

УДК 619:636.92:591.412  
DOI 10.37000/abbsl.2023.108.07

## ОСОБЛИВОСТІ МОРФОАРХІТЕКТОНІКИ ТА МОРФОМЕТРІЇ СЕРЦЯ КРОЛЯ (*ORYCTOLAGUS CUNICULUS* L. 1758)

<sup>1</sup>М.Рагуля, <sup>2</sup>Л. Горальський, <sup>1</sup>І. Сокульський, <sup>1</sup>Н. Колеснік

<sup>1</sup>Поліський національний університет

<sup>2</sup>Житомирський державний університет імені Івана Франка

Кролівництво є перспективною галуззю тваринництва, що забезпечує людство дієтичною харчовою продукцією (дієтичне м'ясо) та сировиною тваринного походження (хутро, пух, шкіра). Для повноцінного розведення та вирощування кролів, необхідно постійно володіти параметрами морфофункціонального стану організму тварин за для проведення профілактичних заходів, спрямованих на недопущення та запобігання виникнення заразних та незаразних захворювань. Тому, відомості про морфологічні та фізіологічні показники організму при різних типах вирощування тварин мають як теоретичне, так і практичне значення. Живим організмам притаманні різноманітні процеси життєдіяльності: живлення, кровообіг, дихання, підтримання гомеостазу, розмноження, реакції на зовнішні та внутрішні подразники тощо. Фізіологічна регуляція життєво важливих процесів здійснюється унаслідок скоординованої роботи органів та систем, які тісно взаємодіють між собою, координуючи таким чином морфофункціональну діяльність усього організму. Відомо, що мінливість серця хребетних тварин є загальнобіологічним інтересом та постійно привертає увагу вчених щодо досліджень у норми та при патології.

У статті наведені результати макро- та мікроскопічної будови серця статевозрілих кролів – *Oryctolagus Cuniculus* L. 1758.

Метою нашого дослідження за умов відносної норми, було встановити морфологічні показники серця кроля каліфорнійської породи за допомогою застосування анатомічних, гістологічних, морфометричних та статистичних методів. Розтин трупів та морфологічне дослідження тварин (n=5) проводилось у лабораторії патоморфології факультету ветеринарної медицини Поліського національного університету з дотриманням вимог міжнародних принципів «Європейської конвенції щодо захисту хребетних тварин, які використовують в експерименті та інших наукових цілях».

За допомогою морфометричних досліджень лінійних параметрів серця, індекс розвитку відповідного органу становить  $145,8 \pm 4,16\%$ , тому серце у таких тварин розширено-вкороченого типу. За гістологічного дослідження, міокард серця утворений м'язовими клітинами (кардіоміоцитами), що формують єдиний масив м'язових волокон, з'єднаних в сітку, а також вставних дисків, що є межами між клітинами. Кардіоміоцити мають різну товщину та довжину. У кролів вони щільно прилягають один до одного.

За результатами морфометрії, кардіоміоцити, залежно від їх морфотопографії: лівий, правий шлуночки та передсердя мають неоднозначні цитометричними характеристики. При цьому, кількісні значення кардіоміоцитів лівого шлуночка міокарду серця, значно більші, ніж правого. Так, середня довжини кардіоміоцитів лівого шлуночка достовірно ( $p \leq 0,05$ ) у 1,29 рази є більшою ніж правого і становить –  $56,14 \pm 1,81$  мкм, відповідно ширина кардіоміоцитів, ( $p \leq 0,05$ ) у 1,14 рази і дорівнює  $8,02 \pm 0,112$  мкм. Отримані макро- та мікроскопічної результати будови серця статевозрілого кроля доповнюють відомості з морфології серця ссавців у відповідних розділах гістології та видової анатомії і є необхідними для клінічної ветеринарної медицини з розділу кардіології.

**Ключові слова:** анатомія і гістологія серце, гістологічні препарати, морфометрія, міокард, кардіоміоцити, мікроскопія.

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ, АНАЛІЗ АКТУАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

До біологічних та економічних характеристик порід кроликів належать насамперед найвищий рівень скоростиглості серед домашніх тварин, висока плодючість та відсутність сезонності статевого циклу [1, 2]. Кролики відносяться до класу ссавців до роду кроликів, сімейства зайців [3, 4]. Організм кролика має низку фізіологічних особливостей [5, 6].

Однією із найважливіших систем організму є серцево-судинна система: серце, кровonosні та лімфатичні судини, які системно пов'язані між собою [7]. Серцево-судинна система у людини і тварин, здійснює багато життєво важливих функцій: регулює кровопостачання органів, забезпечує відтік лімфи органів і транспорт її у венозну систему, регулює тиск крові, сприяє реалізації функцій органів імунного захисту, ендокринної та нервової систем, бере участь у регуляції гомеостазу, вона є однією із інтегруючих систем всіх живих організмів тощо [8, 9, 10]. Тому дослідження особливостей будови серця тварин у порівняльному аспекті, його макроскопічних характеристик, внутрішніх структур на тканинному та клітинному рівнях, є актуальною проблемою та суттєвою ланкою для розвитку вітчизняної кардіоморфології. Це пояснюється тим, що напрямок ветеринарна кардіологія досліджуючи хвороби серця та судин, а також серцево-судинна хірургія є одними з пріоритетних напрямків, який активно розвиваються у ветеринарній медицині [11, 12].

То того ж, кролів, як піддослідні тварини, можна використовувати як експериментальна модель у галузі біологічних та медичних досліджень [13].

При тім, важливим напрямком у гуманній та ветеринарній медицині, для достовірної діагностики захворювань незаразної та заразної патології різного, є морфометрія органів та систем на органному, тканинному та клітинному рівнях у клінічно-здорових тварин, результати яких можуть бути діагностичними тестами, як показники норми для діагностики захворювань різноманітного генезу.

## **МЕТА ДОСЛІДЖЕНЬ**

З'ясувати кількісні морфометричні характеристики структурних елементів серця статевозрілих кролів – *Oryctolagus Cuniculus* L. 1758 з використанням методу макро- та мікроскопії.

## **МАТЕРІАЛ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Об'єктом нашого дослідження було серце статевозрілих кролів – *Oryctolagus Cuniculus* L. 1758. Виконана морфологічна робота є фрагментом до науко-дослідної тематики кафедри нормальної та патологічної морфології, гігієни та експертизи, Поліського національного університету: «Розвиток, морфологія та гістохімія органів тварин у нормі та при патології» за номером державної реєстрації – № 0113V000900. Уся експериментальна частина даного дослідження була проведена згідно з вимогами міжнародних принципів «Європейської конвенції щодо захисту хребетних тварин, які використовують в експерименті та інших наукових цілях» (Страсбург, 1986 р.) [14]. «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» та відповідного Закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження» (№ 3447-IV від 21.02.2006 р., м. Київ) [15, 16].

Патолого-анатомічний розтин та гістологічне дослідження серця проводилися в умовах прозекторії кафедри нормальної та патологічної морфології, гігієни та експертизи. Анатомічному препаруванню піддавали свіже серце досліджуваних тварин. З грудної клітки тварин серце відпрепарували разом із перикардом. На автопсії ознаки патології серця були відсутні. Після розтину визначали форму серця, розміри та коефіцієнт.

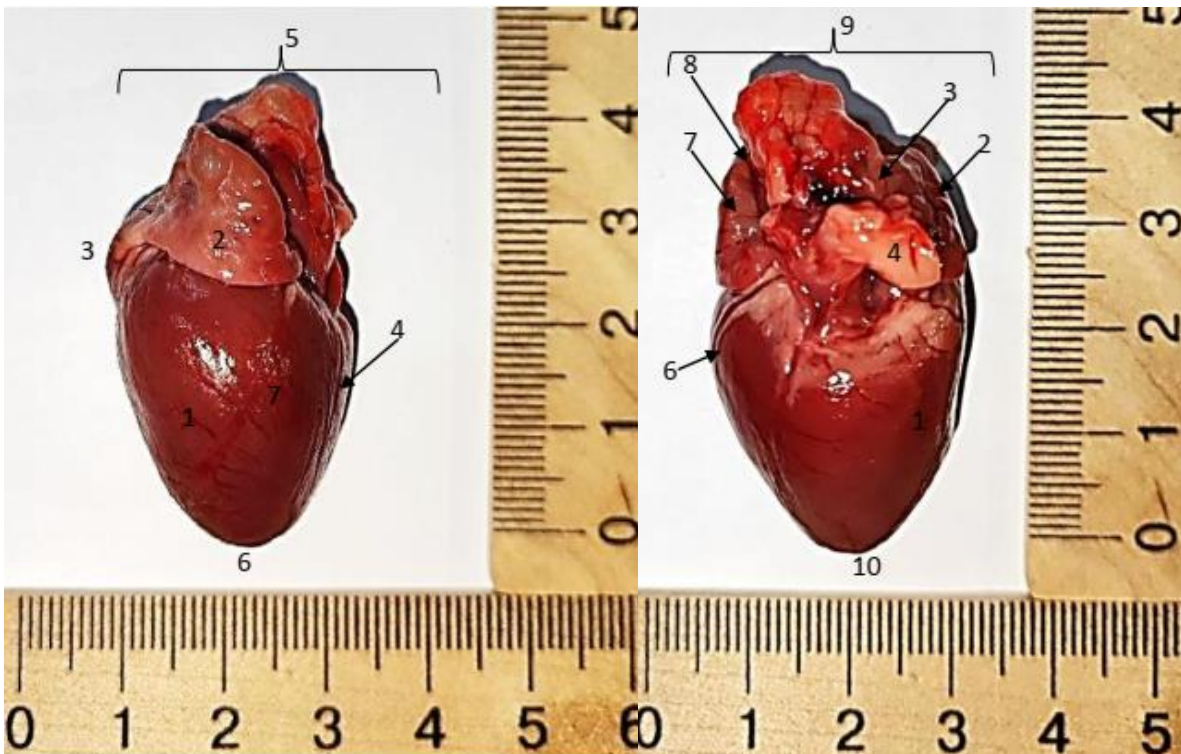
Для проведення гістологічних досліджень застосовували загальноприйняті методи фіксації та виготовлення гістозрізів. При цьому фрагменти часток серця (міокарда) фіксували у 10-12 %-ому охолодженому розчині нейтрального формаліну впродовж 42-50 год, з подальшим промиванням фіксованого матеріалу проточною водою та зневодненням у спиртах зростаючої концентрації та заливкою його у парафін за схемами, запропонованими у посібнику (Горальський та ін., 2019), [17]. Парафінові зрізи виготовляли на санному мікротомі МС-2, їх товщина не перевищувала 10–12 мкм. Для дослідження гістологічних структурних компонентів серця, гістозрізи після їх депарафінації фарбували гематоксиліном та еозином. Зафарбовані гістозрізи використовували для отримання оглядових препаратів та проведення морфометричних досліджень.

Статистичну обробку результатів здійснено з використанням програмного пакету Statistica 7.0 програмного забезпечення (StatSoft, Талса, США). Вірогідність отриманих результатів визначали за Ст'юдентом із урахуванням критеріїв значимості. Різницю між двома величинами вважали достовірними при  $p \leq 0,05$ ; 0,01; 0,001.

## РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

У кроля серце знаходиться у грудній порожнині у середостінному просторі (простір обмежений плевральними листками середньої ділянки середостіння) зміщуючись у ліву сторону, воно витягнуте з косо внутрішньої частини груднини. Порівняно з іншими видами свійських тварин класу «савці», серце кроля розвинуте слабко, воно більш овалне, витягнуто-звуженої форми, дещо сплюснене, з тупою верхівкою (рис. 1, 2).

У кроля серце, так як у всіх свійських ссавців складається з чотирьох камер – двох передсердь та двох шлуночків. Його краніальна поверхня, так само як і каудальна – суцільна. На краніальній та каудальній поверхнях серця міститься слабко виражена борозна, яка відокремлює між собою передсердя та шлуночків. Права стінка серця у кроля, на краніальній поверхні тонка та сплюснута, відповідно ліва стінка – товстіша та більш кругліша. Верхівка серця кроля плавно округлена. Серцеві вушка чітко виражені, проте за своїми розмірами маленькі.



**Рис. 1.** Макроскопічна форма серця кроля: 1 – лівий шлуночок; 2 – ліве серцеве вушко; 3 – ліве передсердя; 4 – біяконусна міжшлуночкова борозна; 5 – основа серця; 6 – верхівка серця; 7 – ліва коронарна артерія. Макропрепарат.

**Рис. 2.** Макроскопічна форма серця кроля: 1 – правий шлуночок; 2 – праве серцеве вушко; 3 – праве передсердя; 4 – аорта; 5 – підпазушна міжшлуночкова борозна; 6 – лівий шлуночок; 7 – ліве серцеве вушко; 8 – ліве передсердя; 9 – основа серця; 10 – верхівка серця. Макропрепарат.

Морфологічними критеріями розвитку організму людини і тварин, які свідчать про його функціональну зрілість, є абсолютна та відносна маса органів їх лінійні параметри тощо [18]. Результати органометрії, не тільки свідчать про розвиток та функціональну зрілість органу, вони мають і пізнавальне значення та є основою для визначення форми, встановлення індексу розвитку та порівняльно-анатомічних типів тих чи інших органів [19].

Абсолютна маса серця статевозрілого кроля, за нашими дослідженнями, дорівнює  $10,3 \pm 0,86$  г, відносна маса –  $0,31 \pm 0,008\%$ . Маса серця без епікардіального жиру (чиста маса) становить  $9,7 \pm 0,82$  г. Висота серця дорівнює  $3,5 \pm 0,04$  см, ширина та окружність, відповідно –  $2,4 \pm 0,03$  см та  $6,6 \pm 0,06$  см (табл. 1).

У свійських свавців (залежно від виду, породи, віку) серце класифікується на такі форми: у великої рогатої худоби – звужено-подовжена (залежно від породних властивостей, зустрічається подовжено-звужена, конусоподібна, розширено-вкорочена; у кролів – звужено-вкорочена; у коней – розширено-вкорочена; у собаки – кругло-овальна (залежно від породних властивостей форма серця у собак може бути еліпсоподібна (43%), конусо-еліпсоподібна (24%), еліпсоподібно-куляста (26%) і куляста (7%); у свиней виявляють три основні типи серця – видовжено-звужений, конусоподібний; вкорочений, відносно звужений; розширено-вкорочений, трикутний [20, 21, 22].

Нашими морфометричними дослідженнями лінійних параметрів серця кроля Каліфорнійської породи, індексу розвитку серця становить  $145,8 \pm 4,16\%$ , тому серце у них розширено-вкороченого типу (рис. 1, 2; табл. 1).

Найбільш розвинутий розвиток морфологічних структур серця мають лівий і правий шлуночки, потім ліве і праве передсердя, що безпосередньо корелює з їх лінійними характеристиками (товщиною їх стінок, абсолютною та відносною їх масою, стосовно до чистої маси серця (табл. 1, 2).

При цьому товщина стінки лівого шлуночка ( $5,91 \pm 0,11$  мм) є більшою, ніж правого шлуночка ( $3,12 \pm 0,09$  мм), у 1,9 рази ( $p \leq 0,01$ ). Середнє значення товщини стінки обох шлуночків дорівнює  $4,51 \pm 0,08$  мм. Товщина лівого передсердя дорівнює  $3,82 \pm 0,04$  мм, відповідно правого передсердя –  $2,61 \pm 0,02$  мм. При тім середнє значення товщини стінки обох передсердь становить  $3,21 \pm 0,08$  мм, (табл. 1).

Таблиця 1. Лінійні параметри серця кроля (*Oryctolagus Cuniculus* L. 1758),  $M \pm m, n = 5$

Показники	Цифрові значення
Висота серця, (см)	$3,5 \pm 0,04$
Ширина серця, (см)	$2,4 \pm 0,03$
Окружність серця, (см)	$6,6 \pm 0,06$
Індекс розвитку серця, (%)	$145,8 \pm 4,16$
Середнє значення товщини стінки шлуночків, (мм)	$4,51 \pm 0,08$
Товщина стінки лівого шлуночка, (мм)	$5,91 \pm 0,11$
Товщина стінки правого шлуночка, (мм)	$3,12 \pm 0,09$
Середнє значення товщини стінки передсердь, (мм)	$3,21 \pm 0,08$
Товщина стінки лівого передсердя, (мм)	$3,82 \pm 0,04$
Товщина стінки правого передсердя, (мм)	$2,61 \pm 0,02$

Згідно до таких лінійних параметрів серця та його морфологічних складових, середня маса його лівого передсердя дорівнює  $1,5 \pm 0,14$  г ( $15,46 \pm 0,08\%$ ). Середня маса правого передсердя становить  $1,1 \pm 0,11$  г ( $11,34 \pm 0,62\%$ ), що є достовірно ( $P < 0,01$ ) у 1,36 меншою стосовно маси лівого передсердя. Відповідно середня маса обох передсердь серця кроля дорівнює  $2,6 \pm 0,33$  г та становить  $26,8 \pm 1,42\%$ , стосовно до середньої маси серця без епікардіального жиру.

Маса лівого шлуночка серця кроля є найбільшою і дорівнює  $4,6 \pm 0,37$  г ( $47,42 \pm 2,76\%$ ).

Середня маса правого шлуночка має проміжне значення стосовно маси лівого шлуночка та маси правого та лівого передсердь і становить  $2,5 \pm 0,19$  г ( $25,77 \pm 1,28\%$ ). Відповідно маса серця правого шлуночка є достовірно ( $P < 0,01$ ) у 1,84 меншою порівняно з такою у лівого шлуночка.

При цьому середня маса серця обох шлуночків становить  $7,1 \pm 0,52$  г, або  $73,19 \pm 3,92\%$ , відносно до чистої маси ( $9,7 \pm 0,82$  г) серця.

Згідно таких морфометричних показників, маса обох шлуночків серця кроля достовірно ( $P < 0,001$ ) у 2,7 рази більша, відносно середньої маси обох передсердь.

За таких показників коефіцієнт відношення маси шлуночків серця статевозрілих кролів до його чистої маси дорівнює 1:0,73, відповідно коефіцієнт відношення маси передсердь серця до його чистої маси – 1:0,27, а коефіцієнт відношення маси передсердь до маси шлуночків – 1:0,37, (табл. 2).

Таблиця 2. Морфометрія серця, шлуночків та передсердь кроля (*Oryctolagus Cuniculus* L. 1758),  $M \pm m, n = 5$

Показники	Абсолютна маса, (г)	Відносна маса, (%)
-----------	---------------------	--------------------

Ліве передсердя	1,5±0,14	15,46±0,88
Праве передсердя	1,1 ±0,11	11,34±0,62
Праве та ліве передсердя (разом)	2,6±0,33	26,8±1,42
Лівий шлуночок	4,6±0,37	47,42±2,76
Правий шлуночок	2,5±0,19	25,77±1,28
Лівий та правий шлуночки (разом)	7,1±0,52	73,19±3,92
Маса серця (без апікального жиру)	9,7±0,82	100
Коефіцієнт відношення маси шлуночків до чистої маси серця	1:0,73	
Коефіцієнт відношення маси передсердь до чистої маси серця	1:0,27	
Коефіцієнт відношення маси передсердь до маси шлуночків	1:0,37	

Стінка серця сформована трьома оболонками: внутрішньої – ендокарда, середньої – міокарда і зовнішньої – епікарда.

Внутрішня оболонка серця (ендокард) – вистилає зсередини камери серця, сухожилкові струни, папілярні м'язи та клапани серця. У внутрішній оболонці розрізняють чотири шари: ендотелій (вистилає поверхню ендокарда), субендотеліальний, м'язово-еластичний та зовнішній сполучно-тканинний.

Зовнішня оболонка серця – епікард (вісцеральний листок перикарда – серозна оболонка), вкриває міокард зовні. Епікард побудований з волокнистої сполучної тканини, у якій виявляється багато колагенових та еластичних волокон, вона вкрита мезотелієм та містить судини і нерви. У зовнішній оболонці, особливо біля кровоносних судин, зустрічаються жирові клітини, які часто формують жирову тканину.

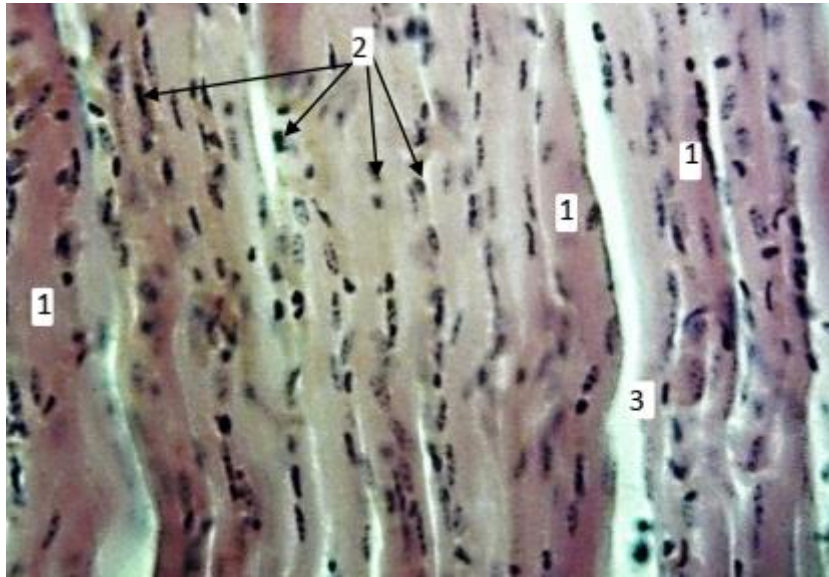
Більш розвинутою оболонкою серця є міокард – середня оболонка, особливо лівого шлуночка, де він більше як у два рази товстіший, ніж правого шлуночка (табл. 1).

Згідно результатів гістологічних досліджень, міокард утворений м'язовими клітинами – кардіоміоцитами. Останні які формують єдиний масив м'язових волокон (рис. 3, 4).



**Рис. 3.** Мікроскопічна будова міокарда лівого шлуночка кроля: 1 – кардіоміоцити; 2 – ядра кардіоміоцитів; 3 – вставні диски; 4 – міжм'язова сполучна тканина. Фарбування за методом Гейденгайна. X 120.

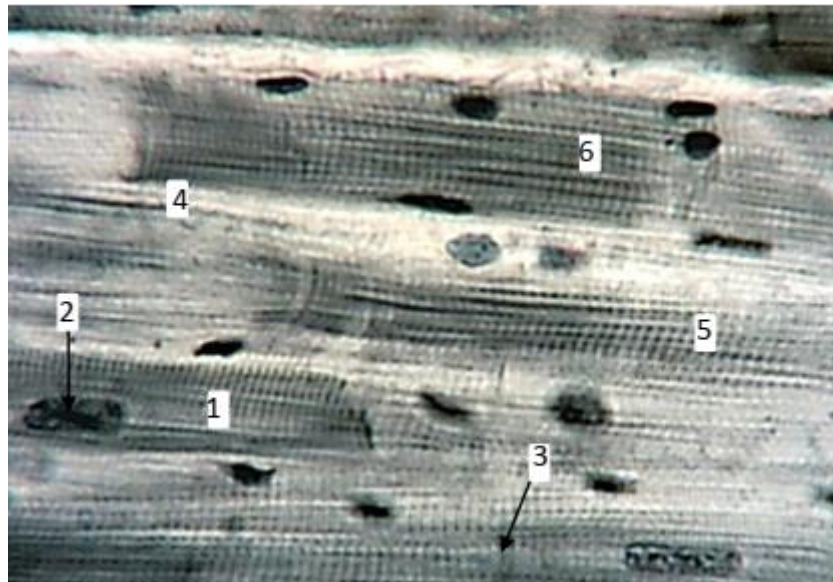




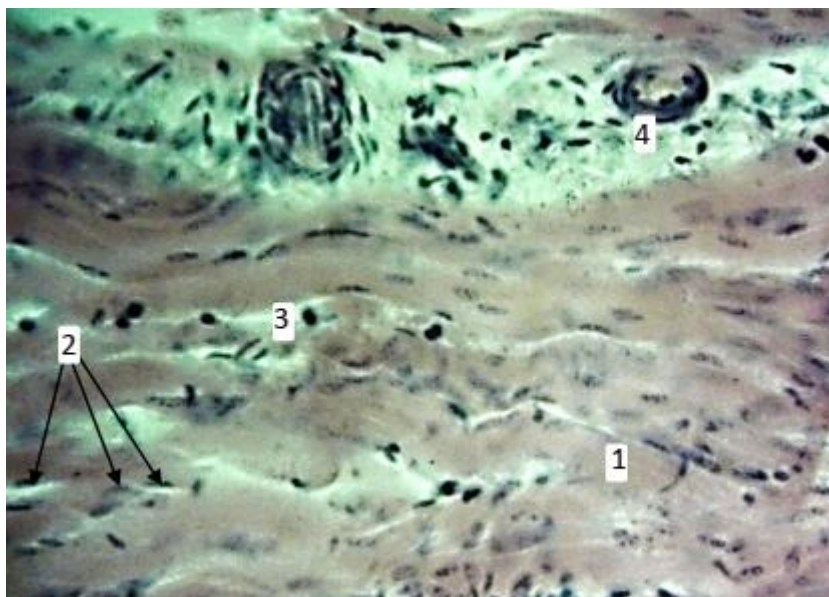
**Рис. 4.** Мікроскопічна будова міокарда лівого шлуночка кроля: 1 – м'язові волокна; 2 – ядра кардіоміоцитів; 3 – міжм'язова сполучна тканина. Гематоксилін та еозин. X 280.

Виділяють типові кардіоміоцити, які забезпечують робочий ефект (підвищують тиск у порожнині серця та переміщують кров) та атипові, діяльність яких пов'язана зі збудженням серця та проведення їх по тканині [23, 24, 25].

За фарбування гістопрепаратів за методом Гейденгайна кардіоміоцити на поздовжньому зрізі мають прямокутну форму, вони чітко оконтуровані сарколемою та містять саркоплазму і ядра. У саркоплазмі виявляється поперечна та поздовжня посмугованість (рис. 5). Між кардіоміоцитами виявляються прошарки пухкої сполучної тканини, де знаходяться судини та нерви (рис. 6).

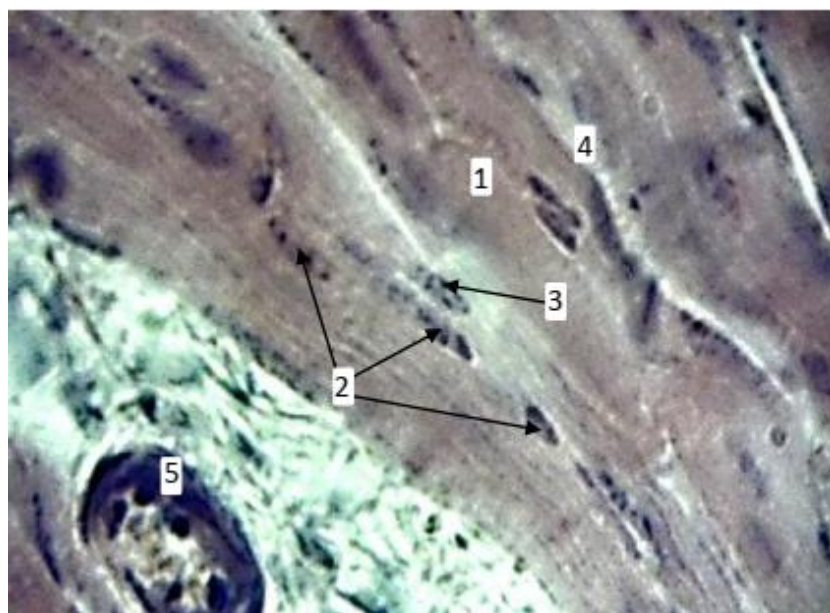


**Рис. 5.** Мікроскопічна будова міокарда лівого шлуночка кроля: 1 – кардіоміоцити; 2 – ядра кардіоміоцитів; 3 – вставні диски; 4 – міжм'язова сполучна тканина; 5 – поперечна посмугованість; 6 – поздовжня посмугованість. Фарбування за методом Гейденгайна. X 600.



**Рис. 6.** Мікроскопічна будова міокарда лівого шлуночка кроля: 1 – м'язові волокна; 2 – ядра кардіоміоцитів; 3 – міжм'язова сполучна тканина; 4 – судини. Гематоксилін та еозин. X 280.

Ядра (одне, рідше два) знаходяться у центральній частині саркоплазми, вони мають овальну, округлу або видовжену (паличкоподібну) форми. У каріоплазмі кардіоміоцитів статевозрілих кролів, міститься чітко виражений ядерний хроматин, який у вигляді дрібних або ж крупніших зерен розміщений по всьому периметру каріоплазми (рис. 7).



**Рис. 7.** Мікроскопічна будова міокарда лівого шлуночка кроля: 1 – м'язові волокна; 2 – ядра кардіоміоцитів; 3 – ядерних хроматин; 4 – міжм'язова сполучна тканина; 5 – судина. Гематоксилін та еозин. X 600.

Кардіоміоцити мають різну товщину та довжину. У кролів вони щільно прилягають один до одного (див. рис. 3, 4), а в окремих ділянках виявляються у дещо розпушеному вигляді.

За фарбування гістопрепаратів гематоксиліном та еозином волокна міокарду, які сформовані кардіоміоцитами, забарвлюються переважно рівномірно. Вони у своєму складі, містять незначну кількість міофібрил, які зосереджені ближче до периферії волокна. Їх поперечна посмугованість виражена. Проте, за незначної кількості міофібрил на гістопрепараті, поздовжня та поперечна посмугованість м'язових волокон виражена слабо.

У сучасній кардіоморфології, широко застосовують гісто- та цитометричні методи дослідження. Такі методи дозволяють встановити взаємозв'язки та взаємозалежність морфологічних складових структур

організму, залежно від функціонального навантаження, їх кількісні та відносні характеристики відповідно на різних етапах онто- та філогенетичного розвитку тварин, у нормі та патології тощо [26]. За результатами аналізу літературних джерел [11, 27, 28] та наших власних досліджень, мікроскопічна будова серця статевозрілого кроля, його складових (передсердя, шлуночки) має подібну будову, проте різниться морфометричними параметрами.

Так, згідно результатів морфометрії, кардіоміоцити, залежно від їх функціонально навантаження і, як правило морфотопографії (лівий, правий шлуночки, передсердя) мають неоднозначні цитометричними характеристики. При цьому, кількісні значення кардіоміоцитів лівого шлуночка міокарду серця, значно більші, ніж правого:

Середня довжини кардіоміоцитів лівого шлуночка достовірно ( $p \leq 0,05$ ) у 1,29 рази є більшою ніж правого і становить –  $56,14 \pm 1,81$  мкм, відповідно, ширина кардіоміоцитів шлуночка більша у 1,14 рази ( $p \leq 0,05$ ) і дорівнює  $8,02 \pm 0,112$  мкм (табл. 3).

Подібні морфометричні показники спостерігаються при розрахунку об'ємів кардіоміоцитів: найбільший об'єм виявлено для лівого шлуночка ( $2834,59 \pm 319,99$  мкм<sup>3</sup>), об'єм кардіоміоцитів правого шлуночка, порівняно з лівим шлуночком, достовірно ( $p \leq 0,05$ ) менший у 1,67 рази та становить відповідно  $1697,85 \pm 239,06$  мкм<sup>3</sup> (табл. 3; рис. 8).

Таблиця 3. Гістометрія кардіоміоцитів статевозрілого кроля (*Oryctolagus Cuniculus* L. 1758),  $M \pm m$ ,  $n = 5$

Показники	Довжина кардіоміоцитів, (мкм).	Ширина кардіоміоцитів, (мкм)	Об'єм кардіоміоцитів (мкм <sup>3</sup> )	Об'єм ядер кардіоміоцитів (мкм <sup>3</sup> )	Ядерно-цитоплазматичне відношення
Лівий шлуночок	$56,14 \pm 1,81$	$8,02 \pm 0,112$	$2834,59 \pm 319,99$	$42,01 \pm 3,12$	$0,0161 \pm 0,0054$
Правий шлуночок	$43,64 \pm 1,38^*$	$7,04 \pm 0,42^*$	$1697,85 \pm 239,06^*$	$40,14 \pm 3,93$	$0,0242 \pm 0,0048^*$
Праве та ліве передсердя	$37,02 \pm 1,26$	$5,92 \pm 0,29$	$1018,47 \pm 119,66$	$38,22 \pm 3,98$	$0,0389 \pm 0,0062$

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

Об'єм ядер кардіоміоцитів мають подібні значення: об'єм ядер лівого шлуночка –  $42,01 \pm 3,12$  мкм<sup>3</sup>, відповідно правого –  $40,14 \pm 3,93$  (табл. 3; рис. 8).

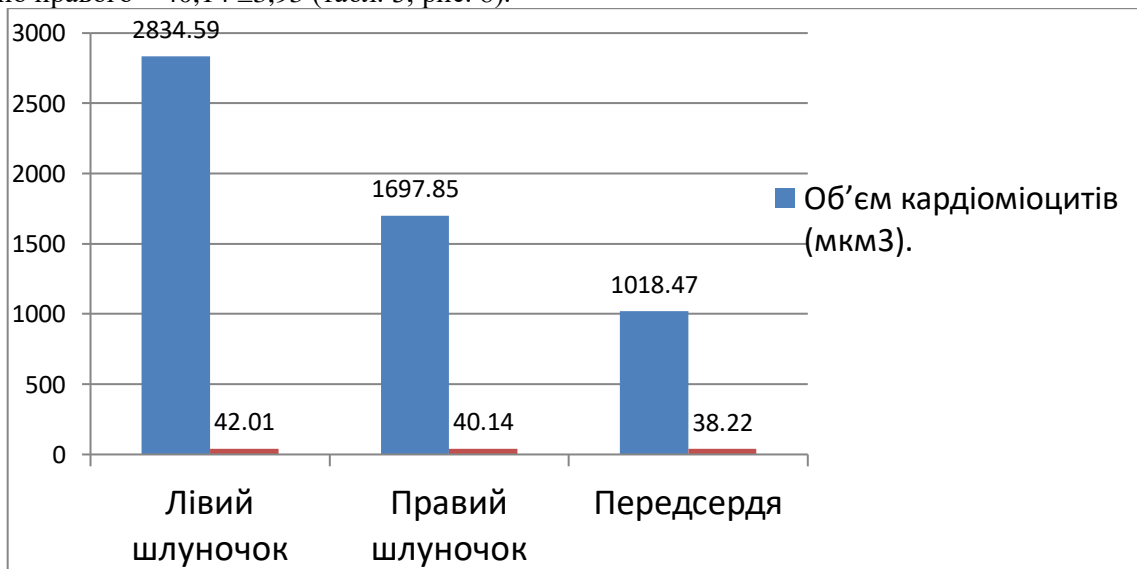


Рис. 8. Гістометрія кардіоміоцитів міокарду серця кроля

Виявлені нами такі неоднозначні цитометричні параметри об'ємів кардіоміоцитів та їх ядер у правому та лівому шлуночках (рис. 9), спричиняє у них різне ядерно-цитоплазматичного відношення: менше ядерно-цитоплазматичне відношення характерне для кардіоміоцитів лівого шлуночка ( $0,0161 \pm 0,0054$ ) та достовірно ( $p \leq 0,05$ ) у 1,5 рази більше для кардіоміоцитів правого шлуночка ( $0,0242 \pm 0,0048$ ), що вказує про функціональну активність кардіоміоцитів лівого шлуночка. Це пояснюється тим, що лівий шлуночок функціонує в основному як насос, а правий, як об'ємний [29, 30]. Тому, збільшення величини



цитометричних параметрів (довжина, ширина, об'єм) та зменшення ядерно-цитоплазматичного відношення кардіоміоцитів міокарду лівого шлуночка, відповідно до правого шлуночка, пов'язані з функціональними особливостями м'язової тканини міокарду, здатної до спонтанних ритмічних скорочень, сприяючи таким чином руху крові по судинам. При тім, серцеві скоротливі міоцити лівого шлуночка серця виконують значно більше навантаження, сприяючи руху крові по судинам великого кола кровообігу, а, відповідно кардіоміоцити правого шлуночка – менше навантаження, сприяючи руху крові по судинам малого кола кровообігу.

Найменші цитометричні величини (довжина, ширина, об'єм) виявлені у кардіоміоцитів передсердь (табл. 3). При цьому ЯЦВ кардіоміоцитів передсердь щодо лівого та правого шлуночків, було відповідно достовірно ( $p \leq 0,001$ ) у 2,42 та у 1,62 рази ( $p \leq 0,05$ ) більшим та дорівнювало  $0,0389 \pm 0,0062$  (табл. 3; рис. 9).

Такі неоднозначні цито- та каріометричні характеристики кардіоміоцитів шлуночків та передсердь ми пов'язуємо функціональною діяльністю роботи серця: передсердя отримують кров, що повертається до серця від тіла тварин, а шлуночки перекачують кров від серця до тіла, виконуючи при тім найбільше навантаження.

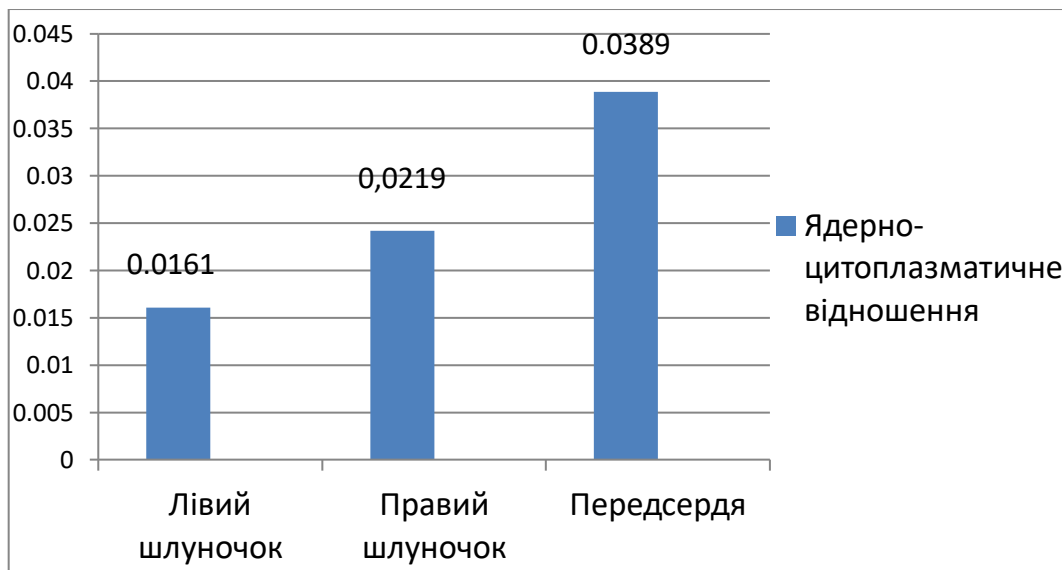


Рис. 9. Ядерно-цитоплазматичне відношення кардіоміоцитів міокарду серця кроля

## ВИСНОВКИ

1. Вивчення видових морфологічних особливостей будови морфології серця у свійських тварин має важливе значення для виявлення патогенезу, оцінки клініко-морфологічного прояву хвороб тварин. Так, серце у кролів представлено розширено-вкороченим типом, індекс розвитку серця становить  $145,8 \pm 4,16\%$ . Абсолютна маса серця статевозрілого кроля становить  $10,3 \pm 0,86$  г, відносна маса –  $0,31 \pm 0,008\%$ . Маса серця без епікардіального жиру –  $9,7 \pm 0,82$  г.
2. Середня маса лівого передсердя дорівнює  $1,5 \pm 0,14$  г ( $15,46 \pm 0,88\%$ ), правого становить  $1,1 \pm 0,11$  г ( $11,34 \pm 0,62\%$ ), що є достовірно ( $P < 0,01$ ) у 1,36 меншою стосовно маси лівого передсердя. Відповідно середня маса обох передсердь серця кроля дорівнює  $2,6 \pm 0,33$  г та становить  $26,8 \pm 1,42\%$ , стосовно до середньої маси серця без епікардіального жиру.
3. Маса лівого шлуночка серця кроля є найбільшою і становить  $4,6 \pm 0,37$  г ( $47,42 \pm 2,76\%$ ). Середня маса правого шлуночка має проміжне значення стосовно маси лівого шлуночка та маси правого та лівого передсердь і становить  $2,5 \pm 0,19$  г ( $25,77 \pm 1,28\%$ ).
4. Відповідно маса серця правого шлуночка є достовірно ( $P < 0,01$ ) у 1,84 меншою порівняно з такою у лівого шлуночка. При цьому середня маса серця обох шлуночків становить  $7,1 \pm 0,52$  г, або  $73,19 \pm 3,92\%$ , відносно до чистої маси ( $9,7 \pm 0,82$  г) серця.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Boiko O.V., Honchar O.F., Lesyk Y.V., Kovalchuk I.I., Gutyj B.V. Effect of zinc nanoaquacitrate on the biochemical and productive parameters of the organism of rabbits. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2020. 11(2). P. 243–248. <https://doi.org/10.15421/022036>
2. Гончар О.Ф., Бойко О.В., Гавриш О.М. Аналіз стану галузі кролівництва в Україні. *Збірник наукових праць «Ефективне кролівництво і звірівництво»*. Черкаси. 2020. Вип. 6. С. 47–58. DOI: <https://doi.org/10.37617/2708-0617.2020.6.47-58>
3. Varga M. Rabbit Basic Science. Textbook of Rabbit Medicine. 2014. P. 3–108. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7020-4979-8.00001-7>
4. Nowland M.H., Brammer D.W., Garcia A., Rush H.G. Biology and Diseases of Rabbits. *Laboratory Animal Medicine*, 2015. P. 411–461. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409527-4.00010-9>
5. Darmohray L.M., Luchyn I.S., Gutyj B. V., Golovach P. I., Zhelavskiy M. M., Paskevych G. A., Vishchur V. Y. Trace elements transformation in young rabbit muscles. *Ukrainian Journal of Ecolog.* 2019. 9(4), P. 616–621.
6. Чудак, Р. Продуктивність молодняку кролів за дії ферментного препарату. *SWorld Journal*. 2020. 2(03-02), P. 72–79. <https://doi.org/10.30888/2663-5712.2020-03-02-005>
7. Стахурська І.О., Пришляк А.М. Морфометрична характеристика камер серця тварин різної статі. *Вісник проблем біології і медицини*. 2014. Вип. 1 (106). С. 269–272.
8. Вадзюк С.Н., Гук В.О. Особливості системи кровообігу в осіб з різною теплочутливістю. *Здобутки клінічної і експериментальної медицини*. 2023. (1), С. 44–52. <https://doi.org/10.11603/1811-2471.2023.v.i1.13719>
9. Zhurenko O.V., Karpovskiy V.I., Danchuk O.V., Kravchenko-Dovga Yu.V. 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*. 2018. 20(92). P. 8–12. doi: 10.32718/nvlvet9202
10. Khan S., Jehangir W. Evolution of Artificial Hearts: An Overview and History. *Cardiology research*. 2014. 5(5). P. 121–125. <https://doi.org/10.14740/cr354w>
11. Слабий О.Б. Кількісна морфологія гіпертрофованого серця. *Вісник наукових досліджень*. 2017. № 4. С. 6–8. DOI 10.11603/2415-8798.2017.4.8169
12. Горальський Л.П., Радзиховський М.Л., Дишкант О.В. Мікроскопічна будова серця, органів кровотворення та імунного захисту собак за експериментального відтворення парвовірозу. *Наукові горизонти*. 2019. № 6 (79). С. 9–14. Doi: 10.33249/2663-2144-2019-79-6-9-14 [http://ir.znau.edu.ua/bitstream/123456789/10112/1/SH\\_2019\\_6\\_9-14.pdf](http://ir.znau.edu.ua/bitstream/123456789/10112/1/SH_2019_6_9-14.pdf)
13. Жовнір О.М., Андріяшук В.О., Уховська Т.М., Тютюн С.М., Мінцюк Є.П. Гематологічні показники крові кролів, щеплених експериментальними зразками вакцин «вельшісан», «вельшісан+AUNP» «вельшісан+AUNP-стимул». *Ветеринарна біотехнологія*. 2019. 34. С. 30–58. DOI: 10.31073/vet\_biotech34-06
14. Європейська конвенція про захист хребетних тварин, що використовуються для дослідних та інших наукових цілей. Страсбург, 18 березня 1986 року. режим доступу. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994\\_137#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_137#Text) (дата звернення: 05.11.2022).
15. Закон України. Про захист тварин від жорстокого поводження (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2006, № 27, ст. 230). режим доступу. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3447-15#Text> (дата звернення: 05.11.2022).
16. Ничипорук С.М., Радзиховський М.Л., Гутий Б.В. Огляд: евтаназія і способи евтаназії тварин. *Науковий вісник ЛНУВМ та БТ ім. С.З. Гжицького. Льві.*, 2022. Т. 24, № 105. С. 141–148. Doi: 10.32718/nvlvet10520
17. Горальський Л.П., Хомич В.Т., Кононський О.І. Основи гістологічної техніки і морфофункціональні методи дослідження у нормі та при патології : навч. посіб. Житомир : Полісся, 2019. 288 с.
18. Міц І.Р., Денефіль О.В., Андрієшин О.П. Морфологічні зміни внутрішніх органів у тварин різної статі, які зазнали хронічного стресу. *Вісник наукових досліджень*. 2016. Т. 3. С. 107–110. <https://doi.org/10.11603/2415-8798.2016.3.6994>
19. Linask K.K. Regulation of heart morphology: current molecular and cellular perspectives on the coordinated emergence of cardiac form and function. *Birth defects research. Part C, Embryo today : reviews*. 2003. Vol. 69(1), P. 14–24. <https://doi.org/10.1002/bdrc.10004>

20. Рудик С. К. Курс лекцій з порівняльної анатомії. К.: Академія наук вищої школи України, 2004. 108 с.
21. Демус Н.В. Органометрія серця теличок залежно від типу автономної регуляції серцевого ритму. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького*. 2015. т 17, № 1 (61). С. 24–29.
22. Horalskyi L.P., Ragulya M.R., Glukhova N.M., Sokulskiy I.M., Kolesnik N.L., Dunaievska O.F., Gutyj B. V., Goralska I. Y. Morphology and specifics of morphometry of lungs and myocardium of heart ventricles of cattle, sheep and horses. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2022. 13(1). P. 53–59. <https://doi.org/10.15421/022207>
23. Kang P.M., Haunstetter A., Aoki H., Usheva A., Izumo S. (2000). Morphological and molecular characterization of adult cardiomyocyte apoptosis during hypoxia and reoxygenation. *Circulation research*. 2000. 87(2), P. 118–125. <https://doi.org/10.1161/01.res.87.2.118>
24. Walsh K. B., Parks G. E. Changes in cardiac myocyte morphology alter the properties of voltage-gated ion channels. *Cardiovascular research*. 2002. 55(1). P. 64–75. [https://doi.org/10.1016/s0008-6363\(02\)00403-0](https://doi.org/10.1016/s0008-6363(02)00403-0)
25. Peter A. K., Bjerke M. A., Leinwand L. A. Biology of the cardiac myocyte in heart disease. *Molecular biology of the cell*. 2016. 27(14). P. 2149–2160. <https://doi.org/10.1091/mbc.E16-01-0038>
26. Григор'єва О.А., Чернявський А.В. Динаміка товщини стінок шлуночків та міжшлуночкової перегородки серця шурів в ранньому післянатальному періоді в нормі та після внутрішньоплідного впливу дексаметазону. *Український журнал медицини, біології та спорту*. 2018. Т. 3, № 3 (12). С. 12–15. DOI: 10.26693/jmbs03.03.012.
27. Vatnikov Y. A., Rudenko A. A., Usha B. V., Kulikov E. V., Notina E. A., Bykova I. A., Khairova N. I., Bondareva I. V., Grishin V. N., Zharov A. N. Left ventricular myocardial remodeling in dogs with mitral valve endocardiosis. *Veterinary world*. 2019. 13(4), P. 731–738. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2020.731-738>
28. Cardoso C.B., Brandão C. V.S., Juliani P.S., Filadelpho A.L., Pereira G.J., Lourenço M. L.G., Hataka A., Padovani C.. Morphogeometric Evaluation of the Left Ventricle and Left Atrioventricular Ring in Dogs: A Computerized Anatomical Study. *Animals : an open access journal from MDP.*, 2023. 13(12), 1996. <https://doi.org/10.3390/ani13121996>
29. Halgür A, Dursun N. Morphological and morphometric investigation of the musculus papillaris and chordae tendineae of the donkey (*Equus asinus* L). *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 2009. Vol. 8(4). P. 726–733.
30. Solc D. The heart and heart conducting system in the kingdom of animals: A comparative approach to its evolution. *Experimental and clinical cardiology*. 2007. 12(3). P. 113–118.

#### PECULIARITIES OF MORPHOARCHITECTONICS AND MORPHOMETRY OF THE RABBIT HEART (*ORYCTOLAGUS CUNICULUS* L. 1758)

M. Ragulya<sup>1</sup>, L. Horalskyi<sup>2</sup>, I. Sokulskiy<sup>1</sup>, N. Kolesnik<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Polissia National University

<sup>2</sup>Zhytomyr Ivan Franko State University

Rabbit breeding is a promising branch of animal husbandry that provides mankind with dietary food products (diet meat) and raw materials of animal origin (fur, down, leather). For the full-fledged breeding and raising of rabbits, it is necessary to constantly have the parameters of the morphofunctional state of the animal organism in order to carry out preventive measures aimed at preventing and preventing the occurrence of infectious and non-infectious diseases. Therefore, information about the morphological and physiological indicators of the organism during different types of animal breeding have both theoretical and practical significance. Living organisms are characterized by a variety of vital processes: nutrition, blood circulation, respiration, maintenance of homeostasis, reproduction, reactions to external and internal stimuli, etc. Physiological regulation of vital processes is carried out as a result of the coordinated work of organs and systems that closely interact with each other, thus coordinating the morpho-functional activity of the entire organism. It is known that the variability of the heart of vertebrate animals is of general biological interest and constantly attracts the attention of scientists regarding research in normal and pathological conditions. The article presents the results of the macro- and microscopic structure of the heart of sexually mature rabbits – *Oryctolagus Cuniculus* L. 1758.

The purpose of our research, under the conditions of relative normality, was to establish the morphological parameters of the heart of the California breed rabbit using anatomical, histological, morphometric and statistical methods. Autopsies and morphological examination of animals (n=5) were carried out in the pathomorphology laboratory of the Faculty of Veterinary Medicine of the Polish National University in compliance with the requirements of the international principles of the "European Convention for the Protection of Vertebrate Animals Used for Experiments and Other Scientific Purposes".

With the help of morphometric studies of the linear parameters of the heart, the development index of the corresponding organ is  $145.8 \pm 4.16\%$ , so the heart in such animals is of the expanded-shortened type. According to a histological examination, the myocardium of the heart is formed by muscle cells (cardiomyocytes), which form a single array of muscle fibers connected in a grid, as well as intercalated disks, which are the boundaries between cells. Cardiomyocytes have different thicknesses and lengths. In rabbits, they fit tightly to each other.

According to the results of morphometry, cardiomyocytes, depending on their morphotopography: left, right ventricle and atrium, have ambiguous cytometric characteristics. At the same time, the quantitative values of cardiomyocytes of the left ventricle of the myocardium of the heart are significantly higher than those of the right. Thus, the average length of cardiomyocytes of the left ventricle is reliably ( $p \leq 0.05$ ) 1.29 times greater than that of the right and is  $56.14 \pm 1.81 \mu\text{m}$ , respectively, the width of cardiomyocytes, ( $p \leq 0.05$ ) is 1.14 times and equal to  $8.02 \pm 0.112 \mu\text{m}$ . The obtained macro- and microscopic results of the structure of the heart of a sexually mature rabbit complement the information on the morphology of the heart of mammals in the relevant sections of histology and species anatomy and are necessary for clinical veterinary medicine from the section of cardiology.

**Key words:** *anatomy and histology of the heart, histological preparations, morphometry, myocardium, cardiomyocytes, microscopy.*