




review article | UDC 636.09:617.55-07 | doi: 10.31210/visnyk2021.01.30

## DIAGNOSTIC SONOGRAPHY IN ANIMAL ABDOMINAL SURGERY

I. S. Dekhnych\*

M. F. Zavaliiy

A. I. Rakitina

ORCID  [0000-0001-5687-3765](https://orcid.org/0000-0001-5687-3765)ORCID  [0000-0002-9008-7829](https://orcid.org/0000-0002-9008-7829)ORCID  [0000-0002-0892-7252](https://orcid.org/0000-0002-0892-7252)

Poltava State Agrarian Academy, 1/3, Skovorody str., Poltava, 36003, Ukraine

\*Corresponding author

E-mail: [ihor.dekhnych@ukr.net](mailto:ihor.dekhnych@ukr.net)

## How to Cite

Dekhnych, I. S., Zavaliiy, M. F., & Rakitina, A. I. (2021). Diagnostic sonography in animal abdominal surgery. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, (1), 241–249. doi: 10.31210/visnyk2021.01.30

The article presents materials about the history of ultrasonography in veterinary practice, analyzes the literature dealing with the liver, spleen and pancreas examination, and indicates the prospects of research methods in the future. Abdominal ultrasonography of animals was used for the first time mainly for pregnancy diagnostics. Today, this technique is an important diagnostic procedure in veterinary medicine, which is used to study the majority of normal and pathologically changed animal structures, providing a fast, non-invasive way to supplement the information obtained from clinical examination and radiography. Ultrasound examination is based on the principle of echolocation, the waves sent by the sensor pass through body tissues and are displayed and decoded by the device and converted into an image, which allows a veterinary medicine specialist to assess the condition of internal organs, tissues and cavities. With increasing using ultrasonographic examinations by veterinary doctors in practice, it becomes clear that ultrasound diagnostics is a valuable means of detecting lesions of the abdominal cavity. Liver assessment is one of the main advantages of applying animal abdominal ultrasound examination. Indications include hepatomegaly, jaundice, ascites, suspected diaphragm rupture, weight loss, and possible liver metastases. Today, the methods of sonographic examination are being improved and supplemented. Further implementation in practice and in-depth study of pathologies in this area with the help of ultrasonography will allow determine objectively the condition of the abdominal cavity and its organs in animals and assess the severity of the disease development. The introduction of high-quality, portable diagnostic ultrasound equipment has continued this development and the demand for ultrasonography due to its diagnostic value continues to increase. The conducted analysis of the literature and available Internet sources allowed us to assess the current state of implementing sonography in veterinary practice and prospects for further development the diagnosing of the liver, spleen and pancreas condition, indicate areas of potential technique development in the future.

**Key words:** ultrasonography, animals, abdominal surgery, liver, spleen, pancreas.

## ДІАГНОСТИЧНА СОНОГРАФІЯ ПРИ АБДОМІНАЛЬНІЙ ХІРУРГІЇ У ТВАРИН

I. С. Дехнич, М. Ф. Завілій, А. І. Ракітіна

Полтавська державна аграрна академія, м. Полтава, Україна

У статті представлені матеріали щодо історії розвитку ультрасонографії у ветеринарній практиці, наведений аналіз літератури щодо дослідження печінки, селезінки та підшлункової залози, вказуються перспективи методики дослідження в майбутньому. Ультрасонографія черевної порожнини у тварин вперше застосовувалась переважно для діагностики вагітності. На сьогодні зазна-

чена методика є важливою діагностичною технікою у ветеринарній медицині, яка застосовується для вивчення більшості нормальних та патологічно змінених структур у тварини, забезпечуючи швидкий, неінвазивний спосіб доповнення інформації, отриманої в результаті клінічного обстеження та рентгенографії. Ультразвукове дослідження засноване на принципі ехолокації, хвилі, що посиляються датчиком, проходять крізь тканини організму, відображаються та розшифровуються апаратом і перетворюються в зображення, яке дає змогу фахівцю ветеринарної медицини оцінити стан внутрішніх органів, тканин і порожнин. Зі збільшенням застосування ветеринарними лікарями ультрасонографічних досліджень у практиці стає зрозуміло, що УЗД є цінним засобом виявлення ураження органів черевної порожнини. Оцінка печінки є однією з головних переваг застосування ультрасонографії черевної порожнини у тварини. Показання включають гепатомегалію, жовтяницю, асцит, підозру на розрив діафрагми, втрату ваги та можливі метастази в печінку. На сьогодні удосконалюються та доповнюються методи сонографічних досліджень. Подальше впровадження у практику та поглиблене вивчення патологій в зазначеній ділянці за допомогою ультрасонографії дасть змогу об'єктивно встановити стан черевної порожнини та її органів у тварини і оцінити тяжкість перебігу хвороби. Впровадження високоякісних, портативних діагностичних ультразвукових апаратів продовжили цей розвиток і попит на ультрасонографію, зважаючи на його діагностичну цінність, продовжує зростати. Проведений аналіз літератури та доступних інтернет-джерел дав нам змогу оцінити сучасний стан розвитку сонографії у ветеринарній практиці та перспективи подальшого розвитку діагностики стану печінки, селезінки та підшлункової залози, вказати сфери потенційного розвитку методики в майбутньому.

**Ключові слова:** ультрасонографія, тварини, абдомінальна хірургія, печінка, селезінка, підшлункова залоза.

Ультрасонографічне дослідження – це неінвазивний метод діагностики, який широко використовується як у медичній практиці, так і у ветеринарії [1, 2, 13, 34, 36]. Розвиток ультрасонографії розпочався із робіт П'єра Кюрі, який 1880 року дослідив процес виникнення електричних зарядів на гранях кристалів під час їх фізичної деформації [34].

Уперше метод ультрасонографії для діагностичних цілей був запропонований Карлом Дусіком, який 1949 року опублікував статтю із дослідженням мозку людей новим методом [16]. У публікаціях Георга Людвіга та Джона Генрі були представлені перші дослідження черевної порожнини та очного яблука [32, 43].

В основі ультрасонографії лежить принцип того, що зображення тканин залежать від сили ехосигналу та амплітуди, які, своєю чергою, залежать від складу та форми тканин, що досліджуються. Наприклад, у печінці гепатоцити, жир, колаген і кров відрізняються своєю здатністю передавати ультразвуковий промінь, тобто ці тканини мають різні акустичні властивості. Частина ультразвукового сигналу повертається до датчика-аналізатора, який перетворює ультразвуковий сигнал на зображення в моніторі [53].

У цьому огляді було описано розвиток ультрасонографічних методів дослідження та розглянуто проблематику ультразвукової діагностики печінки, селезінки та підшлункової залози.

### Історія розвитку та впровадження ультразвукових досліджень (УЗД) у ветеринарію

Ультрасонографія для тварин вперше використовувалася як метод для визначення товщини жиру в туші, тобто був застосований для якісної оцінки продукції [61]. Перше повідомлення про використання ультразвуку як методу ветеринарної діагностики було 1966 року, де його застосували для ідентифікації вагітності овець. Ультразвукова діагностика за допомогою трансректального датчика (7,5 МГц) виявила наявність внутрішньоматкової рідини на 19 день гестації [30]. Спочатку ультрасонографію використовували тільки для визначення вагітності тварин. Проте з розвитком діагностичної апаратури та із вдосконаленням протоколів дослідження у поєднанні з більшим усвідомленням переваг ультразвуку як методики для якісної візуалізації порожнин тіла призвело до активного його використання в різних галузях ветеринарної медицини [59].

На початку 60-х років ХХ століття розпочалося впровадження методів УЗД у ветеринарію, їх удосконалення та адаптація до фізіологічних та анатомічних особливостей тварин. Методи ультрасонографії давали змогу проводити моніторинг популяцій, що було корисним для ведення сільськогосподарської діяльності [59].

1956 року узагальнено основні принципи ультразвукової діагностики для очного яблука, тоді як перші випадки застосування УЗД для очного яблука у ветеринарії були в 60-х роках ХХ століття [43, 55].

1968 року проведено діагностику вагітності та визначення стану плода в овець та свиней ультразвуковим методом. 1976 року був апробований метод УЗД для визначення вагітності в овець та кіз [3]. 1980 року цей метод був удосконалений [41]. Дослідження процесів вагітності тварин за допомогою УЗД є одним із пріоритетних напрямів розвитку [27].

Ультразвукові дослідження дають змогу визначати артеріальний тиск, що є безпечним та швидким способом діагностики стану здоров'я тварин. У різний час було опубліковано статті із дослідними результатами та пропонуваними протоколами при діагностиці коней, [20] свиней, [25] котів, [40] собак, [14] овець [11].

Ультрасонографію використовують як метод діагностики для визначення гострої ниркової недостатності в коней за допомогою чіткої візуалізації уражених ділянок нирок [5].

Методом УЗД виявлено внутрішньочеревний абсцес у молодих коней, що дозволяє надалі вдосконалювати цей напрям [24].

Ультразвуковим дослідженням сечового міхура в режимі реального часу виявлено кістозні конкременти в коней [28].

1986 року УЗД був рекомендований для проведення процедури біопсії коней при захворюваннях печінки, вперше були розроблені практичні методики з визначення жовчнокам'яної хвороби, пухлин (новоутворів) та фіброзів. Ультразвук використовується для направлення маленької голки на хворі ділянки тканини при біопсії [51]. Перед біопсією печінку досліджують на вогнищеві ураження та визначають положення жовчного міхура, шлунка. Відстань від ближнього поля до діафрагми повинна бути виміряна, щоб визначити максимальну глибину для введення голки [35]. Метод ультрасонографії дає змогу діагностувати захворювання жовчного міхура. 1982 року вперше було опубліковані результати про визначення холелітіазу в коней [64], а 1983 року за допомогою УЗД була проведена хірургічна операція [63]. 1989 року був удосконалений протокол визначення жовчнокам'яної хвороби в коней [19]. Через те, що печінка – це основний орган метаболізму у тварин, методи його діагностики розвивалися довгий час. Оцінка печінки є однією з головних переваг застосування УЗД черевної порожнини у тварини. Показання до його застосування включають гепатомегалію, жовтяницю, асцит, підозру на розрив діафрагми, втрату ваги [46].

1984 року за допомогою УЗД вперше проведено комплексне дослідження серця у скакових коней, визначено етіологію пошкодження ендотелію та масові ураження у правому передсерді, що утворилися внаслідок несбалансованого раціону тварин та використанні їх у спорті [52].

1977 року опубліковано практичні вказівки та протокол застосування ультразвукових датчиків доплерівського зсуву для моніторингу показників лівого міокарда в собак та визначення роботи шлуночків сердець у коней [58]. 1980 року були вперше опубліковані результати ехокардіографії при фібриляції передсердь у коней [67].

У кінці ХХ – на початку ХХІ століття ультрасонографія стала частиною ветеринарної практики для діагностики різноманітних біологічних систем, таких як: серце, грудна порожнина, черевна порожнина, органи репродуктивної системи, очне дно та опорно-руховий апарат [33, 35–39, 47, 49].

Ультрасонографія активно використовується для діагностики печінки у визначенні багатьох загальних захворювань з високим рівнем чутливості/ специфічності [36, 46]. Можлива діагностика розладів жовчного міхура та ферментів травлення, які виділяються. Проте використання цього методу є обмеженим через те, що якщо не відома приблизна маса печінки, то визначити, чи підвищений рівень печінкових ферментів, неможливо [46].

Нові способи застосування ультрасонографії постійно досліджують, і її приклади включають УЗД язика [57], інші шийні структури, такі як глотка та гортань [6, 45], барабанна перетинка та слуховий прохід [15, 49].

Ультрасонографію можна використовувати для візуалізації мозку та черепної порожнини [36]. Інформацію про успішне застосування ультрасонографії в собак було представлено в таких публікаціях [12, 26, 56].

Ультрасонографію використовували як ефективну методику для визначення анатомічних особливостей м'яких тканин у тварин [10, 49].

УЗД у комбінації із рентгенографією можливо для оцінки захворювань черевної порожнини у великої рогатої худоби [35].

Отже, підтверджується важливість цієї методики в динаміці розвитку ветеринарії як ефективного способу діагностики. Подальше вдосконалення та впровадження нових апаратів ультразвукографії будуть сприяти покращенню умов вирощування тварин у сільському господарстві.

Застосування ультразвукографії у ветеринарії тісно пов'язано з розвитком у медицині [59]. Ветеринарна ультразвукографія використовує функціонально схоже обладнання та протоколи як у клінічній практиці з незначними відмінностями, які обумовлені індивідуальною тваринною фізіологією [2].

Переваги ультразвуку як засобу діагностичної візуалізації у ветеринарній медицині численні. Планові обстеження показали, що УЗД не має шкідливих біологічних ефектів; це безпечна процедура як і для тварини, так і лікаря-ветеринара. Процедуру можна виконувати в будь-якому місці із відповідною апаратурою [50]. Це неінвазивна форма діагностики, яка добре переноситься тваринами, що дозволяє ефективно діагностувати захворювання, а також контролювати лікування та профілактику хворіб [36]. Крім того, планові обстеження не мають шкідливих біологічних наслідків, їх можна проводити необмежено в діагностиці і цей метод є відносно швидким та дешевим [29].

### Ультрасонографія та її використання у ветеринарній практиці

Ультрасонографія використовується для дослідження розмірів, форми та утворення ймовірних новоутворень у печінці. Показанням до застосування ультразвукографії печінки є втрата ваги, жовтяниця, підозра на розрив діафрагми та накопичення рідини в черевній порожнині, що може бути симптоматикою цирозу печінки та печінкової недостатності [13]. Ультрасонографія застосовується для ссавців будь-яких розмірів [13, 22]. Основним несприятливим фактором є надмірна жирова маса, яка частково обмежує можливості діагностики, також за допомогою ультразвукографії неможливо оцінити ділянки печінки, затемнені легеньми. [22]. При плановій діагностиці методом ультразвукографії печінки використовується «В-mode» приладу, який дає змогу візуалізувати двовимірне зображення на екрані [7, 13, 22, 62]. Перед біопсією печінку досліджують на вогнищеві ураження та визначення положення жовчного міхура, шлунка [13]. Відстань від ближнього поля до діафрагми повинна бути виміряна ультразвукографічним методом, щоб визначити максимальну глибину для введення голки [13, 22].

Хірургічні операції на печінці можуть бути здійснені як лапаротомним (класичним) способом, так і лапароскопічним. Лапаротомні операції є більш безпечними через те, що хірург-ветеринар має змогу прямо спостерігати та направляти хірургічні інструменти, тоді як лапароскопічні методи потребують приладу лапароскопу та непрямих методів діагностики.

При лапаротомній операції також застосовується ультразвукографія для попереднього визначення розміру та форми органу. 2009 року Такехіро Уно з командою провів лапаротомну холецистектомією для 11 собак. Попередньо була проведена ультразвукографія печінки та жовчного міхура; апарат працював у «В-mode» режимі [65].

1989 року вперше лапароскопічною холецистектомією було проведено видалення жовчного міхура людини [54]. Проте розвиток та застосування лапароскопічного методу був ускладнений відсутністю чіткої візуалізації жовчного міхура та черевної порожнини. Метод ультразвукового дослідження є корисним під час операцій такого типу [31].

Для ефективного використання ультразвукових методів необхідне введення речовин для контрасту досліджуваної тканини від інших об'єктів черевної порожнини. 2015 року під керівництвом Джунь Фенга було проведено дослідження зі впливу радіації на печінку модельних організмів (щурів). Був уведений контрастний агент SonoVue. Суспензію мікробульбашок вводили через каудальну вену. Контрастна речовина створила відповідний акустичний інтерфейс, який сформував контрастний ефект для розрізнення тканини печінки [17].

2017 року під керівництвом Томоюкі Абе була проведена холецистектомія із лапароскопічною ультразвукографією двох свиней за новим методом. Був використаний лапароскоп із приладом ультразвукографії [1]. На відміну від попередніх дослідників, у цьому випадку під час хірургічної операції прокололи портальну вену, яку зафарбували індигокарміном, направляючи голку за допомогою ультразвукографічного методу. Інтраопераційна ультразвукографія в режимі реального часу надала важливу інформацію для розробки стратегії хірургічних дій лікаря-ветеринара. Особливість цього нового методу полягає в тому, що за допомогою додаткової візуалізації підхід до ворітної вени був безпечним та точним, так само як і в лапаротомній операції. Цей метод підтверджує дійсні розміри тканинної поверхні. Крім того, відсутність великих надрізів тканин, як при хірургічній операції

відкритого типу, сприяє швидкому періоду реабілітації тварин. Автори цієї методики вважають, що її легко опанувати хірургам початківцям.

У вищенаведених роботах було проведено операції абдомінальної хірургії при хворобах жовчного міхура та печінки. При лапаротомних операціях застосовувалася попередня ультразвукографія в режимі «В-mode», тоді як у лапароскопічних операціях використовували бронхоскоп та різні речовини контрасту, які вводилися в каудальну та в порталну вену.

Основними показаннями для ультразвукографії підшлункової залози у тварин є підозра на панкреатит, новоутвори підшлункової залози або позапечінкову жовч [29]. Важко візуалізувати нормальну підшлункову залозу, оскільки вона має схожу ехогенність з навколишнім брижовим жиром, не має визначеної капсули і знаходиться в безпосередній близькості від шлунка, дванадцятипалої кишки та поперечної товстої кишки, усі з яких можуть містити газ, який перешкоджає проникненню ультразвукового променя [29]. У дослідженні Домініка Пенніка було проаналізовано визначення окремих ділянок підшлункової залози у 242 собак. Праву протоку було видно в такому співвідношенні 88,0 % (213 із 242), ліву протоку було видно 16,9 % (41 із 242), тоді як тіло підшлункової залози було видно лише у 6,6 % (16 із 242) [48].

Через важкість у візуалізації підшлункової залози ультразвукографічне визначення панкреатиту здійснюється тільки із додатковою діагностикою, наприклад, вимірюванням ферментів, які секретує цей орган. В наступному експерименті були проаналізовані 35 котів із клінічними ознаками, що відповідають панкреатиту [66]. За допомогою ультразвукографічного дослідження було оцінено товщину підшлункової залози, ехогенність підшлункової залози та ехогенність панкреатичного жиру. Паралельно було проведено визначення збільшення активності панкреатичної ліпази, яка є достовірним маркером панкреатиту. Гіперехогенність підшлункової залози є підставою для діагностування панкреатиту. Хоча і чутливість ультразвукографії є досить високою, через неможливість повної візуалізації органу ультразвукографія визначала некоректний стан підшлункової залози.

Інше дослідження підтверджує неточність ультразвукографічного діагностування панкреатиту. Було виявлено, що поширеність гіперехогенності підшлункової залози в нормальних собак становила лише 7 % (5 із 74), що, як зазначають автори, є недостатнім для того, щоб вважати ультразвукографічний метод корисним у діагностуванні панкреатиту [21].

У недавньому дослідженні під керівництвом Гаррі Кріджа 2020 року було проаналізовано 157 собак [23]. Метою науковців було визначити, чи можна використовувати ультразвукографію для надання клінічного аналізу панкреатиту. Була проведена діагностика методом ультразвукографії та визначення активності ліпази підшлункової залози. Кореляція між дійсною наявністю панкреатиту та його визначенням методом ультразвукографії є недостатня для ветеринарного застосування. Тому автори не рекомендують використовувати ультразвукографію у визначенні панкреатиту.

Водночас ультразвукографічне дослідження дає змогу визначити побічні ускладнення від панкреатиту. В дослідженні Масахіро Мураками були визначені ультразвукові особливості передбачуваного набряку шлункової стінки у 14 собак з панкреатитом. Результати показали, що потовщення стінок шлунка, імовірно через набряки, може бути ускладненням гострого панкреатиту [42].

Отже, ультразвукографічні методи дослідження підшлункової залози є ефективними лише в поєднанні з іншими методами діагностики, такими як визначення ферментів. Натомість, ультразвукографія може бути використана для діагностики ускладнень, які були спричинені панкреатитом.

На відміну від підшлункової залози, селезінка має добру локалізацію для ультразвукового дослідження. У цій роботі науковці успішно визначили розташування та розмір селезінки у 30 здорових самок кіз [9]. Було визначено зовнішній вигляд паренхіми селезінки, положення ультразвукографічно видимих дорсальних і вентральних країв селезінки та відстань між ними, товщину селезінки та діаметр судин селезінки. Також ультразвукографія селезінки використовується для оцінки якості продукції корів [8]. Тобто цей орган може слугувати маркером якісної продукції.

Селезінка – це вторинний орган імунної системи, який пристосований для індукції вроджених та адаптивних імунних відповідей [60]. Неправильний розмір та форма цього органу свідчить про наявність інфекції. Ультразвукографічні методи дослідження разом із методами імуноферментного аналізу здатні ідентифікувати розвиток інфекційної хвороби організму [60]. Ультразвукове дослідження дозволяє виявити грибові інфекції в селезінці котів [4]. У майже всіх особин (14 із 15) було виявлено гіпоехогенний вигляд селезінки при гістоплазмозі. Дослідження селезінки застосовується для визначення стану тварин при плановій діагностиці [18]. Також ультразвукові дослідження селезінки проводять для моніторингу росту та розвитку тварин малих розмірів [44].

**Висновки**

Метою цього огляду було проаналізувати розвиток ультразвукографічних методів дослідження від його зародження до сучасності та розглянути перспективи застосування ультразвукографії у ветеринарній практиці при діагностиці стану печінки, селезінки та підшлункової залози, вказати на можливі сфери потенційного розвитку методики в майбутньому. Ультрасонографія у ветеринарії активно розвивається від середини ХХ століття і давно пройшла етап свого визнання в науковій та ветеринарній спільноті. Вона може бути використана для вивчення більшості структур у тварин, забезпечуючи швидкі, неінвазивні засоби візуалізації інформації, отриманої при фізичному обстеженні та рентгенографії. Ультрасонографія істотно доповнює рентгенодіагностику абдомінальної хірургічної патології тварин. При лапароскопічних операціях на печінці використання ультразвукографії є необхідним для чіткої візуалізації оперативного простору хірурга-ветеринара. Ультразвукова діагностика підшлункової залози є обмеженою через несприятливу локалізацію органу. У разі дослідження селезінки ультразвукографічні методи діагностики є повністю виправданими через сприятливу локалізацію органу в черевній порожнині. Найбільшим недоліком ультразвукового дослідження є неможливість проведення процедури у тварин із високим вмістом жирової тканини навколо досліджуваного органу. Попри цей недолік ультразвукографія є ефективним методом при діагностиці більшості органів черевної порожнини та використовується в абдомінальній хірургії у тварин.

**References**

1. Abe, T., Kobayashi, T., Shimizu, S., Hamaoka, M., Iwako, H., Hashimoto, M., Mikuriya, Y., Kuroda, S., Tashiro, H., & Ohdan, H. (2017). Application of endobronchial ultrasonography in laparoscopic liver segmentectomy in an animal model. *Asian Journal of Endoscopic Surgery*, 10 (2), 209–212. doi: 10.1111/ases.12346
2. Albury, K. (2015). An overview of small animal veterinary sonography. *Journal of Diagnostic Medical Sonography*, 31, 161–168. doi: 10.1177/8756479315573793
3. Aswad, A., Abdou, M., Bayaty, F., & El-Sawaf, S. (1976). The validity of the “ultra-sonic method” for pregnancy diagnosis in ewes and goats. *Zentralblatt Fur Veterinarmedizin. Reihe A*, 23 (6), 467–474.
4. Atiee, G., Kvitko-White, H., Spaulding, K., & Johnson, M. (2013). Ultrasonographic appearance of histoplasmosis identified in the spleen in 15 cats. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 55 (3), 310–314. doi: 10.1111/vru.12127
5. Bayly, W. M., Elfers, R. S., Liggitt, H. D., Brobst, D. F., Gavin, P. R., & Reed, S. M. (1986). A reproducible means of studying acute renal failure in the horse. *The Cornell Veterinarian*, 76 (3), 287–298.
6. Bray, J. P., Lipscombe, V. J., White, R. A. S., & Rudolf, H. (1998). Ultrasonographic examination of the pharynx and larynx of the normal dog. *Veterinary Radiology Ultrasound*, 39 (6), 566–571. doi: 10.1111/j.1740-8261.1998.tb01653.x
7. Braun, U. (2009). Ultrasonography of the Liver in Cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 25 (3), 591–609. doi: 10.1016/j.cvfa.2009.07.003
8. Braun, U., & Sicher, D. (2006). Ultrasonography of the spleen in 50 healthy cows. *The Veterinary Journal*, 171 (3), 513–518. doi: 10.1016/j.tvjl.2005.01.001
9. Braun, U., & Steininger, K. (2010). Ultrasonographic examination of the spleen in 30 goats. *Schweizer Archiv Für Tierheilkunde*, 152 (10), 477–481. doi: 10.1024/0036-7281/a000108
10. Caine, A., Agthe, P., Posch, B., & Herrtage, M. (2009). Sonography of the soft tissue structures of the canine tarsus. *Veterinary Radiology Ultrasound*, 50 (3), 304–308. doi: 10.1111/j.1740-8261.2009.01539.x
11. Carter, J., Reynoldson, J. A., Thorburn, G. D., & Bates, W. A. (1981). Blood flow measurement during exercise in sheep using Doppler ultrasonic method. *Medical and Biological Engineering and Computing*, 19 (3), 373–376. doi: 10.1007/BF02442563
12. Carvalho, C. F., Perez, R. B., Chamas, M. C., & Maiorka, P. C. (2012). Transcranial Doppler sonographic findings in granulomatous meningoencephalitis in small breed dogs. *The Canadian Veterinary Journal*, 53 (8), 855–859.
13. Cory, S. (2016). Small Animal Diagnostic Ultrasound, 3rd edition. *The Canadian Veterinary Journal*, 57 (5), 538.
14. Coulter, D. B., Whelan, S. C., Wilson, R. C., & Goetsch, D. D. (1981). Determination of blood pressure by indirect methods in dogs given acetylpromazine maleate. *The Cornell Veterinarian*, 71 (1), 75–84.

15. Dickie, A. M., Doust, R., Cromarty, L., Johnson, V. S., Sullivan, M., & Boyd, J. S. (2003). Comparison of ultrasonography, radiography and a single computed tomography slice for the identification of fluid within the canine tympanic bulla. *Research in Veterinary Science*, 75 (3), 209–216. doi: 10.1016/s0034-5288(03)00118-8
16. Dussik, K. T. (1949). Zum heutigen Stand der medizinischen Ultraschallforschung. In L. Arzt (Ed.), *Tagungsbericht* (pp. 354–364). Vienna: Springer.
17. Feng, J., Chen, S.-B., Wu, S.-J., Sun, P., Xin, T.-Y., & Chen, Y.-Z. (2015). Quantitative analysis of contrast-enhanced ultrasonography in acute radiation-induced liver injury: An animal model. *Experimental and Therapeutic Medicine*, 10 (5), 1807–1811. doi: 10.3892/etm.2015.2764
18. Fouad, K.-E., Elzomor, S., Farghali, H. A. M., & Emam, I. A. (2018). Ultrasonography guidance for total splenectomy in donkeys. *International Journal of Veterinary Science and Medicine*, 6 (2), 233–238. doi: 10.1016/j.ijvsm.2018.10.001
19. Freestone, J. F. (1989). Use of ultrasonography to diagnose a cholelith in a 5-year-old horse. *Australian Veterinary Journal*, 66 (9), 304–305. doi: 10.1111/j.1751-0813.1989.tb13962.x
20. Gay, C. C., McCarthy, M., Reynolds, W. T., & Carter, J. (1977). A method for indirect measurement of arterial blood pressure in the horse. *Australian Veterinary Journal*, 53 (4), 163–166. doi: 10.1111/j.1751-0813.1977.tb00157.x
21. Granger, L. A., Hilferty, M., Francis, T., Steiner, J. M., & Gaschen, L. (2015). Variability in the ultrasonographic appearance of the pancreas in healthy dogs compared to dogs with hyperadrenocorticism. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 56 (5), 540–548. doi: 10.1111/vru.12261
22. Griffin, S. (2019). Feline abdominal ultrasonography: what's normal? what's abnormal? The liver. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 21 (1), 12–24. doi: 10.1177/1098612X18818666
23. Cridge, H., Sullivant, A. M., Wills, R. W., & Lee, A. M. (2020). Association between abdominal ultrasound findings, the specific canine pancreatic lipase assay, clinical severity indices, and clinical diagnosis in dogs with pancreatitis. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 34 (2), 636–643. doi: 10.1111/jvim.15693
24. Hanselaer, J. R., & Nyland, T. G. (1983). Chyloabdomen and ultrasonographic detection of an intra-abdominal abscess in a foal. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 183 (12), 1465–1467.
25. Hodgkin, B. C., Burkett, D. E., & Smith, E. B. (1982). Noninvasive measurement of systolic and diastolic blood pressure in swine. *The American Journal of Physiology*, 242 (1), H127–30. doi: 10.1152/ajpheart.1982.242.1.H127
26. Hudson, J. A., Cartee, R. E., Simpson, S. T., & Buxton, D. F. (1989). Ultrasonographic anatomy of the canine brain. *Veterinary Radiology*, 30 (1), 13–21. doi: 10.1111/j.1740-8261.1989.tb00747.x
27. Ishwar, A. K. (1995). Pregnancy diagnosis in sheep and goats: a review. *Small Ruminant Research*, 17 (1), 37–44. doi: 10.1016/0921-4488(95)00644-Z
28. Kaneps, A. J., Shires, G. M., & Watrous, B. (1985). Cystic calculi in two horses. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 187 (7), 737–739.
29. King, A. M. (2006). Development, advances and applications of diagnostic ultrasound in animals. *The Veterinary Journal*, 171 (3), 408–420. doi: 10.1016/j.tvjl.2004.10.014
30. Lindahl, I. L. (1966). Detection of pregnancy in sheep by means of ultrasound. *Nature*, 212 (5062), 642–643. doi: 10.1038/212642a0
31. Lirici, M. M., Tierno, S. M., & Ponzano, C. (2016). Single-incision laparoscopic cholecystectomy: does it work? A systematic review. *Surgical Endoscopy*, 30 (10), 4389–4399. doi: 10.1007/s00464-016-4757-5
32. Ludwig, G. D. (1949). Considerations underlying the use of ultrasound to detect gallstones and foreign bodies in tissue. 3 (7), 23–26.
33. MacKay, C. S., & Mattoon, J. S. (2015). Eye. In *Small Animal Diagnostic Ultrasound*, 128–154. doi: 10.1016/b978-1-4160-4867-1.00005-2
34. Manbachi, A., & Cobbold, R. S. C. (2011). Development and application of piezoelectric materials for ultrasound generation and detection. *Ultrasound*, 19 (4), 187–196. doi: 10.1258/ult.2011.011027
35. Mattoon, J. S., Berry, C. R., & Nyland, T. G. (2015). Abdominal Ultrasound Scanning Techniques. In *Small Animal Diagnostic Ultrasound*, 94–127. doi: 10.1016/b978-1-4160-4867-1.00004-0
36. Mattoon, J. S., & Nyland, T. G. (2015). Fundamentals of Diagnostic Ultrasound. In *Small Animal Diagnostic Ultrasound*, 1–49. doi: 10.1016/b978-1-4160-4867-1.00001-5
37. Mattoon, J. S., & Nyland, T. G. (2015). Ovaries and Uterus. In *Small Animal Diagnostic Ultrasound*, 634–654. doi: 10.1016/b978-1-4160-4867-1.00018-0

38. Mattoon, J. S., & Nyland, T. G. (2015). Prostate and Testes. In *Small Animal Diagnostic Ultrasound*, 608–633. doi: 10.1016/b978-1-4160-4867-1.00017-9
39. Mattoon, J. S., Pollard, R., Wills, T., & Nyland, T. G. (2015). Ultrasound-Guided Aspiration and Biopsy Procedures. In *Small Animal Diagnostic Ultrasound*, 50–77. doi: 10.1016/b978-1-4160-4867-1.00002-7
40. McLeish, I. (1977). Doppler ultrasonic arterial pressure measurement in the cat. *The Veterinary Record*, 100 (14), 290–291. doi: 10.1136/vr.100.14.290
41. Memon, M. A., & Ott, R. S. (1980). Methods of pregnancy diagnosis in sheep and goats. *The Cornell Veterinarian*, 70 (3), 226–231.
42. Murakami, M., Heng, H. G., Lim, C. K., Parnell, N. K., Rancilio, N. J., Lin, T. L., & Sola, M. (2019). Ultrasonographic features of presumed gastric wall edema in 14 dogs with pancreatitis. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 33 (3), 1260–1265. doi: 10.1111/jvim.15507
43. Henry, J. G., & Hughes, W. F. (1956). Ultrasonics in ocular diagnosis. *American Journal of Ophthalmology*, 41 (3), 488–498. doi: 10.1016/0002-9394(56)91262-4
44. Hwang, Y., Noh, D., Choi, S., Choi, H., Lee, Y., & Lee, K. (2020). Changes of ultrasonographic pattern of the spleen examined with a high-frequency linear transducer during growth in puppies. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 61 (5), 577–582. doi: 10.1111/vru.12873
45. Neelis, D. A., Mattoon, J. S., & Nyland, T. G. (2015). Neck. In *Small Animal Diagnostic Ultrasound*, 155–187. doi: 10.1016/b978-1-4160-4867-1.00006-4
46. Nyland, T. G., Larson, M. M., & Mattoon, J. S. (2015). Liver. In *Small Animal Diagnostic Ultrasound*, 332–399. doi: 10.1016/b978-1-4160-4867-1.00009-x
47. Nyland, T. G., Widmer, W. R., & Mattoon, J. S. (2015). Urinary Tract. In *Small Animal Diagnostic Ultrasound*, 557–607. doi: 10.1016/b978-1-4160-4867-1.00016-7.
48. Penninck, D. G., Zeyen, U., Taeymans, O. N., & Webster, C. R. (2013). Ultrasonographic measurement of the pancreas and pancreatic duct in clinically normal dogs. *American Journal of Veterinary Research*, 74 (3), 433–437. doi: 10.2460/ajvr.74.3.433
49. Pollard, R., Nyland, T. G., Berry, C. R., & Mattoon, J. S. (2015). Advanced Ultrasound Techniques. In *Small Animal Diagnostic Ultrasound*, 78–93. doi: 10.1016/b978-1-4160-4867-1.00003-9
50. Preston, R., & Andrew, S. (2001). Recommended ultrasound field safety classification for medical diagnostic devices. *Measurement Good Practice Guide*, 2 (3), 1–18.
51. Rantanen, N. W. (1986). Diseases of the liver. *The Veterinary Clinics of North America. Equine Practice*, 2 (1), 105–114. doi: 10.1016/s0749-0739(17)30735-6
52. Rantanen, N. W., Byars, T. D., Hauser, M. L., & Gaines, R. D. (1984). Spontaneous contrast and mass lesions in the hearts of race horses: Ultrasound diagnosis-preliminary data. *Journal of Equine Veterinary Science*, 4 (5), 220–223. doi: 10.1016/S0737-0806(84)80147-1
53. Rantanen, N., & Ewing, R. (1981). Principles of ultrasound application in animals. *Veterinary Radiology*, 22 (5), 196–203. doi: 10.1111/j.1740-8261.1981.tb01373.x
54. Reddick, E. J., & Olsen, D. O. (1989). Laparoscopic laser cholecystectomy. A comparison with mini-lap cholecystectomy. *Surgical Endoscopy*, 3 (3), 131–133. doi: 10.1007/BF00591357
55. Rubin, L. F., & Koch, S. A. (1968). Ocular diagnostic ultrasonography. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 153 (12), 1706–1716.
56. Santos, V. J. C., Almeida, V. T. de, Coutinho, L. N., Simões, A. P. R., Maronez, M. C., Feliciano, M. A. R., & Vicent, W. R. R. (2015). Ultrasonography doppler in small animals obstetrics: literature review. *Nucleus Animalium*, 7 (1), 105–117. doi: 10.3738/1982.2278.1377
57. Solano, M., & Penninck, D. (2005). Ultrasonography of the canine, feline and equine tongue: Normal findings and case history reports. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 37, 206–213. doi: 10.1111/j.1740-8261.1996.tb01222.x
58. Stolk, P. W. T. (1977). The use of ultra-sonic doppler-shift flow-transducers to assess myocardial performance in dogs and horses. *Proceedings of the Association of Veterinary Anaesthetists*, 7 (1), XX–XXV. doi: 10.1111/j.1467-2995.1977.tb00458.x
59. Stouffer, J. R. (2004). History of Ultrasound in Animal Science. *Journal of Ultrasound in Medicine*, 23 (5), 577–584. doi: 10.7863/jum.2004.23.5.577
60. Swirski, F. K., Nahrendorf, M., Eitzrodt, M., Wildgruber, M., Cortez-Retamozo, V., Panizzi, P., Figueiredo, J.-L., Kohler, R. H., Chudnovskiy, A., Waterman, P., Aikawa, E., Mempel, T. R., Libby, P., Weissleder, R., & Pittet, M. J. (2009). Identification of Splenic Reservoir Monocytes and Their Deployment to Inflammatory Sites. *Science*, 325 (5940), 612–616. doi: 10.1126/science.1175202



61. Temple, R. S., Stonaker, H. H., Howry, D., Posakony, G., & Hazaleus, M. H. (1956) Ultrasonic and conductivity methods for estimating fat thickness in live cattle. *Proceedings, Western Section, American Society of Animal Science*, 7, 477–81.
62. Tharwat, M. (2020). Ultrasonography of the liver in healthy and diseased camels (*Camelus dromedaries*). *The Journal of Veterinary Medical Science*, 82 (4), 399–407. doi: 10.1292/jvms.19-0690
63. Traub, J. L., Grant, B. D., Rantanen, N. W., McElwain, T., Wagner, P. C., & Bayly, W. M. (1983). Surgical removal of choleliths in a horse. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 182 (7), 714–716.
64. Traub, J. L., Rantanen, N., Reed, S., & Schecter, L. (1982). Cholelithiasis in four horses. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 181 (1), 59–62.
65. Uno, T., Okamoto, K., Onaka, T., Fujita, K., Yamamura, H., & Sakai, T. (2009). Correlation between ultrasonographic imaging of the gallbladder and gallbladder content in eleven cholecystectomised dogs and their prognoses. *The Journal of Veterinary Medical Science*, 71 (10), 1295–1300. doi: 10.1292/jvms.001295
66. Williams, J. M., Panciera, D. L., Larson, M. M., & Werre, S. R. (2013). Ultrasonographic findings of the pancreas in cats with elevated serum pancreatic lipase immunoreactivity. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 27 (4), 913–918. doi: 10.1111/jvim.12117
67. Wingfield, W. E., Miller, C. W., Voss, J. L., Bennett, D. G., & Breukels, J. (1980). Echocardiography in assessing mitral valve motion in 3 horses with atrial fibrillation. *Equine Veterinary Journal*, 12 (4), 181–184. doi: 10.1111/j.2042-3306.1980.tb03421.x
68. Zwingenberger, A., Benigni, L., & Lamb, C. R. (2015). Musculoskeletal System. In *Small Animal Diagnostic Ultrasound*, 517–540. doi: 10.1016/b978-1-4160-4867-1.00014-3

Стаття надійшла до редакції 03.02.2021 р.

**Бібліографічний опис для цитування:**

Дехнич І. С., Завілій М. Ф., Ракітіна А. І. Діагностична сонографія при абдомінальній хірургії у тварин. *Вісник ПДАА*. 2021. № 1. С. 241–249.

© Дехнич Ігор Сергійович, Завілій Микола Федорович, Ракітіна Анастасія Ігорівна, 2021