

Міністерство освіти і науки України
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Факультет ветеринарної медицини, Кафедра хірургії

НАУКОВА РОБОТА
ЗАХВОРЮВАННЯ ШЛУНКОВО-КИШКОВОГО ТРАКТУ В СОБАК:
ПЕРЕВАГИ МЕТОДІВ ВІЗУАЛЬНОЇ ДІАГНОСТИКИ

Виконав: Студент VI курсу, I групи
спеціальність: ветеринарна медицина

Кіцно Данило Романович

Науковий керівник: **Климчук Вадим Васильович, DVM, PhD,**
доцент кафедри хірургії ім. акад. І. О. Поваженка

Київ–2026

ЗАЯВА ЩОДО МОВИ НАПИСАННЯ РОБОТИ

Цю наукову роботу було первинно написано англійською мовою. Англomовна версія містить оригінальний текст та автентичну (визначальну) версію цієї роботи. Будь-яка версія цієї роботи, підготовлена іншою мовою, є перекладом оригінального англomовного тексту. У разі виникнення будь-яких розбіжностей, невідповідностей або неоднозначностей між англomовною версією та будь-яким її перекладом переважну силу має англomовна версія.

This thesis project was originally written in the English language. The English-language version constitutes the original text and the authoritative version of this thesis. Any version of this thesis prepared in another language constitutes a translation of the original English-language text. In the event of any discrepancy, inconsistency, or ambiguity between the English-language version and any translation thereof, the English-language version shall prevail.

ПОДЯКИ

Висловлюю щиро вдячність своєму рідному закладу вищої освіти — Національному університету біоресурсів і природокористування України (НУБіП), і особливо факультету ветеринарної медицини, за розуміння моєї індивідуальної освітньої траєкторії та за підтримку впродовж усього періоду навчання аж до здобуття ступеня магістра. Особливу вдячність висловлюю своєму науковому керівникові, Вадиму Васильовичу Климчуку, DVM, PhD, доценту кафедри хірургії ім. акад. І. О. Поваженка, за постійне наукове керівництво, терпіння та підтримку. Я щиро вдячний за його готовність відповідати на мої запитання упродовж усього періоду підготовки цієї роботи та за його заохочення.

Також хочу висловити глибоку подяку д-ру Аді Крупі, DVM, Dipl. ECVIM-CA (Oncology), європейському ветеринарному спеціалісту EBVS® з онкології дрібних тварин, за її неоціненні поради, підтримку, розуміння та співчуття. Її сприяння та віра в мій професійний розвиток мали для мене надзвичайно велике значення.

Щиро дякую своїй родині за беззастережну підтримку, заохочення та віру в мене впродовж усього цього шляху.

І, безумовно, не в останню чергу, хочу подякувати своїй золотистій ретриверці Сальсі. Саме вона надихнула мене на рішення стати ветеринаром. Досвід, здобутий у спілкуванні з нею, а також труднощі, з якими я зіткнувся під час встановлення точного діагнозу та отримання належної терапевтичної допомоги, спонукали мене обрати професійний шлях, зосереджений на формуванні ґрунтовних клінічних навичок у внутрішній медицині та візуальній діагностиці. Ця мета залишалася моєю рушійною силою впродовж усього періоду ветеринарної освіти. Сподіваюся, що знання, зібрані на цих сторінках, зроблять свій внесок — нехай навіть незначний — у покращення діагностики та лікування моїх майбутніх пацієнтів.

АНОТАЦІЯ

Передумови дослідження

Захворювання шлунково-кишкового тракту (ШКТ) належать до найпоширеніших патологічних станів, з якими стикаються у ветеринарній практиці. Для оцінювання патології ШКТ у собак доступна низка методів візуальної діагностики, зокрема рентгенографія, ультразвукове дослідження, комп'ютерна томографія, магнітно-резонансна томографія та ендоскопія. Додаткові методики, такі як УЗД з контрастним підсиленням, еластографія та відеокапсульна ендоскопія, розширюють спектр наявних діагностичних можливостей. Кожен метод надає різну діагностичну інформацію та має специфічні клінічні показання.

Мета та завдання

Метою цієї роботи було порівняти методи візуальної діагностики, що застосовуються при захворюваннях ШКТ у собак, та оцінити їх діагностичне застосування в різних клінічних ситуаціях.

Завдання дослідження полягали в тому, щоб:

- ✓ здійснити огляд наявних на сьогодні методів візуальної діагностики;
- ✓ порівняти їх діагностичні можливості та практичні характеристики;
- ✓ оцінити підходи до візуальної діагностики в основних категоріях захворювань ШКТ у собак.

Матеріали та методи

Було проведено наративний огляд літератури з використанням джерел із ветеринарної візуальної діагностики, внутрішньої медицини, гастроентерології та невідкладної медицини. Методи візуальної діагностики порівнювали за доступністю, практичністю застосування, залежністю від кваліфікації оператора, безпечністю та застосовністю в основних категоріях захворювань ШКТ у собак.

Результати

Проаналізована література засвідчила, що жоден окремий метод візуальної діагностики не є придатним для кожної діагностичної ситуації. Рентгенографія та ультразвукове дослідження залишаються найчастіше застосовуваними методами візуальної діагностики завдяки їх доступності та широкому клінічному застосуванню. Комп'ютерна томографія, магнітно-резонансна томографія, ендоскопія та новітні методики дають відповіді на діагностичні питання, на які не завжди можна відповісти за допомогою методів візуалізації першої лінії.

Висновки

Жоден окремий метод візуальної діагностики не є придатним для діагностики всіх захворювань ШКТ у собак. Їхній вибір залежить від діагностичного питання, індивідуальних особливостей пацієнта та клінічного контексту. Проблемно-орієнтований підхід дозволяє інтегрувати методи візуалізації в логічно вибудовану діагностичну стратегію при захворюваннях ШКТ у собак.

ЗМІСТ

Заява щодо мови написання роботи	2
Подяки	3
Анотація	4
Зміст	6
Перелік таблиць	8
Вступ	10
Розділ 1. Методи візуальної діагностики	12
1.1 Рентгенографія в діагностиці захворювань ШКТ у собак	12
1.2 Контрастна рентгенографія та рентгеноскопія в діагностиці захворювань ШКТ у собак	14
1.3 Ультразвукове дослідження в діагностиці захворювань ШКТ у собак	16
1.4 Комп'ютерна томографія (КТ) в діагностиці захворювань ШКТ у собак	18
1.5 Магнітно-резонансна томографія в діагностиці захворювань ШКТ у собак	18
1.6 Ендоскопія в діагностиці захворювань ШКТ у собак	23
1.7 Сцинтиграфія в діагностиці захворювань ШКТ у собак	25
1.8 Допоміжні методики візуалізації в діагностиці захворювань ШКТ у собак ...	26
1.8.1 Ультрасонографія з контрастним підсиленням (CEUS): допоміжна методика до ультрасонографії в В-режимі	27
1.8.2 Еластографія: допоміжна методика до ультрасонографії	29
1.8.3 Капсульна ендоскопія: допоміжна методика до ендоскопії	30
1.8.4 Аналіз зображень із застосуванням штучного інтелекту: допоміжний інструмент візуальної діагностики	32
Розділ 2. Порівняльні переваги та обмеження методів візуальної діагностики ..	33
2.1 Діагностична ефективність	33
2.1.1 Порівняння виявлення патологічних змін	34
2.1.2 Порівняння характеристик тканин	39
2.1.3 Порівняння оцінювання анатомічної поширеності	44

2.1.4 Порівняння структурного та функціонального оцінювання	48
2.1.5 Інтеграція методів візуальної діагностики в клінічній практиці	52
2.2 Клінічні чинники, що впливають на вибір методу візуальної діагностики	53
2.2.1 Наявність та доступність	54
2.2.2 Візуальна діагностика в нестабільних пацієнтів	54
2.2.3 Залежність від кваліфікації оператора	56
2.2.4 Безпечність	57
2.2.5 Практичне узагальнення	60
Розділ 3. Підходи до візуальної діагностики при захворюваннях ШКТ у собак .	61
3.1 Підхід до візуальної діагностики при невідкладних станах ШКТ	61
3.1.1 Первинна візуальна діагностика в нестабільних пацієнтів	62
3.1.2 ROCUS та рентгенографія у прийнятті рішень за невідкладних станів	62
3.1.3 Додаткова візуальна діагностика після первинної стабілізації	63
3.2 Підхід до візуальної діагностики при обструктивних захворюваннях ШКТ	64
3.2.1 Рентгенографія та ультразвукове дослідження при обструктивних захворюваннях ШКТ	64
3.2.2 Додаткова візуальна діагностика після первинного оцінювання	65
3.3 Підхід до візуальної діагностики при хронічній ентеропатії	66
3.3.1 Ультрасонографічне оцінювання при хронічній ентеропатії	67
3.3.2 Ендоскопія, тканинна діагностика та додаткова візуалізація	68
3.4 Підхід до візуальної діагностики при новоутвореннях ШКТ	69
3.4.1 Візуальна діагностика для виявлення та характеристики вогнищ ураження	70
3.4.2 Візуальний контроль при відборі зразків тканин	71
3.4.3 Візуальна діагностика для стадіювання та планування лікування	72
3.5 Підхід до візуальної діагностики при порушеннях моторики ШКТ	72
3.5.1 Візуальна диференціація структурних та функціональних порушень	73
3.5.2 Візуальне оцінювання ковтання, моторики та транзиту по ШКТ	73
3.5.3 Висновок	74

Обговорення результатів.....	75
Висновки	78
Список використаних джерел	79

ПЕРЕЛІК ТАБЛИЦЬ

Таблиця 1. Діагностичні можливості рентгенографії при оцінюванні ШКТ у собак	14
Таблиця 2. Діагностичні можливості контрастної рентгенографії та рентгеноскопії при оцінюванні ШКТ у собак	15
Таблиця 3. Діагностичні можливості ультрасонографії при оцінюванні ШКТ у собак	16
Таблиця 4. Діагностичні можливості КТ при оцінюванні ШКТ у собак	20
Таблиця 5. Діагностичні можливості МРТ при оцінюванні ШКТ у собак	22
Таблиця 6. Діагностичні можливості ендоскопії при оцінюванні ШКТ у собак	25
Таблиця 7. Діагностичні можливості CEUS при оцінюванні ШКТ у собак	28
Таблиця 8. Діагностичні можливості еластографії при оцінюванні ШКТ у собак....	30
Таблиця 9. Діагностичні можливості капсульної ендоскопії при оцінюванні ШКТ у собак	31
Таблиця 10. Діагностичні можливості аналізу зображень із застосуванням ШІ при оцінюванні ШКТ у собак	32
Таблиця 11. Порівняння виявлення патологічних змін методами візуальної діагностики, що застосовуються при захворюваннях ШКТ у собак	38
Таблиця 12. Порівняння характеристик тканин методами візуальної діагностики, що застосовуються при захворюваннях ШКТ у собак	43
Таблиця 13. Порівняльне оцінювання анатомічної поширеності за методами візуальної діагностики	47
Таблиця 14. Структурне та функціональне оцінювання, що забезпечується різними методами візуальної діагностики	51

Таблиця 15. Приклади комплементарного застосування методів візуальної діагностики в діагностиці захворювань ШКТ у собак	52
Таблиця 16. Практичні чинники, що впливають на вибір методу візуальної діагностики	59

ВСТУП

Захворювання шлунково-кишкового тракту (ШКТ) у собак становлять різноманітну групу патологій, які часто трапляються у практиці лікування дрібних тварин і належать до найпоширеніших станів, що розглядаються у ветеринарній внутрішній медицині. Епідеміологічні дослідження послідовно ідентифікують патологію ШКТ як одну з найчастіших причин звернення до лікаря ветеринарної медицини, що підкреслює її клінічну значущість. [1–3]

Клінічні прояви варіюють від легких станів із самообмежувальним перебігом до тяжких захворювань, що потребують невідкладного терапевтичного або хірургічного втручання. Ці відмінності відображають широку варіабельність основних патофізіологічних механізмів, ступеня клінічної тяжкості та прогнозу. [1,4–6]

Різноманітність патології ШКТ супроводжується значним перекриттям клінічних проявів. У пацієнтів можуть спостерігатися блювання, діарея, анорексія або втрата маси тіла, проте ці клінічні ознаки не є специфічними та можуть виникати вторинно на тлі позакишкових захворювань. Самого лише клінічного обстеження може бути недостатньо для встановлення остаточного діагнозу, що зумовлює необхідність подальшого діагностичного обстеження. [4–7]

Візуальна діагностика доповнює клінічні та лабораторні дані, надаючи структурну й функціональну інформацію, яку неможливо отримати лише за результатами фізичного обстеження. [4,6,8–10]

Жоден окремий метод візуальної діагностики не здатний дати відповідь на всі діагностичні питання, що виникають при захворюваннях ШКТ у собак. Вибір належної методики візуалізації залежить від клінічного питання та необхідної діагностичної інформації. [8,9,11,12]

Проаналізована література містить детальну інформацію про окремі методи візуальної діагностики та їх застосування при конкретних захворюваннях ШКТ. [4,9,13] Інтеграція цих даних щодо різних клінічних презентацій є менш очевидною, оскільки багато публікацій зосереджені або на окремих захворюваннях, або на конкретних

методах візуалізації. Це створює потребу в інтегрованому порівнянні, яке б слугувало підґрунтям для вибору методу візуалізації в різних клінічних сценаріях.

Мета роботи

Метою цієї роботи було порівняти методи візуальної діагностики, що застосовуються при захворюваннях ШКТ у собак, та оцінити їх діагностичне застосування в різних клінічних ситуаціях.

Завдання роботи

1. Здійснити огляд сучасних методів візуальної діагностики, доступних для оцінювання захворювань ШКТ у собак.
2. Порівняти методи візуальної діагностики за їхніми діагностичними можливостями, практичними характеристиками, доступністю, залежністю від кваліфікації оператора та критеріями безпеки.
3. Оцінити підходи до візуальної діагностики в основних клінічних категоріях захворювань ШКТ у собак, зокрема при невідкладних станах, обструктивних захворюваннях, хронічній ентеропатії, новоутвореннях ШКТ та порушеннях моторики.
4. Узагальнити роль ультрасонографії з контрастним підсиленням, еластографії та капсульної ендоскопії у візуальній діагностиці захворювань ШКТ у собак.

1. МЕТОДИ ВІЗУАЛЬНОЇ ДІАГНОСТИКИ

Різні методи візуальної діагностики надають різні типи діагностичної інформації залежно від застосованої методики. Це може включати оцінювання положення та морфології органів, архітектоніки стінки ШКТ, вмісту просвіту, судинної перфузії, а також наявності вогнищевих або дифузних патологічних змін. [8,9,11,12,14,15]

Для оцінювання патології ШКТ у собак доступна низка методик візуалізації: рентгенографія, контрастна рентгенографія та рентгеноскопія, ультразвукове дослідження, комп'ютерна томографія (КТ), магнітно-резонансна томографія (МРТ), ендоскопія, а також кілька комплементарних методик. У наступних підрозділах описано діагностичні можливості, клінічні застосування, переваги та обмеження кожного методу. Порівняльне оцінювання їхньої діагностичної ролі та клінічного застосування представлено далі в розділах 1 і 2. [8,8,11,12,14,16]

1.1 Рентгенографія в діагностиці захворювань ШКТ у собак

Рентгенографія органів черевної порожнини широко застосовується для оцінювання патології ШКТ у собак. Її використовують під час первинного діагностичного обстеження; вона може безпосередньо виявляти патологічні зміни або вказувати на необхідність проведення додаткових візуальних досліджень. [4,8–10,17]

Оглядова рентгенографія є основою рентгенологічного оцінювання ШКТ. Оскільки рентгенограми відтворюють двовимірну проекцію тривимірних анатомічних структур, інтерпретація ґрунтується на розпізнаванні нормальної рентгеноанатомії та виявленні відхилень від очікуваної картини. Рентгенограми черевної порожнини інтерпретують комплексно, приділяючи увагу взаємному розташуванню абдомінальних структур. [8,10]

Рентгенографія органів черевної порожнини дозволяє оцінити розмір, форму, положення та рентгенівську щільність (оптичну густину) органів, а також розподіл газу, рідини та вмісту в просвіті ШКТ. Вона дає змогу оцінити серозну деталізацію черевної порожнини, наявність вільного газу в ній, рентгеноконтрастний сторонній

матеріал і зміщення абдомінальних структур. Ці знахідки забезпечують загальний огляд черевної порожнини та можуть визначати потребу в подальшій візуальній діагностиці. [8–10]

Коли показані контрастні дослідження, оглядові рентгенограми зазвичай виконують першими, оскільки вони можуть вже надати достатню діагностичну інформацію або виявити зміни, які впливатимуть на вибір подальшої візуалізації. [4,8–10]

Рентгенографія має низку обмежень. Контрастність м'яких тканин є обмеженою, що ускладнює детальне оцінювання стінки ШКТ і унеможлиблює оцінювання її шаруватості. Накладання абдомінальних структур може маскувати патологічні зміни або знижувати помітність вогнища ураження. На інтерпретацію зображень впливають конституція пацієнта, вгодованість, кількість внутрішньочеревного жиру, а також обсяг газу чи вмісту в просвіті, що позначається на деталізації черевної порожнини. Рентгенонегативний (рентгенопрозорий) сторонній матеріал та слабо виражені зміни м'яких тканин не завжди вдається виявити на оглядових рентгенограмах. [18] Ці обмеження підтверджуються клінічними дослідженнями.

У нещодавньому дослідженні, присвяченому оцінюванню безконтрастної цифрової рентгенографії, повідомлено про високу специфічність, проте низьку чутливість для виявлення та локалізації новоутворень ШКТ у собак: чутливість коливалася від 34% до 64% залежно від рівня досвіду фахівця, який аналізував зображення. Нормальні рентгенологічні знахідки не виключають клінічно значущої патології ШКТ; для встановлення остаточного діагнозу може бути необхідною додаткова візуальна діагностика. [4,8–10] Попри ці обмеження, рентгенографія органів черевної порожнини залишається важливим складником візуальної діагностики патології ШКТ у собак. [4,8–10,17,19,20]

Таблиця 1. Діагностичні можливості рентгенографії при оцінюванні ШКТ у собак

Параметр	Оцінювання
Просвіт ШКТ	Розтягнення просвіту, розподіл газу та вмісту
Стінка ШКТ	Обмежене оцінювання за непрямыми рентгенологічними ознаками
Сторонні тіла	Рентгеноконтрастний сторонній матеріал
Черевна порожнина	Виявлення вільного газу в черевній порожнині; обмежене оцінювання абдомінального випоту
Контрастні дослідження	Прохідність просвіту та морфологія шлунково-кишкового тракту

[8–10]

1.2 Контрастна рентгенографія та рентгеноскопія в діагностиці захворювань ШКТ у собак

Контрастна рентгенографія та рентгеноскопія забезпечують отримання анатомічної та функціональної інформації для оцінювання шлунково-кишкового тракту в собак. Контрастна рентгенографія покращує візуалізацію просвіту ШКТ та його морфології. Рентгеноскопія дає змогу оцінювати функцію ШКТ у реальному часі. [8,9,11,12,14] Під час контрастної рентгенографії вводять контрастну речовину для покращення візуалізації просвіту ШКТ. Контрастні дослідження покращують оцінювання форми, контуру та прохідності просвіту, тоді як подвійне контрастування додатково покращує візуалізацію поверхні слизової оболонки. [8,9,13,21,22] Рентгеноскопія забезпечує отримання безперервної послідовності зображень, що дає змогу динамічно оцінювати функцію ШКТ. Рентгеноскопію часто застосовують для оцінювання акта ковтання, моторики стравоходу та проходження контрастної речовини по ШКТ. [9,16,23,24]

Найчастіше для візуалізації ШКТ застосовують контрастні препарати на основі барію та водорозчинні йодовмісні контрастні засоби. Вибір контрастної речовини залежить від клінічного питання та передбачуваної патології, оскільки кожен засіб має свої показання та протипоказання. [8,9,21,25]

Обидві методики мають обмеження. Контрастні дослідження потребують введення контрастної речовини та загалом є більш тривалими, ніж оглядова рентгенографія. Рентгеноскопія вимагає спеціалізованого обладнання й фахової підготовки та зумовлює вплив іонізуючого випромінювання як на пацієнта, так і на персонал ветеринарної клініки. [8,9,23,24,26,27]

Застосування контрастної рентгенографії (зокрема з контрастними засобами на основі барію) зменшилося з розвитком ультрасонографії та методів пошарової (перерізової) візуалізації. Вона залишається корисною, коли потрібне подальше оцінювання просвіту ШКТ. Відеорентгеноскопія залишається референтною методикою візуалізації для оцінювання розладів ковтання та функції стравоходу і продовжує вважатися «золотим стандартом» у діагностиці дисфагії. [4,8,9,11,16,23,24,28,29]

Таблиця 2. Діагностичні можливості контрастної рентгенографії та рентгеноскопії при оцінюванні ШКТ у собак

Параметр	Оцінювання
Стравохід	Порушення моторики, структури, дивертикули та грижа стравохідного отвору діафрагми
Шлунок	Евакуаторна функція шлунка, обструкція вихідного відділу та морфологія шлунка
Тонка кишка	Прохідність просвіту, кишковий транзит та обструктивні захворювання
Товста кишка	Морфологія ободової кишки та колонічний транзит за наявності показань
Ковтання	Динамічне оцінювання ротової, глоткової та стравохідної фаз ковтання

Параметр	Оцінювання
Моторика ШКТ	Оцінювання моторики шлунково-кишкового тракту в реальному часі
Контрастні дослідження	Виявлення нерівностей слизової оболонки, звуження просвіту та дефектів наповнення

[8,9,13,16,21,23]

1.3 Ультразвукове дослідження в діагностиці захворювань ШКТ у собак

Ультрасонографія забезпечує оцінювання ШКТ та прилеглих абдомінальних структур у реальному часі. Вона дозволяє оцінити стінку ШКТ, вміст просвіту, моторику, регіонарні лімфатичні вузли, брижу та наявність вільної рідини в черевній порожнині. [8,9,13,15,30–32]

Ультрасонографія дозволяє детально оцінити стінку ШКТ, зокрема її товщину, збереженість нормальної шаруватості та ехогенність тканин. Вона також робить можливим оцінити вміст просвіту, моторики ШКТ та суміжних абдомінальних структур.

Основні ультрасонографічні параметри, які оцінюють під час дослідження ШКТ, узагальнені в таблиці 3. [8,13,15,30,33–36]

Таблиця 3. Діагностичні можливості ультрасонографії при оцінюванні ШКТ у собак

Параметр	Оцінювання
Товщина стінки ШКТ	Вимірювання товщини стінки
Шаруватість стінки ШКТ	Збереженість нормальної шаруватості стінки
Ехогенність	Ехогенність тканин

Параметр	Оцінювання
Моторика	Перистальтична активність
Вміст просвіту	Рідина, газ, кормові маси та сторонній матеріал
Брижа	Ультрасонографічна картина брижі
Регіонарні лімфатичні вузли	Розмір, форма та ехогенність
Вільна рідина в черевній порожнині	Наявність та розподіл
Доплерівське дослідження	Васкуляризація та перфузія тканин

[13,15,30,36]

Доплерівська ультрасонографія забезпечує оцінювання кровотоку, васкуляризації та перфузії тканин. Кольорову та енергетичну доплерографію застосовують відповідно до клінічного питання, причому енергетична доплерографія є особливо чутливою до низькошвидкісного кровотоку та дрібних судин. [9,10,14,15] Ультрасонографія уможлиблює проведення діагностичних маніпуляцій під візуальним контролем, зокрема тонкоголкової аспіраційної біопсії (ТАБ) та біопсії тканин за наявності показань. Візуалізація в реальному часі підвищує точність відбору матеріалу та полегшує мінімально інвазивне отримання зразків для цитологічних і гістопатологічних досліджень. [9,13,15,37]

Основними перевагами ультрасонографії є висока контрастність м'яких тканин, візуалізація в реальному часі та відсутність іонізуючого випромінювання. Дослідження добре переносяться пацієнтами та може бути повторене за потреби в динамічному спостереженні. [9,13,15,30]

УЗД має низку обмежень. На якість зображення можуть впливати кишковий газ, конституція пацієнта та його вгодованість. Для забезпечення належного акустичного

контакту зазвичай необхідне вистригання хутряного покриву перед дослідженням, що в окремих випадках може впливати на згоду власника. Інтерпретація значною мірою залежить від кваліфікації оператора та потребує відповідної фахової підготовки й досвіду. [9,13,15,30,32,38,39]

1.4 Комп'ютерна томографія (КТ) в діагностиці захворювань ШКТ у собак

Комп'ютерна томографія (КТ) забезпечує отримання пошарових зображень черевної порожнини, що дає змогу оцінювати окремі абдомінальні структури без анатомічного накладання. Зображення можуть бути реконструйовані в поперечній, сагітальній та дорсальній площинах без повторного проведення дослідження, що покращує анатомічну локалізацію та візуалізацію взаємовідношень між патологічними змінами ШКТ і прилеглими абдомінальними структурами. Тривимірні реконструкції можуть покращувати візуалізацію складних анатомічних співвідношень і сприяти плануванню хірургічного втручання. [9,10,14,40,41]

КТ забезпечує детальне оцінювання шлунково-кишкового тракту та прилеглих абдомінальних структур. Оцінювання охоплює просвіт ШКТ, товщину його стінки, брижу, регіонарні лімфатичні вузли та суміжні органи черевної порожнини. Пошарова візуалізація дозволяє точно локалізувати патологічні зміни та демонструє їх взаємовідношення із суміжними органами й магістральними судинами черевної порожнини. [6,9,10,40–42]

Внутрішньовенне введення йодовмісного контрасту рутинно застосовується під час КТ органів черевної порожнини. Контрастне підсилення покращує візуалізацію кровоносних судин, тканинної перфузії та меж вогнища ураження, сприяючи характеристиці ураження та оцінюванню поширеності патологічного процесу. [43]

Належне розтягнення кишківника є важливим для оцінювання стінки ШКТ, оскільки недостатнє наповнення просвіту може маскувати незначні патологічні зміни або створювати хибне враження потовщення стінки. Для покращення оцінювання

розтягнення кишківника, коли необхідне детальне дослідження кишкової стінки, було розроблено КТ-ентерографію. [9,10,41,44–46]

КТ застосовують для оцінювання складних захворювань ШКТ, визначення поширеності патологічного процесу та планування хірургічного втручання. Її широко використовують для стадіювання новоутворень ШКТ. КТ виявляє локальну пухлинну інвазію, дає змогу оцінити регіонарні лімфатичні вузли та поширеність захворювання. КТ усього тіла дозволяє виявити віддалені метастази та ураження додаткових органів. [6,9,41,47–49]

Основними перевагами КТ є усунення анатомічного накладання, висока просторова роздільна здатність та можливість мультипланарної реконструкції зображень. Ці характеристики покращують анатомічну локалізацію та демонструють взаємовідношення між патологічними змінами ШКТ, суміжними органами й магістральними абдомінальними судинами. Це уможливлює планування хірургічного втручання та стадіювання пухлин. [8–10,40,48]

КТ має низку обмежень. Для мінімізації рухів пацієнта та отримання зображень діагностичної якості зазвичай необхідний загальний наркоз або глибока седація. Внутрішньовенне введення контрастної речовини потребує оцінювання клінічного стану пацієнта перед проведенням дослідження. На якість зображень можуть впливати рухи пацієнта, артефакти жорсткішання пучка (beam-hardening) та недостатнє розтягнення кишківника. [6,7,9,10,26,41,44,45]

Ці характеристики зумовлюють цінність КТ у випадках, коли необхідне точне оцінювання поширеності вогнища ураження, планування хірургічного втручання або стадіювання новоутворень ШКТ. [6,9,41,47,48]

Таблиця 4. Діагностичні можливості КТ при оцінюванні ШКТ у собак

Параметр	Оцінювання
Пошарова візуалізація	ШКТ та прилеглі абдомінальні структури
Мультипланарна реконструкція	Анатомічна локалізація
Тривимірна реконструкція	Просторові анатомічні співвідношення
Контрастне підсилення	Накопичення контрасту тканинами та судинними структурами
Стінка ШКТ	Товщина стінки та поширеність ураження
Просвіт ШКТ	Розтягнення та звуження просвіту
Брижа	Структури брижі
Регіонарні лімфатичні вузли	Розмір і морфологія
Суміжні органи черевної порожнини	Місцеве поширення патологічного процесу
КТ усього тіла	Розподіл патологічного процесу

[9,41,47,48,50]

1.5 Магнітно-резонансна томографія (МРТ) в діагностиці захворювань ШКТ у собак

Магнітно-резонансна томографія (МРТ) забезпечує отримання пошарових зображень черевної порожнини з високою контрастністю м'яких тканин. Зображення можуть бути отримані в поперечній, сагітальній, дорсальній та косих площинах, що покращує анатомічну локалізацію й візуалізацію взаємовідношень між патологічними змінами ШКТ та прилеглими абдомінальними структурами. МРТ характеризує м'які

тканини з більшою деталізацією, що дозволяє точніше оцінити тканинний склад, межі вогнища ураження та анатомічні співвідношення. [9,10,14,51–53]

MPT дає змогу оцінити стінку ШКТ, брижу, регіонарні лімфатичні вузли та суміжні органи черевної порожнини. Вона диференціює рідину, жирову тканину, крововилив, фіброз та інші м'якотканинні компоненти. MPT дозволяє визначити анатомічне походження абдомінальних новоутворень і виявити їх поширення на сусідні м'які тканини. Мультипланарна візуалізація покращує оцінювання складних анатомічних співвідношень, особливо за умов спотворення нормальної анатомії. [9,10,14,51,54] Внутрішньовенне введення гадолінієвого контрасту покращує оцінювання накопичення контрасту в тканинах, васкуляризації вогнища ураження та внутрішніх тканинних характеристик. MPT може поєднуватися з дифузійно-зваженою візуалізацією (DWI) для додаткової характеристики тканин, а також із магнітно-резонансною холангіопанкреатографією (МРХПГ) для неінвазивного оцінювання жовчних і панкреатичних проток. МРХПГ візуалізує жовчний міхур, міхурову протоку, спільну жовчну протоку та протоку підшлункової залози. Експериментальні дослідження продемонстрували можливість виконання МРХПГ у собак, хоча її клінічне застосування досі перебуває на стадії вивчення. [9,51,54–56]

MPT застосовують для оцінювання складних абдомінальних новоутворень, панкреатобіліарної патології, регіонарних лімфатичних вузлів та змін, що залучають тазову ділянку або каудальну частину черевної порожнини. Вона дозволяє визначити анатомічну поширеність, виявити локальну інвазію та слугує підґрунтям для планування лікування, коли потрібна детальна характеристика м'яких тканин. [51,54–57]

Основними перевагами MPT є висока контрастність м'яких тканин, мультипланарна візуалізація та характеристика тканин. Ці можливості покращують оцінювання тканинної архітекτονіки, поширеності патологічного процесу та анатомічних співвідношень у межах черевної порожнини. MPT дозволяє

диференціювати тканини зі схожою анатомічною картиною, але різним внутрішнім складом. [9,10,14,51,54]

MPT має низку практичних обмежень. Для мінімізації рухів пацієнта та отримання зображень діагностичної якості зазвичай потрібен загальний наркоз. MPT потребує більшого часу сканування, ніж більшість інших методів візуалізації органів черевної порожнини, що робить її менш придатною для нестабільних пацієнтів. Обмежена доступність томографів і потреба у спеціалізованих навичках щодо отримання та інтерпретації зображень додатково обмежують її рутинне клінічне застосування. [9,14,51,52,58]

Таблиця 5. Діагностичні можливості MPT при оцінюванні ШКТ у собак

Параметр	Оцінювання
Пошарова візуалізація	ШКТ та прилеглі абдомінальні структури
Мультипланарна візуалізація	Анатомічна локалізація та просторові співвідношення
Стінка ШКТ	Морфологія стінки та внутрішні тканинні характеристики
Брижа	Оцінювання патологічних змін брижі та тканинного складу
Регіонарні лімфатичні вузли	Морфологія та внутрішні тканинні характеристики
Суміжні органи	Детальне оцінювання м'яких тканин та анатомічних співвідношень
Характеристика тканин	Диференціація рідини, жирової тканини, крововиливу, фіброзу та солідної тканини
Контрастне підсилення	Накопичення контрасту тканинами та васкуляризація вогнища ураження

Параметр	Оцінювання
Панкреатобіліарна система	МРТ- та МРХПГ-оцінювання підшлункової залози та протокових структур
Функціональні методики	Контрастне підсилення та дифузійно-зважена візуалізація для поглибленої характеристики тканин

[9,10,14,51,53–56]

1.6 Ендоскопія в діагностиці захворювань ШКТ у собак

Ендоскопія охоплює ендоскопію верхніх відділів шлунково-кишкового тракту (езофагогастродуоденоскопію) та нижніх відділів ШКТ (ілеоколоноскопію). Ендоскопія верхніх відділів ШКТ дозволяє обстежити стравохід, шлунок і проксимальний відділ дванадцятипалої кишки. Ендоскопія нижніх відділів ШКТ дозволяє обстежити пряму кишку, ободову кишку та термінальний відділ клубової кишки за умови можливості інтубації ілеоцекального клапана. Ендоскопію застосовують для безпосередньої візуалізації ШКТ, а також для мінімально інвазивних лікувальних процедур, таких як видалення сторонніх тіл, балонна дилатація стриктур, поліпектомія та встановлення зондів для харчування. [4,7,16,59,60]

Безпосередня візуалізація просвіту ШКТ і поверхні слизової оболонки дозволяє оцінити стан слизової, вміст просвіту та структурні порушення. Біоптати можуть бути відібрані як із видимих патологічно змінених ділянок, так і з макроскопічно незміненої слизової оболонки, оскільки клінічно значущі мікроскопічні зміни можуть бути наявними попри нормальну ендоскопічну картину. Гістопатологічне дослідження виявляє мікроскопічні порушення, які неможливо візуалізувати лише за допомогою ендоскопії. Ендоскопічні знахідки мають найбільшу діагностичну цінність тоді, коли їх інтерпретують разом із результатами гістопатологічного дослідження. [4,7,16,60,61]

Ендоскопію виконують тоді, коли необхідна безпосередня візуалізація просвіту та слизової оболонки ШКТ або гістопатологічне оцінювання. У собак із хронічними ознаками з боку ШКТ спочатку досліджують або виключають позакишкові, метаболічні, інфекційні та структурні захворювання. Ендоскопія не є діагностичною процедурою першої лінії при хронічних захворюваннях ШКТ. Її застосовують тоді, коли очікується, що безпосереднє оцінювання слизової оболонки або гістопатологічне дослідження виявить зміни, які неможливо візуалізувати іншими діагностичними методами. [4,5,7,16,62] Ендоскопія має як діагностичне, так і лікувальне застосування. Ендоскопічне видалення сторонніх тіл зі стравоходу та шлунка може усунути потребу в хірургічному втручанні. Балонна дилатація стриктур ШКТ, поліпектомія та встановлення зондів для харчування є додатковими лікувальними процедурами. Вибір між ендоскопічним і хірургічним лікуванням залежить від характеру та локалізації ураження, а також від технічних можливостей ендоскопічного втручання. [4,7,16,60,63] Ендоскопія дозволяє обстежити просвіт і поверхню слизової оболонки ШКТ. Вона надає обмежену інформацію про глибші шари стінки ШКТ або його структури, розташовані поза межами ШКТ. Патологічні процеси, що уражають ці тканини, можуть залишитися невиявленими або недостатньо охарактеризованими. Конвенційна ендоскопія верхніх і нижніх відділів ШКТ не дозволяє обстежити всі ділянки тонкої кишки. Нормальні ендоскопічні знахідки не виключають наявності захворювання ШКТ. [4,7,16,60] Основними перевагами ендоскопії є безпосередня візуалізація слизової оболонки ШКТ, прицільний відбір біоптатів і можливість мінімально інвазивного лікувального втручання. Її основні обмеження — неможливість оцінити глибші шари стінки ШКТ та позакишкові структури, неповне обстеження тонкої кишки та необхідність загального наркозу. [4,7,16,60]

Таблиця 6. Діагностичні можливості ендоскопії при оцінюванні ШКТ у собак

Параметр	Оцінювання
Слизова оболонка ШКТ	Колір, текстура поверхні, судинний малюнок, крихкість, ерозії, виразки та вогнищеві зміни
Просвіт ШКТ	Вміст просвіту, звуження, обструкція, сторонній матеріал та внутрішньопросвітні новоутворення
Розподіл уражень слизової оболонки	Вогнищеве, мультифокальне або дифузне ураження доступної слизової оболонки ШКТ
Структурні порушення	Стриктури, дивертикули, поліпи та зміни контуру просвіту
Видимі патологічні зміни	Локалізація, поширеність та ендоскопічна картина уражень слизової оболонки й внутрішньопросвітної патології
Доступність для відбору матеріалу	Ідентифікація патологічно змінених та макроскопічно нормальних ділянок слизової оболонки для вибору місця біопсії

[4,7,16,60,61]

1.7 Сцинтиграфія в діагностиці захворювань ШКТ у собак

Сцинтиграфія — це метод візуалізації в ядерній медицині, який дозволяє оцінити фізіологічну функцію шляхом відображення розподілу введених радіофармацевтичних препаратів за допомогою гамма-камери. Сцинтиграфія відрізняється від інших методів візуалізації тим, що вона відстежує фізіологічну функцію через розподіл введених радіофармпрепаратів. [14,64–67] У межах візуалізації органів черевної порожнини в собак сцинтиграфія застосовується для функціонального оцінювання шлунково-кишкового тракту та портального кровообігу. До описаних показників належать оцінювання стравохідного транзиту, гастроезофагеального рефлюксу, евакуаторної функції шлунка та моторики ШКТ.

Гепатичну сцинтиграфію застосовують для дослідження портосистемних шунтів шляхом оцінювання портального кровотоку. [64–66,68]

Сцинтиграфію застосовували для оцінювання гастроезофагеального рефлюксу в собак. Радіомічені кормові маси відстежують у реальному часі для виявлення епізодів рефлюксу під час фізіологічного акту ковтання та шлункового транзиту. Експериментальні дослідження на клінічно здорових собаках показали, що гастроезофагеальний рефлюкс може виникати без легеневої аспірації. Сцинтиграфія здатна виявляти функціональні порушення, які не є очевидними при анатомічній візуалізації. [64,65,69]

Сцинтиграфія забезпечує кількісне оцінювання евакуаторної функції шлунка, стравохідного транзиту та печінкової перфузії. Це має значення в собак із дисфункцією стравоходу, порушеннями евакуації зі шлунку та підозрою на портосистемні шунти. [64,65,67,68]

Сцинтиграфія потребує спеціалізованих підрозділів ядерної медицини, радіофармацевтичних препаратів та обладнання з гамма-камерою, що обмежує її доступність у загальній ветеринарній практиці. Її просторова роздільна здатність є нижчою, ніж у КТ або МРТ, що обмежує детальне анатомічне оцінювання. Основними перевагами сцинтиграфії є кількісна інтерпретація фізіологічної функції та об'єктивне оцінювання моторики ШКТ, евакуаторної функції шлунка й портальної перфузії. Основними обмеженнями є низька доступність, потреба у спеціалізованому обладнанні та радіофармпрепаратах, нижча за КТ і МРТ просторова роздільна здатність, а також обмежена анатомічна деталізація. [14,64–66,68]

1.8 Допоміжні методики візуалізації в діагностиці захворювань ШКТ у собак

На додаток до описаних вище усталених методів візуальної діагностики, в окремих випадках можуть бути корисними кілька допоміжних методик візуалізації. Ці методики не замінюють конвенційні методи візуалізації, а розширюють їхні

діагностичні можливості. У цьому підрозділі стисло розглянуто їхні сучасні застосування та потенційну роль у діагностиці захворювань ШКТ у собак. [32,63,70,71]

1.8.1 Ультрасонографія з контрастним підсиленням (CEUS): допоміжна методика до ультрасонографії в В-режимі

Ультрасонографія з контрастним підсиленням (CEUS) — це ультрасонографічна методика, у якій застосовують внутрішньовенно введені газонаповнені мікробульбашкові контрастні засоби. Ці мікробульбашки залишаються в межах судинного русла та не дифундують в інтерстиційний простір. CEUS дозволяє оцінювати тканинну перфузію та судинне підсилення в реальному часі шляхом аналізу мікроциркуляторного кровотоку в тканинах. Ультрасонографія в В-режимі забезпечує структурне оцінювання ШКТ. CEUS доповнює В-режимну ультрасонографію, додаючи функціональне оцінювання кишкової перфузії. [13,24,30,70,72]

CEUS може оцінюватися якісно — шляхом аналізу патернів контрастного підсилення, або кількісно — за допомогою аналізу кривих «час–інтенсивність». Кількісне оцінювання ґрунтується на перфузійних параметрах, до яких належать час надходження контрасту, час до пікового підсилення, пікова інтенсивність (PI), швидкість накопичення (wash-in), швидкість вимивання (wash-out) та площа під кривою «час–інтенсивність» (AUC). Ці параметри дозволяють об'єктивно оцінити мікроциркуляторну перфузію кишківника, що виходить за межі можливостей В-режимної ультрасонографії. [13,24,72–74] У собак CEUS застосовували для оцінювання хронічної запальної ентеропатії (ХЗЕ), запального захворювання кишківника (IBD) та лімфоми кишківника. Структурні зміни, виявлені за допомогою В-режимної ультрасонографії, можуть інтерпретуватися разом із перфузійними змінами, встановленими за допомогою CEUS, що забезпечує повніше дослідження патології кишківника. [37,70,72,73]

Дослідження собак із зазначеними захворюваннями продемонстрували вірогідні зміни кишкової перфузії порівняно зі здоровими тваринами контрольної групи. Послідовно повідомлялося про підвищення пікової інтенсивності (PI) та площі під кривою «час–інтенсивність» (AUC), причому пікова інтенсивність позитивно корелює з клінічною активністю захворювання. Перфузійні параметри не дозволяють надійно диференціювати ХЗЕ від лімфоми кишківника. Повторні дослідження після лікування не виявили послідовних змін перфузійних параметрів попри клінічне покращення. [37,38,72,73,75]

Основними перевагами CEUS є дослідження мікроциркуляторної перфузії кишківника в реальному часі, кількісне оцінювання васкуляризації тканин і поєднане структурно-функціональне оцінювання. Основними обмеженнями є необхідність внутрішньовенного введення контрасту, потреба у спеціалізованому обладнанні та фаховій підготовці, обмежена доступність, а також відсутність специфічних для конкретних захворювань перфузійних патернів у низці патологій ШКТ. [9,13,24,30,72,76]

Таблиця 7. Діагностичні можливості CEUS при оцінюванні ШКТ у собак

Параметр	Оцінювання
Перфузія кишківнику	Оцінювання судинної перфузії кишківнику в реальному часі після введення контрасту
Васкуляризація стінки кишківника	Розподіл та інтенсивність контрастного підсилення в межах кишкової стінки
Патерн підсилення	Гомогенне або гетерогенне підсилення та часові характеристики підсилення
Васкуляризація вогнища ураження	Характеристика судинних патернів у межах вогнищевих уражень ШКТ
Межі вогнища ураження	Відмежування меж ураження та прилеглої перфузованої тканини

Параметр	Оцінювання
Життєздатність тканини	Ідентифікація перфузованої та неперфузованої тканини, зокрема ділянок некрозу
Запальні та неопластичні ураження	Характеристика перфузійних патернів, що можуть сприяти диференціації уражень

[13,24,38,72]

1.8.2 Еластографія: допоміжна методика до ультрасонографії

Еластографія — це методика візуалізації на основі ультразвуку, яка дозволяє оцінити механічні властивості тканин шляхом визначення їх еластичності та жорсткості. Вона доповнює В-режимну ультрасонографію, демонструючи тканинні властивості, які неможливо оцінити лише за морфологічними ознаками. У ветеринарній медицині еластографію застосовували для дослідження низки органів, зокрема печінки, селезінки та шлунково-кишкового тракту. [8,9,13,32,77]

У візуальній діагностиці патології ШКТ у собак еластографію досліджували як неінвазивний метод оцінювання хронічних захворювань кишківника. Підвищена жорсткість тканини може відображати фіброз та інші патологічні зміни, асоційовані з хронічними ентеропатіями. Еластографічні знахідки інтерпретують разом із результатами В-режимної ультрасонографії та іншими клінічними й діагностичними даними. [9,32,63,75] Еластографія продемонструвала перспективні результати при захворюваннях кишківника в гуманній медицині, проте на сьогодні доступна лише незначна кількість досліджень на собаках. Стандартизовані протоколи дослідження, референтні значення та клінічна цінність еластографії при захворюваннях ШКТ у собак ще потребують встановлення. [32,32,63,78]

Основними перевагами еластографії є неінвазивне оцінювання жорсткості тканин та оцінювання хронічних ентеропатій за підозри на фіброз. Основними

обмеженнями є відсутність валідованих референтних значень та необхідність інтерпретації разом із конвенційними ультрасонографічними знахідками. [9,32,63]

Таблиця 8. Діагностичні можливості еластографії при оцінюванні ШКТ у собак

Параметр	Оцінювання
Жорсткість тканини	Якісне або кількісне оцінювання жорсткості тканини кишківника
Фібротичні зміни	Підвищена жорсткість тканини може свідчити про фіброз кишківнику
Хронічна ентеропатія	Додаткове оцінювання жорсткості, асоційованої з хронічними захворюваннями кишківника
Еластичність тканини	Оцінювання відносної еластичності тканини порівняно із суміжними сегментами кишківника
Оцінювання стінки кишківника	Інтерпретація показників жорсткості разом із результатами В-режимного ультразвукового дослідження

[13,32,63]

1.8.3 Капсульна ендоскопія: допоміжна методика до ендоскопії

Капсульна ендоскопія — це методика візуалізації, у якій застосовують проковтувану бездротову капсулу, оснащену мініатюрною камерою, для обстеження ШКТ. Її основним застосуванням є візуалізація тонкої кишки, оцінювання якої є складним за допомогою конвенційної ендоскопії верхніх і нижніх відділів ШКТ. Методика надає інформацію про стан слизової оболонки ШКТ у міру природного просування капсули травним трактом. [4,5,16,79]

Капсульна ендоскопія дозволяє безпосередньо візуалізувати ділянки тонкої кишки, недоступні для звичайної ендоскопії. Вона може доповнювати візуальну діагностику та ендоскопію тоді, коли ці методи не виявляють причини захворювання

ШКТ. У собак із підозрою на кровотечу з ШКТ або нез'ясованим мікроцитозом капсульна ендоскопія може виявити ураження слизової оболонки, які не були виявлені за допомогою ендоскопії або ультразвукового дослідження органів черевної порожнини. Капсульну ендоскопію застосовували для виявлення сторонніх тіл у шлунку. Немоżliвість керувати положенням та орієнтацією капсули обмежує повноту обстеження шлунка. Капсульна ендоскопія не замінює звичайну ендоскопію, яка залишається необхідною для відбору зразків тканин та проведення ендоскопічного лікування. [4,5,63,79–81] Капсульну ендоскопію застосовують як допоміжний метод візуалізації. До її основних обмежень належить неможливість отримання біоптатів або проведення ендоскопічного лікування. Додаткові труднощі включають ретенцію капсули та невизначеність щодо точної локалізації вогнищ ураження. Неповні дослідження особливо часто трапляються в собак дрібних порід; перед процедурою необхідно враховувати розмір капсули, сповільнений шлунковий транзит і ризик ретенції. Капсульна ендоскопія розширює можливості оцінювання тонкого кишківника за межі досяжності звичайної ендоскопії. [4,5,63,79,82,83]

Таблиця 9. Діагностичні можливості капсульної ендоскопії при оцінюванні ШКТ у собак

Параметр	Оцінювання
Слизова оболонка тонкого кишківнику	Безпосередня візуалізація за межами досяжності ендоскопії верхніх і нижніх відділів ШКТ
Ураження слизової оболонки	Виразки, ерозії, крововиливи та вогнищеві зміни
Сторонні тіла в шлунку	Виявлення можливе, проте повноцінне обстеження шлунка обмежене
Відбір зразків тканин	Неможливий
Лікувальні процедури	Неможливі

[4,16,79,81]

1.8.4 Аналіз зображень із застосуванням штучного інтелекту: допоміжний інструмент візуальної діагностики

Штучний інтелект (ШІ) сам по собі не є методом візуалізації, а є обчислювальним інструментом, який підтримує інтерпретацію діагностичних зображень. До сучасних застосувань у ветеринарній візуальній діагностиці належать автоматизоване виявлення вогнищ ураження, сегментація зображень, кількісний аналіз і оптимізація робочих процесів. Штучний інтелект підтримує інтерпретацію зображень, але не замінює клінічного мислення. Знахідки візуальної діагностики й надалі потребують інтерпретації в межах клінічного контексту конкретного пацієнта. [9,24,70,71,84,85]

Таблиця 10. Діагностичні можливості аналізу зображень із застосуванням ШІ при оцінюванні ШКТ у собак

Параметр	Оцінювання
Виявлення вогнищ ураження	Автоматизована ідентифікація патологічних змін на зображеннях
Сегментація зображень	Відмежування анатомічних структур та вогнищ ураження
Кількісний аналіз	Об'єктивне вимірювання візуалізаційних характеристик
Інтерпретація зображень	Підтримка прийняття рішень лікарем

[9,24,70]

2. ПОРІВНЯЛЬНІ ПЕРЕВАГИ ТА ОБМЕЖЕННЯ МЕТОДІВ ВІЗУАЛЬНОЇ ДІАГНОСТИКИ

Методи візуальної діагностики, описані в попередньому розділі, різняться за типом інформації, яку вони надають, та за діагностичними питаннями, для відповіді на які вони найбільш придатні. Кожна методика має свої характерні переваги й обмеження, що впливають на її застосування в діагностичному процесі. Наявні методи візуалізації не є конкурентними. Натомість вони доповнюють один одного, відповідаючи на різні питання діагностики. [6,9–11,13] Діагностична спроможність методу візуалізації залежить від клінічного питання, яке розглядається. На вибір впливає тип необхідної діагностичної інформації разом із практичними міркуваннями, зокрема наявністю обладнання, тривалістю дослідження, залежністю від кваліфікації оператора, інвазивністю та потребою в седації чи загальному наркозі. [6,9–11,13] У цьому розділі порівнюються наявні методи візуальної діагностики за їхньою діагностичною ефективністю та практичними характеристиками. Жоден окремий метод візуалізації не здатний відповісти на всі діагностичні питання. Кожна методика надає різну інформацію. [6,9–11,13]

2.1 Діагностична ефективність

Цінність діагностичної ефективності залежить від поставленого діагностичного питання. Методи візуалізації оцінюють різні структурні та функціональні аспекти ШКТ, надаючи комплементарну інформацію про патологічні зміни, характеристики тканин і поширеність захворювання. Діагностичне питання визначає підхід до оцінювання ШКТ, тоді як метод візуалізації забезпечує інформацію, необхідну для відповіді на нього. Рентгенографія, ультразвукографія, комп'ютерна томографія (КТ), магнітно-резонансна томографія (МРТ) та ендоскопія мають певні спільні діагностичні застосування, проте надають різну інформацію. [6,9,10,13,14]

Для забезпечення структурованого порівняння діагностичні можливості кожного методу візуалізації оцінюються за чотирма ключовими аспектами: [9,10]

- ✓ Візуалізація патологічних змін — порівнює здатність кожного методу візуалізації виявляти патологічні зміни ШКТ, зокрема сторонні тіла, обструкцію, зміни стінки, перфорацію та новоутворення.
- ✓ Характеристика тканин — порівнює здатність кожного методу диференціювати нормальні та патологічно змінені тканини, а також оцінювати тканинний склад і патологічні зміни.
- ✓ Оцінювання поширеності захворювання — порівнює здатність кожного методу визначати розподіл патологічного процесу, локальну інвазію та залучення суміжних структур.
- ✓ Структурне та функціональне оцінювання — порівнює здатність кожного методу оцінювати анатомію ШКТ разом із функціональними процесами, такими як моторика та прохідність просвіту.

Кожен порівняльний підрозділ охоплює лише ті методи візуалізації, які є релевантними для конкретного діагностичного завдання, що обговорюється. Різні методи надають різну діагностичну інформацію, тому перелік включених методів варіює залежно від їх здатності надавати значущу інформацію щодо розпізнавання патологічних змін, характеристик тканин, поширеності захворювання або структурного й функціонального оцінювання. [6,9,10,13]

2.1.1 Порівняння виявлення патологічних змін

Цей підрозділ порівнює здатність кожного методу візуалізації виявляти патологічні зміни ШКТ, асоційовані з різними патологічними процесами. Після первинного клінічного обстеження розпізнавання патологічних змін є першим діагностичним завданням. Виявлення цих змін залежить від розміру, локалізації та складу вогнища ураження, його контрастності відносно навколишніх тканин і стадії захворювання. [9,10,13,14,19,40]

Рентгенографія

Порівняно з іншими методами візуалізації рентгенографія надає найменш інформативну інформацію про патологічні зміни ШКТ, оскільки їх розпізнавання ґрунтується переважно на непрямих рентгенологічних ознаках. Рентгенографія є найбільш ефективною для виявлення рентгеноконтрастних сторонніх тіл, вираженого розтягнення ШКТ, обструкції, перфорації та значного зміщення органів черевної порожнини. [9,10,13,18,19,86,87]

На відміну від ультрасонографії та КТ, рентгенографія має обмежену чутливість до незначних змін м'яких тканин і рентгенопрозорого стороннього матеріалу, оскільки накладання абдомінальних структур може маскувати ранні патологічні зміни. [13,14,86]

Рентгеноскопія

Порівняно з рентгенографією, рентгеноскопія дозволяє розпізнавати розлади ковтання, порушення моторики стравоходу, гастроезофагеальний рефлюкс та порушення транзиту по ШКТ, які не візуалізуються на статичних рентгенограмах. Рентгеноскопія мало сприяє розпізнаванню структурних уражень і застосовується переважно для оцінювання функції ШКТ. [9,13,15,28,29,86]

Ультразвукова діагностика

Порівняно з рентгенографією, ультрасонографія забезпечує безпосередню візуалізацію стінки кишківника та прилеглих м'яких тканин, покращуючи розпізнавання патологічних змін стінки ШКТ, порушень шаруватості стінки, вогнищевих новоутворень і рентгенопрозорих сторонніх тіл. [13–15,19,35]

На відміну від рентгенографії, ультрасонографія також виявляє зміни, асоційовані з моторикою кишківника, локальні запальні зміни та невеликі об'єми перитонеальної рідини, які можуть бути невидимими на рентгенограмах. [19,20,24,38,72]

Порівняно з рентгенографією, ультрасонографія забезпечує вищу діагностичну чутливість щодо багатьох патологічних змін ШКТ, проте залишається вразливою до зниження якості зображення внаслідок наявності кишкового газу, конституційних особливостей пацієнта та рівня досвіду оператора. [24,38,72]

Ультрасонографія з контрастним підсиленням (CEUS)

Порівняно з В-режимною ультрасонографією, CEUS виявляє перфузійні порушення, які неможливо ідентифікувати за допомогою В-режимної візуалізації. Патерни контрастного підсилення дозволяють охарактеризувати запальну активність, тканинну ішемію та пухлинну васкуляризацію. CEUS доповнює В-режимну ультрасонографію, додаючи оцінювання тканинної перфузії в реальному часі. [24,38,72,74,76]

Комп'ютерна томографія (КТ)

Порівняно з рентгенографією, КТ покращує розпізнавання патологічних змін ШКТ завдяки усуненню накладання тканин шляхом пошарової візуалізації. [9,10,40,41]

Порівняно з ультрасонографією, КТ точніше візуалізує ускладнені сторонні тіла, перфорації, новоутворення невеликого розміру та позакишкове поширення патологічного процесу. [48,50,88] Порівняно як із рентгенографією, так і з ультрасонографією, внутрішньовенне контрастне підсилення додатково покращує диференціацію нормальних і патологічно змінених тканин, підвищуючи виявлення незначних патологічних змін. [9,41,48,49,88,89]

Ці переваги пояснюють вищу діагностичну точність, повідомлену для КТ у собак із механічною обструкцією та новоутвореннями ШКТ. [6,41,48–50,90]

Магнітно-резонансна томографія (МРТ)

Порівняно з КТ та ультрасонографією, МРТ забезпечує вищу контрастність м'яких тканин і застосування множинних імпульсних послідовностей, що покращує розпізнавання незначних змін у м'яких тканинах та водночас надає додаткову інформацію про тканинний склад. [9,10,14,51,54]

Порівняно з КТ, МРТ забезпечує мультипланарну візуалізацію без застосування іонізуючого випромінювання та може надавати додаткову діагностичну інформацію тоді, коли результати КТ не дозволяють повністю охарактеризувати патологічні зміни ШКТ. [14,14,51,54]

MPT має обмежену роль у рутинній візуальній діагностиці патології ШКТ у собак, оскільки ультрасонографія та КТ дозволяють швидше відповісти на більшість діагностичних питань щодо ШКТ і є більш доступними. [6,9,14,51] МРТ залишається методом вибору для візуальної діагностики неврологічних розладів і широко застосовується при захворюваннях опорно-рухового апарату та багатьох інших м'якотканинних патологіях завдяки чудовій контрастності м'яких тканин і можливостям мультипланарної візуалізації. [9,14,51,54] У візуальній діагностиці патології ШКТ у собак МРТ застосовують у ситуаціях, коли на діагностичне питання неможливо адекватно відповісти за допомогою доступніших методів візуалізації. [9,14,51,54,91]

Ендоскопія

Порівняно з КТ та МРТ, ендоскопія забезпечує безпосередню візуалізацію слизової оболонки ШКТ, що робить її чутливішою щодо виявлення поверхневих уражень слизової. На відміну від методів пошарової візуалізації, ендоскопія також дозволяє прицільно відбирати біоптати з візуально змінених ділянок слизової оболонки під час тієї самої процедури. Порівняно з КТ та МРТ, ендоскопія не дозволяє надійно виявляти інфільтрацію стінки, трансмуральне ураження або позакишкові патологічні зміни за межами просвіту ШКТ. [4,16,60,61,92–94]

Еластографія

Порівняно з CEUS, еластографія оцінює жорсткість тканин. CEUS оцінює тканинну перфузію. Зміни жорсткості кишкової стінки можуть сприяти виявленню фібротичних змін, хоча це застосування ще не було валідоване на значній популяції клінічних випадків у собак. Еластографія доповнює В-режимну ультрасонографію, надаючи інформацію про механічні властивості тканин. [9,9,32,75,78]

Сцинтиграфія

Порівняно з еластографією, сцинтиграфія оцінює функцію ШКТ. Еластографія оцінює механічні властивості тканин. Сцинтиграфія виявляє порушення евакуаторної функції шлунка та стравохідного транзиту, які можуть виникати за відсутності

структурних змін під час візуальної діагностики. Вона доповнює структурну візуалізацію, оцінюючи функцію ШКТ. [3,64,65,68,69,95]

Таблиця 11. Порівняння виявлення патологічних змін методами візуальної діагностики, що застосовуються при захворюваннях ШКТ у собак

Метод візуалізації	Типові виявлювані патологічні зміни	Діагностична мішень	Основне обмеження
<i>Рентгенографія</i>	Зміщення органів, обструкція, перфорація, сторонні тіла, абдомінальний випіт	Грубі структурні зміни	Обмежена контрастність м'яких тканин
<i>Рентгеноскопія</i>	Розлади ковтання, дисмоторика стравоходу, гастроезофагеальний рефлюкс, сповільнений транзит	Динамічна функція ШКТ	Обмежена структурна деталізація
<i>Ультрасонографія</i>	Потовщення стінки, втрата шаруватості стінки, новоутворення, лімфаденопатія	Структурна морфологія	Обмежене оцінювання перфузії та функції тканин
<i>Ультрасонографія з контрастним підсиленням (CEUS)</i>	Змінена перфузія, запальна активність, тканинна ішемія, пухлинна васкуляризація	Тканинна перфузія	Потребує введення контрасту
<i>Еластографія</i>	Підвищена жорсткість тканини, асоційована з фібротичними змінами	Механічні властивості тканин	Обмежене клінічне застосування
<i>Комп'ютерна томографія (КТ)</i>	Поширеність захворювання, перфорація, позапросвітні ураження, метастази	Пошарова анатомія	Обмежене оцінювання функції ШКТ

Метод візуалізації	Типові виявлювані патологічні зміни	Діагностична мішень	Основне обмеження
<i>Магнітно-резонансна томографія (МРТ)</i>	Незначні м'якотканинні зміни, інфільтрація стінки, тканинний склад	Склад м'яких тканин	Обмежене рутинне застосування при захворюваннях ШКТ у собак
<i>Ендоскопія</i>	Ураження слизової оболонки, виразкування, ерозії, внутрішньопросвітні зміни	Поверхня слизової оболонки	Не дозволяє оцінити трансмуральне або позакишкове ураження
<i>Сцинтиграфія</i>	Сповільнена евакуація зі шлунка, розлади стравохідного транзиту	Фізіологія ШКТ	Обмежена анатомічна інформація

[9,10,13,24,32,64,94]

Висновок

Здатність виявляти патологічні зміни ШКТ залежить від того, яку патологічну характеристику оцінюють. Конвенційні методики візуалізації переважно демонструють структурні зміни. Рентгеноскопія, CEUS, еластографія та сцинтиграфія надають додаткову інформацію про функцію ШКТ, тканинну перфузію, жорсткість тканин і фізіологічні процеси. [7,9,13,14,24,64]

2.1.2 Порівняння характеристик тканин

Цей підрозділ порівнює здатність кожного методу візуалізації характеризувати тканини ШКТ і диференціювати патологічні процеси. Після виявлення патологічних змін ШКТ наступним діагностичним завданням є визначення їхньої природи. Характеристика тканин допомагає диференціювати запальні, неопластичні, ішемічні та інші патологічні процеси шляхом оцінювання їхніх властивостей. Кожен метод візуалізації відображає різні тканинні властивості, а отже, жодна окрема методика не забезпечує повної характеристики тканин у кожній клінічній ситуації. [6,9,10,13,14,93]

Рентгенографія

Порівняно з методами візуалізації, розглянутими нижче, рентгенографія надає лише обмежену інформацію для характеристики тканин, оскільки вона не дозволяє безпосередньо оцінити архітекtonіку стінки ШКТ або тканинний склад. Інформація здебільшого обмежується непрямими рентгенологічними ознаками, такими як зміни щільності м'яких тканин, зміщення органів і розтягнення просвіту. На відміну від ультразвукової графії, КТ та МРТ, рентгенографія не дозволяє надійно диференціювати запальні, неопластичні та інші патологічні процеси лише на підставі тканинних характеристик. [9,10,13,14,86]

Ультрасонографія

Порівняно з рентгенографією, ультрасонографія надає значно більше інформації для характеристики тканин, оскільки дозволяє безпосередньо візуалізувати товщину стінки ШКТ, шаруватість стінки, ехогенність та розподіл уражень у реальному часі. На відміну від рентгенографії, ультрасонографія виявляє зміни шаруватості стінки, вогнищеве або дифузне потовщення стінки та зміни ехогенності, що є цінними орієнтирами для визначення основного патологічного процесу. Порівняно з рентгенографією, доплерівська ультрасонографія покращує характеристику тканин, демонструючи судинні патерни, асоційовані із запаленням або неоплазією. Багато захворювань ШКТ мають подібну ультрасонографічну картину, і самої лише ультрасонографії часто недостатньо для встановлення остаточного діагнозу. [6,13–15,86]

Ультрасонографія з контрастним підсиленням (CEUS)

Порівняно з В-режимною ультрасонографією, CEUS надає додаткову інформацію про тканинну перфузію та мікросудинну архітекtonіку, що може покращити диференціацію між запальними та неопластичними змінами. [24,37,38,72,75]

Еластографія

Порівняно з CEUS, еластографія характеризує жорсткість тканин. CEUS оцінює тканинну перфузію. Підвищена жорсткість тканини може вказувати на фібротичні зміни в межах кишкової стінки. Еластографія доповнює морфологічне та перфузійне

оцінювання через визначення механічних властивостей тканин. Комбіноване застосування CEUS та еластографії забезпечує комплементарну інформацію про тканинну перфузію та жорсткість тканин, додатково покращуючи характеристики тканин. [24,32,63,72,78]

Комп'ютерна томографія (КТ)

Порівняно з ультрасонографією, КТ надає додаткову інформацію для характеристики тканин завдяки відображенню денситометричної щільності (ослаблення) тканин, патернів контрастного підсилення та тривимірних анатомічних співвідношень. Порівняно з ультрасонографією, КТ із контрастним підсиленням додатково покращує диференціацію нормальних і патологічно змінених тканин, демонструючи патерни підсилення вогнища ураження, які неможливо оцінити лише за допомогою В-режимної ультрасонографії. КТ забезпечує точніше, ніж ультрасонографія, оцінювання меж вогнища ураження, його внутрішньої архітекtonіки, мінералізації та залучення суміжних органів. Ультрасонографія має перевагу в оцінюванні шаруватості стінки ШКТ. У поєднанні КТ та ультрасонографія надають комплементарну інформацію для характеристики тканин. [9,13,40,41,48,49,76,96]

Магнітно-резонансна томографія (МРТ)

Порівняно з КТ та ультрасонографією, МРТ забезпечує вищу контрастність м'яких тканин і характеризує їх за відмінностями інтенсивності сигналу. [9,14,51,54]

На відміну від КТ та ультрасонографії, імпульсні послідовності МРТ дозволяють розрізняти рідину, крововилив, фіброз і солідні м'які тканини, надаючи додаткову інформацію про тканинний склад. [14,51] Порівняно з КТ, МРТ покращує оцінювання внутрішньої тканинної архітекtonіки тоді, коли природа патологічних змін залишається невизначеною. [9,14,54,55]

Ендоскопія

Порівняно з КТ та МРТ, ендоскопія забезпечує безпосередню візуалізацію слизової оболонки ШКТ, що робить її референтною методикою для оцінювання поверхневих уражень слизової. Зміни кольору, ерозії, виразки, крихкість, судинні

аномалії та нерівності слизової оболонки можуть бути досліджені більш детально, ніж за допомогою поширеної візуалізації. Порівняно з КТ та МРТ, ендоскопія також дозволяє прицільно відбирати біоптати з візуально змінених ділянок, безпосередньо пов'язуючи ендоскопічні знахідки з результатами гістопатологічного дослідження. На відміну від методів поширеної візуалізації, ендоскопія не дозволяє надійно візуалізувати патологічні зміни, обмежені глибшими шарами стінки ШКТ або навколишніми тканинами. [4,7,16,59–61,97]

Інтеграція візуалізаційних знахідок із відбором зразків тканин

Навіть за умови поєднання кількох методів візуальної діагностики остаточна характеристика тканин часто потребує інтеграції візуалізаційних знахідок із результатами дослідження зразків тканин. [61,91]

Порівняно з ендоскопією, ультрасонографія та КТ уможливають відбір під візуальним контролем зразків із муральних, трансмуральних та позакишкових патологічних змін, недоступних через просвіт ШКТ. Ендоскопія забезпечує безпосередню біопсію візуально змінених ділянок слизової оболонки. Візуалізаційні знахідки та гістопатологічне дослідження є комплементарними складовими діагностичного процесу. [4,6,9,16,60,93,94]

Таблиця 12. Порівняння характеристик тканин методами візуальної діагностики, що застосовуються при захворюваннях ШКТ у собак

Метод візуалізації	Оцінювана тканинна характеристика	Діагностичне застосування	Основне обмеження
<i>Рентгенографія</i>	Рентгенівська щільність тканин та силует органа	Виявляє грубі структурні зміни та мінералізацію	Обмежена характеристика м'яких тканин
<i>Ультрасонографія</i>	Шаруватість стінки, ехогенність та тканинна архітектоніка	Диференціює муральні ураження та прилеглі м'які тканини	Обмежене оцінювання тканинної перфузії
<i>Ультрасонографія з контрастним підсиленням (CEUS)</i>	Тканинна перфузія	Характеризує тканинну перфузію та судинні патерни, асоційовані із запаленням і неоплазією	Обмежена доступність
<i>Еластографія</i>	Жорсткість тканини	Може виявляти фібротичні зміни через оцінювання механічних властивостей тканин	Обмежене клінічне застосування при захворюваннях ШКТ у собак
<i>Комп'ютерна томографія (КТ)</i>	Денситометрична щільність тканин та контрастне підсилення	Визначає склад вогнища ураження, анатомічну поширеність та локальну інвазію	Нижча контрастність м'яких тканин порівняно з МРТ
<i>Магнітно-резонансна томографія (МРТ)</i>	Сигнальні характеристики	Характеризує м'які тканини за відмінностями інтенсивності сигналу	Обмежене рутинне застосування при захворюваннях ШКТ у собак
<i>Ендоскопія</i>	Стан слизової оболонки	Безпосередньо характеризує ураження слизової оболонки, виразки та поверхневі зміни	Не дозволяє оцінити трансмуральні та позакишкові тканини

[9,13,16,24,32,51,60,96]

Висновок

Жоден окремий метод візуалізації не забезпечує повного оцінювання поширеності захворювання. Ультрасонографія оцінює стінку ШКТ та прилеглі тканини, КТ визначає розподіл патологічного процесу в межах усієї черевної порожнини, МРТ може додатково охарактеризувати локальне поширення в тканинах, коли необхідна вища контрастність м'яких тканин, а ендоскопія точно демонструє залучення слизової оболонки в межах просвіту ШКТ. Інтеграція цих знахідок забезпечує найповніше підґрунтя для прийняття клінічних рішень. [9,13,16,24,51]

2.1.3 Порівняння оцінювання анатомічної поширеності

Цей підрозділ порівнює здатність кожного методу візуалізації визначати анатомічну поширеність захворювання ШКТ. Після виявлення патологічних змін і характеристики тканин наступним діагностичним завданням є оцінювання анатомічної поширеності. Порівняння охоплює оцінювання протяжності вогнища ураження, глибини залучення стінки, інвазії прилеглих тканин, змін регіонарних лімфатичних вузлів та поширення в межах черевної порожнини. [6,9,10,13,14,96,98,99]

Рентгенографія

Порівняно з методами пошарової візуалізації, рентгенографія надає лише обмежене уявлення про анатомічну поширеність захворювання. На відміну від ультрасонографії та КТ, рентгенографія виявляє поширеність патологічного процесу переважно за непрямими ознаками, такими, як виражене зміщення органів, значне розтягнення кишкового тракту, пневмоперитонеум та великі абдомінальні новоутворення. Рентгенографія не дозволяє оцінити товщину стінки ШКТ або надійно оцінити навколишні м'які тканини, які зазвичай оцінюють за допомогою ультрасонографії та КТ. Анатомічні межі й місцеву поширеність багатьох патологічних змін ШКТ неможливо точно визначити лише за допомогою рентгенографії. [9,13,14,86]

Ультразвукова діагностика

Порівняно з рентгенографією, ультрасонографія забезпечує безпосереднє оцінювання стінки ШКТ та прилеглих абдомінальних структур, що дозволяє точніше оцінити анатомічну поширеність захворювання. На відміну від рентгенографії, ультрасонографія дає змогу оцінити протяжність ураження, товщину стінки, збереженість шаруватості стінки та поширення на суміжні органи чи брижовий жир. Рентгенографія надає лише обмежену інформацію щодо регіонарних лімфатичних вузлів. Ультрасонографія дозволяє оцінити розмір, форму та ехогенність лімфатичних вузлів, що покращує виявлення регіонарного поширення захворювання. Порівняно з рентгенографією, ультрасонографія має також визнані обмеження, оскільки кишковий газ, обмежені акустичні вікна та конституційні особливості пацієнта можуть перешкоджати повній візуалізації поширених патологічних змін ШКТ. [6,9,13–15,86]

Комп'ютерна томографія (КТ)

Порівняно з ультрасонографією, КТ забезпечує повніше оцінювання анатомічної поширеності, дозволяючи дослідити всю черевну порожнину без акустичних обмежень, притаманних ультрасонографії. КТ визначає трансмуральне поширення, локальну інвазію тканин та анатомічні співвідношення із суміжними органами черевної порожнини завдяки мультипланарній реконструкції зображень, що покращує оцінювання поширення патологічного процесу за межі стінки ШКТ. Порівняно з ультрасонографією, КТ покращує оцінювання регіонарної лімфаденопатії, залучення брижі, змін очеревини та віддаленого внутрішньочеревного метастатичного ураження. Ця додаткова анатомічна інформація робить КТ особливо цінною для стадіювання новоутворень ШКТ і планування хірургічного лікування. [6,9,40,41,48,49,88]

Магнітно-резонансна томографія (МРТ)

Порівняно з КТ, МРТ забезпечує вищу контрастність м'яких тканин і застосування множинних імпульсних послідовностей, що покращує відмежування тканинних меж і визначення локального поширення захворювання, водночас надаючи

додаткову інформацію про склад тканин. Порівняно з КТ, МРТ може додатково покращити оцінювання незначної м'якотканинної інфільтрації тоді, коли КТ не дозволяє повністю охарактеризувати поширеність патологічного процесу. МРТ має обмежену роль у рутинній візуальній діагностиці патології ШКТ у собак, оскільки ультрасонографія та КТ дозволяють швидше відповісти на більшість діагностичних питань щодо ШКТ і є більш доступними. Вона залишається важливим методом візуалізації при неврологічних, ортопедичних та багатьох інших м'якотканинних патологіях завдяки чудовій контрастності м'яких тканин і можливостям мультипланарної візуалізації. У візуальній діагностиці патології ШКТ у собак МРТ зарезервовано для ситуацій, у яких на діагностичне питання неможливо адекватно відповісти за допомогою доступніших методів візуалізації. [9,14,51,54,55]

Ендоскопія

Порівняно з КТ та МРТ, ендоскопія забезпечує найточніше оцінювання поздовжнього розподілу уражень слизової оболонки в межах просвіту ШКТ. На відміну від методів пошарової візуалізації, ендоскопія не дозволяє визначити повну глибину залучення стінки ШКТ або оцінити патологічний процес, що поширюється за межі стінки ШКТ. У всіх випадках, коли існує підозра на трансмуральну інфільтрацію, регіонарне поширення або позакишкове залучення, ендоскопію доповнюють методами пошарової візуалізації. [4,7,16,60,61,92,93]

Інтеграція візуалізаційних знахідок у процес прийняття клінічних рішень

Оцінювання анатомічної поширеності має особливе значення під час планування хірургічного втручання. Визначення меж вогнища ураження, виявлення локальної інвазії та розпізнавання залучення суміжних органів чи регіонарних лімфатичних вузлів сприяють вибору найбільш доцільного хірургічного доступу та можуть впливати на можливість повної резекції. Пошарова візуалізація, зокрема КТ, відіграє важливу роль у передопераційному дослідженні складних захворювань ШКТ. [6,9,41,48,49,100]

Таблиця 13. Порівняльне оцінювання анатомічної поширеності за методами візуальної діагностики

Параметр	Рентгенографія	УЗД	КТ	МРТ	Ендоскопія
<i>Протяжність вогнища ураження</i>	Обмежено	Добре	Відмінно	Відмінно	Добре (лише поверхня слизової оболонки)
<i>Залучення стінки</i>	Незадовільно	Відмінно	Добре	Відмінно	Лише шар слизової оболонки
<i>Прилеглі абдомінальні структури</i>	Обмежено	Добре	Відмінно	Відмінно	Не оцінюється
<i>Регіонарні лімфатичні вузли</i>	Незадовільно	Добре	Відмінно	Відмінно	Не оцінюється
<i>Залучення брижі</i>	Незадовільно	Помірно	Відмінно	Відмінно	Не оцінюється
<i>Оцінювання черевної порожнини</i>	Обмежено	Добре	Відмінно	Відмінно	Не оцінюється
<i>Локальна інвазія</i>	Незадовільно	Помірно	Відмінно	Відмінно	Обмежено
<i>Віддалене внутрішньочеревне поширення</i>	Незадовільно	Помірно	Відмінно	Відмінно	Не оцінюється
<i>Внесок у планування хірургічного втручання</i>	Обмежений	Добрий	Відмінний	Добрий	Комплементарний

[6,9,13,92,96,101]

Висновок

Жоден окремий метод візуалізації не надає вичерпної інформації про анатомічну поширеність захворювання. Ультрасонографія, КТ, МРТ та ендоскопія забезпечують комплементарну інформацію залежно від анатомічних структур, які необхідно дослідити, та від поставленого діагностичного питання. [6,9,13,16,51]

2.1.4 Порівняння структурного та функціонального оцінювання

Цей підрозділ порівнює структурну та функціональну інформацію, яку надають методи візуалізації, що застосовуються в діагностиці патології ШКТ у собак. Жоден окремий метод візуалізації не забезпечує однакового співвідношення між структурним і функціональним оцінюванням. Деякі методики значною мірою обмежені анатомічним оцінюванням. Інші доповнюють структурне оцінювання, надаючи додаткову інформацію про фізіологічну функцію або властивості тканин. Функціональні порушення можуть розвиватися раніше, ніж стають очевидними явні структурні зміни. Порівняння обох підходів допомагає з'ясувати внесок кожного методу візуалізації в оцінювання захворювань ШКТ у собак. [6,9,13,14]

Рентгенографія

Порівняно з методами візуалізації, розглянутими нижче, рентгенографія забезпечує найменший обсяг функціонального оцінювання. Вона демонструє положення органів, розподіл газу в просвіті, рентгеноконтрастні сторонні тіла та інші грубі анатомічні порушення. Дослідження складається зі статичних проєкційних зображень. Оцінити рухову активність ШКТ неможливо. Функціональні порушення можуть залишатися невиявленими. [9,10,86]

Рентгеноскопія

Рентгеноскопія долає основне функціональне обмеження рентгенографії, замінюючи статичні зображення безперервною візуалізацією в реальному часі. Вона дозволяє оцінити акт ковтання, стравохідний транзит, гастроезофагеальний рефлюкс і моторику ШКТ. Ці порушення можуть бути невидимими на рентгенограмах.

Рентгеноскопія залишається орієнтованою на функцію просвіту та забезпечує меншу структурну деталізацію, ніж методи візуалізації, розглянуті нижче. [4,7,16,28,29]

Ультрасонографія

Порівняно з рентгеноскопією, ультрасонографія зміщує акцент із функції просвіту на одночасне структурне та функціональне оцінювання. Динамічне оцінювання зберігається, проте стає можливим детальне оцінювання стінки ШКТ і прилеглих абдомінальних структур. Ця додаткова структурна інформація дозволяє повніше характеризувати патологічні зміни, ніж за допомогою самої лише рентгеноскопії. Ультрасонографія додає детальну структурну інформацію, проте забезпечує менш повне оцінювання акту ковтання та стравохідного транзиту, ніж відеорентгеноскопія. [9,13–15,30,86,95]

Ультрасонографія з контрастним підсиленням (CEUS)

Порівняно з В-режимною ультрасонографією, CEUS розширює функціональне оцінювання від моторики ШКТ до тканинної перфузії. Кількісне оцінювання васкуляризації кишківника додає фізіологічну інформацію, недоступну лише за В-режимної візуалізації. Це розширює обсяг функціональної інформації при захворюваннях, асоційованих зі зміненою перфузією кишківника, хронічних ентеропатіях і новоутвореннях кишківника. [24,37,72–74]

Еластографія

Порівняно з CEUS, еластографія розширює діагностичну інформацію шляхом оцінювання механічних властивостей тканин. Жорсткість тканини може бути виміряна кількісно, незалежно від морфологічного оцінювання, що надає інформацію, асоційовану з фіброзом і хронічним ремоделюванням тканин. [24,63,70,75,77,78,102]

Комп'ютерна томографія (КТ)

Порівняно з ультрасонографією, КТ розширює обсяг структурної інформації від стінки ШКТ до всієї черевної порожнини та усуває анатомічне накладання. Це покращує оцінювання розподілу вогнищ ураження та анатомічних співвідношень, проте позбавляє можливості функціонального оцінювання в реальному часі, яку

забезпечує ультрасонографія. Внутрішньовенне контрастування додає інформацію про патерни судинного підсилення. Рутинна КТ залишається переважно структурним методом, оскільки фізіологія ШКТ безпосередньо не оцінюється. [9,14,20,40,41,48,49]

Магнітно-резонансна томографія (МРТ)

Порівняно з КТ, МРТ додатково вдосконалює структурне оцінювання завдяки покращеній контрастності м'яких тканин і характеристиці тканин. Співвідношення між структурним і функціональним оцінюванням залишається переважно незмінним, оскільки рутинна ветеринарна МРТ ШКТ застосовується головним чином для морфологічного оцінювання. Функціональні МРТ-методики описані в гуманній медицині. Вони не є частиною рутинної ветеринарної візуалізації ШКТ. [9,14,51,52,54,55]

Ендоскопія

Порівняно з МРТ, ендоскопія переносить структурне оцінювання з площини пошарової візуалізації в площину безпосередньої візуалізації слизової оболонки ШКТ. Безпосередня візуалізація поверхні слизової покращує оцінювання поверхневих уражень і дозволяє прицільно відбирати біоптати. Дослідження залишається переважно структурним. Функціональна інформація є обмеженою, а патологічні зміни, обмежені глибшими шарами кишкової стінки, можуть залишитися нерозпізнаними за умови нормального вигляду слизової оболонки. [4,7,60,61,82]

Сцинтиграфія

Порівняно з еластографією, сцинтиграфія робить більший акцент на фізіології ШКТ, ніж на структурному оцінюванні. Кількісне вимірювання евакуаторної функції шлунка, стравохідного та кишкового транзиту розширює функціональне оцінювання від локальних властивостей тканин до функції органа в цілому. Саме ця спрямованість пояснює її застосування як референтної методики при низці порушень моторики ШКТ. [3,64–69]

Таблиця 14. Структурне та функціональне оцінювання, що забезпечується різними методами візуальної діагностики

Метод візуалізації	Структурне оцінювання	Функціональне оцінювання	Основний внесок
<i>Рентгенографія</i>	✓	—	Положення органів та грубі анатомічні порушення
<i>Ультрасонографія</i>	✓	Моторика в реальному часі	Оцінювання стінки ШКТ, моторики в реальному часі та прилеглих м'яких тканин
<i>Ультрасонографія з контрастним підсиленням (CEUS)</i>	✓	Тканинна перфузія	Оцінювання мікроциркуляторної перфузії
<i>Еластографія</i>	Кількісне	Жорсткість тканини	Оцінювання жорсткості тканин та фіброзу
<i>Комп'ютерна томографія (КТ)</i>	✓	Обмежене	Пошарова анатомія, поширеність вогнища ураження та патерни контрастного підсилення
<i>Магнітно-резонансна томографія (МРТ)</i>	✓	Обмежене	Характеристика м'яких тканин та тканинний склад
<i>Ендоскопія</i>	✓ (поверхня слизової оболонки)	—	Візуалізація слизової оболонки та прицільна біопсія
<i>Сцинтиграфія</i>	—	Фізіологія ШКТ	Евакуаторна функція шлунка, стравохідний транзит та моторика ШКТ

[3,9,13,16,24,32,51,64,75,103]

Висновок

Методи візуалізації, розглянуті в цьому підрозділі, різняться за співвідношенням між структурним і функціональним оцінюванням. Кожен із них надає різну діагностичну інформацію відповідно до свого клінічного застосування. Структурна візуалізація переважно характеризує анатомію. Функціональні методики послідовно розширюють діагностичні можливості до оцінювання тканинної перфузії, жорсткості тканин та фізіології ШКТ. Діагностичне питання визначає, яке саме співвідношення між структурним і функціональним оцінюванням є необхідним. [9,13,14,24,32,64]

2.1.5 Інтеграція методів візуальної діагностики в клінічній практиці

Жоден окремий метод візуалізації не дає відповіді на всі діагностичні питання при захворюваннях ШКТ у собак. Методи візуалізації доповнюють один одного, оскільки кожен із них надає інший тип діагностичної інформації. Клінічні стратегії візуалізації поєднують ці сильні сторони, щоб повніше відповісти на діагностичне питання. Поширені приклади комплементарних візуалізаційних стратегій, що застосовуються в діагностиці патології ШКТ у собак, узагальнено в таблиці 15. [6,9,13,14,40,76]

Таблиця 15. Приклади комплементарного застосування методів візуальної діагностики в діагностиці захворювань ШКТ у собак

Комбінація методів	Діагностичний внесок
<i>Рентгенографія + Ультрасонографія</i>	Первинний загальний огляд черевної порожнини з подальшим оцінюванням стінки ШКТ та прилеглих абдомінальних структур
<i>Ультрасонографія + КТ</i>	Детальне оцінювання стінки в поєднанні з оцінюванням поширеності захворювання та регіонарного поширення
<i>Ультрасонографія + Ендоскопія</i>	Трансмуральне оцінювання в поєднанні з безпосередньою візуалізацією слизової оболонки та прицільною біопсією

Комбінація методів	Діагностичний внесок
<i>В-режимна ультрасонографія + CEUS</i>	Морфологічне оцінювання в поєднанні з оцінюванням тканинної перфузії
<i>В-режимна ультрасонографія + Еластографія</i>	Морфологічне оцінювання в поєднанні з оцінюванням жорсткості тканин

[4,9,13,24,75,76,92,93]

Висновок

Структурні методики візуалізації переважно оцінюють анатомію ШКТ. Інші методики візуалізації розширюють оцінювання на тканинну перфузію, жорсткість тканин і функцію ШКТ. Поєднання цих методів забезпечує ширше оцінювання захворювань ШКТ, ніж будь-яка окрема методика. Діагностичне питання визначає стратегію візуалізації та комбінацію методів візуалізації, які застосовують у кожного конкретного пацієнта. [6,9,13,24,32]

2.2 Клінічні чинники, що впливають на вибір методу візуальної діагностики

Сама лише діагностична ефективність не визначає вибір методу візуалізації. У цьому підрозділі порівнюються клінічні чинники, що впливають на вибір методу візуальної діагностики у ветеринарній практиці. Наявність обладнання, тривалість дослідження, стабільність стану пацієнта, кваліфікація оператора та безпечність для пацієнта — усі ці чинники впливають на те, чи може конкретна методика візуалізації бути виконана та чи є вона придатною для цього пацієнта. У сукупності ці чинники визначають вибір методу візуалізації та послідовність застосування різних методик у клінічній практиці. [6,8–10,14]

2.2.1 Наявність та доступність

Не кожен ветеринарний заклад має доступ до повного спектру методів візуальної діагностики. Доступ до спеціалізованого обладнання та відповідної фахової кваліфікації визначає, які візуальні дослідження можуть бути виконані на місці, а які потребують направлення до спеціалізованого закладу. Вибір методу візуалізації залежить від діагностичного питання та діагностичних ресурсів, наявних у закладі. [8–10,14]

Комп'ютерна томографія (КТ) та магнітно-резонансна томографія (МРТ) потребують спеціалізованого обладнання та поглибленої фахової підготовки. Ці дослідження зазвичай потребують направлення. Ендоскопія потребує спеціалізованого обладнання, кваліфікації оператора та належної підготовки пацієнта. Ендоскопія не виконується рутинно в усіх ветеринарних закладах. [4,9,16,51]

У пацієнтів із невідкладними станами візуальна діагностика зазвичай починається з досліджень, які є негайно доступними. Рентгенографію та фокусоване ультразвукове дослідження органів черевної порожнини часто можна виконати без затримок. КТ, МРТ та ендоскопія можуть потребувати направлення, загального наркозу або додаткової підготовки. [6,8,9,13,15]

2.2.2 Візуальна діагностика в нестабільних пацієнтів

Вибір методу візуалізації залежить від діагностичного питання та здатності пацієнта перенести дослідження. Такі чинники, як тривалість дослідження, фіксація пацієнта, седація, загальний наркоз та безперервний фізіологічний моніторинг, впливають на те, яке візуальне дослідження може бути виконане в невідкладній ситуації. У нестабільних пацієнтів стабілізація стану та лікування безпосередньо життєзагрозливих порушень мають пріоритет над поглибленими діагностичними дослідженнями. Перше дослідження має дати відповідь на те питання, яке є критично важливим у цей момент. [6,8,9,14,38,104,105]

Рентгенографія залишається однією з найшвидших методик візуалізації та зазвичай потребує лише мінімальної фіксації пацієнта. Зображення отримують швидко, з мінімальними маніпуляціями з пацієнтом. Рентгенографія часто є першим візуальним дослідженням, яке виконують у пацієнтів із невідкладними станами. [9,10,104]

Ультразвукове дослідження часто можна виконати у пацієнтів при свідомості без переривання фізіологічного моніторингу. Фокусоване ультразвукове дослідження за місцем надання допомоги (POCUS), зокрема абдомінальні протоколи FAST (AFAST), проводять безпосередньо біля пацієнта; воно дозволяє швидко виявити вільну рідину в черевній порожнині. Дослідження може бути повторене під час стабілізації для моніторингу змін і коригування лікування. Повне ультразвукове дослідження органів черевної порожнини потребує більше часу і зазвичай виконується після стабілізації стану пацієнта. [8,13,15,104,105]

Комп'ютерна томографія (КТ) дозволяє отримати зображення за лічені секунди. Підготовка та введення пацієнта в наркоз зазвичай тривають довше, ніж саме сканування. КТ здебільшого зарезервовано для пацієнтів, здатних перенести транспортування та загальний наркоз, окрім випадків, коли відтермінування дослідження зашкодило б встановленню діагнозу або проведенню лікування. Безперервний фізіологічний моніторинг підтримують упродовж усієї процедури. [9,40,41,48]

Магнітно-резонансна томографія (МРТ) потребує найбільшої тривалості дослідження серед рутинно доступних методів візуалізації. Повна нерухомість пацієнта потребує загального наркозу. МРТ зазвичай виконують у клінічно стабільних пацієнтів або тоді, коли інші методики візуалізації не дозволяють відповісти на діагностичне питання. Безперервний фізіологічний моніторинг підтримують упродовж усього дослідження. [9,14,51]

Ендоскопія потребує підготовки ШКТ та загального наркозу. Вона дозволяє безпосередньо візуалізувати слизову оболонку ШКТ і відібрати біоптати. Підготовка

та період відновлення продовжують процедуру. Ендоскопію зазвичай виконують після стабілізації стану пацієнта або в клінічно стабільних пацієнтів. [4,7,16]

У нестабільних пацієнтів візуальна діагностика починається з дослідження, яке може бути виконане негайно. Рентгенографія та POCUS часто визначають перші рішення щодо лікування. КТ, МРТ та ендоскопію застосовують після стабілізації або тоді, коли очікувана діагностична користь виправдовує додатковий ризик, пов'язаний із транспортуванням чи загальним наркозом. [6,8,9,104,105]

2.2.3 Залежність від кваліфікації оператора

Розпізнавання патологічного зображення є лише першим кроком. Точність діагностики залежить від правильної інтерпретації в межах анатомічного та клінічного контексту. Одні візуальні дослідження залежать головним чином від правильного отримання зображень. Інші ґрунтуються переважно на інтерпретації зображень. Точна інтерпретація зображень потребує більше, ніж просто розпізнавання візуальних відхилень. Вона потребує ґрунтовних знань нормальної анатомії, механізмів розвитку захворювань і диференційного діагнозу. Одна й та сама візуалізаційна знахідка може мати різне клінічне значення залежно від клінічної картини в конкретного пацієнта. Як отримання зображень, так і їх інтерпретація впливають на точність діагностики та відтворюваність візуалізаційних знахідок. [6,9,10,30]

Рентгенографія є одним із найменш залежних від кваліфікації оператора методів візуалізації на етапі отримання зображень, оскільки стандартні протоколи укладання пацієнта легко відтворюються. Діагностична точність залежить головним чином від інтерпретації зображень, особливо тоді, коли зміни м'яких тканин черевної порожнини є слабо вираженими або коли необхідно відрізнити нормальну анатомічну варіабельність від патології.

Ультрасонографія є найбільш залежним від кваліфікації оператора методом візуалізації серед розглянутих у цьому розділі. Позиціонування датчика, отримання

зображень та їх інтерпретація — усе це залежить від досвіду оператора. Незначні відмінності в техніці дослідження можуть змінювати якість зображення та підвищувати міжпостережну варіабельність, особливо під час оцінювання слабко виражених уражень стінки ШКТ або диференціації запальної та неопластичної патології. [13–15,86]

Комп'ютерна томографія (КТ) та магнітно-резонансна томографія (МРТ) використовують стандартизовані протоколи сканування, що знижують операторську варіабельність на етапі отримання зображень. Діагностична точність залежить головним чином від інтерпретації зображень. Інтерпретація потребує зіставлення з клінічною картиною та релевантними диференційними діагнозами. [9,41,48,51]

Ендоскопія залежить як від технічних навичок, так і від інтерпретації зображень. Повнота обстеження доступних відділів ШКТ, розпізнавання слабко виражених уражень слизової оболонки та відбір репрезентативних біоптатів — усе це впливає на діагностичну результативність. Залежність від кваліфікації оператора зменшується з урахуванням стандартизації процесу отримання зображень. Діагностична точність залежить від правильної інтерпретації зображень для кожного методу візуалізації. [7,16,41,85,106]

2.2.4 Безпечність

Безпечність для пацієнта впливає на вибір кожного методу візуалізації. Основними ризиками є вплив іонізуючого випромінювання, седация або загальний наркоз, введення контрастних речовин та інвазивність. Візуальне дослідження має дати відповідь на клінічне питання за найнижчого необхідного рівня ризику. [9,13,16,51]

Рентгенографія та комп'ютерна томографія (КТ) використовують іонізуюче випромінювання. КТ забезпечує вищі дози опромінення, ніж рентгенографія. Кожне дослідження має бути обґрунтованим, а повторного опромінення слід уникати, якщо воно не сприяє поліпшенню стану пацієнта. [9,26,27]

Ультразвукове дослідження, зокрема ультрасонографія з контрастним підсиленням (CEUS), та магнітно-резонансна томографія (МРТ) не використовують іонізуючого випромінювання. Обидві методики можна повторити без променевого навантаження. МРТ зазвичай потребує загального наркозу, оскільки впродовж усього дослідження необхідна повна нерухомість пацієнта. [9,24,51,70]

Рентгенографію та ультрасонографію часто виконують у пацієнтів при свідомості. КТ, МРТ та ендоскопія зазвичай потребують седації або загального наркозу. Анестезіологічний ризик завжди слід зіставляти з очікуваною діагностичною користю, особливо в нестабільних пацієнтів. [6,8,104]

Внутрішньовенні контрастні засоби, що застосовуються для КТ та CEUS, загалом добре переносяться. Побічні реакції трапляються нечасто, проте вони можливі. Пацієнтів слід оцінювати перед введенням контрасту та контролювати їхній стан упродовж усього дослідження. [9,24,48]

Ускладнення, пов'язані з візуальною діагностикою, трапляються нечасто. Для більшості методів візуалізації основні ризики пов'язані із седацією, загальним наркозом або введенням контрасту, а не із самим дослідженням. Ендоскопія несе додатковий ризик, оскільки відбір біоптатів та маніпуляції в межах ШКТ можуть призвести до кровотечі або, рідше, до перфорації ШКТ. Метод візуалізації має дати відповідь на клінічне питання, піддаючи пацієнта найнижчому необхідному ризику. [4,9,16,27,104]

Таблиця 16. Практичні чинники, що впливають на вибір методу візуальної діагностики

Метод	Седація / загальний наркоз	Оцінювання в реальному часі	Відбір зразків тканин	Залежність від оператора	Доступність
<i>Рентгенографія</i>	Зазвичай не потрібні	Ні	Ні	Низька–помірна	Широко доступна
<i>УЗД</i>	Зазвичай не потрібні	Так	Можливий відбір під візуальним контролем	Висока	Широко доступна
<i>КТ</i>	Часто необхідні	Ні	Можливий відбір під візуальним контролем	Помірна	Зазвичай потребує направлення
<i>МРТ</i>	Необхідний загальний наркоз	Ні	Ні	Помірна	Обмежена
<i>Ендоскопія</i>	Необхідний загальний наркоз	Так	Так	Висока	Зазвичай потребує направлення
<i>CEUS</i>	Зазвичай не потрібні	Так	Ні	Висока	Обмежена
<i>Еластографія</i>	Зазвичай не потрібні	Так	Ні	Висока	Обмежена
<i>Сцинтиграфія</i>	Іноді необхідна седація	Функціональне оцінювання	Ні	Помірна	Вкрай обмежена

[9,13,16,24,27,30,32,38,51,104]

2.2.5 Практичні висновки

Вибір методу візуальної діагностики починається з діагностичного питання. Остаточний вибір визначається станом пацієнта, наявністю обладнання, досвідом оператора та безпечністю процедури. [6,14,104]

Жоден окремий метод візуалізації не дає відповіді на всі діагностичні питання. Вибір належного дослідження у належний час є важливішим, ніж проведення зайвих візуальних досліджень. Рентгенографія, ультрасонографія, КТ, МРТ та ендоскопія доповнюють одна одну, а діагностичне питання визначає, який метод — або яка комбінація методів — є найбільш доцільною для кожного конкретного пацієнта. [4,6,9,13,41]

3. ПІДХОДИ ДО ВІЗУАЛЬНОЇ ДІАГНОСТИКИ ПРИ ЗАХВОРЮВАННЯХ ШКТ У СОБАК

Вступ

У попередніх розділах методи візуальної діагностики ШКТ порівнювалися за їхніми діагностичними можливостями та практичними характеристиками. Цей розділ присвячено їх застосуванню в процесі ухвалення клінічних рішень. Стратегія візуалізації визначається клінічною проблемою, діагностичним питанням та станом пацієнта, а не фіксованою послідовністю методів візуалізації. Кожен підрозділ побудовано навколо основних діагностичних питань, які визначають вибір методу візуалізації в клінічній практиці. Наголос зроблено не на окремих методах візуалізації, а на їхній ролі у відповіді на конкретні клінічні питання та підтримці прийняття клінічних рішень. Вторинні захворювання ШКТ, а також виразкові та ерозивні ураження не розглядаються окремо, оскільки в межах цієї роботи вони не становлять самостійних діагностичних маршрутів візуалізації. [6,9,13,14]

3.1 Підхід до візуальної діагностики при невідкладних станах ШКТ

Візуальна діагностика при невідкладних станах визначається діагностичним питанням і клінічною стабільністю пацієнта. У нестабільних пацієнтів лікування порушень, що загрожують життю, і первинна стабілізація мають пріоритет над подальшими діагностичними процедурами. Стратегія візуалізації залежить від нагального клінічного питання та здатності пацієнта перенести дослідження. [6,8,104,105]

Первинна візуальна діагностика має на меті виявити зміни, що впливають на невідкладні клінічні рішення. Візуалізаційні знахідки завжди слід інтерпретувати разом із результатами фізичного обстеження та лабораторними даними, оскільки візуальна діагностика в невідкладних станах рідко самостійно дає змогу встановити повний діагноз. [8,104,105]

3.1.1 Первинна візуальна діагностика в нестабільних пацієнтів

Первинне візуальне обстеження має дати відповідь на нагальні клінічні питання, не затримуючи стабілізацію стану пацієнта. [9,104,105]

Дослідження зосереджене на чотирьох основних питаннях:

- ✓ Чи є в черевній порожнині вільна рідина?
- ✓ Чи наявна дилатація ШКТ?
- ✓ Чи є ознаки обструкції або перфорації?
- ✓ Чи необхідна додаткова візуальна діагностика?

Первинні візуальні дослідження мають швидко дати відповіді на ці питання за умови мінімізації маніпуляцій із пацієнтом. У більшості пацієнтів із невідкладними станами як методики візуалізації першої лінії обирають POCUS і рентгенографію. Протоколи AFAST дозволяють виявити вільну рідину в черевній порожнині та проводити повторні оцінювання під час стабілізації. [15,104,105]

Рентгенографія дозволяє оцінити розподіл газу в черевній порожнині, дилатацію шлунка й кишківника, а також положення органів. У собак із підозрою на розширення-заворот шлунка (РЗШ, GDV) рентгенограми можуть демонструвати зміщення шлунка та мальпозицію пілоруса. Деякі варіанти РЗШ може бути складно відрізнити від простої дилатації шлунка лише на підставі рентгенограм, тому їх завжди слід інтерпретувати разом із результатами клінічного обстеження. [9,10,30,38,107]

3.1.2 POCUS та рентгенографія у прийнятті рішень за невідкладних станів

POCUS та рентгенографія надають комплементарну інформацію під час первинного обстеження пацієнтів із невідкладними станами. POCUS дозволяє оцінити наявність рідини в черевній порожнині, стан кишкових структур та зміни, які можна відстежувати в динаміці під час стабілізації. Рентгенографія доповнює POCUS, дозволяючи оцінити розподіл газу в черевній порожнині, дилатацію шлунка й кишківника, а також положення органів. [9,15,86,104,105]

Вибір і послідовність досліджень залежать від діагностичного питання та стабільності стану пацієнта. У багатьох пацієнтів із невідкладними станами POCUS і рентгенографія надають достатньо інформації для визначення, чи потрібна додаткова візуальна діагностика. Коли первинні візуалізаційні знахідки не дають адекватної відповіді на клінічне питання, може бути показане подальше візуальне дослідження для додаткового анатомічного оцінювання або оцінювання слизової оболонки. [8,9,14,20,104]

3.1.3 Додаткова візуальна діагностика після первинної стабілізації

Коли первинна візуальна діагностика не дає достатніх відповідей, після стабілізації стану пацієнта може бути необхідним додаткове візуальне дослідження.

Комп'ютерну томографію (КТ) обирають тоді, коли рентгенографія та УЗД не надають достатньої анатомічної інформації. У пацієнтів із невідкладними станами КТ дозволяє встановити локалізацію та причину обструкції ШКТ, оцінити кишкові ускладнення та охарактеризувати зміни з боку ШКТ і прилеглих абдомінальних структур, релевантні для планування лікування. [6,104]

КТ зазвичай потребує загального наркозу та введення контрасту. Її, як правило, виконують після первинної стабілізації. [40,41,48,50,89,90]

Ендоскопію виконують тоді, коли необхідна безпосередня візуалізація слизової оболонки ШКТ або відбір біоптатів. У пацієнтів із невідкладними станами до основних показань належать вилучення доступних сторонніх тіл, оцінювання уражень слизової оболонки та дослідження підозрюваної кровотечі з ШКТ. Перед процедурою потребуються підготовка пацієнта та загальний наркоз. [4,7,16,61]

Магнітно-резонансна томографія (МРТ) може бути виконана тоді, коли необхідна додаткова характеристика м'яких тканин. МРТ потребує тривалого часу дослідження та повної нерухомості пацієнта, що зазвичай зумовлює необхідність загального наркозу. [14,51,54]

POCUS та рентгенографія забезпечують первинне обстеження. КТ, ендоскопію та МРТ застосовують після стабілізації стану пацієнта, коли потрібна додаткова анатомічна інформація або інформація про стан слизової оболонки. [6,104,105]

3.2 Підхід до візуальної діагностики при обструктивних захворюваннях ШКТ

За підозри на обструкцію ШКТ візуальна діагностика має встановити наявність механічної обструкції, визначити її локалізацію, з'ясувати основну причину та оцінити ступінь компретації кишківника. [4,8,14,20,108]

Основні питання візуальної діагностики при обструктивних захворюваннях ШКТ:

- ✓ Чи наявна механічна обструкція?
- ✓ Де локалізована обструкція?
- ✓ Яка її причина?
- ✓ Чи є ознаки компретації кишківника? [13,41,48]

Інтерпретація візуалізаційних знахідок потребує диференціації між механічною обструкцією та функціональними порушеннями ШКТ. Сама лише дилатація кишківника не встановлює причини дисфункції ШКТ, тому її завжди слід інтерпретувати разом із результатами клінічного обстеження. [4,6,7] Стратегія візуалізації визначається саме цими діагностичними питаннями.

3.2.1 Рентгенографія та ультразвукове дослідження при обструктивних захворюваннях ШКТ

Первинним завданням візуальної діагностики є встановлення наявності механічної обструкції та виявлення візуалізаційних знахідок, що потребують подальшого дослідження. [4,6,9]

Рентгенографія є одним із перших візуальних досліджень, які виконують за підозри на обструкцію ШКТ. Вона дозволяє оцінити розподіл газу в кишківнику, дилатацію кишківника, деталізацію черевної порожнини та візуалізаційні патерни, що

допомагають локалізувати обструкцію. Рентгенологічні знахідки сприяють диференціації обструктивних і необструктивних причин симптомів з боку ШКТ, проте можуть не виявляти основної причини. [8–10,86]

УЗД дозволяє оцінити стінку ШКТ, вміст просвіту та моторику кишківника. Воно виявляє обтуруючий матеріал, вогнищеві зміни кишківника, інвагінацію кишківника та зміни, асоційовані з компрометацією кишківника. Оцінювання шаруватості кишкової стінки та прилеглих абдомінальних структур допомагає виявити компрометацію кишківника та супутні ускладнення. [8,9,13,15,20]

Діагностичне питання визначає вибір між рентгенографією та ультрасонографією. [6,13]

3.2.2 Додаткова візуальна діагностика після первинного оцінювання

Комп'ютерну томографію (КТ) обирають тоді, коли рентгенографія та ультрасонографія не надають достатньої анатомічної інформації. При обструктивних захворюваннях ШКТ КТ дозволяє встановити локалізацію та причину обструкції, оцінити кишкові ускладнення та охарактеризувати зміни з боку ШКТ і прилеглих абдомінальних структур, релевантні для планування лікування. [40,41,48,108]

КТ із контрастним підсиленням дозволяє оцінити перфузію кишківника та зміни, асоційовані із запаленням чи компрометацією кишківника. Знахідки КТ можуть сприяти прийняттю клінічних рішень тоді, коли причина обструкції потребує подальшого дослідження. [14,14,48]

Ендоскопію виконують для безпосереднього оцінювання доступної слизової оболонки ШКТ або внутрішньопросвітних змін. При обструктивних захворюваннях ШКТ її застосування охоплює оцінювання й вилучення доступних сторонніх тіл, а також оцінювання уражень слизової оболонки. [4,7,16]

Магнітно-резонансна томографія (МРТ) може бути виконана тоді, коли необхідна поглиблена характеристика м'яких тканин. МРТ потребує тривалого часу

дослідження та повної нерухомості пацієнта, що зазвичай зумовлює необхідність загального наркозу.

Підхід до візуальної діагностики при обструктивних захворюваннях ШКТ визначається діагностичним питанням. Первинні візуальні дослідження встановлюють наявність та наслідки обструкції. КТ, ендоскопію та МРТ застосовують тоді, коли додаткова анатомічна інформація або інформація про стан слизової оболонки вплине на прийняття клінічних рішень. [6,14]

3.3 Підхід до візуальної діагностики при хронічній ентеропатії

Хронічна ентеропатія охоплює групу захворювань із персистентними або рецидивними симптомами з боку ШКТ. Візуальна діагностика сприяє діагностичному оцінюванню шляхом виявлення структурних змін та патологічних процесів, які можуть зумовлювати подібну клінічну картину. Вона також дозволяє оцінити розподіл змін у кишківнику та супутні позакишкові порушення. [1,4,5,7]

Основні питання візуальної діагностики при хронічній ентеропатії:

- ✓ Які сегменти ШКТ уражені?
- ✓ Які структурні зміни кишківника наявні?
- ✓ Чи сумісні візуалізаційні знахідки з хронічною ентеропатією?
- ✓ Чи вказують знахідки на інший патологічний процес?

Візуалізаційні знахідки інтерпретують разом з анамнезом, результатами клінічного обстеження та лабораторними дослідженнями. Хронічна ентеропатія залишається діагнозом виключення, і сама лише візуальна діагностика не дає змоги встановити діагноз. Ці діагностичні питання визначають стратегію візуалізації та подальше обстеження. [4–7]

3.3.1 Ультрасонографічне оцінювання при хронічній ентеропатії

Первинним завданням візуальної діагностики є оцінювання розподілу та характеру змін з боку ШКТ і виявлення знахідок, що вказують на альтернативний діагноз.

Ультразвукове дослідження дозволяє оцінити товщину стінки ШКТ, шаруватість стінки, ехогенність, вміст просвіту та моторику кишківника. Вона також дає змогу оцінити абдомінальні лімфатичні вузли, суміжні органи та черевну порожнину. Ці знахідки допомагають визначити ступінь залучення кишківника та виявити зміни, які можуть скоригувати діагностичний маршрут. [5,7,13,15]

Дифузні або мультифокальні зміни кишківника зі збереженою шаруватістю стінки можуть бути сумісними з хронічною ентеропатією. Вогнищеве потовщення стінки, виражене порушення шаруватості стінки, формування об'ємного утворення або значна лімфаденопатія можуть посилювати підозру на інфільтративне чи неопластичне захворювання. [4,13,15]

Подібна ультрасонографічна картина може спостерігатися як при запальних, так і при неопластичних захворюваннях, тому ці знахідки не дозволяють надійно встановити основний патологічний процес. [4,5,13,15,86,109]

Доплерівська ультрасонографія та ультрасонографія з контрастним підсиленням (CEUS) можуть надати додаткову інформацію про васкуляризацію чи перфузію стінки кишківника тоді, коли ультрасонографічні знахідки є непереконливими. Ці методики доповнюють структурне оцінювання, проте не замінюють цитологічного або гістопатологічного дослідження, коли показане встановлення тканинного діагнозу. [13,24,72]

Ультрасонографічні знахідки визначають напрям подальшого діагностичного обстеження, ідентифікують уражені сегменти кишківника, виявляють зміни поза межами ШКТ та допомагають обрати найбільш доцільний метод відбору зразків тканин. [4,6,7,13,13]

3.3.2 Ендоскопія, тканинна діагностика та додаткова візуалізація

Ендоскопію виконують тоді, коли безпосередня візуалізація слизової оболонки та відбір біоптатів сприятимуть встановленню діагнозу. У стабільних собак її місце в діагностичному маршруті залежить від тяжкості захворювання, лабораторних знахідок, відповіді на пробне лікування та підозри на інфільтративне або неопластичне захворювання. [4,5,7,16,60,86]

Ендоскопія дозволяє оцінити поверхню слизової оболонки доступних сегментів ШКТ та здійснити цільовий відбір біоптатів. Гістопатологічне дослідження сприяє диференціальній діагностиці запальної ентеропатії, лімфоми кишківника та інших інфільтративних захворювань. Діагностична інтерпретація залежить від отримання адекватних зразків із релевантних сегментів ШКТ. [1,4,7,16,60,61]

Ендоскопічні біоптати дозволяють оцінити слизову оболонку, проте можуть не повною мірою відображати зміни, обмежені глибшими шарами стінки ШКТ. Коли ультрасонографія вказує на переважно трансмуральний характер ураження або на вогнищеве ураження, непридатне для ендоскопічного відбору матеріалу, більш адекватний діагностичний матеріал може бути отриманий шляхом відбору під ультрасонографічним контролем або повношарової біопсії. [4,13,16,61,86]

Капсульна ендоскопія може надати додаткову інформацію про стан слизової оболонки у стабільних собак із нез'ясованою кровотечею з ШКТ, виявляючи ураження тонкого кишківника за межами досяжності гастродуоденоскопії та колоноскопії. Комп'ютерна томографія (КТ) може бути виконана тоді, коли необхідне ширше оцінювання черевної порожнини або точніша анатомічна характеристика. Вона дозволяє оцінити трансмуральні зміни, прилеглі абдомінальні структури та позакишкове поширення патологічного процесу, що може вплинути на подальше обстеження чи планування лікування. Магнітно-резонансна томографія (МРТ) може бути корисною тоді, коли додаткова характеристика м'яких тканин дасть відповідь на конкретне діагностичне питання. Її застосування при хронічній ентеропатії є нечастим і залежить від локалізації та характеру передбачуваних змін. [41,48,51,54,59]

Підхід до візуальної діагностики при хронічній ентеропатії визначається необхідністю виявити структурну патологію, виключити релевантні альтернативні діагнози та визначити наступний діагностичний крок. Ультрасонографія забезпечує основне структурне оцінювання. Ендоскопія та біопсія забезпечують оцінювання слизової оболонки та гістопатологічне дослідження. КТ, МРТ або альтернативні методики відбору матеріалу входять до діагностичного маршруту тоді, коли передбачуваний патологічний процес поширюється за межі доступної слизової оболонки. [4,7,9,13]

3.4 Підхід до візуальної діагностики при новоутвореннях ШКТ

Новоутворення ШКТ становлять гетерогенну групу захворювань, що різняться за типом пухлини, характером росту, анатомічним розподілом і візуалізаційною картиною. Жодна єдина стратегія візуалізації не є придатною для всіх пацієнтів. Первинна візуальна діагностика має на меті виявити ураження, що викликають підозру на неоплазію, та визначити наступний діагностичний крок. Подальші візуальні дослідження спрямовують відбір зразків тканин, визначають поширеність захворювання та сприяють плануванню лікування. Самі лише візуалізаційні знахідки не дозволяють встановити остаточний діагноз, оскільки картина новоутворень ШКТ варіює залежно від типу пухлини, розподілу вогнищ ураження та біологічних характеристик. Остаточний діагноз потребує цитологічного або гістопатологічного дослідження. [6,9,14,101]

Основні питання візуальної діагностики:

- ✓ Чи викликають візуалізаційні знахідки підозру на новоутворення ШКТ?
- ✓ Чи відповідають візуалізаційні знахідки більше доброякісному чи злоякісному процесу?
- ✓ Яке візуальне дослідження або яка процедура відбору зразків тканин необхідне на наступному етапі?
- ✓ Якою є анатомічна поширеність захворювання?

- ✓ Чи наявна локальна інвазія?
- ✓ Чи є підозра на метастатичне ураження?

3.4.1 Візуальна діагностика для виявлення та характеристики вогнищ ураження

Первинним завданням візуальної діагностики є встановлення того, чи сумісне вогнище ураження з новоутворенням ШКТ, та визначення наступного діагностичного кроку. Підхід до візуалізації залежить від клінічної картини, передбачуваного типу пухлини, локалізації ураження та діагностичного питання. [6,13,14,101,110]

УЗД широко застосовується для первинного виявлення та характеристики вогнищ ураження в собак із підозрою на новоутворення ШКТ. [13,15,86,101] Доплерівська ультрасонографія та ультрасонографія з контрастним підсиленням (CEUS) можуть бути корисними тоді, коли оцінювання васкуляризації чи перфузії надає додаткову інформацію для характеристики вогнища ураження. [49,72,91,111]

Еластографія залишається новітнім допоміжним методом для характеристики вогнищ ураження і наразі має обмежену доказову базу щодо новоутворень ШКТ у собак. [24,63,70,77,112]

Комп'ютерну томографію (КТ) застосовують тоді, коли ультрасонографія (УЗД) не забезпечує достатньої анатомічної деталізації або коли додаткова анатомічна інформація вплине на діагностичний маршрут. Вона відіграє важливу роль у стадіюванні пухлин, дозволяючи оцінити анатомічну поширеність захворювання, локальну інвазію та залучення регіонарних лімфатичних вузлів. КТ усього тіла може виявити передбачувані віддалені метастази та сприяти плануванню лікування. Візуалізаційні знахідки посилюють або послаблюють підозру на неоплазію та визначають потребу у відборі зразків тканин чи подальшій візуальній діагностиці. Вони не дозволяють надійно диференціювати запальні та неопластичні ураження в усіх випадках. [14,40,41,48,49,101,110,112,113]

3.4.2 Візуальний контроль при відборі зразків тканин

Після виявлення вогнища ураження візуальна діагностика визначає найбільш доцільний підхід до отримання діагностичного зразка. Вибір методики відбору матеріалу залежить від локалізації, глибини та доступності вогнища ураження, клінічного стану пацієнта та очікуваної діагностичної результативності процедури. [4,13,101]

Ендоскопія показана при ураженнях, що залучають слизову оболонку ШКТ і є доступними для ендоскопії верхніх або нижніх відділів ШКТ. Ендоскопія верхніх відділів ШКТ дозволяє оцінити стравохід, шлунок і проксимальний відділ дванадцятипалої кишки, тоді як ендоскопія нижніх відділів ШКТ дозволяє оцінити ободову кишку, пряму кишку та термінальний відділ клубової кишки за умови можливості інтубації ілеоцекального клапана. [4,16,61]

Вона забезпечує безпосередню візуалізацію вогнища ураження та відбір біоптатів. Діагностична результативність залежить від розподілу вогнищ ураження та глибини біопсії, оскільки поверхневі зразки можуть не відображати інфільтративного або підслизового ураження. [4,13,48,61]

Ультрасонографія забезпечує візуальний контроль при виконанні тонкоголкової аспіраційної біопсії або трепанобіопсії новоутворень ШКТ, збільшених лімфатичних вузлів та доступних метастатичних вогнищ. Перед проведенням біопсії під візуальним контролем у високоваскуляризованих органах або при глибоко розташованих абдомінальних ураженнях слід оцінити стан гемостазу пацієнта та його загальний клінічний стан. Біопсія під КТ-контролем може бути виконана тоді, коли ультрасонографічний контроль є неможливим або коли локалізація вогнища ураження обмежує безпечний черезшкірний доступ. Візуальна діагностика визначає не лише те, звідки слід отримати тканину, а й те, яка методика відбору матеріалу з найбільшою ймовірністю забезпечить встановлення остаточного діагнозу. [6,9,113]

3.4.3 Візуальна діагностика для стадіювання та планування лікування

Після виявлення вогнища ураження та отримання діагностичного матеріалу візуальна діагностика визначає поширеність захворювання й сприяє плануванню лікування. Основні питання стадіювання стосуються локальної інвазії, залучення регіонарних лімфатичних вузлів і віддаленого метастазування. Комп'ютерна томографія (КТ) визначає анатомічну поширеність первинного вогнища ураження, оцінює його взаємовідношення з прилеглими абдомінальними структурами, виявляє регіонарну лімфаденопатію та демонструє передбачуване метастатичне ураження в межах черевної порожнини. КТ усього тіла, зокрема з візуалізацією органів грудної порожнини за наявності показань, сприяє оцінюванню віддаленого метастатичного ураження та комплексному стадіюванню пухлини. [6,9,49,101,111,113]

Магнітно-резонансна томографія (МРТ) може бути виконана тоді, коли необхідна вища контрастність м'яких тканин для визначення поширення вогнища ураження або залучення суміжних структур поза межами інформації, отриманої за допомогою ультрасонографії чи КТ. [14,51,91]

Візуалізаційні знахідки визначають розподіл патологічного процесу, сприяють плануванню лікування та ідентифікують вогнища ураження, придатні для хірургічної резекції або відбору матеріалу під візуальним контролем. Стратегія візуалізації й надалі залежить від діагностичного питання. [6,14,49,101,111]

3.5 Підхід до візуальної діагностики при порушеннях моторики ШКТ

Порушення моторики ШКТ становлять окрему діагностичну категорію, оскільки первинне порушення може бути функціональним за відсутності ідентифікованих структурних змін. Візуальна діагностика має на меті виявити структурні зміни, які можуть порушувати рухову активність ШКТ. Вона дозволяє оцінити моторику та транзит по ШКТ тоді, коли структурні візуалізаційні знахідки не повністю пояснюють клінічні ознаки. [4,7,9,13]

Основні питання візуальної діагностики при порушеннях моторики ШКТ:

- ✓ Чи асоційоване порушення рухової активності ШКТ зі структурними змінами?
- ✓ Який сегмент ШКТ уражений?
- ✓ Чи виникають порушення руху під час акта ковтання або під час транзиту по ШКТ?
- ✓ Чи можна об'єктивно оцінити порушення транзиту по ШКТ?

Стратегія візуалізації залежить від діагностичного завдання. Воно може охоплювати диференціацію структурних і функціональних порушень, оцінювання рухової активності ШКТ або оцінювання транзиту по ШКТ. [4,7,92]

3.5.1 Візуальна диференціація структурних та функціональних порушень

Первинним завданням візуальної діагностики є встановлення того, чи асоційоване порушення рухової активності ШКТ зі структурними змінами, чи воно є первинним функціональним розладом. Рентгенографію та ультрасонографію застосовують для виявлення структурних змін, які можуть перешкоджати нормальній моториці ШКТ, зокрема обструкції, розтягнення ШКТ або патології стінки. [4,13,15,92]

Ультрасонографія забезпечує отримання інформації про моторику ШКТ у реальному часі шляхом візуалізації кишкових скорочень і рухів. Змінена моторика може підтримувати підозру на функціональний розлад, проте її завжди слід інтерпретувати разом зі структурними візуалізаційними знахідками та загальною клінічною картиною. [9,13,15,92]

3.5.2 Візуальне оцінювання ковтання, моторики та транзиту по ШКТ

Завданням візуальної діагностики є виявлення порушень, які стають очевидними під час акта ковтання або під час рухової активності ШКТ. Рентгеноскопія забезпечує динамічне оцінювання акту ковтання, моторики стравоходу, транзиту по ШКТ та проходження контрастної речовини через травний тракт. Вона є корисною тоді, коли

необхідне оцінювання руху в динаміці або коли динамічні порушення неможливо виявити за допомогою статичних методик візуалізації. [7,92]

Сцинтиграфія забезпечує кількісне оцінювання транзиту по ШКТ і може бути виконана тоді, коли потрібне об'єктивне вимірювання функціональної активності. Вона сприяє оцінюванню евакуаторної функції шлунка, стравохідного транзиту та інших порушень транзиту по ШКТ. [64,65,69]

Ці методики візуалізації доповнюють структурну візуалізацію. Їх застосовують тоді, коли анатомічні візуалізаційні знахідки не повністю пояснюють клінічні ознаки або коли діагностичне питання потребує об'єктивного оцінювання рухової активності чи транзиту по ШКТ. [4,7]

3.5.3 Висновок

Вибір методів візуальної діагностики при захворюваннях ШКТ у собак залежить від клінічної проблеми, що досліджується, та від діагностичного питання, на яке необхідно відповісти. Пацієнти з невідкладними станами потребують швидкого виявлення порушень, що загрожують життю. Запальні захворювання потребують оцінювання структури кишківника та вибору відповідних діагностичних процедур. Неопластичні захворювання потребують виявлення вогнищ ураження, відбору діагностичного матеріалу та стадіювання. Порушення моторики потребують оцінювання рухової активності та транзиту по ШКТ. [4,7,9,101]

Жоден окремий метод візуалізації не надає всієї інформації, необхідної для кожного пацієнта. Кожна методика надає різну діагностичну інформацію, а її цінність залежить від клінічного контексту, стану пацієнта та мети дослідження. Ефективна стратегія візуалізації інтегрує комплементарні методи візуальної діагностики з метою підтримки прийняття клінічних рішень і ведення пацієнта. [6,9,13,14]

ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

Проаналізована в цій роботі література демонструє, як візуальна діагностика застосовується для дослідження захворювань ШКТ у собак. У ранніх дослідженнях переважно оцінювали окремі методи візуалізації. Новіші публікації описують, як різні методики поєднуються в межах діагностичного процесу. Проаналізовані докази нерівномірно розподілені між методами візуалізації. Деякі методики підкріплені численними клінічними дослідженнями. Інші представлені переважно нещодавніми публікаціями або невеликими серіями клінічних випадків. Дизайн досліджень, популяція пацієнтів і цілі досліджень різняться між публікаціями. Пряме порівняння не завжди можливе. Ці відмінності вплинули на інтерпретацію доказів, представлених у цій роботі.

Жоден єдиний діагностичний алгоритм не є придатним для всіх пацієнтів. Метод візуалізації обирають відповідно до клінічної картини, передбачуваного патологічного процесу та питань, що виникають на конкретному етапі обстеження. Саме тому цю роботу побудовано навколо діагностичних проблем, а не навколо окремих методів візуалізації. Така структура відображає повсякденний процес ухвалення клінічних рішень.

Нещодавнє ретроспективне порівняння результатів передопераційної візуальної діагностики та інтраопераційних знахідок дійшло подібного висновку. Розбіжності візуалізаційних даних траплялися в умовах рутинної клінічної практики навіть після належного діагностичного обстеження. Хибнонегативні знахідки та окремі випадки хибної інтерпретації залишалися можливими. Візуалізаційні знахідки інтерпретують разом із клінічними ознаками в пацієнта. Остаточний діагноз потребує цитологічного або гістопатологічного підтвердження. Окремі клінічні повідомлення та невеликі клінічні дослідження описують ситуації, у яких очікувані візуалізаційні патерни відсутні або є хибно орієнтуючими. [114]

Францес та співавт. повідомили про кількох собак із гістологічно підтвердженою лімфомою ШКТ попри нормальні результати ультрасонографічного дослідження. [115] Нормальні ультрасонографічні знахідки не виключають клінічно значущого захворювання. Ясуда та співавт. описали собаку, у якої МРТ виявила зміни, не розпізнані за допомогою КТ, що вплинуло на клінічне ведення пацієнта. [57] Джеон та співавт. повідомили про ультрасонографічні, КТ- та ПЕТ-КТ-знахідки, сумісні з новоутворенням кишківника. Гістопатологічне дослідження встановило гранулематозний ентерит. [116] Нам та співавт. описали подібну діагностичну складність. Візуалізаційні дані вказували на лімфому кишківника, проте гістопатологічне дослідження підтвердило мастоцитому кишківника. [117] Дефаргес та співавт. повідомили про собак із ангіодисплазією ШКТ, яка залишилася невиявленою при конвенційній ендоскопії та навіть при діагностичній лапаротомії. Відеокапсульна ендоскопія дозволила виявити ці ураження. [63]

Ці приклади не применшують цінності візуальної діагностики. Вони демонструють, що кожен метод візуалізації має свої переваги й обмеження. Візуалізаційні знахідки завжди слід інтерпретувати разом із клінічною картиною. Цитологічне або гістопатологічне дослідження залишається необхідним тоді, коли потрібне встановлення остаточного діагнозу. Розуміння можливостей та обмежень кожного методу візуалізації є невід'ємним складником процесу прийняття клінічних рішень.

Одним із основних спостережень цієї роботи є те, що вибір методу візуалізації не може бути зведений виключно до алгоритму, побудованого за нозологічним принципом. Різні методики візуалізації часто асоціюються з конкретними захворюваннями ШКТ, проте оптимальне дослідження визначається індивідуальним клінічним контекстом. Стабільність стану пацієнта, вгодованість, локалізація вогнища ураження, наявність обладнання, кваліфікація оператора і, передусім, поставлене діагностичне питання — усі ці чинники впливають на те, який метод візуалізації є найбільш доцільним для конкретного пацієнта. Методи візуалізації не є

конкурентними методиками, вибудуваними в ієрархію за діагностичною цінністю. Кожен із них є комплементарним діагностичним інструментом, корисність якого залежить від поставленого клінічного питання та обставин конкретного пацієнта.

Такий погляд пояснює, чому візуальна діагностика потребує клінічного мислення, а не лише прийняття рішень за протоколом. Клінічні настанови надають цінні рамки для проведення обстеження, проте вони не можуть врахувати всі комбінації чинників, що трапляються в пацієнтів на практиці. Вибір найбільш доцільного методу візуалізації залишається індивідуальним клінічним рішенням, яке поєднує наявні наукові докази з характеристиками пацієнта та поставленим діагностичним питанням.

Ця робота не пропонує універсального діагностичного алгоритму для захворювань ШКТ у собак. Її задум полягав у тому, щоб продемонструвати, як розуміння переваг та обмежень різних методів візуальної діагностики може сприяти адаптації діагностичних стратегій до індивідуальних пацієнтів.

ВИСНОВКИ

Ця робота обґрунтовує чотири основні висновки щодо застосування методів візуальної діагностики при захворюваннях ШКТ у собак.

1. Кожен метод візуальної діагностики надає унікальну діагностичну інформацію.

Захворювання ШКТ часто зумовлюють подібні клінічні ознаки попри різні основні патологічні процеси. Різні методи візуалізації надають різні типи діагностичної інформації. Одні виявляють структурні зміни, інші визначають поширеність захворювання, спрямовують відбір зразків тканин або оцінюють функціональні зміни. Вибір методу візуалізації залежить від діагностичного питання та інформації, необхідної для конкретного пацієнта.

2. Методи візуальної діагностики доповнюють одне одного.

Жоден метод візуалізації не замінює інший у всіх клінічних ситуаціях. Методи візуалізації доповнюють один одного, оскільки кожен із них надає різну діагностичну інформацію. Їх поєднане застосування, коли це доцільно, забезпечує повнішу картину, ніж покладання на одне окреме дослідження.

3. Кожен метод візуальної діагностики має переваги та обмеження.

Жоден метод візуалізації не надає всієї необхідної інформації в кожного пацієнта. Кожна методика має свої переваги й обмеження. Діагностична цінність залежить від клінічного питання, передбачуваного патологічного процесу та етапу обстеження.

4. Сучасна візуальна діагностика підтримує поетапний діагностичний підхід.

Наявність множинних методів візуалізації уможлиблює поетапне діагностичне обстеження. У багатьох випадках першим може бути виконане найменш інвазивне дослідження, здатне відповісти на клінічне питання. Додаткову візуальну діагностику застосовують лише тоді, коли необхідна подальша інформація.

Такий підхід зменшує кількість зайвих діагностичних досліджень. При цьому діагностична точність зберігається.

Зрештою, саме діагностичне питання визначає стратегію візуальної діагностики.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Dandrieux JRS, Mansfield CS. Chronic Enteropathy In Canines: Prevalence, Impact And Management Strategies. *Vet Med Res Rep*. 2019 Dec 6;10:203–14. doi:10.2147/VMRR.S162774 PubMed PMID: 31828025; PubMed Central PMCID: PMC6902862.
2. O'Neill DG, James H, Brodbelt DC, Church DB, Pegram C. Prevalence of commonly diagnosed disorders in UK dogs under primary veterinary care: results and applications. *BMC Vet Res*. 2021 Feb 17;17(1):69. doi:10.1186/s12917-021-02775-3
3. Schmid SM, Hoffman JM, Gould EN, Moon A, Creevy KE. Cross-sectional survey of 43,517 dogs in the Dog Aging Project identifies owner-reported lifetime prevalence and characteristics of gastrointestinal disease. *J Am Vet Med Assoc*. 2024 Dec 1;262(12):1–9. doi:10.2460/javma.24.05.0306
4. Edward J. Hall, Aarti Kathrani, David A. Williams. *BSAVA Manual of Canine and Feline Gastroenterology*. 3rd ed. British Small Animal Veterinary Association (BSAVA); 2022.
5. Heilmann RM, Jergens AE, Kathrani A, Allenspach K, Salavati Schmitz S, Priestnall SL, et al. ACVIM–endorsed statement: consensus statement and systematic review on guidelines for the diagnosis and treatment of chronic inflammatory enteropathy in dogs. *J Vet Intern Med*. 2026 Jan 1
6. Stephen J. Ettinger, Edward C. Feldman, Etienne Côté. *Ettinger's Textbook of Veterinary Internal Medicine*. 9th ed. Elsevier; 2024.
7. Washabau RJ, Day MJ. *Canine & feline gastroenterology*. St. Louis, Mo: Elsevier Saunders; 2013. 996 p.
8. Robert O'Brien, Frances Barr. *BSAVA Manual of Canine and Feline Abdominal Imaging*. British Small Animal Veterinary Association (BSAVA); 2009.
9. Donald E. Thrall. *Thrall's Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology*. 8th ed. Elsevier; 2024.
10. Dennis R, Kirberger Robert M., Frances Barr, Robert H., editors. *Handbook of small animal radiology and ultrasound: techniques and differential diagnoses*. 2nd ed. Edinburgh New York: Churchill Livingstone/Elsevier; 2010. 1 p.
11. Caraianni C, Yi D, Petrescu B, Dietrich C. Indications for abdominal imaging: When and what to choose? *J Ultrason*. 2020 Apr;20(80):e43–54. doi:10.15557/JoU.2020.0008 PubMed PMID: 32320166; PubMed Central PMCID: PMC7266076.
12. Yitbarek D, Dagnaw GG. Application of Advanced Imaging Modalities in Veterinary Medicine: A Review. *Vet Med Res Rep*. 2022 May 31;13:117–30. doi:10.2147/VMRR.S367040
13. Dominique Penninck, Marc-André d'Anjou. *Atlas of Small Animal Ultrasonography*. 2nd ed. Wiley-Blackwell; 2015.

14. Greco A, Meomartino L, Gnudi G, Brunetti A, Di Giancamillo M. Imaging techniques in veterinary medicine. Part II: Computed tomography, magnetic resonance imaging, nuclear medicine. *Eur J Radiol Open*. 2022 Dec 13;10:100467. doi:10.1016/j.ejro.2022.100467 PubMed PMID: 36570419; PubMed Central PMCID: PMC9768321.
15. John S. Mattoon, Rance K. Sellon, Clifford R. Berry. *Small Animal Diagnostic Ultrasound*. 4th ed. Elsevier; 2021.
16. Lhermette, Philip, Sobel, David, Robertson, Elise. *BSAVA Manual of Canine and Feline Endoscopy and Endosurgery*. 2nd ed. Quedgeley, Gloucester, UK: BSAVA (British Small Animal Veterinary Association); 2020.
17. Cortez K, Anson A, Schwarz L, Biedak N, Noel T, South A. Accuracy of Plain Digital Radiography for the Detection of Gastrointestinal Masses in Dogs and Cats. *Anim Open Access J MDPI*. 2026 Jan 17;16(2):292. doi:10.3390/ani16020292 PubMed PMID: 41594481; PubMed Central PMCID: PMC12837622.
18. Yuen F, Dennison S. Radiographic identification of challenging gastrointestinal tract foreign bodies: a descriptive study of how appearance varies in air versus water to aid interpretation. *Am J Vet Res*. 2024 Jul 1;85(7). doi:10.2460/ajvr.23.10.0237
19. Corrick J. Is radiography or ultrasonography superior at detecting intestinal obstructions in dogs with acute abdominal signs? *Vet Evid*. 2023 Jun 15;8(2). doi:10.18849/ve.v8i2.483
20. Meomartino L, Costanza D, Matarazzo M, Damiano N, Del Treste A, Sangiuliano C, et al. Imaging of gastrointestinal foreign body obstructions in dogs and cats. *Eur J Radiol Open*. 2026 Apr 28;16:100753. doi:10.1016/j.ejro.2026.100753 PubMed PMID: 42088454; PubMed Central PMCID: PMC13137067.
21. British Small Animal Veterinary Association (BSAVA). BSAVA Library. [Internet]. BSAVA Library; . . [cited 2026 Jul 15]. Diagnostic imaging contrast agents. Available from: <https://www.bsavalibrary.com/content/formulary/backmatter/canine-and-felinediagnosticimagingcontrastagents>
22. Chang JH, Lee KC, Choi HJ, Yoon JH, Choi MC. Radiographic contrast study of the upper gastrointestinal tract of eight dogs using carboxymethylcellulose mixed with a low concentration of barium sulphate. *Vet Rec*. 2004 Feb 14;154(7):201–4. doi:10.1136/vr.154.7.201 PubMed PMID: 15002400.
23. Pollard RE. Videofluoroscopic Evaluation of the Pharynx and Upper Esophageal Sphincter in the Dog: A Systematic Review of the Literature. *Front Vet Sci*. 2019 Apr 24;6:117. doi:10.3389/fvets.2019.00117 PubMed PMID: 31069238; PubMed Central PMCID: PMC6491508.
24. Lehman KM, Saboda SR, Love KR, Pierce KV. Radiation Exposure During Contrast-Enhanced Videofluoroscopic Swallow Studies in Dogs and Cats. *Vet Radiol Ultrasound*. 2025 Sep;66(5): e70084. doi:10.1111/vru.70084 PubMed PMID: 40995946; PubMed Central PMCID: PMC12462226.

25. Kang J, Oh D, Choi J, Kim K, Yoon J, Choi M. Evaluation of a dual-purpose contrast medium for radiography and ultrasonography of the small intestine in dogs. *Am J Vet Res*. 2020 Dec 1;81(12):950–7. doi:10.2460/ajvr.81.12.950
26. Pentreath RJ, Applegate KE, Higley KA, Peremans K, Natsuhori M, Randall E, et al. Radiological protection of the patient in veterinary medicine and the role of ICRP. *Ann ICRP*. 2020 Dec;49(1_suppl):169–81. doi:10.1177/0146645320946619
27. ACVR's Radiation Safety Statement. American College of Veterinary Radiology . . [Internet]. 2019 Jun 2 . . [cited 2026 Jul 19]. Available from: <https://acvr.org/how-we-do-it/types-of-imaging-therapy/radiology/acvrs-radiation-safety-statement/>
28. Ullal TV, Marks SL, Belafsky PC, Conklin JL, Pandolfino JE. A Comparative Assessment of the Diagnosis of Swallowing Impairment and Gastroesophageal Reflux in Canines and Humans. *Front Vet Sci*. 2022 Jun 9;9:889331. doi:10.3389/fvets.2022.889331
29. Eivers C, Chicon Rueda R, Liuti T, Salavati Schmitz S. Retrospective analysis of esophageal imaging features in brachycephalic versus non-brachycephalic dogs based on videofluoroscopic swallowing studies. *J Vet Intern Med*. 2019;33(4):1740–6. doi:10.1111/jvim.15547 PubMed PMID: 31218762; PubMed Central PMCID: PMC6639489.
30. Seiler GS, Cohen EB, d'Anjou MA, French J, Gaschen L, Knapp S, et al. ACVR and ECVDI consensus statement for the standardization of the abdominal ultrasound examination. *Vet Radiol Ultrasound*. 2022;63(6):661–74. doi:10.1111/vru.13151
31. Weisman MJ, Pankatz J, Eley N. Ultrasound-Guided Fine Needle Aspiration and Core Biopsy.
32. Oliveira IM, Da Silva WPR, Ribeiro RR, Lopes MM, Costa PRDS, Borges NC. Ultrasound elastography in dogs: Physical principles and application in intestinal evaluation. *Vet World*. 2024 Dec;2985–91. doi:10.14202/vetworld.2024.2985-2991
33. Esteves-Monteiro M, Duarte-Araújo M, Landolt C, Baptista CS. Ultrasonographic evaluation of the normal gastrointestinal wall in dogs and cats: a systematic review on study design and imaging outcomes. *Vet Q*. 2026 Dec 31;46(1):2622732. doi:10.1080/01652176.2026.2622732
34. Oliveira IM, de Almeida SSF, Sprícigo CVM, da Silva WPR, Silva MAM, Botelho AFM, et al. Correlation between the ultrasonographic measurement of intestinal thickening and laboratory parameters in asymptomatic dogs. *Open Vet J*. 2025;15(8):3798–808. doi:10.5455/OVJ.2025.v15.i8.45 PubMed PMID: 41036005; PubMed Central PMCID: PMC12483494.
35. Gomaa M, Kramer M, Samy MT, Omar MSA, Mekkawy NH. Ultrasonographic Findings of Most Common Surgical Disorders of Gastrointestinal Tract in Dogs and Cats. Vol. 7. 2012;7(1).
36. Huynh E, Berry CR. Ultrasonography of the Gastrointestinal Tract: Stomach, Duodenum, and Jejunum.
37. Glińska-Suchocka K, Jankowski M, Kubiak K, Spużak J, Dzimira S, Nicpoń J. Fine needle biopsy of abdominal organs in dogs – indications, contraindications and performance technique. *Pol J Vet Sci*. 2013 Dec 1;16(4):835–42. doi:10.2478/pjvs-2013-0118

38. Pelchat J, Chalhoub S, Boysen SR. The use of veterinary point-of-care ultrasound by veterinarians: A nationwide Canadian survey. *Can Vet J*. 2020 Dec;61(12):1278–82. PubMed PMID: 33299243; PubMed Central PMCID: PMC7659883.
39. *Small Animal Veterinary Guidelines for Professional Ultrasound Practice.pdf* . . [Internet]. . . [cited 2026 Jul 15]. Available from: https://www.bmus.org/media/resources/files/Small_Animal_Veterinary_Guidelines_for_Professional_Ultrasound_Practice.pdf
40. Winter MD, Barry KS, Johnson MD, Berry CR, Case JB. Ultrasonographic and computed tomographic characterization and localization of suspected mechanical gastrointestinal obstruction in dogs. *J Am Vet Med Assoc*. 2017 Aug 1;251(3):315–21. doi:10.2460/javma.251.3.315
41. Hoey S, Drees R, Hetzel S. Evaluation of the gastrointestinal tract in dogs using computed tomography. *Vet Radiol Ultrasound Off J Am Coll Vet Radiol Int Vet Radiol Assoc*. 2013;54(1):25–30. doi:10.1111/j.1740-8261.2012.01969.x PubMed PMID: 22985215.
42. Murakami M, Heng HG, Sola M. CT features of confirmed and presumed gastric wall edema in dogs. *Vet Radiol Ultrasound*. 2022;63(6):711–8. doi:10.1111/vru.13123 PubMed PMID: 35674240; PubMed Central PMCID: PMC9796106.
43. Siow JW, Chau J, Podadera JM, Makara M. Investigation of scan delays for CT evaluation of inner wall layering and peak enhancement of the canine stomach and small intestine using a 20 second fixed-injection-duration and bolus tracking technique. *Vet Radiol Ultrasound*. 2023 Jan;64(1):42–52. doi:10.1111/vru.13142 PubMed PMID: 35959974; PubMed Central PMCID: PMC10087455.
44. Ilangovan R, Burling D, George A, Gupta A, Marshall M, Taylor SA. CT enterography: review of technique and practical tips. *Br J Radiol*. 2012 Jul;85(1015):876–86. doi:10.1259/bjr/27973476 PubMed PMID: 22553291; PubMed Central PMCID: PMC3474054.
45. El-Kalioubie M, Ali R. Abdominal CT enterography as an imaging tool for chronic diarrhea: Review of technique and diagnostic criteria. *Egypt J Radiol Nucl Med*. 2015 Jun;46(2):275–86. doi:10.1016/j.ejrnmm.2015.02.012
46. Keh S, Sohn J, Choi M, Lee N, Jang J, Kim H, et al. Evaluation of computed tomographic enterography with an orally administered lactulose solution in clinically normal dogs. Vol. 77. 2016;77(4):367–73. doi:10.2460/ajvr.77.4.367
47. Simeoni F, Signore FD, Terragni R, Tamburro R, Aste G, Vignoli M. Diagnostic Imaging of Gastrointestinal Tumours in Dogs and Cats: A Review. *Am J Anim Vet Sci*. 2020 Feb 1;15(2):89–101. doi:10.3844/ajavsp.2020.89.101
48. Sevy JJ, White R, Pyle SM, Aertsens A. Abdominal computed tomography and exploratory laparotomy have high agreement in dogs with surgical disease. *J Am Vet Med Assoc*. 2024 Feb 1;262(2):226–31. doi:10.2460/javma.23.08.0458

49. Jeong J, Choi H, Kim M, Kim SS, Goh J, Hwang J, et al. Computed tomography radiomics models of tumor differentiation in canine small intestinal tumors. *Front Vet Sci*. 2024 Sep 23;11:1450304. doi:10.3389/fvets.2024.1450304
50. Minitier BM, Gonçalves Arruda A, Zuckerman J, Caceres AV, Ben-Amotz R. Use of computed tomography (CT) for the diagnosis of mechanical gastrointestinal obstruction in canines and felines. *PLoS ONE*. 2019 Aug 23;14(8):e0219748. doi:10.1371/journal.pone.0219748 PubMed PMID: 31442244; PubMed Central PMCID: PMC6707543.
51. Maï W. Diagnostic MRI in dogs and cats. Boca Raton: CRC Press; 2018.
52. Sharma KD, Singh TN, Thakur K, Khan A, . N. Utility of magnetic resonance imaging in veterinary sciences with special reference to dogs and cats: A review. *Int J Vet Sci Anim Husb*. 2026 Jan 1;11(5S):44–9. doi:10.22271/veterinary.2026.v11.i5Sa.3262
53. Fujiwara R, Yamamoto K, Yamasaki M, Ohno K. Magnetic Resonance Cholangiopancreatography for Cholangiopancreatic Duct Imaging in Dogs. *Vet Radiol Ultrasound Off J Am Coll Vet Radiol Int Vet Radiol Assoc*. 2025 Jan;66(1):e70008. doi:10.1111/vru.70008 PubMed PMID: 39826111; PubMed Central PMCID: PMC11742707.
54. Maccioni F, Busato L, Valenti A, Cardaccio S, Longhi A, Catalano C. Magnetic Resonance Imaging of the Gastrointestinal Tract: Current Role, Recent Advancements and Future Prospectives. *Diagnostics*. 2023 Jan;13(14):2410. doi:10.3390/diagnostics13142410
55. Briola C. Magnetic Resonance Imaging and Magnetic Resonance Imaging Cholangiopancreatography of the Pancreas in Small Animals. *Vet Sci*. 2022 Jul 23;9(8):378. doi:10.3390/vetsci9080378 PubMed PMID: 35893771; PubMed Central PMCID: PMC9332374.
56. Rahmani V, Peltonen J, Amarilla SP, Hmelnikov D, Ruohoniemi M, Spillmann T. Feasibility of Magnetic Resonance Cholangiopancreatography in Dogs—A Post-Mortem Study. *Anim Open Access J MDPI*. 2023 Aug 4;13(15):2517. doi:10.3390/ani13152517 PubMed PMID: 37570325; PubMed Central PMCID: PMC10417338.
57. Yasuda D, Fujita M, Yasuda S, Taniguchi A, Miura H, Hasegawa D, et al. Usefulness of MRI Compared with CT for Diagnosis of Mesenteric Lymphoma in a Dog. *J Vet Med Sci*. 2004;66(11):1447–51. doi:10.1292/jvms.66.1447
58. Na H, Lee S, Choi H, Lee Y, Yamada K, Lee K. Deep Learning–Based Reconstruction Improves Image Quality in Canine Cranial Abdominal MRI: A Prospective Pilot Study. *Vet Radiol Ultrasound*. 2026 Jul;67(4):e70193. doi:10.1111/vru.70193 PubMed PMID: 42216717; PubMed Central PMCID: PMC13355138.
59. Slovak JE, Wang C, Morrison JA, Deitz KL, LeVine DN, Otoni C, et al. Endoscopic Assessment of the Duodenum in Dogs with Inflammatory Bowel Disease. *J Vet Intern Med*. 2014;28(5):1442–6. doi:10.1111/jvim.12424 PubMed PMID: 25274438; PubMed Central PMCID: PMC4895581.
60. Group TWIGS, Washabau R j., Day M j., Willard M d., Hall E j., Jergens A e., et al. Endoscopic, Biopsy, and Histopathologic Guidelines for the Evaluation of Gastrointestinal Inflammation in Companion Animals. *J Vet Intern Med*. 2010;24(1):10–26. doi:10.1111/j.1939-1676.2009.0443.x

61. Cartwright JA, Hill TL, Smith S, Shaw D. Evaluating Quality and Adequacy of Gastrointestinal Samples Collected using Reusable or Disposable Forceps. *J Vet Intern Med.* 2016;30(4):1002–7. doi:10.1111/jvim.14354 PubMed PMID: 27255591; PubMed Central PMCID: PMC5089600.
62. Jergens AE, Heilmann RM. Canine chronic enteropathy—Current state-of-the-art and emerging concepts. *Front Vet Sci.* 2022 Sep 21;9:923013. doi:10.3389/fvets.2022.923013
63. Defarges AM. Video Capsule Endoscopy in Dogs: Advantages, Disadvantages. *Clin Brief* March 2024.
64. Balogh L, Andócs G, Thuróczy J, Németh T, Láng J, Bodó K. VETERINARY NUCLEAR MEDICINE. SCINTIGRAPHICAL EXAMINATIONS – A REVIEW.
65. Krzemiński M, Lass P, Teodorczyk J, Krajka J. Veterinary nuclear medicine. *Nucl Med Rev.* 2004;7(2).
66. Deepti Netam, Rukmani Dewangan, Mohindar Rawate, Shailendra, Kanwar and Johnson Tandon. Scintigraphy in veterinary diagnostics: Clinical applications and future perspectives. *Int J Adv Biochem Res.* 2026. doi:https://www.doi.org/10.33545/26174693.2026.v10.i31.8015
67. Boillat CS, Gaschen FP, Gaschen L, Stout RW, Hosgood GL. Variability associated with repeated measurements of gastrointestinal tract motility in dogs obtained by use of a wireless motility capsule system and scintigraphy. *Am J Vet Res.* 2010 Aug 1;71(8):903–8. doi:10.2460/ajvr.71.8.903
68. Wyse C, McLellan J, Dickie A, Sutton D, Preston T, Yam P. A Review of Methods for Assessment of the Rate of Gastric Emptying in the Dog and Cat: 1898–2002. *J Vet Intern Med.* 2003;(17:609-621).
69. Grobman ME, Maitz CA, Reiner CR. Detection of silent reflux events by nuclear scintigraphy in healthy dogs. *J Vet Intern Med.* 2020 Jul;34(4):1432–9. doi:10.1111/jvim.15798 PubMed PMID: 32533759; PubMed Central PMCID: PMC7379020.
70. Oliveira I, Silva W, Borges N. B-mode and contrast-enhanced ultrasonography for intestinal assessment in dogs: A review. *Open Vet J.* 2025;(0):1. doi:10.5455/OVJ.2025.v15.i3.1
71. Burti S, Banzato T, Coghlan S, Wodzinski M, Bendazzoli M, Zotti A. Artificial intelligence in veterinary diagnostic imaging: Perspectives and limitations. *Res Vet Sci.* 2024 Aug 1;175:105317. doi:10.1016/j.rvsc.2024.105317
72. Nisa K, Lim SY, Shinohara M, Osuga T, Yokoyama N, Tamura M, et al. Evaluation of duodenal perfusion by contrast-enhanced ultrasonography in dogs with chronic inflammatory enteropathy and intestinal lymphoma. *J Vet Intern Med.* 2019;33(2):559–68. doi:10.1111/jvim.15432 PubMed PMID: 30784123; PubMed Central PMCID: PMC6430930.
73. Linta N, Pey P, Baron Toaldo M, Pietra M, Felici M, Bettini G, et al. Contrast-enhanced ultrasonography in dogs with inflammatory bowel disease. *J Vet Intern Med.* 2021;35(5):2167–76. doi:10.1111/jvim.16202 PubMed PMID: 34432324; PubMed Central PMCID: PMC8478066.

74. Salavati M, Pérez-Accino J, Tan YL, Liuti T, Smith S, Morrison L, et al. Correlation of minimally invasive imaging techniques to assess intestinal mucosal perfusion with established markers of chronic inflammatory enteropathy in dogs. *J Vet Intern Med.* 2021;35(1):162–71. doi:10.1111/jvim.15997 PubMed PMID: 33314285; PubMed Central PMCID: PMC7848335.
75. Cordella A, Stock E, Van De Maele I, Willems A, Saunders J. Use of Contrast-Enhanced Ultrasonography and Shear-Wave Elastography in the Diagnosis of Granulomatous Colitis in a French Bulldog. *Vet Sci.* 2021 Jul 15;8(7):133. doi:10.3390/vetsci8070133
76. Chhoeuy S, Kim S, Kim E, Lee D, Kang K, Keo S, et al. Intraluminal Contrast-Enhanced Ultrasonography Application in Dogs and Cats . . [Internet]. *Biology and Life Sciences*; 2024 . . [cited 2026 Jul 18]. Available from: <https://www.preprints.org/manuscript/202408.1859/v1> doi:10.20944/preprints202408.1859.v1
77. Figueira C, Thassila CFC, Maria CC. Elastography: Principles and considerations for clinical research in veterinary medicine cibeles. *J Vet Med Anim Health.* 2015 Mar 31;7(3):99–110. doi:10.5897/JVMAH2014.0344
78. Barr RG, Ferraioli G, Palmeri ML, Goodman ZD, Garcia-Tsao G, Rubin J, et al. Elastography Assessment of Liver Fibrosis: Society of Radiologists in Ultrasound Consensus Conference Statement. *Radiology.* 2015 Sep;276(3):845–61. doi:10.1148/radiol.2015150619 PubMed PMID: 26079489.
79. Winston JA, Suchodolski JS, Gaschen F, Busch K, Marsilio S, Costa MC, et al. Clinical Guidelines for Fecal Microbiota Transplantation in Companion Animals. *Adv Small Anim Care.* 2024 Nov;5(1):79–107. doi:10.1016/j.yasa.2024.06.006
80. Mabry K, Hill T, Marks SL, Hardy BT. Use of video capsule endoscopy to identify gastrointestinal lesions in dogs with microcytosis or gastrointestinal hemorrhage. *J Vet Intern Med.* 2019;33(5):1964–9. doi:10.1111/jvim.15584 PubMed PMID: 31381197; PubMed Central PMCID: PMC6766531.
81. Kim UY, Kim YJ, Lee JW, Kim M, Jang H, Jung DI. Detection of foreign bodies in the canine stomach using capsule endoscopy: a randomized trial. *Front Vet Sci.* 2024 Aug 7;11. doi:10.3389/fvets.2024.1440831
82. Stiller J, Defarges AM, Brisson BA, Bersenas AME, Pearl DL. Feasibility, complications, and quality of visualization using video capsule endoscopy in 40 dogs with overt or questionable gastrointestinal bleeding. *J Vet Intern Med.* 2021 Jul 1;35(4):1743–53. doi:10.1111/jvim.16153
83. St-Jean C, Collier A, Zur Linden A, Bersenas A, Defarges A. Feasibility and complications of videocapsule endoscopy in dogs weighing 7 kg or less. *J Vet Intern Med.* 2025;39(1):e17286. doi:10.1111/jvim.17286
84. Pereira AI, Franco-Gonçalo P, Leite P, Ribeiro A, Alves-Pimenta MS, Colaço B, et al. Artificial Intelligence in Veterinary Imaging: An Overview. *Vet Sci.* 2023 Apr 28;10(5):320. doi:10.3390/vetsci10050320
85. Ndiaye YS, Cramton P, Chernev C, Ockenfels A, Schwarz T. Comparison of radiological interpretation made by veterinary radiologists and state-of-the-art commercial AI software for

canine and feline radiographic studies. *Front Vet Sci.* 2025 Feb 21;12:1502790. doi:10.3389/fvets.2025.1502790

86. Leib M s., Larson M m., Grant D c., Monroe W e., Troy G c., Panciera D l., et al. Diagnostic Utility of Abdominal Ultrasonography in Dogs with Chronic Diarrhea. *J Vet Intern Med.* 2012;26(6):1288–94. doi:10.1111/j.1939-1676.2012.01009.x
87. Zatloukal J, Crha M, Lorenzová J, Husník R, Kohout P, Nečas A. The Comparative Advantage of Plain Radiography in Diagnosis of Obstruction of the Small Intestine in Dogs. *Acta Vet Brno.* 2004;73(3):365–74. doi:10.2754/avb200473030365
88. Marroquin SM, Lee AM, Seitz MA, Wills RW, Woodruff KA. Comparison of abdominal computed tomography to ultrasonography in the diagnosis of biliary disease in dogs with acute abdominal signs. *Front Vet Sci.* 2025 Jun 23;12:1508705. doi:10.3389/fvets.2025.1508705 PubMed PMID: 40625702; PubMed Central PMCID: PMC12229846.
89. Bruwier A, Fouhety A, Boursier JF, Leperlier D, Bedu AS. Ultrasonographic and computed tomographic features of a true gastro-gastric intussusception with concurrent foreign bodies in a dog. *Can Vet J.* 2022 Apr;63(4):407–10. PubMed PMID: 35368404; PubMed Central PMCID: PMC8922379.
90. Koo J, Eom K, Kim J, Jeong J, Yoon H, Lee M, et al. Computed Tomographic Features of Bezoars and Other Gastrointestinal Foreign Bodies in Dogs and Cats: A Comparative Analysis. *Animals.* 2025 Jan;15(9):1260. doi:10.3390/ani15091260
91. Simeoni F, Signore FD, Terragni R, Tamburro R, Aste G, Vignoli M. Diagnostic Imaging of Gastrointestinal Tumours in Dogs and Cats: A Review. *Am J Anim Vet Sci.* 2020 Feb 1;15(2):89–101. doi:10.3844/ajavsp.2020.89.101
92. Terragni R, Vignoli M, Van Bree HJ, Gaschen L, Saunders JH. Diagnostic imaging and endoscopic finding in dogs and cats with gastric tumors: A review. *Schweiz Arch Für Tierheilkd.* 2014 Dec 1;156(12):569–76. doi:10.1024/0036-7281/a000652
93. Jolly-Frahija I, Dormon S, Shing H, Sanchez FV. Endoscopic Biopsy Assessment of Neoplastic Prevalence in Dogs with Chronic Diarrhoea and Non-Suggestive Ultrasound Findings. *Sci.* 2025 Mar 28;7(2):39. doi:10.3390/sci7020039
94. Ivasovic F, Ruetten M, Kook PH. Prevalence of inflammatory versus neoplastic lesions in dogs with chronic gastrointestinal signs undergoing gastroduodenoscopy: 195 cases (2007–2015). *Res Vet Sci.* 2022 Sep;146:28–33. doi:10.1016/j.rvsc.2022.03.014
95. Choi M, Seo M, Jung J, Lee K, Yoon J, Chang D, et al. Evaluation of Canine Gastric Motility with Ultrasonography. *J Vet Med Sci.* 2002;64(1):17–21. doi:10.1292/jvms.64.17
96. De Magistris AV, Rossi F, Valenti P, Anson A, Penninck DG, Agut A, et al. CT features of gastrointestinal spindle cell, epithelial, and round cell tumors in 41 dogs. *Vet Radiol Ultrasound Off J Am Coll Vet Radiol Int Vet Radiol Assoc.* 2023 Mar;64(2):271–82. doi:10.1111/vru.13188 PubMed PMID: 36382620.

97. Carrasco V, Rodríguez-Bertos A, Rodríguez-Franco F, Wise AG, Maes R, Mullaney T, et al. Distinguishing Intestinal Lymphoma From Inflammatory Bowel Disease in Canine Duodenal Endoscopic Biopsy Samples. *Vet Pathol.* 2015 Jul 1;52(4):668–75. doi:10.1177/0300985814559398
98. Perfetti S, Mugnai M, Citi S, Marconato L, Foglia A, Sabattini S, et al. Role of CT in the Staging of Colorectal Tumors: A Preliminary Study on 10 Dogs. *Anim Open Access J MDPI.* 2024 May 21;14(11):1521. doi:10.3390/ani14111521 PubMed PMID: 38891567; PubMed Central PMCID: PMC11171116.
99. Forrest LJ. Computed Tomography Imaging in Oncology. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 2016 May;46(3):499–513, vi. doi:10.1016/j.cvsm.2015.12.007 PubMed PMID: 26851976.
100. Lorigados CAB, Pinto ACCBF, Matera JM, Modena DFA. Malignant perineal tumors in dogs: the contribution of computed tomography for staging and surgical planning. *Pesqui Veterinária Bras.* 2018 Dec;38(12):2241–5. doi:10.1590/1678-5150-pvb-5822
101. Rob Foale, Jackie Demetriou. *Saunders Solutions in Veterinary Practice: Small Animal Oncology.* 1st ed. Edinburgh: Saunders Elsevier; 2010. (Saunders Solutions in Veterinary Practice).
102. Tamura M, Ohta H, Shimbo G, Osuga T, Sasaki N, Morishita K, et al. Usefulness of noninvasive shear wave elastography for the assessment of hepatic fibrosis in dogs with hepatic disease. *J Vet Intern Med.* 2019;33(5):2067–74. doi:10.1111/jvim.15598 PubMed PMID: 31461576; PubMed Central PMCID: PMC6766497.
103. NISA K, LIM SY, SHINOHARA M, NAGATA N, SASAOKA K, DERMLIM A, et al. Repeatability and reproducibility of quantitative contrast-enhanced ultrasonography for assessing duodenal perfusion in healthy dogs. *J Vet Med Sci.* 2017 Sep;79(9):1585–90. doi:10.1292/jvms.17-0174 PubMed PMID: 28781327; PubMed Central PMCID: PMC5627333.
104. Deborah C. Silverstein, Kate Hopper. *Small Animal Critical Care Medicine.* 3rd ed. Elsevier; 2022.
105. Gregory R. Lisciandro. *Point-of-Care Ultrasound Techniques for the Small Animal Practitioner.* 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc.; 2021.
106. Turner RBS, Firestone SM, Dunshea FR, Mansfield C. Survey on Inter- and Intra-Observer Variations of the Ultrasound Assessment of Dog Pancreases. *Vet Radiol Ultrasound.* 2026;67(4):e70202. doi:10.1111/vru.70202
107. Theresa Welch Fossum. *Small Animal Surgery.* 5th ed. St. Louis, Missouri: Elsevier; 2019.
108. Minitier BM, Gonçalves Arruda A, Zuckerman J, Caceres AV, Ben-Amotz R. Use of computed tomography (CT) for the diagnosis of mechanical gastrointestinal obstruction in canines and felines. Ashley SW, editor. *PLOS ONE.* 2019 Aug 23;14(8):e0219748. doi:10.1371/journal.pone.0219748

109. Bhavani MS, Kavitha S, Sumathi D, Bhat AA. Abdominal ultrasonography in canine inflammatory bowel disease: A short study. *J Entomol Zool Stud*. 2021 Jan 1;9(1):1977–81. doi:10.22271/j.ento.2021.v9.i1ab.8421
110. Marsilio S, Freiche V, Johnson E, Leo C, Langerak AW, Peters I, et al. ACVIM consensus statement guidelines on diagnosing and distinguishing low-grade neoplastic from inflammatory lymphocytic chronic enteropathies in cats. *J Vet Intern Med*. 2023 May 2;37(3):794–816. doi:10.1111/jvim.16690 PubMed PMID: 37130034; PubMed Central PMCID: PMC10229359.
111. Park S, Jeung S, Ji Y, Kiupel M, Lee K, Yoon H. Case Report: Ultrasonographic and computed tomographic features of presumed gastric plasmacytoma (plasma cell tumor) with ulceration in two dogs. *Front Vet Sci*. 2025 Aug 12;12:1634049. doi:10.3389/fvets.2025.1634049 PubMed PMID: 40874204; PubMed Central PMCID: PMC12379048.
112. Negoescu A, Borfalău CD, Gal C, Taulescu M, Cătoi C. Epidemiology of gastrointestinal proliferative neoplastic-like lesions and tumors in dogs and cats: a retrospective study in two Romanian reference laboratories. *Cluj Vet J*. 2025 Mar 19;30(1):1–8. doi:10.52331/cvj.v30i1.91
113. DE ALMEIDA M, GREGÓRIO H, PEREIRA A, QUEIROGA FL. The Diagnostic Yield of Whole-body Computed Tomography in Dogs and Cats in the Oncology Setting. *In Vivo*. 2025 Apr 28;39(3):1293–302. doi:10.21873/invivo.13933 PubMed PMID: 40295013; PubMed Central PMCID: PMC12041982.
114. Kneissl SM, Prüllage ML, Vali Y, Vodnarek J, Klang A, Dolezal M, et al. Comparison of pre- and intraoperative findings in 35 cats and 60 dogs presenting with gastrointestinal signs. *Front Vet Sci*. 2025 Oct 7;12:1562792. doi:10.3389/fvets.2025.1562792 PubMed PMID: 41127354; PubMed Central PMCID: PMC12537382.
115. Frances M, Lane AE, Lenard ZM. Sonographic features of gastrointestinal lymphoma in 15 dogs. *J Small Anim Pract*. 2013 Sep;54(9):468–74. doi:10.1111/jsap.12117
116. JEON S, KWON SY, CENA R, LEE J hwan, CHO KO, MIN JJ, et al. Ultrasound, CT and FDG PET-CT of a Duodenal Granuloma in a Dog. *J Vet Med Sci*. 2014 Jul;76(7):1073–7. doi:10.1292/jvms.13-0627 PubMed PMID: 24748419; PubMed Central PMCID: PMC4143653.
117. Nam C, Park N, Shin M, Lim H, Kim J, Eom K. Sonographic and computed tomographic features of intestinal mast cell tumors mimicking alimentary lymphoma in 2 dogs. *Can Vet J*. 65(1):17–24. PubMed PMID: 38164388; PubMed Central PMCID: PMC10727168.

Gastrointestinal disorders in dogs: advantages of imaging modalities

Word count: 18371

Danylo Kitsno

Student ID: KB13085367

Supervisor: Dr. Vadym Vasyliovych Klymchuk, DVM, PhD,
Associate Professor, Department of Veterinary Surgery –H.O. Povazhenko”

Master’s Thesis within the framework of the master's level educational program of the
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (NUBiP)

Academic Year: 2025-2026

Language Statement

This Master's thesis was originally written in the English language. The English-language version constitutes the original text and the authoritative version of this thesis. Any version of this thesis prepared in another language constitutes a translation of the original English-language text. In the event of any discrepancy, inconsistency, or ambiguity between the English-language version and any translation thereof, the English-language version shall prevail.

Acknowledgements

I would like to express my sincere gratitude to my home university, the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (NUBiP), and especially to the Faculty of Veterinary Medicine, for their understanding of my individual educational journey and for supporting me throughout my studies until the completion of Master's degree. I would like to express special appreciation to my research supervisor, Mr. V. Klymchuk, DVM, PhD, Associate Professor, Department of Veterinary Surgery – “O. Povazhenko”, for his continuous guidance, patience, and support. I am sincerely grateful for his willingness to answer my questions throughout the preparation of this thesis and for encouraging me.

I would also like to express my heartfelt gratitude to Dr. Ada Krupa, DVM, Dipl. ECVIM-CA (Oncology), EBVS® European Veterinary Specialist in Small Animal Oncology, for her invaluable advice, encouragement, understanding, and compassion. Her support and belief in my professional development have meant a great deal to me. My sincere thanks to my family for their unconditional support, encouragement and belief in me throughout this journey.

Last, but certainly not least, I would like to thank my Golden Retriever, Salsa. She was the one who inspired my decision to become a veterinarian. My experiences with her, and the challenges I faced in obtaining an accurate diagnosis and appropriate internal medicine care, motivated me to pursue a career focused on developing strong clinical skills in internal medicine and diagnostic imaging. This goal has remained my driving force throughout veterinary education. I hope that the knowledge, which I gathered in these pages, will contribute, even if in tiny way, to improving the diagnosis and care for my future patients.

Abstract

Background

Gastrointestinal disorders are among the most common conditions encountered in veterinary practice. Several imaging modalities are available for the evaluation of canine gastrointestinal disease, including radiography, ultrasonography, computed tomography, magnetic resonance imaging and endoscopy. Additional techniques such as contrast-enhanced ultrasonography, elastography and video capsule endoscopy broaden the diagnostic options available. Each modality contributes different diagnostic information and has specific clinical indications.

Objectives

The aim of this thesis was to compare imaging modalities used in canine gastrointestinal disease and evaluate their diagnostic applications in different clinical situations.

The objectives were to:

- review currently available imaging modalities;
- compare their diagnostic capabilities and practical characteristics;
- evaluate imaging approaches in major categories of canine gastrointestinal disease.

Methods

A narrative literature review was performed using veterinary diagnostic imaging, internal medicine, gastroenterology and emergency medicine references. Imaging modalities were compared according to their availability, practical use, operator dependence, safety and application in major categories of canine gastrointestinal disease.

Results

The reviewed literature showed that no single imaging modality is suitable for every diagnostic situation. Radiography and ultrasonography remain the most commonly used imaging modalities because of their availability and broad clinical application. Computed tomography, magnetic resonance imaging, endoscopy and emerging techniques address diagnostic questions that cannot always be answered by first-line imaging.

Conclusions

No single imaging modality is suitable for every canine gastrointestinal disorder. Their selection depends on the diagnostic question, the individual patient and the clinical context. A problem-oriented approach allows imaging techniques to be integrated into a logical diagnostic strategy for canine gastrointestinal disease.

Table of Contents

Abstract	3
Table of Contents	5
List of Tables.....	8
Chapter 1. Introduction	9
Chapter 2. Imaging Modalities.....	11
2.1 Radiography in canine GI diagnostics	11
2.2 Contrast radiography and fluoroscopy in canine GI diagnostics.....	13
2.3 Ultrasonography in canine GI diagnostics.....	14
2.4 Computed tomography (CT) in canine GI diagnostics.....	16
2.5 Magnetic resonance imaging (MRI) in canine GI diagnostics	18
2.6 Endoscopy in canine GI diagnostics	20
2.7 Scintigraphy in canine GI diagnostics	22
2.8 Supplementary imaging techniques in canine GI diagnostics	23
2.8.1 Contrast-enhanced ultrasonography (CEUS): a supplementary technique to B-mode ultrasonography.....	23
2.8.2 Elastography: a supplementary technique to ultrasonography	25
2.8.3 Capsule endoscopy: a supplementary technique to endoscopy	26
2.8.4 Artificial intelligence-assisted image analysis: a supplementary tool for diagnostic imaging	27
Chapter 3. Comparative advantages and limitations of imaging modalities	28
3.1 Diagnostic performance	28

3.1.1 Comparison of abnormality detection	29
3.1.2 Comparison of tissue characterisation	34
3.1.3 Comparison of assessment of anatomical extent	38
3.1.4 Comparison of structural and functional assessment	41
3.1.5 Integration of imaging modalities in clinical practice	45
3.2 Clinical considerations influencing imaging modality selection.....	45
3.2.1 Availability and accessibility	46
3.2.2 Imaging in unstable patients	46
3.2.3 Operator dependence	48
3.2.4 Safety	49
3.2.5 Practical summary.....	52
Chapter 4. Imaging approaches in canine gastrointestinal disorders.....	53
4.1 Imaging approach in gastrointestinal emergencies	53
4.1.1 Initial imaging in unstable patients	54
4.1.2 POCUS and radiography in emergency decision-making.....	54
4.1.3 Additional imaging after initial stabilisation	55
4.2 Imaging approach in obstructive gastrointestinal disease	56
4.2.1 Radiography and ultrasonography in obstructive gastrointestinal disease.....	56
4.2.2 Additional imaging after initial assessment.....	57
4.3 Imaging approach in chronic enteropathy	58
4.3.1 Ultrasonographic assessment in chronic enteropathy.....	58
4.3.2 Endoscopy, tissue diagnosis and additional imaging	59

4.4 Imaging approach in gastrointestinal neoplasia.....	60
4.4.1 Imaging for lesion detection and characterisation.....	61
4.4.2 Imaging guidance for tissue sampling	62
4.4.3 Imaging for staging and treatment planning.....	63
4.5 Imaging approach in gastrointestinal motility disorders	63
4.5.1 Imaging differentiation between structural and functional abnormalities.....	64
4.5.2 Imaging assessment of swallowing, gastrointestinal movement and transit	64
4.5.3 Summary	65
Chapter 5. Discussion.....	66
Chapter 6. Conclusion	69
References	70

List of Tables

Table 1. Diagnostic capabilities of Radiography in canine GI evaluation	13
Table 2. Diagnostic capabilities of contrast radiography and fluoroscopy in canine GI evaluation	14
Table 3. Diagnostic capabilities of ultrasonography in canine GI evaluation	15
Table 4. Diagnostic capabilities of CT in canine GI evaluation	18
Table 5. Diagnostic capabilities of MRI in canine GI evaluation	20
Table 6. Diagnostic capabilities of endoscopy in canine GI evaluation	22
Table 7. Diagnostic capabilities of CEUS in canine GI evaluation	25
Table 8. Diagnostic capabilities of elastography in canine GI evaluation	26
Table 9. Diagnostic capabilities of capsule endoscopy in canine GI evaluation	27
Table 10. Diagnostic capabilities of AI image analysis in canine GI evaluation	27
Table 11. Comparison of abnormality detection by imaging modalities used in canine GI disease	33
Table 12. Comparison of tissue characterisation by imaging modalities used in canine GI disease	37
Table 13. Comparative assessment of anatomical extent by imaging modality	40
Table 14. Structural and functional assessment provided by different imaging modalities	44
Table 15. Examples of complementary use of imaging modalities in canine GI diagnostics	45
Table 16. Practical considerations influencing imaging modality selection	51

Chapter 1. Introduction

Canine gastrointestinal (GI) disorders constitute a diverse group of diseases that are frequently encountered in small animal practice and are among the most common conditions managed in veterinary internal medicine. Epidemiological studies consistently identify GI disease as one of the most common reasons for veterinary consultation, highlighting its clinical importance. . . [1–3]

Clinical presentations range from mild, self-limiting conditions to severe disease requiring urgent medical or surgical intervention. These differences reflect the wide variation in underlying pathophysiology, clinical severity and prognosis. . . [1,4–6]

The diversity of GI disease is accompanied by substantial overlap in clinical presentation. Patients may present with vomiting, diarrhoea, anorexia or weight loss, but these clinical signs are not specific and may also occur secondary to extra-GI disease. Clinical assessment alone may be insufficient to establish a definitive diagnosis, making further diagnostic evaluation necessary. . . [4–7]

Diagnostic imaging complements clinical and laboratory findings by giving structural and functional information that cannot be obtained from physical examination alone. . . [4,6,8–10]

No single imaging modality can answer every diagnostic question encountered in canine GI disease. The choice of appropriate imaging technique depends on the clinical question and the diagnostic information required. . . [8,9,11,12]

The reviewed literature provides detailed information on individual imaging modalities and their application to specific GI diseases. . . [4,9,13] Integrating this evidence across different clinical presentations is less straightforward because many publications focus on either individual diseases or specific imaging modalities. This creates the need for an integrated comparison that supports imaging selection across different clinical scenarios.

Aim of the thesis

The aim of this thesis was to compare imaging modalities used in canine gastrointestinal disorders and evaluate their diagnostic applications in different clinical situations.

Objectives of the thesis

1. To review the current imaging modalities available for the evaluation of canine gastrointestinal disorders.
2. To compare imaging modalities according to their diagnostic capabilities, practical characteristics, availability, operator dependence and safety considerations.
3. To evaluate imaging approaches in the major clinical categories of canine gastrointestinal disease, including emergency conditions, obstructive disease, chronic enteropathy, gastrointestinal neoplasia and motility disorders.
4. To summarise the role of contrast-enhanced ultrasonography, elastography and capsule endoscopy in canine gastrointestinal imaging.

Chapter 2. Imaging Modalities

Different imaging modalities contribute different types of diagnostic information, depending on the technique used. This may include assessment of organ position and morphology, GI wall architecture, luminal contents, vascular perfusion, and the presence of focal or diffuse abnormalities. . . [8,9,11,12,14,15]

A variety of imaging techniques are available for the evaluation of canine GI disease: radiography, contrast radiography and fluoroscopy, ultrasonography, computed tomography (CT), magnetic resonance imaging (MRI), endoscopy and several complementary techniques. The following sections describe the diagnostic capabilities, clinical applications, advantages and limitations of each modality. Comparative evaluation of their diagnostic roles and clinical application is presented later in Chapters 3 and 4. . . [8,8,11,12,14,16]

2.1 Radiography in canine GI diagnostics

Abdominal radiography is commonly used in the evaluation of canine GI disease. It is used during the initial diagnostic evaluation and may show abnormalities directly or indicate the need for additional imaging examinations. . . [4,8–10,17]

Survey radiography forms the basis of radiographic evaluation of the GI tract. Because radiographs produce a two-dimensional projection of three-dimensional anatomical structures, interpretation depends on recognising normal radiographic anatomy and showing deviations from the expected appearance. Abdominal radiographs are interpreted as a whole, with attention to the relationships between abdominal structures. . . [8,10]

Abdominal radiography allows assessment of organ size, shape, position and opacity, together with the distribution of gas, fluid and ingesta within the GI tract. It allows evaluation of abdominal serosal detail, free abdominal gas, radiopaque foreign material

and displacement of abdominal structures. These findings provide an overview of the abdominal cavity and may guide the need for further imaging. . . [8–10]

When contrast studies are indicated, survey radiographs are generally obtained first, as they may already provide sufficient diagnostic information or show findings that influence the choice of subsequent imaging. . . [4,8–10]

Radiography has several limitations. Soft tissue contrast is limited, restricting detailed assessment of the GI wall and preventing evaluation of mural layering. Superimposition of abdominal structures may obscure abnormalities or reduce lesion conspicuity. Image interpretation is influenced by patient conformation, body condition, intra-abdominal fat and the amount of luminal gas or ingesta, which affects abdominal detail. Radiolucent foreign material and subtle soft tissue abnormalities are not consistently identified on survey radiographs.. . [18] These limitations are reflected in clinical studies.

A recent study evaluating plain digital radiography reported high specificity but low sensitivity for detecting and localising GI masses in dogs, with sensitivity ranging from 34% to 64% depending on reviewer experience. Normal radiographic findings do not exclude clinically significant GI disease; additional imaging may be necessary to reach a definitive diagnosis. . . [4,8–10] Despite these limitations, abdominal radiography remains an important component of canine GI imaging. . . [4,8–10,17,19,20]

Table 1. Diagnostic capabilities of Radiography in canine GI evaluation

Parameter	Assessment
GI lumen	Luminal distension, gas distribution and ingesta
GI wall	Limited assessment through indirect radiographic changes
Foreign bodies	Radiopaque foreign material
Peritoneal cavity	Detection of free abdominal gas; limited assessment of abdominal effusion
Contrast studies	Luminal patency and gastrointestinal morphology

.. [8–10]

2.2 Contrast radiography and fluoroscopy in canine GI diagnostics

Contrast radiography and fluoroscopy provide anatomical and functional information for the evaluation of the canine gastrointestinal tract. Contrast radiography improves visualisation of the GI lumen and its morphology. Fluoroscopy enables real-time assessment of GI function. .. [8,9,11,12,14] During contrast radiography, a contrast medium is administered to improve visualisation of the GI lumen. Contrast studies improve evaluation of luminal shape, contour and patency, while double-contrast examinations also enhance visualisation of the mucosal surface. .. [8,9,13,21,22] Fluoroscopy acquires a continuous sequence of images, allowing dynamic assessment of GI function. Fluoroscopy is often used for evaluation of swallowing, oesophageal motility and the passage of contrast material through the GI tract. .. [9,16,23,24]

Barium-based and water-soluble iodinated contrast media are the preparations most commonly used for GI imaging. Selection of the contrast medium depends on the clinical question and the suspected pathology, as each agent has specific indications and contraindications. .. [8,9,21,25]

Both techniques have limitations. Contrast studies require administration of a contrast medium and are generally more time-consuming than survey radiography. Fluoroscopy requires specialised equipment and expertise and exposes both the patient and the veterinary team to ionising radiation. .. [8,9,23,24,26,27]

The use of contrast radiography (with barium-based contrast in particular) has declined with the development of ultrasonography and cross-sectional imaging. It remains useful when further evaluation of the GI lumen is necessary. Videofluoroscopy continues to be the reference imaging technique for assessment of swallowing disorders and oesophageal function and remains the gold standard for investigation of dysphagia. . . [4,8,9,11,16,23,24,28,29]

Table 2. Diagnostic capabilities of contrast radiography and fluoroscopy in canine GI evaluation

Parameter	Assessment
Oesophagus	Motility disorders, strictures, diverticula and hiatal hernia
Stomach	Gastric emptying, outflow obstruction and gastric morphology
Small intestine	Luminal patency, intestinal transit and obstructive disease
Large intestine	Colonic morphology and colonic transit where indicated
Swallowing	Dynamic assessment of the oral, pharyngeal and oesophageal phases of swallowing
GI motility	Real-time evaluation of gastrointestinal motility
Contrast studies	Detection of mucosal irregularities, luminal narrowing and filling defects

. . [8,9,13,16,21,23]

2.3 Ultrasonography in canine GI diagnostics

Ultrasonography provides real-time evaluation of the GI tract and surrounding abdominal structures. It allows assessment of the GI wall, luminal contents, motility, regional lymph nodes, mesentery and free abdominal fluid. . . [8,9,13,15,30–32]

Ultrasonography allows detailed evaluation of the GI wall, including assessment of wall thickness, normal wall layering and tissue echogenicity. It also permits evaluation of luminal contents, GI motility and adjacent abdominal structures.

The principal ultrasonographic parameters assessed during GI examination are summarised in Table 3. . . [8,13,15,30,33–36]

Table 3. Diagnostic capabilities of ultrasonography in canine GI evaluation

Parameter	Assessment
GI wall thickness	Measurement of wall thickness
GI wall layering	Preservation of normal wall layering
Echogenicity	Tissue echogenicity
Motility	Peristaltic activity
Luminal contents	Fluid, gas, ingesta and foreign material
Mesentery	Mesenteric appearance
Regional lymph nodes	Size, shape and echogenicity
Free abdominal fluid	Presence and distribution
Doppler ultrasonography	Tissue vascularity and perfusion

. . [13,15,30,36]

Doppler ultrasonography provides assessment of blood flow, tissue vascularity and tissue perfusion. Colour and power Doppler techniques are used according to the clinical question, with power Doppler being particularly sensitive to low-velocity blood flow and small vessels. . . [9,10,14,15] Ultrasonography enables image-guided diagnostic procedures such as fine-needle aspiration (FNA) and tissue biopsy when indicated. Real-time visualisation improves sampling accuracy and facilitates minimally invasive collection of cytological and histopathological samples. . . [9,13,15,37]

The principal strengths of ultrasonography include excellent soft tissue contrast, real-time imaging and the absence of ionising radiation. The examination is well tolerated and can be repeated when follow-up assessment is necessary. . . [9,13,15,30]

Ultrasonography has several limitations. Image quality may be affected by intestinal gas, patient conformation and body condition. Adequate acoustic contact usually requires clipping of the hair coat before examination, which may influence owner acceptance in

some cases. Interpretation is highly operator dependent and requires appropriate training and experience. . . [9,13,15,30,32,38,39]

2.4 Computed tomography (CT) in canine GI diagnostics

Computed tomography (CT) produces cross-sectional images of the abdomen, allowing individual abdominal structures to be evaluated without anatomical superimposition. Images can be reconstructed in transverse, sagittal and dorsal planes without repeating the examination, improving anatomical localisation and visualisation of the relationship between gastrointestinal abnormalities and adjacent abdominal structures. Three-dimensional reconstructions may improve visualisation of complex anatomical relationships and assist surgical planning. . . [9,10,14,40,41]

CT provides detailed assessment of the gastrointestinal tract and surrounding abdominal structures. Assessment includes the GI lumen, GI wall thickness, mesentery, regional lymph nodes and adjacent abdominal organs. Cross-sectional imaging accurately localises pathological changes and shows their relationship to adjacent organs and major abdominal vessels. . . [6,9,10,40–42]

Intravenous iodinated contrast is routinely used during abdominal CT. Contrast enhancement improves visualisation of blood vessels, tissue perfusion and lesion margins, contributing to lesion characterisation and assessment of disease extent. . . [43]

Good bowel distension is important for evaluation of the GI wall because inadequate luminal filling may obscure subtle abnormalities or create the appearance of wall thickening. CT enterography has been developed to improve bowel distension when detailed assessment of the intestinal wall is needed. . . [9,10,41,44–46]

CT is used to evaluate complex gastrointestinal disease, define disease extent and plan surgery. It is widely used for staging gastrointestinal neoplasia. CT identifies local tumour invasion, evaluates regional lymph nodes and assesses the spread of disease.

Whole-body CT identifies distant metastases and involvement of additional organs. . . [6,9,41,47–49]

The main strengths of CT include elimination of anatomical superimposition, high spatial resolution and multiplanar image reconstruction. These features improve anatomical localisation and show the relationship between gastrointestinal abnormalities, adjacent organs and major abdominal vessels. This allows surgical planning and tumour staging. . . [8–10,40,48]

CT has several limitations. General anaesthesia or deep sedation is usually necessary to minimise patient movement and obtain diagnostic-quality images. Intravenous contrast administration requires assessment of the patient's clinical condition before examination. Image quality may be affected by patient motion, beam-hardening artefacts and inadequate bowel distension. . . [6,7,9,10,26,41,44,45]

These characteristics make CT valuable when accurate assessment of lesion extent, surgical planning or staging of gastrointestinal neoplasia is needed. . . [6,9,41,47,48]

Table 4. Diagnostic capabilities of CT in canine GI evaluation

Parameter	Assessment
Cross-sectional imaging	GI tract and adjacent abdominal structures
Multiplanar reconstruction	Anatomical localisation
Three-dimensional reconstruction	Spatial anatomical relationships
Contrast enhancement	Tissue enhancement and vascular structures
GI wall	Wall thickness and lesion extent
GI lumen	Luminal distension and narrowing
Mesentery	Mesenteric structures
Regional lymph nodes	Size and morphology
Adjacent abdominal organs	Local extension of disease
Whole-body CT	Disease distribution

.. [9,41,47,48,50]

2.5 Magnetic resonance imaging (MRI) in canine GI diagnostics

Magnetic resonance imaging (MRI) produces cross-sectional images of the abdomen with high soft-tissue contrast. Images can be acquired in transverse, sagittal, dorsal and oblique planes, improving anatomical localisation and visualisation of the relationship between gastrointestinal abnormalities and adjacent abdominal structures. MRI characterises soft tissues in greater detail, allowing tissue composition, lesion margins and anatomical relationships to be evaluated more precisely. .. [9,10,14,51–53]

MRI assesses the gastrointestinal wall, mesentery, regional lymph nodes and adjacent abdominal organs. It differentiates fluid, fat, haemorrhage, fibrosis and other soft-tissue components. MRI defines the anatomical origin of abdominal masses and identifies extension into neighbouring soft tissues. Multiplanar imaging improves evaluation of complex anatomical relationships, especially when normal anatomy is distorted. .. [9,10,14,51,54] Intravenous gadolinium contrast improves assessment of tissue enhancement, lesion vascularity and internal tissue characteristics. MRI may be combined with diffusion-weighted imaging (DWI) for additional tissue characterisation

and with magnetic resonance cholangiopancreatography (MRCP) for non-invasive assessment of the biliary and pancreatic ducts. MRCP visualises the gallbladder, cystic duct, common bile duct and pancreatic duct. Experimental studies have shown the feasibility of MRCP in dogs, although its clinical application remains under investigation. . . [9,51,54–56]

MRI is used to assess complex abdominal masses, pancreaticobiliary disease, regional lymph nodes and abnormalities involving the pelvic or caudal abdomen. It defines anatomical extent, identifies local invasion and supports treatment planning when detailed soft-tissue characterisation is needed. . . [51,54–57]

The main strengths of MRI are high soft-tissue contrast, multiplanar imaging and tissue characterisation. These capabilities improve assessment of tissue architecture, disease extent and anatomical relationships within the abdomen. MRI may distinguish tissues with similar anatomical appearance but different internal composition. . . [9,10,14,51,54]

MRI has several practical limitations. General anaesthesia is usually necessary to minimise patient movement and obtain diagnostic-quality images. MRI requires longer imaging times than most other abdominal imaging modalities, making MRI less suitable for unstable patients. Scanner availability and the need for specialised image acquisition and interpretation further limit its routine clinical use. . . [9,14,51,52,58]

Table 5. Diagnostic capabilities of MRI in canine GI evaluation

Parameter	Assessment
Cross-sectional imaging	GI tract and adjacent abdominal structures
Multiplanar imaging	Anatomical localisation and spatial relationships
GI wall	Wall morphology and internal tissue characteristics
Mesentery	Evaluation of mesenteric abnormalities and tissue composition
Regional lymph nodes	Morphology and internal tissue characteristics
Adjacent organs	Detailed soft-tissue assessment and anatomical relationships
Tissue characterisation	Differentiation of fluid, fat, haemorrhage, fibrosis and solid tissue
Contrast enhancement	Tissue enhancement and lesion vascularity
Pancreaticobiliary system	MRI and MRCP assessment of the pancreas and ductal structures
Functional techniques	Contrast enhancement and diffusion-weighted imaging for advanced tissue characterisation

.. [9,10,14,51,53–56]

2.6 Endoscopy in canine GI diagnostics

Endoscopy includes upper gastrointestinal (GI) endoscopy (oesophagogastrroduodenoscopy) and lower GI endoscopy (ileocolonoscopy). Upper GI endoscopy examines the oesophagus, stomach and proximal duodenum. Lower GI endoscopy examines the rectum, colon and terminal ileum when intubation of the ileocaecal valve is possible. Endoscopy is used for direct visualisation of the GI tract and for minimally invasive therapeutic procedures such as foreign body retrieval, balloon dilation of strictures, polypectomy and placement of feeding tubes... [4,7,16,59,60]

Direct visualisation of the GI lumen and mucosal surface assesses mucosal appearance, luminal contents and structural abnormalities. Biopsies may be collected from visible abnormalities and from macroscopically normal mucosa because clinically significant microscopic changes may be present despite normal endoscopic findings. Histopathology identifies microscopic abnormalities that cannot be visualised by

endoscopic visualisation alone. Endoscopic findings give the most diagnostic value when interpreted together with histopathology. . . [4,7,16,60,61]

Endoscopy is performed when direct visualisation of the GI lumen and mucosa or histopathological evaluation is needed. In dogs with chronic GI signs, extra-gastrointestinal, metabolic, infectious and structural diseases are investigated or excluded first. Endoscopy is not a first-line diagnostic procedure for chronic gastrointestinal disease. It is used when direct mucosal assessment or histopathology is expected to show abnormalities that cannot be visualised by other diagnostic methods.

. . [4,5,7,16,62] Endoscopy has therapeutic applications as well as diagnostic use. Endoscopic retrieval of oesophageal and gastric foreign bodies may eliminate the need for surgery. Balloon dilation of GI strictures, polypectomy and placement of feeding tubes are additional therapeutic procedures. The choice between endoscopic and surgical treatment depends on the nature and location of the lesion and on the feasibility of endoscopic intervention. . . [4,7,16,60,63] Endoscopy examines the GI lumen and mucosal surface. It provides little information about the deeper layers of the gastrointestinal wall or structures outside the GI tract. Disease affecting these tissues may not be seen or fully characterised. Conventional upper and lower GI endoscopy cannot examine all parts of the small intestine. Normal endoscopic findings do not exclude gastrointestinal disease.

. . [4,7,16,60] The main advantages of endoscopy are direct visualisation of the GI mucosa, targeted biopsy collection and minimally invasive therapeutic intervention. Its main limitations are the inability to assess deeper layers of the gastrointestinal wall and extraintestinal structures, incomplete examination of the small intestine and the need for general anaesthesia. . . [4,7,16,60]

Table 6. Diagnostic capabilities of endoscopy in canine GI evaluation

Parameter	Assessment
GI mucosa	Colour, surface texture, vascular pattern, friability, erosions, ulceration and focal abnormalities
GI lumen	Luminal contents, narrowing, obstruction, foreign material and intraluminal masses
Mucosal distribution	Focal, multifocal or diffuse involvement of the accessible GI mucosa
Structural abnormalities	Strictures, diverticula, polyps and changes in luminal contour
Visible abnormalities	Location, extent and endoscopic appearance of mucosal and intraluminal disease
Accessibility for sampling	Identification of abnormal and macroscopically normal mucosal regions for biopsy selection

.. [4,7,16,60,61]

2.7 Scintigraphy in canine GI diagnostics

Scintigraphy is a nuclear medicine imaging technique that evaluates physiological function by showing the distribution of administered radiopharmaceuticals using a gamma camera. Scintigraphy differs from other imaging modalities because it tracks physiological function through the distribution of administered radiopharmaceuticals.

.. [14,64–67] Within canine abdominal imaging, scintigraphy has applications in functional assessment of the gastrointestinal tract and portal circulation. Reported indications include assessment of oesophageal transit, gastro-oesophageal reflux, gastric emptying and GI motility. Hepatic scintigraphy is used to investigate portosystemic shunts by assessing portal blood flow. . . [64–66,68]

Scintigraphy has been used to evaluate gastro-oesophageal reflux in dogs. Radiolabelled ingesta are tracked in real time to show reflux episodes during physiological swallowing

and gastric transit. Experimental studies in healthy dogs have shown that gastro-oesophageal reflux may occur without pulmonary aspiration. Scintigraphy may show functional abnormalities that are not apparent on anatomical imaging. . . [64,65,69]

Scintigraphy quantitatively assesses gastric emptying, oesophageal transit and hepatic perfusion. This is useful in dogs with oesophageal dysfunction, gastric emptying disorders and suspected portosystemic shunts. . . [64,65,67,68]

Scintigraphy requires specialised nuclear medicine facilities, radiopharmaceuticals and gamma camera equipment, which restrict its availability in general veterinary practice. Its spatial resolution is lower than that of CT or MRI, limiting detailed anatomical assessment. The main advantages of scintigraphy are quantitative interpretation of physiological function and objective evaluation of gastrointestinal motility, gastric emptying and portal perfusion. The main limitations are limited availability, the need for specialised equipment and radiopharmaceuticals, lower spatial resolution than CT or MRI, and limited anatomical detail. . . [14,64–66,68]

2.8 Supplementary imaging techniques in canine GI diagnostics

In addition to the established imaging modalities described above, several supplementary imaging techniques may be useful in some cases. These techniques do not replace conventional imaging modalities but extend their diagnostic capabilities. This section briefly reviews their current applications and potential role in canine GI diagnostics. . . [32,63,70,71]

2.8.1 Contrast-enhanced ultrasonography (CEUS): a supplementary technique to B-mode ultrasonography

Contrast-enhanced ultrasonography (CEUS) is an ultrasonographic technique that uses intravenously administered gas-filled microbubble contrast agents. These microbubbles remain confined to the vascular compartment and do not diffuse into the interstitial

space. CEUS evaluates tissue perfusion and vascular enhancement in real time by assessing tissue microvascular blood flow. B-mode ultrasonography provides structural evaluation of the GI tract. CEUS supplements B-mode ultrasonography by adding functional assessment of intestinal perfusion. . . [13,24,30,70,72]

CEUS may be assessed qualitatively by evaluating enhancement patterns or quantitatively using time-intensity curve analysis. Quantitative assessment is based on perfusion parameters including arrival time, time to peak enhancement, peak intensity (PI), wash-in rate, wash-out rate and area under the time-intensity curve (AUC). These parameters objectively assess intestinal microvascular perfusion beyond the capabilities of B-mode ultrasonography. . . [13,24,72–74] In dogs, CEUS has been used to assess chronic inflammatory enteropathy (CIE), inflammatory bowel disease (IBD) and intestinal lymphoma. Structural abnormalities shown by B-mode ultrasonography may be interpreted together with perfusion changes shown by CEUS, providing a more complete examination of intestinal disease. . . [37,70,72,73]

Studies of dogs with CIE and IBD have shown significant alterations in intestinal perfusion compared with healthy controls. Increased peak intensity (PI) and area under the time-intensity curve (AUC) have been reported consistently, and peak intensity correlates positively with clinical disease activity. Perfusion parameters do not reliably differentiate CIE from intestinal lymphoma. Follow-up examinations after treatment have not shown consistent changes in perfusion parameters despite clinical improvement. . . [37,38,72,73,75]

The main advantages of CEUS are real-time examination of intestinal microvascular perfusion, quantitative evaluation of tissue vascularity and combined structural and functional assessment. The main limitations are the need for intravenous contrast administration, specialised equipment and expertise, limited availability and the absence of disease-specific perfusion patterns for several GI disorders. . . [9,13,24,30,72,76]

Table 7. Diagnostic capabilities of CEUS in canine GI evaluation

Parameter	Assessment
Intestinal perfusion	Real-time assessment of intestinal vascular perfusion following contrast administration
Bowel wall vascularisation	Distribution and intensity of contrast enhancement within the intestinal wall
Enhancement pattern	Homogeneous or heterogeneous enhancement and temporal enhancement characteristics
Lesion vascularity	Characterisation of vascular patterns within focal GI lesions
Lesion margins	Delineation of lesion borders and adjacent perfused tissue
Tissue viability	Identification of perfused and non-perfused tissue, including areas of necrosis
Inflammatory and neoplastic lesions	Characterisation of perfusion patterns that may assist lesion differentiation

.. [13,24,38,72]

2.8.2 Elastography: a supplementary technique to ultrasonography

Elastography is an ultrasound-based imaging technique that evaluates the mechanical properties of tissues by assessing tissue elasticity and stiffness. It supplements B-mode ultrasonography by showing tissue properties that cannot be evaluated from morphological assessment alone. In veterinary medicine, elastography has been applied to several organs, including the liver, spleen and gastrointestinal tract. .. [8,9,13,32,77]

In canine GI imaging, elastography has been explored as a non-invasive method for assessing chronic intestinal disease. Increased tissue stiffness may reflect fibrosis and other pathological changes associated with chronic enteropathies. Elastographic findings are interpreted together with B-mode ultrasonography and other clinical and diagnostic findings. .. [9,32,63,75] Elastography has shown promising results in human intestinal disease, but only a small number of canine studies are currently available. Standardised examination protocols, reference values and the clinical value of elastography in canine GI disease remain to be established. .. [32,32,63,78]

The main advantages of elastography are non-invasive assessment of tissue stiffness and evaluation of chronic enteropathies when fibrosis is suspected. The main limitations are

the lack of validated reference values and interpretation alongside conventional ultrasonographic findings... [9,32,63]

Table 8. Diagnostic capabilities of elastography in canine GI evaluation

Parameter	Assessment
Tissue stiffness	Qualitative or quantitative assessment of intestinal tissue stiffness
Fibrotic change	Increased tissue stiffness may indicate intestinal fibrosis
Chronic enteropathy	Adjunctive evaluation of stiffness associated with chronic intestinal disease
Tissue elasticity	Assessment of relative tissue elasticity compared with adjacent intestinal segments
Bowel wall assessment	Interpretation of stiffness findings together with B-mode ultrasonographic examination

... [13,32,63]

2.8.3 Capsule endoscopy: a supplementary technique to endoscopy

Capsule endoscopy is an imaging technique that uses a swallowable wireless capsule equipped with a miniature camera to examine the GI tract. Its main application is visualisation of the small intestine, which is difficult to assess using conventional upper and lower GI endoscopy. The technique gives information of the GI mucosa as the capsule passes naturally through the digestive tract. ... [4,5,16,79]

Capsule endoscopy allows direct visualisation of parts of the small intestine that are inaccessible to endoscopy. It may complement imaging and endoscopy when these do not show the cause of gastrointestinal disease. In dogs with suspected GI haemorrhage or unexplained microcytosis, capsule endoscopy may show mucosal lesions that were not seen using endoscopy or abdominal ultrasonography. Capsule endoscopy has been used to detect gastric foreign bodies. The inability to control capsule position and orientation limits complete examination of the stomach. Capsule endoscopy does not replace endoscopy, which remains necessary for tissue sampling and endoscopic treatment. ... [4,5,63,79–81] Capsule endoscopy is used as an adjunctive imaging modality. Its main limitations include the inability to obtain biopsy samples or perform endoscopic treatment. Additional challenges include capsule retention and uncertainty regarding

precise lesion localisation. Incomplete examinations are particularly common in small dogs, and capsule size, delayed gastric transit and retention must be considered before the procedure. Capsule endoscopy extends evaluation of the small intestine beyond the reach of endoscopy. . . [4,5,63,79,82,83]

Table 9. Diagnostic capabilities of capsule endoscopy in canine GI evaluation

Parameter	Assessment
Small intestinal mucosa	Direct visualisation beyond the reach of upper and lower GI endoscopy
Mucosal lesions	Ulcers, erosions, haemorrhage and focal abnormalities
Gastric foreign bodies	Detection possible, although complete gastric examination is limited
Tissue sampling	Not possible
Therapeutic procedures	Not possible

. . [4,16,79,81]

2.8.4 Artificial intelligence-assisted image analysis: a supplementary tool for diagnostic imaging

Artificial intelligence (AI) is not an imaging modality itself but a computational tool that supports the interpretation of diagnostic images. Current applications in veterinary diagnostic imaging include automated lesion detection, image segmentation, quantitative image analysis and workflow optimisation. Artificial intelligence supports image interpretation but does not replace clinical reasoning. Imaging findings still need interpretation within the patient's clinical context. . . [9,24,70,71,84,85]

Table 10. Diagnostic capabilities of AI image analysis in canine GI evaluation

Parameter	Assessment
Lesion detection	Automated identification of imaging abnormalities
Image segmentation	Delineation of anatomical structures and lesions
Quantitative analysis	Objective measurement of imaging features
Image interpretation	Decision support for the clinician

. . [9,24,70]

Chapter 3. Comparative advantages and limitations of imaging modalities

The imaging modalities described in the previous chapter differ in the type of information they provide, and in the diagnostic questions they are best suited to answer. Each technique has distinct strengths and limitations, which influence its use in diagnostic work-up. The available imaging modalities are not competing techniques. Instead, they complement one another by addressing different diagnostic questions. . . [6,9–11,13] The diagnostic capability of an imaging modality depends on the clinical question being addressed. Selection is influenced by the type of diagnostic information needed together with practical considerations, including equipment availability, examination time, operator dependence, invasiveness and the need for sedation or general anaesthesia... [6,9–11,13] This chapter compares the available imaging modalities according to their diagnostic performance and practical characteristics. No single imaging modality can answer every diagnostic question. Each technique contributes different information. . . [6,9–11,13]

3.1 Diagnostic performance

The value of diagnostic performance depends on the diagnostic question being asked. Imaging modalities assess different structural and functional aspects of the GI tract, providing complementary information for abnormalities, characterising tissue and determining disease extent. The diagnostic question determines the approach to GI evaluation, while the imaging modality provides the information needed to answer it. Radiography, ultrasonography, computed tomography (CT), magnetic resonance imaging (MRI) and endoscopy share some diagnostic applications, but provide different information. . . [6,9,10,13,14]

To provide a structured comparison, the diagnostic capabilities of each imaging modality are evaluated according to four key aspects:.. [9,10]

- **Visualisation of abnormalities** – compares the ability of each imaging modality to show gastrointestinal abnormalities, including foreign bodies, obstruction, mural changes, perforation and masses.
- **Tissue characterisation** – compares the ability of each modality to differentiate normal from abnormal tissues and to evaluate tissue composition and pathological changes.
- **Assessment of disease extent** – compares the ability of each modality to determine disease distribution, local invasion and involvement of adjacent structures.
- **Structural and functional assessment** – compares the ability of each modality to evaluate gastrointestinal anatomy together with functional processes such as motility and luminal patency.

Each comparative subsection includes only imaging modalities that are relevant to the specific diagnostic objective under discussion. Different modalities contribute different diagnostic information, so the modalities included vary according to their ability to provide meaningful information for recognition of abnormalities, tissue characterisation, disease extent or structural and functional evaluation. .. [6,9,10,13]

3.1.1 Comparison of abnormality detection

This subsection compares the ability of each imaging modality to show gastrointestinal abnormalities associated with different pathological processes. Following the initial clinical evaluation, recognition of abnormalities represents the first diagnostic objective. Detection of these abnormalities depends on lesion size, location, composition, contrast with surrounding tissues and disease stage. .. [9,10,13,14,19,40]

Radiography

Compared with other imaging modalities, radiography provides the most limited information on gastrointestinal abnormalities because recognition relies primarily on indirect radiographic signs. Radiography is most effective for identifying radiopaque foreign bodies, marked gastrointestinal distension, obstruction, perforation and severe displacement of abdominal organs. . . [9,10,13,18,19,86,87]

Unlike ultrasonography and CT, radiography has limited sensitivity for subtle soft tissue abnormalities and radiolucent foreign material because superimposition of abdominal structures may obscure early pathological changes. . . [13,14,86]

Fluoroscopy

Compared with radiography, fluoroscopy recognises swallowing disorders, oesophageal motility disorders, gastro-oesophageal reflux and abnormalities of gastrointestinal transit that are not visible on static radiographs. Fluoroscopy contributes little to structural lesion recognition and is primarily used to evaluate gastrointestinal function. . . [9,13,15,28,29,86]

Ultrasonography

Compared with radiography, ultrasonography allows direct visualisation of the intestinal wall and adjacent soft tissues, improving recognition of gastrointestinal wall abnormalities, mural stratification changes, focal masses and radiolucent foreign bodies. . . [13–15,19,35]

Unlike radiography, ultrasonography also shows abnormalities associated with intestinal motility, local inflammatory changes and small volumes of peritoneal fluid that may not be visible on radiographs. . . [19,20,24,38,72]

Compared with radiography, ultrasonography provides higher diagnostic sensitivity for many gastrointestinal abnormalities but remains susceptible to reduced image quality caused by intestinal gas, patient conformation and operator experience. . . [24,38,72]

Contrast-enhanced ultrasonography (CEUS)

Compared with B-mode ultrasonography, contrast-enhanced ultrasonography (CEUS) shows perfusion abnormalities that cannot be identified on B-mode imaging.

Enhancement patterns characterise inflammatory activity, tissue ischaemia and tumour vascularisation. CEUS complements B-mode ultrasonography by adding real-time assessment of tissue perfusion. . . [24,38,72,74,76]

Computed tomography (CT)

Compared with radiography, CT improves recognition of gastrointestinal abnormalities by eliminating tissue superimposition through cross-sectional imaging. . . [9,10,40,41]

Compared with ultrasonography, CT more accurately shows complicated foreign bodies, perforations, small masses and extraintestinal disease extension. . . [48,50,88] Compared with both radiography and ultrasonography, intravenous contrast enhancement further improves differentiation between normal and abnormal tissues, increasing recognition of subtle pathological changes. . . [9,41,48,49,88,89]

These advantages explain the higher diagnostic accuracy reported for CT in dogs with mechanical obstruction and gastrointestinal neoplasia. . . [6,41,48–50,90]

Magnetic resonance imaging (MRI)

Compared with CT and ultrasonography, MRI provides superior soft-tissue contrast and multiple imaging sequences that improve recognition of subtle soft-tissue abnormalities while providing additional information about tissue composition. . . [9,10,14,51,54]

Compared with CT, MRI offers multiplanar imaging without ionising radiation and can provide additional diagnostic information when CT findings do not fully characterise a gastrointestinal abnormality. . . [14,14,51,54]

MRI has a limited role in routine canine gastrointestinal imaging, as ultrasonography and CT can answer most gastrointestinal diagnostic questions more rapidly and are more widely available . . . [6,9,14,51] MRI remains the imaging modality of choice for

neurological disorders and is widely used for musculoskeletal and many other soft tissue disorders because of its excellent soft tissue contrast and multiplanar imaging capabilities. . . [9,14,51,54] In canine GI imaging, MRI is used in situations, when the diagnostic question cannot be answered adequately by more accessible imaging modalities. . . [9,14,51,54,91]

Endoscopy

Compared with CT and MRI, endoscopy provides direct visualisation of the gastrointestinal mucosa, making it more sensitive for showing superficial mucosal abnormalities. Unlike cross-sectional imaging modalities, endoscopy also allows targeted biopsy collection from visually abnormal mucosa during the same procedure. Compared with CT and MRI, endoscopy cannot reliably show mural infiltration, transmural disease or extraintestinal abnormalities beyond the gastrointestinal lumen. . . [4,16,60,61,92–94]

Elastography

Compared with CEUS, elastography assesses tissue stiffness. CEUS evaluates tissue perfusion. Changes in intestinal wall stiffness may help identify fibrotic change, although this application has not yet been validated in a substantial canine clinical population. Elastography complements B-mode ultrasonography by providing information about tissue mechanical properties. . . [9,9,32,75,78]

Scintigraphy

Compared with elastography, scintigraphy evaluates gastrointestinal function. Elastography assesses tissue mechanical properties. Scintigraphy identifies abnormalities in gastric emptying and oesophageal transit that may occur without structural abnormalities on diagnostic imaging. It complements structural imaging by assessing gastrointestinal function. . . [3,64,65,68,69,95]

Table 11. Comparison of abnormality detection by imaging modalities used in canine GI disease

Imaging modality	Typical abnormalities detected	Diagnostic target	Main limitation
Radiography	Organ displacement, obstruction, perforation, foreign bodies, abdominal effusion	Gross structural changes	Limited soft tissue contrast
Fluoroscopy	Swallowing disorders, oesophageal dysmotility, gastro-oesophageal reflux, delayed transit	Dynamic gastrointestinal function	Limited structural detail
Ultrasonography	Wall thickening, loss of wall layering, masses, lymphadenopathy	Structural morphology	Limited assessment of tissue perfusion and function
Contrast-enhanced ultrasonography (CEUS)	Altered perfusion, inflammatory activity, tissue ischaemia, tumour vascularisation	Tissue perfusion	Requires contrast administration
Elastography	Increased tissue stiffness associated with fibrotic change	Tissue mechanical properties	Limited clinical application
Computed tomography (CT)	Disease extent, perforation, extraluminal lesions, metastasis	Cross-sectional anatomy	Limited assessment of gastrointestinal function
Magnetic resonance imaging (MRI)	Subtle soft tissue abnormalities, mural infiltration, tissue composition	Soft tissue composition	Limited routine application in canine gastrointestinal disease
Endoscopy	Mucosal lesions, ulceration, erosions, intraluminal abnormalities	Mucosal surface	Does not assess transmural or extraintestinal disease
Scintigraphy	Delayed gastric emptying, oesophageal transit disorders	Gastrointestinal physiology	Limited anatomical information

. . [9,10,13,24,32,64,94]

Summary

The ability to find gastrointestinal abnormalities depends on the pathological feature being evaluated. Conventional imaging techniques primarily show structural abnormalities. Fluoroscopy, CEUS, elastography and scintigraphy provide additional information about gastrointestinal function, tissue perfusion, tissue stiffness and physiology. . . [7,9,13,14,24,64]

3.1.2 Comparison of tissue characterisation

This subsection compares the ability of each imaging modality to characterise gastrointestinal tissues and differentiate pathological processes. Once a gastrointestinal abnormality has been found, the next diagnostic objective is to determine its nature. Tissue characterisation helps differentiate inflammatory, neoplastic, ischaemic and other pathological processes by assessing different tissue properties. Each imaging modality visualises different tissue properties, meaning that no single technique provides complete tissue characterisation in every clinical situation. . . [6,9,10,13,14,93]

Radiography

Compared with the imaging modalities discussed below, radiography provides only limited information for tissue characterisation because it cannot directly evaluate gastrointestinal wall architecture or tissue composition. Information is largely restricted to indirect radiographic signs, such as changes in soft tissue opacity, organ displacement and luminal distension. Unlike ultrasonography, CT and MRI, radiography does not allow reliable differentiation between inflammatory, neoplastic and other pathological processes based on tissue characteristics alone. . . [9,10,13,14,86]

Ultrasonography

Compared with radiography, ultrasonography provides substantially more information for tissue characterisation because it allows direct visualisation of gastrointestinal wall thickness, mural layering, echogenicity and lesion distribution in real time. Unlike radiography, ultrasonography identifies alterations in mural layering, focal or diffuse wall thickening and changes in echogenicity, which are valuable clues to the underlying pathological process. Compared with radiography, Doppler ultrasonography improves tissue characterisation by showing vascular patterns associated with inflammation or neoplasia. Many gastrointestinal disorders share similar ultrasonographic appearances, and ultrasonography alone is often insufficient for a definitive diagnosis... [6,13–15,86]

Contrast-enhanced ultrasonography (CEUS)

Compared with B-mode ultrasonography, CEUS provides additional information about tissue perfusion and microvascular architecture, which may improve differentiation between inflammatory and neoplastic abnormalities. . . [24,37,38,72,75]

Elastography

Compared with CEUS, elastography characterises tissue stiffness. CEUS evaluates tissue perfusion. Increased tissue stiffness may indicate fibrotic change within the intestinal wall. Elastography complements morphological and perfusion assessment through evaluation of tissue mechanical properties. The combined use of CEUS and elastography provides complementary information about tissue perfusion and tissue stiffness, further improving tissue characterisation. . . [24,32,63,72,78]

Computed tomography (CT)

Compared with ultrasonography, CT provides additional information for tissue characterisation through visualisation of tissue attenuation, contrast enhancement patterns and three-dimensional anatomical relationships. Compared with ultrasonography, contrast-enhanced CT further improves differentiation between normal and abnormal tissues by showing lesion enhancement patterns that cannot be evaluated with B-mode ultrasonography alone. CT provides more accurate evaluation of lesion margins, lesion architecture, mineralisation and adjacent organ involvement than ultrasonography. Ultrasonography is superior for assessing gastrointestinal mural layering. Together, CT and ultrasonography provide complementary information for tissue characterisation. . . [9,13,40,41,48,49,76,96]

Magnetic Resonance Imaging (MRI)

Compared with CT and ultrasonography, MRI provides greater soft tissue contrast and characterises tissues according to differences in signal intensity. . . [9,14,51,54]

Unlike CT and ultrasonography, MRI sequences distinguish fluid, haemorrhage, fibrosis and solid soft tissues, providing additional information about tissue composition. . . [14,51]
 Compared with CT, MRI improves assessment of internal tissue architecture when the nature of an abnormality remains uncertain. . . [9,14,54,55]

Endoscopy

Compared with CT and MRI, endoscopy provides direct visualisation of the gastrointestinal mucosa, making it the reference technique for evaluating superficial mucosal abnormalities. Colour changes, erosions, ulceration, friability, vascular abnormalities and mucosal irregularities can be examined in greater detail than with cross-sectional imaging. Compared with CT and MRI, endoscopy also allows targeted biopsy collection from visually abnormal areas, directly linking endoscopic findings with histopathological evaluation. Unlike cross-sectional imaging modalities, endoscopy does not allow reliable visualisation of abnormalities confined to deeper layers of the gastrointestinal wall or surrounding tissues. . . [4,7,16,59–61,97]

Integration of imaging findings with tissue sampling

Even when several imaging modalities are combined, definitive tissue characterisation frequently requires integration of imaging findings with tissue sampling. . . [61,91]
 Compared with endoscopy, ultrasonography and CT allow image-guided sampling of mural, transmural and extraintestinal abnormalities that cannot be reached through the gastrointestinal lumen. Endoscopy provides direct biopsy of visually abnormal mucosa. Imaging findings and histopathological evaluation are complementary components of the diagnostic process. . . [4,6,9,16,60,93,94]

Table 12. Comparison of tissue characterisation by imaging modalities used in canine GI disease

Imaging modality	Tissue characteristic assessed	Diagnostic application	Main limitation
Radiography	Tissue opacity and organ silhouette	Identifies gross structural changes and mineralisation	Limited soft tissue characterisation
Ultrasonography	Wall layering, echogenicity and tissue architecture	Differentiates mural lesions and adjacent soft tissues	Limited assessment of tissue perfusion
Contrast-enhanced ultrasonography (CEUS)	Tissue perfusion	Characterises tissue perfusion and vascular patterns associated with inflammation and neoplasia	Limited availability
Elastography	Tissue stiffness	May identify fibrotic change through assessment of tissue mechanical properties	Limited clinical application in canine GI disease
Computed tomography (CT)	Tissue attenuation and contrast enhancement	Defines lesion composition, anatomical extent and local invasion	Lower soft tissue contrast than MRI
Magnetic resonance imaging (MRI)	Signal characteristics	Characterises soft tissues through differences in signal intensity	Limited routine application in canine gastrointestinal disease
Endoscopy	Mucosal appearance	Directly characterises mucosal lesions, ulceration and surface abnormalities	Does not assess transmural or extraintestinal tissues

.. [9,13,16,24,32,51,60,96]

Summary

No single imaging modality provides a complete assessment of disease extent. Ultrasonography evaluates the gastrointestinal wall and adjacent tissues, CT defines the distribution of disease throughout the abdomen, MRI may further characterise local tissue extension when greater soft tissue contrast is necessary, and endoscopy accurately shows mucosal involvement within the gastrointestinal lumen. Integrating these findings gives the most complete basis for clinical decision-making. .. [9,13,16,24,51]

3.1.3 Comparison of assessment of anatomical extent

This subsection compares the ability of each imaging modality to determine the anatomical extent of gastrointestinal disease. Following abnormality detection and tissue characterisation, assessment of anatomical extent is the next diagnostic objective. The comparison includes evaluation of lesion length, depth of wall involvement, invasion of adjacent tissues, regional lymph node changes and spread within the abdominal cavity.

.. [6,9,10,13,14,96,98,99]

Radiography

Compared with cross-sectional imaging modalities, radiography provides only a limited view of anatomical disease extent. Unlike ultrasonography and CT, radiography identifies disease extent mainly through indirect findings such as marked organ displacement, severe intestinal distension, pneumoperitoneum and large abdominal masses. Radiography does not allow assessment of gastrointestinal wall layers or reliable evaluation of surrounding soft tissues, both of which are routinely assessed with ultrasonography and CT. The anatomical boundaries and local extent of many gastrointestinal abnormalities cannot be accurately determined using radiography alone.

.. [9,13,14,86]

Ultrasonography

Compared with radiography, ultrasonography provides direct assessment of the gastrointestinal wall and adjacent abdominal structures, allowing a more accurate evaluation of anatomical disease extent. Unlike radiography, ultrasonography allows assessment of lesion length, wall thickness, preservation of mural stratification and extension into adjacent organs or mesenteric fat. Radiography provides only limited information about regional lymph nodes. Ultrasonography allows evaluation of lymph node size, shape and echogenicity, improving detection of regional disease spread. Compared with radiography, ultrasonography also has recognised limitations because

intestinal gas, restricted acoustic windows and patient conformation may prevent complete visualisation of extensive gastrointestinal abnormalities. . . [6,9,13–15,86]

Computed tomography (CT)

Compared with ultrasonography, CT provides a more complete assessment of anatomical extent by evaluating the entire abdomen without the acoustic limitations of ultrasonography. CT defines transmural extension, local tissue invasion and anatomical relationships with adjacent abdominal organs through multiplanar image reconstruction, improving evaluation of disease spread beyond the gastrointestinal wall. Compared with ultrasonography, CT improves assessment of regional lymphadenopathy, mesenteric involvement, peritoneal abnormalities and distant intra-abdominal metastatic disease. This additional anatomical information makes CT particularly valuable for staging gastrointestinal neoplasms and planning surgical treatment. . . [6,9,40,41,48,49,88]

Magnetic resonance imaging (MRI)

Compared with CT, MRI provides superior soft tissue contrast and multiple imaging sequences that improve delineation of tissue boundaries and local disease extension while providing additional information about tissue composition. Compared with CT, MRI may further improve assessment of subtle soft tissue infiltration when CT does not fully characterise disease extent. MRI has a limited role in routine canine gastrointestinal imaging because ultrasonography and CT answer most gastrointestinal diagnostic questions more rapidly and are more widely available. It remains an important imaging modality for neurological, musculoskeletal and many other soft tissue disorders owing to its excellent soft tissue contrast and multiplanar imaging capabilities. In canine gastrointestinal imaging, MRI is reserved for situations in which the diagnostic question cannot be answered adequately by more accessible imaging modalities. . . [9,14,51,54,55]

Endoscopy

Compared with CT and MRI, endoscopy provides the most accurate assessment of the longitudinal distribution of mucosal abnormalities within gastrointestinal lumen. Unlike cross-sectional imaging modalities, endoscopy cannot determine the full thickness of gastrointestinal wall involvement or evaluate disease extending beyond the gastrointestinal wall. Whenever transmural infiltration, regional spread or extraintestinal involvement is suspected, endoscopy is complemented by cross-sectional imaging. . . [4,7,16,60,61,92,93]

Integration of imaging findings into clinical decision-making

Assessment of anatomical extent is particularly important during surgical planning. Defining lesion margins, identifying local invasion and recognising involvement of adjacent organs or regional lymph nodes contribute to selecting the most appropriate surgical approach and may influence the feasibility of complete resection. Cross-sectional imaging, particularly CT, plays an important role in the preoperative evaluation of complex gastrointestinal disorders. . . [6,9,41,48,49,100]

Table 13. Comparative assessment of anatomical extent by imaging modality

Parameter	Radiography	Ultrasonography	CT	MRI	Endoscopy
Lesion length	Limited	Good	Excellent	Excellent	Good (mucosal surface only)
Wall involvement	Poor	Excellent	Good	Excellent	Mucosal layer only
Adjacent abdominal structures	Limited	Good	Excellent	Excellent	Not assessed
Regional lymph nodes	Poor	Good	Excellent	Excellent	Not assessed
Mesenteric involvement	Poor	Moderate	Excellent	Excellent	Not assessed
Abdominal cavity assessment	Limited	Good	Excellent	Excellent	Not assessed
Local invasion	Poor	Moderate	Excellent	Excellent	Limited
Distant intra-abdominal spread	Poor	Moderate	Excellent	Excellent	Not assessed
Contribution to surgical planning	Limited	Good	Excellent	Good	Complementary

. . [6,9,13,92,96,101]

Summary

No single imaging modality gives complete information on anatomical disease extent. Ultrasonography, CT, MRI and endoscopy contribute complementary information on the anatomical structures that need to be examined and the diagnostic question being addressed. . . [6,9,13,16,51]

3.1.4 Comparison of structural and functional assessment

This subsection compares the structural and functional information provided by imaging modalities used in canine gastrointestinal diagnostics. No single imaging modality provides the same balance between structural and functional assessment. Some techniques are largely limited to anatomical evaluation. Others complement structural assessment by providing additional information about physiological function or tissue properties. Functional abnormalities may develop before obvious structural changes become apparent. Comparing both approaches helps explain the contribution of each imaging modality to the evaluation of canine gastrointestinal disease. . . [6,9,13,14]

Radiography

Compared with the imaging modalities discussed below, radiography provides the least functional assessment. It shows organ position, luminal gas distribution, radiopaque foreign bodies and other gross anatomical abnormalities. The examination consists of static projection images. Gastrointestinal motion cannot be assessed. Functional abnormalities may remain unseen. . . [9,10,86]

Fluoroscopy

Fluoroscopy overcomes the principal functional limitation of radiography by replacing static images with continuous real-time imaging. It evaluates swallowing, oesophageal transit, gastro-oesophageal reflux and gastrointestinal motility. These abnormalities may

not be visible on radiographs. Fluoroscopy remains focused on luminal function and provides less structural detail than the imaging modalities discussed below. . . [4,7,16,28,29]

Ultrasonography

Compared with fluoroscopy, ultrasonography shifts the emphasis from luminal function to simultaneous structural and functional assessment. Dynamic evaluation is retained, but detailed assessment of the gastrointestinal wall and adjacent abdominal structures becomes possible. This additional structural information allows abnormalities to be characterised more completely than with fluoroscopy alone. Ultrasonography adds detailed structural information but provides a less comprehensive evaluation of swallowing and oesophageal transit than videofluoroscopy. . . [9,13–15,30,86,95]

Contrast-enhanced ultrasonography (CEUS)

Compared with B-mode ultrasonography, CEUS extends functional assessment from gastrointestinal motility to tissue perfusion. Quantitative evaluation of intestinal vascularisation adds physiological information that is not available with B-mode imaging alone. This expands the functional information available in disorders associated with altered intestinal perfusion, chronic enteropathies and intestinal neoplasia. . . [24,37,72–74]

Elastography

Compared with CEUS, elastography extends diagnostic information by evaluating tissue mechanical properties. Tissue stiffness can be quantified independently of morphological assessment, providing information associated with fibrosis and chronic tissue remodelling. . . [24,63,70,75,77,78,102]

Computed tomography (CT)

Compared with ultrasonography, CT expands structural information from the gastrointestinal wall to the entire abdomen and eliminates anatomical superimposition. This improves evaluation of lesion distribution and anatomical relationships but

sacrifices the real-time functional assessment provided by ultrasonography. Intravenous contrast adds vascular enhancement patterns. Routine CT remains predominantly structural because gastrointestinal physiology is not assessed directly. . . [9,14,20,40,41,48,49]

Magnetic resonance imaging (MRI)

Compared with CT, MRI further refines structural assessment through improved soft tissue contrast and tissue characterisation. The balance between structural and functional assessment remains largely unchanged because routine veterinary gastrointestinal MRI is used primarily for morphological evaluation. Functional MRI techniques have been described in human medicine. They are not part of routine veterinary gastrointestinal imaging. . . [9,14,51,52,54,55]

Endoscopy

Compared with MRI, endoscopy moves structural assessment from cross-sectional imaging to direct visualisation of the gastrointestinal mucosa. Direct visualisation of the mucosal surface improves assessment of superficial lesions and allows targeted biopsy collection. The examination remains largely structural. Functional information is limited, and abnormalities confined to deeper bowel layers may not be recognised when the mucosa appears normal. . . [4,7,60,61,82]

Scintigraphy

Compared with elastography, scintigraphy places greater emphasis on gastrointestinal physiology than structural assessment. Quantitative measurement of gastric emptying, oesophageal transit and intestinal transit extends functional evaluation beyond local tissue properties to whole-organ function. This focus explains its application as the reference technique for several gastrointestinal motility disorders. . . [3,64–69]

Table 14. Structural and functional assessment provided by different imaging modalities

Imaging modality	Structural assessment	Functional assessment	Main contribution
Radiography	✓	—	Organ position and gross anatomical abnormalities
Ultrasonography	✓	Real-time motility	Gastrointestinal wall assessment, real-time motility and adjacent soft tissues
Contrast-enhanced ultrasonography (CEUS)	✓	Tissue perfusion	Microvascular perfusion assessment
Elastography	Quantitative	Tissue stiffness	Tissue stiffness and fibrosis assessment
Computed tomography (CT)	✓	Limited	Cross-sectional anatomy, lesion extent and contrast enhancement patterns
Magnetic resonance imaging (MRI)	✓	Limited	Soft tissue characterisation and tissue composition
Endoscopy	✓ (mucosal surface)	—	Mucosal visualisation and targeted biopsy
Scintigraphy	—	Gastrointestinal physiology	Gastric emptying, oesophageal transit and gastrointestinal motility

.. [3,9,13,16,24,32,51,64,75,103]

Summary

The imaging modalities discussed in this subsection differ in the balance between structural and functional assessment. Each contributes different diagnostic information according to its clinical application. Structural imaging primarily characterises anatomy. Functional techniques progressively extend diagnostic capabilities to the assessment of tissue perfusion, tissue stiffness and gastrointestinal physiology. The diagnostic question determines which balance between structural and functional assessment is necessary.

.. [9,13,14,24,32,64]

3.1.5 Integration of imaging modalities in clinical practice

No single imaging modality answers every diagnostic question in canine gastrointestinal disease. Imaging modalities complement one another because each contributes a different type of diagnostic information. Clinical imaging strategies combine these strengths to answer the diagnostic question more completely. Common examples of complementary imaging strategies used in canine gastrointestinal diagnostics are summarised in table 15. . . [6,9,13,14,40,76]

Table 15. Examples of complementary use of imaging modalities in canine GI diagnostics

Combination of modalities	Diagnostic contribution
Radiography + Ultrasonography	Initial abdominal overview followed by assessment of the gastrointestinal wall and adjacent abdominal structures.
Ultrasonography + CT	Detailed mural assessment combined with assessment of disease extent and regional spread
Ultrasonography + Endoscopy	Transmural assessment combined with direct mucosal visualisation and targeted biopsy
B-mode Ultrasonography + CEUS	Morphological assessment combined with tissue perfusion assessment
B-mode Ultrasonography + Elastography	Morphological assessment combined with tissue stiffness assessment

. . [4,9,13,24,75,76,92,93]

Summary

Structural imaging techniques primarily assess gastrointestinal anatomy. Other imaging techniques extend assessment to tissue perfusion, tissue stiffness and gastrointestinal function. Combining these modalities provides a broader assessment of gastrointestinal disease than any single technique alone. The diagnostic question determines the imaging strategy and the combination of imaging modalities used in each patient. . . [6,9,13,24,32]

3.2 Clinical considerations influencing imaging modality selection

Diagnostic performance alone does not determine the choice of an imaging modality. This section compares the clinical factors that influence imaging modality selection in veterinary practice. Equipment availability, examination time, patient stability, operator

expertise and patient safety all influence whether a particular imaging technique can be performed and is suitable for an individual patient. Together, these factors influence imaging modality selection and the sequence in which different techniques are used in clinical practice. . . [6,8–10,14]

3.2.1 Availability and accessibility

Not every veterinary practice has access to the full range of diagnostic imaging modalities. Access to specialised equipment and appropriate expertise determines which imaging examinations can be performed locally and which require referral. Imaging modality selection depends on the diagnostic question and the diagnostic resources available within the practice. . . [8–10,14]

Computed tomography (CT) and magnetic resonance imaging (MRI) require specialised equipment and advanced expertise. These examinations usually require referral. Endoscopy requires specialised equipment, operator expertise and appropriate patient preparation. Endoscopy is not routinely performed in all veterinary practices. . . [4,9,16,51]

In emergency patients, imaging usually begins with the examinations that are immediately available. Radiography and focused abdominal ultrasonography can often be performed without delay. CT, MRI and endoscopy may require referral, general anaesthesia or additional preparation. . . [6,8,9,13,15]

3.2.2 Imaging in unstable patients

The choice of an imaging modality depends on the diagnostic question and the patient's ability to tolerate the examination. Factors such as examination time, patient restraint, sedation, general anaesthesia and continuous physiological monitoring influence which imaging examination can be performed in emergency. In unstable patients, stabilisation and treatment of immediately life-threatening abnormalities take priority over advanced

diagnostic investigations. The first examination answers the question that matters at that moment. . . [6,8,9,14,38,104,105]

Radiography remains one of the fastest imaging techniques and usually requires only minimal patient restraint. Images are obtained rapidly with little patient manipulation. Radiography is often the first imaging examination performed in emergency patients. . . [9,10,104]

Ultrasonography can often be performed in conscious patients without interrupting physiological monitoring. Focused point-of-care ultrasonography (POCUS), including abdominal FAST (AFAST) protocols, is performed at the patient's side and rapidly identifies free abdominal fluid. The examination can be repeated during stabilisation to monitor changes and guide treatment. Complete abdominal ultrasonography takes longer and is usually performed after the patient's condition has stabilised. . . [8,13,15,104,105]

Computed tomography (CT) acquires images within seconds. Preparing and anaesthetising the patient usually takes longer than the scan itself. CT is mostly reserved for patients that can tolerate transport and general anaesthesia, unless delaying the examination would compromise diagnosis or treatment. Continuous physiological monitoring is maintained throughout the procedure. . . [9,40,41,48]

Magnetic resonance imaging (MRI) requires the longest examination time of the routinely available imaging modalities. Complete patient immobility requires general anaesthesia. MRI is usually performed in clinically stable patients or when other imaging techniques cannot answer the diagnostic question. Continuous physiological monitoring is maintained throughout the examination. . . [9,14,51]

Endoscopy requires gastrointestinal preparation and general anaesthesia. It permits direct visualisation of the gastrointestinal mucosa and biopsy collection. Preparation and recovery prolong the procedure. Endoscopy is usually performed after patient stabilisation or in clinically stable patients. . . [4,7,16]

In unstable patients, imaging begins with the examination that can be performed immediately. Radiography and POCUS frequently guide the first treatment decisions. CT, MRI and endoscopy follow after stabilisation or when the expected diagnostic benefit justifies the additional risk associated with transport or general anaesthesia. . . [6,8,9,104,105]

3.2.3 Operator dependence

Recognising an abnormal image is only the first step. Accurate diagnosis depends on correct interpretation within the anatomical and clinical context. Some imaging examinations depend mainly on correct image acquisition. Others rely primarily on image interpretation. Accurate image interpretation requires more than recognising imaging abnormalities. It requires detailed knowledge of normal anatomy, disease mechanisms and differential diagnoses. The same imaging finding may have different clinical significance depending on the patient's presentation. Both image acquisition and image interpretation influence diagnostic accuracy and the consistency of imaging findings... [6,9,10,30]

Radiography is one of the least operator-dependent imaging modalities during image acquisition because standard positioning protocols are easily reproduced. Diagnostic accuracy depends mainly on image interpretation, particularly when abdominal soft tissue changes are subtle or normal anatomical variation must be distinguished from disease.

Ultrasonography is the most operator-dependent imaging modality discussed in this chapter. Probe positioning, image acquisition and interpretation all depend on operator experience. Small differences in examination technique may alter image quality and increase interobserver variability, particularly when assessing subtle gastrointestinal wall lesions or differentiating inflammatory from neoplastic disease. . . [13–15,86]

Computed tomography (CT) and magnetic resonance imaging (MRI) use standardised scanning protocols, reducing operator variability during image acquisition. Diagnostic accuracy depends mainly on image interpretation. Interpretation requires correlation with the clinical presentation and relevant differential diagnoses. . . [9,41,48,51]

Endoscopy depends on both technical skill and image interpretation. Complete examination of the accessible gastrointestinal tract, recognition of subtle mucosal lesions and collection of representative biopsy samples all influence the diagnostic yield. Operator dependence decreases as image acquisition becomes more standardised. Diagnostic accuracy depends on correct image interpretation for every imaging modality. . . [7,16,41,85,106]

3.2.4 Safety

Patient safety influences the choice of every imaging modality. The main risks are exposure to ionising radiation, sedation or general anaesthesia, administration of contrast media and invasiveness. The imaging examination should answer the clinical question with the lowest necessary risk. . . [9,13,16,51]

Radiography and computed tomography (CT) use ionising radiation. CT delivers higher radiation doses than radiography. Every examination should be justified and repeated radiation exposure avoided unless it contributes to patient well-being. . . [9,26,27]

Ultrasonography, including contrast-enhanced ultrasonography (CEUS), and magnetic resonance imaging (MRI) do not use ionising radiation. Both techniques can be repeated without radiation exposure. MRI usually requires general anaesthesia because complete patient immobility is necessary throughout the examination. . . [9,24,51,70]

Radiography and ultrasonography are often performed in conscious patients. CT, MRI and endoscopy usually require sedation or general anaesthesia. Anaesthetic risk must always be weighed against the expected diagnostic benefit, particularly in unstable patients. . . [6,8,104]

Intravenous contrast agents used for CT and CEUS are generally well tolerated. Adverse reactions are uncommon but may occur. Patients should be assessed before contrast administration and monitored throughout the examination. . . [9,24,48]

Imaging-related complications are uncommon. For most imaging modalities, the main risks are associated with sedation, general anaesthesia or contrast administration, not with the examination itself. Endoscopy carries an additional risk because biopsy collection and manipulation of the gastrointestinal tract may result in haemorrhage or, rarely, gastrointestinal perforation. The imaging modality should answer the clinical question while exposing the patient to the lowest necessary risk. . . [4,9,16,27,104]

Table 16. Practical considerations influencing imaging modality selection

Modality	Sedation / GA	Real-time assessment	Tissue sampling	Operator dependence	Availability
Radiography	Usually not required	No	No	Low–Moderate	Widely available
Ultrasonography	Usually not required	Yes	Image-guided sampling possible	High	Widely available
CT	Frequently required	No	Image-guided sampling possible	Moderate	Usually requires referral
MRI	General anaesthesia required	No	No	Moderate	Limited
Endoscopy	General anaesthesia required	Yes	Yes	High	Usually requires referral
CEUS	Usually not required	Yes	No	High	Limited
Elastography	Usually not required	Yes	No	High	Limited
Scintigraphy	Sedation occasionally required	Functional assessment	No	Moderate	Highly limited

.. [9,13,16,24,27,30,32,38,51,104]

3.2.5 Practical summary

Selecting an imaging modality begins with the diagnostic question. The final choice is influenced by the patient's condition, equipment availability, operator experience and procedural safety. . . [6,14,104]

No single imaging modality answers every diagnostic question. Selecting the right examination at the right time is more important than performing unnecessary imaging. Radiography, ultrasonography, CT, MRI and endoscopy complement one another, and the diagnostic question determines which modality, or combination of modalities, is most appropriate for each patient. . . [4,6,9,13,41]

Chapter 4. Imaging approaches in canine gastrointestinal disorders

Introduction

Previous chapters compared gastrointestinal imaging modalities according to their diagnostic capabilities and practical characteristics. This chapter focuses on their application in clinical decision-making. The imaging strategy is determined by the clinical problem, the diagnostic question and the patient's condition, not by a fixed sequence of imaging modalities. Each section is organised around the main diagnostic questions that guide imaging selection in clinical practice. The emphasis is not on individual imaging modalities but on their role in answering specific clinical questions and supporting clinical decision-making. Secondary gastrointestinal disorders and ulcerative or erosive diseases are not discussed separately because they do not represent independent imaging pathways within the scope of this thesis. . . [6,9,13,14]

4.1 Imaging approach in gastrointestinal emergencies

Emergency imaging is guided by the diagnostic question and the patient's clinical stability. In unstable patients, treatment of life-threatening abnormalities and initial stabilisation take priority over further diagnostic procedures. The imaging strategy depends on the immediate clinical question and the patient's ability to tolerate the examination. . . [6,8,104,105]

The initial imaging aims to show abnormalities that influence immediate clinical decisions. Imaging findings should always be interpreted together with the physical examination and laboratory data because emergency imaging rarely provides a complete diagnosis on its own. . . [8,104,105]

4.1.1 Initial imaging in unstable patients

The initial imaging assessment must answer immediate clinical questions without delaying stabilisation. . . [9,104,105]

The examination focuses on four main questions:

- Is free abdominal fluid present?
- Is gastrointestinal dilatation present?
- Is there evidence of obstruction or perforation?
- Is additional imaging necessary?

The initial imaging examinations should answer these questions rapidly while minimising patient handling. POCUS and radiography are selected as first-line imaging techniques in most emergency patients. AFAST protocols allow detection of free abdominal fluid and repeated assessment during stabilisation. . . [15,104,105]

Radiography evaluates abdominal gas distribution, gastric and intestinal dilatation and organ position. In dogs with suspected gastric dilatation-volvulus (GDV), radiographs may show gastric displacement and pyloric malposition. Some GDV variants may be difficult to distinguish from simple gastric dilatation on radiographs alone and should always be interpreted together with the clinical examination. . . [9,10,30,38,107]

4.1.2 POCUS and radiography in emergency decision-making

POCUS and radiography provide complementary information during the initial assessment of emergency patients. POCUS evaluates abdominal fluid, intestinal structures and abnormalities that can be monitored during stabilisation. Radiography complements POCUS by assessing abdominal gas distribution, gastric and intestinal dilatation, and organ position. . . [9,15,86,104,105]

The choice and sequence of examinations depend on the diagnostic question and patient stability. In many emergency patients, POCUS and radiography provide sufficient information to determine whether additional imaging is necessary. When the initial

imaging findings do not adequately answer the clinical question, further imaging may be indicated for additional anatomical or mucosal assessment. . . [8,9,14,20,104]

4.1.3 Additional imaging after initial stabilisation

When the initial imaging does not provide enough answers, additional imaging may be necessary after patient stabilisation.

Computed tomography (CT) is selected when radiography and ultrasonography do not provide sufficient anatomical information. In emergency patients, CT identifies the location and cause of gastrointestinal obstruction, assesses intestinal complications and characterises gastrointestinal and adjacent abdominal abnormalities relevant to treatment planning. . . [6,104]

CT usually requires general anaesthesia and contrast administration. It is generally performed after initial stabilisation. . . [40,41,48,50,89,90]

Endoscopy is performed when direct visualisation of the gastrointestinal mucosa or collection of biopsy samples is necessary. In emergency patients, its main indications include removal of accessible foreign bodies, evaluation of mucosal lesions and investigation of suspected gastrointestinal bleeding. Patient preparation and general anaesthesia are required before the procedure. . . [4,7,16,61]

Magnetic resonance imaging (MRI) may be performed when additional soft tissue characterisation is needed. MRI requires prolonged examination time and complete patient immobility, which usually necessitate general anaesthesia. . . [14,51,54]

POCUS and radiography provide the initial assessment. CT, endoscopy and MRI are introduced after patient stabilisation when additional anatomical or mucosal information is necessary. . . [6,104,105]

4.2 Imaging approach in obstructive gastrointestinal disease

When gastrointestinal obstruction is suspected, imaging determines whether mechanical obstruction is present, identifies its location, establishes the underlying cause and assesses intestinal compromise. . . [4,8,14,20,108]

The main imaging questions in obstructive gastrointestinal disease are:

- Is mechanical obstruction present?
- Where is the obstruction located?
- What is the cause?
- Are there signs of intestinal compromise? . . [13,41,48]

The interpretation of imaging findings requires differentiation between mechanical obstruction and functional gastrointestinal disorders. Intestinal dilatation alone does not establish the cause of gastrointestinal dysfunction and should always be interpreted together with the clinical examination. . . [4,6,7] The imaging strategy is determined by these diagnostic questions.

4.2.1 Radiography and ultrasonography in obstructive gastrointestinal disease

The initial imaging objective is to determine whether mechanical obstruction is present and to show imaging findings that require further investigation. . . [4,6,9]

Radiography is one of the first imaging examinations performed when gastrointestinal obstruction is suspected. It evaluates intestinal gas distribution, intestinal dilatation, abdominal detail and imaging patterns that help localise obstruction. Radiographic findings support differentiation between obstructive and non-obstructive causes of gastrointestinal signs but may not show the underlying cause. . . [8–10,86]

Ultrasonography evaluates the gastrointestinal wall, luminal contents and intestinal motility. It identifies obstructing material, focal intestinal abnormalities, intussusception and changes associated with intestinal compromise. Assessment of intestinal wall

layering and adjacent abdominal structures helps identify intestinal compromise and associated complications. . . [8,9,13,15,20]

The diagnostic question determines the choice between radiography and ultrasonography. . . [6,13]

4.2.2 Additional imaging after initial assessment

Computed tomography (CT) is selected when radiography and ultrasonography do not provide sufficient anatomical information. In obstructive gastrointestinal disease, CT identifies the location and cause of obstruction, assesses intestinal complications and characterises gastrointestinal and adjacent abdominal abnormalities relevant to treatment planning. . . [40,41,48,108]

Contrast-enhanced CT evaluates intestinal perfusion and changes associated with inflammation or intestinal compromise. CT findings may contribute to clinical decision-making when the cause of obstruction requires further clarification. . . [14,14,48]

Endoscopy is performed to directly assess accessible gastrointestinal mucosa or intraluminal abnormalities. In obstructive gastrointestinal disease, its applications include evaluation and removal of accessible foreign bodies and assessment of mucosal lesions... [4,7,16]

Magnetic resonance imaging (MRI) may be performed when further soft tissue characterisation is needed. MRI requires prolonged examination time and complete patient immobility, which usually necessitate general anaesthesia.

The imaging approach in obstructive gastrointestinal disease is guided by the diagnostic question. Initial imaging examinations determine the presence and consequences of obstruction. CT, endoscopy and MRI are introduced when additional anatomical or mucosal information would influence clinical decision-making. . . [6,14]

4.3 Imaging approach in chronic enteropathy

Chronic enteropathy comprises a group of disorders with persistent or recurrent gastrointestinal signs. Imaging contributes to the diagnostic evaluation by identifying structural abnormalities and disease processes that may produce a similar clinical presentation. It also evaluates the distribution of intestinal changes and associated extraintestinal abnormalities. . . [1,4,5,7]

The main imaging questions in chronic enteropathy are:

- Which gastrointestinal segments are affected?
- What structural intestinal abnormalities are present?
- Are the imaging findings compatible with chronic enteropathy?
- Do the findings suggest another disease process?

Imaging findings are interpreted together with the history, clinical examination and laboratory results. Chronic enteropathy remains a diagnosis of exclusion and imaging alone does not establish the diagnosis. These diagnostic questions guide the imaging strategy and further investigation. . . [4–7]

4.3.1 Ultrasonographic assessment in chronic enteropathy

The initial imaging objective is to evaluate the distribution and character of gastrointestinal abnormalities and to show findings that suggest an alternative diagnosis. Ultrasonography evaluates gastrointestinal wall thickness, mural layering, echogenicity, luminal contents and intestinal motility. It also assesses abdominal lymph nodes, adjacent organs and the peritoneal cavity. These findings help determine the extent of intestinal involvement and show abnormalities that may alter the diagnostic pathway. . . [5,7,13,15]

Diffuse or multifocal intestinal changes with preserved mural layering may be compatible with chronic enteropathy. Focal wall thickening, marked disruption of mural

layering, mass formation or pronounced lymphadenopathy may increase suspicion of infiltrative or neoplastic disease. . . [4,13,15]

Similar ultrasonographic appearances can occur in inflammatory and neoplastic disorders and these findings cannot reliably establish the underlying pathological process. . . [4,5,13,15,86,109]

Doppler ultrasonography and contrast-enhanced ultrasonography (CEUS) may provide additional information about bowel wall vascularity or perfusion when ultrasonographic findings are inconclusive. These techniques complement structural assessment but do not replace cytology or histopathology when tissue diagnosis is indicated. . . [13,24,72]

Ultrasonographic findings guide further diagnostic investigation by identifying the affected intestinal segments, showing abnormalities outside the gastrointestinal tract and helping determine the most appropriate method of tissue sampling. . . [4,6,7,13,13]

4.3.2 Endoscopy, tissue diagnosis and additional imaging

Endoscopy is performed when direct mucosal visualisation and collection of biopsy samples would contribute to diagnosis. In stable dogs, its position in the diagnostic pathway depends on disease severity, laboratory findings, response to treatment trials and suspicion of infiltrative or neoplastic disease. . . [4,5,7,16,60,86]

Endoscopy evaluates the mucosal surface of accessible gastrointestinal segments and allows targeted biopsy collection. Histopathology contributes to differentiation between inflammatory enteropathy, intestinal lymphoma and other infiltrative disorders. Diagnostic interpretation depends on collection of adequate samples from the relevant gastrointestinal segments. . . [1,4,7,16,60,61]

Endoscopic biopsies assess the mucosa but may not fully represent abnormalities confined to deeper layers of the gastrointestinal wall. When ultrasonography suggests predominantly transmural disease or a focal lesion that is unsuitable for endoscopic

sampling, ultrasound-guided sampling or full-thickness biopsy may provide more appropriate diagnostic material. . . [4,13,16,61,86]

Capsule endoscopy may provide additional mucosal information in stable dogs with unexplained gastrointestinal bleeding by showing small-intestinal lesions beyond the reach of gastroduodenoscopy and colonoscopy. Computed tomography (CT) may be performed when broader assessment of the abdomen or more precise anatomical characterisation is needed. It evaluates transmural abnormalities, adjacent abdominal structures and extraintestinal disease extension that may influence further investigation or treatment planning. Magnetic resonance imaging (MRI) may contribute when additional soft tissue characterisation would answer a specific diagnostic question. Its use in chronic enteropathy is uncommon and depends on the location and nature of the suspected abnormality. . . [41,48,51,54,59]

The imaging approach in chronic enteropathy is guided by the need to identify structural disease, exclude relevant alternative diagnoses and determine the next diagnostic step. Ultrasonography provides the main structural assessment. Endoscopy and biopsy provide mucosal and histopathological evaluation. CT, MRI or alternative sampling techniques enter the pathway when the suspected disease extends beyond the accessible mucosa.. . [4,7,9,13]

4.4 Imaging approach in gastrointestinal neoplasia

Gastrointestinal neoplasia comprises a heterogeneous group of diseases that differ in tumour type, growth pattern, anatomical distribution and imaging appearance. No single imaging strategy is suitable for every patient. Initial imaging aims to identify lesions that raise suspicion of neoplasia and define the next diagnostic step. Subsequent imaging guides tissue sampling, determines disease extent and contributes to treatment planning. Imaging findings alone cannot establish a definitive diagnosis because the appearance of gastrointestinal neoplasms varies according to tumour type, lesion distribution and

biological characteristics. Definitive diagnosis requires cytology or histopathology. . . [6,9,14,101]

The main imaging questions are:

- Do the imaging findings raise suspicion of gastrointestinal neoplasia?
- Are the imaging findings more consistent with a benign or malignant process?
- Which imaging examination or tissue sampling procedure is required next?
- What is the anatomical extent of disease?
- Is local invasion present?
- Is metastatic disease suspected?

4.4.1 Imaging for lesion detection and characterisation

The initial imaging objective is to determine whether a lesion is compatible with gastrointestinal neoplasia and define the next diagnostic step. The imaging approach depends on the clinical presentation, suspected tumour type, lesion location and diagnostic question. . . [6,13,14,101,110]

Ultrasonography is commonly used for initial lesion detection and characterisation in dogs with suspected gastrointestinal neoplasia. . . [13,15,86,101] Doppler ultrasonography and contrast-enhanced ultrasonography (CEUS) may contribute when assessment of vascularity or perfusion provides additional information for lesion characterisation. . . [49,72,91,111]

Elastography remains an emerging adjunct for lesion characterisation and currently has a limited evidence base in canine gastrointestinal neoplasia. . . [24,63,70,77,112]

Computed tomography (CT) is introduced when ultrasonography does not provide sufficient anatomical definition or when additional anatomical information would influence the diagnostic pathway. It plays an important role in tumour staging by evaluating the anatomical extent of disease, local invasion and regional lymph node involvement. Whole-body CT may show suspected distant metastatic disease and contribute to treatment planning. Imaging findings increase or reduce suspicion of

neoplasia and determine the need for tissue sampling or further imaging. They cannot reliably distinguish inflammatory from neoplastic lesions in all cases. . . [14,40,41,48,49,101,110,112,113]

4.4.2 Imaging guidance for tissue sampling

Once a lesion has been identified, imaging determines the most suitable approach for obtaining a diagnostic sample. The choice of sampling technique depends on lesion location, depth, accessibility, the patient's clinical condition and the anticipated diagnostic yield of the procedure. . . [4,13,101]

Endoscopy is indicated for lesions involving the gastrointestinal mucosa that are accessible by upper or lower gastrointestinal endoscopy. Upper GI endoscopy evaluates the oesophagus, stomach and proximal duodenum, whereas lower GI endoscopy evaluates the colon, rectum and terminal ileum when intubation of the ileocaecal valve is possible. . . [4,16,61]

It allows direct visualisation of the lesion and collection of biopsy specimens. The diagnostic yield depends on lesion distribution and biopsy depth because superficial samples may not represent infiltrative or submucosal disease. . . [4,13,48,61]

Ultrasonography guides fine-needle aspiration or core biopsy of gastrointestinal masses, enlarged lymph nodes and accessible metastatic lesions. Before image-guided biopsy of highly vascular organs or deep abdominal lesions, the patient's coagulation status and overall clinical condition should be assessed. CT-guided biopsy may be performed when ultrasonographic guidance is not feasible or when lesion location limits a safe percutaneous approach. Imaging determines not only where tissue should be obtained but also which sampling technique is most likely to provide a definitive diagnosis. . . [6,9,113]

4.4.3 Imaging for staging and treatment planning

Following lesion identification and diagnostic sampling, imaging defines disease extent and supports treatment planning. The main staging questions concern local invasion, regional lymph node involvement and distant metastasis. Computed tomography (CT) defines the anatomical extent of the primary lesion, evaluates its relationship with adjacent abdominal structures, identifies regional lymphadenopathy and shows suspected abdominal metastatic disease. Whole-body CT, including thoracic imaging when indicated, contributes to assessment of distant metastatic disease and comprehensive tumour staging. . . [6,9,49,101,111,113]

Magnetic resonance imaging (MRI) may be performed when additional soft tissue contrast is needed to define lesion extension or involvement of adjacent structures beyond the information provided by ultrasonography or CT. . . [14,51,91]

Imaging findings define disease distribution, support treatment planning and identify lesions suitable for surgical resection or image-guided sampling. The imaging strategy continues to depend on the diagnostic question. . . [6,14,49,101,111]

4.5 Imaging approach in gastrointestinal motility disorders

Gastrointestinal motility disorders represent a distinct diagnostic category because the primary abnormality may be functional without an identifiable structural abnormality. Imaging aims to identify structural abnormalities that may impair gastrointestinal movement. It evaluates gastrointestinal motility and transit when structural imaging findings do not fully explain the clinical signs. . . [4,7,9,13]

The main imaging questions in gastrointestinal motility disorders are:

- Is impaired gastrointestinal movement associated with a structural abnormality?
- Which gastrointestinal segment is affected?
- Does abnormal movement occur during swallowing or gastrointestinal transit?
- Can gastrointestinal transit abnormalities be evaluated objectively?

The imaging strategy depends on the diagnostic objective. This may include differentiation between structural and functional abnormalities, assessment of gastrointestinal movement or evaluation of gastrointestinal transit. . . [4,7,92]

4.5.1 Imaging differentiation between structural and functional abnormalities

The initial imaging objective is to determine whether impaired gastrointestinal movement is associated with a structural abnormality or represents a primary functional disorder. Radiography and ultrasonography are used to show structural abnormalities that may interfere with normal gastrointestinal motility, including obstruction, gastrointestinal distension or mural disease. . . [4,13,15,92]

Ultrasonography allows real-time information of gastrointestinal motility by visualising intestinal contractions and movement. Altered motility may support suspicion of a functional disorder but should always be interpreted together with structural imaging findings and the overall clinical presentation. . . [9,13,15,92]

4.5.2 Imaging assessment of swallowing, gastrointestinal movement and transit

The imaging objective is to show abnormalities that become apparent during swallowing or gastrointestinal movement. Fluoroscopy provides dynamic evaluation of swallowing, oesophageal motility, gastrointestinal transit and the passage of contrast material through the digestive tract. It is useful when assessment of movement over time is necessary, or when dynamic abnormalities cannot be seen by static imaging techniques. . . [7,92]

Scintigraphy provides quantitative assessment of gastrointestinal transit and may be performed when objective measurement of functional activity is needed. It contributes to the evaluation of gastric emptying, oesophageal transit and other gastrointestinal transit abnormalities. . . [64,65,69]

These imaging techniques complement structural imaging. They are introduced when anatomical imaging findings do not fully explain the clinical signs or when the diagnostic question requires objective assessment of gastrointestinal movement or transit. . . [4,7]

4.5.3 Summary

The selection of imaging modalities in canine gastrointestinal disease depends on the clinical problem being investigated and the diagnostic question that needs to be answered. Emergency patients require rapid identification of life-threatening abnormalities. Inflammatory disorders require assessment of intestinal structure and selection of appropriate diagnostic procedures. Neoplastic diseases require lesion detection, diagnostic sampling and staging. Motility disorders require evaluation of gastrointestinal movement and transit. . . [4,7,9,101]

No single imaging modality provides all the information necessary for every patient. Each technique contributes different diagnostic information, and their value depends on the clinical context, patient condition and the objective of the examination. An effective imaging strategy integrates complementary imaging modalities in order to guide clinical decision-making and support patient management. . . [6,9,13,14]

Chapter 5. Discussion

The literature reviewed in this thesis shows how diagnostic imaging is used to investigate canine gastrointestinal disease. Early studies mainly evaluated individual imaging modalities. More recent publications describe how different techniques are combined during the diagnostic process. The reviewed evidence is not evenly distributed across imaging modalities. Some techniques are supported by numerous clinical studies. Others are represented mainly by recent publications or small case series. Study design, patient population and study objectives vary between publications. Direct comparison is not always possible. These differences influenced the interpretation of the evidence presented in this thesis.

No single diagnostic algorithm is suitable for every patient. Imaging is selected according to the clinical presentation, the suspected disease process and questions being asked at that stage of the investigation. This is why the thesis is organised around diagnostic problems instead of individual imaging modalities. This structure reflects everyday clinical decision-making.

A recent retrospective comparison of preoperative imaging and intraoperative findings reached a similar conclusion. Imaging discrepancies occurred under routine clinical conditions, even after appropriate diagnostic investigation. False-negative findings and occasional misinterpretation remained possible. Imaging findings are interpreted together with the patient's clinical signs. Definitive diagnosis requires cytological or histopathological confirmation. Individual reports and small clinical studies describe situations in which expected imaging patterns are absent or misleading. . . [114]

Frances et al. reported several dogs with histologically confirmed gastrointestinal lymphoma despite normal ultrasonographic examinations. . . [115] Normal ultrasonographic findings do not exclude clinically significant disease. Yasuda et al. described a dog in which MRI identified abnormalities not recognised by CT and

influenced clinical management. ...[57] Jeon et al. reported ultrasonographic, CT and PET-CT findings consistent with intestinal neoplasia. Histopathology identified granulomatous enteritis. ...[116] Nam et al. described a similar diagnostic challenge. Imaging suggested intestinal lymphoma, but histopathology confirmed an intestinal mast cell tumour. ...[117] Defarges et al. reported dogs with gastrointestinal angiodysplasia that remained unseen by conventional endoscopy and even exploratory surgery. Video capsule endoscopy identified the lesions. ...[63]

These examples do not reduce the value of diagnostic imaging. They show that every imaging modality has strengths and limitations. Imaging findings must always be interpreted together with the clinical picture. Cytology or histopathology remains necessary when a definitive diagnosis is required. Understanding the capabilities and limitations of each imaging modality is an essential part of clinical decision-making.

One of the main observations from this thesis is that selecting an imaging modality cannot be reduced to a disease-based algorithm alone. Different imaging techniques are often associated with specific gastrointestinal disorders, but the optimal examination is influenced by the individual clinical context. Patient stability, body condition, lesion location, equipment availability, operator expertise and, above all, the diagnostic question being asked, all influence which imaging modality is most appropriate for an individual patient. Imaging modalities are not competing techniques arranged in a hierarchy of diagnostic value. Each of them is a complementary diagnostic tool whose usefulness depends on the clinical question being asked and the circumstances of the individual patient.

This perspective shows why diagnostic imaging asks for clinical reasoning rather than protocol-driven decision-making alone. Clinical guidelines provide valuable frameworks for investigation, but they cannot account for every combination of patient factors seen in practice. Selecting the most appropriate imaging modality stays an individual clinical

decision that combines current evidence with the characteristics of the patient and the diagnostic question being asked.

This thesis does not propose a universal diagnostic algorithm for canine gastrointestinal disease. The idea was to show how understanding the strengths and limitations of different imaging modalities may help to adapt diagnostic strategies to individual patients.

Chapter 6. Conclusion

This thesis supports four main conclusions about the use of imaging modalities in canine gastrointestinal disease.

1. Each imaging modality contributes unique diagnostic information.

GI diseases often produce similar clinical signs despite different underlying pathological processes. Different imaging modalities provide different types of diagnostic information. Some show structural abnormalities, others define disease extent, guide tissue sampling or assess functional changes. The choice of imaging modality depends on the diagnostic question and the information needed for the individual patient.

2. Imaging modalities complement one another.

No imaging modality replaces another in every clinical situation. The imaging modalities complement one another, as each contributes different diagnostic information. Using them together, when appropriate, provides a more complete picture than relying on a single examination.

3. Every imaging modality has strengths and limitations.

No imaging modality provides all the information necessary in every patient. Each technique has advantages and limitations. Diagnostic value depends on the clinical question, the suspected disease process and the stage of the investigation.

4. Modern imaging supports a stepwise diagnostic approach.

Multiple imaging modalities make stepwise diagnostic investigation possible. In many cases, the least invasive examination capable of answering the clinical question can be performed first. Additional imaging is used only if further information is needed.

This approach reduces unnecessary diagnostic investigations. Diagnostic accuracy is maintained.

Ultimately, the diagnostic question determines the imaging strategy.

References

1. Dandrieux JRS, Mansfield CS. Chronic Enteropathy In Canines: Prevalence, Impact And Management Strategies. *Vet Med Res Rep*. 2019 Dec 6;10:203–14. doi:10.2147/VMRR.S162774 PubMed PMID: 31828025; PubMed Central PMCID: PMC6902862.
2. O'Neill DG, James H, Brodbelt DC, Church DB, Pegram C. Prevalence of commonly diagnosed disorders in UK dogs under primary veterinary care: results and applications. *BMC Vet Res*. 2021 Feb 17;17(1):69. doi:10.1186/s12917-021-02775-3
3. Schmid SM, Hoffman JM, Gould EN, Moon A, Creevy KE. Cross-sectional survey of 43,517 dogs in the Dog Aging Project identifies owner-reported lifetime prevalence and characteristics of gastrointestinal disease. *J Am Vet Med Assoc*. 2024 Dec 1;262(12):1–9. doi:10.2460/javma.24.05.0306
4. Edward J. Hall, Aarti Kathrani, David A. Williams. *BSAVA Manual of Canine and Feline Gastroenterology*. 3rd ed. British Small Animal Veterinary Association (BSAVA); 2022.
5. Heilmann RM, Jergens AE, Kathrani A, Allenspach K, Salavati Schmitz S, Priestnall SL, et al. ACVIM–endorsed statement: consensus statement and systematic review on guidelines for the diagnosis and treatment of chronic inflammatory enteropathy in dogs. *J Vet Intern Med*. 2026 Jan 1;40(1):aalaf017. doi:10.1093/jvimsj/aalaf017
6. Stephen J. Ettinger, Edward C. Feldman, Etienne Côté. *Ettinger's Textbook of Veterinary Internal Medicine*. 9th ed. Elsevier; 2024.
7. Washabau RJ, Day MJ. *Canine & feline gastroenterology*. St. Louis, Mo: Elsevier Saunders; 2013. 996 p.
8. Robert O'Brien, Frances Barr. *BSAVA Manual of Canine and Feline Abdominal Imaging*. British Small Animal Veterinary Association (BSAVA); 2009.
9. Donald E. Thrall. *Thrall's Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology*. 8th ed. Elsevier; 2024.
10. Dennis R, Kirberger Robert M., Frances Barr, Robert H., editors. *Handbook of small animal radiology and ultrasound: techniques and differential diagnoses*. 2nd ed. Edinburgh New York: Churchill Livingstone/Elsevier; 2010. 1 p.
11. Caraiani C, Yi D, Petrescu B, Dietrich C. Indications for abdominal imaging: When and what to choose? *J Ultrason*. 2020 Apr;20(80):e43–54. doi:10.15557/JoU.2020.0008 PubMed PMID: 32320166; PubMed Central PMCID: PMC7266076.
12. Yitbarek D, Dagnaw GG. Application of Advanced Imaging Modalities in Veterinary Medicine: A Review. *Vet Med Res Rep*. 2022 May 31;13:117–30. doi:10.2147/VMRR.S367040

13. Dominique Penninck, Marc-André d'Anjou. Atlas of Small Animal Ultrasonography. 2nd ed. Wiley-Blackwell; 2015.
14. Greco A, Meomartino L, Gnudi G, Brunetti A, Di Giancamillo M. Imaging techniques in veterinary medicine. Part II: Computed tomography, magnetic resonance imaging, nuclear medicine. *Eur J Radiol Open*. 2022 Dec 13;10:100467. doi:10.1016/j.ejro.2022.100467 PubMed PMID: 36570419; PubMed Central PMCID: PMC9768321.
15. John S. Mattoon, Rance K. Sellon, Clifford R. Berry. Small Animal Diagnostic Ultrasound. 4th ed. Elsevier; 2021.
16. Lhermette, Philip, Sobel, David, Robertson, Elise. BSAVA Manual of Canine and Feline Endoscopy and Endosurgery. 2nd ed. Quedgeley, Gloucester, UK: BSAVA (British Small Animal Veterinary Association); 2020.
17. Cortez K, Anson A, Schwarz L, Biedak N, Noel T, South A. Accuracy of Plain Digital Radiography for the Detection of Gastrointestinal Masses in Dogs and Cats. *Anim Open Access J MDPI*. 2026 Jan 17;16(2):292. doi:10.3390/ani16020292 PubMed PMID: 41594481; PubMed Central PMCID: PMC12837622.
18. Yuen F, Dennison S. Radiographic identification of challenging gastrointestinal tract foreign bodies: a descriptive study of how appearance varies in air versus water to aid interpretation. *Am J Vet Res*. 2024 Jul 1;85(7). doi:10.2460/ajvr.23.10.0237
19. Corrick J. Is radiography or ultrasonography superior at detecting intestinal obstructions in dogs with acute abdominal signs? *Vet Evid*. 2023 Jun 15;8(2). doi:10.18849/ve.v8i2.483
20. Meomartino L, Costanza D, Matarazzo M, Damiano N, Del Treste A, Sangiuliano C, et al. Imaging of gastrointestinal foreign body obstructions in dogs and cats. *Eur J Radiol Open*. 2026 Apr 28;16:100753. doi:10.1016/j.ejro.2026.100753 PubMed PMID: 42088454; PubMed Central PMCID: PMC13137067.
21. British Small Animal Veterinary Association (BSAVA). BSAVA Library . . [Internet]. BSAVA Library; . . [cited 2026 Jul 15]. Diagnostic imaging contrast agents. Available from: <https://www.bsavalibrary.com/content/formulary/backmatter/canine-and-felinediagnosticimagingcontrastagents>
22. Chang JH, Lee KC, Choi HJ, Yoon JH, Choi MC. Radiographic contrast study of the upper gastrointestinal tract of eight dogs using carboxymethylcellulose mixed with a low concentration of barium sulphate. *Vet Rec*. 2004 Feb 14;154(7):201–4. doi:10.1136/vr.154.7.201 PubMed PMID: 15002400.
23. Pollard RE. Videofluoroscopic Evaluation of the Pharynx and Upper Esophageal Sphincter in the Dog: A Systematic Review of the Literature. *Front Vet Sci*. 2019 Apr 24;6:117. doi:10.3389/fvets.2019.00117 PubMed PMID: 31069238; PubMed Central PMCID: PMC6491508.
24. Lehman KM, Saboda SR, Love KR, Pierce KV. Radiation Exposure During Contrast-Enhanced Videofluoroscopic Swallow Studies in Dogs and Cats. *Vet Radiol Ultrasound*. 2025 Sep;66(5):e70084. doi:10.1111/vru.70084 PubMed PMID: 40995946; PubMed Central PMCID: PMC12462226.

25. Kang J, Oh D, Choi J, Kim K, Yoon J, Choi M. Evaluation of a dual-purpose contrast medium for radiography and ultrasonography of the small intestine in dogs. *Am J Vet Res.* 2020 Dec 1;81(12):950–7. doi:10.2460/ajvr.81.12.950
26. Pentreath RJ, Applegate KE, Higley KA, Peremans K, Natsuhori M, Randall E, et al. Radiological protection of the patient in veterinary medicine and the role of ICRP. *Ann ICRP.* 2020 Dec;49(1_suppl):169–81. doi:10.1177/0146645320946619
27. ACVR's Radiation Safety Statement. American College of Veterinary Radiology . . [Internet]. 2019 Jun 2 . . [cited 2026 Jul 19]. Available from: <https://acvr.org/how-we-do-it/types-of-imaging-therapy/radiology/acvrs-radiation-safety-statement/>
28. Ullal TV, Marks SL, Belafsky PC, Conklin JL, Pandolfino JE. A Comparative Assessment of the Diagnosis of Swallowing Impairment and Gastroesophageal Reflux in Canines and Humans. *Front Vet Sci.* 2022 Jun 9;9:889331. doi:10.3389/fvets.2022.889331
29. Eivers C, Chicon Rueda R, Liuti T, Salavati Schmitz S. Retrospective analysis of esophageal imaging features in brachycephalic versus non-brachycephalic dogs based on videofluoroscopic swallowing studies. *J Vet Intern Med.* 2019;33(4):1740–6. doi:10.1111/jvim.15547 PubMed PMID: 31218762; PubMed Central PMCID: PMC6639489.
30. Seiler GS, Cohen EB, d'Anjou MA, French J, Gaschen L, Knapp S, et al. ACVR and ECVI consensus statement for the standardization of the abdominal ultrasound examination. *Vet Radiol Ultrasound.* 2022;63(6):661–74. doi:10.1111/vru.13151
31. Weisman MJ, Pankatz J, Eley N. Ultrasound-Guided Fine Needle Aspiration and Core Biopsy.
32. Oliveira IM, Da Silva WPR, Ribeiro RR, Lopes MM, Costa PRDS, Borges NC. Ultrasound elastography in dogs: Physical principles and application in intestinal evaluation. *Vet World.* 2024 Dec;2985–91. doi:10.14202/vetworld.2024.2985-2991
33. Esteves-Monteiro M, Duarte-Araújo M, Landolt C, Baptista CS. Ultrasonographic evaluation of the normal gastrointestinal wall in dogs and cats: a systematic review on study design and imaging outcomes. *Vet Q.* 2026 Dec 31;46(1):2622732. doi:10.1080/01652176.2026.2622732
34. Oliveira IM, de Almeida SSF, Sprícigo CVM, da Silva WPR, Silva MAM, Botelho AFM, et al. Correlation between the ultrasonographic measurement of intestinal thickening and laboratory parameters in asymptomatic dogs. *Open Vet J.* 2025;15(8):3798–808. doi:10.5455/OVJ.2025.v15.i8.45 PubMed PMID: 41036005; PubMed Central PMCID: PMC12483494.
35. Gomaa M, Kramer M, Samy MT, Omar MSA, Mekkawy NH. Ultrasonographic Findings of Most Common Surgical Disorders of Gastrointestinal Tract in Dogs and Cats. *Vol. 7.* 2012;7(1).

36. Huynh E, Berry CR. Ultrasonography of the Gastrointestinal Tract: Stomach, Duodenum, and Jejunum.
37. Glińska-Suchocka K, Jankowski M, Kubiak K, Spużak J, Dzimira S, Nicpoń J. Fine needle biopsy of abdominal organs in dogs – indications, contraindications and performance technique. *Pol J Vet Sci.* 2013 Dec 1;16(4):835–42. doi:10.2478/pjvs-2013-0118
38. Pelchat J, Chalhoub S, Boysen SR. The use of veterinary point-of-care ultrasound by veterinarians: A nationwide Canadian survey. *Can Vet J.* 2020 Dec;61(12):1278–82. PubMed PMID: 33299243; PubMed Central PMCID: PMC7659883.
39. *Small_Animal_Veterinary_Guidelines_for_Professional_Ultrasound_Practice.pdf* . . [Internet]. . . [cited 2026 Jul 15]. Available from: https://www.bmus.org/media/resources/files/Small_Animal_Veterinary_Guidelines_for_Professional_Ultrasound_Practice.pdf
40. Winter MD, Barry KS, Johnson MD, Berry CR, Case JB. Ultrasonographic and computed tomographic characterization and localization of suspected mechanical gastrointestinal obstruction in dogs. *J Am Vet Med Assoc.* 2017 Aug 1;251(3):315–21. doi:10.2460/javma.251.3.315
41. Hoey S, Drees R, Hetzel S. Evaluation of the gastrointestinal tract in dogs using computed tomography. *Vet Radiol Ultrasound Off J Am Coll Vet Radiol Int Vet Radiol Assoc.* 2013;54(1):25–30. doi:10.1111/j.1740-8261.2012.01969.x PubMed PMID: 22985215.
42. Murakami M, Heng HG, Sola M. CT features of confirmed and presumed gastric wall edema in dogs. *Vet Radiol Ultrasound.* 2022;63(6):711–8. doi:10.1111/vru.13123 PubMed PMID: 35674240; PubMed Central PMCID: PMC9796106.
43. Siow JW, Chau J, Podadera JM, Makara M. Investigation of scan delays for CT evaluation of inner wall layering and peak enhancement of the canine stomach and small intestine using a 20 second fixed-injection-duration and bolus tracking technique. *Vet Radiol Ultrasound.* 2023 Jan;64(1):42–52. doi:10.1111/vru.13142 PubMed PMID: 35959974; PubMed Central PMCID: PMC10087455.
44. Ilangovan R, Burling D, George A, Gupta A, Marshall M, Taylor SA. CT enterography: review of technique and practical tips. *Br J Radiol.* 2012 Jul;85(1015):876–86. doi:10.1259/bjr/27973476 PubMed PMID: 22553291; PubMed Central PMCID: PMC3474054.
45. El-Kalioubie M, Ali R. Abdominal CT enterography as an imaging tool for chronic diarrhea: Review of technique and diagnostic criteria. *Egypt J Radiol Nucl Med.* 2015 Jun;46(2):275–86. doi:10.1016/j.ejrm.2015.02.012
46. Keh S, Sohn J, Choi M, Lee N, Jang J, Kim H, et al. Evaluation of computed tomographic enterography with an orally administered lactulose solution in clinically normal dogs. *Vol. 77.* 2016;77(4):367–73. doi:10.2460/ajvr.77.4.367

47. Simeoni F, Signore FD, Terragni R, Tamburro R, Aste G, Vignoli M. Diagnostic Imaging of Gastrointestinal Tumours in Dogs and Cats: A Review. *Am J Anim Vet Sci*. 2020 Feb 1;15(2):89–101. doi:10.3844/ajavsp.2020.89.101
48. Sevy JJ, White R, Pyle SM, Aertsens A. Abdominal computed tomography and exploratory laparotomy have high agreement in dogs with surgical disease. *J Am Vet Med Assoc*. 2024 Feb 1;262(2):226–31. doi:10.2460/javma.23.08.0458
49. Jeong J, Choi H, Kim M, Kim SS, Goh J, Hwang J, et al. Computed tomography radiomics models of tumor differentiation in canine small intestinal tumors. *Front Vet Sci*. 2024 Sep 23;11:1450304. doi:10.3389/fvets.2024.1450304
50. Minitier BM, Gonçalves Arruda A, Zuckerman J, Caceres AV, Ben-Amotz R. Use of computed tomography (CT) for the diagnosis of mechanical gastrointestinal obstruction in canines and felines. *PLoS ONE*. 2019 Aug 23;14(8):e0219748. doi:10.1371/journal.pone.0219748 PubMed PMID: 31442244; PubMed Central PMCID: PMC6707543.
51. Maï W. Diagnostic MRI in dogs and cats. Boca Raton: CRC Press; 2018.
52. Sharma KD, Singh TN, Thakur K, Khan A, . N. Utility of magnetic resonance imaging in veterinary sciences with special reference to dogs and cats: A review. *Int J Vet Sci Anim Husb*. 2026 Jan 1;11(5S):44–9. doi:10.22271/veterinary.2026.v11.i5Sa.3262
53. Fujiwara R, Yamamoto K, Yamasaki M, Ohno K. Magnetic Resonance Cholangiopancreatography for Cholangiopancreatic Duct Imaging in Dogs. *Vet Radiol Ultrasound Off J Am Coll Vet Radiol Int Vet Radiol Assoc*. 2025 Jan;66(1):e70008. doi:10.1111/vru.70008 PubMed PMID: 39826111; PubMed Central PMCID: PMC11742707.
54. Maccioni F, Busato L, Valenti A, Cardaccio S, Longhi A, Catalano C. Magnetic Resonance Imaging of the Gastrointestinal Tract: Current Role, Recent Advancements and Future Prospectives. *Diagnostics*. 2023 Jan;13(14):2410. doi:10.3390/diagnostics13142410
55. Briola C. Magnetic Resonance Imaging and Magnetic Resonance Imaging Cholangiopancreatography of the Pancreas in Small Animals. *Vet Sci*. 2022 Jul 23;9(8):378. doi:10.3390/vetsci9080378 PubMed PMID: 35893771; PubMed Central PMCID: PMC9332374.
56. Rahmani V, Peltonen J, Amarilla SP, Hmelnikov D, Ruohoniemi M, Spillmann T. Feasibility of Magnetic Resonance Cholangiopancreatography in Dogs—A Post-Mortem Study. *Anim Open Access J MDPI*. 2023 Aug 4;13(15):2517. doi:10.3390/ani13152517 PubMed PMID: 37570325; PubMed Central PMCID: PMC10417338.
57. Yasuda D, Fujita M, Yasuda S, Taniguchi A, Miura H, Hasegawa D, et al. Usefulness of MRI Compared with CT for Diagnosis of Mesenteric Lymphoma in a Dog. *J Vet Med Sci*. 2004;66(11):1447–51. doi:10.1292/jvms.66.1447

58. Na H, Lee S, Choi H, Lee Y, Yamada K, Lee K. Deep Learning–Based Reconstruction Improves Image Quality in Canine Cranial Abdominal MRI: A Prospective Pilot Study. *Vet Radiol Ultrasound*. 2026 Jul;67(4):e70193. doi:10.1111/vru.70193 PubMed PMID: 42216717; PubMed Central PMCID: PMC13355138.
59. Slovak JE, Wang C, Morrison JA, Deitz KL, LeVine DN, Otoni C, et al. Endoscopic Assessment of the Duodenum in Dogs with Inflammatory Bowel Disease. *J Vet Intern Med*. 2014;28(5):1442–6. doi:10.1111/jvim.12424 PubMed PMID: 25274438; PubMed Central PMCID: PMC4895581.
60. Group TWIGS, Washabau R j., Day M j., Willard M d., Hall E j., Jergens A e., et al. Endoscopic, Biopsy, and Histopathologic Guidelines for the Evaluation of Gastrointestinal Inflammation in Companion Animals. *J Vet Intern Med*. 2010;24(1):10–26. doi:10.1111/j.1939-1676.2009.0443.x
61. Cartwright JA, Hill TL, Smith S, Shaw D. Evaluating Quality and Adequacy of Gastrointestinal Samples Collected using Reusable or Disposable Forceps. *J Vet Intern Med*. 2016;30(4):1002–7. doi:10.1111/jvim.14354 PubMed PMID: 27255591; PubMed Central PMCID: PMC5089600.
62. Jergens AE, Heilmann RM. Canine chronic enteropathy—Current state-of-the-art and emerging concepts. *Front Vet Sci*. 2022 Sep 21;9:923013. doi:10.3389/fvets.2022.923013
63. Defarges AM. Video Capsule Endoscopy in Dogs: Advantages, Disadvantages. *Clin Brief* March 2024.
64. Balogh L, Andócs G, Thuróczy J, Németh T, Láng J, Bodó K. VETERINARY NUCLEAR MEDICINE. SCINTIGRAPHICAL EXAMINATIONS – A REVIEW.
65. Krzemiński M, Lass P, Teodorczyk J, Krajka J. Veterinary nuclear medicine. *Nucl Med Rev*. 2004;7(2).
66. Deepti Netam, Rukmani Dewangan, Mohindar Rawate, Shailendra, Kanwar and Johnson Tandon. Scintigraphy in veterinary diagnostics: Clinical applications and future perspectives. *Int J Adv Biochem Res*. 2026. doi:https://www.doi.org/10.33545/26174693.2026.v10.i31.8015
67. Boillat CS, Gaschen FP, Gaschen L, Stout RW, Hosgood GL. Variability associated with repeated measurements of gastrointestinal tract motility in dogs obtained by use of a wireless motility capsule system and scintigraphy. *Am J Vet Res*. 2010 Aug 1;71(8):903–8. doi:10.2460/ajvr.71.8.903
68. Wyse C, McLellan J, Dickie A, Sutton D, Preston T, Yam P. A Review of Methods for Assessment of the Rate of Gastric Emptying in the Dog and Cat: 1898–2002. *J Vet Intern Med*. 2003;(17:609-621).
69. Grobman ME, Maitz CA, Reinero CR. Detection of silent reflux events by nuclear scintigraphy in healthy dogs. *J Vet Intern Med*. 2020 Jul;34(4):1432–9. doi:10.1111/jvim.15798 PubMed PMID: 32533759; PubMed Central PMCID: PMC7379020.

70. Oliveira I, Silva W, Borges N. B-mode and contrast-enhanced ultrasonography for intestinal assessment in dogs: A review. *Open Vet J.* 2025;(0):1. doi:10.5455/OVJ.2025.v15.i3.1
71. Burti S, Banzato T, Coghlan S, Wodzinski M, Bendazzoli M, Zotti A. Artificial intelligence in veterinary diagnostic imaging: Perspectives and limitations. *Res Vet Sci.* 2024 Aug 1;175:105317. doi:10.1016/j.rvsc.2024.105317
72. Nisa K, Lim SY, Shinohara M, Osuga T, Yokoyama N, Tamura M, et al. Evaluation of duodenal perfusion by contrast-enhanced ultrasonography in dogs with chronic inflammatory enteropathy and intestinal lymphoma. *J Vet Intern Med.* 2019;33(2):559–68. doi:10.1111/jvim.15432 PubMed PMID: 30784123; PubMed Central PMCID: PMC6430930.
73. Linta N, Pey P, Baron Toaldo M, Pietra M, Felici M, Bettini G, et al. Contrast-enhanced ultrasonography in dogs with inflammatory bowel disease. *J Vet Intern Med.* 2021;35(5):2167–76. doi:10.1111/jvim.16202 PubMed PMID: 34432324; PubMed Central PMCID: PMC8478066.
74. Salavati M, Pérez-Accino J, Tan YL, Liuti T, Smith S, Morrison L, et al. Correlation of minimally invasive imaging techniques to assess intestinal mucosal perfusion with established markers of chronic inflammatory enteropathy in dogs. *J Vet Intern Med.* 2021;35(1):162–71. doi:10.1111/jvim.15997 PubMed PMID: 33314285; PubMed Central PMCID: PMC7848335.
75. Cordella A, Stock E, Van De Maele I, Willems A, Saunders J. Use of Contrast-Enhanced Ultrasonography and Shear-Wave Elastography in the Diagnosis of Granulomatous Colitis in a French Bulldog. *Vet Sci.* 2021 Jul 15;8(7):133. doi:10.3390/vetsci8070133
76. Chhoei S, Kim S, Kim E, Lee D, Kang K, Keo S, et al. Intraluminal Contrast-Enhanced Ultrasonography Application in Dogs and Cats . . [Internet]. *Biology and Life Sciences*; 2024 . . [cited 2026 Jul 18]. Available from: <https://www.preprints.org/manuscript/202408.1859/v1> doi:10.20944/preprints202408.1859.v1
77. Figueira C, Thassila CFC, Maria CC. Elastography: Principles and considerations for clinical research in veterinary medicine cibeles. *J Vet Med Anim Health.* 2015 Mar 31;7(3):99–110. doi:10.5897/JVMAH2014.0344
78. Barr RG, Ferraioli G, Palmeri ML, Goodman ZD, Garcia-Tsao G, Rubin J, et al. Elastography Assessment of Liver Fibrosis: Society of Radiologists in Ultrasound Consensus Conference Statement. *Radiology.* 2015 Sep;276(3):845–61. doi:10.1148/radiol.2015150619 PubMed PMID: 26079489.
79. Winston JA, Suchodolski JS, Gaschen F, Busch K, Marsilio S, Costa MC, et al. Clinical Guidelines for Fecal Microbiota Transplantation in Companion Animals. *Adv Small Anim Care.* 2024 Nov;5(1):79–107. doi:10.1016/j.yasa.2024.06.006
80. Mabry K, Hill T, Marks SL, Hardy BT. Use of video capsule endoscopy to identify gastrointestinal lesions in dogs with microcytosis or gastrointestinal hemorrhage. *J Vet Intern Med.* 2019;33(5):1964–9. doi:10.1111/jvim.15584 PubMed PMID: 31381197; PubMed Central PMCID: PMC6766531.

81. Kim UY, Kim YJ, Lee JW, Kim M, Jang H, Jung DI. Detection of foreign bodies in the canine stomach using capsule endoscopy: a randomized trial. *Front Vet Sci.* 2024 Aug 7;11. doi:10.3389/fvets.2024.1440831
82. Stiller J, Defarges AM, Brisson BA, Bersenas AME, Pearl DL. Feasibility, complications, and quality of visualization using video capsule endoscopy in 40 dogs with overt or questionable gastrointestinal bleeding. *J Vet Intern Med.* 2021 Jul 1;35(4):1743–53. doi:10.1111/jvim.16153
83. St-Jean C, Collier A, Zur Linden A, Bersenas A, Defarges A. Feasibility and complications of videocapsule endoscopy in dogs weighing 7 kg or less. *J Vet Intern Med.* 2025;39(1):e17286. doi:10.1111/jvim.17286
84. Pereira AI, Franco-Gonçalo P, Leite P, Ribeiro A, Alves-Pimenta MS, Colaço B, et al. Artificial Intelligence in Veterinary Imaging: An Overview. *Vet Sci.* 2023 Apr 28;10(5):320. doi:10.3390/vetsci10050320
85. Ndiaye YS, Cramton P, Chernev C, Ockenfels A, Schwarz T. Comparison of radiological interpretation made by veterinary radiologists and state-of-the-art commercial AI software for canine and feline radiographic studies. *Front Vet Sci.* 2025 Feb 21;12:1502790. doi:10.3389/fvets.2025.1502790
86. Leib M s., Larson M m., Grant D c., Monroe W e., Troy G c., Panciera D l., et al. Diagnostic Utility of Abdominal Ultrasonography in Dogs with Chronic Diarrhea. *J Vet Intern Med.* 2012;26(6):1288–94. doi:10.1111/j.1939-1676.2012.01009.x
87. Zatloukal J, Crha M, Lorenzová J, Husník R, Kohout P, Nečas A. The Comparative Advantage of Plain Radiography in Diagnosis of Obstruction of the Small Intestine in Dogs. *Acta Vet Brno.* 2004;73(3):365–74. doi:10.2754/avb200473030365
88. Marroquin SM, Lee AM, Seitz MA, Wills RW, Woodruff KA. Comparison of abdominal computed tomography to ultrasonography in the diagnosis of biliary disease in dogs with acute abdominal signs. *Front Vet Sci.* 2025 Jun 23;12:1508705. doi:10.3389/fvets.2025.1508705 PubMed PMID: 40625702; PubMed Central PMCID: PMC12229846.
89. Bruwier A, Foughy A, Boursier JF, Leperlier D, Bedu AS. Ultrasonographic and computed tomographic features of a true gastro-gastric intussusception with concurrent foreign bodies in a dog. *Can Vet J.* 2022 Apr;63(4):407–10. PubMed PMID: 35368404; PubMed Central PMCID: PMC8922379.
90. Koo J, Eom K, Kim J, Jeong J, Yoon H, Lee M, et al. Computed Tomographic Features of Bezoars and Other Gastrointestinal Foreign Bodies in Dogs and Cats: A Comparative Analysis. *Animals.* 2025 Jan;15(9):1260. doi:10.3390/ani15091260
91. Simeoni F, Signore FD, Terragni R, Tamburro R, Aste G, Vignoli M. Diagnostic Imaging of Gastrointestinal Tumours in Dogs and Cats: A Review. *Am J Anim Vet Sci.* 2020 Feb 1;15(2):89–101. doi:10.3844/ajavsp.2020.89.101

92. Terragni R, Vignoli M, Van Bree HJ, Gaschen L, Saunders JH. Diagnostic imaging and endoscopic finding in dogs and cats with gastric tumors: A review. *Schweiz Arch Für Tierheilkd*. 2014 Dec 1;156(12):569–76. doi:10.1024/0036-7281/a000652
93. Jolly-Frahija I, Dormon S, Shing H, Sanchez FV. Endoscopic Biopsy Assessment of Neoplastic Prevalence in Dogs with Chronic Diarrhoea and Non-Suggestive Ultrasound Findings. *Sci*. 2025 Mar 28;7(2):39. doi:10.3390/sci7020039
94. Ivasovic F, Ruetten M, Kook PH. Prevalence of inflammatory versus neoplastic lesions in dogs with chronic gastrointestinal signs undergoing gastroduodenoscopy: 195 cases (2007–2015). *Res Vet Sci*. 2022 Sep;146:28–33. doi:10.1016/j.rvsc.2022.03.014
95. Choi M, Seo M, Jung J, Lee K, Yoon J, Chang D, et al. Evaluation of Canine Gastric Motility with Ultrasonography. *J Vet Med Sci*. 2002;64(1):17–21. doi:10.1292/jvms.64.17
96. De Magistris AV, Rossi F, Valenti P, Anson A, Penninck DG, Agut A, et al. CT features of gastrointestinal spindle cell, epithelial, and round cell tumors in 41 dogs. *Vet Radiol Ultrasound Off J Am Coll Vet Radiol Int Vet Radiol Assoc*. 2023 Mar;64(2):271–82. doi:10.1111/vru.13188 PubMed PMID: 36382620.
97. Carrasco V, Rodríguez-Bertos A, Rodríguez-Franco F, Wise AG, Maes R, Mullaney T, et al. Distinguishing Intestinal Lymphoma From Inflammatory Bowel Disease in Canine Duodenal Endoscopic Biopsy Samples. *Vet Pathol*. 2015 Jul 1;52(4):668–75. doi:10.1177/0300985814559398
98. Perfetti S, Mugnai M, Citi S, Marconato L, Foglia A, Sabbatini S, et al. Role of CT in the Staging of Colorectal Tumors: A Preliminary Study on 10 Dogs. *Anim Open Access J MDPI*. 2024 May 21;14(11):1521. doi:10.3390/ani14111521 PubMed PMID: 38891567; PubMed Central PMCID: PMC11171116.
99. Forrest LJ. Computed Tomography Imaging in Oncology. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*. 2016 May;46(3):499–513, vi. doi:10.1016/j.cvsm.2015.12.007 PubMed PMID: 26851976.
100. Lorigados CAB, Pinto ACCBF, Matera JM, Modena DFA. Malignant perineal tumors in dogs: the contribution of computed tomography for staging and surgical planning. *Pesqui Veterinária Bras*. 2018 Dec;38(12):2241–5. doi:10.1590/1678-5150-pvb-5822
101. Rob Foale, Jackie Demetriou. *Saunders Solutions in Veterinary Practice: Small Animal Oncology*. 1st ed. Edinburgh: Saunders Elsevier; 2010. (Saunders Solutions in Veterinary Practice).
102. Tamura M, Ohta H, Shimbo G, Osuga T, Sasaki N, Morishita K, et al. Usefulness of noninvasive shear wave elastography for the assessment of hepatic fibrosis in dogs with hepatic disease. *J Vet Intern Med*. 2019;33(5):2067–74. doi:10.1111/jvim.15598 PubMed PMID: 31461576; PubMed Central PMCID: PMC6766497.

103. NISA K, LIM SY, SHINOHARA M, NAGATA N, SASAOKA K, DERMLIM A, et al. Repeatability and reproducibility of quantitative contrast-enhanced ultrasonography for assessing duodenal perfusion in healthy dogs. *J Vet Med Sci.* 2017 Sep;79(9):1585–90. doi:10.1292/jvms.17-0174 PubMed PMID: 28781327; PubMed Central PMCID: PMC5627333.
104. Deborah C. Silverstein, Kate Hopper. *Small Animal Critical Care Medicine.* 3rd ed. Elsevier; 2022.
105. Gregory R. Lisciandro. *Point-of-Care Ultrasound Techniques for the Small Animal Practitioner.* 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc.; 2021.
106. Turner RBS, Firestone SM, Dunshea FR, Mansfield C. Survey on Inter- and Intra-Observer Variations of the Ultrasound Assessment of Dog Pancreases. *Vet Radiol Ultrasound.* 2026;67(4):e70202. doi:10.1111/vru.70202
107. Theresa Welch Fossum. *Small Animal Surgery.* 5th ed. St. Louis, Missouri: Elsevier; 2019.
108. Minitier BM, Gonçalves Arruda A, Zuckerman J, Caceres AV, Ben-Amotz R. Use of computed tomography (CT) for the diagnosis of mechanical gastrointestinal obstruction in canines and felines. Ashley SW, editor. *PLOS ONE.* 2019 Aug 23;14(8):e0219748. doi:10.1371/journal.pone.0219748
109. Bhavani MS, Kavitha S, Sumathi D, Bhat AA. Abdominal ultrasonography in canine inflammatory bowel disease: A short study. *J Entomol Zool Stud.* 2021 Jan 1;9(1):1977–81. doi:10.22271/j.ento.2021.v9.i1ab.8421
110. Marsilio S, Freiche V, Johnson E, Leo C, Langerak AW, Peters I, et al. ACVIM consensus statement guidelines on diagnosing and distinguishing low-grade neoplastic from inflammatory lymphocytic chronic enteropathies in cats. *J Vet Intern Med.* 2023 May 2;37(3):794–816. doi:10.1111/jvim.16690 PubMed PMID: 37130034; PubMed Central PMCID: PMC10229359.
111. Park S, Jeung S, Ji Y, Kiupel M, Lee K, Yoon H. Case Report: Ultrasonographic and computed tomographic features of presumed gastric plasmacytoma (plasma cell tumor) with ulceration in two dogs. *Front Vet Sci.* 2025 Aug 12;12:1634049. doi:10.3389/fvets.2025.1634049 PubMed PMID: 40874204; PubMed Central PMCID: PMC12379048.
112. Negoescu A, Borfalău CD, Gal C, Taulescu M, Cătoi C. Epidemiology of gastrointestinal proliferative neoplastic-like lesions and tumors in dogs and cats: a retrospective study in two Romanian reference laboratories. *Cluj Vet J.* 2025 Mar 19;30(1):1–8. doi:10.52331/cvj.v30i1.91
113. DE ALMEIDA M, GREGÓRIO H, PEREIRA A, QUEIROGA FL. The Diagnostic Yield of Whole-body Computed Tomography in Dogs and Cats in the Oncology Setting. *In Vivo.* 2025 Apr 28;39(3):1293–302. doi:10.21873/invivo.13933 PubMed PMID: 40295013; PubMed Central PMCID: PMC12041982.

114. Kneissl SM, Prüllage ML, Vali Y, Vodnarek J, Klang A, Dolezal M, et al. Comparison of pre- and intraoperative findings in 35 cats and 60 dogs presenting with gastrointestinal signs. *Front Vet Sci.* 2025 Oct 7;12:1562792. doi:10.3389/fvets.2025.1562792 PubMed PMID: 41127354; PubMed Central PMCID: PMC12537382.
115. Frances M, Lane AE, Lenard ZM. Sonographic features of gastrointestinal lymphoma in 15 dogs. *J Small Anim Pract.* 2013 Sep;54(9):468–74. doi:10.1111/jsap.12117
116. JEON S, KWON SY, CENA R, LEE J hwan, CHO KO, MIN JJ, et al. Ultrasound, CT and FDG PET-CT of a Duodenal Granuloma in a Dog. *J Vet Med Sci.* 2014 Jul;76(7):1073–7. doi:10.1292/jvms.13-0627 PubMed PMID: 24748419; PubMed Central PMCID: PMC4143653.
117. Nam C, Park N, Shin M, Lim H, Kim J, Eom K. Sonographic and computed tomographic features of intestinal mast cell tumors mimicking alimentary lymphoma in 2 dogs. *Can Vet J.* 65(1):17–24. PubMed PMID: 38164388; PubMed Central PMCID: PMC10727168.