

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ДІАГНОСТИКИ КАРДІОГЕННОГО НАБРЯКУ ЛЕГЕНЬ У КОТІВ

Т. М. ЛИХОЛАТ, аспірантка

<https://orcid.org/0000-0002-9863-2692>

Н. Г. ГРУШАНСЬКА, доктор ветеринарних наук, професор

<https://orcid.org/0000-0001-8447-2758>

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: zamorska1995@gmail.com

E-mail: grushanska_ng@nubip.edu.ua

[https://doi.org/10.31548/dopovidi.1\(107\).2024.017](https://doi.org/10.31548/dopovidi.1(107).2024.017)

***Анотація.** Рентгенографію органів грудної порожнини вважають достатньо ефективним тестом для виявлення кардіогенного набряку легень, однак результати іноді неоднозначні, і процес отримання рентгенограм може посилити респіраторний дистрес.*

Мета дослідження – порівняти ефективність діагностичних тестів під час моніторингу лікування котів за кардіогенного набряку легень.

Для дослідження використовували показники котів, які надходили в центр «Vet House» для стабілізації важкого стану за набряку легень.

Клінічно важливі діагностичні точки (ДТ) були визначені як початкове звернення для встановлення діагнозу кардіогенний набряк легень (тестування завершено протягом 6 годин після госпіталізації; ДТ1); виписки з лікарні (ДТ2); перше амбулаторне повторне обстеження після виписки з ветеринарного центру (ДТ3). На кожній із діагностичних точок проводили фіксацію діагностичних тестів: дані клінічного огляду; ультразвукова діагностика серця та легень; рентгенографія легень; тонометрія, пульсоксиметрія і лабораторне дослідження зразків венозної крові.

Для кожної ділянки порівнювали кількісні зміни у відсотках між ДТ1 і ДТ2 у кількості загальних В-ліній на ехограмах легень і ознак набряку легень на рентгенограмах. Під час ДТ2 права краніальна ділянка легені відрізнялася зменшенням В-ліній на ехограмах на 82 % і на 27 % – зменшенням набряку легень за рентгенографічної оцінки. У лівій краніальній ділянці реєстрували зменшення В-ліній на ехограмах на 81 % і на 31 % – ознак набряку легень на рентгенограмах. Каудальні ліва та права ділянки легень під час ДТ2 відрізнялися зменшенням В-ліній відповідно на ехограмах на 88 % та рентгенографічних ознак набряку легень на 75 %.

Встановлено, що за допомогою ультразвукової діагностики артефакти у формі В-ліній швидко змінюються під час зменшення ознак набряку легень, легко відстежуються. Метод є більш чутливим, порівняно з рентгенографією під час моніторингу перебігу кардіогенного набряку легень у котів.

Ключові слова: *застійна серцева недостатність, кардіоміопатія, моніторинг, пульсоксиметрія, рентгенографія легень, тонометрія, ехокардіографія*

Актуальність. Нещодавнім досягненням у діагностичній візуалізації пацієнтів із задишкою є ультразвукова діагностика легень (Reissig, & Copetti, 2011; Moore & Copel 2011). УЗ дослідження легень можна застосувати як «візуальний стетоскоп», який доповнює результати аускультатії та підвищує діагностичну точність під час клінічного огляду перед рентгенографією грудної клітки (Kobal, et al., 2005). Техніку УЗД можна використовувати для виявлення кардіогенного набряку легень за допомогою ідентифікації ультразвукових артефактів (В-ліній; які також називають артефактами «кільця вниз», «хвостами комет», «легеневими ракетами» тощо), що спричинені збільшенням кількості рідини в паренхімі легень (Volpicelli et al., 2012; Lichtenstein et al. 1997). В- лінії утворюються, коли невеликі, заповнені рідиною альвеоли, що знаходяться нижче порогу роздільної здатності ультразвукового променя, оточені повітрям, створюючи високий градієнт імпедансу. Ці артефакти ідентифікуються за допомогою УЗ дослідження як дискретні вузькі вертикальні гіперехогенні артефакти, що поширюються від плеврально-легеневого поділу до дальньої частини екрану ультразвукового

дослідження без згасання та рухаються синхронно з диханням (Lichtenstein & Mezière, 2008; Liteplo et al. 2009).

Ультразвукове дослідження легень є ефективним під час моніторингу перебігу набряку легень у пацієнтів із застійною серцевою недостатністю в гуманній медицині, при цьому В-лінії під час ехографії зменшуються протягом кількох годин і зникають протягом кількох днів після лікування діуретиками. Зменшення В-ліній також добре корелює з іншими маркерами зникнення лівосторонньої застійної серцевої недостатності, включаючи рентгенографію і NT-proBNP (N-кінцевий поліпептид натрійдіуретичного гормону) (Liteplo et al., 2010).

Дані, отримані у пацієнтів у відділенні невідкладної допомоги, свідчать про те, що ехографію можна використовувати для диференціації кардіогенних і некардіогенних причин задишки з високою чутливістю та специфічністю (Al Deeb et al., 2014; Prosen et al. 2011) і подібною або більш позитивною прогностичною цінністю, ніж вимірювання NT-proBNP (Liteplo et al., 2009; Prosen et al. 2011) або рентгенографія легень (Kobal et al., 2005).

Лихолат Т. М., Грушанська Н. Г.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Застійна серцева недостатність (ЗСН) у котів супроводжується респіраторним дистресом є небезпечним для життя тварини станом і основною причиною невідкладних візитів власників до лікарні (Lisciandro, 2011; Dickson et al., 2018). Кардіоміопатії, включаючи гіпертрофічну кардіоміопатію (ГКМП) і рестриктивну кардіоміопатію (РКМП), є поширеними захворюваннями серця у котів (Gargani, et al., 2008; Payne., Brodbelt., Luis Fuentes, 2015). Крім того, ГКМП був діагностований у 15 % клінічно здорових котів (Payne., Brodbelt., Luis Fuentes, 2015), що у деяких призводить до розвитку гострої серцевої недостатності, кардіогенного набряку легень, плеврального випоту або іноді артеріальної тромбоемболії (Payne., Brodbelt., Luis Fuentes, 2015). Хоча респіраторний дистрес, спричинений плевральним випотом, швидко зменшується за допомогою торакоцентезу, симптом, спричинений серцевою недостатністю, зазвичай потребує більш інтенсивної терапії та госпіталізації. Так, показник успішної виписки котів із діагнозом хронічна серцева недостатність, які були терміново госпіталізовані, після торакоцентезу, становив 76 % (42 з 55 котів) (Goutal et al., 2010).

Застійна серцева недостатність (ЗСН) є поширеною причиною

респіраторного дистресу у котів. Діагностика ЗСН у котів є особливо складною у тварин із респіраторним дистресом, що обмежує діагностичну оцінку, адже результати клінічного дослідження та рентгенографії у котів часто є неспецифічними. До 40 % котів із застійною серцевою недостатністю можуть не мати шуму в серці після первинного огляду на виявлення ознак респіраторного дистресу (Smith & Dukes-McEwan 2012). Крім того, відомо, що рентгенографічні ознаки набряку легень, збільшення лівого передсердя (ЛП) і розширення легневих вен у котів із хронічною серцевою недостатністю (ХСН) дуже різноманітні, що ще більше ускладнює діагностику (Schober, Wetl, Drost, 2014).

З'являються інші методи діагностики, такі як тестування біомаркерів на місці надання медичної допомоги і ультразвукове зображення, щоб полегшити більш своєчасну діагностику та спрямоване лікування ХСН у кішок. Тест N-кінцевого про-В-типу натрійуретичного пептиду (NT-proBNP) був корисним для швидкої та точної діагностики ЗСН у котів з респіраторним дистресом і плевральним випотом (Hezzell, et al 2016).

Однак, некардіальні захворювання (важкі респіраторні або ниркові), можуть підвищувати концентрацію NT-proBNP і

Лихолат Т. М., Грушанська Н. Г.

збільшувати ймовірність
хибнопозитивних результатів.
Ультразвукове дослідження легень і
сфокусоване ультразвукове
дослідження серця також
прискорюють ургентну діагностику
ХСН у котів (Hezzell, et al 2016).

За результатами УЗД легень можна встановити діагноз «кардіогенний набряк легень», виявляючи ультразвукові артефакти, які називаються В-лініями. Ці В-лінії, які також називають «легеневими ракетами», є лінійними, гіперехогенними, лазероподібними артефактами, які простягаються від плеврально-легеневого поділу до дальнього аспекту ультразвукового екрану без згасання та рухаються синхронно з диханням (Lisciandro, Fosgate, Fulton, 2014). Багато досліджень в гуманній медицині (Volpicelli, et al., 2012) і кілька – у ветеринарній (Rademacher, et al., 2014) встановили, що наявність численних В-ліній у пацієнтів із респіраторним дистресом свідчить про ХСН. І навпаки, відсутність В-ліній рішуче спростовує діагноз ХСН (Rademacher, et al., 2014). Однак, хоча В-лінії вказують на ХСН, ці артефакти також можуть бути присутніми у пацієнтів з іншими причинами накопичення рідини в альвеолярно-інтерстиціальних просторах легень (Rademacher, et al., 2014). Виявлення збільшення лівого передсердя під час ехокардіографії, виконане досвідченими клініцистами,

покращує точність діагностики ХСН, порівняно з клінічним обстеженням котів із респіраторним дистресом [23]. Однак, отримати оптимальне співвідношення лівого передсердя до аорти (LA: Ao) важко у тварин, які відчувають респіраторний дистрес, особливо у котів.

Кардіогенний набряк легень є найчастішою причиною вторинного респіраторного дистресу у котів, через підвищення гідростатичного тиску в судинах за лівосторонньої застійної серцевої недостатності (Kealy & McAllister, 2011; Hughes, 2004; Ferasin et al., 2003; Benigni, Morgan, Lamb, 2009). Передбачуваний діагноз «кардіогенний набряк легень» ґрунтується на анамнезі та результатах клінічного обстеження, однак інші респіраторні розлади можуть викликати схожі клінічні ознаки. Рентгенографія грудної клітки є корисним діагностичним методом для підтвердження та характеристики кардіогенного набряку легень. Крім того, відповідь на лікування діуретиками підтверджує спостережувані клінічні та рентгенологічні ознаки. У котів, на відміну від собак, плевральний випіт часто є додатковим проявом лівосторонньої застійної серцевої недостатності і це ускладнює рентгенологічну оцінку змін легеневої паренхіми (Ferasin. Et al., 2003). Рентгенологічні ознаки кардіогенного набряку легень у котів

Лихолат Т. М., Грушанська Н. Г.

добре описані у навчальній літературі (Kealy & McAlliste, 2011; Hughes, 2004). Однак, лише кілька оригінальних досліджень спеціально сфокусовані на результатах рентгенографічних досліджень тварин за кардіогенного набряку легень (Benigni, Morgan, Lamb, 2009; Ward, Liscandro, DeFrancesco, 2018; Shober, Whatley, Drost, 2014). Рентгенологічні ознаки за кардіогенного набряку легень можуть варіювати від перибронхіальних неструктурованих інтерстиціальних до змішаних інтерстиціальних і альвеолярних легневих картин, залежно від тяжкості накопичення рідини (Kealy & McAlliste, 2011; Hughes, 2004). Однак, кардіогенний набряк легень у котів відомий своїм мінливим зовнішнім виглядом, особливо щодо поширення та розташування. В одному попередньому дослідженні, проведеному на 23 котах, повідомлялося, що кардіогенний набряк легень є переважно дифузним/нерівномірним у легневих полях із переважною вентральною локалізацією (Hassdenteufel et al., 2013).

Отже, рентгенографія органів грудної порожнини вважається достатньо ефективним тестом для виявлення кардіогенного набряку легень; однак результати іноді неоднозначні, і процес отримання рентгенограм може посилити респіраторний дистрес у чутливого до

нього пацієнта. Дослідження діагностичної ефективності УЗД органів грудної порожнини у котів за кардіогенного набряку легень в доступній нам літературі висвітлено недостатньо.

Мета – порівняти ефективність діагностичних тестів під час моніторингу лікування котів за кардіогенного набряку легень.

Матеріали та методи досліджень. Проведена оцінка записів з електронної бази даних ветеринарного центру «Vet House», м. Вінниця у період 2019–2022 років. Для дослідження використовували показники котів, які надходили в центр «Vet House» для стабілізації важкого стану за набряку легень. Діагноз кардіогенний набряк легень ґрунтувався на комбінації: клінічних ознак і результатів клінічного дослідження, що відповідають кардіогенному набряку легень, ехокардіограма, що підтверджує наявність кардіоміопатії, рентгенографії грудної клітки, що демонструє наявність інтерстиціального або альвеолярного легневого малюнка, що відповідає кардіогенному набряку легень; та позитивна клінічна відповідь на застосування фуросеміду (зниження частоти дихання). Додаткові критерії включали виконання наступних діагностичних тестів протягом 6 годин після госпіталізації: УЗД легень, рентгенографія легень, тонометрія, пульсоксиметрія і взяття

Лихолат Т. М., Грушанська Н. Г.

зразків венозної крові для лабораторної діагностики.

Клінічно важливі діагностичні точки (ДТ) були визначені як початкове звернення для встановлення діагнозу «кардіогенний набряк легень» (тестування завершено протягом 6 годин після госпіталізації (ДТ1); виписка з ветеринарного центру (тестування завершено протягом 2 годин після виписки з ветеринарного центру (ДТ2); перше амбулаторне повторне обстеження після виписки з ветеринарного центру (ДТ3); та подальші повторні обстеження (ДТ4+). Тварини вважалися стабільними для виписки з ветеринарного центру (ДТ2), з частотою дихання <30 дихальних рухів на хвилину. Загальне клінічне дослідження, ЕхоКГ, УЗД, рентгенографія, лабораторна діагностика, тонометрія та пульсоксиметрія були виконані на кожній ДТ. Частоту дихання, серцебиття та термометрію проводили під час УЗД легень на кожній ДТ. Щоб визначити пріоритет стабільності тварини при ДТ1, фармакологічне лікування кардіогенного набряку легень було дозволено до проведення діагностики або між рентгенографією легень та УЗД легень.

Спеціальні дослідження клінічного стану тварин проводили на базі центру «Vet House», з використанням ультразвукового

апарату (GE Logiq E9, країна-виробник США) та рентгенівського апарату (GE 46-270615P2H, країна-виробник Японія). Ультразвукове дослідження проводили з використанням мікроконвексного датчика. Для ультразвукового дослідження легень використовували базовий ультразвуковий пристрій, оснащений мікроконвексним датчиком з частотою 4,0–10,0 МГц. Зображення були отримані з чотирьох стандартизованих акустичних вікон над кожним гемітораком із котами, які стояли або лежали на грудині, для загальною 8 ділянок УЗД (каудодорсальна, перигілярна, середня та краніальна ділянки). З кожного сайту було знято та заархівовано трисекундні кінопетлі. Кожна ділянка оцінювалася на наявність В-ліній у режимі реального часу. За наявності, максимальна кількість В-ліній у міжреберному проміжку була зареєстрована як 0, 1, 2, 3, >3 або нескінченна. Нескінченні В-лінії були записані, якщо численні об'єднані В-лінії не можна було розрізнити окремо. Сайти з >3 або нескінченними В-лініями були оцінені як сильно позитивні сайти. Загальна оцінка В-лінії та загальна кількість сильно позитивних ділянок були підсумовані та записані для кожного УЗД-дослідження, при цьому >3 та нескінченна кількість В-ліній на міжребер'я реєструвалися як 4 та 10 В-ліній, відповідно, для

Лихолат Т. М., Грушанська Н. Г.

загального підрахунку В-ліній. Після отримання 4 правосторонніх знімків і перед скануванням лівого гемітораксу проводилось ультразвукове сканування серця, що включало двовимірне зображення основи серця по короткій осі з права парастернально, оптимізоване для вимірювання співвідношення LA : Ao. Наявність або відсутність перикардіального випоту також було відмічено з точки зору LA: Ao . Ультразвукова діагностика серця базувалася на двох різних двовимірних ехокардіографічних методах: вимірюванні діаметра лівого передсердя (LA) і кореня аорти (Ao) у ранній діастолі з правої парастернальної проекції по короткій осі біля основи серця для розрахунку співвідношення LA:Ao та діаметра LA вимірювання з правого парастернального чотирикамерного огляду по довгій осі в кінці систоли.

На підставі результатів ехокардіографії коти були розділені на окремі групи. Перша група «фенотип гіпертрофічної кардіоміопатії (ГКМП)» – максимальна кінцева діастолічна товщина стінки лівого шлуночка (ЛШ) на проекції по короткій осі на рівні папілярного м'яза або на проекції з чотирьох камер по довгій осі та виносного тракту ЛШ становила ≥ 6 мм. Друга група «фенотип дилатаційної кардіоміопатії (ДКМП)» – товщина стінки міокарда ЛШ ≤ 5 мм, збільшеним внутрішнім

діаметром ЛШ (тобто діаметр ЛШ у діастолі >14 мм) і частковим укороченням $<28\%$. Третя група «фенотип рестриктивної кардіоміопатії (РКМП)» – розширення LA або двопередсердне розширення з легким потовщенням стінки лівого шлуночка або без нього.

Рентгенографія легень виконувалась у трьох проекціях: латеральна права, латеральна ліва і вентродорсальна. Проведено оцінку силуету серця, легеневих судин і легеневої паренхіми. Інтерстиціальні та/або альвеолярні рисунки класифікували відповідно до їх розподілу (тобто дифузний, мультифокальний або фокальний). Для оцінки розподілу та тяжкості інтерстиціальних або альвеолярних інфільтратів, грудна клітка дорсовентрально була розділена вертикальною лінією вздовж хребта, яка проходить від грудного входу через середину грудної клітки та перпендикулярною лінією через кіль, утворюючи 4 квадранти (лівий краніальний, лівий каудальний, правий краніальний і правий каудальний). Кожен квадрант отримав оцінку: 0 (без інфільтратів), 1 (інфільтрати, що вражали $<25\%$ квадранта), 2 (уражені $25-50\%$ квадранта), 3 (уражені $50-75\%$ квадранта) або 4 (уражено $75-100\%$ квадранта). Сума квадрантів була записана з максимальним потенційним балом набряку легень. Оцінку легеневої паренхіми

Лихолат Т. М., Грушанська Н. Г.

проводили, спочатку враховуючи наявність інтерстиціальної або змішаної (тобто інтерстиціальної та альвеолярної) картини, що свідчить про кардіогенний набряк легенів. Після цього рентгенографічні картини були класифіковані відповідно до локалізації таким чином: дифузні, коли задіяні всі легеневі поля; перигілярні або вогнищеві, коли залучена одна або більше часток легень. Асиметричний рентгенографічний розподіл фіксували, коли була залучена лише одна частка легень або 2 іпсилатеральні частки; всі інші розподіли вважалися симетричними.

Лабораторні дослідження крові здійснювали на базі діагностичної лабораторії ветеринарного центру. Взяття крові в котів проводили з латеральної чи медіальної вени тазових кінцівок (v. safena). Визначення концентрації Калію, Натрію, Хлору, лактату та показника рН проводили на напіваавтоматичному біохімічному аналізаторі Genrui GE-1. Реагент – пак GE500 (фірма «Genrui», Китай). Вимірювання проби здійснювалося іон-селективними електродами упродовж 1 хв. Для проведення аналізу проби використовували 100 мкл крові.

Статистичний аналіз проводили з використанням персонального комп'ютера та програми Microsoft Office Excel 2007. Для описового аналізу вказані діапазон даних (R – мінімальне та максимальне значення

у вибірці), середнє арифметичне ($\bar{x}$ – сума всіх фіксованих значень вибірки поділена на кількість доданків), стандартна помилка середнього ($\pm m$ – показник точності середнього значення вибірки), середнє квадратичне відхилення (σ – показник розкиду значень випадкової величини відносно її математичного сподівання), медіана ($\tilde{x}$ – величина, що розташована в середині ряду величин), міжквартильний діапазон (IQR – міра розпорошення набору даних, що виражає різницю між 1 та 3 квартилями). Кількість тварин подана як абсолютне значення (n) та відносне (%). Значущість різниці між двома групами перевіряли з використанням т-критерія Ст'юдента. Нормальність розподілу перевіряли за правилом трьох сигм.

Для неінвазивного моніторингу насиченості крові киснем (SpO₂) та частоту пульсу вимірювали пульсоксиметром UT100V (Китай). Пристрій працює з датчиками, що забезпечують вимірювання SpO₂ і частоти пульсу в тварин. Датчик розміщували на непігментованій ділянці, зазвичай це слизові оболонки язика та губ, а також препуцій, вульва, вухо або перетинки між пальцями кінцівок.

Для неінвазивного автоматизованого моніторингу артеріального тиску використовували автоматичний тонометр Pettrust (фірма «BioCare», Тайвань), прилад акумуляторного типу, який вимірює

Лихолат Т. М., Грушанська Н. Г.

артеріальний тиск (сistolічний, діастолічний та середній) і частоту пульсу в котів на основі принципу плетизмографії. Манжету приладу накладали на основу хвоста тварини. Вираховували середнє значення з 3–4 вимірювань цих показників.

Зразки венозної крові, тонометрію та пульсоксиметрію проводили під час кожної ДТ.

Остаточний результат (дата та причина смерті або дата останнього спостереження, якщо вони живі) реєстрували для всіх котів наприкінці періоду дослідження. Ранній рецидив застійної серцевої недостатності визначався протягом 90 днів після ДТ1.

Результати. Було обстежено 48 котів із діагнозом «кардіогенний набряк легень». Середня маса тіла тварин становила 4,7 (2,1–7,4) кг. Середній вік тварин 8.5 років (від 2 до 15 років). Серед досліджених котів з ознаками кардіогенного набряку легень нами встановлено породні особливості. Це коти різних порід та метиси, з них: британська короткошерста – 16 тварини, європейська короткошерста – 14, шотландська прямоуха – 8, сфінкс – 4, мейнкун – 3, бенгальська – 2, гімалайська – 1. У котів з симптомами кардіогенного набряку легень виявили кардіоміопатію, серед них у:

38 тварин виявили гіпертрофічну кардіоміопатію (ГКМП), 5 тварин – реструктивну кардіоміопатію (РКМП), у 4 тварин – дилатаційну кардіоміопатію (ДКМП), 1 тварини – некласифіковану кардіоміопатію (НКМП).

У тварин, в яких було діагностовано набряк легень, виявлено зміни під час аускультатії легень та серця (шум, ритм галопу, аритмія). У тварин відмічались найчастіше тахіпное, диспное, ортопное, респіраторний дистрес. У пацієнтів виявляли аритмії, шум, слабкий/ниткоподібний пульс та подовження часу наповнення капілярів (ШНК). Під час огляду виявляли бліді слизові оболонки, слабкий пульс, іноді зниження температури тіла під час ректального вимірювання. Для підтвердження діагнозу використовували спеціальні методи дослідження (рентгенографію грудної порожнини, ультразвукову діагностику легень та ехокардіографію, дослідження крові).

Дані клінічного та фізикального обстеження котів з ознаками кардіогенного набряку легень на ДТ1-ДТ3 наведено в Таблиці 1. Двох котів піддали евтаназії між ДТ2 і ДТ3 через гостре ураження нирок, у шести котів – летальний результат між ДТ1 і ДТ2.

Лихолат Т. М., Грушанська Н. Г.

1. Клінічні дані та діагностичні результати під час госпіталізації (ДТ1), виписці з клініки (ДТ2) і першому повторному огляді (ДТ3) для котів із діагнованим кардіогенним набряком легень, $M \pm m$

Показник	ДТ1	ДТ2	ДТ3
n	48	42	40
Температура тіла (°C) Lim min-max	37,0 ± 2 32,0–39,4	38,5 ± 1 37,5–39,2	38,5 ± 1 37,7–39,3
Частота дихання (дих/рух/хв) Lim min-max	86 ± 25 40–240	33,0 ± 11 25–60	31,0 ± 11 22–55
Частота серцевих скорочень (уд/хв) Lim min-max	166 ± 27 109–227	130 ± 25 111–240	120 ± 25 110–212
УЗД (загальний бал В-лінії) Lim min-max	33 ± 20 13–53	15 ± 15 0–32	0 0–2
УЗД (загальна кількість сильних позитивних сайтів) Lim min-max	8 ± 2 6–8	3 0–5	0 0–1
Рентгенографія (оцінка набряку) Lim min-max	8 ± 2 6–8	6 ± 2 4–8	0 0–8

Примітка. Різниця між показниками котів діагностичних точок виявилась статистично значимою, $P < 0,05$.

Виконання УЗД легень було технічно можливим (усі зображення отримані на всіх 4 анатомічних ділянках у кожному геміторахсі) для всіх пацієнтів. Результати загальної оцінки В-лінії та кількості сильних позитивних сайтів для ДТ1-3 наведено в Таблиці 1. Середній час між госпіталізацією та ДТ1 УЗД становив 2 (діапазон 0,5-3) години. Середній час між ДТ1, УЗД та ДТ2 УЗД становив 24 (діапазон, 16-90) години, що приблизно відповідає тривалості госпіталізації для початкової діагностики та лікування кардіогенного набряку легень котів. Принаймні одна сильно позитивна ділянка УЗД (>3 В-ліній на ділянці) була присутня у всіх котів на ДТ1. Як

загальний бал В-лінії, так і кількість сильних позитивних сайтів були знижені при ДТ2 порівняно з ДТ1; середній відсоток зменшення загальної кількості В-ліній між ДТ1 і ДТ2 становив 88 %, а середній відсоток зменшення в сильних позитивних ділянках становив 84 %. На рисунку 1 продемонстровано покращення в одній ділянці УЗД між ДТ1 і ДТ2 у досліджуваного кота. Перший контрольний огляд (ДТ3) відбувся в середньому через 14 днів (діапазон 7-120 днів) після виписки з ветеринарного центру. Данні ультразвукового дослідження легень (загальний бал В-лінії і кількість сильних позитивних ділянок)

Лихолат Т. М., Грушанська Н. Г.

залишалися нижчими під час ДТЗ,
порівняно з ДТ1.

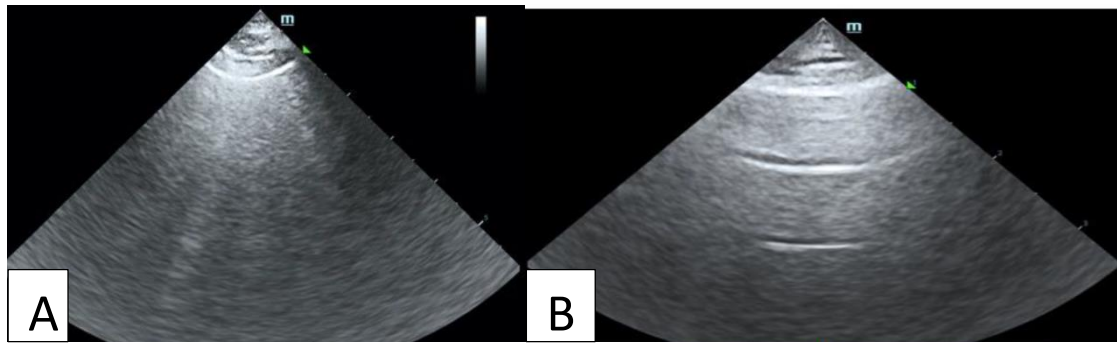


Рис. 1. Зображення УЗД легень одного досліджуваного кота під час первинної діагностики кардіогенного набряку легень (А) порівняно з випискою з клініки після лікування (В). На рисунку (А) нескінченні об'єднані В-лінії, тоді як (В) демонструє розділення В-ліній і повернення нормальних артефактів А-ліній УЗД

Результати рентгенограми грудної клітки при ДТ1-3 зведені в Таблиці 1. Середній час від госпіталізації до ДТ1 рентгенографії становив 2 (діапазон, 0,5-4) години. Десятьом котам завершили рентгенографію грудної клітки перед УЗД легень на ДТ1, тоді як у решти 38 досліджуваних котів УЗД виконали спочатку. Середній абсолютний час між методами візуалізації на ДТ1 становив 1 (діапазон, 0,5-4) години. Порівняно з ДТ1, показник набряку рентгенографічною діагностикою знизився на ДТ2 і ДТ3 із середнім зниженням відповідно на 60 % і 100 %. Не було різниці між показниками набряку рентгенографічним дослідженням при ДТ2 і ДТ3.

Розподіл набряку легень при ДТ1 відрізнявся між УЗД та рентгенографією, так само як і картина зникнення набряку легень

між ДТ1-ДТ2. Розподіл В-ліній був відносно рівномірним для всіх сайтів УЗД як під час ДТ1, так і – ДТ2. Не відрізнявся розподіл В-ліній та сильних позитивних ділянок між лівим і правим гемітораками в ДТ1-ДТ2. На УЗД спостерігали зменшення кількості В-ліній і сильних позитивних сайтів для всіх 8 окремих сайтів УЗД між ДТ1 і ДТ2 (Рис. 2,3). Результати рентгенографічної діагностики під час ДТ1, на відміну від УЗД, свідчать про більш інтенсивніший набряк у правих краніальних квадрантах легень порівняно з лівим краніальними квадрантами. Ця розбіжність рентгенографії не зберігалася на ДТ2, без різниці в розподілі набряку легень між правою та лівою гемітораками, хоча зменшення показників набряку на ДТ2 спостерігалось як для правого, так і для лівого гемітораку порівняно з ДТ1.

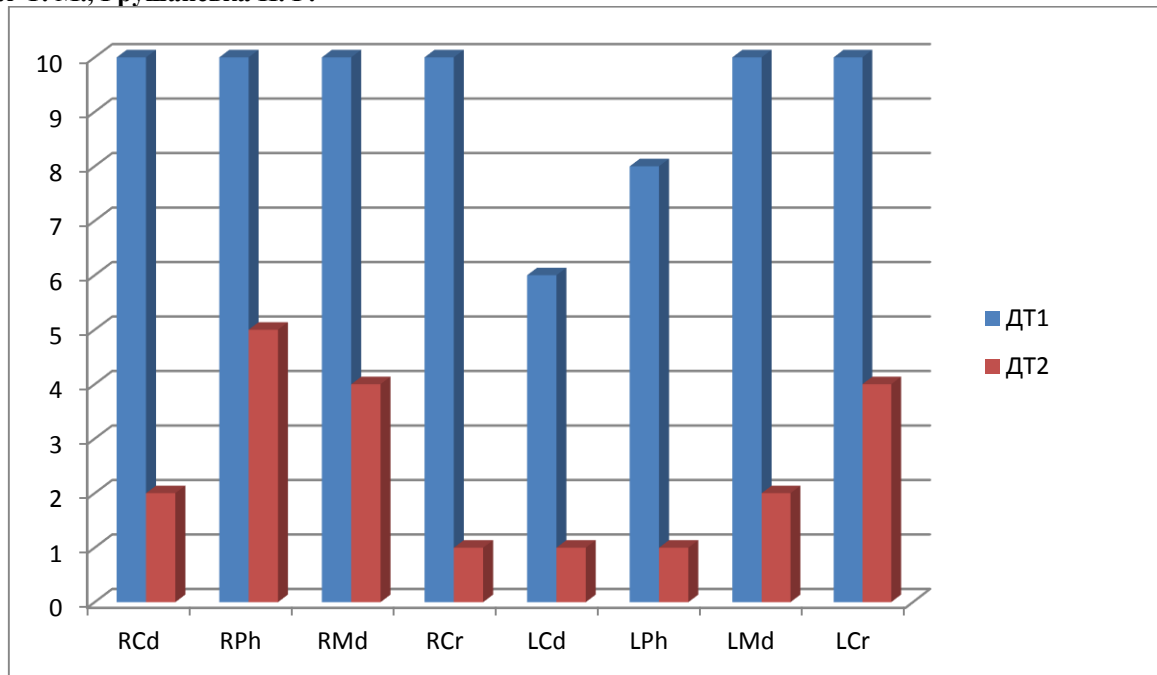


Рис. 2. Кількість В-ліній у кожному з 8 окремих ділянок ультразвукового дослідження легень у порівнянні між госпіталізацією (ДТ1) і випискою (ДТ2) у 48 тварин з кардіогенним набряком легень. Cd (каудальний); Cr (краніальний); Md (середній); Ph (перигілярний); R (праворуч); L (ліворуч)

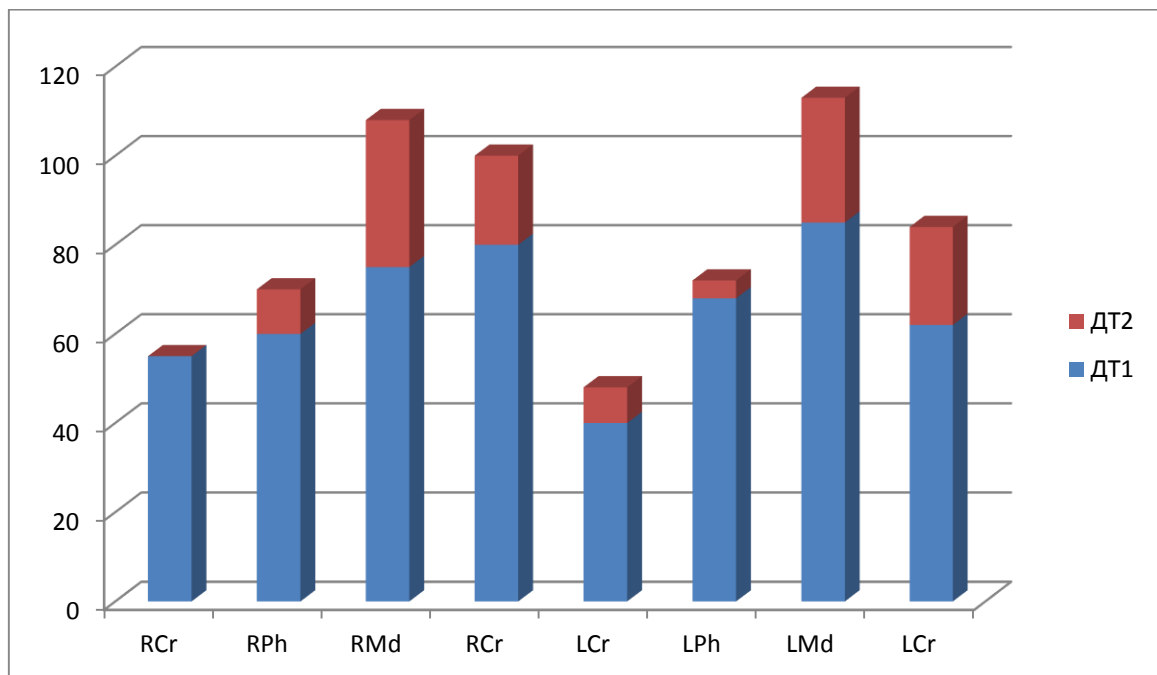


Рис. 3. Відсоток котів із сильними позитивними результатами ультразвукового дослідження легень (>3 В-лінії) у кожному з 8 окремих ділянок УЗД у порівнянні між госпіталізацією (ДТ1) і випискою з клініки (ДТ2) у 48 котів з кардіогенним набряком легень. Cd (каудальний); Cr (краніальний); Md (середній); Ph (перигілярний); R (праворуч); L (ліворуч)

Лихолат Т. М., Грушанська Н. Г.

Відсоткову зміну між ДТ1 і ДТ2 у загальних В-лініях УЗД легень і балах рентгенографічної діагностики порівнювали для кожної ділянки. Спостерігали зменшення В-ліній на ехограмах у відсотковій різниці між ДТ у правій краніальній ділянці на 82 % і лише 27 % – зменшення показника набряку легень за рентгенографічної діагностики. Зменшення В-ліній на ехограмах лівої краніальної ділянки на 81 % і 31 % – зменшення показників набряку легень під час рентгенографії. Каудальні ліва та права ділянки легень незначно відрізнялися між УЗД і рентгенографічною діагностикою щодо відсоткової зміни між ДТ1 і ДТ2 і складали відповідно 88 % та 75 %.

Обидва індекси УЗД (загальна оцінка В-лінії та кількість позитивних ділянок) корелювали з іншими діагностичними маркерами набряку легень на момент початкового діагнозу. Загальна кількість В-ліній і позитивних ділянок корелювала з частотою дихання, серцебиття, термометрією, показниками пульсової оксиметрії, показником набряку рентгенографічної діагностики та даних аналізів крові під час ДТ1. Відсоткове зниження загальної кількості В-ліній і позитивних ділянок від ДТ1-ДТ2 або ДТ1-ДТ3 також корелювались з відсотковим зниженням серед інших даних моніторингу кардіогенного

набряку легень протягом цих періодів. На відміну від цього, відсоткове зниження показника набряку рентгенографічної діагностики від ДТ1-ДТ2 позитивно корелювало з відсотковим зниженням частоти дихання, пульсової оксиметрії та даних аналізів крові але не корелювало з відсотковим зниженням інших клінічних показників контролю за перебігом кардіогенного набряку легень.

Результати показників лабораторної діагностики Калію, Натрію, Хлору та кислотно-лужної рівноваги, тонометрії та пульсоксиметрії при ДТ1-ДТ2 наведені в Таблиці 2.

Середній час від госпіталізації до ДТ1 лабораторної діагностики, тонометрії та пульсоксиметрії становив 2 (діапазон, 1-4) години. Двадцятьом котам даний моніторинг проводили перед УЗД та рентгенографією легень на ДТ1, тоді як у решти 28 досліджуваних котів після УЗД легень, але перед рентгенографією; середній абсолютний час між методами моніторингу на ДТ1 становив 0,5 (діапазон, 0,5-4) години. Порівняно з ДТ1, показник набряку на рентгенограмах знизився під час ДТ2 і ДТ3 із на 60 % і 100 % відповідно. Не було різниці між показниками набряку на рентгенограмах під час досліджень ДТ2 і ДТ3.

Лихолат Т. М., Грушанська Н. Г.

2. Біохімічні показники плазми крові та рН крові котів за кардіогенного набряку легенів під час госпіталізації (ДТ1) та виписки з клініки (ДТ2), $M \pm m$

Показник	ДТ1 (n=48)	ДТ2 (n=42)	Фізіологічні межі
рН	7,25±0,5	7,37±0,5	7,34–7,43
Lim _{min-max}	7,2–7,3	7,35–7,4	
Натрій, ммоль/л	139,5± 5,5	148,5± 6,5	148–156
Lim _{min-max}	134–145	142–155	
Калій, ммоль/л	3,31±1	3,75±0,85	3,4–4,7
Lim _{min-max}	2,79–4,26	2,9–4,6	
Хлор, ммоль/л	113,5±5,0	119,0±7,0	117–123
Lim _{min-max}	109–118	112–126	
Лактат, ммоль/л	5,9±0,5	1,6±0,6*	1,15–1,33
Lim _{min-max}	0,7–11,2	1,0–2,2	

Примітка. * - $P \geq 0,05$, порівняно з ДТ1

У 30 тварин реєстрували респіраторний ацидоз, у 18 – показники кислотно-лужної рівноваги не виходили за фізіологічні межі. Ацидоз виникає, коли рН нижче фізіологічної межі. Респіраторний ацидоз є серйозним ускладненням і вказує на наявність дихальної недостатності, що виникає внаслідок кардіогенного набряку легень. Респіраторний ацидоз також може виникати через зниження альвеолярної вентиляції, спричинене нервово-м'язовими аномаліями, пов'язаними з гіпокаліємією ($K^+ < 3$ ммоль/л) і пригніченням дихального центру.

Підвищений рівень лактату в крові виникає, коли швидкість продукування лактату перевищує швидкість кліренсу лактату. Найбільш клінічно важливою причиною підвищення лактату у котів з кардіогенним набряком легень є гіперперфузія та гіпоксія. Лактат не вважається кардіологічним біомаркером. Його перевагою є

низька вартість та легкість визначення. Крім того, накопичення лактату в кровотоці може свідчити про неналежну перфузію тканин, що було пов'язано з погіршенням клінічних умов у пацієнтів із множинною патологією, особливо у відділеннях інтенсивної терапії. У цьому дослідженні ми намагалися дослідити концентрацію лактату в крові у котів з кардіогенним набряком легень на основі передумови, що знижений серцевий викид і надмірна активація симпатичної нервової системи та ренін-ангіотензин-альдостеронової системи, як відомо, спричиняють невідповідний розподіл крові по всьому тілу, що призводить до гіпоксії та гіперлактатемії (Jorge Cardoso Silva-Filho, et al., 2018). У цьому дослідженні було показано, що вміст лактату в крові підвищується з посиленням застійних явищ, що, ймовірно, є причиною збільшення гіперперфузії. Легка системна гіперперфузія пов'язана з концентрацією лактату в плазмі від

Лихолат Т. М., Грушанська Н. Г.

2,5 до 4,9 ммоль/л, тоді як помірна та важка гіперперфузія призводить до концентрації лактату між 5 і 7 ммоль/л та >7 ммоль/л відповідно. Результати нашого дослідження чітко вказують на зростання погіршеної доставки кисню до тканин із загостренням застійної серцевої недостатності, оскільки у котів ДТ2 концентрація лактату в крові була на 72,8 % нижчою, порівняно з цим показником тварин ДТ1.

Вміст Na, Cl і K у котів під час ДТ1 були на 9,4, 6,8 та 17,9 % відповідно нижче, порівняно з нижньою фізіологічною межею. У водній фазі рідин організму Натрій присутній у вигляді заряджених частинок. Натрій є основним фактором, що визначає осмолярність плазми, при цьому гіпернатріємія та гіпонатріємія майже завжди пов'язані з гіперосмолярністю та гіпоосмолярністю. Ймовірною причиною гіпонатріємії у тварин з набряком легень є серцева недостатність. Це може бути наслідком помітно підвищеного накопичення рідини в кровоносній системі, опосередкованого неосмотичним вивільненням вазопресину у відповідь на неадекватний серцевий викид (DiBartola, 2012). Концентрація Cl в сироватці може бути змінена водним балансом. Зміни концентрацій Cl і Na в плазмі пропорційні. Щоб врахувати зміни у водному балансі, концентрація Cl повинна бути оцінена

в поєднанні зі змінами концентрації Na; такий підхід дозволяє розділити порушення Cl на артефактні та скориговані зміни. Скорегована концентрація Cl розраховується як $Cl \times 156/Na$. Нормальна скорегована концентрація Cl у крові котів становить орієнтовно 117-123 ммоль/л (Johnson & de Moraes, 2012). За результатами нашого дослідження, середня скорегована концентрація Cl становила 113,5 ммоль/л, що є нижче нижньої фізіологічної межі. Калій є основним внутрішньоклітинним катіоном у клітинах ссавців. У котів загальна концентрація Калію в організмі становить близько 55 ммоль/кг маси тіла. Приблизно 95 % або більше загального Калію в організмі міститься у внутрішньоклітинній рідині, а решта 5 % – у позаклітинній рідині. Під час транслокації, концентрація Калію в сироватці може змінюватися без змін загального вмісту калію в організмі. Гіпокаліємія пов'язана зі зниженим споживанням калію, переміщенням Калію і збільшенням втрати Калію. Гіпокаліємія у кішок з кардіогенним набряком легень може виникнути внаслідок зниження споживання Калію внаслідок анорексії (Johnson & de Moraes, 2012). Гіперкаліємія може виникнути у котів за кардіогенного набряку легень внаслідок обміну K^+ і H^+ у стані ацидозу або реперфузійного ушкодження (Johnson & de Moraes, 2012). У десяти котів

Лихолат Т. М., Грушанська Н. Г.

дослідної групи відмічали гіперкаліємію.

Артеріальний тиск вимірювали неінвазивним осцилометричним методом (таблиця 3). Серед досліджуваних котів чотири кішки вважалися гіпотензивними (<90 мм рт. ст.). Середній артеріальний тиск

повинен бути вище 60 мм рт. ст., щоб забезпечити перфузію життєво важливих органів, таких як мозок і нирки. Для підтримки артеріального тиску тваринам з ознаками гіпотонії використовувати добутамін або дофамін у вигляді інфузії з постійною швидкістю.

3. Показники тонометрії та пульсоксиметрії котів за кардіогенного набряку легенів під час госпіталізації (ДТ1) та виписки з клініки (ДТ2), $M \pm m$

Показник	ДТ1 (n=48)	ДТ2 (n=42)	Фізіологічні межі
Середній артеріальний тиск, мм рт. ст.	141,5±53	132,5±33	100-150
Lim min-max	88-195	99-166	
Насичення гемоглобіну киснем, %	72±17	92±7	95-99
Lim min-max	55-89	85-99	

Для оцінювання концентрації насиченого киснем гемоглобіну в крові дослідних тварин, використовували пульсову оксиметрію (SpO_2). Пульсова оксиметрія швидка, неінвазивна і легко переноситься більшістю пацієнтів. Нормальні значення SpO_2 для пацієнта, який дихає повітрям кімнати, складають 95–99 %. Пацієнтів з SpO_2 менше ніж 93 % вважали гіпоксемічними і вони потребували додаткової оксигенації (Zamorska & Grushanska, 2012). Серед котів дослідної групи 8 тваринам було застосовано штучну вентиляцію легень, показники оксигенації цих тварин були нижчими 70 %.

Результати наших досліджень узгоджуються з попередніми дослідженнями, в яких параметри дихання та гемодинаміки

покращилися у всіх пацієнтів між ДТ1 та дослідженням через 24 години. Під час остаточної оцінки ехограм легень 75 % апікальних і лише 38 % базальних областей були без ознак набряку легень (Cortellaro, et al., 2016).

Згідно досліджень J. L. Ward et al. УЗД легень показало більшу кількість позитивних квадрантів на пацієнта ніж рентгенографія, а тварини з лівосторонньою застійною серцевою недостатністю частіше мали на УЗД дифузний або двосторонній каудальний набряк легень (Jessica et al., 2018). За результатами наших досліджень з'ясовано, що розподіл В-ліній був відносно рівномірним для всіх сайтів на ехограмах легень як під час ДТ1, так і ДТ2. Результати цих досліджень узгоджуються з

Лихолат Т. М., Грушанська Н. Г.

попередніми дослідженнями (Lyholat et al., 2023).

Розподіл позитивних ділянок на ехограмах легень у тварин дослідної групи свідчить про те, що найпоширенішими позитивними ділянками є права та ліва середні ділянки легень, які і були найчастіше уражені. Це відрізняється від результатів ехографічного дослідження собак із кардіогенним набряком легень Lisciandro G.R. et al., які встановили, що перигілярний і каудодорзальний квадранти були частіше позитивними у невеликій кількості хворих тварин (Lisciandro, Fosgate, Fulton, 2014). Також відмінні результати дослідження Diana A. et al., під час рентгенографічного розподілу кардіогенного набряку легень у собак (Diana et al., 2009). Можливим поясненням цих відмінностей є те, що краніальні та каудодорсальні ділянки можуть бути технічно складнішими для зображення, і якість зображення в цих місцях може бути нижчою.

У досліджуваних котів частота серцевих скорочень, частота дихання, артеріальний тиск, пульсоксиметрія, термометрія, рН, електролітів і рівень лактату покращились на ДТ2.

У котів, у яких спостерігався рецидив кардіогенного набряку легень, певні клінічні параметри під час цих рецидивів відрізнялися, порівняно з відповідними параметрами за первинного набряку легень під час ДТ1. Порівняно з ДТ1,

повторні епізоди кардіогенного набряку легень у тварин мали меншу кількісну характеристику В-ліній та кількість позитивних сайтів УЗД, нижчі показники рентгенографічної діагностики набряку, меншу частоту дихання, проте вищі значення співвідношення LA: Ao. Частота серцевих скорочень та температура тіла суттєво не відрізнялись.

Значні зміни частоти дихання, температури тіла та частоти серцевих скорочень були встановлені між ДТ1 і ДТ3. Показники рівня пульсової оксиметрії та електролітів були нижчими під час ДТ1, порівняно з ДТ2, але відрізнялися не значно між ДТ2 і ДТ3. Середні показники були вищими для ДТ3, ніж для ДТ1, що відповідало покращенню якості життя від госпіталізації до першого повторного огляду після виписки. Відмічались значні відхилення показників лактату та рН між ДТ1-2, до ДТ2 вони значно знизились до показників норм і стабілізувались повноцінно на ДТ3. Показники тонометрії між ДТ1-2 змінилися не значно, і були стабільними лише на ДТ3, завдяки підтримуючій терапії в домашніх умовах.

Отже, показники УЗД легень у котів, включаючи загальну кількість В-ліній і кількість позитивних ділянок, покращилися від початкового діагнозу кардіогенний набряк легень до виписки з клініки з продовженням покращення при першому повторному обстеженні.

Лихолат Т. М., Грушанська Н. Г.

Найбільш значуще зниження рівня В-ліній відбулося між першими 2 ДТ (середній інтервал у 24 години), коли застосовувалося агресивне медикаментозне лікування для контролю кардіогенного набряку легень. Обидва індекси УЗД (загальна оцінка В-лінії та загальна кількість позитивних ділянок УЗД) показали хороші результати для моніторингу зникнення набряку, без явної клінічної переваги.

Висновки і перспективи. Таким чином, артефакти В-лінії швидко покращуються та відстежуються під час ультразвукової діагностики та клінічного покращення стану котів з кардіогенним набряком легень. Перевагою є те, що такий точний метод моніторингу кардіогенного набряку легень, технічно можливо виконувати в усіх ДТ і для всіх котів в зручному положенні тіла через невеликий портал у додатковій кисневій камері. Отже, УЗД може бути ефективним і практичним інструментом для моніторингу кардіогенного набряку легень, без радіаційного опромінення пацієнта та потенційно меншовартісним, порівняно з повторним рентгенографічним дослідженням.

Проведене дослідження також надає інформацію про розподіл та закономірності зменшення ознак набряку легень у котів, оцінених за допомогою УЗД порівняно з рентгенографічною діагностикою. Просторовий розподіл набряку легень

на момент встановлення діагнозу (ДТ1) відрізнявся між УЗД та рентгенографічною діагностикою. За допомогою УЗД виявляли дифузний та симетричний набряк з В-лініями у всіх ділянках, тоді як рентгенографічно набряк проявлявся переважно в каудальних ділянках. Це може свідчити про те, що УЗД, виявляє набряк у краніальних ділянках легень порівняно з рентгенографічною діагностикою. Результати показали рівномірне зменшення набряку від ДТ1 до ДТ2, виявлене за допомогою УЗД для кожної ділянки на відміну від рентгенографічної діагностики. Зменшення ознак набряку в краніальних ділянках легень за допомогою рентгенографічного дослідження було значно меншим, порівняно з результатами УЗД. Ця розбіжність може свідчити про те, що УЗД є кращим за рентгенографію у виявленні наявності або відсутності набряку в краніальних та середніх ділянках легень порівняно з перигілярним та каудальним квадрантами, де обидва способи ідентифікували набряк подібним чином.

Отже, УЗД легень можна розглядати як практичну альтернативу повторному рентгенографічному дослідженню легень для моніторингу кардіогенного набряку легень у котів.

Ультразвукова діагностика легень та серця, рентгенографія

Лихолат Т. М., Грушанська Н. Г.

легень, клінічний огляд, тонометрія, пульсоксиметрія і лабораторне дослідження електrolітів, рН та лактату були ефективними для виявлення та моніторингу кардіогенного набряку легень у котів. Усі використані діагностичні тести не проявили достатню специфічність, тому підхід до діагностики та моніторингу кардіогенного набряку легень має бути комплексним.

Список використаних джерел

1. Reissig A, Copetti K.C. Current role of emergency ultrasound of the chest. *Crit Care Med* 2011; 39:839–845. DOI: 10.1097/CCM.0b013e318206d6b8
2. Moore C.L., Copel J.A. Point of care ultrasonography. *The New England Journal of Medicine* 2011; 364:749–757. DOI: 10.1056/NEJMra0909487
3. Volpicelli G., Elbarbary M., Blaivas M, et al. International evidence-based recommendations for point of care lung ultrasound. *Intensive Care Med* 2012; 38:577–591. doi.org/10.1007/s00134-012-2513-4
4. Lichtenstein D., Mézière G., Biderman P. et al. The comet tail artifact: an ultrasound sign of alveolar interstitial syndrome. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 1997; 156:1640–1646. doi.org/10.1164/ajrccm.156.5.96-07096
5. Lichtenstein D.A., Mezière G.A. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure: the BLUE protocol. *Chest*. 2008 Jul;134(1):117–25. doi: 10.1378/chest.07-2800.
6. Liteplo A.S., Marill K., Villen T., et al. Emergency thoracic ultrasound in the differentiation of the etiology of shortness of breath (ETUDES): sonographic B lines and N terminal pro brain type natriuretic peptide in diagnosing congestive heart failure. *Academic Emergency Medicine* 2009; 16:201–210. doi.org/10.1111/j.1553-2712.2008.00347.x
7. Koba S.L., Trento L., Baharami S., et al. Comparison of effectiveness of hand carried ultrasound to bedside cardiovascular

Проте, перспективним є дослідження ефективності діагностичних тестів для прогнозування виживання котів із симптомами кардіогенного набряку легень та апробація на більшій популяції хворих тварин нових діагностичних тестів, які будуть більш чутливими, точними і специфічними для моніторингу перебігу хвороби.

physical examination. *American Journal of Cardiology* 2005; 96:1002–1006. doi.org/10.1016/j.amjcard.2005.05.060

8. Al Deeb M., Barbic S., Featherstone R., et al. Point of care ultrasonography for the diagnosis of acute cardiogenic pulmonary edema in patients presenting with acute dyspnea: a systematic review and metaanalysis. *Academic Emergency Medicine* 2014; 21:843–852. doi.org/10.1111/acem.12435

9. Prosen G, Klemen P, Štrnad M, et al. Combination of lung ultrasound (a comet-tail sign) and N-terminal pro-brain natriuretic peptide in differentiating acute heart failure from chronic obstructive pulmonary disease and asthma as cause of acute dyspnea in prehospital emergency setting. *Crit Care* 2011; 15:R114. doi.org/10.1186/cc10140

10. Lisciandro G.R. Abdominal and thoracic focused assessment with sonography for trauma, triage, and monitoring in small animals. *Veterinary Emergency Critical Care (San Antonio)* 2011; 21:104–122. doi.org/10.1111/j.1476-4431.2011.00626.x

11. Gargani L., Frassi F., Soldati G., et al. Ultrasound lung comets for the differential diagnosis of acute cardiogenic dyspnoea: a comparison with natriuretic peptides. *European Journal of Heart Failure* 2008; 10:70–77. doi.org/10.1016/j.ejheart.2007.10.009

12. Kealy J., McAllister H. Diagnostic radiology and ultrasonography of the dog and cat: Kealy J, McAllister H (eds). X-ray and ultrasound diagnostics of dogs and cats. 5th edition. St Louis, MO: Saunders Elsevier, 2011. 199–349. doi.org/10.1016/B978-1-4377-0150-0.10003-7

Лихолат Т. М., Грушанська Н. Г.

13. Hughes D. Pulmonary edema. In: King L (ed). Textbook of respiratory diseases of dogs and cats. Philadelphia, PA:WB Saunders, 2004. 487–497. DOI: 10.1016/B978-0-7216-8706-3.50070-0

14. Ferasin L., Sturgess C.P., Cannon M.J. etc. Feline idiopathic cardiomyopathy: a retrospective study of 106 cats (1994–2001). Journal of Feline Medicine and Surgery. 2003 Jun;5(3):151-9. DOI: 10.1016/S1098-612X(02)00133-X

15. Benigni L., Morgan N., Lamb C.R. X-ray appearance of cardiogenic pulmonary edema in 23 cats. Journal of Small Animal Practice

2009; 50: 9–14. DOI: 10.1111/j.1748-5827.2008.00655.x

16. Ward J.L., Lisciandro G.R., DeFrancesco T.C. Prevalence of alveolar-interstitial syndrome in dogs and cats with respiratory distress by lung ultrasound compared with chest radiograph. Journal of Veterinary Emergency and Critical Care

2018; 28: 415–428.

DOI: 10.1111/vec.12750

17. Shober K.E., Whatley E., Drost V.T. Radiographic and echocardiographic assessment of left atrial size in 100 cats with acute left-sided congestive heart failure. Vet Radiol Ultrasound. 2014 Jul-Aug;55(4):359-67. doi: 10.1111/vru.12131.

18. Hassdenteufel E., Henrich E., Hildebrandt N., et al. Assessment of circulating N-terminal pro B-type natriuretic peptide concentration to differentiate between cardiac from noncardiac causes of pleural effusion in cats. Journal of Veterinary Emergency and Critical Care (San Antonio) 2013; 23:416–422. doi.org/10.1111/vec.12074

19. Dickson D., Little C.J.L., Harris J., Rishniw M. Rapid Assessment with Physical Examination in Dyspnoeic Cats: The RAPID CAT Study. Journal of Small Animal Practice 2018, 59, 75–84. doi.org/10.1111/jsap.12732

20. Payne J.R., Brodbelt D.C., Luis Fuentes V. Cardiomyopathy Prevalence in 780 Apparently Healthy Cats in Rehoming Centres (the CatScan Study). Journal of Veterinary Cardiology 2015, 17, S244–S257. doi.org/10.1016/j.jvc.2015.03.008

21. Goutal C.M., Keir I., Kenney S., Rush J.E., Freeman L.M. Evaluation of Acute

Congestive Heart Failure in Dogs and Cats: 145 Cases (2007–2008). Journal of Veterinary Emergency and Critical Care 2010, 20, 330–337. doi.org/10.1111/j.1476-4431.2010.00524.x

22. Liteplo A.S., Murray A.F., Kimberly H.H., Noble V.E. Real-time resolution of sonographic B-lines in a patient with pulmonary edema on continuous positive airway pressure. The American Journal of Emergency Medicine 2010;28:5-8. doi.org/10.1016/j.ajem.2009.08.013

23. Smith S., Dukes-McEwan J. Clinical signs and left atrial size in cats with cardiovascular disease in general practice. Journal of Small Animal Practice 2012;53:27–33. doi.org/10.1111/j.1748-5827.2011.01143.x

24. Schober K.E., Wetli E., Drost W.T. Radiographic and echocardiographic assessment of left atrial size in 100 cats with acute left-sided congestive heart failure. Veterinary Radiology & Ultrasound 2014;55:359–367. doi.org/10.1111/vru.12131

25. Hezzell M.J., Rush J.E., Humm K., et al. Differentiation of cardiac from noncardiac pleural effusions in cats using second-generation quantitative and point-of-care NT-proBNP measurements. Journal of Veterinary Internal Medicine 2016;30:536–542. doi.org/10.1111/jvim.13831

26. Lisciandro G.R., Fosgate G.T., Fulton R.M. Frequency and number of ultrasound lung rockets (B-lines) using a regionally based lung ultrasound examination named Vet BLUE (Veterinary Bedside Lung Ultrasound Exam) in dogs with radiographically normal lung findings. Veterinary Radiology & Ultrasound 2014;55:315–322. doi.org/10.1111/vru.12122

27. Volpicelli G., Elbarbary M., Blaivas M., et al. International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. Journal of Intensive Care Medicine 2012;38:577–591. doi.org/10.1007/s00134-012-2513-4

28. Rademacher N., Pariaut R., Pate J., et al. Transthoracic lung ultrasound in normal dogs and dogs with cardiogenic pulmonary edema: a pilot study. Veterinary Radiology & Ultrasound 2014;55:447–452. doi.org/10.1111/vru.12151

Лихолат Т. М., Грушанська Н. Г.

29. DiBartola S.P. Metabolic acid-base disorders. In: DiBartola SP, editor. Fluid, Electrolyte and Acid-Base Disorders in Small Animal Practice. St Louis: Saunders; 2012. 253–286.

30. Johnson R.A., de Morais H.A. Respiratory acid-base disorders. In: DiBartola SP, editor. Fluid, electrolyte, and acid-base disorders in small animal practice. 4th ed. St. Louis: Elsevier; 2012. 292–298.

31. Jorge Cardoso Silva-Filho, Marlos G. Sousa, Evandro Zacché Pereira, Edna M.G. Ortiz, Aparecido Antonio Camacho, et al. Blood lactate increases with the progression of mitral valve disease in dogs. Small animals diseases Pesq. Vet. Bras. 38(09), Sept 2018. doi.org/10.1590/1678-5150-PVB-5169

32. Zamorska T.M., Grushanska N.G. Diagnosis of acute respiratory failure and emergency therapy of pneumonia in cats. based on the materials of "Bulletin of Sumy National Agrarian University", Series: Veterinary Medicine 2021. № 4 (55). 3-11. doi.org/10.32845/bsnau.vet.2021.4.1

33. Cortellaro F., Ceriani E., Spinelli M. et al. Lung ultrasound for monitoring cardiogenic pulmonary edema. Internal and Emergency Medicine 2016. 12(7):1011-1017. doi: 10.1007/s11739-016-1510-y.

34. Jessica L. Ward, Gregory R. Lisciandro, Teresa C. DeFrancesco. Distribution of alveolar-interstitial syndrome in dogs and cats with respiratory distress as assessed by lung ultrasound versus thoracic radiographs. Journal of Veterinary Emergency and Critical Care (San Antonio) 2018 Sep;28(5):415-428. doi: 10.1111/vec.12750

35. Diana A., Guglielmini C., Pivetta M., et al. Radiographic features of cardiogenic pulmonary edema in dogs with mitral regurgitation: 61 cases (1998–2007). Journal of the American Veterinary Medical Association 2009; 235:1058–1063. doi.org/10.2460/javma.235.9.1058

36. Lyholat T., Grushanska N., Sharandak P., Kostenko V., Rozumniuk A. Ultrasound and x-ray examination of pulmonary edema of a domestic cat. Scientific Journal ScienceRise: Biological Science 2023. №2(35). 25–34. doi.org/10.15587/2519-8025.2023.283679

References

1. Reissig A., & Copetti K.C. (2011). Current role of emergency ultrasound of the chest. Journal Critical Care Medicine, 39:839–845. DOI: 10.1097/CCM.0b013e318206d6b8

2. Moore C.L., & Copel J.A. (2011). Point of care ultrasonography. The New England Journal of Medicine, 364:749–757. DOI: 10.1056/NEJMr0909487

3. Volpicelli G., Elbarbary M., Blaivas M., Lichtenstein D.A., Mathis G., Kirkpatrick A.W., & Petrovic T. (2012). International Liaison Committee on Lung Ultrasound (ILC-LUS) for International Consensus Conference on Lung Ultrasound (ICC-LUS). International evidence based recommendations for point of care lung ultrasound. Journal of Intensive Care Medicine, 38(4):577-91. doi: 10.1007/s00134-012-2513-4.

4. Lichtenstein D., Mézière G., Biderman P., Gepner A., & Barré O. (1997). The comet tail artifact. An ultrasound sign of alveolar interstitial syndrome. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine. 156(5):1640-6. doi: 10.1164/ajrccm.156.5.96-07096.

5. Lichtenstein D.A., & Mezière G.A. (2008). Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure: the BLUE protocol. Chest. Jul;134(1):117-25. doi: 10.1378/chest.07-2800.

6. Liteplo A.S., Marill K.A., Villen T., Miller R.M., Murray A.F., Croft P.E., & Noble V.E. (2009). Emergency thoracic ultrasound in the differentiation of the etiology of shortness of breath (ETUDES): sonographic B-lines and N-terminal pro-brain-type natriuretic peptide in diagnosing congestive heart failure. Academic Emergency Medicine, 16(3):201-10. doi: 10.1111/j.1553-2712.2008.00347.x.

7. Kobal S.L., Trento L., Baharami S., Tolstrup K., Naqvi T.Z., Cercek B., & Siegel R.J. (2005). Comparison of effectiveness of hand-carried ultrasound to bedside cardiovascular physical examination. American Journal Cardiology, 96(7):1002-6. doi: 10.1016/j.amjcard.2005.05.060.

8. Al Deeb M., Barbic S., Featherstone R., Dankoff J., & Barbic D. (2014). Point of care ultrasonography for the diagnosis of acute cardiogenic pulmonary edema in patients presenting with acute dyspnea: a systematic

Лихолат Т. М., Грушанська Н. Г.

review and meta-analysis. *Journal Academic Emergency Medicine*, 21(8):843-52. doi: 10.1111/acem.12435.

9. Prosen G., Klemen P., Štrnad M., & Grmec S. (2011). Combination of lung ultrasound (a comet-tail sign) and N-terminal pro-brain natriuretic peptide in differentiating acute heart failure from chronic obstructive pulmonary disease and asthma as cause of acute dyspnea in prehospital emergency setting. *Journal Crit Care*. 15(2):R114. doi: 10.1186/cc10140.

10. Lisciandro G.R. (2011). Abdominal and thoracic focused assessment with sonography for trauma, triage, and monitoring in small animals. *Journal Veterinary Emergency Critical Care (San Antonio)*. 21:104–122. doi.org/10.1111/j.1476-4431.2011.00626.x

11. Gargani L., Frassi F., Soldati G., Tesorio P., Gheorghiadu M., & Picano E. (2008). Ultrasound lung comets for the differential diagnosis of acute cardiogenic dyspnoea: a comparison with natriuretic peptides. *European Journal of Heart Failure*, 10(1):70-7. doi: 10.1016/j.ejheart.2007.10.009.

12. Kealy J., & McAllister H. (2011). Diagnostic radiology and ultrasonography of the dog and cat: Kealy J, McAllister H (eds). X-ray and ultrasound diagnostics of dogs and cats. 5th edition. St Louis, MO: Saunders Elsevier, 199–349. doi.org/10.1016/B978-1-4377-0150-0.10003-7

13. Hughes D. (2004). Pulmonary edema. In: King L (ed). Textbook of respiratory diseases of dogs and cats. Philadelphia, PA: WB Saunders. 487–497. DOI: 10.1016/B978-0-7216-8706-3.50070-0

14. Ferasin L., Sturgess C.P., Cannon M.J., Caney S.M., Gruffydd-Jones T.J., & Wotton P.R. (2003). Feline idiopathic cardiomyopathy: a retrospective study of 106 cats (1994-2001). *Journal of Feline Medicine and Surgery*, Jun;5(3):151-9. DOI: 10.1016/S1098-612X(02)00133-X

15. Benigni L., Morgan N., & Lamb C.R. (2009). X-ray appearance of cardiogenic pulmonary edema in 23 cats. *Journal of Small Animal Practice*, 50: 9–14. DOI: 10.1111/j.1748-5827.2008.00655.x

16. Ward J.L., Lisciandro G.R., & DeFrancesco T.C. (2018). Prevalence of

alveolar-interstitial syndrome in dogs and cats with respiratory distress by lung ultrasound compared with chest radiograph. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 28: 415–428. DOI: 10.1111/vec.12750

17. Shober K.E., Whatley E., & Drost V.T. (2014). Radiographic and echocardiographic assessment of left atrial size in 100 cats with acute left-sided congestive heart failure. *Journal Veterinary Radiology & Ultrasound*, Jul-Aug;55(4):359-67. doi: 10.1111/vru.12131.

18. Hassdenteufel E., Henrich E., Hildebrandt N., Stosic A., & Schneider M. (2013). Assessment of circulating N-terminal pro B-type natriuretic peptide concentration to differentiate between cardiac from noncardiac causes of pleural effusion in cats. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care (San Antonio)*. 23(4):416-22. doi: 10.1111/vec.12074.

19. Dickson D., Little C.J.L., Harris J., & Rishniw M. (2018). Rapid Assessment with Physical Examination in Dyspnoeic Cats: The RAPID CAT Study. *Journal of Small Animal Practice*, 59, 75–84. doi.org/10.1111/jsap.12732

20. Payne J.R., Brodbelt D.C., & Luis Fuentes V. (2015). Cardiomyopathy Prevalence in 780 Apparently Healthy Cats in Rehoming Centres (the CatScan Study). *Journal of Veterinary Cardiology*, 17, S244–S257. doi.org/10.1016/j.jvc.2015.03.008

21. Goutal C.M., Keir I., Kenney S., Rush J.E., & Freeman L.M. (2010). Evaluation of Acute Congestive Heart Failure in Dogs and Cats: 145 Cases (2007–2008). *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 20, 330–337. doi.org/10.1111/j.1476-4431.2010.00524.x

22. Liteplo A.S., Murray A.F., Kimberly H.H., & Noble V.E. (2010). Real-time resolution of sonographic B-lines in a patient with pulmonary edema on continuous positive airway pressure. *The American Journal of Emergency Medicine* 28:5-8. doi.org/10.1016/j.ajem.2009.08.013

23. Smith S., & Dukes-McEwan J. (2012). Clinical signs and left atrial size in cats with cardiovascular disease in general practice. *Journal of Small Animal Practice*, 53:27–33. doi.org/10.1111/j.1748-5827.2011.01143.x

Лихолат Т. М., Грушанська Н. Г.

24. Schober K.E., Wetli E., & Drost W.T.(2014). Radiographic and echocardiographic assessment of left atrial size in 100 cats with acute left-sided congestive heart failure. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 55:359–367. doi.org/10.1111/vru.12131

25. Hezzell M.J., Rush J.E., Humm K., Rozanski E.A., Sargent J., Connolly D.J., & Oyama M.A. (2016). Differentiation of Cardiac from Noncardiac Pleural Effusions in Cats using Second-Generation Quantitative and Point-of-Care NT-proBNP Measurements. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 30(2):536-42. doi: 10.1111/jvim.13831.

26. Lisciandro G.R., Fosgate G.T., & Fulton R.M. (2014). Frequency and number of ultrasound lung rockets (B-lines) using a regionally based lung ultrasound examination named Vet BLUE (Veterinary Bedside Lung Ultrasound Exam) in dogs with radiographically normal lung findings. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 55:315–322. doi.org/10.1111/vru.12122

27. Volpicelli G., Elbarbary M., Blaivas M., Lichtenstein D.A., Mathis G., Kirkpatrick A.W., & Petrovic T.(2012). International Liaison Committee on Lung Ultrasound (ILC-LUS) for International Consensus Conference on Lung Ultrasound (ICC-LUS).International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Journal of Intensive Care Medicine*, 38(4):577-91. doi: 10.1007/s00134-012-2513-4.

28. Rademacher N., Pariaut R., Pate J., Saelinger C., Kearney M.T., & Gaschen L. (2014). Transthoracic lung ultrasound in normal dogs and dogs with cardiogenic pulmonary edema: a pilot study. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 4):447-52. doi: 10.1111/vru.12151. Epub 2014 Mar 12. PMID: 24620777.

29. DiBartola S.P.(2012). Metabolic acid-base disorders. In: DiBartola SP, editor. *Fluid, Electrolyte and Acid-Base Disorders in Small Animal Practice*. St Louis: Saunders, 253–286.

30. Johnson R.A., & de Moraes H.A.(2012).Respiratory acid-base disorders. In: DiBartola SP, editor. *Fluid, electrolyte, and acid-base disorders in small animal practice*. 4th ed. St. Louis: Elsevier, 292–298.

31. Jorge Cardoso Silva-Filho, Marlos G. Sousa, Evandro Zacché Pereira, Edna M.G. Ortiz, Rodrigo P. Franco, Fernando A. Rosa, & Aparecido Antonio Camacho. (2018). Blood lactate increases with the progression of mitral valve disease in dogs. *Small animals diseases Pesq. Vet. Bras.* 38(09). doi.org/10.1590/1678-5150-PVB-5169

32. Zamorska T.M., & Grushanska N.G. (2021). Diagnosis of acute respiratory failure and emergency therapy of pneumonia in cats, based on the materials of Bulletin of Sumy National Agrarian University, Series: *Veterinary Medicine*, (4 (55), 3-11. doi.org/10.32845/bsnau . vet. 2021.4.1

33. Cortellaro F., Ceriani E., Spinelli M., Campanella C., Bossi I., Coen D., & Cogliati C. (2016). Lung ultrasound for monitoring cardiogenic pulmonary edema. *Internal and Emergency Medicine*, 12(7):1011-1017. doi: 10.1007/s11739-016-1510-y.

34. Jessica L. Ward, Gregory R. Lisciandro, & Teresa C. DeFrancesco.(2018). Distribution of alveolar-interstitial syndrome in dogs and cats with respiratory distress as assessed by lung ultrasound versus thoracic radiographs. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care (San Antonio)*, Sep;28(5):415-428. doi: 10.1111/vec.12750.

35. Diana A., Guglielmini C., Pivetta M., Sanacore A., Di Tommaso M., Lord P.F., & Cipone M. (2009). Radiographic features of cardiogenic pulmonary edema in dogs with mitral regurgitation: 61 cases (1998-2007).*Journal of the American Veterinary Medical Association*, 235(9):1058-63.doi: 10.2460/javma.235.9.1058.

36. Lyholat T., Grushanska N., Sharandak P., Kostenko V., & Rozumniuk A.(2023).Ultrasound and x-ray examination of pulmonary edema of a domestic cat. *Journal ScienceRise: Biological Science*, №2(35). 25–34. doi.org/10.15587/2519-8025.2023.283679

**EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF DIAGNOSTIC
CARDIOGENIC PULMONARY EDEMA IN CATS****T. M. Lykholat, N. H Grushanska**

Abstract. Chest radiography is considered a reasonably effective test for cardiogenic pulmonary edema, but the results are sometimes ambiguous, and the process of obtaining the radiographs can increase respiratory distress.

The purpose of the study is to compare the effectiveness of diagnostic tests during the monitoring of the treatment of cats for cardiogenic pulmonary edema

For the study, the indicators of cats that came to the "Vet House" center for stabilization of a severe condition due to pulmonary edema were used.

Clinically important diagnostic points (DTs) were defined as the initial presentation for the diagnosis of cardiogenic pulmonary edema (testing completed within 6 hours of admission; DT1); hospital discharge (testing completed within 2 hours of discharge from the veterinary center (DT2); first outpatient retest after discharge from the veterinary center (DT3). At each of the diagnostic points, diagnostic tests were recorded: clinical examination data (respiratory rate, heart rate, thermometry); ultrasound diagnostics of the heart and lungs; x-ray of the lungs; tonometry, pulse oximetry and laboratory examination of venous blood samples.

Quantitative percentage changes between DT1 and DT2 in the number of total B-lines on lung echograms and signs of pulmonary edema on radiographs were compared for each site. During DT2, the right cranial part of the lung was distinguished by a decrease in B-lines on echograms by 82% and by 27% - a decrease in pulmonary edema according to radiographic assessment. In the left cranial region, an 81% decrease in B-lines on echograms and a 31% decrease in signs of pulmonary edema on radiographs were recorded. The caudal left and right areas of the lungs during DT2 were distinguished by a decrease in B-lines on echograms by 88% and radiographic signs of pulmonary edema by 75%, respectively.

It was established that with the help of ultrasound diagnostics, artifacts in the form of B-lines change quickly during the reduction of signs of pulmonary edema, and are easily tracked. The method is more sensitive compared to radiography when monitoring the course of cardiogenic pulmonary edema in cats.

Keywords: congestive heart failure, cardiomyopathy, monitoring, pulse oximetry, lung x-ray, tonometry, echocardiography