

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/nvlvet11413

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

UDC 636.7.09:616.12:613.25:615-07

## Biochemical changes in the blood of domestic dogs with cardiomyopathy in the setting of obesity

S. M. Zarytskyi✉

Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine

### Article info

Received 03.04.2024

Received in revised form

06.05.2024

Accepted 07.05.2024

Poltava State Agrarian University,  
Skovorody Str., 1/3, Poltava,  
36003, Ukraine.

Tel.: +38-095-428-86-48

E-mail: [serhii.zarytskyi@pdau.edu.ua](mailto:serhii.zarytskyi@pdau.edu.ua)

**Zarytskyi, S. M. (2024). Biochemical changes in the blood of domestic dogs with cardiomyopathy in the setting of obesity. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary sciences, 26(114), 86–93. doi: 10.32718/nvlvet11413**

In clinical settings, cardiac biomarkers with high sensitivity and specificity can be used to predict or diagnose heart disease. In humane clinical practice, troponins I and T have been used as predictors of heart disease, and the concentration of N-terminal pro-B-type natriuretic peptide (NT-proBNP) is also considered the most reliable predictor of heart disease. Veterinary cardiac biomarkers are not yet widely used by practitioners in the diagnosis of heart disease, but this does not negate the high informative value of specific cardiac parameters such as canine N-terminal pro-B-type natriuretic peptide (cNT-proBNP) and canine cardiac troponin I (ccTnI). Given the above, there is a need to conduct biochemical blood tests for cardiac pathology in dogs. The aim of the study was to determine specific parameters (cNT-proBNP and ccTnI) and blood lipidogram of domestic dogs with cardiomyopathy in the setting of obesity. The analysis of blood tests showed an increase in the content of ccTnI by more than 20 times ( $P < 0.001$ ) and cNT-pro BNP by 17.6 times ( $P < 0.001$ ) in domestic dogs with cardiomyopathy in the setting of obesity. According to the results of lipidogram determination, the dogs of the experimental group showed an increase in total cholesterol by 66.9 %, low-density lipoprotein (LDL) by 8.4 times, and very low-density lipoprotein (VLDL) by 4.2 times. The studies showed significant changes in blood biochemical parameters in cardiomyopathy in domestic dogs with obesity, which confirms the diagnostic value of these biomarkers. The research results deserve the attention of the veterinary community of practitioners and can be used in the diagnosis and subsequent prognosis of heart disease in the future.

**Key words:** diagnostics, cardiac biomarkers, troponin, natriuretic peptides, lipoproteins.

## Біохімічні зміни крові свійських собак за кардіоміопатії на тлі ожиріння

С. М. Зарицький✉

Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

У клінічних умовах серцеві біомаркери з високою чутливістю та специфічністю можуть використовуватись для прогнозування або діагностики захворювання серця. У гуманній клінічній практиці тропоніни I і T використовувалися як предиктори захворювань серця, а концентрація натрійуретичного пептиду N-кінцевого про-B-типу (NT-proBNP) також вважається найбільш надійним предиктором захворювань серця. Ветеринарні серцеві біомаркери ще не набули широкого поширення серед практикуючих лікарів у діагностиці захворювань серця, однак це не знімає високої інформативності специфічних показників серця, якими є собачий натрійуретичний пептид N-кінцевого прогормону B-типу (cNT-proBNP) та собачий серцевий тропонін I (ccTnI). Враховуючи вищезначене, виникає необхідність проведення біохімічних досліджень крові за патології серця у собак. Метою роботи є визначення специфічних показників (cNT-proBNP і ccTnI) та ліпідограми крові свійських собак за кардіоміопатії на тлі ожиріння. Аналіз досліджень крові показав збільшення вмісту ccTnI у понад 20 разів ( $P < 0,001$ ) та cNT-pro BNP у 17,6 разів ( $P < 0,001$ ) у свійських собак за кардіоміопатії на тлі ожиріння. За результатами визначення ліпідограми собак дослідної групи виявили підвищення вмісту загального холестеролу на 66,9 %, ліпопротеїнів низької густини (ЛПНГ) у 8,4 рази, ліпопротеїнів дуже низької густини (ЛПДНГ) – 4,2 рази. Проведені дослідження показали вірогідні зміни біохімічних показників крові за кардіоміопатії у свійських собак на тлі ожиріння, що підтверджує діагностичну цінність цих біомаркерів. Результати досліджень заслуговують на увагу

ветеринарної спільноти практикуючих лікарів і у перспективі можуть бути застосовані в постановці діагнозу та подальшого прогнозу хвороб серця.

**Ключові слова:** діагностика, серцеві біомаркери, тропонін, натрійуретичні пептиди, ліпопротеїни.

## Вступ

Ветеринарна кардіологія дрібних тварин з кожним роком стає все більш актуальною. Поширеними стали такі методи спеціальної діагностики, як ехокардіографія, рентгенографія, електрокардіографія. Однак методів діагностики міокарда у тварин небагато, зокрема скринінгові дослідження серця за допомогою ультразвуку дають недостатньо чітку інформацію про патологію клітини, клітинний склад тканини, а тому зробити висновки про її ураження досить складно. Електрокардіограма та рентгенографія грудної клітки дозволяє візуалізувати зміни в міокарді лише за умови значного ураження міокарда, яке охоплює велику ділянку. Тому пошук специфічних біомаркерів з високою чутливістю до ушкодження серцевої тканини є актуальним завданням.

У гуманній кардіології традиційно використовують дослідження тропонінів, які складаються з груп білків, розташованих у скелетних м'язах тіла та в серці. Розрізняють три типи специфічних білків: тропонін С (TnC), тропонін І (TnI) і тропонін Т (TnT). Значна кількість вчених вважає, що тропонін І є найефективнішим діагностичним маркером пошкодження міокарду (Gavazza et al., 2020; Jakubiak, 2024).

Однією з основних характеристик кожного біомаркера є специфічність для досліджуваного органу. Водночас біомаркер має вивільнятися пропорційно до поширення, тяжкості захворювання чи ураження, не впливаючи на стабільність зразка задля вибору та моніторингу правильного терапевтичного протоколу (Baisan et al., 2016). Деякі біомаркери широко використовуються у ветеринарії, зокрема сечовина та креатинін, для оцінки функції нирок (Concordet et al., 2008), тимчасом як серцево-судинні – досить рідко.

Біомаркер надає інформацію щодо аналізу, прогнозу або відповіді на лікування, яку інакше неможливо легко отримати за допомогою звичайного тестування, отже серцевий біомаркер можна розглядати як речовину, специфічну для серця, яка виділяється під час захворювання пропорційно до ступеня пошкодження (Baisan et al., 2016). Двома найбільш дослідженими серцевими біомаркерами у свійських собак є тропонін І (сTnI) та дві різні форми натрійуретичного пептиду В-типу (BNP).

Серцевий тропонін І (сTnI) разом із тропоніном-Т (сTnT) і тропоніном-С утворює агрегацію трьох протеїнів міокарда, які пов'язані з актиновим каркасом всередині кардіоміоцитів (Spratt et al., 2005; Porter et al., 2016). Серцевий тропонін І є білком, характерним для кардіоміоцитів, який бере участь у скороченні та розслабленні серця. Цей протеїн прикріплений до нитки актину і в помірній кількості присутній у цитоплазмі, тому під час пошкодження кардіоміоцитів позаклітинний сTnI вивільняється, надходить в кров і є специфічним біомаркером ураження клітин серця (Oyama, 2015; Gordon et al., 2022). Водночас у крові

клінічно здорових тварин вміст сTnI незначний або частіше відсутній (Oyama, 2013).

Дослідження вмісту серцевих тропонінів допомагає визначити рівень ураження міокарду, моніторити перебіг хвороби та її прогноз (Miller & Jaffe, 2016; Baisan et al., 2016). На жаль, різні причини можуть обмежити використання показника серцевого тропоніну у ветеринарних пацієнтів, адже це чутливий, проте неспецифічний маркер. Серцевий тропонін частково видаляється шляхом ниркової екскреції, тому хвороби нирок впливають на його помилкове збільшення (Langhorn & Willeesen, 2016).

На відміну від людей у собак серцеві тропоніни можуть вивільнятися в кров у відповідь на запалення. Високі концентрації сTnI виявляли у собак із серцево-судинними захворюваннями (ССЗ), які були пропорційно збільшеними до ступеня тяжкості ССЗ (Mobasheri & Cassidy, 2010). Водночас встановлено суттєвий зв'язок між концентрацією сTnI та віком тварини, вмістом С-реактивного білка, частотою серцевих скорочень, кінцевим діастолічним діаметром лівого шлуночка (Klein et al., 2022).

Натрійуретичні пептиди – це гормони, що утворюються всередині міокарда та виділяються зі шлуночків і передсердь. Гемодинамічний стрес і розтягнення міокарда є основними причинами вивільнення прогормонів із серцевого м'яза у відповідь на надлишок об'єму крові, проте й інші умови посилюють вироблення прогормонів пронатрійуретичного пептиду В-типу (proBNP) і проатріального натрійуретичного пептиду (proANP) (Cahill et al., 2015). Прогормони можна розділити на неактивні N-кінцеві фрагменти (NTproANP або NTproBNP) і активні С-кінцеві фрагменти (ANP і BNP) (Oyama & Singletary, 2010; Sjöstrand et al., 2014). Активний передсердний натрійуретичний пептид (ANP) і BNP беруть участь у гомеостазі серцево-судинної системи, пригнічуючи ренін-ангіотензин-альдостеронової механізм, сприяють вазодилатації, натрійурезу та діурезу, знижуючи артеріальний тиск (Kanno et al., 2016; de Lima & Ferreira, 2017). Рівень BNP і NT-proBNP підвищується за широкого діапазону серцевих захворювань, включаючи хвороби мітрального клапана, дилатаційної та гіпертрофічної кардіоміопатії (Jang et al., 2023). Водночас підвищення їх вмісту може реєструватись у разі несерцевих захворювань, які створюють вплив на серце, зокрема легенева гіпертензія (Kellihan et al., 2011). Окрім того, висока концентрація NT-proBNP можлива за серцевої недостатності, а низька – характерна за захворювань несерцевого походження (Sharkey et al., 2009). Аналіз показників NT-proBNP доречно використовувати для виявлення латентної кардіоміопатії собак у поєднанні з холтерівським моніторингом (Oyama et al., 2008; Singletary et al., 2012).

У лабораторній діагностиці кардіоміопатії, яка розвинулась на фоні ожиріння, важливу роль відіграє

визначення ліпидограми. Цей показник є інструментом у визначенні метаболічного статусу та оцінці ризику розвитку серцево-судинних захворювань у свійських собак (Alpert et al., 2016).

Визначення показників ліпидограми включає в себе вимірювання вмісту холестеролу, триацилгліцеролів (TGs), та ліпопротеїнів високої густини (ЛПВГ), низької густини (ЛПНГ) та дуже низької густини (ЛПДНГ) і є ключовим елементом в комплексній оцінці стану здоров'я собак та ризику серцево-судинних захворювань. Високий вміст холестеролу, або специфічні зміни у співвідношенні ліпідів, є неспецифічними маркерами розвитку або прогресування кардіоміопатії (Bokshowan et al., 2023).

Ожиріння у свійських собак зазвичай пов'язане з гіперліпідемією. Гіперліпідемія характеризується кількісним збільшенням циркулюючих ліпопротеїнів або більш високими концентраціями ліпідів різних класів ліпопротеїнів (Mori et al., 2015). Згідно з даними Ding & Rexrode (2020) вважається, що окислені ЛПНГ відіграють важливу роль у запальній відповіді. Окислені ЛПНГ змінюють біологічні властивості факторів росту, цитокінів, моноцитів і Т-лімфоцитів шляхом модуляції їх утворення. Гострий коронарний синдром викликається активацією імунітопосередкованих запальних процесів з атеротромбозом (Abel et al., 2008). У деяких звітах зазначено, що високоокислені ЛПНГ були виявлені в плазмі хворих з ішемічною хворобою серця (Trpkovic et al., 2015). Дослідження на лабораторних тваринах і людях показали, що окислені ЛПНГ є типовим провідником атеросклерозу та серцево-судинних захворювань (Trpkovic et al., 2015).

Вплив загального холестеролу на етіологію кардіоміопатії у свійських собак включає такі механізми: *атеросклероз та відкладення холестеролу*: підвищений рівень загального холестеролу може сприяти розвитку атеросклерозу в судинах, включаючи коронарні артерії, що провокує звуження або блокування судин, порушуючи нормальний кровообіг і надходження кисню до м'язів серця (Bokshowan et al., 2023); *вплив на функцію ендотелію*: підвищений вміст холестеролу, провокує запалення та дисфункцію судин, порушується функція їх розширення та звуження, а також збільшується ймовірність утворення тромбів (Mori et al., 2011; Ding et al., 2022); *порушення метаболізму ліпідів*: підвищення вмісту холестеролу порушує метаболізм ліпідів у серці, включаючи вироблення енергії та призводить до структурних змін в мембранах клітин (Arai, 2014); *вплив на еластичність міокарда*: зміни в складі мембран та метаболізмі ліпідів впливають на еластичність та функцію м'язів серця, що може провокувати кардіоміопатії (Ding et al., 2022).

Триацилгліцероли (TGs) як основна складова тригліцеридів також можуть впливати на розвиток кардіоміопатії у свійських собак внаслідок взаємодії з метаболічними процесами та впливом на функцію серця (Wilshaw et al., 2022). Ці процеси включають: *ліпотоксичність*: підвищений рівень TGs призводить до негативного впливу жирних кислот та їх метаболітів на клітини серця, викликаючи запалення, стрес ендो-

плазматичного ретикулуму, апоптоз клітин серця та розвиток кардіоміопатії (José Lahm Cardoso et al., 2016); *метаболічні зміни*: вплив на метаболічні процеси в серці, зокрема оксидативний метаболізм жирних кислот, призводить до порушень енергетичного обміну та збільшення накопичення ліпідів у клітинах серця (Trpkovic et al., 2015); *вплив на кровопостачання*: високі рівні TGs також можуть впливати на кровопостачання до серця, зокрема звуження коронарних артерій внаслідок збільшення ризику атеросклерозу (Farnier et al., 2021).

ЛПВГ відіграють ключову роль у транспортуванні холестеролу, а тому впливають на розвиток кардіоміопатії у собак. ЛПВГ забезпечують транспорт холестеролу з крові до печінки з метою його перетворення та виведення, що зменшує ризик відкладення холестеролу в судинах. Однак у випадку підвищеного рівня ЛПВГ, особливо у поєднанні з іншими факторами ризику, зокрема запалення або пошкодження ендотелію судин, може виникнути атеросклероз, який провокує кардіоміопатії (фіброз, ремоделювання серця тощо) (Mori et al., 2011). Водночас відкладення тригліцеридів у тканинах, включаючи серцевий м'яз, призводить до ліпотоксичності та порушення функції серця (Hajri, 2018).

ЛПНГ, як і ЛПВГ, відіграє важливу роль у транспортуванні холестеролу через кров і його високий показник впливає на розвиток кардіоміопатії через такі фактори: *атеросклероз*: ЛПНГ відомий як "поганий" холестерол, оскільки його велика кількість в крові може спричинити відкладення холестеролу на стінках артерій, утворюючи атеросклеротичні бляшки, внаслідок чого зменшується кровотік та надходження кисню міокарда, що провокує патології серця (Trpkovic et al., 2015); *запалення та окислювальний стрес*: ЛПНГ також може сприяти запаленню та окислювальному стресу в судинах і серці, що характеризується пошкодженням ендотелію судин, активації запальних процесів та збільшенню утворень атеросклеротичних бляшок (Rubio et al., 2020); *дисфункція ендотелію*: підвищені показники ЛПНГ провокують дисфункції ендотелію, внутрішнього шару судин, що регулює їх тонус та проникність (Somers et al., 2023).

Наукові дослідження, які вивчають роль холестеролу ЛПДНГ у розвитку кардіоміопатії у собак, є обмеженими. Проте, враховуючи його властивості та взаємодію з серцево-судинною системою, можливі деякі припущення, зокрема підвищений вміст ЛПДНГ спричиняє розвиток атеросклерозу, збільшує ризик запалення та окислювального стресу і впливає на функцію ендотелію, зокрема його тонусу (Mori et al., 2011; Nemeč Svete et al., 2021; Lee et al., 2022; Huang & Lee, 2022).

Отже, аналізуючи дані досліджень, які проводились за патології міокарда, можна зробити висновок, що серцеві біомаркери, такі як натрійуретичний пептид N-кінцевого прогормону B-типу (NT-proBNP) і серцевий тропонін I (cTnI), набули актуальності та важливості в кардіології дрібних тварин. Основним стимулом для секреції NT-proBNP є розтягнення міокарда внаслідок перевантаження об'ємом, а cTnI вивільняється в кровообіг у результаті пошкодження клі-

тин міокарда. Однак, незважаючи на їхню прогностичну цінність, вони в основному використовуються як додаткові діагностичні методи за дилатаційної кардіоміопатії у свійських собак. Незважаючи на значення ліпідограми у діагностиці кардіоміопатії на тлі ожиріння, важливо підкреслити, що цей метод не може бути використаний ізольовано, і його результати слід аналізувати разом з клінічними даними, результатами інших досліджень та індивідуальними особливостями тварини. Однак правильне визначення ліпідограми може допомогти вчасно виявити патологічні зміни в метаболічному профілі свійських собак і сприяти ранній діагностиці та лікуванню тварин за кардіоміопатії.

### Мета дослідження

Метою нашого дослідження було визначити біохімічні та ліпідографічні зміни у крові свійських собак, які хворі на кардіоміопатію на тлі ожиріння.

Для досягнення мети виконували такі завдання: визначали показники серцевих біомаркерів (сNT-proBNP і ссTnI) і ліпідограми у крові собак за кардіоміопатії на фоні ожиріння.

### Матеріал і методи досліджень

Дослідження проводили в умовах клінік ветеринарної медицини м. Полтави протягом 2021–2024 років. Впродовж цього періоду було обстежено 44 свійські собаки різної породи, статі, віку та вгодованості, яких розділили на дві групи: контрольна (n = 22) – клінічно здорові тварини без ознак кардіоміопатії і ожиріння та дослідна (n = 22) – свійські собаки з ознаками кардіоміопатії на тлі ожиріння.

Окрім загальних та спеціальних методів діагностики, що включало в себе електрокардіограму, рентген грудної клітки для визначення кардіовертебрального індексу та ехокардіографію у M-режимі, матеріалом для біохімічного лабораторного дослідження була кров. Для відбору проб крові використовували загальноприйнятну методику (Vlizo et al., 2014). Цільну кров відбирали, використовуючи ін'єкційну голку

розміром 0,7×38 mm, та пробірки для гематологічних досліджень 13×75 mm, 4 мл з K3 EDTA фірми "C.D.RICH" (Китай). Кров випускали по стінці пробірки до мітки і відразу перевертали пробірку для перемішування з K3 EDTA. В стабілізованій крові методом ELISA визначали концентрацію сNT-pro BNP та ссTnI.

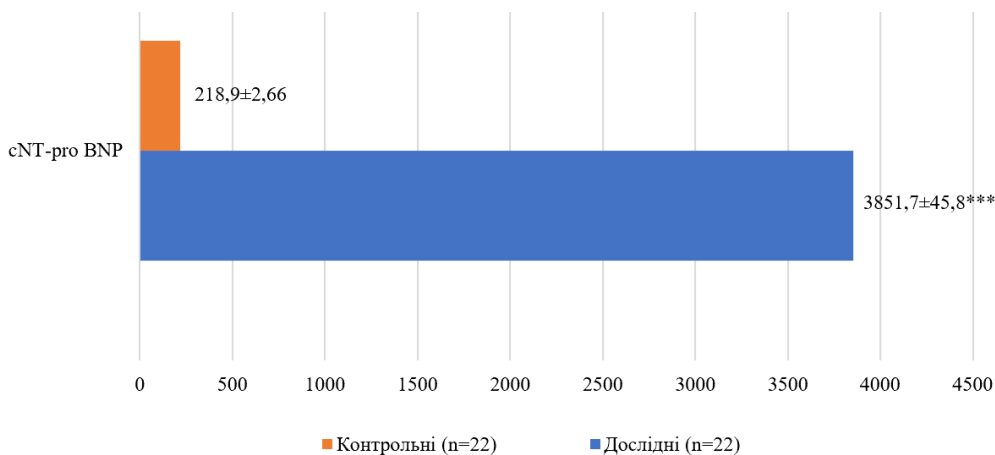
Для визначення кількості ліпідів використовували сироватку крові. Для цього відбирали кров у вакуумну пробірку 13×75 mm, 4 мл без наповнювача фірми "C.D.RICH" (Китай) і центрифугували зі швидкістю 3000 об/хв упродовж 10 хвилин. За допомогою автоматично біохімічного аналізатора "Sapphire-400" (Японія) та використовуючи реактиви "Human" (Німеччина) визначали вміст загального холестеролу, триацил-гліцеролів, холестеролу ЛПВГ, ЛПНГ і ЛНДНГ.

Аналіз отриманих даних проводили за допомогою персонального комп'ютера та програмного забезпечення, включаючи стандартний пакет "Statistica" та Microsoft Excel 2019. Використовували такі показники, як середнє арифметичне (M) та середня похибка середнього значення (m). Для порівняння контрольного (початкового стану) та експериментального показників використовувався t-критерій Стьюдента, при цьому рівень значущості встановлювався на рівні менше ніж P < 0,05.

*Відомості про дотримання біоетичних норм.* Усі дослідження проводили, дотримуючись сучасних вимог, стандартів та методів (вимоги DSTU ISO/IEC 17025:2006 (2006)), Закону України № 27 (2006), Наказу Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України № 249 (2012), Європейської конвенції про захист хребетних тварин, які використовуються в експериментальних та інших наукових цілях (1986).

### Результати та їх обговорення

За результатами дослідження встановили, що концентрація сNT-pro BNP у 17,6 раза (P < 0,001) була вищою порівняно з контрольною групою свійських собак (рис. 1).



**Рис. 1.** Показники концентрації сNT-pro BNP у крові собак, пмоль/л, M ± m

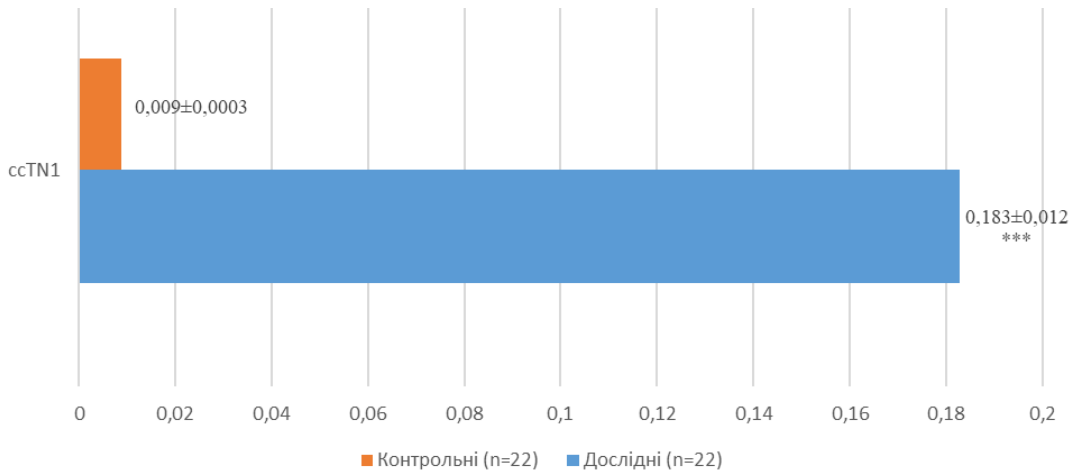
Примітка: \*\*\*P < 0,001 порівняно з контрольною групою

Висока концентрація N-кінцевого поліпептиду натрійуретичного гормону свідчить про підвищений внутрішньосерцевий гідростатичний тиск внаслідок дилатації міокарда серця (Oyama et al., 2008), яку виявили у крові собак дослідної групи нашого дослідження.

За аналізу показників серцевого тропоніну I у крові тварин дослідної групи реєстрували його збільшення у 20,3 раза ( $P < 0,001$ ; рис. 2), порівняно з таким показником дослідної групи. Таке підвищення серцевого біомаркери вказує на вивільнення його у

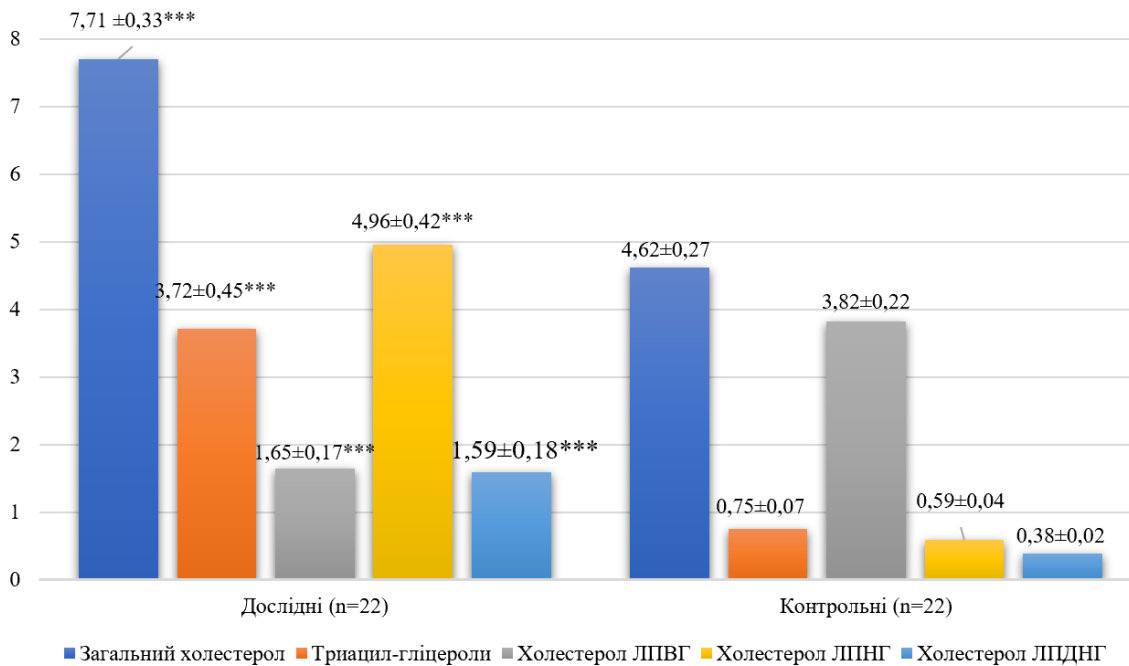
кров внаслідок ураження серцевого м'язу. Адже cсTnI є компонентом актино-міозинового апарату м'язового волокна серця і за його порушення (дилатація, запалення тощо) специфічний протеїн (тропонін I) вивільняється у кров (Wess et al., 2010).

Наступним етапом нашого дослідження було визначення вмісту в сироватці крові загального холестеролу, триацил-гліцеролів, холестеролу ЛПВГ, ЛПНГ і ЛПДНГ. Результати дослідження наведені на рисунку 3.



**Рис. 2.** Показники концентрації cсTnI у собак, нг/мл, M ± m

Примітка: \*\*\* $P < 0,001$  порівняно із клінічно здоровими собаками



**Рис. 3.** Ліпідограма сироватки крові у собак, ммоль/л, M ± m

Примітка: \*\*\* $P < 0,001$  порівняно з клінічно здоровими собаками

За результатами біохімічного аналізу сироватки крові реєстрували збільшення, а в випадку холестеролу ЛПВГ – зниження показників ліпідограми у дослідних тварин. Дані свідчать про порушення ліпідного обміну. Вміст загального холестеролу та триацил-

гліцеролів у собак дослідної групи був у 1,6 і 4,9 раза ( $P < 0,001$ ) вищим, порівняно з контрольною групою. Відомо, що одним з головних механізмів розвитку ліпідозу, який в подальшому може призвести до порушення метаболічного обміну у серці, є підвищений

синтез триацил-гліцеролів у печінці внаслідок інтенсивного постачання жирних кислот та їх попередників, а також зменшення швидкості їх видалення. Окрім того, збільшення цих показників провокує ризик розвитку атеросклерозу та впливає на функцію ендотелію судин (Mori et al., 2011; Ding et al., 2022; Bokshowan et al., 2023).

Вміст холестеролу ЛПВГ був на 56,8 % нижчим ( $P < 0,001$ ), ніж у тварин контрольної групи, тоді як вміст холестеролу ЛПНГ збільшився у 8,4 рази ( $P < 0,001$ ). Це свідчить про порушення процесу формування печінкових ліпопротеїнів, які відповідають за перенесення холестеролу до печінкових клітин та від них. Збільшення холестеролу ЛПНГ може викликати фактори розвитку атеросклерозу та порушення функцій ендотелію (Trpkovic et al., 2015; Somers et al., 2023). Вміст холестеролу ЛПДНГ собак дослідної групи був у 4,2 рази ( $P < 0,001$ ) більшим, ніж контрольної групи. Така концентрація може свідчити про прогресування ліпомобілізаційного синдрому, коли вміст тригліцеридів у клітинах печінки та в транспортних ліпопротеїнах значно збільшується, що призводить до підвищеного перенесення тригліцеридів до тканин організму, зокрема до серця (Nemec Svete et al., 2021; Huang & Lee, 2022).

Дані, що отримані в ході нашого дослідження узгоджуються з даними інших науковців.

Kanno et al. (2016) досліджували концентрацію cNT-pro BNP у плазмі крові для ідентифікації серцевих захворювань у собак і виявили його збільшення у хворих тварин із хронічною серцевою недостатністю. Oyama et al. (2008) у своїй роботі описав, що концентрація cNT-pro BNP значно підвищується у собак, що хворіють на дегенеративну хворобу мітрального клапану та дилатаційну кардіоміопатію і концентрацію цього гормону можна використовувати для диференціальної діагностики таких хвороб. У нашому дослідженні у тварин дослідної групи вміст cNT-pro BNP був збільшеним у 17,6 рази, порівняно з контрольною групою. Porter et al. (2016) виявив, що cTnI має прогностичну цінність, зокрема смертність з високим ( $>1,0$ ) і підвищеним (0,1 до 1,0) cTnI порівняно з пацієнтами з нормальною ( $<0,1$ ) концентрацією тропоніну I. В ході результатів нашого дослідження цей показник становив 0,1, тобто хворі тварини мали підвищений ризик смертності.

Tropf et al. (2017) описували метаболічні розлади, які реєструвались у собак з ожирінням і характеризувались дисліпідемією з підвищенням концентрації загального холестеролу, тригліцеридів і холестеролу ЛПВГ, що в свою чергу може викликати ішемічну хворобу серця.

## Висновки

1. За розвитку кардіоміопатії на тлі ожиріння в собак виявляється достовірне збільшення вмісту cNT-pro BNP та серцевого тропоніну I (cTnI).

2. Діагностичними маркерами кардіоміопатії, яка розвивається на тлі ожиріння, є зміни ліпидограми, зокрема, збільшення вмісту загального холестеролу у

1,7, триацил-гліцеролів – 4,9, ЛПНГ – 8,4 та ЛПДНГ – 4,2 рази.

3. Вміст ЛПВГ у хворих на кардіоміопатію собак на тлі ожиріння виявляється нижчим у 2,3 порівняно з клінічно здоровими тваринами.

*Перспективи подальших досліджень.* Перспективою подальших досліджень є діагностика стану тварин за фармакокорекції кардіоміопатії у собак на тлі ожиріння.

## Відомості про конфлікт інтересів

Автори статті підтверджують відсутність конфлікту інтересів.

## References

- Abel, E. D., Litwin, S. E., & Sweeney, G. (2008). Cardiac remodeling in obesity. *Physiological reviews*, 88(2), 389–419. DOI: 10.1152/physrev.00017.2007.
- Alpert, M. A., Omran, J., & Bostick, B. P. (2016). Effects of Obesity on Cardiovascular Hemodynamics, Cardiac Morphology, and Ventricular Function. *Current obesity reports*, 5(4), 424–434. DOI: 10.1007/s13679-016-0235-6.
- Arai, H. (2014). Oxidative modification of lipoproteins. *Sub-cellular biochemistry*, 77, 103–114. DOI: 10.1007/978-94-007-7920-4\_9.
- Baisan, R. A., Rosa, A., Loria, A. L., Vulpe, V., & Piantedosi, E. (2016). Cardiac biomarkers in clinical practice of dog and cat—a review. *Human & Veterinary Medicine - International Journal of the Bioflux Society*, 8(1), 50–58. URL: <https://www.proquest.com/docview/2017965761?sourcetype=Scholarly%20Journals>.
- Bokshowan, E., Olver, T. D., Costa, M. O., & Weber, L. P. (2023). Oligosaccharides and diet-related dilated cardiomyopathy in beagles. *Frontiers in veterinary science*, 10, 1183301. DOI: 10.3389/fvets.2023.1183301.
- Cahill, R. J., Pigeon, K., Strong-Townsend, M. I., Drexel, J. P., Clark, G. H., Buch, J. S. (2015). Analytical validation of a second-generation immunoassay for the quantification of N-terminal pro-B-type natriuretic peptide in canine blood. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 27(1), 61–67. DOI: 10.1177/1040638714562826.
- Concordet, D., Vergez, F., Trumel, C., Diquélou, A., Lanore, D., Le Garrères, A., Pagès, J. P., Péchereau, D., Médaille, C., & Braun, J. P. (2008). A multicentric retrospective study of serum/plasma urea and creatinine concentrations in dogs using univariate and multivariate decision rules to evaluate diagnostic efficiency. *Veterinary clinical pathology*, 37(1), 96–103. DOI: 10.1111/j.1939-165X.2008.00007.x.
- de Lima, G. V., & Ferreira, F. D. S. (2017). N-terminal-pro brain natriuretic peptides in dogs and cats: A technical and clinical review. *Veterinary world*, 10(9), 1072–1082. DOI: 10.14202/vetworld.2017.1072-1082.
- Ding, M., & Rexrode, K. M. (2020). A Review of Lipidomics of Cardiovascular Disease Highlights the Importance of Isolating Lipoproteins. *Metabolites*, 10(4), 163. DOI: 10.3390/metabo10040163.
- Ding, W. Y., Proty, M. B., Davies, I. G., & Lip, G. Y. H. (2022). Relationship between lipoproteins, thrombosis, and atrial fibrillation. *Cardiovascular research*, 118(3), 716–731. DOI: 10.1093/cvr/cvab017.

- DSTU ISO/IEC 17025:2006. (2006). General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. URL: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=50873](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=50873).
- 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](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_137).
- Farnier, M., Zeller, M., Masson, D., & Cottin, Y. (2021). Triglycerides and risk of atherosclerotic cardiovascular disease: An update. *Archives of cardiovascular diseases*, 114(2), 132–139. DOI: 10.1016/j.acvd.2020.11.006.
- Gavazza, A., Fruganti, A., Turinelli, V., Marchegiani, A., Spaterna, A., Tesei, B., Rossi, G., & Cerquetella, M. (2020). Canine Traditional Laboratory Tests and Cardiac Biomarkers. *Frontiers in veterinary science*, 7, 320. DOI: 10.3389/fvets.2020.00320.
- Gordon, S. G., Wesselowski, S., Estrada, A. H., Braz-Ruivo, L., Morris, N., Häggström, J., O'Grady, M. R., & Malcolm, E. (2022). Prospective evaluation of the combined value of physical examination and biomarker variables in screening for preclinical dilated cardiomyopathy in Doberman Pinschers. *Journal of veterinary cardiology: the official journal of the European Society of Veterinary Cardiology*, 40, 69–83. DOI: 10.1016/j.jvc.2022.01.004.
- Hajri, T. (2018). Effects of oxidized lipids and lipoproteins on cardiac function. *Frontiers in bioscience (Landmark edition)*, 23(10), 1822–1847. DOI: 10.2741/4675.
- Huang, J. K., & Lee, H. C. (2022). Emerging Evidence of Pathological Roles of Very-Low-Density Lipoprotein (VLDL). *International journal of molecular sciences*, 23(8), 4300. DOI: 10.3390/ijms23084300.
- Jakubiak, G. K. (2024). Cardiac Troponin Serum Concentration Measurement Is Useful Not Only in the Diagnosis of Acute Cardiovascular Events. *Journal of Personalized Medicine*, 14(3), 230. DOI: 10.3390/jpm14030230.
- Jang, I. S., Yoon, W. K., & Choi, E. W. (2023). N-terminal pro-B-type natriuretic peptide levels in normotensive and hypertensive dogs with myxomatous mitral valve disease stage B. *Irish veterinary journal*, 76(1), 3. DOI: 10.1186/s13620-023-00233-0.
- José Lahm Cardoso, M., Fagnani, R., Zaghi Cavalcante, C., de Souza Zanutto, M., Júnior, A. Z., Holsback da Silveira Fertoni, L., Calesso, J. R., Melussi, M., Pinheiro Costa, H., & Yudi Hashizume, E. (2016). Blood Pressure, Serum Glucose, Cholesterol, and Triglycerides in Dogs with Different Body Scores. *Veterinary medicine international*, 2016, 8675283. DOI: 10.1155/2016/8675283.
- Kanno, N., Hori, Y., Hidaka, Y., Chikazawa, S., Kanai, K., Hoshi, F., & Itoh, N. (2016). Plasma atrial natriuretic peptide and N-terminal pro B-type natriuretic peptide concentrations in dogs with right-sided congestive heart failure. *The Journal of veterinary medical science*, 78(4), 535–542. DOI: 10.1292/jvms.15-0435.
- Kellihan, H. B., Mackie, B. A., & Stepien, R. L. (2011). NT-proBNP, NT-proANP and cTnI concentrations in dogs with pre-capillary pulmonary hypertension. *Journal of veterinary cardiology: the official journal of the European Society of Veterinary Cardiology*, 13(3), 171–182. DOI: 10.1016/j.jvc.2011.04.003.
- Klein, S., Nolte, I., Granados-Soler, J. L. et al. (2022). Evaluation of new and old biomarkers in dogs with degenerative mitral valve disease. *BMC Veterinary Research*, 18, 256. DOI: 10.1186/s12917-022-03343-z.
- Langhorn, R., & Willesen, J. L. (2016). Cardiac Troponins in Dogs and Cats. *Journal of veterinary internal medicine*, 30(1), 36–50. DOI: 10.1111/jvim.13801.
- Law of Ukraine No. 27 “On the Protection of Animals from Cruelty”. (2006, February). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3447-15#Text>
- Lee, H. C., Akhmedov, A., & Chen, C. H. (2022). Spotlight on very-low-density lipoprotein as a driver of cardiometabolic disorders: Implications for disease progression and mechanistic insights. *Frontiers in cardiovascular medicine*, 9, 993633. DOI: 10.3389/fcvm.2022.993633.
- Miller, W. L., & Jaffe, A. S. (2016). Biomarkers in heart failure: the importance of inconvenient details. *ESC heart failure*, 3(1), 3–10. DOI: 10.1002/ehf2.12071.
- Mobasher, A., & Cassidy, J. P. (2010). Biomarkers in veterinary medicine: Towards targeted, individualised therapies for companion animals. *Veterinary journal (London, England: 1997)*, 185(1), 1–3. DOI: 10.1016/j.tvjl.2010.04.003.
- Mori, N., Lee, P., Kondo, K., Kido, T., Saito, T., & Arai, T. (2011). Potential use of cholesterol lipoprotein profile to confirm obesity status in dogs. *Veterinary research communications*, 35(4), 223–235. DOI: 10.1007/s11259-011-9466-x.
- Mori, N., Okada, Y., Tsuchida, N., Hatano, Y., Habara, M., Ishikawa, S., Yamamoto, I., & Arai, T. (2015). Preliminary Analysis of Modified Low-Density Lipoproteins in the Serum of Healthy and Obese Dogs and Cats. *Frontiers in veterinary science*, 2, 34. DOI: 10.3389/fvets.2015.00034.
- Nemec Svete, A., Verk, B., Čebulj-Kadunc, N., et al. (2021). Inflammation and its association with oxidative stress in dogs with heart failure. *BMC Veterinary Research*, 17, 176. DOI: 10.1186/s12917-021-02878-x.
- Order of the Ministry of Education and Science, Youth and Sports of Ukraine No. 249 “On the Procedure for Conducting Experiments and Animal Experiments by Scientific Institutions”. (2012, March). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0416-12#Text>.
- Oyama, M. A. (2013). Using cardiac biomarkers in veterinary practice. *The Veterinary clinics of North America. Small animal practice*, 43(6), 1261–vi. DOI: 10.1016/j.cvsm.2013.07.010.
- Oyama, M. A. (2015). Using Cardiac Biomarkers in Veterinary Practice. *Clinics in laboratory medicine*, 35(3), 555–566. DOI: 10.1016/j.cll.2015.05.005.
- Oyama, M. A., & Singletary, G. E. (2010). The use of NT-proBNP assay in the management of canine patients with heart disease. *The Veterinary clinics of North America. Small animal practice*, 40(4), 545–558. DOI: 10.1016/j.cvsm.2010.03.004.
- Oyama, M. A., Fox, P. R., Rush, J. E., Rozanski, E. A., & Lesser, M. (2008). Clinical utility of serum N-terminal pro-B-type natriuretic peptide concentration for identifying cardiac disease in dogs and assessing disease severity. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 232(10), 1496–1503. DOI: 10.2460/javma.232.10.1496.

- Porter, A., Rozanski, E., Price, L. L., & Shaw, S. (2016). Evaluation of cardiac troponin I in dogs presenting to the emergency room using a point-of-care assay. *The Canadian veterinary journal La revue veterinaire canadienne*, 57(6), 641–645. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27247465>.
- Rubio, C. P., Saril, A., Kocaturk, M., Tanaka, R., Koch, J., Ceron, J. J., & Yilmaz, Z. (2020). Changes of inflammatory and oxidative stress biomarkers in dogs with different stages of heart failure. *BMC Veterinary Research*, 16(1), 433. DOI: 10.1186/s12917-020-02650-7.
- Sharkey, L. C., Berzina, I., Ferasin, L., Tobias, A. H., Lulich, J. P., & Hegstad-Davies, R. L. (2009). Evaluation of serum cardiac troponin I concentration in dogs with renal failure. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 234(6), 767–770. DOI: 10.2460/javma.234.6.767.
- Singletary, G. E., Morris, N. A., Lynne O'Sullivan, M., Gordon, S. G., & Oyama, M. A. (2012). Prospective evaluation of NT-proBNP assay to detect occult dilated cardiomyopathy and predict survival in Doberman Pinschers. *Journal of veterinary internal medicine*, 26(6), 1330–1336. DOI: 10.1111/j.1939-1676.2012.1000.x.
- Sjöstrand, K., Wess, G., Ljungvall, I., Häggström, J., Merville, A. C., Wiberg, M., Gouni, V., Lundgren Willesen, J., Hanås, S., Lequarré, A. S., Mejer Sørensen, L., Wolf, J., Tiret, L., Kierczak, M., Forsberg, S., McEntee, K., Battaille, G., Seppälä, E., Lindblad-Toh, K., Georges, M., & Höglund, K. (2014). Breed differences in natriuretic peptides in healthy dogs. *Journal of veterinary internal medicine*, 28(2), 451–457. DOI: 10.1111/jvim.12310.
- Somers, T., Siddiqi, S., Morshuis, W. J., Russel, F. G. M., & Schirris, T. J. J. (2023). Statins and Cardiomyocyte Metabolism, Friend or Foe? *Journal of Cardiovascular Development and Disease*, 10, 417. DOI: 10.3390/jcdd10100417.
- Spratt, D. P., Mellanby, R. J., Drury, N., & Archer, J. (2005). Cardiac troponin I: evaluation I of a biomarker for the diagnosis of heart disease in the dog. *The Journal of small animal practice*, 46(3), 139–145. DOI: 10.1111/j.1748-5827.2005.tb00304.x.
- Tropf, M., Nelson, O. L., Lee, P. M., & Weng, H. Y. (2017). Cardiac and Metabolic Variables in Obese Dogs. *Journal of veterinary internal medicine*, 31(4), 1000–1007. DOI: 10.1111/jvim.14775.
- Trpkovic, A., Resanovic, I., Stanimirovic, J., Radak, D., Mousa, S. A., Cenic-Milosevic, D., Jevremovic, D., & Isenovic, E. R. (2015). Oxidized low-density lipoprotein as a biomarker of cardiovascular diseases. *Critical reviews in clinical laboratory sciences*, 52(2), 70–85. DOI: 10.3109/10408363.2014.992063.
- Vlizio, V. V., Slivinska, L. G., & Maksymovych, I. A. (2014). *Laboratorna diagnostyka u veterynarnij medycyni: dovidnyk, 2-ge vyd. L'viv: Afisha (in Ukrainian)*.
- Wess, G., Simak, J., Mahling, M. & Hartmann, K. (2010). Cardiac Troponin I in Doberman Pinschers with Cardiomyopathy. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 24, 843–849. DOI: 10.1111/j.1939-1676.2010.0516.x.
- Wilshaw, J., Boswood, A., Chang, Y. M., Sands, C. J., Camuzeaux, S., Lewis, M. R., Xia, D., & Connolly, D. J. (2022). Evidence of altered fatty acid metabolism in dogs with naturally occurring valvular heart disease and congestive heart failure. *Metabolomics: Official journal of the Metabolomic Society*, 18(6), 34. DOI: 10.1007/s11306-022-01887-7.