology of respiratory failure and physiology of gas exchange during ECMO. *Indian journal of thoracic and cardiovascular surgery*, 37(2), 203–209. DOI: 10.1007/s12055-020-01042-8.
- Mishalov, V. D., Chaikovskiy, Yu. B., & Tverdokhlib, I. V. (2007). Pro pravovi, zakonodavchi ta etychni normy i vymohy pry vykonanni naukovykh morfolohichnykh doslidzhen. *Morfolohiia*, 1(2), 108–115 (in Ukrainian).
- Mori, S., Tretter, J. T., Spicer, D. E., Bolender, D. L., & Anderson, R. H. (2019). What is the real cardiac anatomy? *Clinical anatomy*, 32(3), 288–309. DOI: 10.1002/ca.23340
- Nichiporuk, S., Radzykhovskiy, M., & Guttyj, B. (2022). Overview: euthanasia and methods of antanasia of animals. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 24(105), 141–148. DOI: 10.32718/nvlvet10520.
- Onwuka, E., King, N., Heuer, E., & Breuer, C. (2018). The Heart and Great Vessels. *Cold Spring Harbor perspectives in medicine*, 8(3), a031922. DOI: 10.1101/cshperspect.a031922.
- Orozco, S. C., Olivera-Angel, M., & Vargas-Pinto, P. (2019). Insights on the canine mitral valve in the course of myxomatous mitral valve disease. *CES Medicina Veterinaria Y Zootecnia*, 14(1), 40–56. DOI: 10.21615/cesmvz.14.1.4.
- Queiroz, L. L., Moura, L. R., & Veridiana, M. B. (2018). Morphometric assessment of canine heart without macroscopically visible changes caused by cardiac disease. *Ciencia Animal Brasileira*, 19, e-43748. DOI: 10.1590/1809-6891v19e-43748.
- Raiola, M., Sendra, M., & Torres, M. (2023). Imaging Approaches and the Quantitative Analysis of Heart Development. *Journal of cardiovascular development and disease*, 10(4), 145. DOI: 10.3390/jcdd10040145.
- Shemla, O., Tsutsui, K., Behar, J. A., & Yaniv, Y. (2021). Beating Rate Variability of Isolated Mammal Sinoatrial Node Tissue: Insight Into Its Contribution to Heart Rate Variability. *Frontiers in neuroscience*, 14, 614141. DOI: 10.3389/fnins.2020.614141.
- Sokulskiy, I. M., Goralskiy, L. P., Kolesnik, N. L., Dunaievska, O. F., & Radzikhovskiy, N. L. (2021). Histostructure of the gray matter of the spinal cord in cattle (*Bos Taurus*). *Ukrainian Journal of Veterinary and Agricultural Sciences*, 4(3), 11–15. DOI: 10.32718/ujvas4-3.02.
- Storlund, R. L., Rosen, D. A. S., & Trites, A. W. (2021). Electrocardiographic Scaling Reveals Differences in Electrocardiogram Interval Durations Between Marine and Terrestrial Mammals. *Frontiers in physiology*, 12, 690029. DOI: 10.3389/fphys.2021.690029.
- Tan, C. L., & Knight, Z. A. (2018). Regulation of Body Temperature by the Nervous System. *Neuron*, 98(1), 31–48. DOI: 10.1016/j.neuron.2018.02.022
- Taylor, E. W., Wang, T., & Leite, C.A. (2022). An overview of the phylogeny of cardiorespiratory control in vertebrates with some reflections on the 'Polyvagal Theory'. *Biological psychology*, 172, 108382. DOI: 10.1016/j.biopsycho.2022.108382.
- Trachsel, D., Erb, T. O., Hammer, J., & Ungern-Sternberg, B. S. (2022). Developmental respiratory physiology. *Paediatric anaesthesia*, 32(2), 108–117. DOI: 10.1111/pan.14362.
- Tsang, H. G., Rashdan, N. A., Whitelaw, C. B., Corcoran, B. M., Summers, K. M., & MacRae, V. E. (2016). Large animal models of cardiovascular disease. *Cell biochemistry and function*, 34(3), 113–132. DOI: 10.1002/cbf.3173.
- Voloshyn, O. S., Humenyuk, H. B., Voloshyn, M. V., Smorshchok, Y. S., & Zinkovska, N. H. (2020). Features of functional condition of the body of young persons with different reserve of heart disability. *Achievements of Clinical and Experimental Medicine*, 2, 70–76. DOI: 10.11603/1811-2471.2020.v.i2.11009.
- Weiser-Bitoun, I., Davoodi, M., Rosenberg, A. A., Alexandrovich, A., & Yaniv, Y. (2021). Opening the Schrödinger Box: Short- and Long-Range Mammalian

- Heart Rate Variability. *Frontiers in physiology*, 12, 665709. DOI: 10.3389/fphys.2021.665709.
- Zhurenko, O. V., Karpovskiy, V. I., Danchuk, O. V., & Kravchenko-Dovga, Yu. V. (2018). The content of calcium and phosphorus in the blood of cows with a different tonus of the autonomic nervous system. *Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 20(92), 8–12. DOI: 10.32718/nvlvet9202.