

Локес Петро Іванович – кандидат ветеринарних наук, доцент, завідувач кафедри терапії Полтавської державної аграрної академії, відмінник освіти України, відмінник аграрної освіти та науки.

Автор понад 130 наукових та науково-методичних праць, у тому числі підручника, чотирьох посібників, п'ятих патентів України, п'ятих науково-методичних розробок та настанови з використання СБА у ветеринарії.

Стовба Віктор Григорович – лікар-рентгенолог вищої категорії діагностичного відділу 2-ої МКЛ м. Полтава.

Автор понад 15 наукових та науково-методичних праць, у тому числі двох посібників, одного патента України на корисну модель.



Кравченко Сергій Олександрович – кандидат ветеринарних наук, старший викладач кафедри терапії Полтавської державної аграрної академії.

Автор понад 20 наукових та науково-методичних праць, у тому числі двох патентів України на корисну модель.

Каришева Людмила Павлівна – старший викладач кафедри терапії Полтавської державної аграрної академії.

Автор 33 наукових та науково-методичних праць, у тому числі трьох посібників та навчально-методичного комплексу.



Гришук Андрій Вікторович – кандидат ветеринарних наук, начальник управління ветеринарної медицини в Лубенському районі, головний державний ветеринарний інспектор у Лубенському районі, старший викладач кафедри терапії Полтавської державної аграрної академії.

Автор 15 наукових та науково-методичних праць, у тому числі шести методичних рекомендацій.

П. І. Локес, В. Г. Стовба,
С. О. Кравченко,
Л. П. Каришева, А. В. Гришук

КОМП'ЮТЕРНА, МАГНІТНО-РЕЗОНАНСНА ТОМОГРАФІЯ ТА ІНШІ СУЧАСНІ МЕТОДИ ДІАГНОСТИКИ У ВЕТЕРИНАРНІЙ МЕДИЦИНІ ДРІБНИХ ТВАРИН



**П. І. Локес, В. Г. Стовба, С. О. Кравченко,
Л. П. Каришева, А. В. Грищук**

**Комп'ютерна, магнітно-резонансна
томографія та інші сучасні методи
діагностики у ветеринарній медицині
дрібних тварин**

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
як навчальний посібник для студентів магістратури
вищих навчальних закладів III-IV рівнів акредитації
напрямку підготовки 8. 110 101 «Ветеринарна медицина»*

Полтава-2011
Полтавська державна аграрна академія
Видавництво «Довкілля-К»

ББК 42.143
УДК 619:616-073.75:636.7:636.8(075.8)
Л 62

*Гриф наданий Міністерством освіти і науки України
(лист МОНУ №1-1399 від 18.02. 2011р.)*

Автори:

Локес П. І. – кандидат ветеринарних наук, доцент, завідувач кафедри терапії Полтавської державної аграрної академії;

Стовба В. Г. – лікар-рентгенолог 2-ої МКЛ м. Полтава;

Кравченко С. О. – кандидат ветеринарних наук, старший викладач кафедри терапії Полтавської державної аграрної академії;

Каришева Л. П. – старший викладач кафедри терапії Полтавської державної аграрної академії;

Грищук А. В. – кандидат ветеринарних наук, старший викладач кафедри терапії Полтавської державної аграрної академії.

Рецензенти:

Влізло В. В. – доктор ветеринарних наук, професор, академік НААН України, директор Інституту біології тварин НААН України;

Цвіліховський М. І. – доктор біологічних наук, професор, академік НААН України, завідувач кафедри терапії і клінічної діагностики Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Локес П. І., Стовба В. Г., Кравченко С. О., Каришева Л. П., Грищук А. В.
Л 62 Комп'ютерна, магнітно-резонансна томографія та інші сучасні методи діагностики у ветеринарній медицині дрібних тварин : навч. посіб. [для студент. вищ. навч. закл.] – Полтава : Довкілля-К, 2011. – 148 с.

ISBN

У роботі викладено основні факти, що стосуються історії розвитку КТ (комп'ютерної томографії), МРТ (магнітно-резонансної томографії), сцинтиграфії, термографії, їхніх фізичних властивостей, біологічної дії, особливостей отримання діагностичних зображень, питань підготовки тварин до дослідження, методики дослідження різних органів, основи КТ/МРТ семіотики при захворюваннях, травмах та інших патологічних станах внутрішніх органів.

Посібник призначений для студентів магістратури вищих навчальних закладів III-IV рівнів акредитації напряму підготовки 8. 110 101 “Ветеринарна медицина” і є логічним завершенням трилогії з “Ветеринарної променевої діагностики”.

ISBN

© Локес П. І., Стовба В. Г., Кравченко С. О.,
Каришева Л.П., Грищук А.В., 2011
© «Довкілля-К», 2011

ВСТУП

Стародавнє латинське прислів'я говорить: «*Diagnosis cetra – ullae therapiae fundamentum*» («Достовірний діагноз – основа будь-якого лікування»). Упродовж багатьох століть зусилля лікарів ветеринарної медицини були спрямовані на вирішення важливої задачі – поліпшення розпізнавання захворювань тварин.

Потреба в методі, який би дав змогу зазирнути всередину тіла тварини, не ушкоджуючи його, була величезною, хоча й не завжди усвідомленою. Адже всі відомості, що стосуються нормальної і патологічної анатомії тварин, ґрунтувалися виключно на вивченні трупів. Після того, як у Європі почали широко застосовувати розтини трупів тварин, лікарі змогли вивчити будову органів і зміни, яких вони зазнають за тих чи інших захворювань.

Яку неоціненну користь приніс би безпосередній огляд тваринного організму, якби він став раптом «прозорим»! І, хтозна, чи хто-небудь із учених минулого міг припустити, що ця мрія цілком здійснена.

Потреба побачити не оболонку, а структуру організму тварини, його анатомію та фізіологію була настільки необхідною, що коли «чудові» промені, які дали змогу здійснити це на практиці, були нарешті відкриті, зазвичай консервативні й часто недовірливі до нововведень лікарі відразу зрозуміли: у ветеринарії настала нова ера.

Уже в перші десятиріччя після того, як стало відомо про існування та властивості цих променів, лікарі різних країн почали застосовувати їх для дослідження найважливіших органів і систем організму. Впродовж XX століття з'явилися сотні наукових повідомлень у пресі, присвячених результатам цих досліджень.

Кількість повідомлень із часом зростала. З'ясовувалися все нові й нові можливості рентгенологічного методу. З'явилися перші книги, присвячені йому.

Не встигли лікарі повністю опанувати можливості рентгенівських променів у діагностиці, як були відкриті інші методи, що дозволяють отримати зображення внутрішніх органів, доповнюючи дані рентгенологічного дослідження. До них відносяться комп'ютерна томографія (КТ), радіонуклідне та ультразвукове дослідження (УЗД), тепlobачення, ядерно-магнітний резонанс (ЯМР/МРТ), фотонна емісія й інші методи, які ще не набули загального використання.

Ці методи засновані на використанні близьких за своєю природою хвильових коливань, для проникнення яких тканини тіла не є

перешкодою. Вони спільні й тим, що в результаті взаємодії хвильових коливань з органами і тканинами організму на різних приймачах – екрані, плівці, папері та ін. – виникають їх зображення, інтерпретація яких дає змогу скласти уяву про стан різних анатомічних утворень.

Таким чином, усі вказані вище методи принципово близькі рентгенодіагностиці як за своєю природою, так і за характером кінцевого результату їх застосування.

Впровадження у практику даних методів (спільно із рентгенологією) сприяло виникненню нової перспективної медичної дисципліни, що отримала за кордоном назву діагностичної радіології (від латинського *radius* – промінь), а у нас – променевої діагностики.

Можливості даного методу діагностики захворювань тварин досить значні. Йому доступні практично всі органи і системи організму, всі анатомічні утворення, розміри яких більші за мікроскопічні. На відміну від класичних методик досліджень (пальпації, перкусії, аускультації), основним аналізатором інформації, здобутої методами променевої діагностики, є орган зору, за допомогою якого ми отримуємо близько 90% інформації про навколишній світ, до того ж найдостовірнішої.

Останнім часом чимало лікарів-клініцистів ветеринарної медицини почали розробляти нові методи діагностики та лікування раку, причому не без протидії своїх колег, які вважали, що тварин з інооперабельними пухлинами слід піддавати евтаназії.

У наш час в діагностиці й лікуванні захворювань домашніх тварин, що донедавна вважалися невиліковними, необхідно застосовувати такі ж високі стандарти, як і в гуманній медицині.

Онкологія привернула до себе увагу ветеринарних клініцистів відносно недавно. Ще 30 років тому єдиними фахівцями, які цікавилися онкологією дрібних тварин, були ветеринарні гістологи. Відкриття в 1964 році Джарретом і його колегами вірусної етіології лімфосаркоми у кішок дало новий поштовх до досліджень патогенезу та епізоотології пухлин у тварин.

Коли широка мережа установ ветеринарної медицини буде оснащена високоякісним обладнанням, що дасть змогу використовувати всі можливості променевої діагностики, а лікарі, які працюють у таких установах, будуть навчені поводженню з цією складною апаратурою і, головне, повноцінній розшифровці отримуваних за її допомогою зображень, діагностика захворювань тварин стане більш ранньою і достовірною не лише у великих науково-дослідницьких і клінічних центрах, але й на «передовій» – у міських та районних ветеринарних лікарнях.

Від рівня роботи саме цих лікувально-діагностичних установ врешті-решт залежить рання і своєчасна діагностика, а, отже, в значній мірі і результати лікування переважної більшості хвороб.

Для прикладу: у 2008 році на базі Червоногвардійської дільничної лікарні ветеринарної медицини м. Москви почав працювати комп'ютерний томограф для дрібних домашніх тварин (це наразі єдиний в Росії комп'ютерний томограф, призначений для проведення діагностичних досліджень дрібних домашніх тварин). Сподіваємось, настане час, коли і ветеринарні клініки нашої країни будуть оснащені подібною технікою.

Нині організаційна структура ветеринарної рентгенівської служби в Україні не створена, а існуючі рентгенівські кабінети оснащені застарілою технікою і в частині випадків не функціонують, підготовка кадрів ветеринарних рентгенологів для практичної ветеринарної мережі не ведеться. Розроблені оригінальні методи рентгенологічних досліджень тварин у більшості випадків не застосовуються. Існуюча література з ветеринарної рентгенології застаріла, а навчальні посібники для ветеринарних факультетів відсутні. Крім того, вкрай недосконало організовані, оснащені технічно, методично та забезпечені кадрами інші напрями в променевої діагностиці й терапії тварин: рентгенівська комп'ютерна томографія (КТ), магнітно-резонансна комп'ютерна томографія (МРТ), радіонуклідні методи і зокрема емісійна комп'ютерна томографія, ультразвукові й термографічні дослідження, а також променева терапія.

Таким чином, досягнення науково-технічного прогресу і прогнози розвитку ветеринарної науки, зростання культури та загальної освіти людини висувають високі вимоги до сучасного фахівця, а інформація, що отримується за допомогою променевих методів діагностики, необхідна у повсякденній практичній діяльності лікарів ветеринарної медицини всіх спеціальностей.

Розвиток методів променевої діагностики впродовж останніх років у цілому свідчить про тенденцію до їхнього якісного прогресу і розширення діагностичних можливостей. Це пов'язано, насамперед, із технічними досягненнями, серед яких варто згадати широке впровадження у практику різних нових детекторів і носіїв рентгенівської інформації, неіонних рентгенконтрастних препаратів, методів дослідження, таких як цифрова субстракційна рентгенографія, комп'ютерна рентгенівська, магнітно-резонансна та емісійна томографія, комп'ютерна сцинтиграфія, термографія й ультразвукові методи, що стрімко розширюють діагностичні можливості.

КОМП'ЮТЕРНА ТОМОГРАФІЯ У ВЕТЕРИНАРНІЙ МЕДИЦИНІ

Комп'ютерна томографія (КТ) в широкому значенні є синонімом терміну *томографія*, оскільки всі сучасні методи томографій реалізуються за допомогою комп'ютерної техніки; у вузькому (у якому вживається значно частіше) – синонімом терміну *рентгенівська комп'ютерна томографія*, оскільки саме цей метод поклав початок сучасній томографії. Метод заснований на вимірюванні та складній комп'ютерній обробці різниці ослаблення рентгенівського випромінювання різними за щільністю тканинами.

В основі комп'ютерної томографії лежить процес поглинання рентгенівського випромінювання тканинами, тобто в цьому сенсі вона аналогічна класичній рентгенології. Принципова відмінність полягає в тому, що рентгенівський промінь, який створюється рентгенівською трубкою і потім фокусується коліматором, після проходження крізь тіло потрапляє на датчики. Останні реєструють інтенсивність випромінювання. Отримання зображення поперечного перерізу досліджуваного об'єкта досягається за допомогою кругового руху рентгенівської трубки, просування столу та математичної обробки безлічі рентгенівських зображень. Результати вимірювань того самого об'єкту, зроблених під різними кутами, перетворюються в двомірне зображення пошарово. У порівнянні з традиційною рентгенологічною діагностикою КТ дозволяє розрізнити тканини, що мінімально відрізняються одна від одної за щільністю (на 0,5%), тобто контрастна здатність КТ у десятки разів перевищує можливості традиційного рентгенівського зображення. Крім того, пошаровість отримання зображень виключає ефект «нашарування тіней».

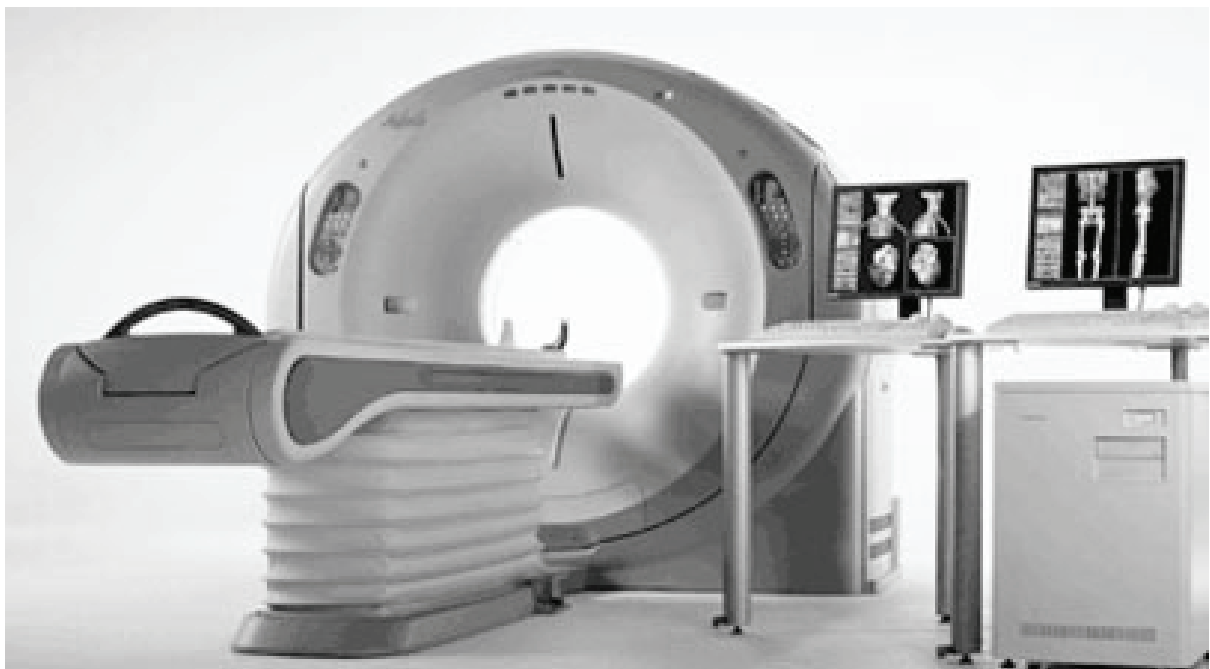
Історична довідка та загальні положення КТ

Перші математичні алгоритми для КТ були розроблені в 1917 р. австрійським математиком І. Радоном (так зване “перетворення Радона”). Фізичною основою методу є експоненціальний закон ослаблення випромінювання, який справедливий для чисто поглинаючих середовищ. У рентгенівському діапазоні випромінювання експоненціальний закон працює з високим ступенем точності, тому розроблені

КОМП'ЮТЕРНА ТОМОГРАФІЯ У ВЕТЕРИНАРНІЙ МЕДИЦИНІ

математичні алгоритми були вперше застосовані саме для рентгенівської комп'ютерної томографії.

У 1963 р. американський фізик А. Кормак повторно (але іншим, ніж Радон, способом) вирішив задачу відновлення томографії, а в 1969 році англійський інженер-фізик Г. Хаунсфілд із фірми EMI Ltd. сконструював “ЕМІ-сканер (EMI-scanner)” – перший комп'ютерний рентгенівський томограф, клінічні випробування якого відбулись у 1972 році. У 1979 році Кормак і Хаунсфілд за розробку комп'ютерної томографії стали лауреатами Нобелівської премії в галузі фізіології та медицини.



Мал. 1 – Загальний вигляд комп'ютерного томографа

Зображення, отримані методом рентгенівської комп'ютерної томографії, мають свої аналоги в історії вивчення анатомії. Зокрема, Микола Іванович Пирогов розробив новий метод вивчення взаєморозташування органів оперуючими хірургами, який отримав назву *топографічної анатомії*. Суттю методу було вивчення заморожених трупів, що їх пошарово розрізали у різній анатомічній площині («анатомічна томографія»). Пироговим був виданий атлас під назвою «Топографічна анатомія, ілюстрована розрізами, проведеними через заморожене тіло людини в трьох напрямках». Власне, ілюстрації в атласі стали передвісниками виникнення подібних зображень, отриманих променевими методами томографічних досліджень.

Зрозуміло, сучасні способи отримання пошарових зображень мають незрівнянні переваги: нетравматичність, що дозволяє прижиттєву діагностику захворювань; можливість апаратної реконструкції одноразово отриманих зображень у різних анатомічних площинах (проекціях), а також тривимірної реконструкції; можливість не тільки оцінювати розміри та взаєморозташування органів, але й детально вивчати їх структурні особливості та навіть окремі фізіологічні характеристики, ґрунтуючись на показниках рентгенівської щільності та їх змінах за внутрішньовенного контрастного підсилення.



Мал. 2 – Тривимірна (3D) реконструкція черепа собаки за допомогою КТ (Ветеринарна клініка "VETVESTA", м. Рига)

Для візуальної та кількісної оцінки щільності структур, що візуалізуються методом комп'ютерної томографії, використовується шкала ослаблення рентгенівського випромінювання, яка отримала назву шкали Хаунсфілда (її візуальним відображенням на моніторі апарата є чорно-білий спектр зображення). Діапазон одиниць шкали ("денситометричних показників", англ. – "*Hounsfield units*"), відповідних рівню ослаблення рентгенівського випромінювання анатомічними структурами організму, складає в середньому від -1024 до $+1024$ (у практичному застосуванні ці величини на різних апаратах можуть дещо різнитися). Середній показник у шкалі Хаунсфілда (0 HU) відповідає щільності води, негативні величини шкали є відповідниками повітря і жирової тканини, позитивні – м'якої, кісткової тканини і щільнішої речовини (металу).

Слід зазначити, що “рентгенівська щільність” – усереднене значення поглинання тканиною випромінювання, тобто оцінка складної анатомо-гістологічної структури вимірювання, її «рентгенівської щільності» — не завжди дозволяє з точністю стверджувати, яка тканина візуалізується (наприклад, насичені жиром м'які тканини мають щільність, відповідну щільності води).

Звичайний комп'ютерний монітор здатний відтворити до 256 градацій сірого кольору, деякі спеціалізовані медичні апарати здатні показувати до 1024 градацій. У зв'язку зі значною шириною шкали Хаунсфілда і нездатністю існуючих моніторів відобразити весь її діапазон у чорно-білому спектрі використовується програмний перерахунок сірого градієнта залежно від інтервалу шкали, що цікавить. Чорно-білий спектр зображення можна застосовувати як у широкому діапазоні (“вікні”) денситометричних показників (візуалізуються структури різної щільності, проте неможливо розрізнити структури, близькі зі щільністю), так і в більш-менш вузькому із заданим рівнем його центру і ширини (“легеневе вікно”, “м'якотканинне вікно” тощо; в цьому випадку втрачається інформація про анатомічні структури, щільність яких виходить за межі діапазону, проте добре помітні структури, близькі за щільністю). Іншими словами, зміну центру вікна та його ширини можна порівняти відповідно зі зміною яскравості й контрастності зображення.

Таблиця 1

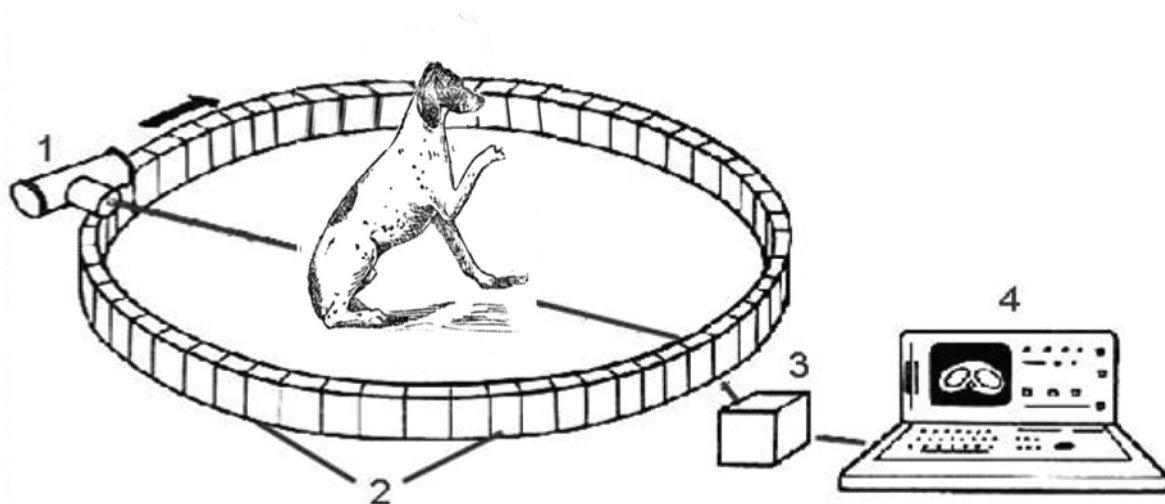
Середні денситометричні показники

Речовина	HU
Повітря	-1000
Жир	-120
Вода	0
М'які тканини	+40
Кістки	+400 і вище

Отримання комп'ютерної томограми (зрізу) на обраному рівні ґрунтується на виконанні наступних операцій:

- формування необхідної ширини рентгенівського променя (колімація);
- сканування пучком рентгенівського випромінювання, що здійснюється рухом (обертальним і поступальним) пристрою “випромінювач—детектор” навколо нерухомого об'єкта дослідження;

- вимірювання випромінювання і визначення його ослаблення з подальшим перетворенням результатів у цифрову форму;
- машинний (комп'ютерний) синтез томограми із сукупністю даних вимірювання, що відносяться до обраного шару;
- побудова зображення досліджуваного шару на екрані відеомонітора (дисплея).



Мал. 3 – *Схема рентгенівської комп'ютерної томографії:*

1 – випромінювач; 2 – круговий комірчастий детектор;

3 – комп'ютер; 4 – система отримання зображення

Відомо, що за однакової енергії рентгенівського випромінювання матеріал із більшою відносною молекулярною масою поглинатиме рентгенівське випромінювання сильніше, ніж речовина з меншою відносною молекулярною масою. Подібне ослаблення рентгенівського пучка може бути легко зафіксоване. Однак на практиці ми маємо справу з абсолютно неоднорідним об'єктом – тілом людини або тварини. Тому часто трапляється, що детектори фіксують декілька рентгенівських пучків однакової інтенсивності, в той час як вони пройшли крізь абсолютно різні середовища. Це спостерігається, наприклад, при проходженні крізь однорідний об'єкт великих розмірів і менший, але неоднорідний за структурою об'єкт, сумарна щільність яких співпадає, тобто на виході з різних середовищ інтенсивність променя може бути однаковою. При обертанні рентгенівської трубки навколо тіла пацієнта детектори реєструють 1,5–6 млн. сигналів із різних точок (проекцій) і, що особливо важливо, кожна точка багато разів проектується на різні навколишні точки. Під час реєстрації ослабленого рентгенівського випромінювання на кожному детекторі

збуджується струм, відповідний величині випромінювання, що потрапляє на детектор. У системі збору даних струм від кожного детектора перетворюється на цифровий сигнал і після посилення подається до ЕОМ для обробки і зберігання. Лише після цього починається власне процес відновлення зображення.

Відновлення зображення зрізу за сумою зібраних проекцій є надзвичайно складним процесом – його кінцевим результатом є матриця з відносними числами, що відповідають рівню поглинання кожної точки окремо.

У комп'ютерних томографах застосовуються матриці первинного зображення 256x256, 320x320, 512x512 і 1024x1024 елементи. Якість зображення зростає при збільшенні числа детекторів, кількості реєстрованих проекцій за один оберт трубки і при збільшенні первинної матриці. Збільшення кількості реєстрованих проекцій призводить до підвищення променевого навантаження, застосування більшої первинної матриці – до збільшення часу обробки зрізу або необхідності встановлювати додаткові спеціальні процесори відеозображення. За одне сканування отримують два суміжних зрізи, кожен 10 мм завтовшки. Картина зрізу відновлюється на матриці розміром 160x160 клітинок. Отримані коефіцієнти поглинання виражають у відносних одиницях шкали, нижня межа якої (–1000 од. Н.; од. Н. – одиниці Хаунсфілда, або числа комп'ютерної томографії) відповідає ослабленню рентгенівських променів у повітрі, верхня (+1000 од. Н.) – ослабленню в кістках, а за нуль береться коефіцієнт поглинання води. Різні тканини і рідкі середовища мають різні за величиною коефіцієнти поглинання: коефіцієнт поглинання жиру, наприклад, знаходиться в межах від –100 до 0 од. Н., спинномозкової рідини – від 2 до 16 од. Н., крові – від 28 до 62 од. Н. Це забезпечує можливість отримувати на комп'ютерних томограмах основні структури органів та виявляти наявність патологічних процесів у них. Чутливість системи в урахуванні перепаду рентгенівської щільності в звичайному режимі дослідження не перевищує 5 од. Н., що становить 0,5%. На екрані дисплея високим значенням щільності (наприклад, кістки) відповідають світлі ділянки, низьким – темні. Градаційна здатність екрана складає 15–16 напівтонових ступенів, що розрізняються людським оком. Таким чином, на кожен ступінь припадає близько 130 од. Н.

Відомо, що якість візуалізації анатомічних утворень і осередків ураження залежить передусім від двох чинників: розміру матриці, на якій будується томограма, і перепаду показників поглинання. Величина матриці має істотний вплив на точність діагностики. Так, кількість

помилкових діагнозів при аналізі томограм на матриці 80x80 клітинок складало 27%, а при роботі на матриці 160x160 – близько 11%.

Комп'ютерний томограф забезпечує два види роздільної здатності: просторову і за перепадом щільності. Перший тип визначається розміром клітинки матриці (зазвичай – 1,5x1,5 мм), другий – рівний 5 од. Н. (0,5%). Звичайна рентгенографія дає змогу відслідкувати мінімальну різницю щільності між сусідніми ділянками в 10–20%. Проте, за досить значного перепаду щільності розташованих поруч структур виникають специфічні для даного методу умови, що знижують його роздільну здатність, оскільки при побудові зображення в цих випадках відбувається математичне усереднення, і при цьому вогнища невеликих розмірів можуть бути не виявлені. Частіше це відбувається у невеликих зонах зниженої щільності, розташованих поблизу масивних кісткових структур (піраміди скроневих кісток) або кісток склепіння черепа. Важливою умовою для забезпечення проведення комп'ютерної томографії є нерухоме положення пацієнта, тому що будь-який рух під час дослідження призводить до виникнення артефактів (наведень): смуг темного кольору від утворень із низьким коефіцієнтом поглинання (повітря) і білих смуг – від структур із високим КП (кістка, металеві хірургічні кліпси), що також знижує діагностичні можливості.



Мал. 4 – КТ собаки на сучасному комп'ютерному томографі
(Ветеринарна клініка "VETVESTA", м. Рига)

Сучасний комп'ютерний томограф – це складний програмно-технічний комплекс. Механічні вузли і деталі виконані з високою точністю. Для реєстрації рентгенівського випромінювання, проведеного крізь середовище, використовуються надчутливі детектори. При виготовленні КТ томографів висуваються найжорсткіші вимоги до рентгенівських випромінювачів. Невід'ємною частиною апарата є значний пакет програмного забезпечення, що дозволяє проводити весь спектр досліджень комп'ютерних томографій (КТ-досліджень) з оптимальними параметрами, здійснювати подальшу обробку і аналіз КТ-зображень. Зазвичай стандартний пакет програмного забезпечення може бути значно розширений за допомогою вузькоспеціалізованих програм, що враховують особливості сфери застосування кожного конкретного апарата.

Прогрес КТ томографів безпосередньо пов'язаний зі збільшенням кількості детекторів, тобто зі збільшенням числа одночасно зібраних проєкцій.

Апарат **1-го покоління** з'явився в 1973 році. КТ-апарати першого покоління були покроковими, тобто, була одна трубка, спрямована на один детектор. Сканування проводилося крок за кроком, роблячи по одному оберту на шар. Один шар зображення опрацьовувався близько чотирьох хвилин.

У **2-му поколінні** КТ-апаратів використовувалася конструкція типу «віяло». На кільці обертання навпроти рентгенівської трубки встановлювалося декілька детекторів. Час обробки зображення становив 20 секунд.

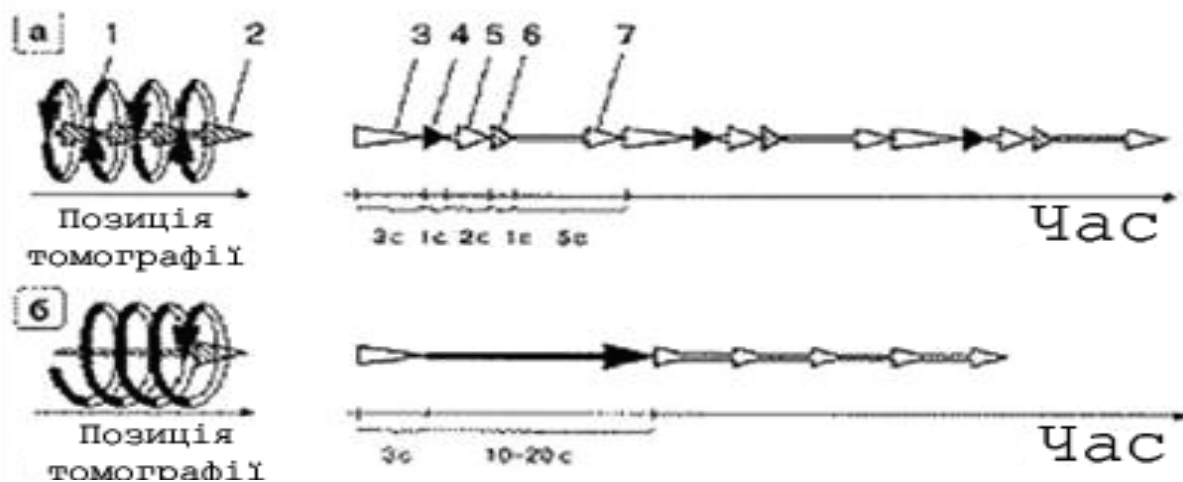
У **3-му поколінні** комп'ютерних томографів було реалізоване поняття спіральної комп'ютерної томографії. Трубка і детектори за один крок столу синхронно здійснювали повний оберт за годинниковою стрілкою, що значно зменшило час дослідження. Збільшилася і кількість детекторів. Час обробки та реконструкції значно скоротився.

4-е покоління має 1088 люмінесцентних датчиків, розташованих по всьому кільцю апарату. Обертається лише рентгенівська трубка. Завдяки цьому методу час обертання скоротився до 0,7 секунди, але істотної відмінності від зображення з КТ-апаратами третього покоління немає.

Спіральна комп'ютерна томографія. Вперше ідею спірального сканування запатентувала японська фірма TOSHIBA в 1986 році. Т. Katakura із співавторами виконали перше клінічне дослідження на спіральному КТ у 1989 році. Впровадження в медичну практику (1989) нової методики КТ — спіральної томографії — було найбільшим

досягненням за 20 років її існування й відкрило принципово нові можливості в діагностиці цілої низки патологічних станів. Як відомо, в звичайній КТ одноразове сканування дає зображення одного шару, відповідно цикл сканування повторюється після чергового переміщення столу стільки разів, скільки пошарових зображень необхідно отримати. У спіральній томографії здійснюється безперервний рух трубки навколо досліджуваної зони при одночасному рівномірному просуванні столу з пацієнтом у подовжньому напрямі. Траєкторія руху рентгенівської трубки відносно подовжньої осі досліджуваного об'єкта набуває форми спіралі, звідси й назва методу (мал. 5а, 5б).

На відміну від звичайної КТ при спіральному скануванні кінцева точка зрізу не збігається з початковою внаслідок переміщення об'єкта під час сканування. Швидка ротація випромінюючої трубки в спіральних томографах, відсутність інтервалів між циклами випромінювання для просування столу в наступну позицію значно скорочують час дослідження. Це дає змогу підвищити пропускну спроможність кабінету, полегшує дослідження хворих тварин, коли неможливо тривалий час затримувати дихання або довго знаходитися в апараті.



Мал. 5 – а – Схема обстеження пацієнта на класичних КТ.

1 – томографія; 2 – переривистий рух столу; 3 – команда затримки дихання; 4 – томографія; 5 – команда нормального дихання; 6 – рух столу; 7 – реконструкція зображення. **б** – Схема обстеження пацієнта на спіральних КТ

Спіральна КТ в Європі використовується в клінічній практиці з 1988 року, відколи компанія Siemens Medical Systems використала перший спіральний комп'ютерний томограф. Спіральне сканування

полягає в одночасному виконанні двох дій: безперервного обертання джерела — рентгенівської трубки, що генерує випромінювання, — навколо тіла пацієнта, і безперервної поступальної ходи столу з пацієнтом уздовж подовжньої вісі сканування з через апертуру гантри. В цьому випадку траєкторія руху рентгенівської трубки щодо вісі z — напрямку руху столу з тілом пацієнта — набуває форми спіралі.

На відміну від послідовної КТ швидкість руху столу з тілом пацієнта може набувати довільних значень, що залежить від мети дослідження. Чим вища швидкість руху столу, тим більшою може бути довжина ділянки сканування. Слід зауважити, що швидкість руху столу може бути в 1,5—2 рази більша товщини шару томографії без погіршення просторової межі зображення.

Технологія спірального сканування дає змогу значно скоротити час, що витрачається на КТ-дослідження, й істотно зменшує променеве навантаження на пацієнта.

Багатошарова комп'ютерна томографія. Багатошарова («мультиспіральна», «мультизрізова» комп'ютерна томографія — МСКТ) була вперше запропонована компанією Elscint Co. у 1992 році. Принципова відмінність МСКТ томографів від спіральних томографів попередніх поколінь полягає в тому, що по колу гантри розташовані не один, а два і більше рядів детекторів. Для того, щоб рентгенівське випромінювання могло одночасно сприйматися детекторами, розташованими на різних рядах, була розроблена нова об'ємна, геометрична форма пучка. У 1992 році з'явилися перші двозрізові (дво-спіральні) МСКТ томографи з двома рядами детекторів, а в 1998 році — чотирьохзрізові (чотирьохспіральні), з чотирма рядами детекторів відповідно. Окрім вищевідзначених особливостей було збільшено кількість обертів рентгенівської трубки від одного до двох на секунду. Таким чином, чотирьохспіральні МСКТ томографи п'ятого покоління на сьогодні у вісім разів швидші, ніж звичайні спіральні КТ томографи четвертого покоління. У 2004—2005 роках були запропоновані 32-, 64- і 128-зрізові МСКТ томографи, зокрема, з двома рентгенівськими трубками. Сьогодні ж в окремих німецьких, американських і канадських клініках уже є 320-зрізові комп'ютерні томографи. Ці томографи, вперше представлені в 2007 році компанією Toshiba, створили новий щабель еволюції рентгенівської комп'ютерної томографії. Вони дозволяють не тільки отримувати зображення, але й дають можливість спостерігати майже “в реальному часі” фізіологічні процеси, що відбуваються, наприклад, в головному мозку та серці.

Переваги МСКТ порівняно зі спіральною КТ:

- скорочення часового інтервалу;
- поліпшення просторового сканування вздовж подовжньої вісі z;
- збільшення швидкості сканування;
- поліпшення контрастної роздільної здатності;
- збільшення співвідношення сигнал/шум;
- ефективне використання рентгенівської трубки;
- значна зона анатомічного покриття;
- зменшення променевого навантаження на пацієнта.

Усі вказані чинники значно підвищують швидкість й інформативність досліджень.

Основним недоліком методу залишається високе променеве навантаження на пацієнта, незважаючи на те, що за час існування КТ його вдалося значно знизити.

Скорочення часового інтервалу досягається за рахунок зменшення часу дослідження та кількості артефактів через мимовільний рух внутрішніх органів і пульсацію крупних судин. Поліпшення просторового сканування уздовж подовжньої вісі z пов'язане з використанням тонких (1–1,5 мм) і субміліметрових (0,5 мм) зрізів. Аби реалізувати цю можливість, було розроблено два типи розташування детекторів у МСКТ томографах:

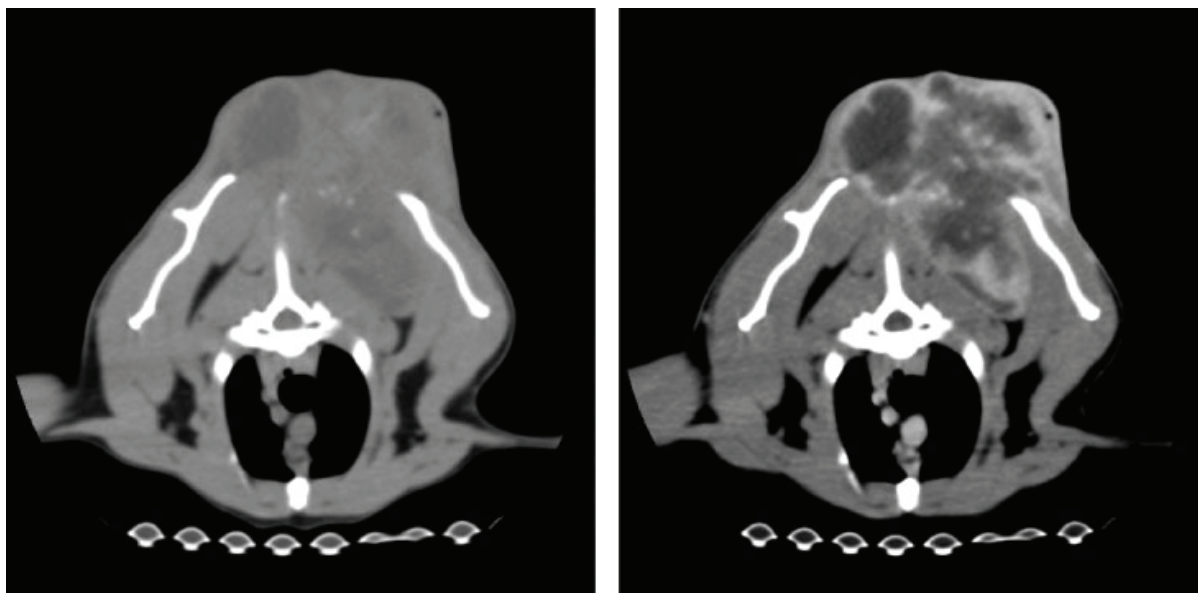
- матричні детектори (matrix detectors), що мають однакову ширину уздовж подовжньої вісі z;
- адаптивні детектори (adaptive detectors), що мають неоднакову ширину уздовж подовжньої вісі z.

Перевага матричного масиву детекторів полягає в тому, що кількість детекторів у ряду можна легко збільшити для отримання більшої кількості зрізів за один оберт рентгенівської трубки. Проте, в адаптивному масиві детекторів менша кількість самих елементів, а це зменшує число прогалів між ними, що дає зниження променевого навантаження на пацієнта та зменшує електронний шум.

Усі відзначені вище нововведення не тільки підвищують просторовий дозвіл, але завдяки спеціально розробленим алгоритмам реконструкції дозволяють значно зменшити кількість і розміри артефактів (сторонніх елементів) КТ-зображень. Основною перевагою МСКТ у порівнянні з однозрізовою СКТ є можливість отримання ізотропного зображення при скануванні з субміліметровою товщиною зрізу (0,5 мм). Ізотропне зображення можна отримати, якщо межі вокселя матриці зображення рівні, тобто воксель набуває форми куба. У такому разі роздільна здатність у поперечній площині x-y і уздовж подовжньої вісі z стає однаковою.

- Збільшення швидкості сканування досягається за рахунок зменшення часу оберту рентгенівської трубки у порівнянні зі звичайною спіральною КТ вдвічі (до 0,45—0,50 с).
- Поліпшення контрастного дозволу досягається внаслідок збільшення дози та швидкості введення контрастних засобів при проведенні ангіографії або стандартних КТ-досліджень, що вимагають контрастного підсилення. Відмінність між артеріальною і венозною фазами введення контрастного засобу простежується чіткіше.
- Збільшення співвідношення сигнал/шум досягається завдяки конструктивним особливостям будови нових детекторів і використаних при цьому матеріалів; поліпшення якості будови електронних компонентів і плат; збільшення струму напруження рентгенівської трубки до 400 мА при стандартних дослідженнях або дослідженнях пацієнтів.
- Ефективне використання рентгенівської трубки досягається за рахунок меншого часу роботи трубки при стандартному дослідженні. Конструкція рентгенівських трубок зазнала зміни для забезпечення кращої стійкості до впливу значних відцентрових сил, що виникають при обертанні за час, рівний або менший 0,5 с. Використання генераторів більшої потужності (до 100 кВт), конструктивні особливості будови рентгенівських трубок, краще охолодження аноду і підвищення його теплоємності до 8000000 одиниць також забезпечують продовження терміну служби трубок.
- Зона анатомічного покриття збільшена завдяки одночасній реконструкції декількох зрізів, отриманих за час одного оберту рентгенівської трубки. Для МСКТ томографа зона анатомічного покриття залежить від кількості каналів даних, кроку спіралі, товщини шару томографії, часу сканування і часу обертання рентгенівської трубки. Зона анатомічного покриття може бути у кілька разів більшою за зону сканування звичайним спіральним комп'ютерним томографом.
- Променеве навантаження при мультиспіральному КТ-дослідженні за рівних об'ємів діагностичної інформації зменшується на 30 % у порівнянні зі звичайним спіральним КТ-дослідженням. Для цього поліпшується фільтрація спектру рентгенівського випромінювання і проводиться оптимізація масиву детекторів. Розроблені алгоритми, що дають змогу в масштабі реального часу автоматично зменшувати струм і напругу на рентгенівській трубці залежно від досліджуваного органа, розмірів і віку кожного пацієнта.

Контрастне підсилення. Для поліпшення диференціювання органів, а також нормальних і патологічних структур нині використовуються різні методики контрастного підсилення (найчастіше зі застосуванням йодовмісних контрастних препаратів).



а

б

Мал. 6 – КТ черевної порожнини кота (фібросаркома):
а – вигляд до введення контрасту; **б** – вигляд після введення контрасту
(контрастована патологічна судинна сітка наявної пухлини)

Двома основними різновидами введення контрастного препарату є пероральне і внутрішньовенне. Головною метою першого методу є контрастування порожнистих органів шлунково-кишкового тракту; другий метод дозволяє оцінити характер накопичення контрастного препарату тканинами та органами через кровоносну систему. Методики внутрішньовенного контрастного підсилення у багатьох випадках дають можливість уточнити характер виявлених патологічних змін (зокрема, достатньо точно вказати наявність пухлин, аж до припущення їхньої гістологічної структури), а також візуалізувати зміни, що не виявляються при звичайному (“нативному”) дослідженні.

У свою чергу внутрішньовенне контрастування поділяється на два методи: звичайне внутрішньовенне контрастування і болюсне контрастування.

За першим методом контраст вводиться рентген-лаборантом, час і швидкість введення не регулюються, після введення контрастної речовини починається власне дослідження.

За другим методом контраст так само вводиться внутрішньовенно, але у вену вводиться контраст уже спеціальний апарат, що регулює час подачі. Метод полягає в тому, щоб розмежувати фази контрастування. Приблизно через 20 секунд після початку введення апаратом контрасту починається сканування, при якому візуалізується наповнення артерій. Після цього апарат через певний час сканує цю ж ділянку вдруге для виділення венозної фази, в якій візуалізується наповнення вен. У венозній фазі розрізняють безліч підфаз, залежно від досліджуваного органа. Так само розрізняють паренхіматозну фазу, за якої спостерігається рівномірне підвищення показників щільності паренхіматозних органів.

КТ-ангіографія дозволяє отримати пошарову серію зображень кровоносних судин; на основі отриманих даних за допомогою комп'ютерної обробки поста з 3D-реконструкцією будується тривимірна модель кровоносної системи.

Спіральна КТ-ангіографія – одне з останніх досягнень рентгенівської комп'ютерної томографії. У вену вводиться йодовмісний контрастний препарат. У момент введення контрастної речовини роблять серію сканувань досліджуваної ділянки. В середньому дослідження займає 40–50 секунд. Перевагою методу є виключення ризику виникнення ускладнень від хірургічних маніпуляцій, необхідних при звичайній ангіографії. КТ-ангіографія дозволяє зменшити променеве навантаження на пацієнта.

Показання до комп'ютерної томографії

Спочатку КТ використовували для дослідження головного мозку. З широким впровадженням МРТ головного мозку показання до проведення КТ різко скоротилися. Головною сферою застосування КТ залишаються легені та середостіння. Завдяки методу можна виявити осередкові ураження, дисемінований процес і аномалії. При підозрі на патологію середостіння останнім часом надається перевага МРТ. За точністю діагностики патології печінки, селезінки, нирок і підшлункової залози результати КТ і МРТ майже однакові, проте КТ вимагає менше часу на дослідження і вона значно доступніша. Камені нирок добре видно і під час УЗ-дослідження, але в окремих випадках КТ допомагає охарактеризувати їхній хімічний склад. МРТ разом з УЗД практично повністю витіснили КТ з галузі дослідження органів таза.

Водночас залишаються сфери застосування КТ, де вона має переваги. Це стосується ургентних станів, таких як травми черевної порожнини та кишки. Для дрібних тварин КТ залишається незамінним методом діагностики гідроцефалії собак.

Комп'ютерна томографія широко використовується в медицині, в т.ч. ветеринарній, для наступних цілей:

1. Як скринінговий тест. Скринінг (screening) – перегляд, відбір; у медицині використовується для виключення потенційно серйозного діагнозу в групах ризику.
2. Комп'ютерна томографія часто використовується як скринінг за таких патологічних станів:
 - травма голови, що не супроводжується втратою свідомості;
 - непритомність;
 - виключення раку легенів.
3. Для діагностики за екстреними показаннями – екстрена комп'ютерна томографія:
 - тяжкі травми;
 - підозра на крововилив у мозок;
 - підозра на пошкодження судини (наприклад, аневризма аорти, що розширюється);
 - підозра на деякі інші гострі пошкодження порожнистих і паренхіматозних органів.
4. Комп'ютерна томографія з метою планової діагностики:
 - більшість КТ-досліджень проводять у плановому порядку для остаточного підтвердження діагнозу. Перед проведенням комп'ютерної томографії, як правило, проводять простіші дослідження: рентген, УЗД тощо.
5. Для контролю результатів лікування.

Методики КТ, що можуть застосовуватися у діагностиці захворювань собак і котів

Для виявлення причин захворювань тварин можливе проведення різноманітних досліджень собак і котів за допомогою комп'ютерної томографії:

- комп'ютерна томографія всього хребта;
- комп'ютерна томографія спинного мозку попереково-крижового відділу хребта;
- комп'ютерна томографія ший;
- комп'ютерна томографія спинного мозку шийного відділу хребта;
- комп'ютерна томографія спинного мозку грудного відділу хребта;
- комп'ютерна томографія тазостегнового суглоба;
- комп'ютерна томографія колінного суглоба;
- комп'ютерна томографія голови та головного мозку;
- комп'ютерна томографія внутрішнього вуха;

КОМП'ЮТЕРНА ТОМОГРАФІЯ У ВЕТЕРИНАРНІЙ МЕДИЦИНІ

- комп'ютерна томографія середнього вуха;
- комп'ютерна томографія черепа;
- комп'ютерна томографія кісткової системи та рухового апарата;
- комп'ютерна томографія органів грудної клітки (легенів і середостіння);
- комп'ютерна томографія черевного відділу аорти;
- комп'ютерна томографія органів черевної порожнини;
- комп'ютерна томографія зачеревного простору;
- комп'ютерна томографія органів тазу;
- комп'ютерна томографія нирок, надниркових залоз із внутрішньовенним контрастуванням;
- комп'ютерна томографія печінки, підшлункової залози, селезінки із внутрішньовенним контрастуванням;
- комп'ютерна томографія ЛОР-органів (ніс, глотка, гортань);
- комп'ютерна томографія головного мозку із внутрішньовенним контрастуванням;
- комп'ютерна томографія з контрастним підсиленням;
- комп'ютерна томографія без контрастного підсилення;
- комп'ютерна томографія кишечника;
- комп'ютерна томографія грудного відділу аорти;
- комп'ютерна томографія судин (на спіральному томографі);
- віртуальна КТ-ангіографія.

Структура патологій, які можливо виявити КТ

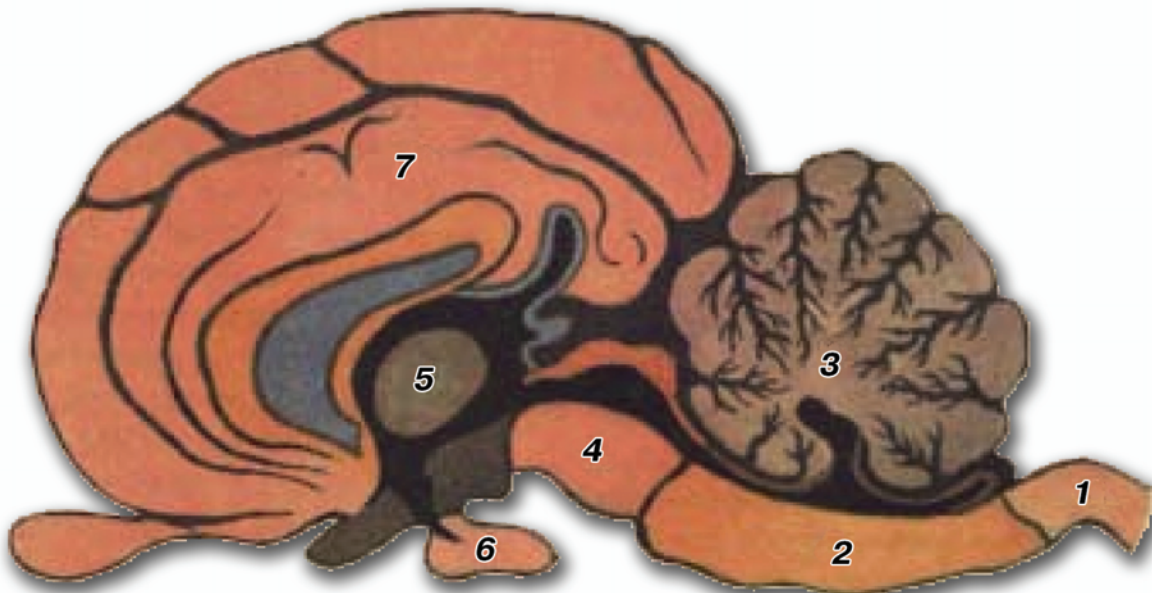
1. Новоутворення (доброякісні, злоякісні, метастази).
2. Запальний процес (гострий, підгострий, хронічний).
3. Системні та лімфопроліферативні захворювання.
4. Травматичні, посттравматичні, постопераційні зміни.
5. Патологія судин.
6. Камені (конкременти).
7. Дистрофічні та дегенеративні зміни.
8. Атрофічний процес.
9. Аномалії та варіанти розвитку.

КОМП'ЮТЕРНА ТОМОГРАФІЯ ОРГАНІВ І СИСТЕМ

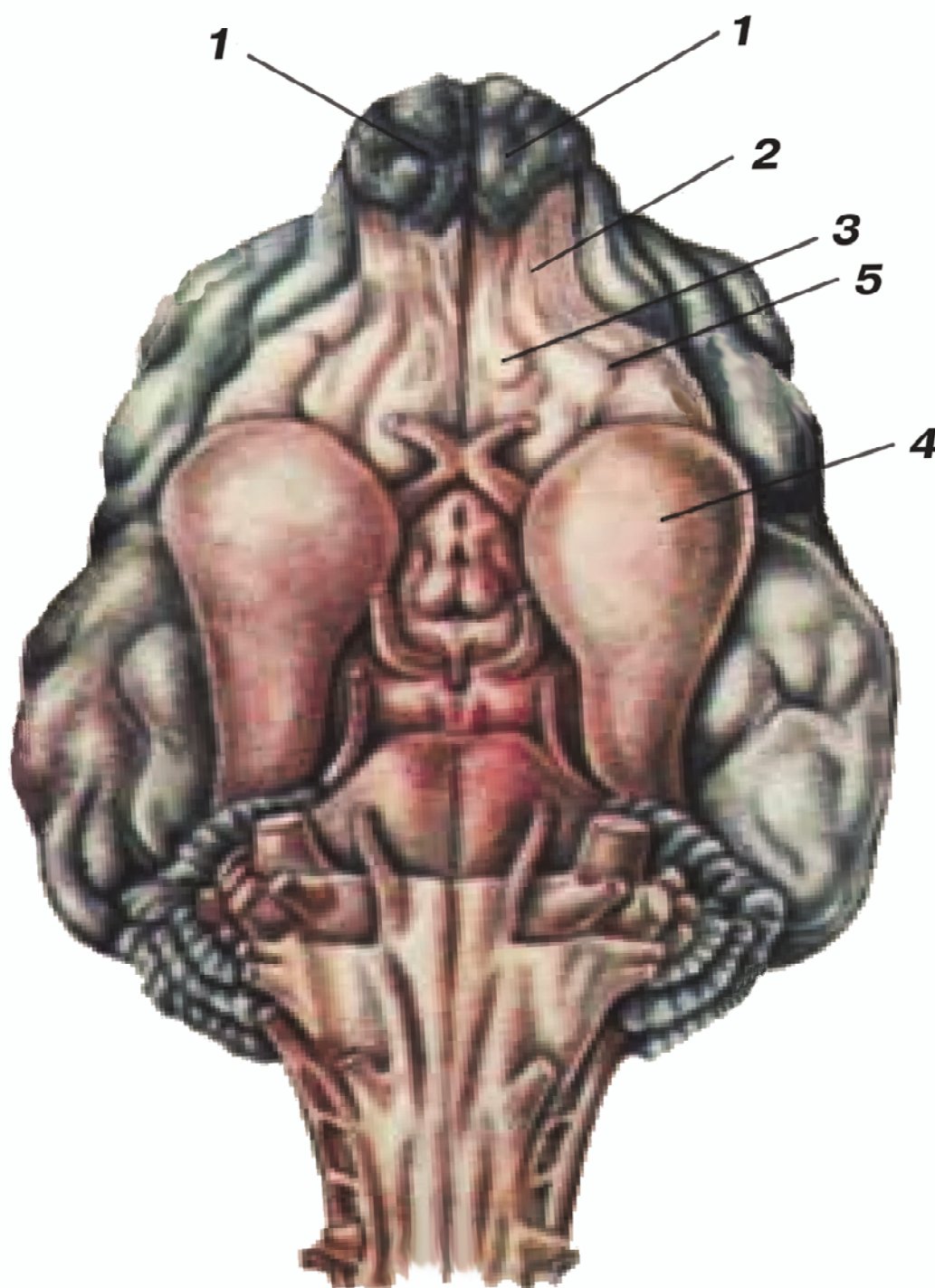
Комп'ютерна томографія черепа та головного мозку

Головний мозок у собак (мал. 7—8) різних порід значно різниться за формою і масою (45—140 грамів), але в цілому він доволі округлий і короткий, з незначною кількістю чітко виражених звивин. Нюхові цибулини і грушоподібні долі відносно великі. Сосцеподібне тіло проміжного мозку складається з двох горбків. У чотиригорбчастості слухові горби більші за зорові. Піраміди довгастого мозку опуклі й широкі. З оболонок головного мозку добре розвинені серповидна складка твердої оболонки, яка сягає спайки півкуль, і перетинковий мозочковий намет. Спинний мозок має типову будову. Співвідношення товщини спинного мозку до головного складає 1: (4,5 – 9), у спинному мозку сіра речовина становить 61%, біла – 39%. Мозковий конус закінчується на рівні 6—7-го поперекових хребців, “кінський хвіст” добре виражений.

Черепні та спинномозкові нерви розташовані, в основному, типово. Найбільші особливості спостерігаються у розгалуженні трійчастого і лицьового нервів. Серед нервів плечового сплетення м'язово-шкірний нерв пролягає самотійно, без зв'язку з серединним нервом. Дещо інший шлях і розгалуження ліктьового, променевого і серединного нервів.



Мал. 7 – Подовжній розріз головного мозку: 1 – початкова частина спинного мозку; 2 – довгастий мозок; 3 – мозочок; 4 – середній мозок; 5 – проміжний мозок; 6 – гіпофіз; 7 – півкулі головного мозку



Мал. 8 – Вентральна поверхня головного мозку:

1 – нюхові цибулини; 2 – нюховий тракт; 3 – нюховий трикутник;
4 – грушоподібна частка; 5 – нюхова звивина

Комп'ютерна томографія мозкового черепа собак у нормі. Тканини черепа візуалізуються на підставі врахування їх щільності (в од. Н/Houns-

field): сіра речовина мозку +36—46, біла речовина мозку +22—33, спинномозкова рідина +4—16, кров +12, кров, що згорнулася +55—75, повітря –1000, жир –100, кістки +200—1000, вода 0.

Для запобігання виникненню артефактів під час виконання КТ собаки проводять премедикацію (1%-ий розчин атропіну в дозі 0,1—0,3 мл, 2,5%-ий розчин аміназину в дозі 0,5—2,0 мл на одну тварину) з наступним внутрішньовенним ін'єктуванням 20%-ого розчину натрію оксибутирату в дозі 70—100 мг/кг маси або внутрішньом'язовим 5 %-ого розчину кетаміну із розрахунку 5—7 мг/кг маси.

Скануються зрізи товщиною 2 мм і кроком 10 мм. Від базальних відділів до верхівки роблять 18—19 зрізів наступних рівнів.



Мал. 9 – Томограма нормального головного мозку собаки у фронтальній площині (бічні шлуночки у вигляді тонких смужок)

Нижній рівень. Перші три зрізи цього рівня проходять крізь різні кістки основи черепа. Розрізняються частини турецького сидла клиноподібної кістки (у центрі якого є гіпофізарна ямка), зовнішній і внутрішній слухові проходи, тіло клиноподібної і передньої клиноподібної кісток (беруть участь у формуванні середньої черепної ямки), крила передньої клиноподібної кістки (беруть участь в утворенні медіа-

льної стінки орбіт і передньої мозкової ямки). Добре видно гребені кам'янистої кістки, які розмежовують середню і задню черепні ямки. Каудально від гребеня розташовані відділи мозкового мосту і довгастого мозку, розрізняються контури четвертого мозкового шлуночка та цистерни довгастого мозку.

На наступних трьох зрізах, проведених на 1 см вище від попереднього, і зрізу, що закінчує нижній рівень, також з'являється пластинка чотиригорбкового тіла, яка є дорсальною частиною середнього мозку. На цих зрізах добре видно середні відділи напівкуль мозочка, цистерну чотиригорбкового тіла.

Визначено також стан речовини ромбоподібного та нижніх відділів великого мозку, підпавутинного і субарахноїдального просторів, цистерн головного мозку (ГМ) тощо. Внаслідок майже рівних коефіцієнтів поглинання цереброспінальної рідини і води лікворні системи подано у вигляді зон зниженої щільності (чорного кольору).

Середній рівень. Виявляє стан передніх рогів бокових шлуночків, третій мозковий шлуночок, перетинчастий міжмозочковий намет, що переходить на зрізах знизу догори у відросток намету (tentoriscus). Останній є місцем прикріплення складок твердої мозкової оболонки, які проходять між напівкулями великого мозку та відокремлюють його від мозочка. На цих зрізах можна спостерігати лобні синуси, розділені поздовжньою сагітальною і численними додатковими перегородками на окремі камери за наявності решітчастої кістки. На останніх трьох зрізах середнього рівня чітко видно тіла бокових шлуночків, частково їх задні роги, відросток намету, лобні пазухи та кістки черепа, що відмежовують черепну порожнину від тканин голови, а також тім'яні, потиличну і лобні кістки.

Наступний зріз характеризується слідами тіл бокових шлуночків; тут з'являються звивини кори головного мозку.

Зрізи даного рівня дозволяють оцінити стан лікворних просторів третього і бокових шлуночків головного мозку, а також зміни щільності його речовини (крововиливи, пухлини, набряки, забиття, струси тощо), наявність субдуральних і субарахноїдальних крововиливів, стискання головного мозку кістковими уламками тощо.

Верхній рівень. На першому з цих зрізів ще можна спостерігати верхні ділянки центральних частин бокових шлуночків головного мозку. Поздовжня щілина його напівкуль на цьому рівні не поділяється на відділи, а відросток намету практично не візуалізується. На наступних зрізах спостерігаються кістки черепа: лобна, тім'яні, потилична. Помітні лобні синуси, борозни і звивини кори головного мозку.

Дослідження черепної порожнини закінчується зрізом, що відображає верхню частину лобної та тім'яних кісток, навколо яких візуалізуються м'які тканини голови.

Зрізи цього рівня дають змогу оцінити наявність субдуральних, субарахноїдальних крововиливів, стискань головного мозку кістковими уламками, зміни щільності його речовини.

Таким чином, дослідження мозкового черепа КТ дає досліднику цінний морфологічний матеріал, елементи якого набувають важливого клінічного змісту.

Показання для проведення комп'ютерної томографії головного мозку:

- неврологічна симптоматика, що проявилася вперше (особливо наростаюча);
- клініка гострого порушення мозкового кровообігу, зокрема швидкоплинного;
- черепномозкова травма будь-якого ступеня тяжкості;
- клініка підвищення внутрішньочерепного тиску (особливо при застійних дисках зорових нервів);
- епілептичні припадки та будь-які інші пароксизмальні стани;
- порушення вищих мозкових функцій;
- онкологічні захворювання інших органів і систем (з метою виключення метастазів у головний мозок);
- визначення характеру патологічного процесу, його величини і локалізації в структурах головного мозку;
- вивчення динаміки після або в процесі лікування різних захворювань головного мозку.

Комп'ютерно-томографічні зміни

за окремих травматичних пошкоджень черепа у собак:

Струс головного мозку. Належить до найлегших форм дифузного ураження мозку, за якого відсутні макроскопічні зміни. Комп'ютерні томограми у тварин зі струсом не виявляють травматичних відхилень у стані речовини мозку (щільність сірої та білої речовини залишається у межах норми, відповідно, 36—46 Н) і лікворовмісних внутрішньочерепних просторів.

Забій головного мозку. У мозковій речовині виявляються обмежені зони зниженої щільності, близької за томоденситометричними показниками до набряку головного мозку (від 18 до 28 Н). Ці зони можуть мати некомпактно розміщені у ділянці зниженої щільності високощільні включення або помірне гомогенне підвищення щільності на невеликій площі.

Як показують дані операцій та розтинів, зазначені КТ-знахідки відповідають невеликим крововиливам у зоні забиття чи помірному геморагічному просочуванню мозкової тканини без її грубої деструкції.

Вдавлений перелом кісток скелетіння, гематома. Добре диференціюються кісткові уламки, що потрапили до речовини мозку. Внутрішньомозкова гематома має вигляд округлої або неправильної форми зони гомогенного інтенсивного підвищення щільності (від 55 до 75 Н) з чітко окресленими краями.

Посттравматична гідроцефалія. Характеризується балоноподібним розширенням шлуночкової системи головного мозку, переважно передніх рогів, часто з перивентрикулярним набряком (від 18 до 28 Н).

Посттравматична кіста. Має чітко окреслену зону зниженої щільності (від 4 до 16 Н). Ураження ямкоподібної форми з верхівкою, повернутою у бік мозку, розташоване у задній черепній ямці.

Своєчасна і достовірна діагностика за допомогою КТ та раціональне лікування забезпечують порівняно швидке та надійне одужання собак із черепномозковими травмами.

Комп'ютерна томографія показана за *гідроцефалії* – вродженому захворюванню переважно карликових порід собак, яке характеризується збільшенням об'єму ліквору в шлуночках головного мозку, що призводить до зменшення маси нервової тканини і, як наслідок, до важких неврологічних розладів.

Частіше захворювання розвивається у собак таких порід, як йоркширський тер'єр, чихуа-хуа, тойтер'єр та ін. Клінічні симптоми можуть виявлятися, починаючи з 1,5...2-місячного віку і до біологічної старості тварини. Іноді вони виникають абсолютно раптово, спровокувати їх здатний значний стрес.

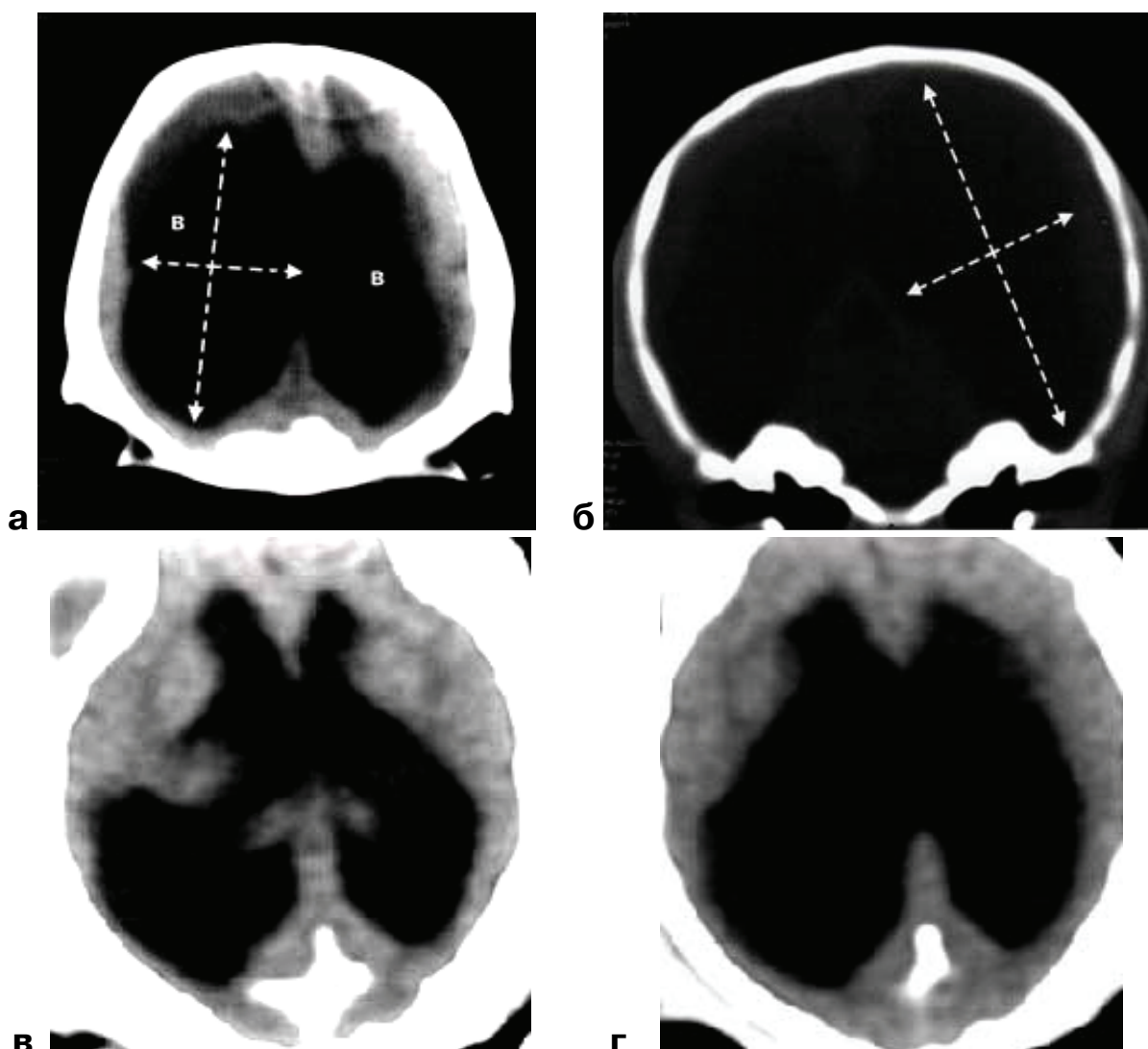
Часто симптоми захворювання виникають упродовж перших місяців життя, іноді пізніше. При цьому нормальна окружність голови і задовільний загальний стан можуть поєднуватися з достатньо вираженими атрофічними змінами в головному мозку. Чим пізніше розвивається гідроцефалія, тим менше змінюються розміри і форма черепа. Це пов'язано із закриттям джерелець і черепних швів. Тому у тварин старшого віку за гідроцефалії головним є синдром внутрішньочерепної гіпертензії.

Найбільш типові клінічні ознаки внутрішньочерепної гіпертензії – кружляння за “малим” або “великим” колом, блукання кімнатою без мети, нахил голови убік, закидання голови, епілептиформні припадки, порушення зору, що зазвичай поєднується з моторними порушеннями. До зовнішніх проявів захворювання у тварин молодшого віку

можна віднести «вибухання» джерелець (для таких порід, як той-тер'єр, чихуа-хуа, незарощення джерелець в окремих випадках – фізіологічна норма), “розбіжність” кісткових швів, розширення підшкірної венозної мережі голови, збільшення розмірів мозкового черепа, краніофасціальна диспропорція, екзофтальм, різко виступаючі лобні та тім'яні горби.

Діагноз “гідроцефалія” встановлюють на підставі типової клінічної симптоматики, ультразвукової візуалізації розширених бічних шлуночків мозку, результатів контрастної енцефалографії та КТ.

Комп'ютерна томографія головного мозку повинна проводитися всім тваринам із клінічними проявами гідроцефалії.



Мал. 10 – Томограми головного мозку собак із гідроцефалією у фронтальній (а) та сегментальній площинах (б). Значне збільшення бічних мозкових шлуночків (а), асиметрична деформація черепа (б); асиметричне збільшення шлуночків (в, г).

Комп'ютерна томографія домінує серед методів діагностики гідроцефалії та застосовується з метою встановлення діагнозу і визначення місця введення катетера в бічний шлуночок для подальшої операції. За наслідками КТ визначають наявність гідроцефалії, її форму і вираження, характер деформації лікворовмісних систем, ступінь декомпенсації ліквороциркуляції, оцінюють стан мозкової тканини, місце найтоншого мозкового шару. За томограмами також розраховується об'єм ліквороносних порожнин за гідроцефалії. Об'єм латеральних мозкових шлуночків за гідроцефалії перевищує об'єм норми в середньому в 50 разів.



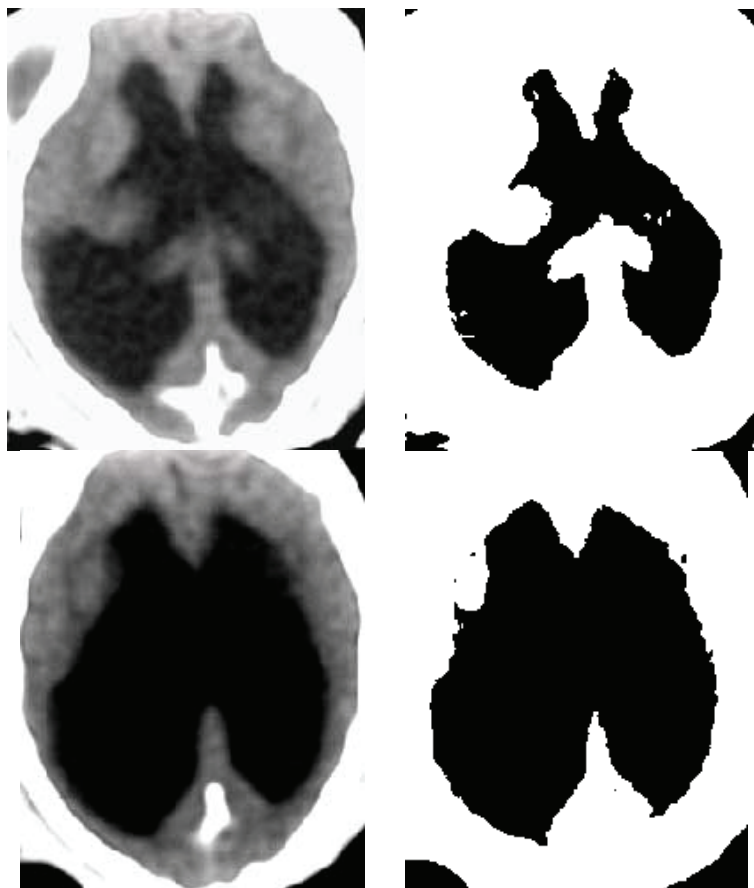
***Мал. 11** – Собака, підготовлений до КТ*

Рівнем сканування є ділянка всього головного мозку, включаючи перші шийні хребці (С1—С2). Сканування проводять у фронтальній і сегментальній площинах у стандартному режимі без рентгеноконтрастного підсилення (мал.10, 12, 13). Зрізи виконуються в покроковому режимі 3 мм. Обов'язковою умовою якісного дослідження є повна нерухомість тварини, що забезпечується за допомогою загальної анестезії.

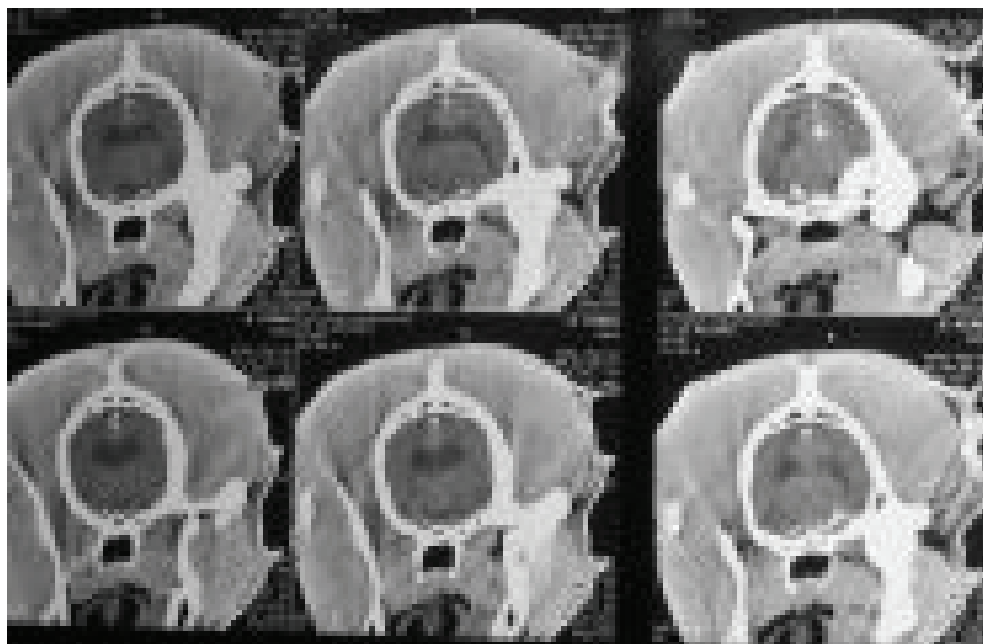
Таблиця 2

Середні розміри бічних мозкових шлуночків

Групи тварин	Довжина (см)	Ширина (см)	Висота (см)	Об'єм бічних шлуночків (см³)
<i>Група контролю</i>	1,2	0,2	1,1	0,3
<i>Хворі тварини</i>	3,4	1,4	3,0	14,7



*Мал. 12 – КТ-томограма головного мозку, фронтальний зріз.
Збільшення бічних мозкових шлуночків (гідроцефалія)*



*Мал. 13 – КТ вівчарки. Збільшення порожнин шлуночків
головного мозку*

Якщо КТ недоступна, можна застосовувати УЗД і контрастну енцефалографію.

Інформативність УЗД різко обмежена віком тварини. При незакритих джерельцях можливість візуалізації набагато більша, оскільки джерельця слугують ефективним акустичним вікном. Під час УЗД не вимагається абсолютної нерухомості пацієнта, отже, немає необхідності давати тварині седативні препарати. Цей факт важливий при дослідженні тварин у ранньому віці, а також пацієнтів у важкому стані.

Атлантаксиальна нестабільність у собак – уроджена патологія хребетного стовбура карликових порід собак, що характеризується зсувом першого шийного хребця (атланта) відносно другого (епістрофея).



Мал. 14 – Рентгенограма шийного відділу хребетного стовбура собаки в бічній проекції. Атлантаксиальна нестабільність (збільшення відстані між дорсальною душкою атланта й остистим відростком епістрофею, зсув зубоподібного відростка епістрофея в хребетний канал, зсув між суглобовими ямками атланта і краніальними суглобовими відростками епістрофея)

Атлантаксиальний суглоб забезпечує обертання черепа. При цьому хребець С1 обертається навколо зубоподібного відростка С2. Між С1 і С2 немає між хребцевого диска, тому взаємодія між цими хребцями здійснюється в основному за рахунок зв'язкового апарату.

Дана патологія найчастіше зустрічається у молодих собак карликових порід (йоркширських тер'єрів, чихуа-хуа і карликових пуделів). Проте вікові рамки прояву захворювання можуть варіювати. Трапляються випадки прояву захворювання у котів і великих порід собак, таких як ротвейлер, доберман, басет-хаунд і німецька вівчарка.

Атлантаксиальна нестабільність розвивається у собак із відсутністю чи недорозвиненням зубоподібного відростка або за його перелому, а також у собак при розриві зв'язкового апарату на рівні С1—С2. Відсутність зубоподібного відростка і/або його недорозвинення зустрічається в 46% спостережень, а розрив зв'язкового апарату – в 24% випадків. Ці аномалії розвитку хребетного стовбура є природженими, але травми даної ділянки можуть форсувати появу клінічних симптомів захворювання.



Мал. 15 – Комп'ютерна томограма головного мозку собаки з атлантаксиальною нестабільністю. Сегментальний зріз. Збільшення правого бічного мозкового шлуночка (стрілка)

Основними клінічними симптомами захворювання є: гострий больовий симптом, який виявляється при повороті або підйомі голови тварини; чітко виражена вентрофлексія, тобто вимушене положення голови та шиї не вище рівня холки. Відмічають пропріорецептивний дефіцит грудних кінцівок, тетрапарез/тетраплегію. Також можуть бути симптоми ураження мозку внаслідок порушення циркуляції ліквору та розвитку або прогресування гідроцефалії (мал. 15). Гідроцефалія може також супроводжуватися сирінгогідромієлією.

Ще одне потенційне пояснення симптомів ураження переднього мозку в собак з атлантаксиальною нестабільністю – печінкова енцефалопатія на тлі портосистемних шунтів. Це доволі поширена патологія дрібних порід собак, яка зустрічається у двох із шести тварин, прооперованих із приводу атлантаксиальної нестабільності.

Компресія базилярної артерії зубоподібним відростком може спонукати виникнення таких симптомів як втрата просторової орієнтації, зміна поведінки, вестибулярний дефіцит.

Для встановлення діагнозу «атлантаксиальна нестабільність» необхідне рентгенографічне дослідження шийного відділу хребетного стовбура в бічній проекції (мал. 14). В окремих випадках потрібне легке згинання шиї для того, щоб побачити відхилення від вісі, але воно у жодному випадку не повинне бути сильним.

Мієлографія для встановлення діагнозу не обов'язкова. Крім того, введення контрастної речовини в мозкову цистерну може призвести до летального результату. Якщо після проведення оглядової рентгенографії залишаються сумніви в правильності діагнозу, можна виконати контрастну спондилографію шийного відділу через поперекову пункцію.

Комп'ютерна томографія або магнітно-резонансна томографія шийного відділу хребетного стовбура дозволять диференціювати захворювання від грижі диска, дискоспондиліту, пухлини хребетного стовбура і спинного мозку, а також дадуть цінну інформацію щодо набряку спинного мозку, мієломалії або сирінгогідромієлії.

Пухлини головного мозку у собак. Найчастіше у собак зустрічаються менінгіоми і гліоми. Більшість первинних пухлин головного мозку поодинокі, але є повідомлення про множинні первинні пухлини головного мозку. Вторинні, або метастатичні, пухлини поширені менше й можуть бути результатом розростання і розповсюдження місцевої пухлини (носова аденокарцинома) або метастазів первинних пухлин у будь-яке інше місце. Пухлини черепа можуть торкнутися головного мозку при поширенні місцевої пухлини. Хоча пухлини головного мозку зустрічаються у собак усіх порід, обох статей і в будь-якому віці,

інцидентність появи пухлин збільшується у віці п'яти років, а також у певних порід. Гліальні клітинні пухлини і пухлини гіпофіза зазвичай реєструють у брахіоцефалів, тоді як менінгіоми найчастіше зустрічаються у доліхоцефалів.



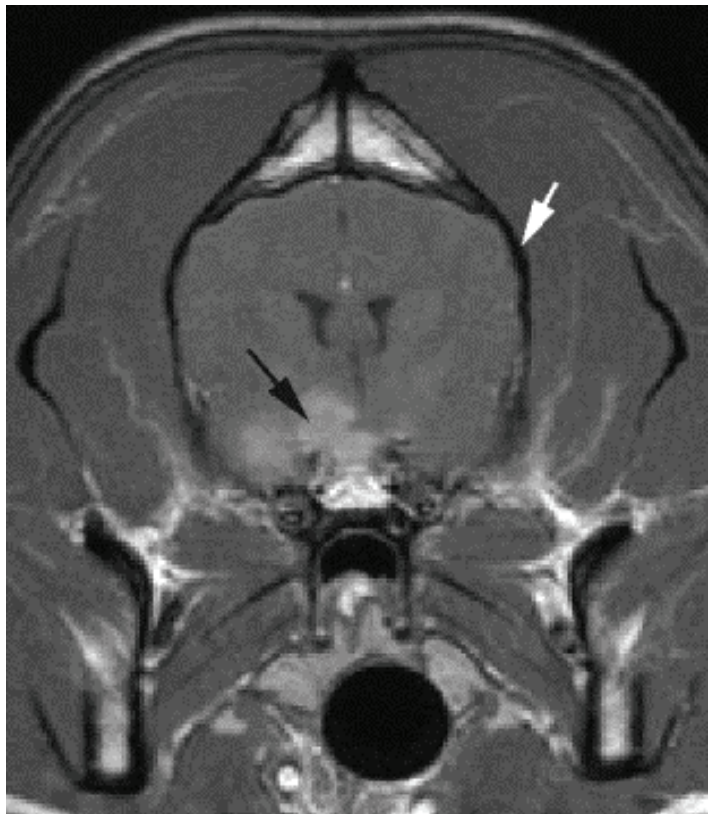
Мал. 16 – Комп'ютерна томографія голови собаки: зображені череп (біла стрілка) і велика пухлина поряд із центром головного мозку (чорна стрілка).

Пухлина має яскравий обідок підвищеної контрастності, поряд із більш темним центром, що, ймовірно, є ділянкою збідненого кровотоку

Первинні пухлини головного мозку виникають із клітин, які зазвичай знаходяться усередині головного мозку і мозкових оболонок. Вторинні пухлини – це метастази, що розвиваються з первинної пухлини, розташованої за межами нервової системи, або такі, що з'являються шляхом місцевої інвазії прилеглих тканин, що не відносяться до нервових (наприклад, кісткової тканини). Неоплазія гіпофіза і пухлини, що ростуть від черепних нервів, вважаються вторинними пухлинами головного мозку. Вони є причиною церебра-

льної дисфункції внаслідок інфільтрації здорової мозкової тканини, компресії прилеглих структур, порушення церебральної циркуляції крові та локального некрозу. Вторинні ефекти пухлин головного мозку включають гідроцефалію, збільшення внутрішньочерепного тиску, набряк і грижу головного мозку. Первинні пухлини головного мозку ростуть зазвичай поволі, і мозок пристосовується до повільного збільшення внутрішньочерепного тиску. Впродовж цього періоду компенсації можуть спостерігатися нечіткі симптоми та незначні зміни в поведінці тварин. Інколи при поволі прогресуючій пухлині клінічні ознаки можуть розвиватися швидко — у випадках, коли компенсаторні механізми виснажені. При швидко зростаючих пухлинах неможливий адекватний ступінь компенсації, і тому може раптово з'являтися тяжка неврологічна дисфункція за відсутності продромальних ознак.

Комп'ютерна томографія і магнітний резонанс дають точні відомості про наявність, локалізацію та розмір внутрішньочерепної неоплазії. Зображення магнітного резонансу дають точнішу картину, ніж комп'ютерна томографія, при дослідженні певних ділянок головного мозку (наприклад, стовбура головного мозку). Менінгіоми важко виявити за допомогою магнітного резонансу без застосування контрастної речовини. Менінгіома може мати "крапчастий" вигляд і поверхню, вона часто знаходиться між пухлиною і навколишньою тканиною головного мозку на стадії розвитку пухлини T1 і T2. Гіпоінтенсивний сигнал може вказувати на компресію арахноїдальної пластини, а також венозного сплетіння. Гіпоінтенсивні зони усередині



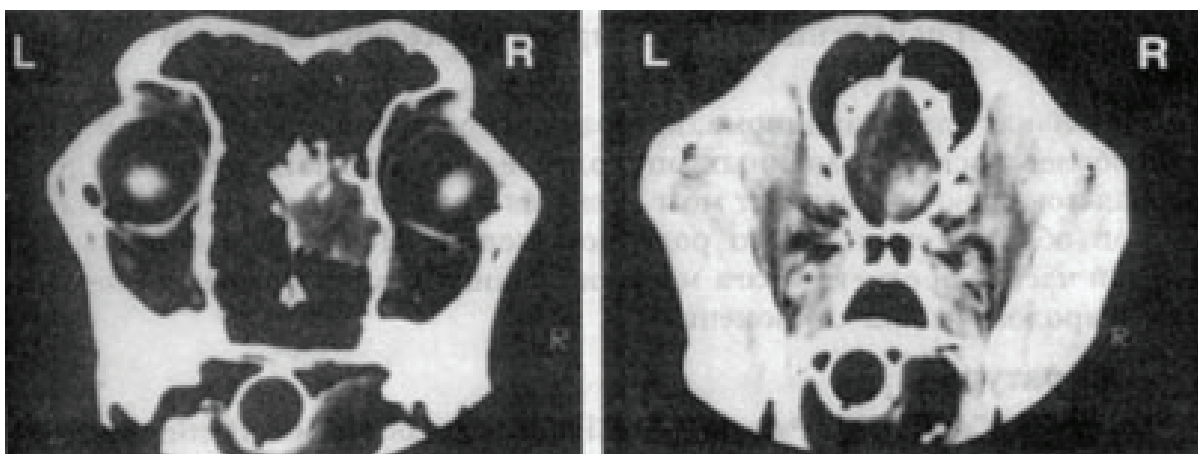
Мал. 17 – МРТ голови собаки: зображені череп (біла стрілка) і пухлина в основі головного мозку (чорна стрілка). Пухлина яскравіше візуалізується завдяки введенню контрастної речовини і має світло-сірий тон у порівнянні з оточуючими, нормальними тканинами мозку

менінгіоми можуть бути ознакою внутрішньопухлинної мінералізації. Симптом “дуральний хвіст” не обов'язково специфічний для менінгіоми, а часто обумовлений неопластичним інфільтратом мозкових оболонок за межами менінгіоми або гіперваскуляризацією твердої оболонки.

Бажано проводити біопсію ділянки внутрішньочерепного ураження до початку терапії, проте біопсію не завжди використовують через високу вартість її проведення, а також збільшення частоти захворюваності тварин. Ураження, що не мають неопластичної природи і займають великий простір, можуть імітувати зовнішній вигляд неоплазії при проведенні комп'ютерної томографії або магнітного резонансу, а метастаз може мати схожість із первинною пухлиною головного мозку. На даний час біопсія — єдиний метод, що використовується для остаточної діагностики пухлини мозку. Відомі методи біопсії включають біопсію під контролем УЗД, а також комп'ютерної томографії. Системи стереотактичного контролю біопсії за допомогою комп'ютерної томографії забезпечують проведення неінвазивної, швидкої і досить точної біопсії пухлини з низьким ступенем ускладнень.

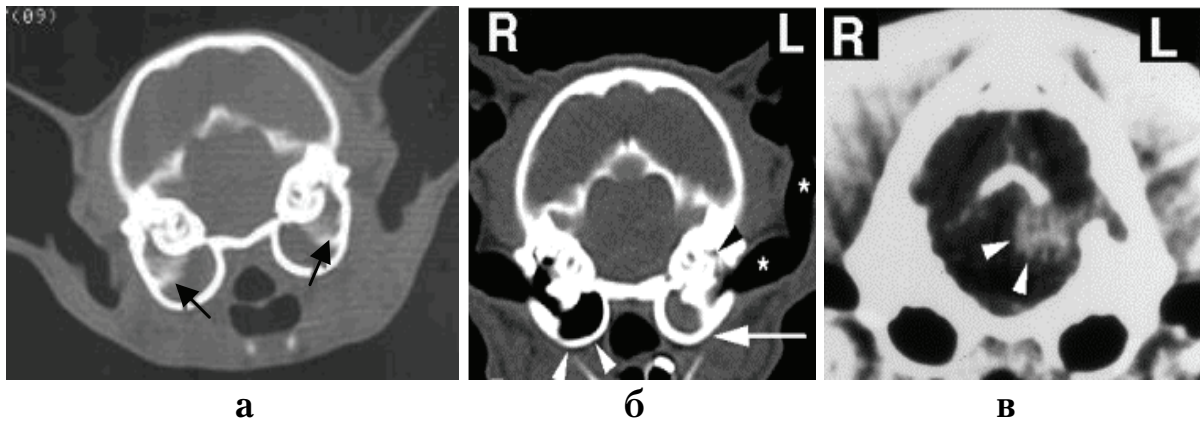
КТ-діагностика використовується для розпізнавання багатьох патологічних пухлинних процесів, одним із яких є аденокарцинома.

Назальна аденокарцинома часто розповсюджується на мозок. Це одна із найпоширеніших пухлин не неврологічного походження, яка локально зачіпає мозок. Рентгенографія в даному випадку менш ефективна, ніж КТ, для виявлення такого роду уражень. Новоутворення в ростральній частині переднього мозку на ранніх стадіях розвитку можуть не викликати неврологічних відхилень, унаслідок чого можуть бути діагностовані лише за допомогою КТ.



Мал. 18 – КТ собаки після внутрішньовенного введення контрасту.
Значна ділянка ураження зміщує серп великого мозку

У медицині людини інсульт – це хвороба, що посідає третє місце серед найбільш поширених причин смерті людини. Тварини, на відміну від людей, не схильні до інсульту. Собаки і коти рідко страждають на гіпертонію, нетиповими для них є утворення бляшок холестерину в судинах, вони не палять і не вживають алкоголь. Тобто, у них відсутні основні чинники порушення кровопостачання головного мозку. У переважній більшості випадків за інсульт сприймають симптоми абсолютно іншого захворювання, яке називається *периферичний вестибулярний синдром*. Симптоми цього захворювання обумовлені ураженням органа рівноваги – лабіринту равлика або VIII пари черепномозкових нервів. Ці структури найчастіше страждають унаслідок запальних захворювань вух. Тому перше, що повинен зробити лікар ветеринарної медицини, це провести огляд зовнішнього слухового проходу.



Мал. 19 – КТ: **а** – черепа кота з нормальними барабанными порожнинами; **б** – черепа кішки з периферичним вестибулярним захворюванням, пов'язаним з отитом (запалення структур середнього та внутрішнього вуха). Права барабанна порожнина (білі стрілки) нормальна, повна повітря, яке виглядає чорним на комп'ютерній томограмі. Ліва барабанна порожнина (біла стрілка) заповнена рідиною або патологічними тканинами, і кісткові стінки потовщені в порівнянні з правим боком. Запалення в лівій порожнині вплинуло на структуру внутрішнього вуха (позиції, зазначені чорною стрілкою), що викликало типові клінічні симптоми вестибулярного захворювання. Положення вертикальних і горизонтальних каналів лівого зовнішнього вуха показані зірочками *; **в** – КТ черепа собаки з нормальною барабанною порожниною, але пухлиною (наконечники стріл) у стовбурі мозку

Інколи КТ застосовують у діагностиці захворювань кісток черепа та його природних порожнин.

Менінгіома – достатньо часто реєстрована пухлина, що зустрічається у котів і собак. Нині встановлено, що саме менінгіома є однією з основних причин судомного синдрому у собак, старших шести років. Тому кожен лікар ветеринарної медицини і власник собаки має бути інформований про це захворювання.

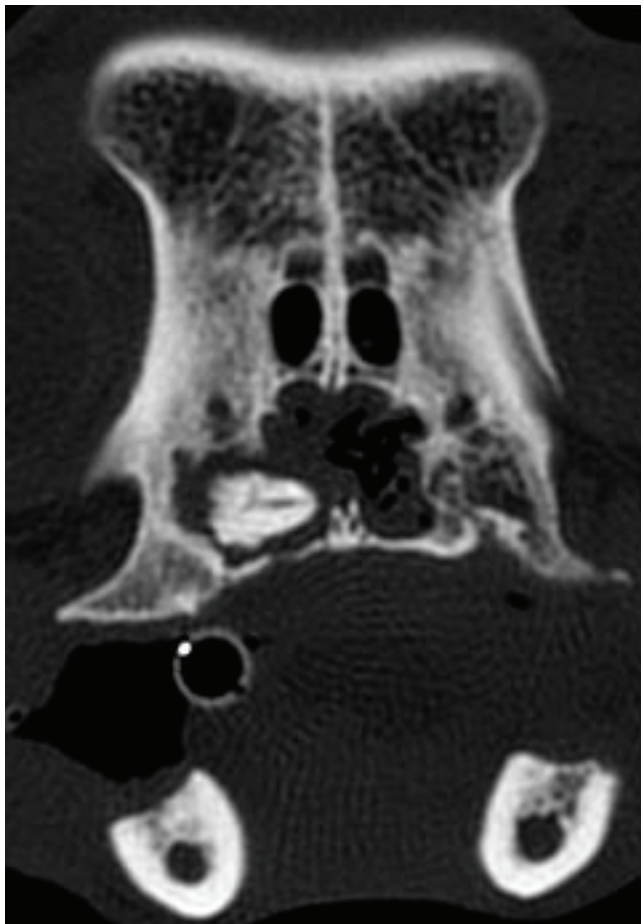
Менінгіома – пухлина, що формується з клітин твердої мозкової оболонки. Мозкові оболонки вистилають череп і спинномозковий канал, оточуючи головний і спинний мозок. Часто термін «новоутворення мозку» викликає в нашій уяві образ пухлини, що лежить глибоко в тканині і є важкодоступною для хірурга. Менінгіома не така. Її ріст направлений від стінки черепа в середину черепної коробки. Тому до неї відносно просто знайти хірургічний доступ. При цьому слід обов'язково враховувати розмір пухлини!

Менінгіома – це доброякісна пухлина. Вона не поширюється в організмі, не руйнує навколишні тканини й не проростає в них. Головна проблема полягає у механічному тиску на мозкову тканину, що посилюється жорсткими межами черепної коробки. У місці контакту розвивається запальна реакція, що й призводить до прогресуючого набряку та пошкодження мозкової тканини і нервів.

Ознаки менінгіоми. У собак основною ознакою є судоми. У котів симптоми менш виражені, проявляються апатією та змінами в поведінці.

Клінічна картина захворювання залежить від зони мозку, пошкодженої пухлиною.

Вкрай важливою є рентгенографія грудної клітки. За результатами зарубіжних досліджень, 55% пухлин головного мозку – це мета-



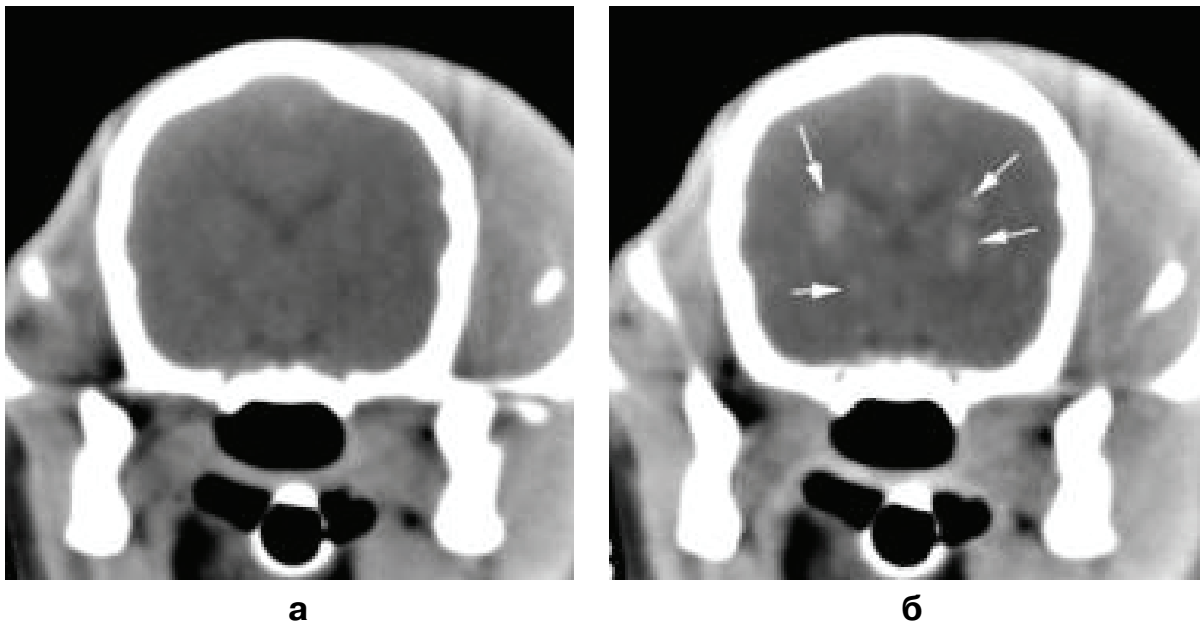
Мал. 20 – КТ мопса 13 років.
Зуб у лівій носовій западині –
наслідки лізису ділянки верхньої
щелепи в зоні премалярів

стази злоякісних пухлин, розташованих в інших частинах тіла. На оглядовому рентгенівському знімку лікар може виявити основну пухлину, що дає підставу для припущення: новоутворення мозку є метастазом, а не менінгіомою.

Основним діагностичним методом є візуалізація мозку за допомогою комп'ютерної або ядерно-магнітно-резонансної томографії. Ці методи дають можливість отримати зображення мозку, що допомагає визначити локалізацію пухлини та відрізнити її від осередків запалення або тромбозу.

Інсульт встановлюють на підставі неврологічного огляду, аналізу історії хвороби, результатів загального і клінічного аналізів крові, аналізу сечі, ультразвукового дослідження органів черевної порожнини і рентгена легень.

У разі підозри на хворобу *Кушинга* потрібні додаткові тести. Для остаточного підтвердження діагнозу необхідна комп'ютерна томографія або магнітно-резонансна томографія головного мозку та аналіз спинномозкової рідини. Без томографії можливі лише умовні діагнози. Додаткову інформацію може дати електроенцефалограма.



Мал. 21 – КТ собаки за гострого енцефаліту; **а** – без контрастної речовини; **б** – із контрастною речовиною (з'явилися кілька контрастних ділянок у порівнянні з першим скануванням (стрілки). Це відбулося тому, що контрастна речовина просочилася із кровоносних судин у запалені ділянки мозку, викликавши їх підвищене контрастування).

Собака не зреагував на лікування, і розтин підтвердив, що він страждав на гранулематозний менінгоенцефаліт (ГМЕ)

Контрастна енцефалографія – інвазивний метод діагностики. Причиною погіршення неврологічних розладів при контрастній рентгенографії може бути додаткове підвищення внутрішньочерепного тиску або набряк довгастого мозку, підвищення тиску ліквору внаслідок введення контрастної речовини.

Комп'ютерна томографія хребта та спинного мозку собак та котів

Одна з основних причин ураження хребта та його структур – захворювання міжхребцевих дисків. Патологія найчастіше зустрічається у собак хондродистрофічних порід (такса, пекінес, французький бульдог, бігль, пудель, шитсу). Пік захворювання відмічають у віці 3–6 років. Понад 50 % усіх випадків (у хондродистрофічних порід) припадає на ділянку Th12–Th13 і Th13–L1 (Sharp N.J.H., Wheeler S.J., 2005). Собаки, старші семи років, складають близько 21% випадків.

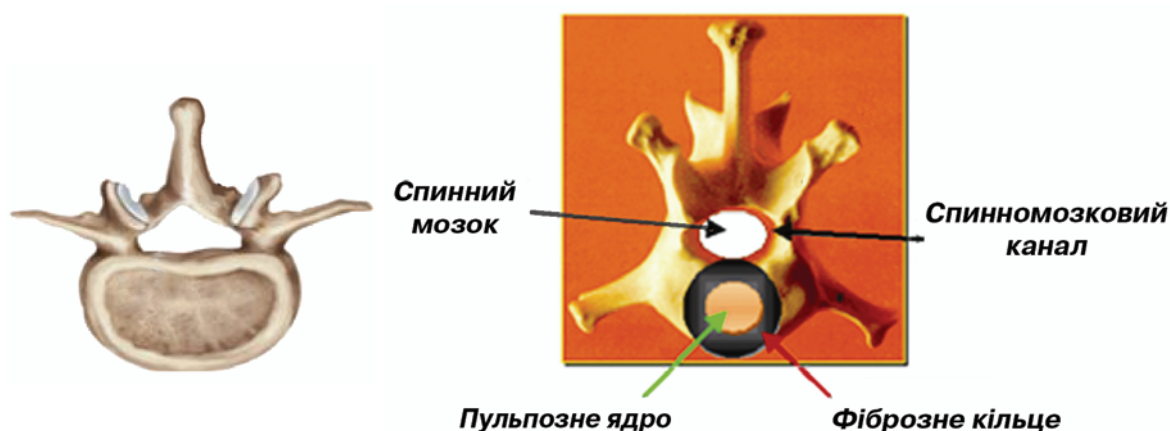
Грижі дисків у грудо-поперековій ділянці є найчастішою причиною розвитку неврологічних розладів. Ураження диска в цій ділянці сягають 85% клінічних випадків. Хоча грижі дисків були виявлені, принаймні, у 84 порід собак, хондродистрофічні породи знаходяться на першому місці, передусім такси.

Перша продіагнована міжхребцева грижа диска у собак зареєстрована у 1881 році. Її описав Джонсон у такси (цит. за H.J. Hansen “A pathological-anatomical interpretation of disc degeneration in dogs”, Acta Orthop Scand, 1951, V. 20, №280). У цілому, незалежно від порід, грижі дисків зустрічаються в середньому в 0,25% від загальної кількості патологій у собак. Водночас, серед такс ця патологія зустрічається, тією чи іншою мірою у кожного четвертого собаки (у 24%) (B.F. Hoerlein, 1971).

У домашніх котів дегенеративні порушення хребта, включаючи захворювання міжхребцевих дисків і спондиліоз, зустрічаються рідко.

Будова і функції міжхребцевого диску. Міжхребцевий диск складається з двох гіалінових пластинок, фіброзного кільця та пульпозного ядра. Він є хрящовим з'єднанням хребців. Міжхребцеві диски з'єднують ямку другого шийного та всіх наступних хребців із головкою кожного наступного хребця, до останнього хвостового хребця включно. Диски являють собою складне анатомічне утворення. Складність будови обумовлена своєрідним комплексом виконуваних функцій. Міжхребцевому диску властиві три основні функції: функція з'єднання та утримання один з одним тіл суміжних хребців, функція напівсуглоба,

що забезпечує рухливість тіла одного хребця відносно іншого, і функція амортизатора, що оберігає тіло хребців від постійної травматизації.



Мал. 22 – Будова хребця собаки

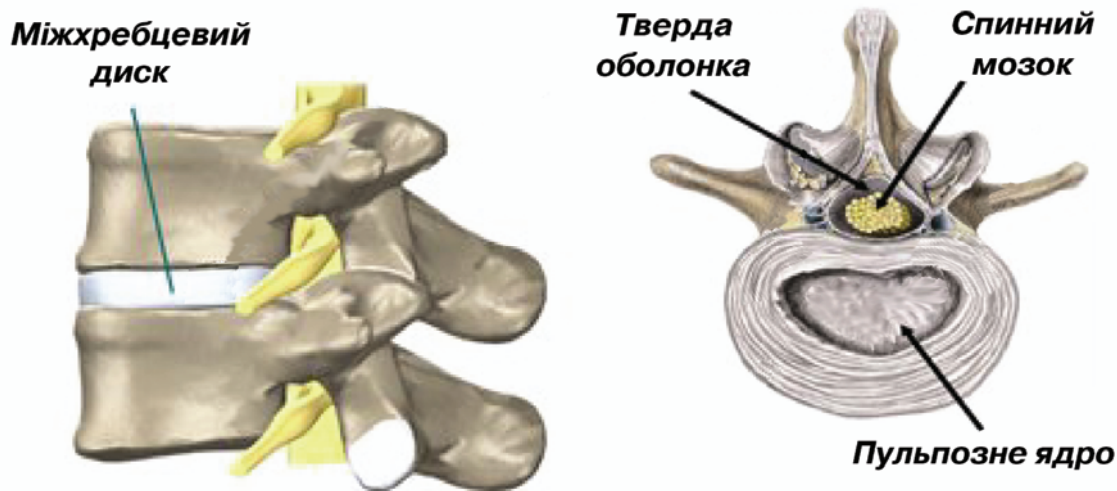
Еластичність та пружність хребта, його рухливість і здатність витримувати значні навантаження в основному визначаються станом міжхребцевого диска. Всі вказані функції може виконувати лише повноцінний міжхребцевий диск, що не деформувався.



Мал. 23 – Схема розміщення спинномозкового каналу

Розрізняють 2 типи гриж міжхребцевих дисків.

Тип 1. Розрив фіброзного кільця. Така грижа з'являється гостро (фактично впродовж 1–5 днів) і характеризується витісненням пульпозного ядра в спинномозковий канал, що призводить до стиснення спинного мозку та подразнення нервового корінця.



Мал. 24 – Схема будови міжхребцевого диску

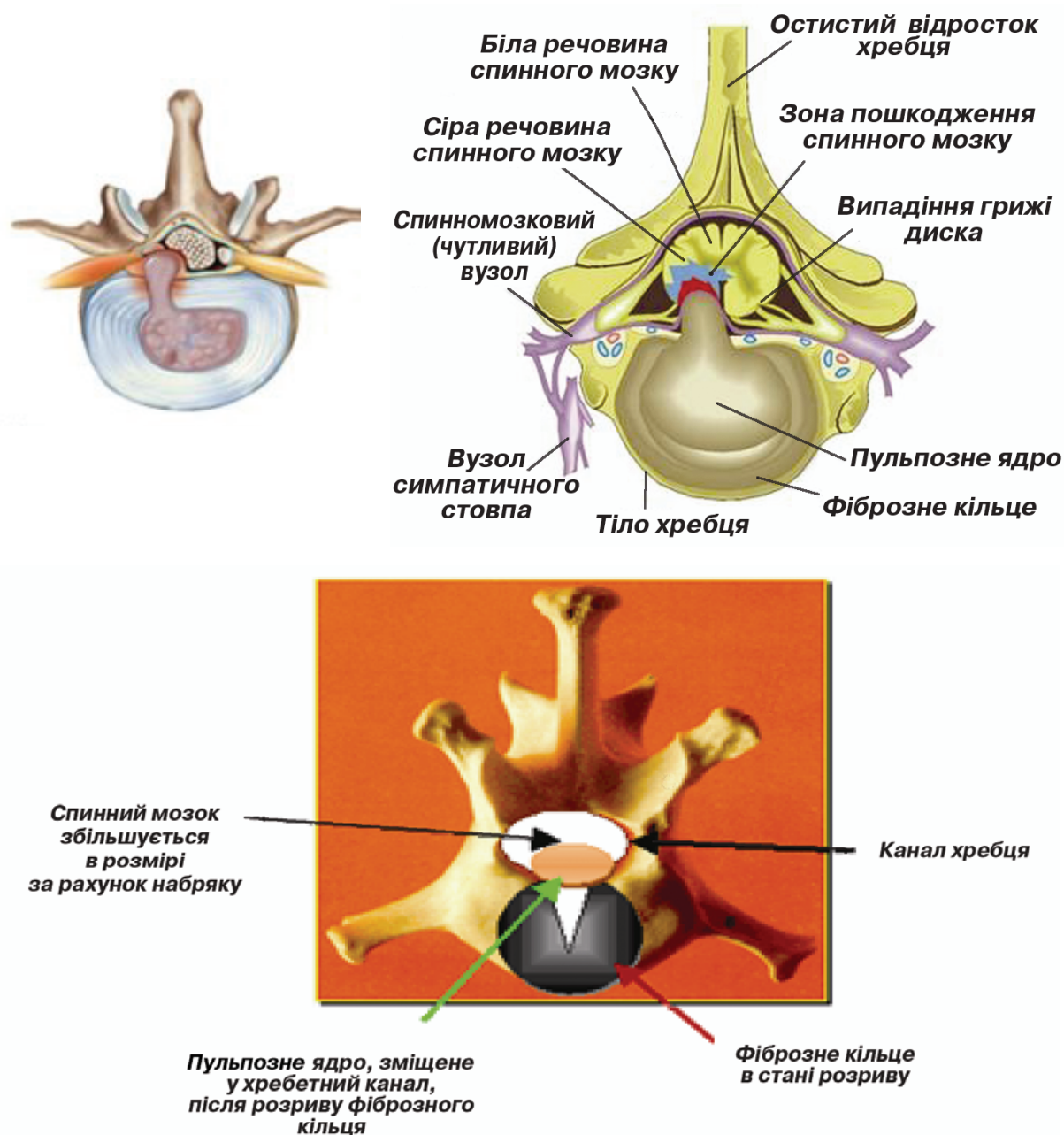
Такий тип розриву диска зустрічається у молодих собак та собак середнього віку хондродистрофічних порід (пекінеси, такси, французькі бульдоги). Найчастіше цей різновид грижі утворюється в кінці грудного та на початку поперекового відділів. У більшості тварин розвивається неврологічний дефіцит аж до параплегії.

Хірургічне лікування для цих пацієнтів розглядається як кращий вихід із ситуації.

Після одномоментного гострого витіснення частини речовини міжхребцевого диска цей процес може продовжуватися, тим самим викликаючи запальну реакцію та клінічні ознаки. Такий процес називають “динамічним чинником”. Тварин із раптово розвинутою грижею диска необхідно обмежити в рухах, при консервативному лікуванні протипоказана фізіотерапія і масаж.

Тип 2. Хронічне випинання фіброзного кільця “опуклий диск”. Цей тип грижі диска зазвичай зустрічається у собак крупних порід у віці 6–8 років (лабрадори, ротвейлери, золотисті ретривери). Проте, дрібні породи також можуть бути схильними до цього захворювання. На початку захворювання у тварин відмічають утруднену ходу сходами, собаки не можуть стрибати. Симптоми розвиваються повільно, протягом кількох місяців або навіть років. Такі грижі викликають атаксію (некоординовані рухи) задніх кінцівок, що розвивається поступово. У випадках, коли диск розривається не повністю, а неврологічний дефіцит і біль помірні, з успіхом застосовують консервативне лікування.

Також випадіння речовини диска класифікують за швидкістю на-ростання симптомів. *Надгострий перебіг* – менше однієї години; *гострий перебіг* – від однієї години до однієї доби; *хронічний перебіг* – більше доби.

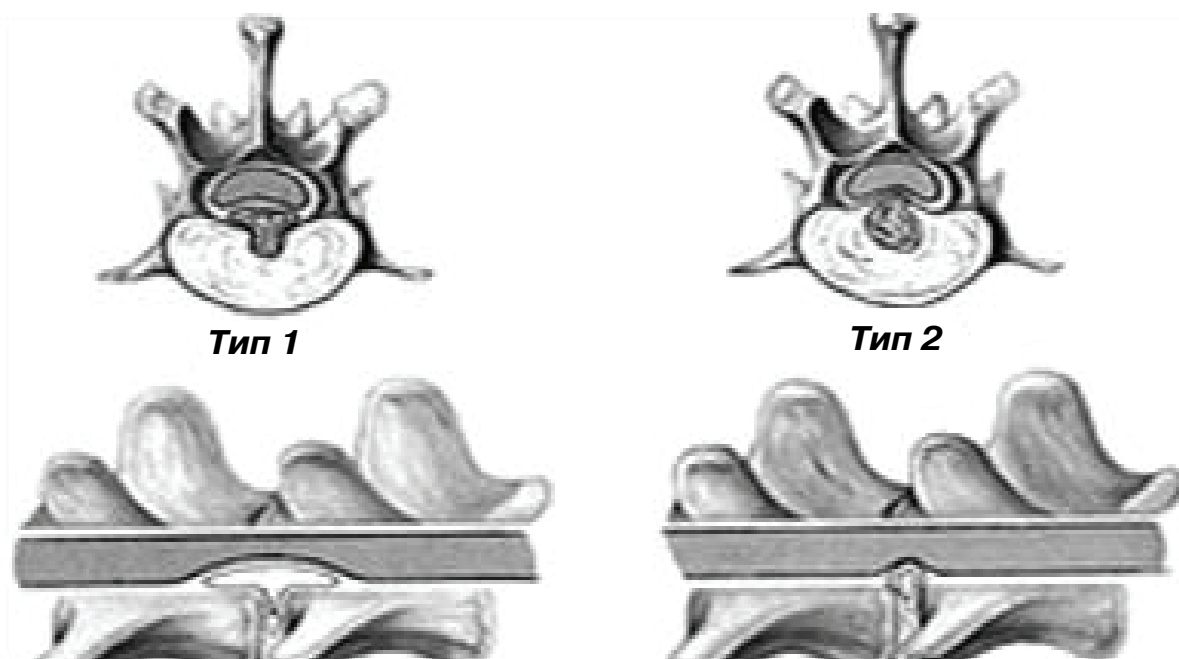


Мал. 25 – Поперечний переріз хребта на рівні міжхребцевого диска.
Механізм формування грижі диска

Грижа диска виникає внаслідок того, що в міжхребцевому диску з віком відбуваються незворотні зміни, і диск перестає адекватно реагувати на навантаження. Значну роль у зміні диска відіграють генетичні чинники.

Виникнення грижі типу 1 у хондродистрофічних порід собак пов'язане зі слабким диференціюванням у них міжхребцевого диска. У собак цих порід пульпозне ядро піддається хрящовому переродженню й поступово заміщується гіаліновим хрящем. До першого

року життя вже у 90—100% собак хондродистрофічних порід відбуваються зміни в зоні пульпозного ядра. У собак не хондродистрофічних порід пульпозне ядро поступово заміщується колагеновою тканиною. Це відбувається значно пізніше й більш повільно. Наступна стадія дегенерації – кальцифікація хрящового ядра. У хондродистрофічних собак хрящоподібна метаплазія (переродження) і дегенерація диска відбуваються у віці між двома місяцями і двома роками життя. Хрящоподібна метаплазія розвивається швидко і часто супроводжується мінералізацією. Фіброзне кільце розривається в найтоншому місці, тому речовина диска зміщується дорсально (вгору). Також речовина диска може зміщуватися в інших напрямках – вниз, убік. У цьому випадку клінічні прояви зазвичай відсутні, а речовина, що випала, бере участь у формуванні спондилозу суміжних тіл хребців (утворюються кісткові зрощення і нарости).



Мал. 26 – *Варіанти типів задніх гриж дисків у собак і котів*

За розвитку грижі відбувається компресія і травматичний струс спинного мозку, внаслідок чого у собак розвиваються неврологічні симптоми.

Струс призводить до прямого пошкодження спинного мозку, викликаючи вторинні механізми пошкодження тканин. Первинне травмування призводить до розриву аксонів та демієлінізації нервових волокон, геморагічного некрозу сірої речовини спинного мозку і зниження кровотоку в ньому.

Вторинні пошкодження можна поділити на обумовлені: а) метаболічними; б) судинними механізмами. Метаболічний механізм зумовлений ішемією внаслідок первинної травми й призводить до збільшення утворення вільних радикалів, які можуть перевищувати можливості природних захисних систем. Судинний механізм викликає подальший розвиток ішемії спинного мозку, обумовленої первинними і вторинними метаболічними процесами.

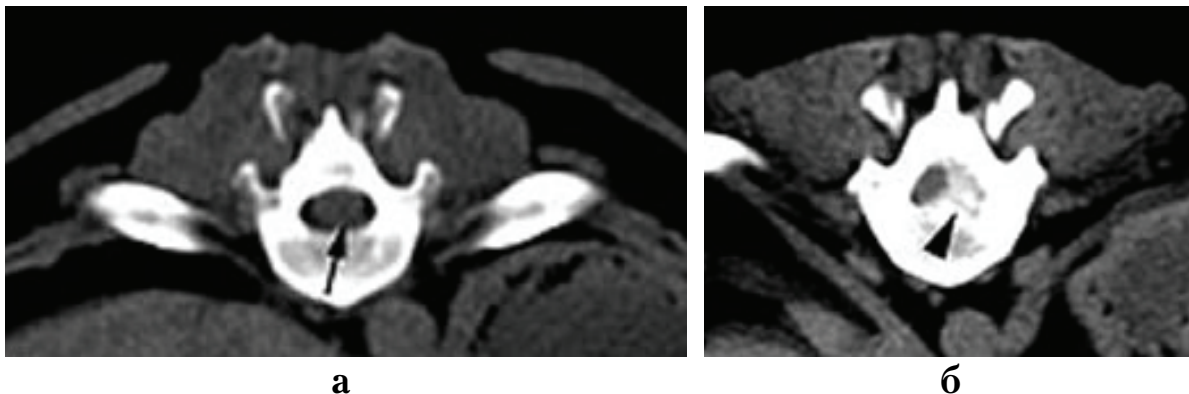


Мал. 27 – Мієлограма в латеральній проекції: на рівні зсуву міжхребцевого диска видно вигин контрастної колони над ядром диска

Спинний мозок може до певного часу витримувати стиснення і компенсувати навантаження. Симптоми з'являються тоді, коли компенсаторні механізми вичерпано. Серйозність симптомів залежить від сили стиснення, розміру випинання і місцезнаходження патології. Наслідки стиснення спинного мозку найкраще помітні в грудо-поперековій ділянці через мале співвідношення спинномозкового каналу до діаметра спинного мозку. У шийному відділі хребта діаметр спинномозкового каналу великий, для спинного мозку значно більше місця. Тому шийні грижі часто призводять до болю, а грижі грудо-поперекового відділу – до парезів і паралічів.

Дископатія, або ГХД (утворення грижі міжхребцевого диска), – захворювання хребта, що нерідко реєструється у дрібних домашніх тварин. Розрізняють два види дископатій. *Хондроїдну метаплазію драглистого ядра* (дегенерація І типу за Hansen), що передчасно роз-

вивається. Реєструється у хондродистрофічних порід (такси, пекінеси, кокер-спанієлі, малі пуделі, французькі бульдоги, біглі). У тварин цих порід дегенеративні зміни в диску можуть спостерігатися, починаючи з трирічного віку, а в 4–6 років розвивається неврологічна симптоматика захворювання. *Фібозна метамплазія* (дегенерація II типу за Hansen) спостерігається в інших порід собак як нормальний процес старіння і клінічно проявляється після 10 років. Найчастіше реєструється у собак крупних порід: вівчарок, ротвейлерів, доберманів та ін.



Мал. 28 – КТ собак, виконані на рівні кінця грудної клітки:
а – здорова собака, зображено спинний мозок, оточений жиром і кісткою (стрілка); *б* – собака з великою екструзією диска (стрілка).

За тяжкістю прояву клінічних ознак існує 5 категорій:

I категорія. Вертеброгенний синдром. Клінічно проявляється болями при різких рухах. Такі тварини не мають рухових порушень, хоча власники часто відзначають, що собака не може зістрибнути з ліжка або піднятися сходами вгору. Якщо патологічний процес торкнувся дисків шийного відділу хребта, при зборі анамнезу з'ясовується, що тварина може споживати корм тільки якщо його миска стоїть на підставці, а не на підлозі. Вони можуть кричати при найменшому повороті голови. Часто цей стан помилково приймають за кишкову або печінкову кольку. До даної категорії відноситься близько 45% випадків ураження грудного та поперекового відділів хребта і близько 60% уражень шийного відділу.

II категорія. Ураження характеризується легкою атаксією, вираженим вертеброгенним синдромом і можливим зниженням пропріорецептивної чутливості. Рухові порушення майже відсутні, хоча собака може кульгати. До цієї категорії належать близько 60% хворих тварин із дископатією грудного та поперекового відділів хребта і близько 25% із дископатією шийного відділу.

III категорія. Характеризується тетрапарезом або парапарезом, залежно від місця протрузії. При цьому чутливість у тварин зберігається, м'язовий тонус підвищений. До цієї категорії належать близько 25% хворих тварин із пошкодженням грудного і менше 5% з пошкодженням шийного відділів хребта.

IV категорія. Параліч (параплегія, рідше тетрапарез). Поверхнева чутливість порушена, глибока больова чутливість ще збережена. Акцентується гіперрефлексія або гіпо- та арефлексія, залежно від місця утворення ГХД.

V категорія. Пов'язана з компресійною ішемією спинного мозку. Якщо вона не буде усунена впродовж 36 годин, можливий розвиток мієломалії (незворотнього руйнування спинного мозку) в результаті порушення кровообігу та набряку, що може призвести до незворотних змін речовини спинного мозку. На дану категорію припадає близько 10% уражень грудо-поперекового відділу хребта. Прогресує порушення функції тазових органів у вигляді затримки сечовипускання і дефекації. Можлива гіперрефлексія або арефлексія.

VI категорія. До даної категорії відносять пацієнтів із висхідною мієломалією, що розвивається або вже розвинулася. У тварин спостерігаються порушення функцій тазових органів. Параплегія з втратою глибокої больової чутливості прогресує до тетраплегії. При висхідному процесі рефлекс панікуліту не відповідає місцю протрузії диска та зміщується в міру прогресування процесу. Такий стан супроводжується загальним пригніченням тварини, значною депресією, відмовою від корму. Рекомендується евтаназія у зв'язку з сильними стражданнями тварини і неможливістю допомогти їй.

Як правило, собакам та кішкам проводять комп'ютерну мієлографію, яка об'єднує переваги двох важливих методик: мієлографії та КТ.

Мієлографія (контрастна спондилографія)

Мієлографія – це відображення контурів спинного мозку на рентгенограмі. Візуалізація контурів спинного мозку досягається за рахунок розповсюдження контрастної речовини під його оболонками.

Методика мієлографії. Пункція дурального мішка проводиться на рівні L6—L7 або, частіше, L7—S1 хребців. При влучанні в дуральний простір виникає відчуття “провалу”. Після пункції вводиться контрастна речовина – “Омніпак”. Кількість контрасту залежить від величини собаки. Таксам вводиться 0,8—1,0 мл висококонтрастного препарату “Омніпак-300”, великим собакам до 2,0 мл “Омніпак-240”.

Коли голка знаходиться в дуральному просторі, розчин вводиться легко. При розташуванні голки в м'язах поршень шприца відчуває пружність. “Омніпак” важчий за ліквор, тому голова собаки має знаходитися вище за крижі. Виконуються рентгенограми в двох проекціях (прямій і бічній). У всіх обстежуваних тварин контраст розповсюджується до грудо-поперекового відділу. Знімки необхідно зробити в найкоротший термін, оскільки за 10–15 хвилин контраст розсмоктується і не візуалізується на рентгенограмі.



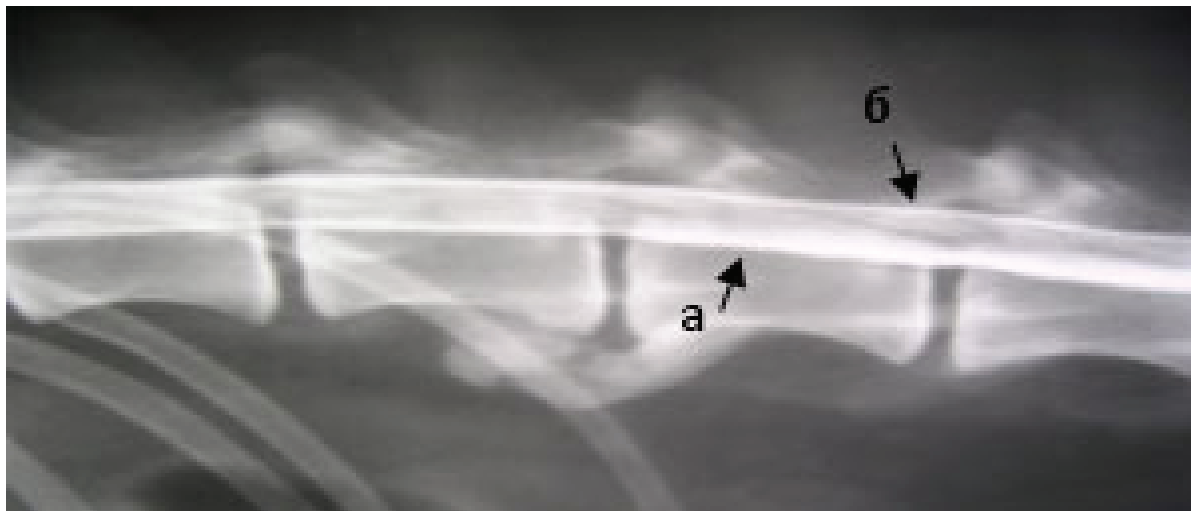
Мал. 29 – Приклад мієлографії (прицільна рентгенограма поперекового відділу хребта, точкове введення контрасту)

Після проведеної процедури тваринам впродовж трьох днів призначають слабкі діуретики (відвар сечогінних трав) і ненаркотичні анальгетики (анальгін). Тварини зазвичай добре переносять дану процедуру.

Досить важливий правильний аналіз мієлограм. На жаль, поки що майже відсутні атласи або описи “норми” і “патології” вмісту хребетного каналу у собак. Просте перенесення досвіду “читання мієлограм” у людини на собак неможливе, оскільки анатомія спинного мозку, його корінців у них істотно відрізняються. Немає даних і про ширину хребетного каналу (який розмір вважати за стеноз (?), у якої породи собак (?)), про величину передніх резервних просторів. Легко вдається виявити лише грубу патологію.

У нормі контрастна речовина навколо спинного мозку на рентгенограмах відображається у вигляді двох паралельних смуг (вентральна і дорсальна колони), що йдуть від потиличного гребеня до крижових хребців (мал. 30). Без контрастної речовини контурів

спинного мозку на рентгенограмі не видно, ми бачимо тільки контури кісткової тканини – хребців.

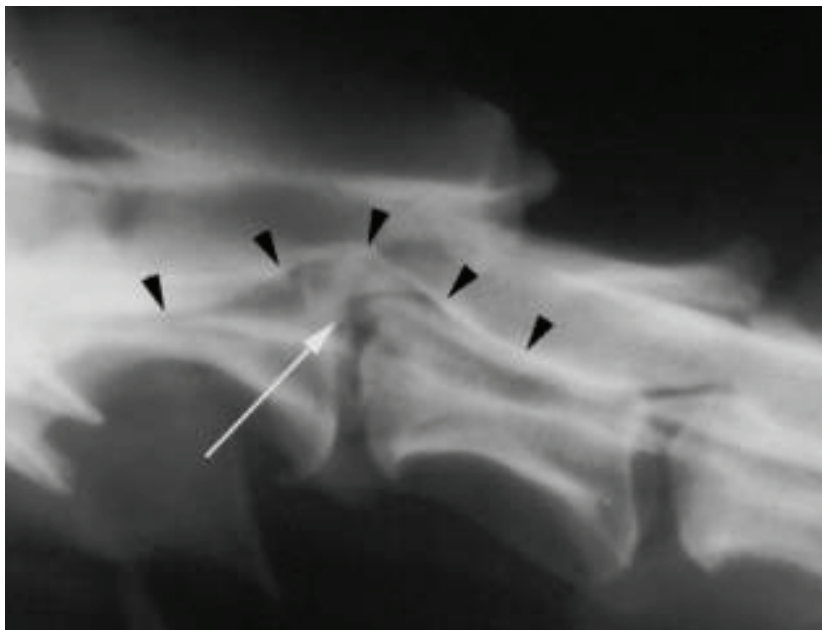


Мал. 30 – Рентгенограма. Грудно-поперековий відділ хребетного стовбура, (бічна проекція). Проходження контрастної речовини у вигляді вентральної (**а**) і дорсальної контрастних колон (**б**) (норма)

Основним показанням до проведення мієлографії слугує визначення рівня компресії спинного мозку (на підставі неврологічної симптоматики неможливо визначити точний рівень випадання диска). До того ж мієлографія може бути документальним підтвердженням рівня ураження спинного мозку (мал. 31).

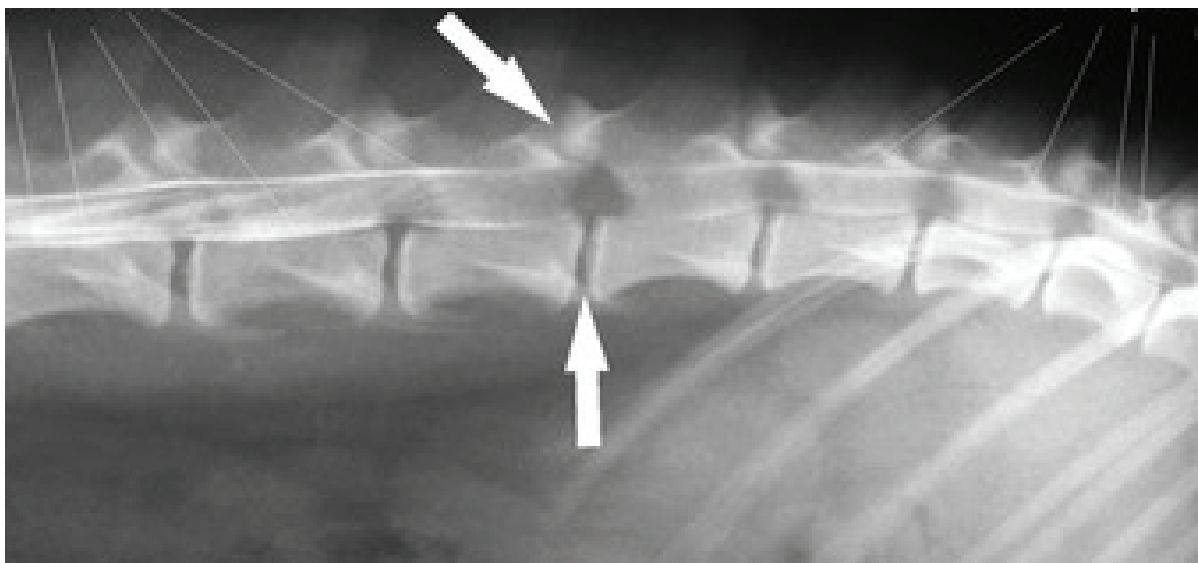


Мал. 31 – Рентгенограма шийного відділу хребетного стовбура в бічній проекції. Зсув вентральної контрастної колони на рівні C2—C3. Грижа диска



Мал. 32 – Мієлограма собаки з великою грижею диска в ділянці шиї (біла стрілка). Маса диска та його фіброзного кільця відштовхує мієлографічну контрастну речовину (чорні стрілки) і зміщення спинного мозку вгору викликає сильний біль

Знаючи клінічні симптоми, породну схильність тварин до різних патологій, типові місця локалізації і їх характерну рентгенографічну картину при мієлографії, можна встановити діагноз або констатувати відсутність патологій.



Мал. 33 – Мієлографія. Такса, 3 роки. В місці випадіння диска контрастна речовина відсутня (стрілки)

Варто наголосити на високій небезпеці даного методу для тварини, адже голка вводиться в спинномозковий канал. Якщо у тварини немає протипоказань до загальної анестезії і не підвищений внутрішньочерепний тиск, вірогідність ускладнень мала. Голка при поперековій пункції проходить через спинномозкові нерви (це свого роду мотузки), зміщуючи і відсовуючи їх. І тут вірогідність ускладнень незначна. Проте коли спинний мозок набряклий (а це буває завжди при його компресії), введення контрастної речовини між оболонками збільшує тиск на нервову тканину. Це може призвести до погіршення неврологічної симптоматики після мієлографії. При виконанні субокципітальної пункції (прокол виконується між потиличною кісткою та дужкою першого шийного хребця) найбільш небезпечним ускладненням є пошкодження венозного синуса (судини), що може викликати утворення гематоми. Це, у свою чергу, призведе до набряку спинного, а потім і довгастого мозку, що врешті-решт викличе зупинку дихання та смерть тварини.

Частота фатальних ускладнень, за даними світової літератури, становить близько 2%.

На сучасному етапі мієлографія – це найбільш доступний метод візуалізації спинного мозку за допомогою рентгенографічного дослідження, що дає змогу визначити рівень компресії спинного мозку і в певній кількості спостережень поставити діагноз. Однак все ширше її заміняє КТ і КТ-мієлографія.

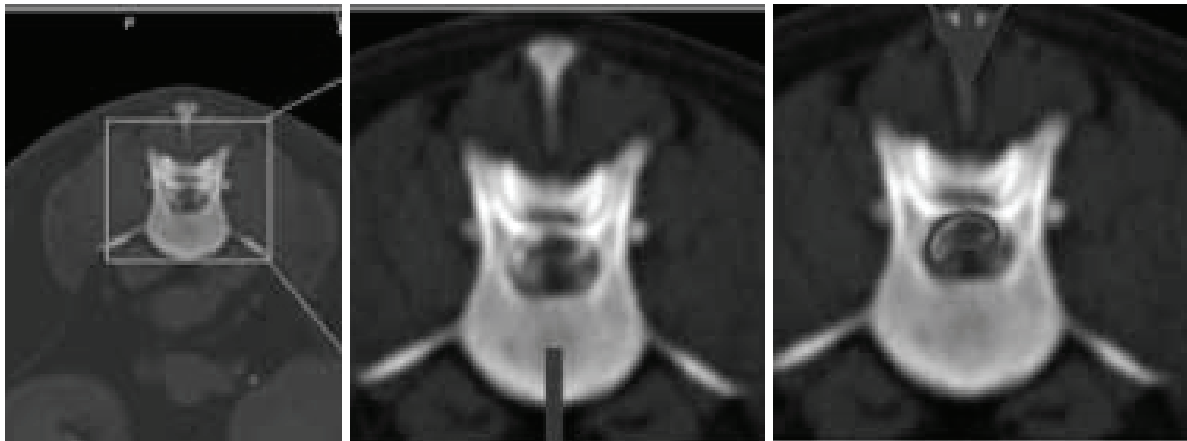
Показання до проведення КТ-мієлографії. На підставі літературних даних ми визначаємо наступні показання та протипоказання до проведення КТ-мієлографії.

КТ-мієлографія дозволяє чітко визначити взаємовідношення дегенеретивно змінених дисків, дурального мішка і спинного мозку. При цьому, як і при традиційній мієлографії, можливе визначення блоку циркуляції ліквору.

Техніка проведення спіральної КТ із контрастуванням: премедикація, нейролептанальгезія, субарахноїдальне, окципітальне або люмбальне введення контрастної речовини (“Омніпак-240” або “Омніпак-300”). Через 15-30 хвилин після введення контрастної речовини проводять КТ.

Бажано додатково проводити дослідження потилично-атлантичної зони для виключення мальформацій Арнольда-Кіарі (тобто, “уклинення” довгастого мозку і мозочка в потиличний отвір), хоча подібне дослідження доцільно проводити перед введенням контрастної речовини у велику цистерну.

В ідеалі алгоритм проведення КТ-мієлографії повинен виглядати наступним чином: КТ ділянки потилиці й атланта, введення контрасту, КТ-мієлографія.

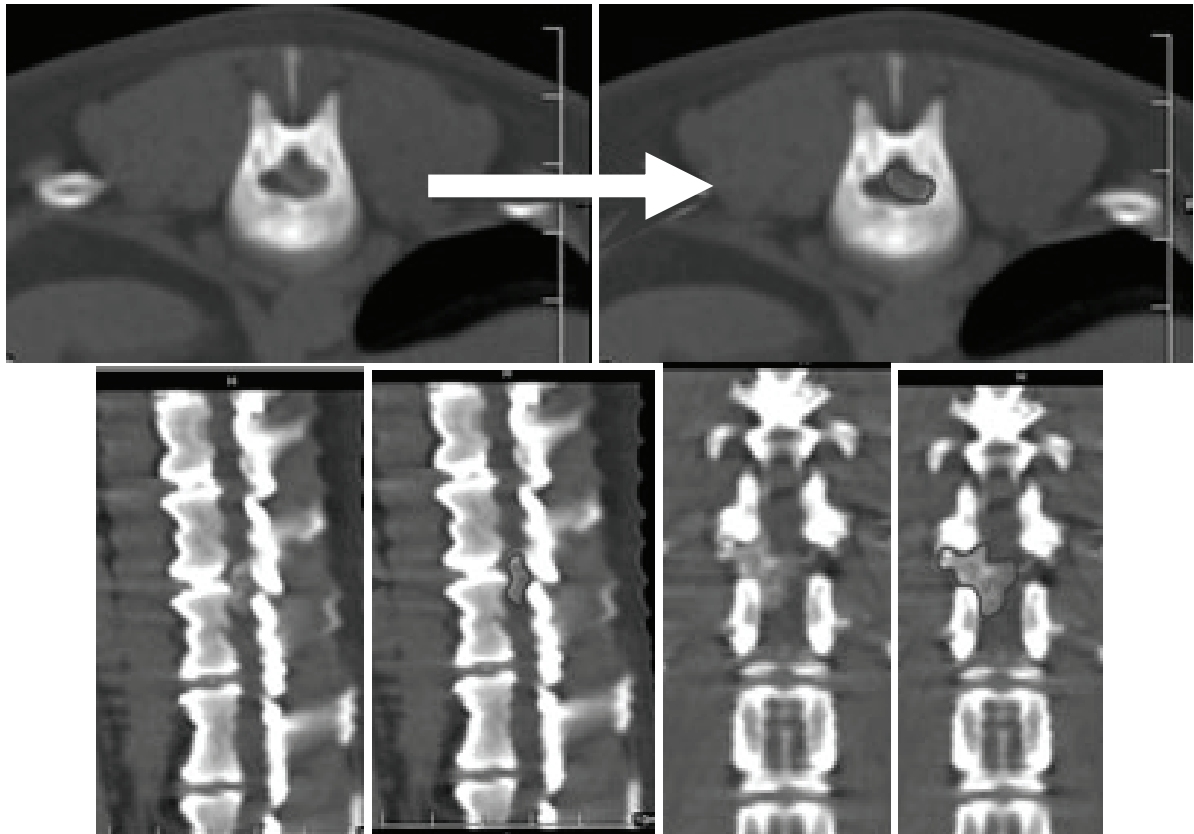


Мал. 34 – КТ суки 4-х років. Добре видно компресію спинного мозку структурами міжхребцевого диску

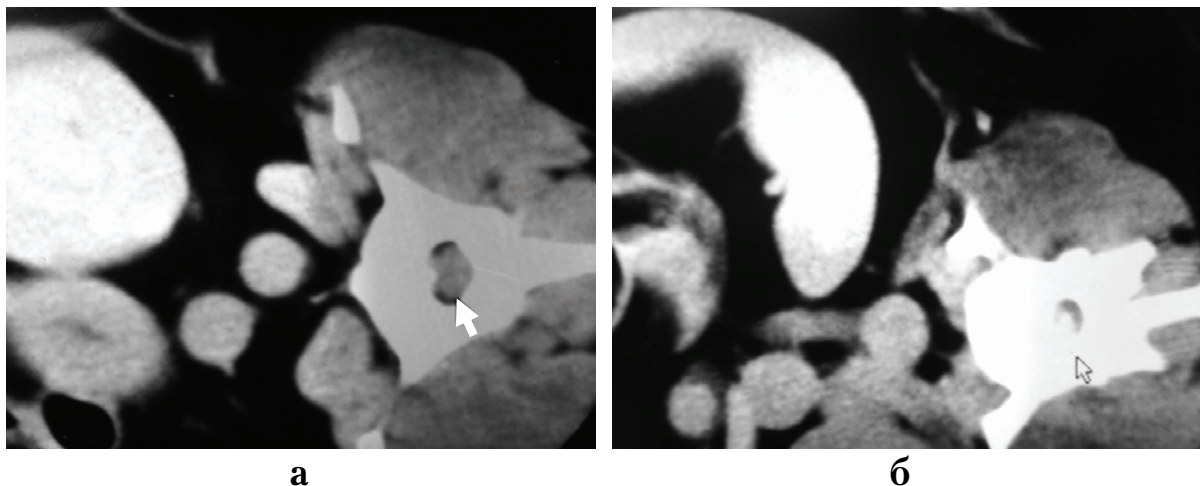
При детальному вивченні наведеного випадку травматичних пошкоджень досліджених хребців не виявлено. На рівні L1–L2 визначається дорсомедіальна протрузія диска до 3 мм у просвіт спинномозкового каналу і розповсюдження фрагмента диска вниз уздовж епідурального простору назад від тіла L1 хребця на 4 мм. Ширина просвіту спинномозкового каналу на цьому рівні – 5 мм. Спинний мозок скомпресований. На цьому ж рівні L1–L2 визначається блок контрасту. Як висновок – КТ-ознаки вентромедіальної грижі диска на рівні L1–L2.

При детальному вивченні даного випадку контраст вводили в “велику цистерну”.

На серії КТ-сканів із подальшою 3D реконструкцією отримані зображення нижньогрудного і поперекового відділів хребта на рівні Th10–L4. У проекції міжхребцевого отвору і на рівні міжхребцевого диска Th11–Th12 праворуч визначається неправильно округлої форми утворення неоднорідної м'якотканинної структури (25–30 од. Н) із чіткими рівними контурами, розміром 14x9x10мм, яке розповсюджується в просвіт спинномозкового каналу й стискає спинний мозок. На цьому ж рівні Th11–Th12 визначається блок лікворного простору. Деструктивних змін кісткової тканини досліджених хребців не виявлено.



Мал. 35 – СКТ суки 5 років. КТ ознаки доброякісного утворення корінця спинного мозку на рівні Th11–Th12 справа (ймовірно, невринома)

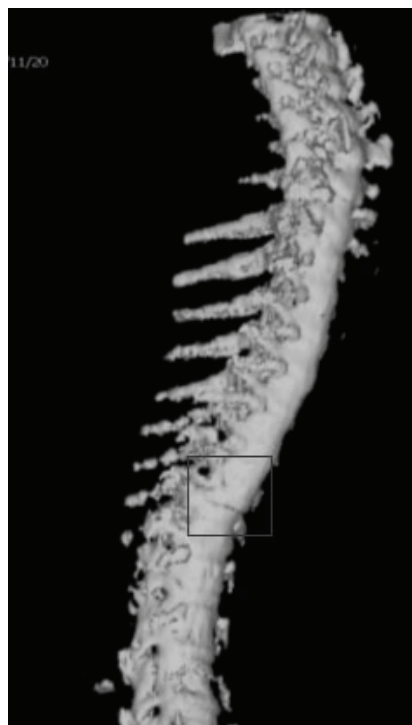


*Мал. 36 – Фрагменти КТ собак: **а** – КТ знімок хребта (L1–L2 диск) собаки породи такса 6 років (стрілочкою вказана ГХД, що займає 1/3 діаметра хребетного каналу, зверху над нею стиснений спинний мозок); **б** – КТ знімок хребта (Th11–Th12-диск) собаки породи такса 4 років (кальцифікована секвестрована ГХД у просвіті хребетного каналу)*

Слід зазначити, що бічна томограма за розповсюдженням контрасту в хребетному каналі дозволяє точніше визначити зону поперечного сканування.

На поперечних зрізах чітко візуалізуються зовнішні контури спинного мозку і внутрішньої епідуральної жирової клітковини, відокремлені одна від іншої контрастно підсиленою спинномозковою рідиною.

За наявності випинань міжхребцевих дисків вдається чітко визначити їх контури, деформації епідуральної жирової клітковини і субдурального простору. У випадках, коли грижа диска глибоко вклинюється у хребетний канал, КТ-мієлографія достовірно показує компресію спинного мозку. При цьому між диском і спинним мозком візуалізується дефект епідуральної жирової клітковини і субдурального простору та дорсальний зсув спинного мозку. Введення контрастної речовини дає змогу відрізнити вільний фрагмент грижі міжхребцевого диска, що секвеструє, від таких аномалій, як розширена оболонка спінального корінця або об'єднаний спінальний корінець.



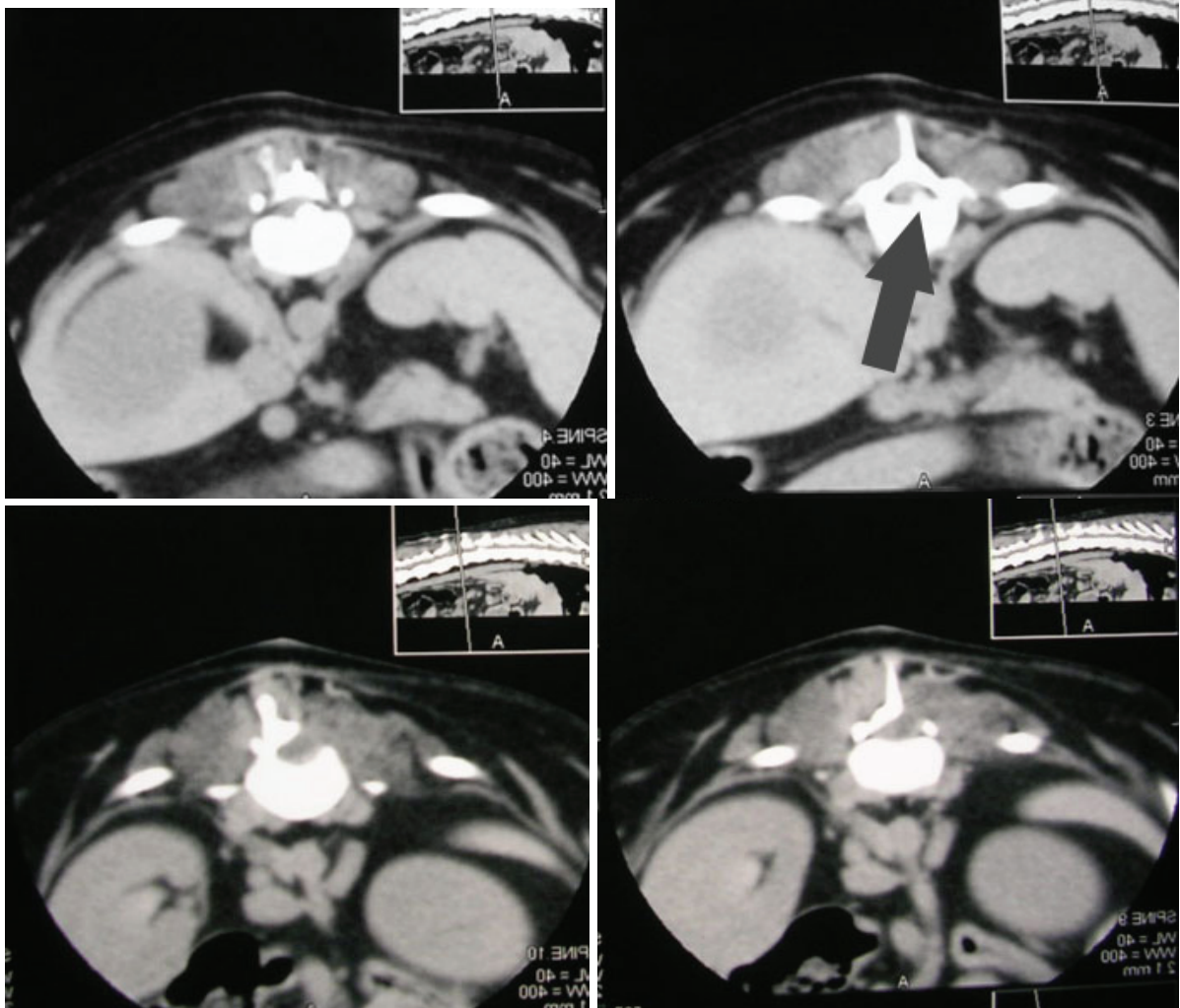
Мал. 37 – СКТ грудного та поперекового відділів хребта кошеняти 5 міс. Перелом тіла Th12

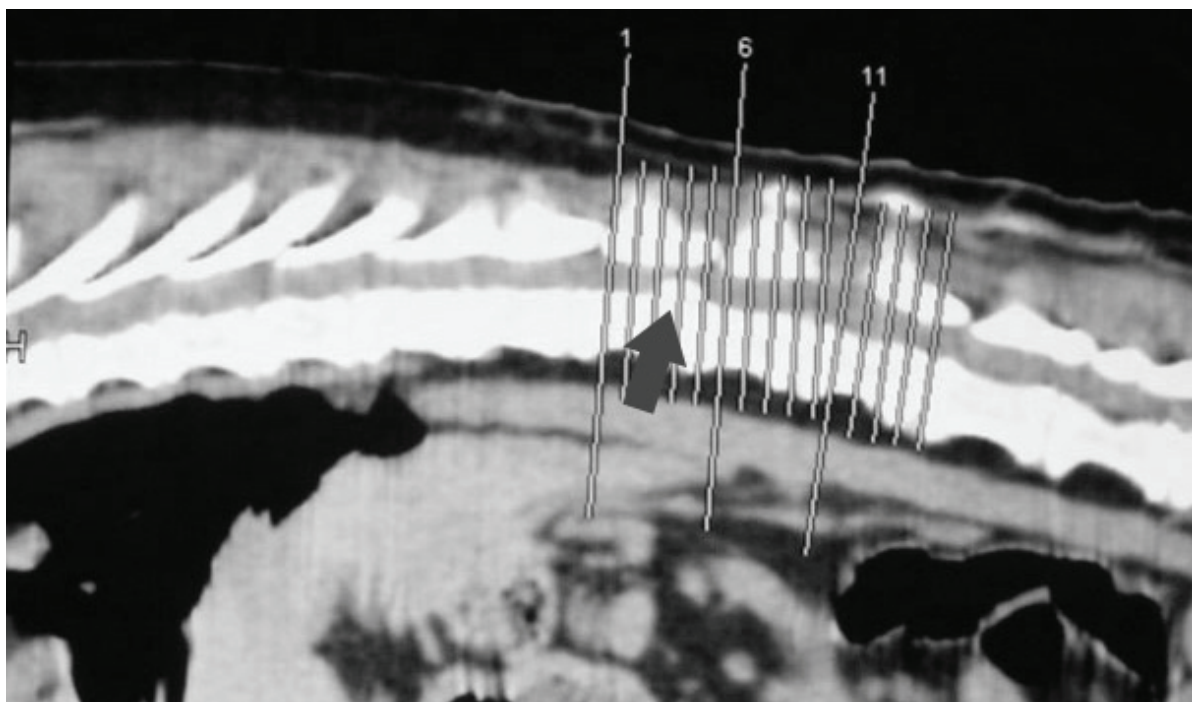
При детальному вивченні випадку на серії КТ-зрізів із 3D реконструкцією отримані зображення хребців і міжхребцевих дисків на рівні С3—L5. Визначається перелом тіла Th12. Вісь хребта на цьому рівні утворює “сходи́нку”.

*Мал. 38 – СКТ із мієлографією
грудного та поперекового відділів
хребта. КТ-ознаки травматичної
вентромедіальної грижі диска
на рівні L5-L6*

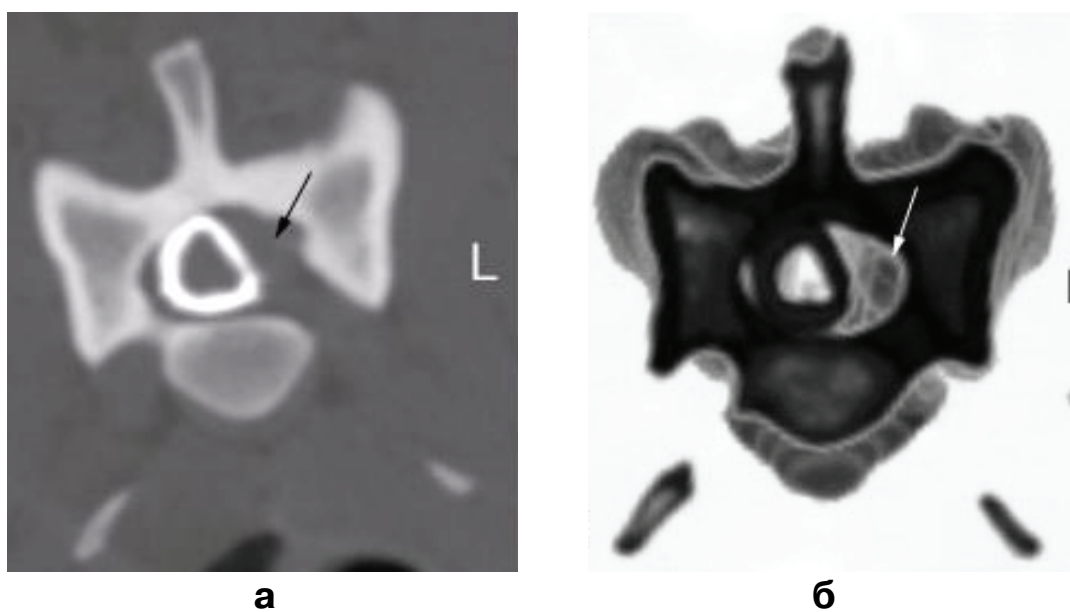


*Мал. 39 – Такса. КТ-дослідження
грудно-поперекового відділу хребта.
Поперечне сканування. Компресія
спинного мозку при екструзії
елементів диска*



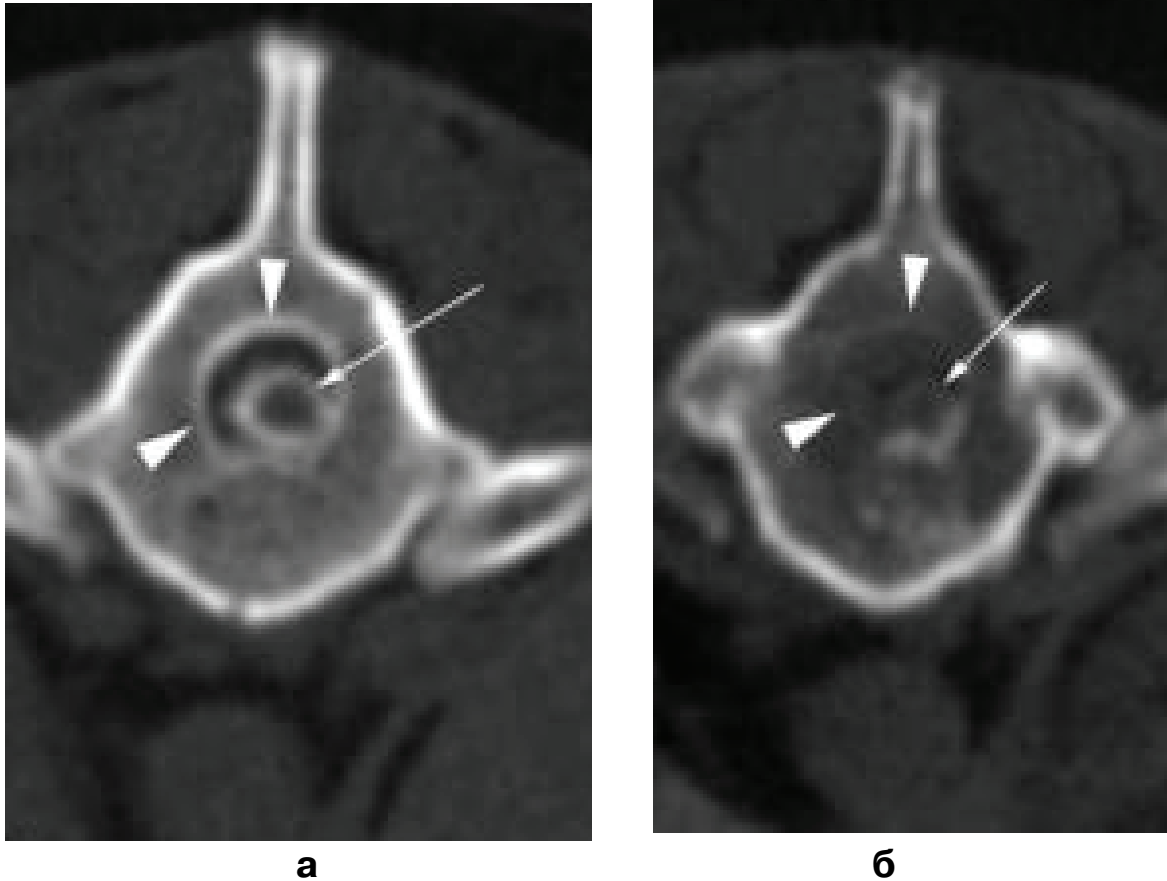


Мал. 40 – Такса. КТ-дослідження грудо-поперекового відділу хребта. Поздовжня реконструкція. Компресія спинного мозку при екструзії елементів диска



*Мал. 41 – КТ-мієлограма на рівні C5—C 6 диску в дворічного мастифа:
а – відзначається лівостороння компресія спинного мозку (стрілка);
б – 3D реконструкція*

КТ та СКТ продовжують відігравати важливу роль у діагностиці пухлин спинного мозку та хребта у собак і котів, хоча й дещо поступаються популярністю у цьому МРТ.



Мал. 42 – КТ собаки з типом пухлини спинного мозку, що називається пухлиною плазмової камери: **а** – КТ через хребці, прилеглі до патологічної ділянки; **б** – КТ через хребці, що постраждали від пухлини (помітна загальна втрата щільності кісток, особливо в районі, де знаходиться спинний мозок (наконечники стріл), спинний мозок стиснутий, навколишня спинномозкова рідина і контраст на скані ледь помітні (стрілка))

Незважаючи на значну кількість позитивного, у КТ-мієлографії є й негативні риси. До недоліків даної методики слід віднести, перш за все, інвазивність. Можливі ускладнення та побічні реакції, що примушують в окремих випадках відмовитися від КТ-мієлографії на користь МРТ. До них відносяться: алергічна реакція на контрастну речовину, неврологічні розлади у хворих із блоком циркуляції спинномозкової рідини, постпункційний менінгіт, ризик пошкодження довгастого мозку при субокципітальній пункції.

Комп'ютерна томографія органів грудної клітки собак і котів

Комп'ютерна томографія (КТ) органів грудної клітки – це детальне пошарове зображення різних органів і структур грудної клітки.

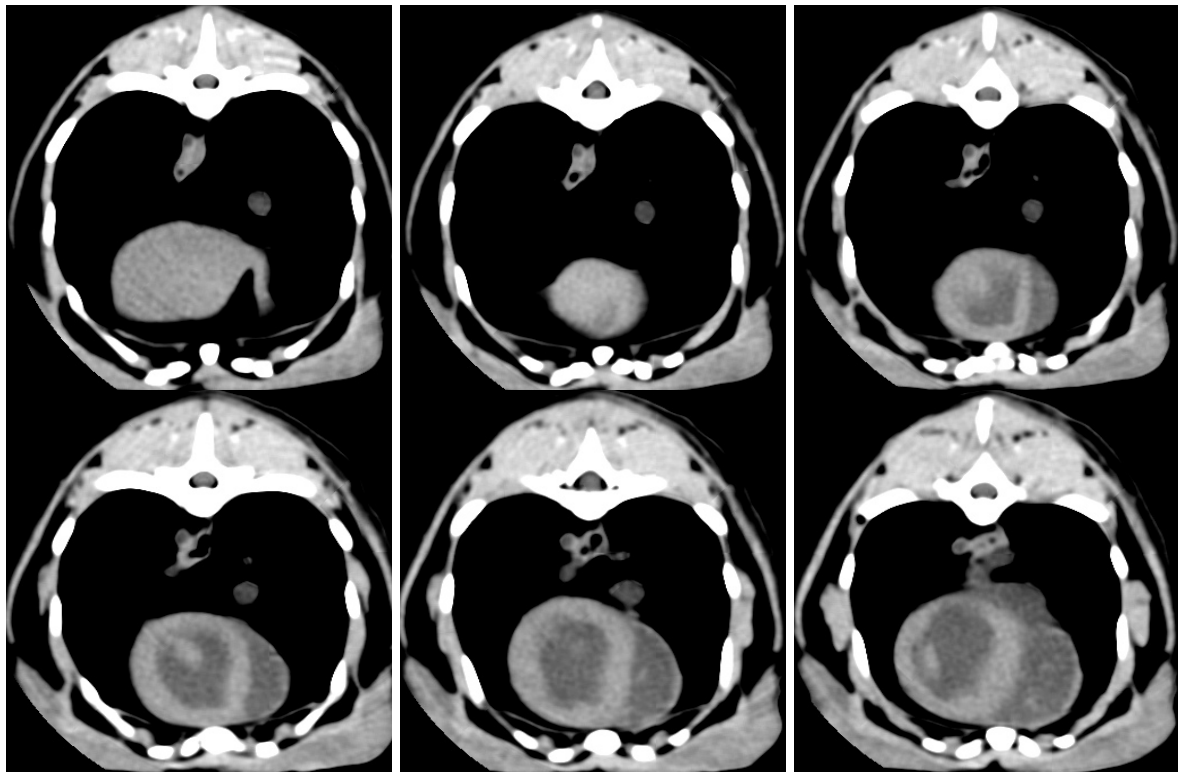
Комп'ютерна томографія грудної клітки дозволяє діагностувати захворювання легень, серця, стравоходу, великих кровоносних судин (аорти, легеневої артерії) або пошкодження м'яких тканин центральної частини грудної клітки.

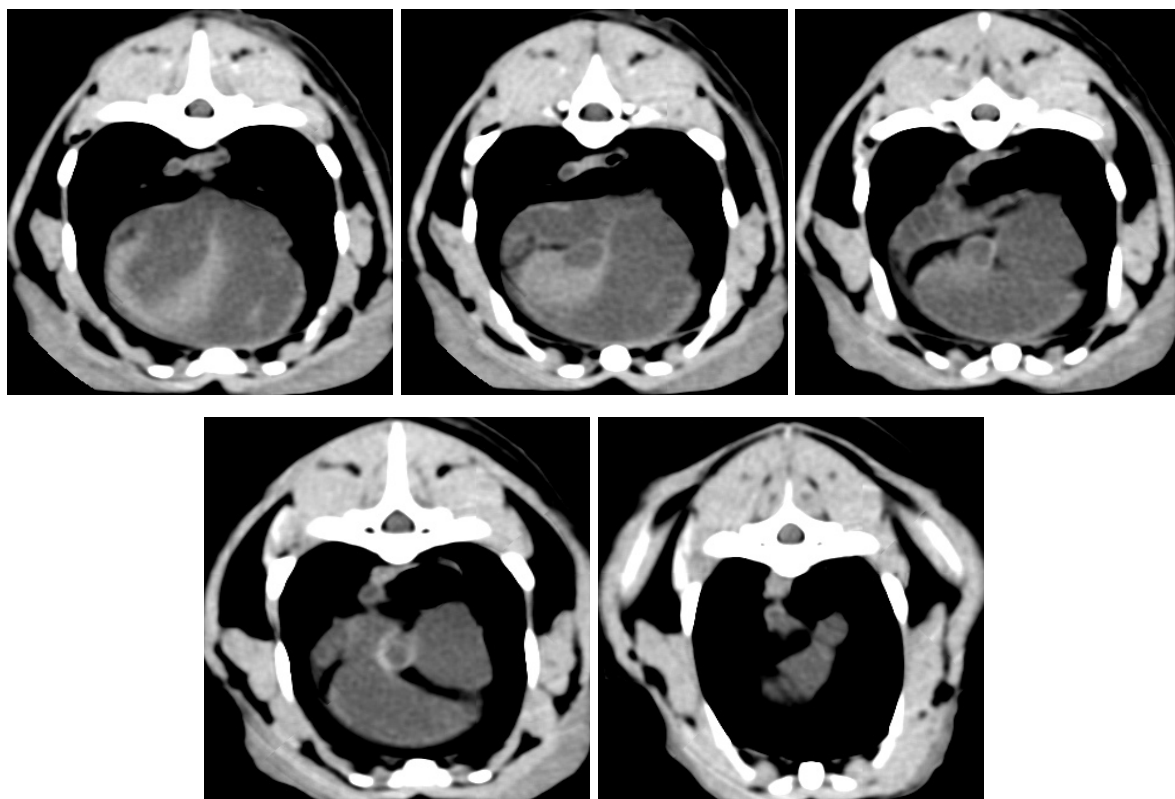
Під час КТ грудної клітки можна виявити:

- інфекційні та неінфекційні захворювання (туберкульоз, пневмонію, плеврит тощо)
- наявність плеврального випоту;
- рак легенів або метастази з інших органів;
- емфізему;
- легеневу емболію й аневризму аорти;
- патологію середостіння.

Іноді при КТ грудної клітки доводиться внутрішньовенно вводити контрастну речовину.

КТ можна виконувати з контрастуванням тканин або без нього. Контрастну речовину вводять передусім для підсилення чіткості зображення кровоносних судин і кращої візуалізації окремих деталей на зрізах.





Мал. 43 – Серія КТ-сканів легень та середостіння kota

КТ дозволяє отримати тривимірне зображення тканин і органів і виявити незначні відмінності в щільності тканин. Даний метод дослідження грудної клітки може витіснити медіастиноскопію при обстеженні собак і котів із підозрою на пухлину грудної клітки і лімфогранулематоз. Окрім того це досить ефективний метод діагностики у собак і котів із легеневою патологією.

Мета при проведенні КТ грудної клітки:

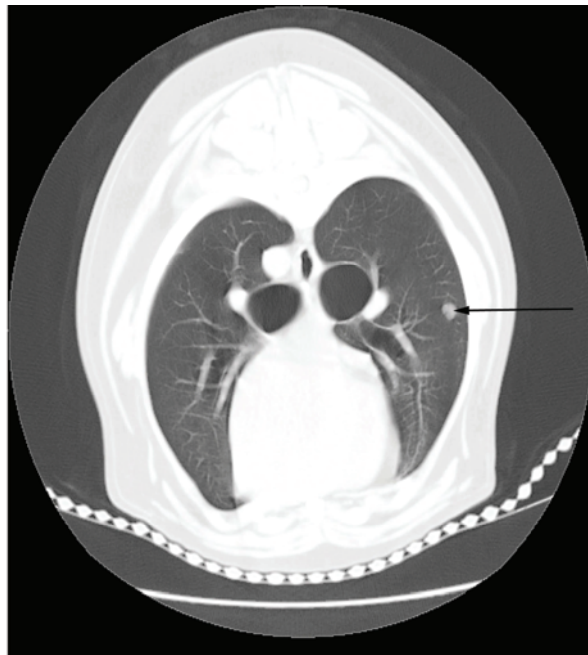
- Встановити локалізацію пухлини в грудній клітці, особливо при ураженні середостіння, наприклад, при лімфогранулематозі.
- Диференціювати звапнені туберкульозні осередки від пухлин.
- Диференціювати емфізему легень або бронхоплевральний свищ від абсцесу легень.
- Диференціювати пухлину, що прилягає до аорти, від аневризми аорти.
- Виявити розповсюдження пухлини ший на органи грудної клітки.
- Оцінити особливості первинної пухлини, яка може метастазувати в легені, зокрема у собак і котів із первинною пухлиною кістки, саркомою м'яких тканин і меланомою.
- Оцінити стан лімфатичних вузлів середостіння.

- Оцінити тяжкість захворювання легень, наприклад, емфіземи.
- Виявити розшарування або розрив стінки аневризми аорти.

Відхилення від норми. За допомогою КТ грудної клітки можна виявити пухлини, кісти, аневризму аорти, збільшені лімфатичні вузли, плевральний випіт, скупчення рідини, крові або жиру.



а



б

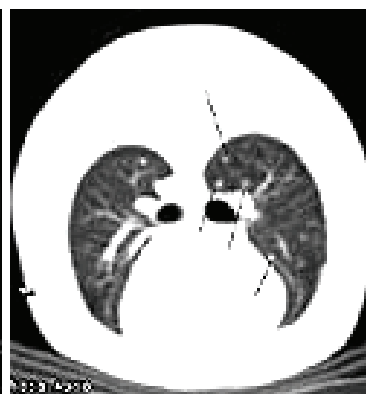
*Мал. 44 – КТ собаки: **а** – пухлина легені (стрілка); **б** – метастаз у протилежну легеню (на оглядовій рентгенограмі не простежувався)*



а

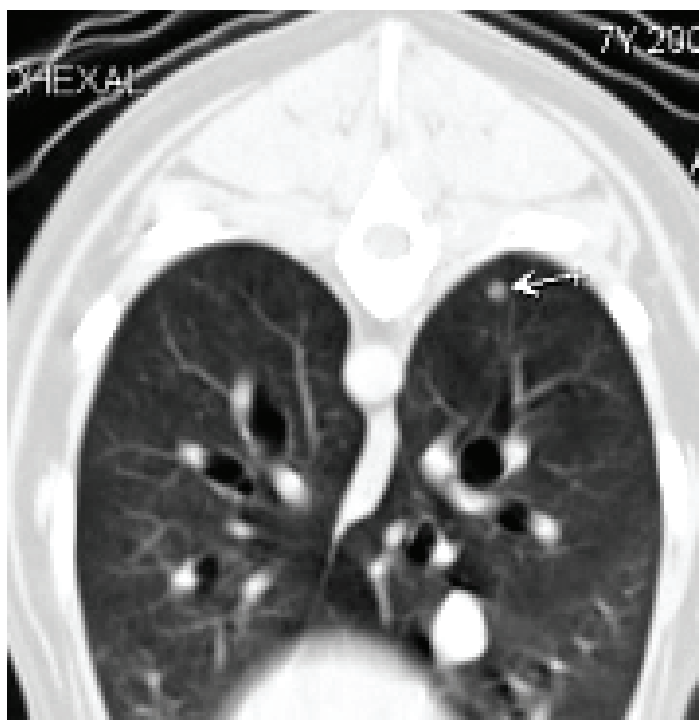


б



в

*Мал. 45 – КТ стерилізованого кота 11 років:
а – аденокарцинома в здухвинній ділянці зліва;
б, в – метастази у легені*

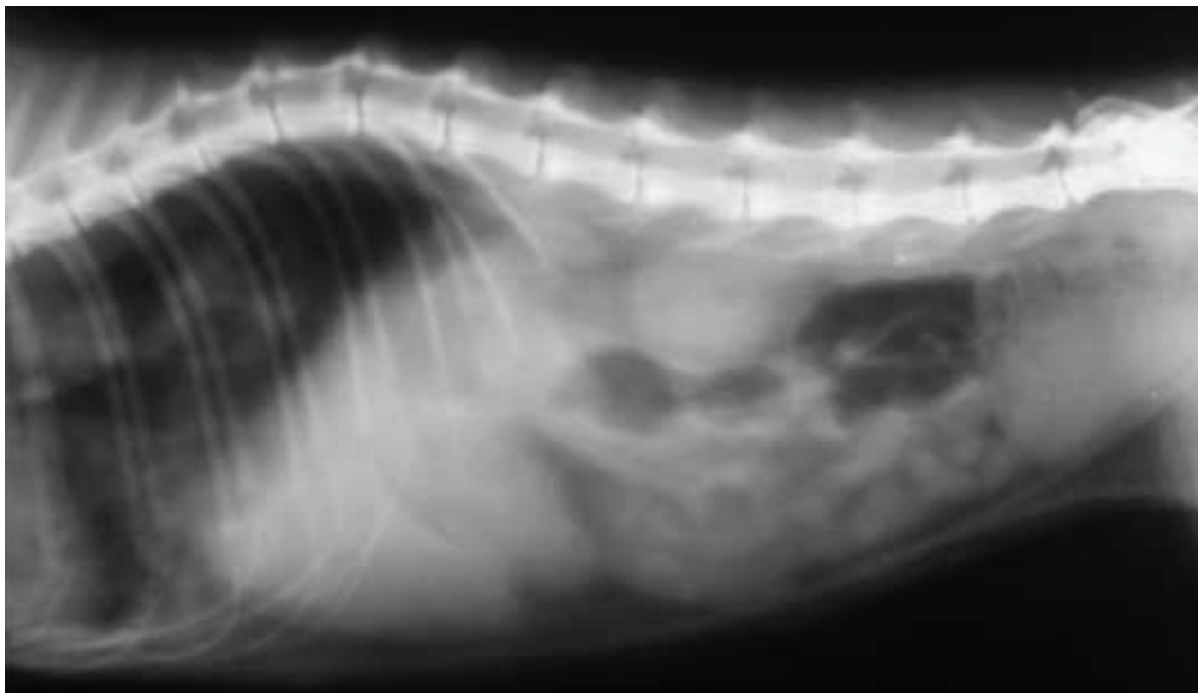


Мал. 46 – КТ кота – метастаз у легені

Комп'ютерна томографія органів черевної порожнини і тазу собак і котів

Комп'ютерна томографія печінки та жовчних шляхів

Ветеринарна гепатологія – порівняно новий напрям у ветеринарній медицині. За даними світової літератури, первинний рак печінки становить 1,2% усіх новоутворень у собак і 1,7% новоутворень у котів. У практиці ветеринарної медицини оперативні, а також інші методики лікування різних пухлинних уражень печінки на сьогодні не знаходять широкого застосування. Зазвичай у таких випадках рекомендують малоефективну паліативну терапію або евтаназію. Водночас у медицині людини, як вітчизняній, так і зарубіжній, застосовують оперативні методи лікування, що включають різні види резекцій печінки, а також хіміотерапію, кріодеструкцію, термоаблязію печінки. До того ж в окремих випадках мова йде про продовження активного життя пацієнта впродовж багатьох років. Саме тому вважається, що своєчасна діагностика захворювань печінки собак за допомогою сучасних методів (рентгенографія, УЗД, КТ, сцинтиграфія) та лікування новоутворень печінки – перспективний і актуальний напрям.



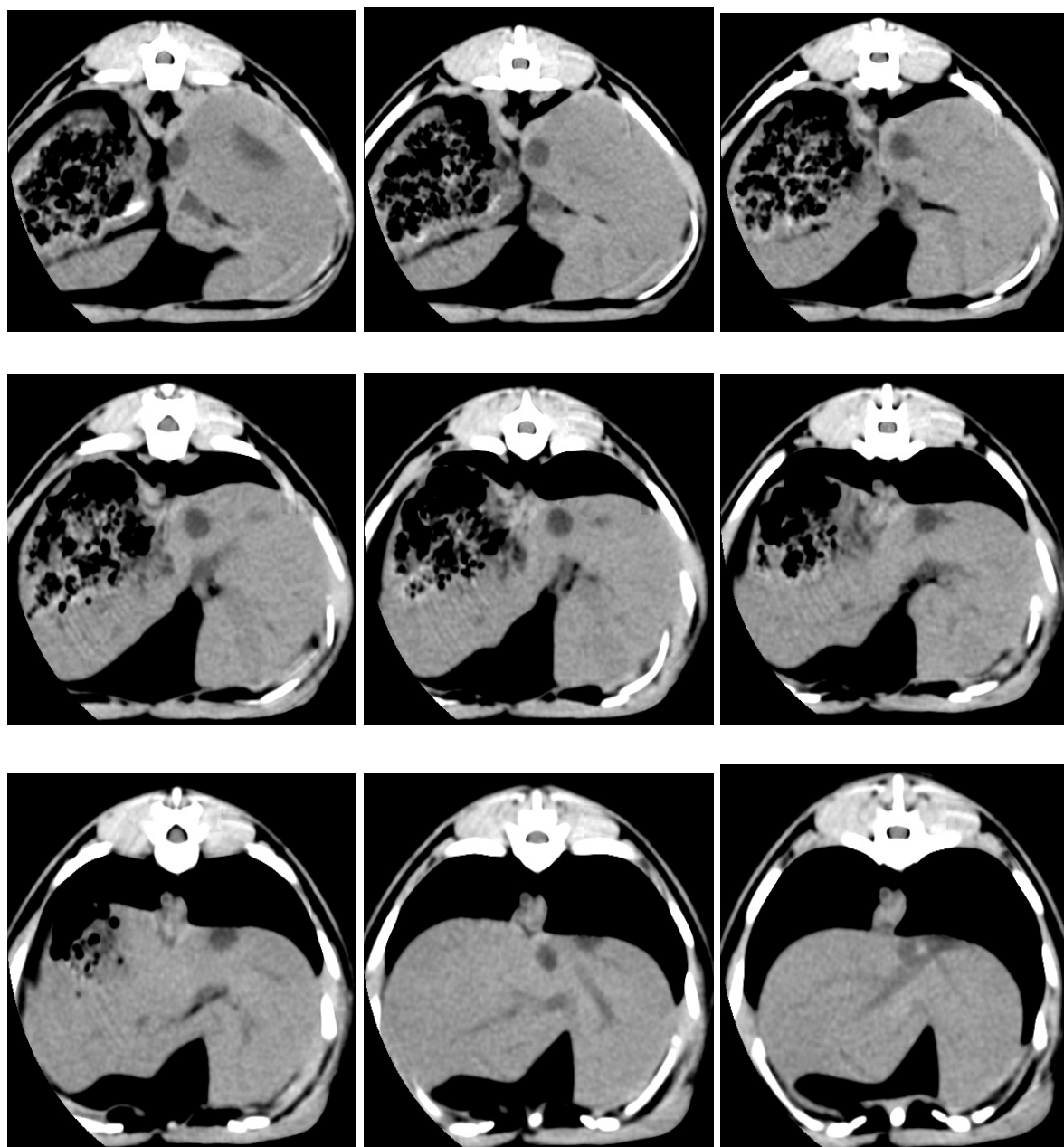
Мал. 47 – Рентгенівський знімок собаки з гепатомегалією та підозрою на новоутворення печінки

При рентгенографічному дослідженні черевної порожнини в латеральній проекції частіше візуалізується гепатомегалія, тобто край печінки виступає за край реберної дуги. У собак із коротким тулубом або з широкою грудною кліткою, а також у старих собак і цуценят цю особливість слід вважати нормою. При підозрі на новоутворення в обов'язковому порядку слід рентгенографічно досліджувати грудну клітку в бічній проекції.

КТ дозволяє чітко диференціювати захворювання печінки та жовчних шляхів. Відмінність в щільності тканин можна підсилити введенням контрастної речовини.

За допомогою КТ доволі легко диференціювати механічну жовтяницю від паренхіматозної та гемолітичної, виявити пухлини й абсцес печінки, а також субдіафрагмальний і припечінковий абсцес, кісти і гематоми.

Нормальна картина. У нормі тканина печінки гомогенна і має більшу щільність, ніж тканини підшлункової залози, нирок і селезінки. Ділянки меншої щільності лінійної або округлої форми на тлі гомогенної паренхіми відповідають судинам печінки. Ворітна вена зазвичай візуалізується. Внутрішньовенне введення контрастної речовини зменшує різницю в щільності між судинами і паренхімою.

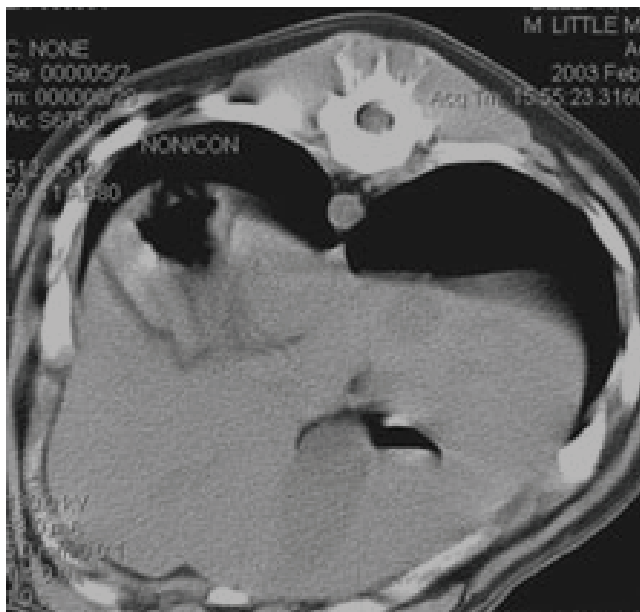


Мал. 48 – Серія КТ-сканів печінки кота

Загальні печінкова та жовчна протоки нерідко візуалізуються у вигляді утворень із низькою щільністю. У зв'язку з тим, що жовч подібна за щільністю до води, внутрішньовенне введення контрастної речовини дає чітку відмінність жовчних шляхів від навколишньої паренхіми та судин печінки.

Жовчний міхур візуалізується у вигляді округлого або еліптичного утворення, що має (подібно до жовчних проток) низьку щільність.

Відхилення від норми. Патологічні утворення печінки в більшості випадків мають меншу щільність, ніж її незмінена паренхіма. КТ дає



Мал. 49 – КТ печінки собаки

лишньої паренхіми. Крім того, велика пухлина може деформувати контури печінки. Абсцеси печінки мають вигляд гомогенних гіпоехогенних осередків із чіткими межами. Кісти печінки – круглої або овальної форми, з різко вираженими краями. Вони менш щільні, ніж абсцеси та пухлини.

Щільність раку печінки залежить від його стадії. Свіжий тромб за щільністю перевищує нормальну паренхіму, щільність тромбу, що формується, менше за щільність паренхіми печінки. Внутрішньопечінкові гематоми мають різну форму, субкапсулярні гематоми за формою нагадують серп і відмежовують паренхіму печінки від капсули.

При диференційній діагностиці механічної та інших видів жовтяниці звертають увагу на стан жовчних проток: їх розширення – ознака механічної жовтяниці, тоді як нормальний їх діаметр свідчить про жовтяницю немеханічного походження. Розширені внутрішньопечінкові жовчні протоки мають вигляд лінійних і округлих структур низької щільності, що розгалужуються на тлі гомогенної паренхіми печінки. Залежно від рівня обструкції може також спостерігатися розширення загальної печінкової, загальної жовчної проток і жовчного міхура. Нерізко виражене розширення жовчних проток легко виявити шляхом контрастування.

За допомогою КТ зазвичай вдається встановити причину обструкції жовчних шляхів, наприклад, жовчні камені або рак головки підшлункової залози.

змогу розрізнити досить дрібні осередки ураження. Використовуючи швидкокадрове сканування з внутрішньовенним контрастуванням, можна краще відрізнити патологічні осередки від нормальної паренхіми.

Первинна пухлина печінки або метастази мають вигляд округлих утворень зі щільністю, меншою за щільність незміненої паренхіми, із чіткими або розмитими межами. Проте іноді пухлину не вдається виявити, оскільки вона не відрізняється за своєю щільністю від навко-

Комп'ютерна томографія підшлункової залози собак і котів

Отримання серії зображень зрізів підшлункової залози дає змогу оцінити її стан. За допомогою КТ можна чітко відрізнити підшлункову залозу від суміжних із нею органів і судин, якщо жировий прошарок між ними достатньо виражений. Внутрішньовенне введення контрастної речовини або задавання її всередину дозволяють чіткіше розмежувати щільність тканин.

КТ є основним методом при дослідженні підшлункової залози, витісняючи УЗД. Незважаючи на те, що УЗД значно дешевше, воно менш чутливе від КТ. При патології підшлункової залози КТ має переваги перед УЗД, оскільки можна виявити набряк тканин, характерний для панкреатиту. За хронічного панкреатиту легко вдається виявити відкладення солей кальцію, що залишаються не діагностованими при звичайному рентгенологічному дослідженні. Тому КТ підшлункової залози доцільно проводити для діагностики пухлин і псевдокіст даної залози та її запалення, а також із метою диференційної діагностики захворювань підшлункової залози й інших органів черевної порожнини.

Нормальна картина. Паренхіма підшлункової залози в нормі гомогенна, особливо при дослідженні з контрастуванням. Залоза поступово розширюється в напрямку від хвоста до головки і має гладеньку поверхню. Контрастна речовина допомагає отримати зображення шлунка і підшлункової залози, роблячи чіткими її межі, особливо, коли жирова клітковина навколо неї слабо розвинена.

Відхилення від норми. У зв'язку з тим, що пухлинна тканина підшлункової залози за щільністю близька до незміненої її паренхіми, рак підшлункової залози та псевдокісти діагностують на основі змін форми та розмірів. Зазвичай рак підшлункової залози виявляється локальним набряком її головки, тіла або хвоста і може розповсюдитися на жирову клітковину, призвівши до розширення основного панкреатичного та загального жовчного протоків, а також давати метастази в печінку, які мають вигляд невеликих осередків низької щільності. Внутрішньовенне введення контрастної речовини полегшує діагностику метастазів, підвищуючи щільність тканини підшлункової залози та печінки. Нерідко зустрічаються аденокарциноми і пухлини острівцевих клітин. Цистаденоми і цистаденокарциноми мають зазвичай комірчасту будову, частіше локалізуються в тілі та хвості підшлункової залози й мають вигляд осередків низької щільності, розділених септами. Застосування контрастної речовини дозволяє чітко відрізнити петлі кишок від пухлини хвоста підшлункової

залози. За гострого панкреатиту, набрякового (інтерстиціального) або некротичного (геморагічного), відбувається дифузне збільшення підшлункової залози. За гострого набрякового панкреатиту домінує дифузне зменшення щільності паренхіми, яка залишається гомогенною. За гострого некротичного панкреатиту щільність тканини залози нерівномірна внаслідок наявних осередків некрозу та геморагій. Осередки некрозу мають знижену щільність. За гострого панкреатиту запальний процес часто розповсюджується на навколишню жирову клітковину підшлункової залози, викликаючи зміни в жировій тканині брижі кишечника, і тоді краї підшлункової залози виглядають розмитими.

Гострий панкреатит може ускладнитися розвитком абсцесу, флегмони або псевдокісти. Абсцес, що локалізується в підшлунковій залозі або поза нею, має вигляд ділянки низької щільності. Наявність газів у порожнині абсцесу полегшує його діагностику. Псевдокісти бувають одно- і багатокамерні, мають вигляд осередків низької щільності з різко окресленими межами та можуть містити тканинний детрит. За гострого панкреатиту іноді виявляють також рідину в плевральній або черевній порожнинах. За хронічного панкреатиту підшлункова залоза на комп'ютерних томограмах може мати нормальний вигляд, бути збільшеною (дифузно чи в окремії ділянці) або атрофічною, залежно від тяжкості захворювання. Характерним є звуження проток і розширення основної панкреатичної протоки. Можливі також псевдокісти, зникнення жирового шару навколо підшлункової залози, а також вторинні ускладнення, наприклад, обструкція жовчовивідних шляхів.

Комп'ютерна томографія нирок у собак і котів

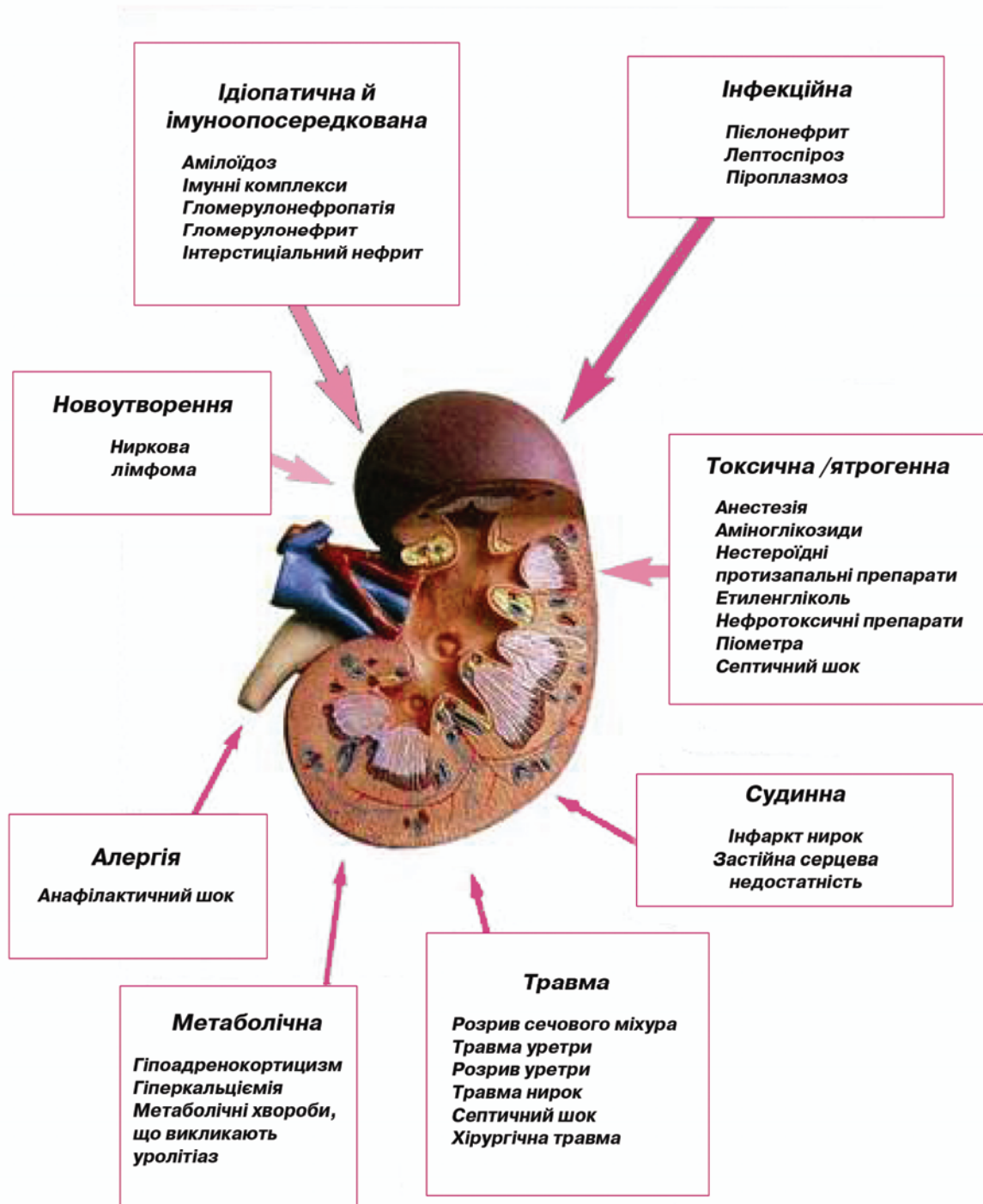
Гломерулонефрит (гостре, підгостре або хронічне імунізапальне захворювання з переважним ураженням клубочкового апарату обох нирок).

Симптоми. Клінічні ознаки досить різноманітні, тому їх прийнято об'єднувати в синдроми.

Синдром гострого запалення клубочків: болючість у поперековій ділянці, підвищення температури, олігурія (незначна кількість сечі при сечовипусканні), червонуватий колір сечі або колір «м'ясних помиїв».

Лабораторні дослідження показують: наявність білка в сечі (протеїнурія), мікрогематурія (рідше – макрогематурія), поява в сечі циліндрів (гіалінових, зернистих, еритроцитарних), наявність епітеліальних клітин. У крові: лейкоцитоз, збільшення ШОЕ.

Серцево-судинний синдром: виявляється у вигляді задишки, артеріальної гіпертензії, появи картини серцевої астми та набряку легень, з'являються ознаки брадикардії, крапкові крововиливи очей. Набряковий синдром: поява набряків у різних місцях; можливі: а) гідроторакс; б) гідроперикард; в) асцит.



Мал. 50 – Захворювання нирок у собак

Церебральний синдром: блювання, слабкість, зниження зору, підвищена м'язова та нервова збудливість, втрата сну. Крайній прояв цього синдрому – еклампсія (поява судом).

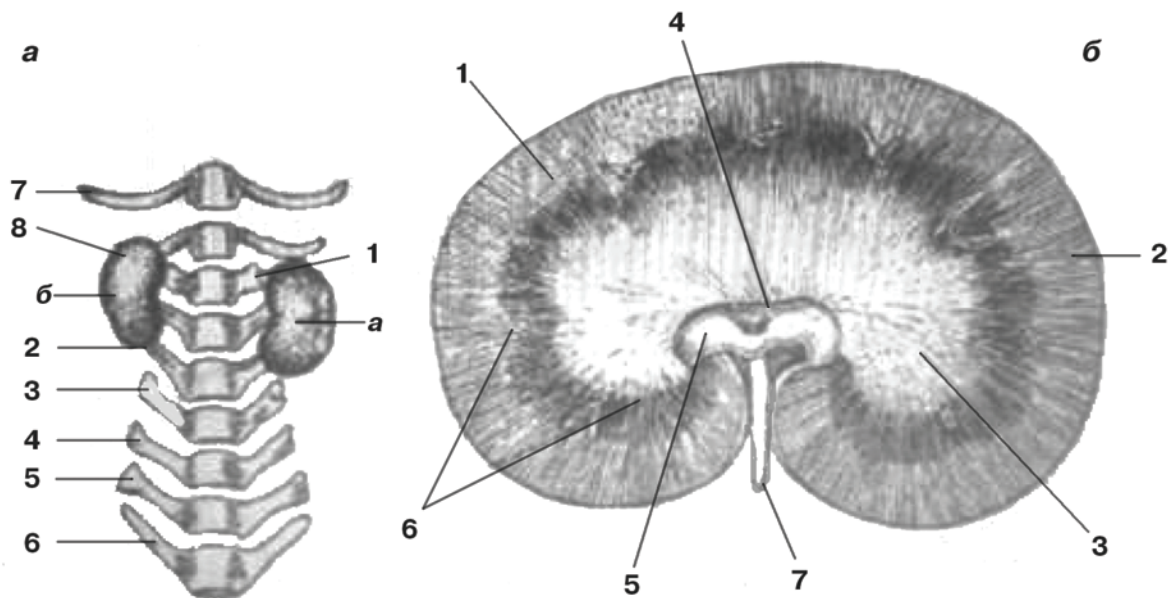
Збудники інфекції можуть потрапити до клубочкового апарату нирок кількома шляхами – лімфогенним (через лімфу), гематогенним (через кров), із прилеглих тканин та статевих органів. Інфекції статевих шляхів є найбільш частою та найважливішою причиною виникнення гломерулонефриту у собак.

Збудниками цього захворювання можуть так само бути: лептоспіри, вібріони, стрептококи, диплококи, пневмококи, стафілококи, синьогнійна паличка, лістерії, аденовіруси, віруси чуми, парагрипу, ринотрахеїту, гепатиту, ентеровіруси, а також токсини вказаних вище вірусів.

Отже, будь-яка застуда, будь-який запальний процес і, навіть, дисфункції кишечника можуть призвести до гломерулонефриту.

Склад сечовидільної системи собак: нирки, сечоводи, сечовий міхур, сечовивідний канал, який відкривається в органи статевої системи, формуючи у самців сечостатевий канал.

Нирки собаки бобовидної форми, короткі, товсті, гладенькі, однососочкові. Розташовані нирки ретроперитонеально, права – на рівні 1–3-го поперекових хребців, утворює западину на печінці; ліва – на рівні 2-4-го поперекових хребців.



Мал. 51 – Положення (а) і будова (б) нирки

а: 1-6 – поперекиреберні відростки поперекових хребців; 7, 8 – ребра (перерізані); **а** – ліва нирка; **б** – права нирка; **б:** 1 – зона сечовиділення;

2 – прикордонна зона; 3 – відвідна зона; 4 – нирковий сосочок;

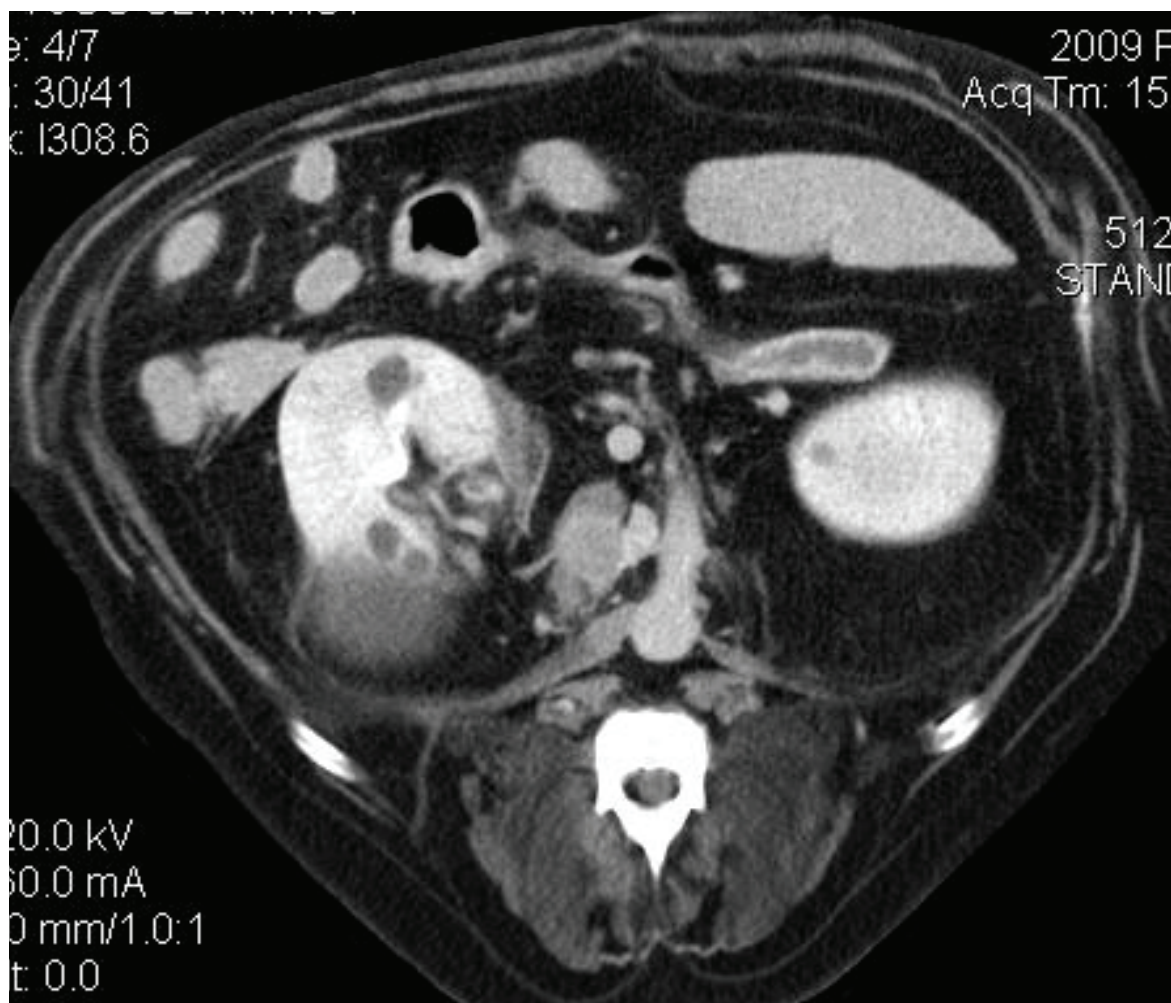
5 – ниркова миска; 6 – розріз дугових судин; 7 – сечовід

Комп'ютерна томографія нирок. На відміну від простої рентгенограми, під час КТ різноспрямовані промені, оброблені комп'ютером, відображають пошарове зображення нирки. Залежно від завдань дослідження можна отримати декілька серій знімків.

Комп'ютерна томографія нирок проводиться з метою діагностики:

- каменів у нирці та сечовивідних шляхах;
- дифузних захворювань нирок, абсцесів;
- травм;
- новоутворень і метастазів при злоякісних процесах;
- уроджених аномалій;
- полікістозних утворень;
- гідронефрозу (скупчення рідини навколо нирки).

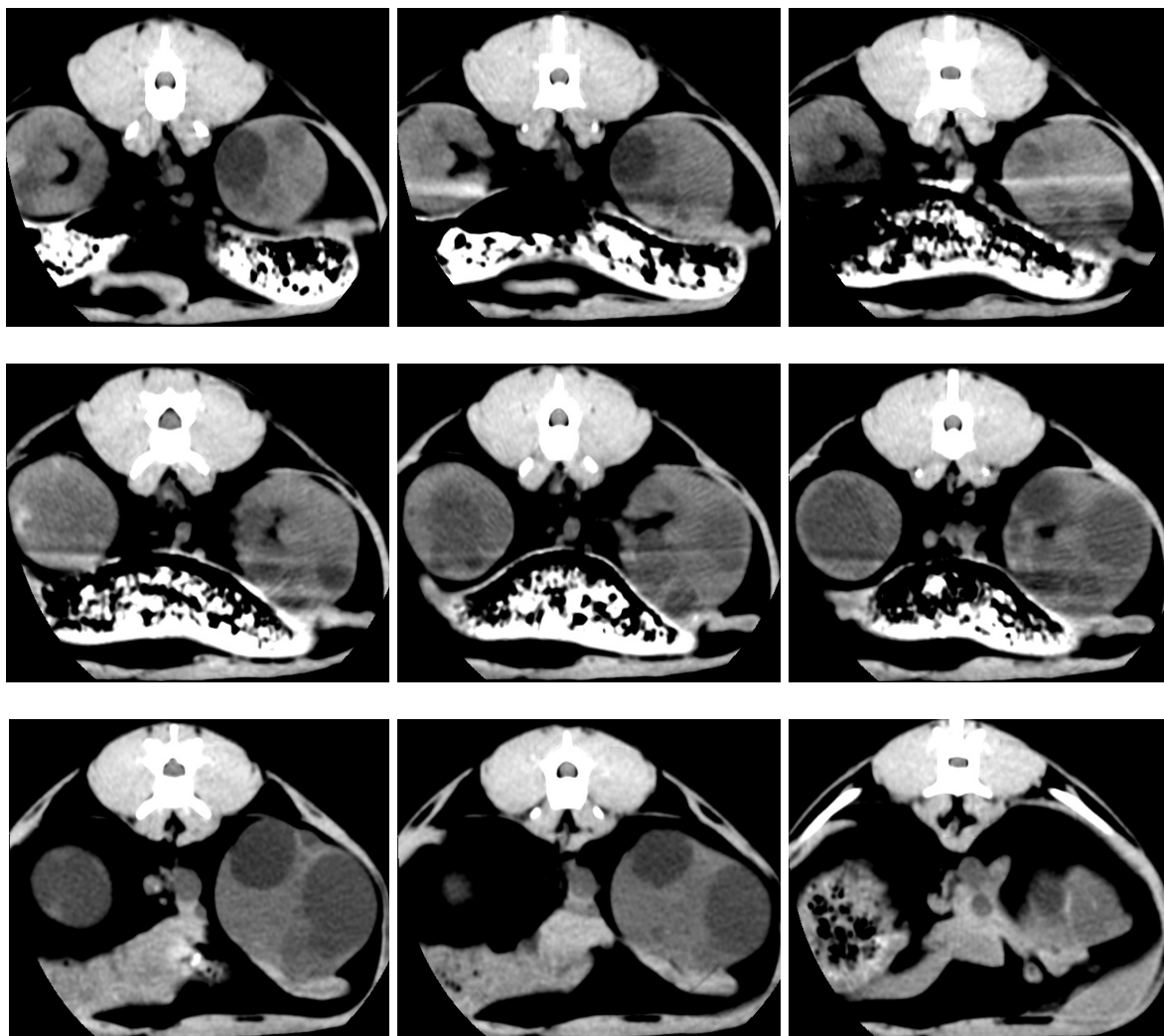
Комп'ютерна томографія нирок проводиться як із введенням контрастної речовини, так і без неї.



Мал. 52 – КТ нирок собаки з контрастним підсиленням ультравістом. Велика кіста правої нирки

Комп'ютерна томографія за полікістозу нирок

Тварин розміщують на рухомому столі приладу у спино-черевному положенні, аби під час процедури напрямок руху був краніо-каудальним. Слід забезпечити належну фіксацію пацієнта. Томографію проводять при параметрах приладу близько 120 кВ, 80 мА у аксіальній проекції. Визначивши краніальний полюс правої нирки, розпочинають сканування з потрібним інтервалом (1–5 мм), аж до каудального полюса лівої нирки. Результати аналізують за допомогою комп'ютера та графічно.



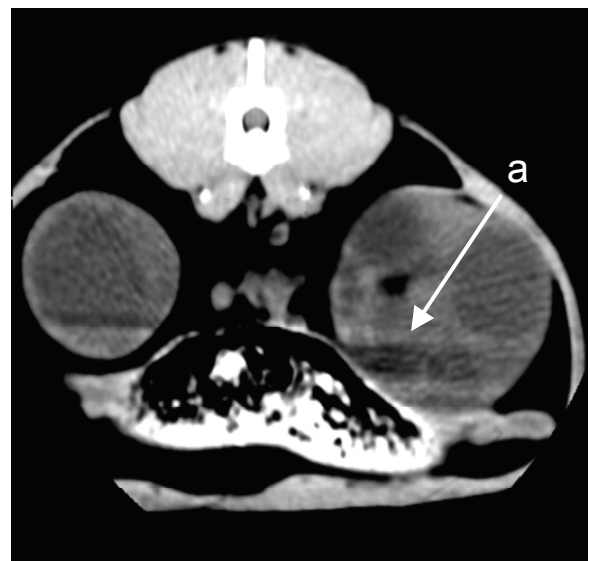
Мал. 53 – Серія КТ-сканів нирок кота. Кісти нирок

Полікістозні ураження обох нирок візуалізуються на томограмі у вигляді округлих утворень різної щільності за шкалою Хаунсфілда, що певною мірою залежить від характеру вмісту кіст (мал. 53). Так,

відносна гіподенсність (10–20 HU) порожнини кіст може свідчити про низький вміст органічних речовин, що, в свою чергу, можна характеризувати як неускладнений перебіг полікістозу. Більш висока інтенсивність сигналу (50–60 HU) свідчить про крововилив у кісту. Зростання інтенсивності сигналу у цьому разі спричинене високим вмістом заліза у гемоглобіні, що й зумовлює зміни парамагнітних властивостей середовища. Даний факт знаходить підтримку в роботах сучасних дослідників медицини людини в цій галузі. При дослідженні в динаміці через деякий час часто відзначають зниження інтенсивності сигналу вищевказаного кістозного утворення (мал. 54). Поясненням цього може бути поступовий розпад гемоглобіну, що зменшує інтенсивність сигналу. Аналогічне припущення висувається також у медицині людини. У той же час інтенсивність окремих кістозних утворень залишається постійно високою, що може вказувати на інфікування вмісту кісти й зумовлене наявністю значної кількості білка у кістозній рідині.

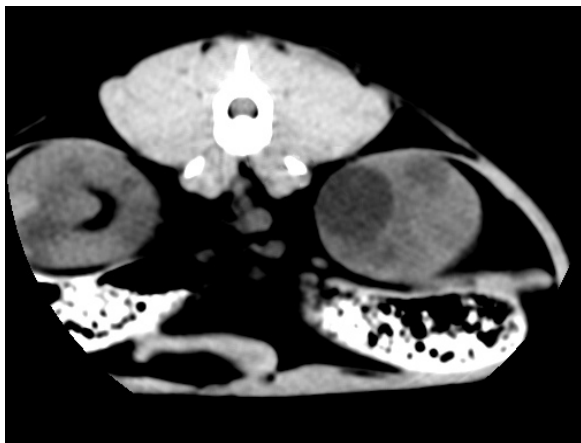


Мал. 54 – КТ нирок кота. Полікістоз у стадії компенсації:
а – неускладнена кіста;
б – геморагічна кіста

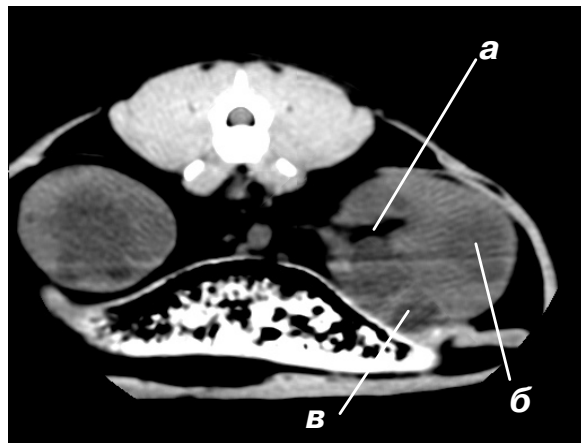


Мал. 55 – КТ кота. Полікістоз нирок у стадії субкомпенсації. Деформація миски правої нирки. Зменшення інтенсивності сигналу геморагічної кісти (**а**)

Ниркова миска візуалізується у всіх випадках у вигляді вузької гіподенсної щілини, контури якої залежать від ступеня гідронефротичних та кістозних змін органа (мал. 56).



Мал. 56 – КТ кота. Полікістоз нирок у стадії субкомпенсації. Візуалізація миски лівої нирки



Мал. 57 – КТ кота. Полікістоз нирок у стадії субкомпенсації. Розширення миски правої нирки (а), кістозні утворення різної інтенсивності (б, в)

Аналізуючи отримані дані, слід зазначити, що застосування методу комп'ютерної томографії для діагностики полікістозу нирок у котів є інформативним. При цьому, використовуючи різні прийоми та режими сканування, можна отримати дані, що дозволяють характеризувати контури органа, розмір і вміст кістозних утворень, зміни ниркової миски. Дослідження в динаміці дає підстави для складання виразної картини перебігу патології, визначення характеру кістозної рідини та висновку щодо подальшого лікування тварини. Між іншим, слід зауважити, що застосування комп'ютерної томографії у ветеринарній медицині в цілому супроводжується певними труднощами, пов'язаними передусім із відсутністю відповідного обладнання.

Комп'ютерна томографія суглобів у котів і собак

Колінний суглоб – один із найскладніших суглобів в організмі собак і котів. Навіть за мінімального порушення роботи колінного суглоба собака чи кіт відчуває дискомфорт, зниження фізичної активності й обмеження рухів.

Для оцінки стану колінного суглоба та діагностики захворювань проводять дослідження м'яких тканин, гіалінового хряща, синовіальної оболонки, суглобової сумки, суглобової порожнини та суглобової поверхні кістки. При цьому визначають наявність набряку, випоту, розростань, крайових остеофітів та інші параметри.

З цією метою застосовуються різні методи дослідження, у т.ч. комп'ютерна томографія (КТ) колінного суглоба. Як правило, КТ колінного суглоба проводять для виявлення патології в кісткових елементах, ураження (зниженні щільності) губчастої речовини кістки. Проте, коли вдається виявити такі зміни, вони стають незворотними – час для лікування втрачено.

КТ колінного суглоба застосовується як метод дослідження при переломах, пошкодженнях меніска, а також під час планування проведення хірургічного втручання при вивихах колінної чашки; КТ практично не застосовується для діагностики артропатій колінного суглоба.

Хоча КТ краще візуалізує стан кісткових тканин, аніж м'яких, проте чіткіша диференціація м'яких тканин і відсутність нашарування зображень дає КТ певні переваги над стандартною рентгенографією; КТ значно спрощує проведення комплексного обстеження суглобових структур у ліктьовому і плесновому суглобах і застосовується для діагностики таких патологічних порушень, як інконгруентність суглобових поверхонь у ліктьовому суглобі. Існують дані про успішне застосування КТ для діагностики авульсії сухожилка довгого розгинача пальців. КТ дозволяє отримати тривимірне зображення тканин, що вкрай важливо при плануванні оперативного втручання в суглоб.

ТРИВИМІРНА КОМП'ЮТЕРНО-ТОМОГРАФІЧНА АНГІОГРАФІЯ (КТА) У ВЕТЕРИНАРНІЙ МЕДИЦИНІ



Мал. 58 – КТ
кольорова
3D реконструкція
внутрішніх органів кота

Технічні успіхи в КТ-візуалізації дозволяють отримати вищу роздільну здатність зображень при скороченні часу томографії. Найсучасніші сканери КТ, у яких використані ці технології, дають можливість отримати досить точне зображення кровоносних судин, патологічних змін у тканинах і серці, що б'ється, а, отже, дуже швидко отримати детальні тривимірні зображення уражених коронарних судин. Основним застосуванням даної технології в медицині людини є виявлення стенозу і запобігання потенційним загрозливим життю серцевим нападам шляхом застосування відповідних превентивних заходів.

КТ ангіографія відіграє виключно важливу роль у діагностичному відображенні внутрішньопечінкових портосистемних стентових шунтів (TIPS).

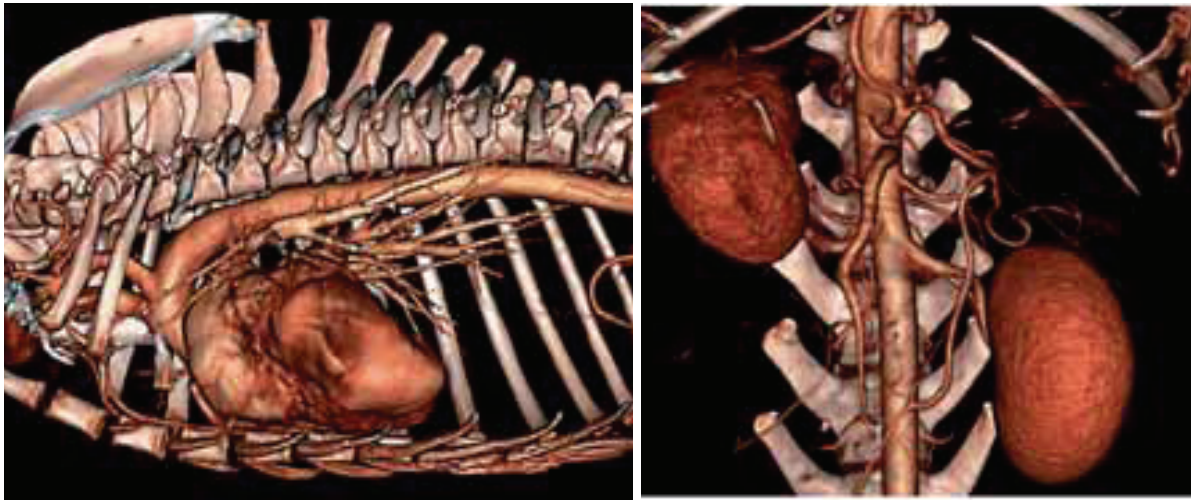


Мал. 59 – Пітбуль. 8 років. Фрагменти КТ-ангіографії ділянок таза, стегон та колінного суглоба

Методи для виявлення мальформацій коронарних судин із використанням КТ-ангіографії також досить детально описані. КТ-дослідження

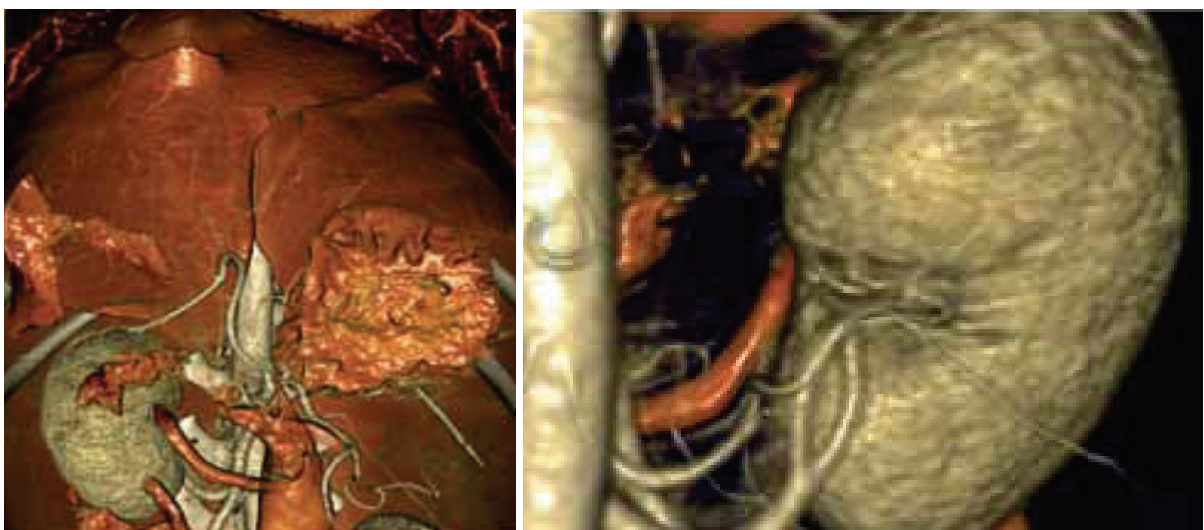
ТРИВИМІРНА КОМП'ЮТЕРНО-ТОМОГРАФІЧНА АНГІОГРАФІЯ

з контрастуванням допомагають виявити ознаки злоякісності новоутворення підшлункової залози.



*Мал. 60 – Пітбуль. 8 років.
Фрагменти КТ-ангіографії ділянок серця та нирок*

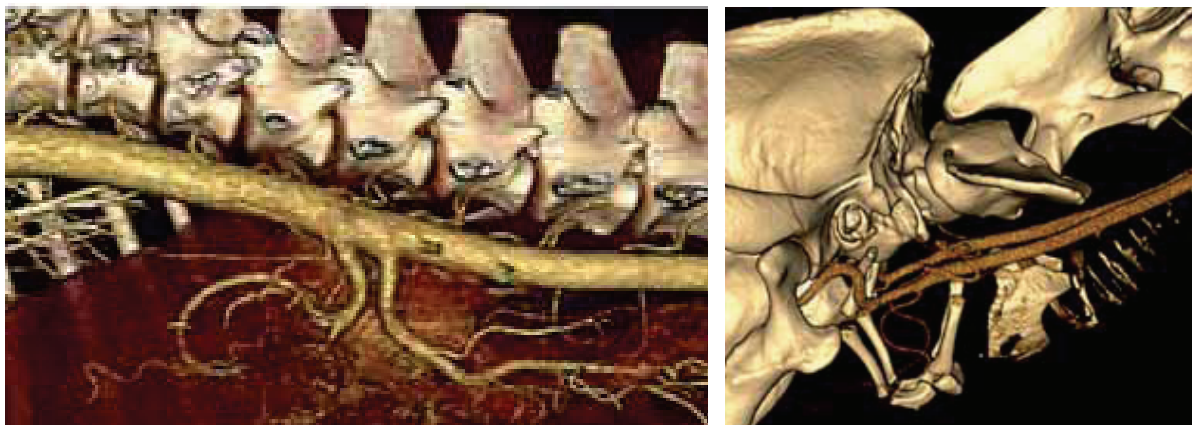
Тривимірне відображення кровоносних судин рідко використовується у ветеринарній медицині, оскільки на даний час показань для проведення таких досліджень майже немає. Просторове відображення дрібніших артерій по відношенню до тих, що оточують уражені тканини, може виявитися корисним для передопераційного планування у ветеринарії, особливо при екстирпації великих пухлин. Необхідно проводити подальші дослідження для встановлення можливостей відображення інтра- і позапечінкових шунтів із використанням КТ-ангіографії.



*Мал. 61 – Пітбуль. 8 років. Фрагменти КТ-ангіографії ділянок
черевної порожнини, лівої нирки*

Методика дослідження. Венозний катетер вводиться в ліву вену *cephalica antebrachii*. За допомогою автоматичного інжектора вводиться 60 мл (собаки масою 30 кг) контрастної речовини зі швидкістю 2 мл/с. Після того, як достатня кількість контрасту досягає потрібної ділянки, проводиться сканування з товщиною зрізів 0,5 мм.

Тривимірне відображення судин із використанням КТ сканера нових поколінь дає ексклюзивні результати з відмінною візуалізацією дрібних судин. З'ясування можливості візуалізації судин у печінці та інших органах для виявлення патологічних змін потребує додаткових досліджень. Візуалізація ходу судин у пухлинах, яка б давала можливість хірургам отримати важливу інформацію, також вимагає подальшого вивчення.



Мал. 62 – Пітбуль. 8 років. Фрагменти КТ-ангіографії ділянок грудного та черевного відділів аорти і сонних артерій

Присутність контрастного препарату в паренхімі органів або м'язовій тканині дозволяє якісно візуалізувати їх. Проте це не дає ніяких даних щодо функціонального стану. Такі органи, як підшлункова залоза та кіркова частина ниркової тканини зі зниженим вмістом контрастної речовини не можуть візуалізуватися під час обстеження. Завдяки високій швидкості роботи сучасних КТ-сканерів можна проводити обстеження тварин із політравмою без седації й достатньо швидко оцінювати наявність внутрішніх травматичних пошкоджень без проведення додаткових маніпуляцій із твариною. На жаль, з огляду на те, що в найближчому майбутньому витрати на придбання найсучасніших КТ-сканерів переважуватимуть плюси, які вони можуть дати у ветеринарній медицині, їх використання буде вкрай обмеженим.

МАГНІТНО-РЕЗОНАНСНА ТОМОГРАФІЯ (МРТ)

Одним із “наймолодших” методів променевої діагностики є магнітно-резонансна томографія (МРТ). Метод заснований на феномені ядерно-магнітного резонансу, відомого з 1946 року, коли Ф. Блох (F. Bloch) і Е. Перселл (E. Purcell) показали, що окремі ядра, які знаходяться в магнітному полі, індують електромагнітний сигнал під впливом радіочастотних імпульсів. У 1952 р. за відкриття магнітного резонансу цим ученим була вручена Нобелівська премія.

У 2003 році Нобелівська премія в галузі медицини була присуджена британському вченому Пітеру Менсфілду (Sir Peter Mansfield) і його американському колезі Полу Лотербур (Paul Lauterbur) за дослідження в галузі магнітно-резонансної томографії. На початку сімдесятих років Пол Лотербур відкрив можливість отримання двомірного зображення завдяки створенню градієнта в магнітному полі. Аналізуючи характеристики радіохвиль, що поширюються, він зміг визначити їх походження. Це дозволило створювати двомірні зображення, які неможливо було отримати іншими методами. Менсфілд створив математичний апарат, що дає змогу в найкоротший час перетворювати ці сигнали в двомірне зображення.

Суперечок із приводу пріоритету відкриття магнітно-резонансної томографії було чимало. Американський фізик Реймонд Дамадіян (Raymond Damadian) заявив, що саме він і є справжнім винахідником магнітно-резонансної томографії і творцем першого томографа, а премію отримали зовсім інші люди.

З іншої точки зору принципи побудови магнітно-резонансних зображень людського тіла задовго до Реймонда Дамадіяна розробив Владислав Іванов (Росія). Та головне, що дослідження, які у той час здавалися суто теоретичними, через десятки років знайшли широке практичне застосування в клініці (з 80-х років XX століття).

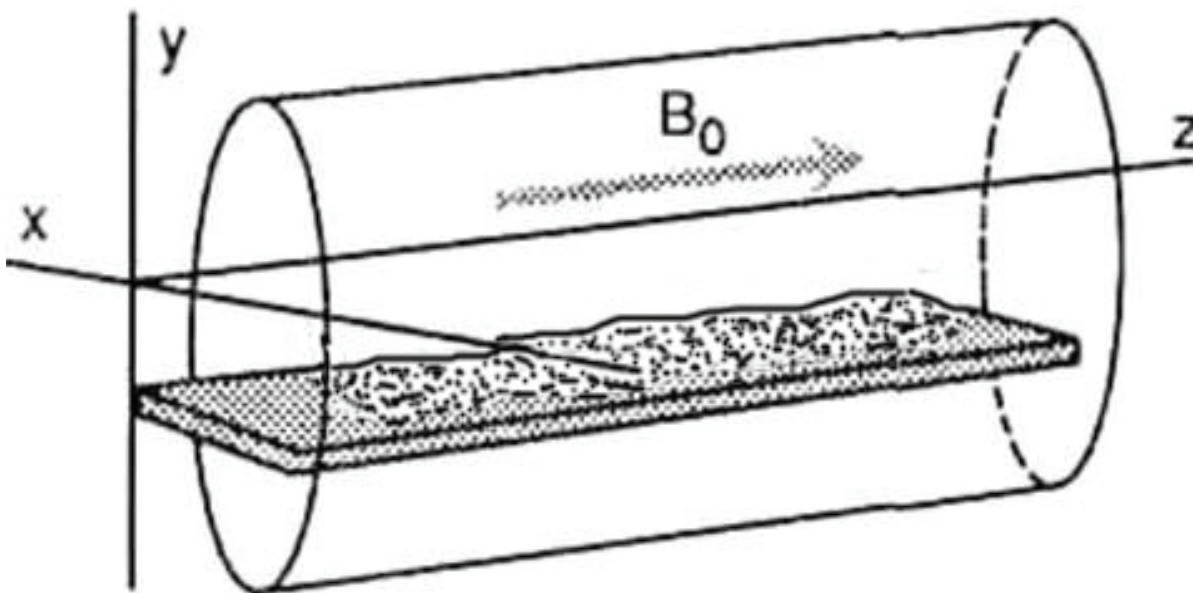
Сутність МРТ полягає в тому, що ядра окремих атомів, знаходячись у магнітному полі, під дією зовнішнього електромагнітного поля здатні поглинати енергію, після чого вивільняти її у вигляді радіосигналу. У 1980-х роках європейські вчені розпочали всебічні дослідження в галузі МРТ. Саме в європейських лабораторіях були розроблені основні методики, які й почали активно застосовуватися в клінічній практиці.

Раніше клінічна томографія була надзвичайно складним процесом, займала чимало часу й часто не виправдовувала очікувань. Нині

її сприймають як повсякденність, і саме це сприяло тому, що МРТ стала традиційним діагностичним методом (на жаль, допоки що тільки в медицині людини).

Магнітний резонанс, або, як його раніше називали, ядерний магнітний резонанс (ЯМР), є методом візуалізації, що дає інформацію про хімічні речовини шляхом детекції магнітних властивостей та їхніх ядер. Протягом кількох десятиріч ЯМР намагались застосовувати в різних галузях науки, хоча малоімовірно, що серед них можна назвати медицину.

У 1955-1956 рр. Е. Одебладом і Г. Ліндстром (Стокгольм) було опубліковано перші результати реєстрації ЯМР на живих клітинах і ізольованих тканинах тварин. У 1965 р. К. Браттон із співавторами опублікували результати вимірювання скелетного м'яза живої жаби (Odeblad E., 1956).



Мал. 63 – Схема магнітно-резонансного томографа.
 B_0 -електромагніти з горизонтальним магнітним полем

У цей період було опубліковано значну кількість робіт з досліджень релаксації, дифузії та хімічного обміну води в усіх видах клітин і тканин. Наприкінці 1960-х років Д. Хатчинсон почав вивчати магнітно-резонансний і електронний парамагнітний резонанси на мишах.

Подібні дослідження почали проводити й багато інших вчених, серед яких слід назвати Р. Дамадіана. Він і група фахівців вимірювала час T_1 - і T_2 -релаксації зразків нормальних і пухлинних тканин щурів і встановила, що у пухлинних тканин час релаксації більший, ніж у

нормальних. Усі ці експерименти були одновимірними та не мали просторової інформації.

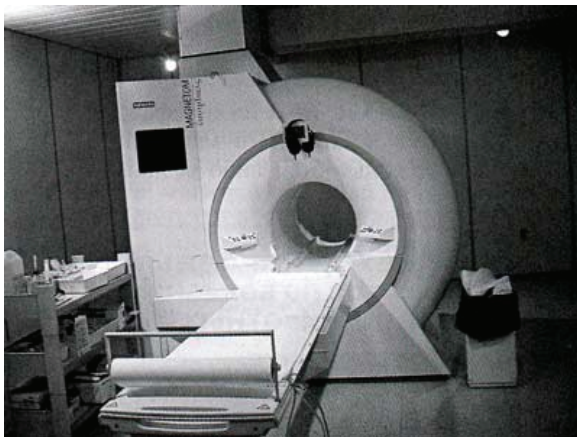
У 1973 р. Пауль Лаутербур уперше продемонстрував можливість за допомогою ЯМР-сигналів отримати зображення: він представив зображення двох наповнених водою капілярних трубочок. Так з'явилася ЯМР-томографія (воно ж магнітно-резонансна томографія — МРТ).

І лише в 1974 році були отримані перші томограми живої істоти (молюска), а після цього грудної клітки миші. З початку 80-х років МРТ почали активно застосовувати в клінічній практиці.

Перші ЯМР-томограми внутрішніх органів людини були продемонстровані в 1982 р. на Міжнародному конгресі радіологів у Парижі.

Хоча МРТ застосовують для візуалізації всіх систем організму, у ветеринарній практиці вона знаходить застосування, в основному, для виявлення пухлин головного мозку, які часто неможливо діагностувати іншим способом. Вона несе інформацію про розмір і розташування новоутворень, їх взаємовідношення з іншими структурами, що дає можливість вирішити питання про операбельність у тому чи іншому випадку.

У медицині метод МРТ використовується передусім для візуалізації головного мозку, для цього він ідеально підходить, тому що більшість уражень головного мозку пов'язана зі збільшенням кількості води. Чутливість МРТ набагато перевищує чутливість КТ, що дозволяє візуалізувати ділянку черепної ямки, яку на КТ закриває піраміда скроневої кістки.



Мал. 64 – Загальний вигляд МРТ-сканерів

Історія ветеринарної магнітно-резонансної томографії набагато скромніша, однак від цього не менш славна. У середині 80-х рр. ХХ століття МР-томографи почали з'являтися в Німеччині в медицині

людини. Нові складні й дорогі прилади були доступні лише університетським клінікам із державним фінансуванням. Асоєр, лікар медицини людини, який спеціалізувався в Англії в галузі візуальної діагностики, повернувшись після навчання на батьківщину, продав усе своє майно, взяв кредит у банку і купив перший у Німеччині приватний МР-томограф, із часом створивши приватний науково-дослідний інститут променевої діагностики і терапії, а при ньому – кабінет візуальної діагностики.

Приблизно в цей же час інший німецький учений – ветеринарний лікар М. Загер – шукав для своїх пацієнтів додаткові, більш інформативні методи діагностики. Інформація про МРТ вивела його на доктора Асоєра. Ентузіасти й одностудці, вони легко визначилися в сфері спільних інтересів і почали працювати над створенням атласу з МРТ-анатомії собак. Отже, вдень на томографі досліджували людину, а вночі прилад був у розпорядженні лікаря ветеринарної медицини. Перші дослідження на приладі того часу тривали годинами – ще не було могутніх і швидкісних ЕОМ. Довго тривав і процес підбору параметрів для візуалізації різних органів і тканин тварин. Протягом семи років два піддослідних біглі майже щодня занурювалися в наркоз і відправлялися на томографію. На щастя, через деякий час з'явилося друге покоління МР-томографів – процес пішов швидше.

У 1997 р. атлас МРТ і КТ-анатомії собак був опублікований. На сьогодні це перший і єдиний у світі подібний атлас. У багатьох країнах світу він рекомендований як підручник із МРТ тварин.

Клініка доктора Загера на даний час володіє найбільшою в світі базою даних відсканованих пацієнтів – їх число становить декілька тисяч. Серед них собаки, коти, кролі, морські свинки, мавпи, домашні свині.

Нині МРТ використовують для візуалізації мозку собак, а також осередкових пухлин і дифузних змін за менінгоенцефаліту.

Оснoву томографа складає магніт, що створює статичне магнітне поле, котушки додаткового збудження та приймач сигналів.

Оснoвний магніт томографа порожнистий, у ньому є тунель, у якому на автоматично керованому столі з координатною системою розташовується пацієнт. Для додавання імпульсу додаткового радіочастотного поля і збудження протонів усередині оснoвного магніту встановлюється додаткова котушка, що виступає одночасно і приймачем сигналів релаксації протонів.

Під дією радіочастотних імпульсів на орієнтовані в постійному магнітному полі протони відбувається їх збудження, що супроводжується поглинанням енергії. Після закінчення імпульсу відбувається їх

релаксація, що супроводжується виділенням енергії у вигляді МР-сигналу. Цей сигнал приймається спеціальними пристроями і подається на могутню ЕОМ, де після аналізу отриманих даних складається картина просторового розподілу джерел його випромінювання – ядер водню. В сучасних томографах для створення постійного магнітного поля використовуються або резистивні магніти великих розмірів, або надпровідні магніти.

Резистивні магніти дають порівняно невелику напругу магнітного поля – близько 0,2–0,3 Тл (Тесла). Установки з такими магнітами компактні (можуть розміститися в звичайному рентгенологічному кабінеті) і прості в експлуатації.

Надпровідні магніти створюють магнітне поле до 30 Тл, що дозволяє отримувати зображення значного дозволу, проте вони вимагають глибокого охолодження (до -269°C), що досягається зануренням магніту в систему з послідовних камер із рідким гелієм і азотом і у вакуумну камеру. Подібні системи займають значно більше місця й вимагають спеціальних окремих приміщень і обслуговування (щомісячні експлуатаційні витрати становлять близько 60 тис. євро). До того ж, вони значно складніші й дорожчі у виробництві та в експлуатації. Можливо, останні досягнення фізики в галузі надпровідних матеріалів допоможуть досягти істотного прогресу в конструюванні томографів із значною напругою магнітного поля.

Для отримання зображення певного шару тканин організму градієнти магнітного поля обертають навколо об'єкта дослідження, здійснюючи таким чином його сканування. Отримані сигнали переходять у цифрові і надходять до ЕОМ.

Отже, підсумовуючи сказане, для отримання МР-сигналу і наступного зображення використовуються постійне гомогенне магнітне поле та радіочастотний сигнал, який змінює магнітне поле.

Тому основними компонентами будь-якого МР-томографа є:

- магніт, який створює зовнішнє постійне магнітне поле з вектором магнітної індукції B ; у системі СІ одиницею вимірювання магнітної індукції є 1 Тл (Тесла); для порівняння, магнітне поле Землі складає приблизно 5×10^{-5} Тл; однією з основних вимог, що висувуються до магнітного поля, є його однорідність у центрі тунелю;
- градієнтні котушки, що створюють слабке магнітне поле в трьох напрямках у центрі магніту і дозволяють обирати ділянку дослідження;
- радіочастотні котушки, які використовуються для створення електромагнітного збудження протонів у тілі пацієнта (передавальні котушки) і для реєстрації відповіді згенерованого збудження

(приймальні котушки). Іноді приймальні та передавальна котушки суміщені в одну при дослідженні різних частин тіла, наприклад, голови.

При виконанні МРТ відбуваються наступні процеси.

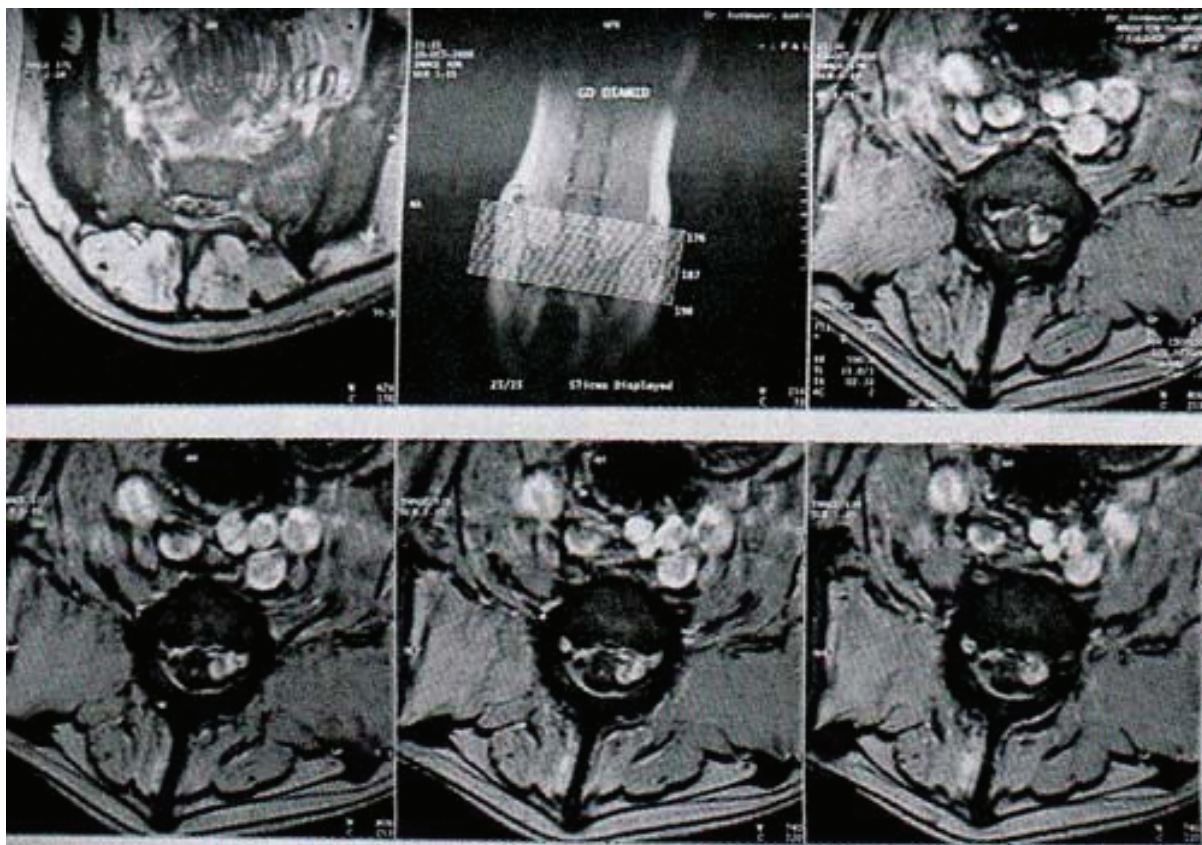
1. Досліджуваний об'єкт занурюється в сильне магнітне поле.
2. Подається радіочастотний імпульс, після якого відбувається зміна парамагнітних властивостей об'єкта з поступовим його поверненням до початкового рівня.
3. Ці зміни парамагнітних властивостей зчитуються багато разів для кожної точки досліджуваного об'єкта.

Характер МР-зображення визначається трьома чинниками: щільністю протонів та часом релаксації T_1 і T_2 . При цьому основний внесок у створення зображення робить саме аналіз часу релаксації, що залежить (на відміну від щільності протонів) від значної кількості фізичних і хімічних характеристик об'єкта. Так, сіра і біла мозкові речовини відрізняються за концентрацією води всього на 10%, тоді як тривалість релаксації протонів у них різниться в 1,5 рази, що дає змогу чітко відокремити їх на отримуваному зображенні. Час релаксації і щільність протонів, що знаходяться в рідинах, жировій речовині, головному і спинному мозку, м'язах, паренхіматозних органах, кістках і кальцифікатах, а також здорових тканинах і пухлинах, істотно відрізняються. Відповідно до цих відмінностей інтенсивність МР-сигналу значно варіює, даючи зображення (T_1) від яскраво-білого кольору в рідині і жиру до чорного – у кісток. Отже, на основі аналізу цих сигналів вдається отримувати достатньо контрастні пошарові зображення об'єкта. При цьому зображення, що отримані на основі аналізу часу релаксації T_1 і T_2 , відносяться один до одного як негатив до позитиву, що дозволяє залежно від завдання дослідження оптимальним способом контрастувати ті чи інші тканини.

При МРТ, як і при рентгенологічному дослідженні, можна застосовувати штучне контрастування тканин. Із цією метою використовують речовини, які володіють парамагнітними властивостями: вони змінюють час релаксації рідин, завдяки чому контрастність зображення істотно підвищується. Особливо інформативне контрастування при діагностиці новоутворень і запальних осередків, у яких концентрація й інтенсивність обміну рідини, а отже, й контрастної речовини часто вищі, ніж у здорових тканинах.

МРТ – виключно інформативний метод дослідження, за допомогою якого можна отримати контрастне зображення тонких шарів об'єкта в будь-якому перетині. Можна реконструювати об'ємні зо-

браження окремих органів або ділянок, проводити ангіографію без введення в судини контрастних речовин, синхронізувати отримання зображення із зубцями ЕКГ. На відміну від комп'ютерної томографії, заснованої на рентгенівському випромінюванні, на МР-томограмах із високим рівнем контрасту відображуються м'які тканини: м'язи, жирові прошарки, судини, нерви, сухожилки, хрящі, патологічно змінені тканини. При цьому кісткова тканина не створює екрануючого ефекту і не заважає візуалізації спинного мозку, міжхребцевих дисків тощо.



Мал. 65 – Зображення пухлини надниркової залози на томограмі

Слід зауважити, що основною перешкодою для МРТ, пов'язаною із дією сильного магнітного поля, є наявність у пацієнта металевих чужорідних тіл. Цим і продиктовані правила техніки безпеки при експлуатації томографа: будь-які металеві предмети при розміщенні в сильному магнітному полі набувають прискорення й можуть завдати шкоди. Недаремно всі, хто входить у приміщення томографа, перед цим перевіряються металошукачем.

Незважаючи на високу інформативність і неінвазивність, ЯМР-томографія на сьогодні не є таким же поширеним методом дослідження, як рентгенографія. Причини цього: висока вартість устаткування

(близько 1,5 млн. євро), складність експлуатації, брак кваліфікованого персоналу. Якщо в Європі, США, Канаді, Японії та інших розвинених країнах МР-томографи достатньо поширені, то в Росії це наразі переваги федеральних медичних діагностичних центрів, а в Україні їх кількість є ще меншою. Про широке застосування МР-томографії у ветеринарній медицині мова взагалі ще не йде. Окремі МР-дослідження тварин у Росії та Україні, як правило, проводяться на медичному устаткуванні обхідними шляхами.

Невід'ємна “деталь” томографа – досвідчений оператор. Навіть у Європі фахівців із МРТ собак і котів значно менше, ніж томографів, а в Росії їх на сьогодні немає взагалі, оскільки виконання й інтерпретація МРТ у людей і тварин суттєво різняться. У результаті цінність таких досліджень поки що залишає бажати кращого. Інакші справи в Німеччині: тут кількість МР-томографів по відношенню до кількості собак перевищує аналогічний показник у нашій медицині людини. Зауважимо, що навіть у розвинених країнах Європи не поспішають призначати МРТ у кожному разі, бо вартість дослідження складає 400–1500 євро.

Показання до проведення МРТ

Показання визначаються особливостями МРТ – неінвазивністю і здатністю візуалізувати будь-які м'якотканинні структури біологічного об'єкта. Це робить МРТ єдиним інформативним неінвазивним методом, у разі якщо рентген, УЗД, ендоскопія неефективні.

Значну частину досліджуваних пацієнтів за допомогою МРТ становлять хворі з симптомами ураження ЦНС.

За допомогою МРТ можна детально розглянути тонкі структури головного мозку, оцінити їхню форму, розміри, однорідність, васкуляризацію. Можливе виявлення новоутворень, ділянок ішемії, крововиливів чи запальних осередків. На відміну від доволі небезпечної мієлографії, виявляється можливою візуалізація спинного мозку і спинномозкових нервів, оцінка їхньої структури, форми, особливостей кровопостачання. За допомогою МРТ неінвазивно досліджують наявність не тільки компресійних уражень спинного мозку, але й інтрадуральних, інтрамедулярних пухлин, дегенеративних, запальних, васкулярних, деяких метаболічних порушень спинного мозку, що не змінюють його контурів, а, отже, невидимих на мієлограмах. У випадках пухлин оболонки спинного мозку можна оцінити їх поширення у навколишніх тканинах. Вдається діагностувати ушкодження корінців спинномозкових нервів, які не виявляються на мієлограмах.

МРТ дає можливість не тільки локалізувати патологічний осередок у спинному або головному мозку, але й розпізнати його природу, поширеність. Використовуючи ЯМР-томографію, можна виконати ангіографію судин головного і спинного мозку навіть без введення контрастної речовини. Можна стверджувати, що в діагностиці більшості патологій головного і спинного мозку МРТ є експертним методом, з мінімальним при цьому ризиком для здоров'я тварини.

МР-ангіографія дозволяє бачити судини та знаходити їх звуження, а також анеризми та мальформації.

Ще одна сфера застосування МРТ у ветеринарії – діагностика захворювань опорно-рухової системи. Якщо патологічні зміни кісток і суглобів у більшості випадків можна діагностувати рентгенологічно, то порушення м'якотканинних структур – м'язів, сухожилок, зв'язок, суглобових капсул, периферичних нервів, судин – нерідко залишаються для лікаря не досяжними.

За допомогою МРТ можна діагностувати онкологічні, запальні, дегенеративні захворювання кісток і суглобових структур на ранніх, не доступних для рентгенографії, стадіях. У діагностиці тендосиновітів, травм сухожилок, деяких артрозів, артритів, невритів, міозитів і інших причин хронічної, рецидивуючої кульгавості.

У порівнянні з КТ МРТ володіє більшою розподільною здатністю до візуалізації структур м'яких тканин, розташованих як усередині суглоба, так і поза ним. Із МРТ можна одночасно візуалізувати всі компоненти суглоба, що дозволяє виявити безліч різних аномалій. У даний час за допомогою МРТ складно ідентифікувати патології суглобового хряща. Частіше всього МРТ призначають для діагностики патологій внутрішніх структур колінного суглоба, таких як меніски і хрестоподібна зв'язка, а також для обстеження стану м'яких тканин плечового та ліктьового суглобів. На T1 синовіальна рідина володіє низькою провідністю сигналу (темне поле), на відміну від жирового прошарку колінної чашки, яка володіє високою провідністю (яскраве поле). У суглобовому хрящі сигнал помірної яскравості. Темна лінія, що позначає субхондральну поверхню кістки, візуально відокремлює суглобовий хрящ від трабекулярної кістки.

Магнітно-резонансна томографія окремих органів та структур собак і котів

На відміну від медицини людини, використання МРТ у ветеринарії пов'язане з певними труднощами. Ознайомимось з основними з них.

а) Відсутність ветеринарних закладів, у яких є МР-томограф, оскільки його вартість складає близько 2000000 \$. Для самоокупності таке дороге устаткування повинне працювати постійно, а у ветеринарії попит на такі дослідження поки ще невисокий.

б) Для проведення МРТ тварину повинен супроводжувати ветеринарний лікар-анестезіолог, оскільки дане дослідження необхідно проводити під загальною анестезією.

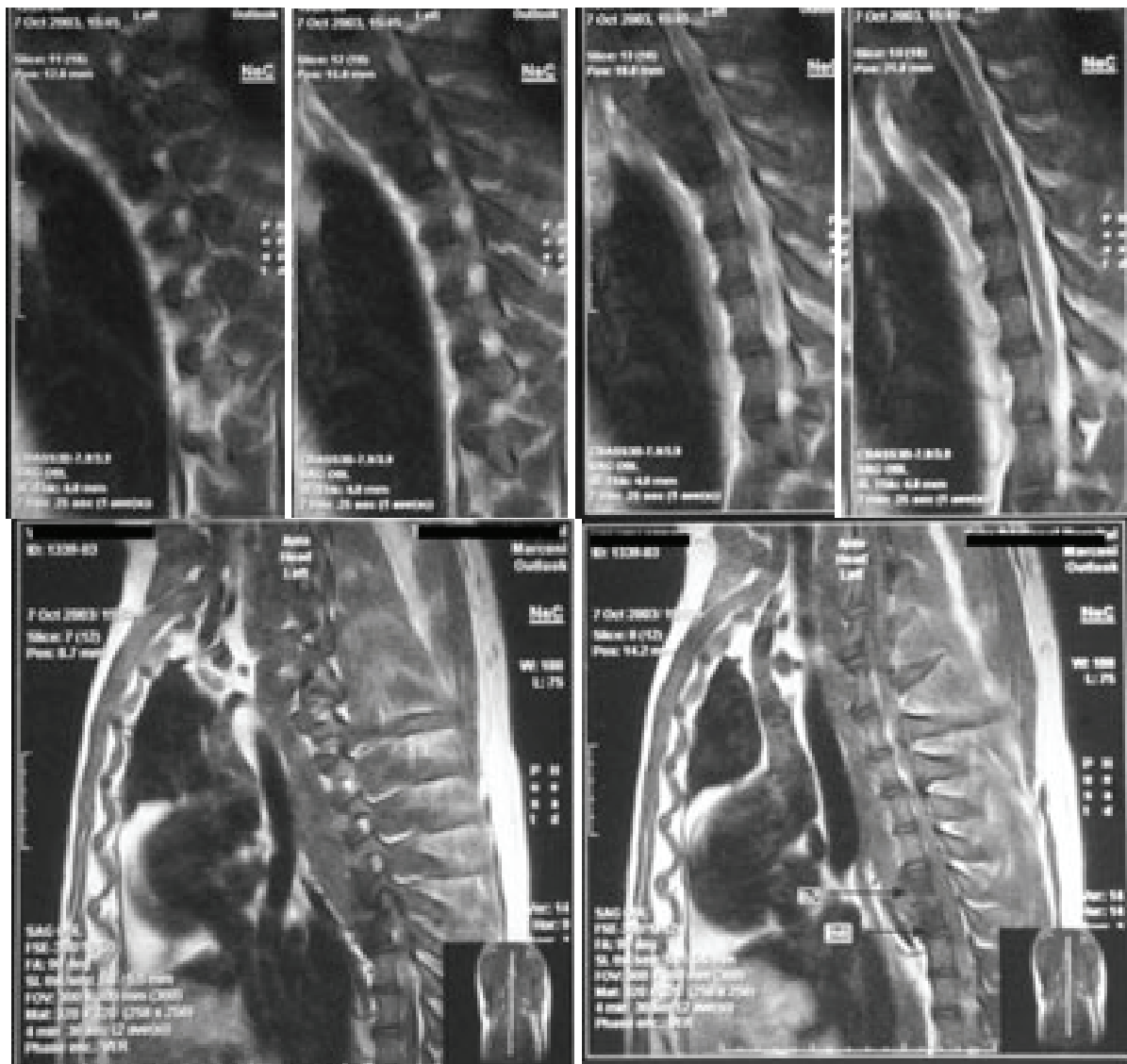
в) Томографія використовується для діагностики і вибору подальшого методу лікування; відповідно, після проведення томографії нерідко необхідне оперативне втручання, а відсутність досвіду роботи з важкими пацієнтами призводить до того, що небагато лікарів можуть провести подібні операції. При МРТ-дослідженні шукають те, що не змогли знайти при рентгенографії та УЗД – це різні новоутворення головного мозку та мозкових оболонок, спинного мозку і хребта, грижі міжхребцевих дисків тощо. Мало того, щоб провести МРТ, необхідно звузити коло пошуку до конкретного сегмента організму тварини, необхідна попередня топічна діагностика (неврологічне обстеження, електроенцефалографія, мієлографія), яка є достатньо складною і дорогою в проведенні, а окрім того вимагає великого досвіду лікаря.

г) Дослідження проводиться під загальною анестезією. Це обов'язкова умова, оскільки тварина протягом 10–20 хвилин повинна лежати нерухомо. При рухах, частому диханні значно погіршується якість томограми.

МРТ грудного та поперекового відділів хребта собак і котів

Загальною причиною болю в будь-якому відділі хребта є компресія спинного мозку, його оболонок і корінців, що відходять від нервів, та компресія, викликана центральним або бічним стенозом хребетного каналу. Основну масу тварин, власники яких звертаються до лікаря ветеринарної медицини з приводу болів у хребті, складають пацієнти з дегенеративно-дистрофічними ураженнями – комплексні ураження, що зачіпають кістки, суглоби та м'які тканини хребетного стовбура (остеохондроз, спондильоз, міжхребцевий артроз). Дистрофічні процеси в міжхребцевому диску призводять до втрати його рідини (дегідратації) та фіброзних змін у його центральній частині. Висота диска знижується, виникає його функціональна недостатність, що призводить до порушень зв'язку між двома сусідніми хребцями (обмежується їхня рухливість або, навпаки, виникає посилена рухливість, аж до “зіскакування” одного з хребців по відношенню до іншого).

Міжхребцевий диск починає випинатись за межі міжхребцевого простору, утворюються грижі міжхребцевих дисків. Неврологічна картина, що виникає за гриж, багато в чому залежить від їх величини, напрямку і стану навколишніх тканин. Дегенеративні зміни міжхребцевих дисків часто супроводжуються змінами в тілі суміжних хребців, їх суглобових поверхнях, зв'язковому апараті з подальшим розвитком остеоартриту та утворенням остеофітів (кісткові розростання по краях тіл хребців).



Мал. 66 – МРТ собаки 4 років. Помірно виражені дегенеративно-дистрофічні зміни в грудному відділі хребта із задньою циркулярною протрузією Th6—Th7 диска. Задні циркулярні грижі Th7—Th8 і Th8—Th9 дисків із компресією дурального мішка. Псевдоменінгоцеле на рівні Th8—Th9 хребетних сегментів ліворуч. Можна припустити інтрадуральне проникнення грижі Th8—Th9 дисків

Розпізнавання та диференційну діагностику захворювань, що викликають вертеброгенний больовий синдром, найчастіше здійснюють за допомогою променевих методів. Магнітно-резонансна томографія стала основним способом діагностики больового синдрому, точніше, встановлення його природи, оскільки на томограмі чітко вимальовуються спинний мозок, латеральні корінцеві отвори, тіла хребців, суглобові поверхні, міжхребцеві диски.

При детальному вивченні випадку проводили мієлографію поперекового відділу хребта. Отримані T1 і T2 зображення нижньогрудного та поперекового відділів хребта в сагітальній, коронарній і аксіальній проекціях, включаючи МР-мієлографічний режим високої роздільності.

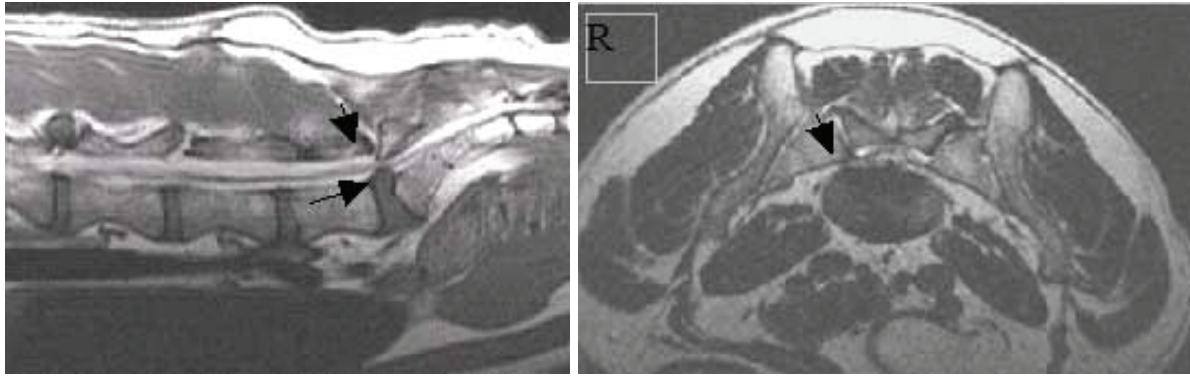
Структура хребців не змінена. Сигнал міжхребцевих дисків на T2 отриманих зображеннях рівномірно високий, висота дисків не змінена. Є дорсальна циркулярна протрузія Th6—Th7 диска на 1,5—2 мм у хребетний канал без помітної деформації дурального мішка.

Наявна задня циркулярна грижа Th7—Th8 диска на 2—3 мм у хребетний канал, що розповсюджується у вертикальному напрямі на 7-8 мм: це викликає деформацію вентрального контуру дурального мішка. Задня циркулярна грижа Th8—Th9 диска на 3—4 мм у хребетний канал із латералізацією ліворуч, що розповсюджується у вертикальному напрямі на 11 мм, це, в свою чергу, викликає стиснення дурального мішка. На рівні Th8—Th9 хребетних сегментів у хребетному каналі ліворуч на мієлографічному режимі виявляється скупчення ліквороподібної рідини з нерівними межами, розмірами до 6х8 мм в аксіальній проекції. Дане скупчення, ймовірно, безпосередньо з'єднується з лікворним простором спинного мозку.

МРТ-ознак наявності гриж дисків у поперековому відділі не знайдено. Візуалізується спинний мозок звичайної ширини, з чіткими рівними контурами, патологічних змін сигналу від його структур не виявлено.

На T2-томограмах уражені хребці стають яскравішими в порівнянні з суміжними. Тканина диска має типово високий сигнал у цьому режимі. Якщо сагітальні зрізи демонструють протяжність ураження, то на аксіальних і фронтальних томограмах краще оцінюються залучення до процесу паравертебральних тканин.

На МР-томограмах краще, ніж на комп'ютерних, відображаються м'які тканини (м'язи, жирові прошарки, хрящі, судини, елементи спинного мозку).



Мал. 67 – МР-томограма, сагітальний зріз. Грижа диска на рівні L7–S1 (ліворуч). МР-томограма, сегментальний зріз на рівні L7–S1. Компресія корінців сідничного нерва (праворуч)

Магнітно-резонансна томографія в діагностиці пухлин спинного мозку у собак і котів

Діагностика пухлин спинного мозку та хребта. Дані пухлини не дають метастази в життєво важливі органи (легені, печінка, мозок). Стискаючи спинний мозок, вони викликають параліч тазових або грудних і тазових кінцівок, зумовлюють порушення сечовипускання й дефекації.

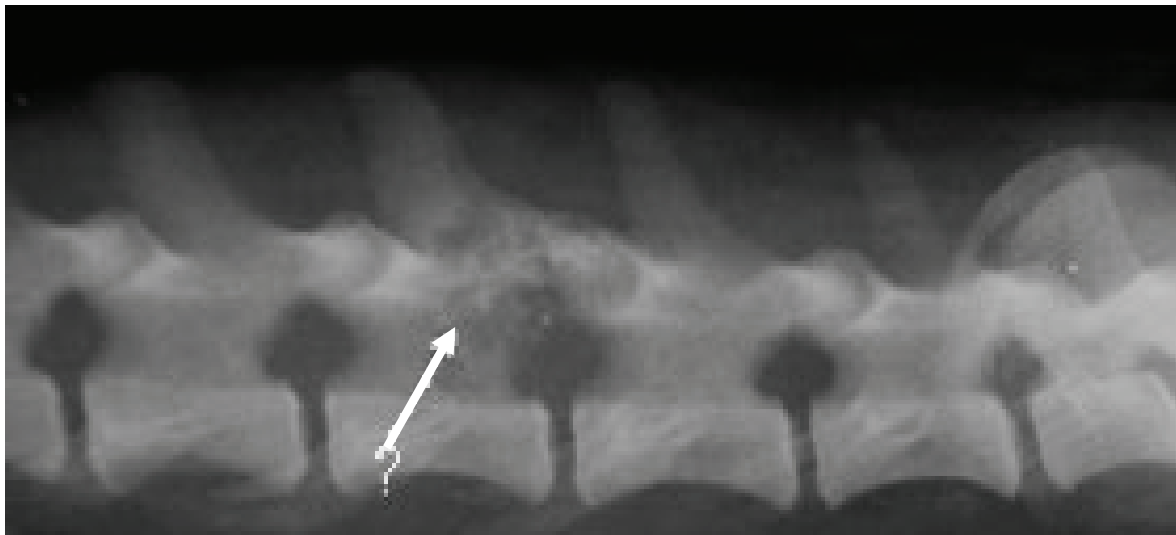
Якщо провести діагностику на ранній стадії, то за більшості пухлин можна продовжити життя тварини на 1,5–2 роки. При цьому якість життя тварини буде досить високою (здатність до самостійного пересування, контрольоване сечовипускання і дефекація).

За даної патології передусім проявляються неврологічні симптоми (“слабкість” тазових, грудних і тазових суглобів одночасно або однієї кінцівки).

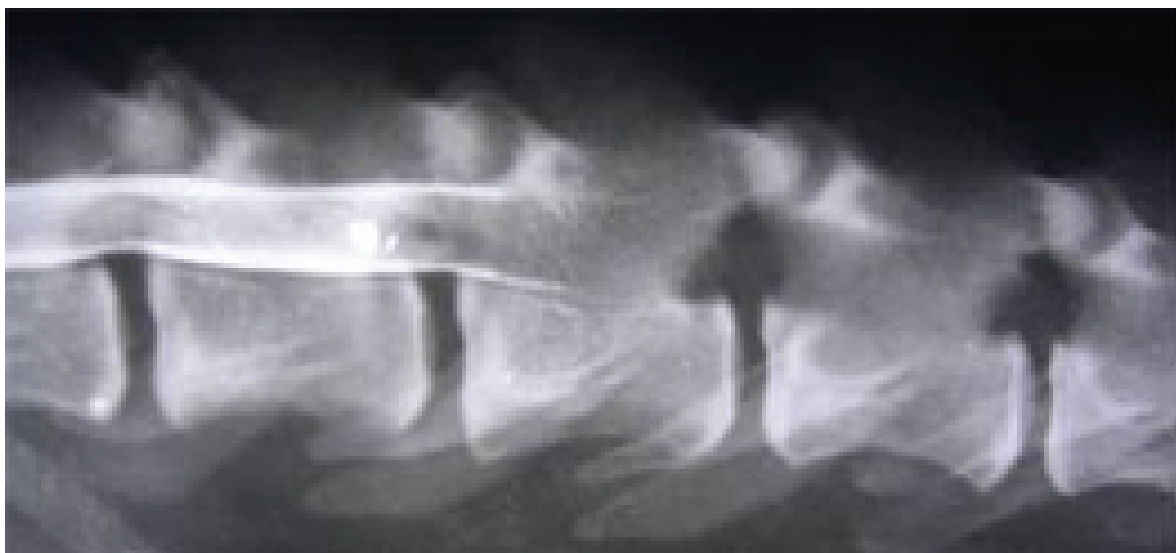
Наступний етап – це визначення рівня здавлювання спинного мозку, візуалізація тиснучого компонента (мієлографія, КТ, МРТ) і бажане гістологічне дослідження. Останній етап зазвичай виконується під час хірургічного втручання з приводу видалення пухлини і зняття компресії зі спинного мозку.

На підставі рентгенологічного дослідження диференціюються пухлини хребетного стовбура, дископатія, дискоспондиліт (пізні стадії) і спондиліоз хребетного стовбура.

За відсутності видимих змін на оглядових рентгенограмах тварини рекомендується виконувати контрастну спондилографію і/або магнітно-резонансну томографію, що дасть змогу визначити рівень оперативного втручання, а також встановити попередній, а в окремих випадках – і остаточний діагноз.

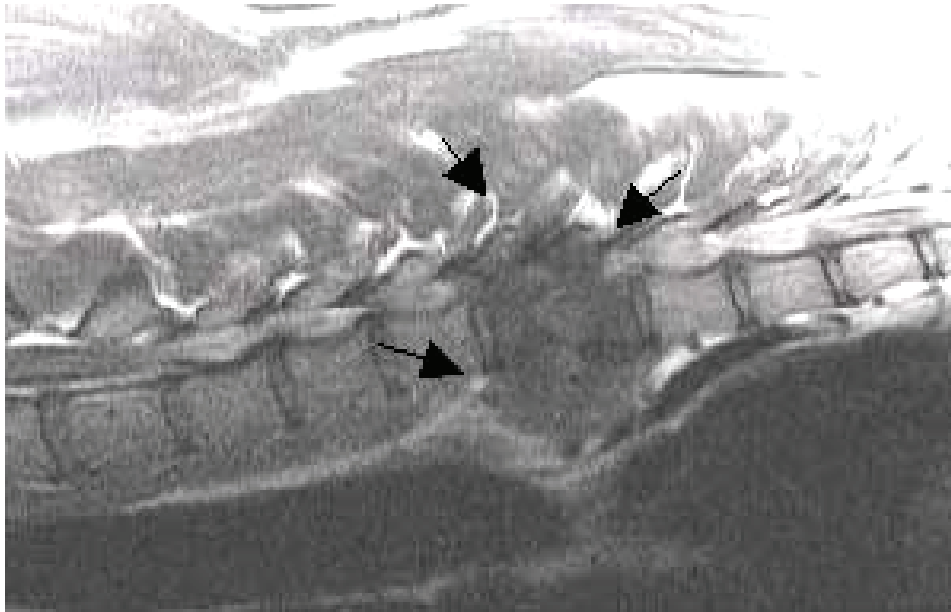


Мал. 68 – Рентгенограма хребта собаки –
ділянка остеодеструкції хребця



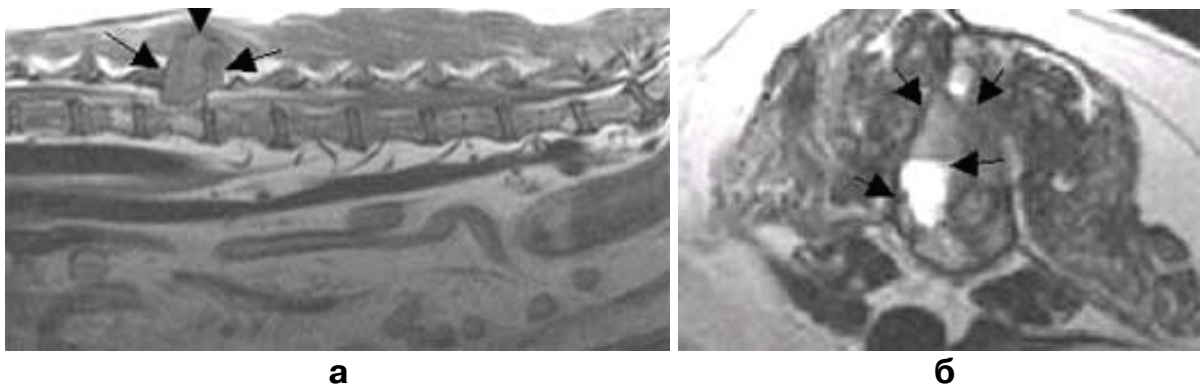
Мал. 69 – Мієлографія собаки. При пухлинному ураженні
спостерігається блок контрастної колони та її розширення за типом
«ластівчиного хвоста»

Магнітно-резонансна томографія, виконана в сагітальній і аксіальній площинах, дозволяє визначити розповсюдження м'якотканинного паравертебрального компонента новоутворення, візуалізувати не визначувані рентгенографічно структурні зміни кісткової тканини, осередки руйнування тіла та дужок хребців, об'єм спинномозкового каналу, що зайнятий новоутворенням, і оптимальний доступ для виконання інцизійної чи трепанбіопсії.



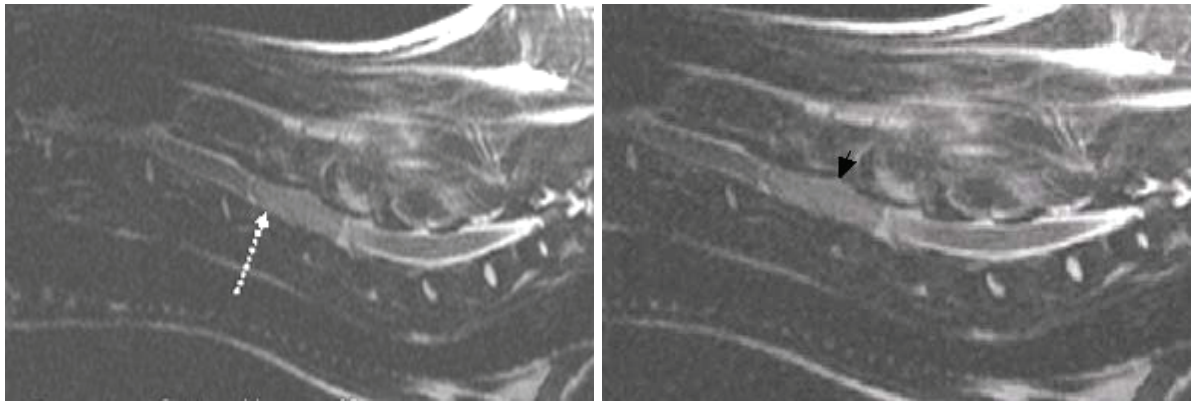
Мал. 70 – МР-томограма, сагітальний зріз. Зміна структури двох суміжних грудних хребців із руйнуванням міжхребцевого диска і формуванням запального набряку по вентральній поверхні хребетного стовбура. Картина типова для дискоспондиліту

Що стосується літичних змін у кістці, то на МР-томограмах їх виявляють у вигляді зниження сигналу в режимі T1 і підвищення – в режимі T2. На томограмах візитною карткою пухлинного процесу є ураження лише одного хребця, без залучення до пухлинного процесу міжхребцевих дисків. МР-томографія дає змогу візуалізувати новоутворення хребетного стовбура діаметром п'ять і більше міліметрів. Зображення більшості первинних пухлин тіл хребців і гематогенних метастазів на МР-томограмах неспецифічні, тобто не дають можливості верифікувати пухлину й встановити остаточний діагноз.

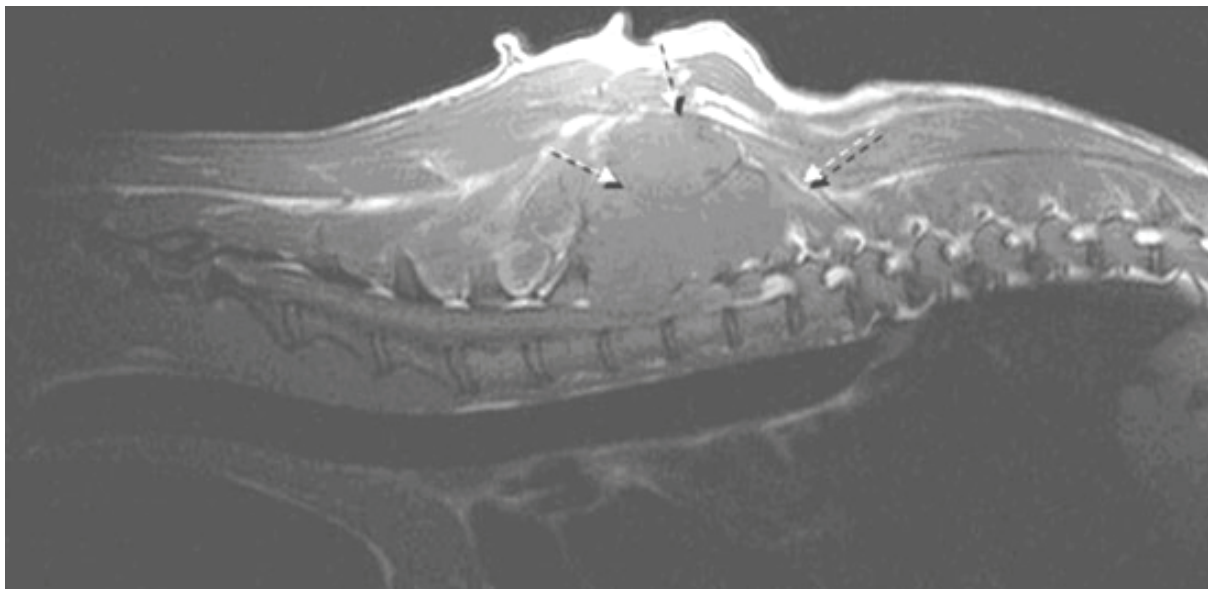


Мал. 71 – МР- томограма. Остеосаркома першого поперекового хребця (а) – сагітальний зріз, (б) – сегментальний

На МРТ у собак з остеосаркомою тіла або дужки хребця процес локалізується в межах одного хребця без розповсюдження на сусідні хребці та міжхребцеві диски. На відміну від пухлинного ураження за дискоспондиліту процес розповсюджувався на два тіла хребців із залученням міжхребцевих дисків і формуванням запального набряку по вентральній поверхні тіла хребця. М'якотканинні екстрадуральні пухлини всередині хребетного каналу визначаються єдиним конгломератом, відмінним за щільністю від тканини спинного мозку.



Мал. 72 – МРТ собаки. Тканина пухлини визначається єдиним конгломератом, відмінним за щільністю від тканини спинного мозку

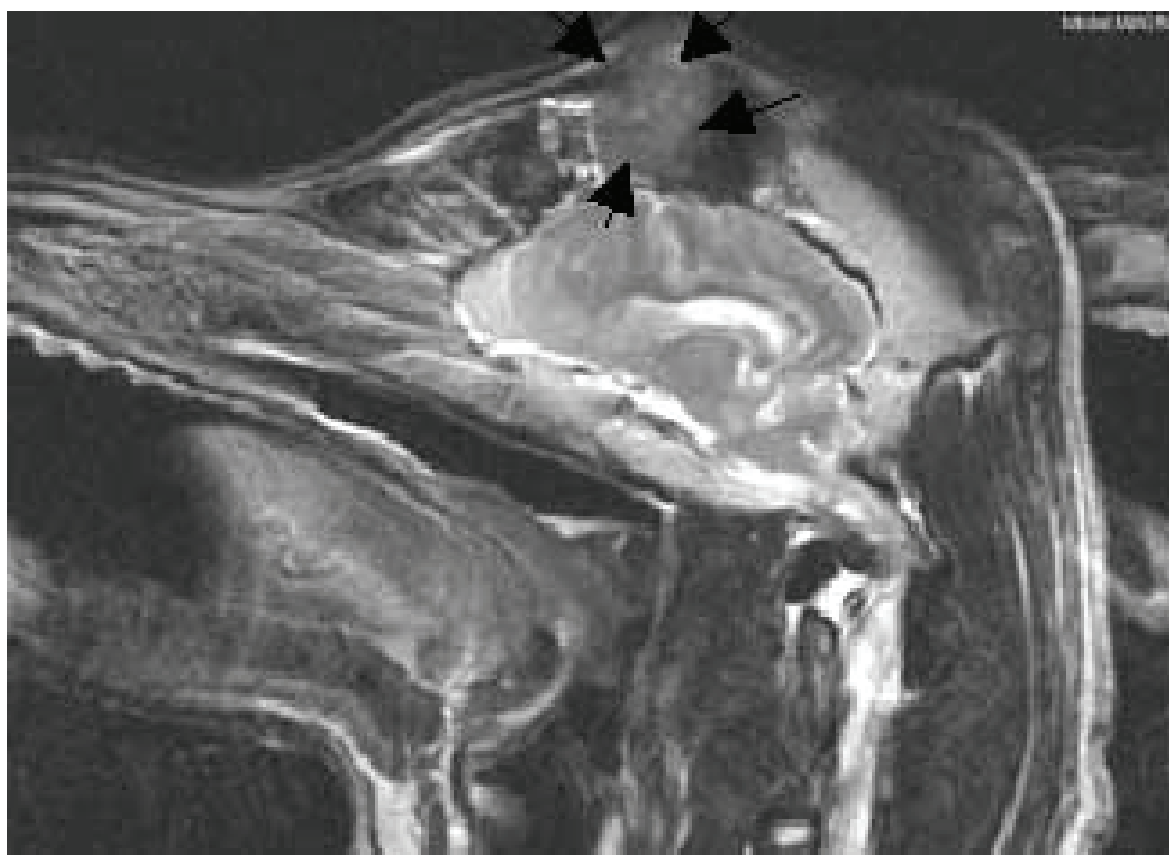


Мал. 73 – МРТ собаки. Остеосаркома остистих відростків грудних хребців

МРТ-дослідження головного мозку

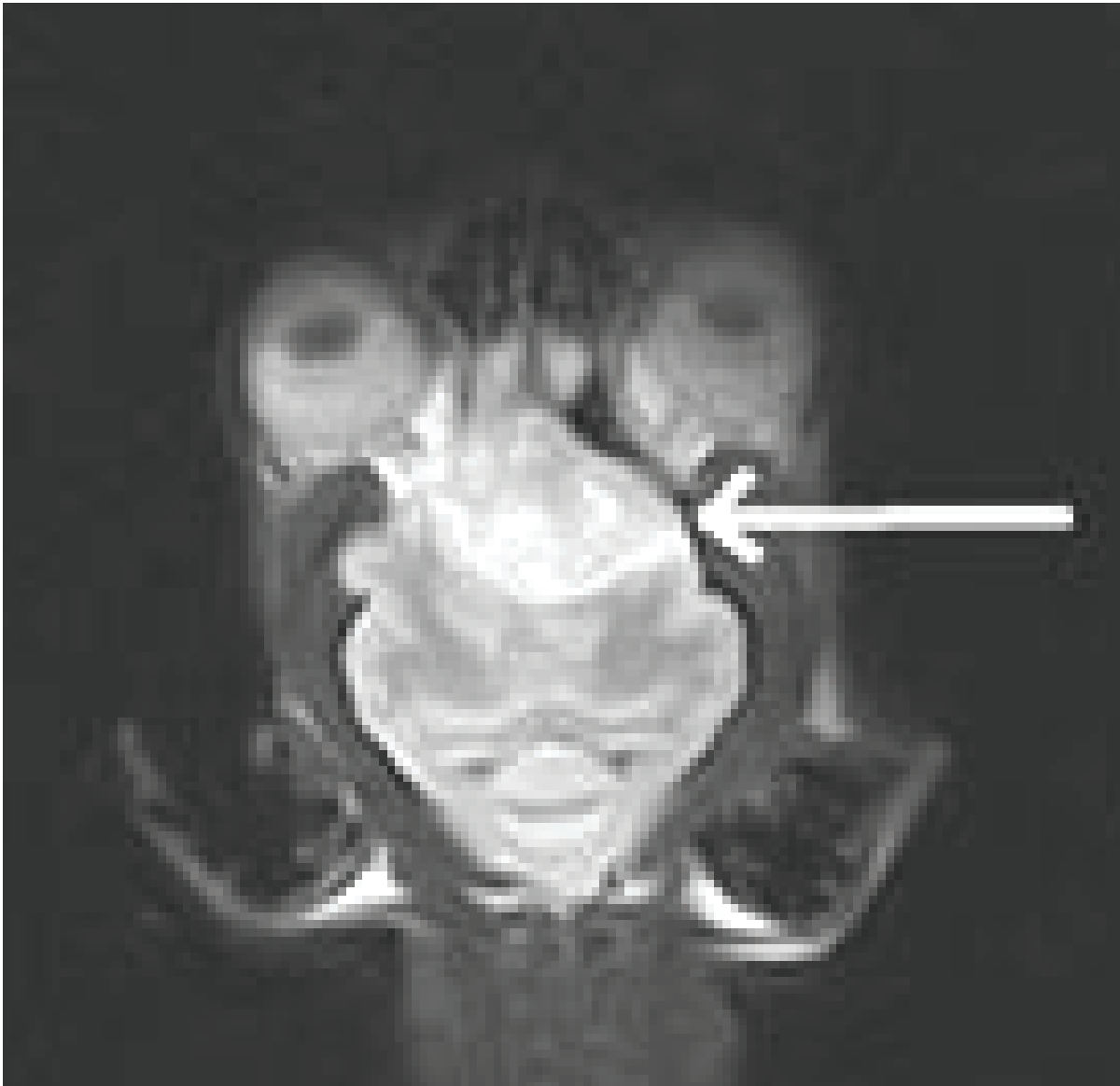
Основними методами прижиттєвого дослідження структури головного мозку тварин нині є рентгенівська комп'ютерна томографія (РКТ) та передусім магнітно-резонансна томографія (МРТ).

Показання до їх виконання встановлюють лікарі, які спільно лікують тварину: невропатолог, нейрохірург, онколог, офтальмолог. Найчастіше показаннями до променевого дослідження головного мозку слугують ознаки порушення мозкового кровообігу, підвищення внутрішньочерепного тиску, загально мозкова та осередкова неврологічна симптоматика, порушення зору та слуху.



*Мал. 74 – МР-томограма, сагітальний зріз черепа.
Пухлина лобної пазухи*

На МР-томограмах чітко розрізняються структурні елементи головного мозку, виразно диференціюється біла і сіра речовини, всі стовбурові структури. На якості магнітно-резонансних томограм не відбивається екрануюча дія кісток черепа тварини. МРТ можна проводити в різних проекціях, отримуючи не лише аксіальні, як при РКТ, а й фронтальні, сагітальні та косі прошарки.



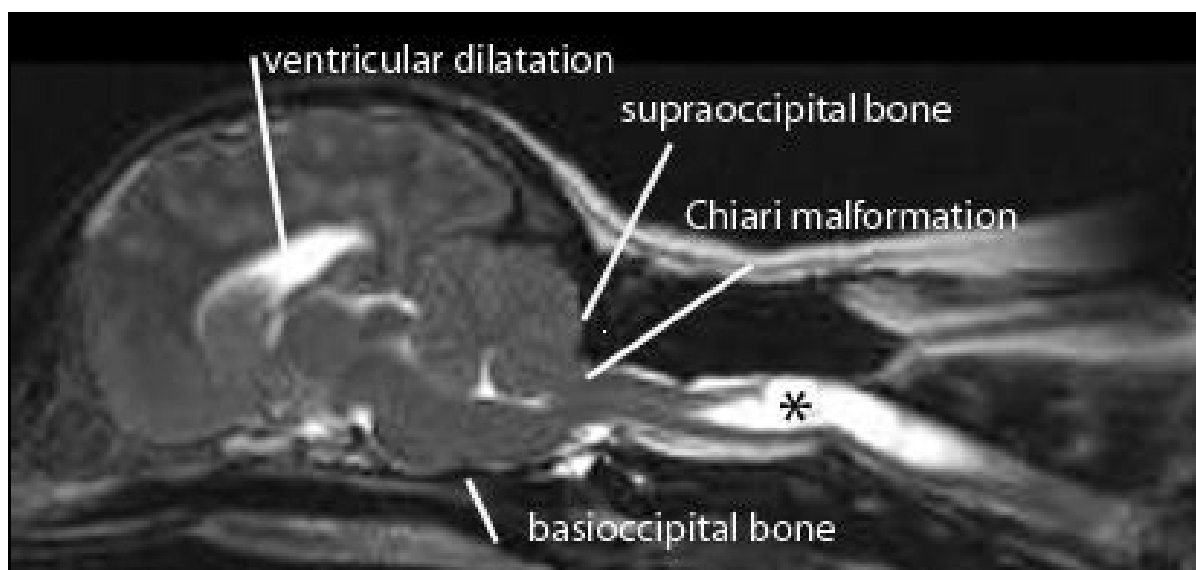
а

Мал. 75 – MRT кота: стрілкою
вказана патологічна зона головного мозку

Особливою цінністю МРТ є можливість відображення судин, зокрема судин шиї та основи головного мозку, як без застосування контрастних препаратів, так і з їх використанням.

У багатьох сучасних ветеринарних монографіях та на сайтах Інтернету останнім часом усе більше уваги надається специфічним захворюванням собак. Варто приділити увагу такому захворюванню у собак, як сирингомієлія. За окремими даними, сирингомієлія зустрічається у таких порід, як кінг-чарль спанієль, грифон, тер'єр Бостона і мальтійський тер'єр, французький бульдог і стаффордширський тер'єр. Сирингомієлія – це захворювання нервової системи, в результаті

якого в спинному мозку утворюються порожнини, які зазвичай знаходяться в краніальній частині шийного відділу спинного мозку по центральному каналу в ділянці сірої спайки. Це пояснює і клінічні ознаки, пов'язані з гіперестезією. У даній ділянці спинного мозку відбувається перехрещення провідників больової та тактильної чутливості (вона виявляється в ділянці шиї і вух і є основною клінічною ознакою): тварини розчухують ці місця, трусять головою, як при отиті. При проведенні грумінга поводяться неспокійно (крик і вереск). При прогресуванні захворювання може викривлятися шия, після чого вона може не розпрямлятися. Спостерігається слабкість задніх кінцівок, може наступити параліч. При поєднанні з гіпоплазією мозочка – кружляння по колу, тремор голови, дезорієнтація. За деякими даними, симптоми проявляються вже до першого року життя цуценят (болючість шиї, кружляння по колу), за іншими – до трьохрічного віку. Вважається, що сирингомієлія та окципітальна гіпоплазія – генетично обумовлені аномалії й успадковуються за рецесивним типом.

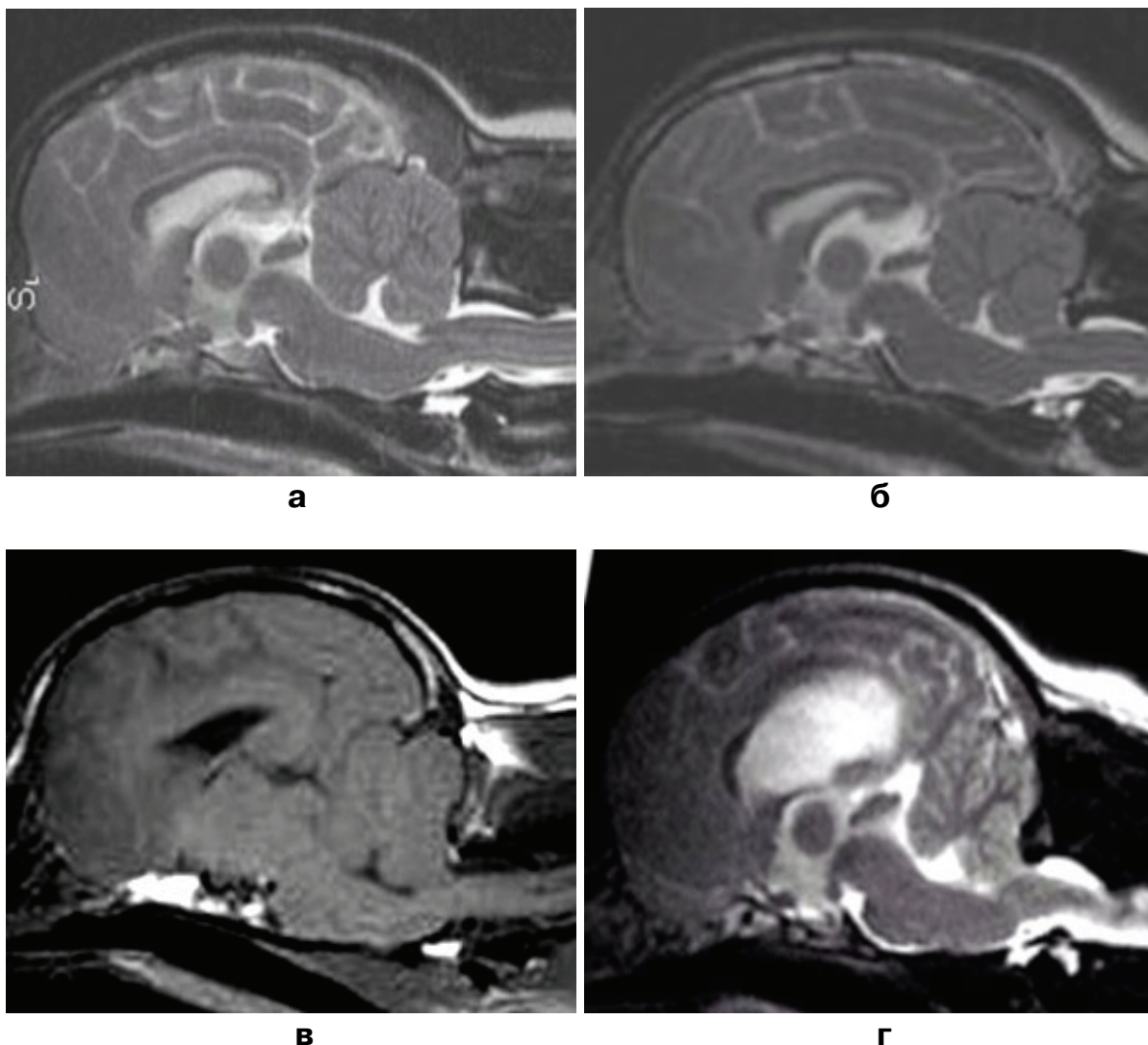


Мал. 76 – МРТ собаки: ознаки ураження, характерні для сирингомієлії

Діагноз ставиться на підставі МРТ або КТ, а також характерного комплексу неврологічних розладів, враховуючи родовідний анамнез. Суттєве значення мають результати КТ, ЕЕГ, мієлографії та аналізу цереброспинальної рідини. Існує градація за ступенем тяжкості захворювання. Отже, сирингомієлія – генетично обумовлене захворювання. У зв'язку з порушенням ембріогенезу змінюється закладка окремих шарів ембріональних клітин, що викликає патологічне розростання

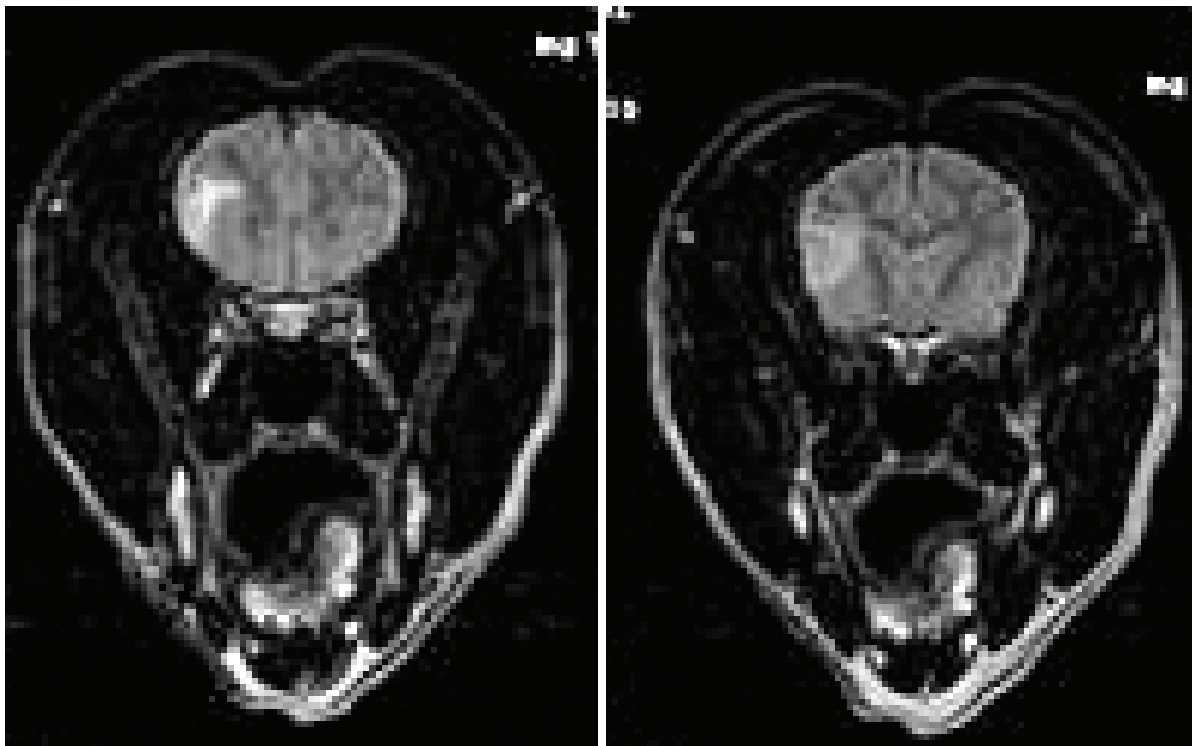
глії в ЦНС, поєднується з іншими порушеннями ембріогенезу, тому неврологічні симптоми нерідко співпадають з симптомами ураження інших систем організму. Розростання гліозної тканини з часом призводить до утворення порожнин. Останніх даних із лікування сирінгомієлії у тварин допоки немає, але в основному пропонується симптоматична терапія.

Прогноз для життя відносно сприятливий (залежно від величини ураження), для повного одужання – несприятливий. В Україні, на жаль, відсутнє обов'язкове тестування на спадкові захворювання у тварин.

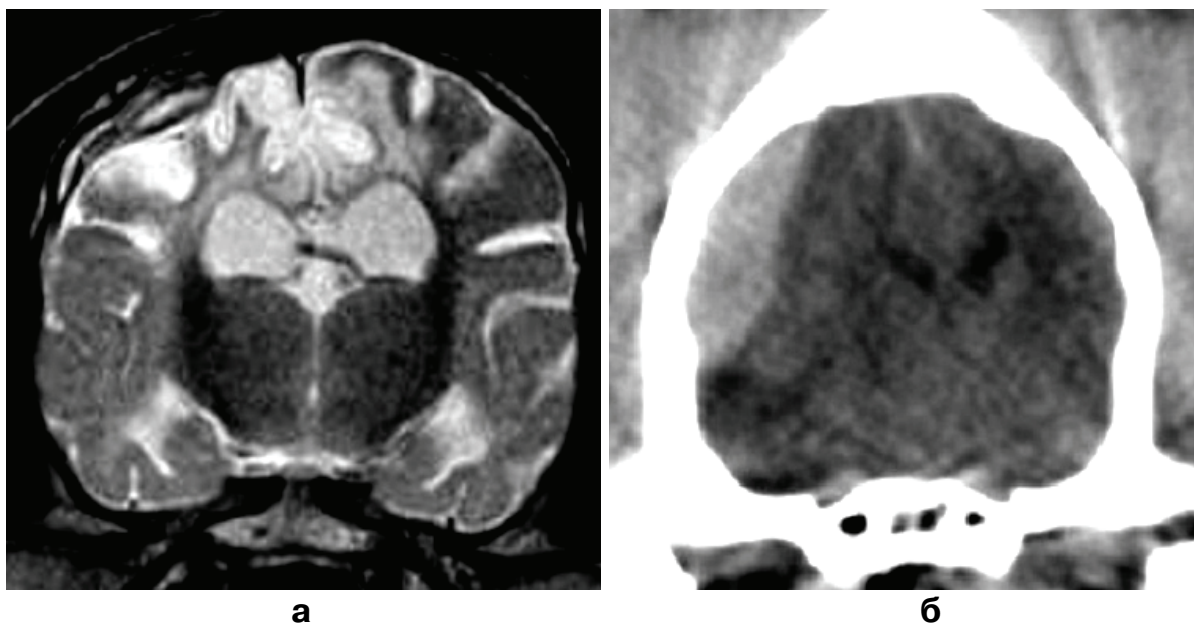


Мал. 77 – МРТ собак: а – головний мозок майже не уражений (симптоми сирінгомієлії відсутні); б – незначне ураження головного мозку (симптоми сирінгомієлії відсутні); в – помірне ураження головного мозку (є симптоми сирінгомієлії); г – виражене ураження головного мозку (симптоми сирінгомієлії виражені)

МРТ широко застосовується у нейрохірургічній практиці, особливо при необхідності дослідження головного мозку після черепно-мозкових травм.



Мал. 78 – Ознаки гематоми ліворуч у тім'яній ділянці



*Мал. 79 – Субдуральна гематома: а – МРТ-зображення;
б – КТ-зображення*

Магнітно-резонансна томографія колінного та ліктьового суглобів

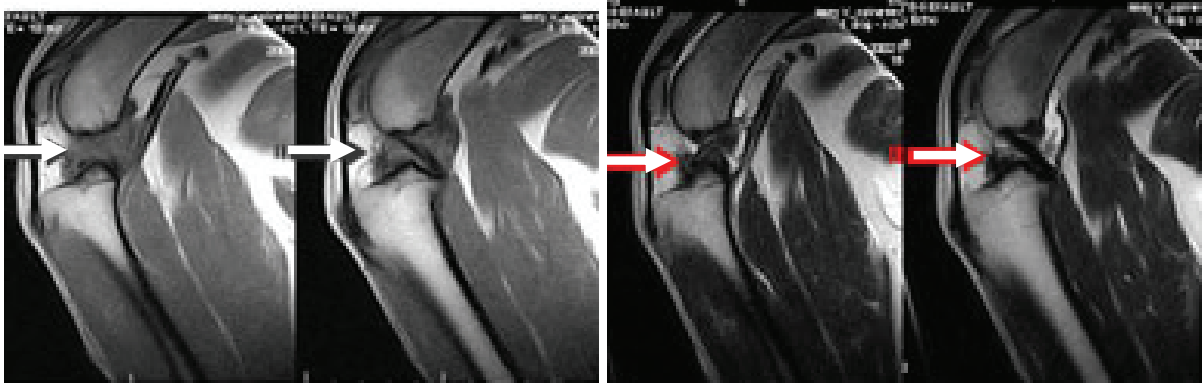
Магнітно-резонансна томографія – найдоцільніший метод дослідження кісткового мозку. Дає можливість прижиттєво вивчати морфологію і біохімію хрящів і м'якотканинних утворень опорно-рухової системи.

Нині для дослідження ліктьового та колінного суглобів застосовується широкий спектр діагностичних методів (рентгенографія, сцинтиграфія, рентгенівська комп'ютерна томографія, ультрасонографія, артроскопія, артрографія, магнітно-резонансна томографія), що відрізняються різною чутливістю, специфічністю та інформативністю. Клінічні й застарілі інструментальні дослідження не завжди ведуть до встановлення правильного діагнозу внаслідок неможливості виявлення ранніх морфологічних проявів захворювання або у зв'язку з інвазивністю дослідження та наявністю ускладнень після нього. Магнітно-резонансна томографія – наймолодша і найбільш перспективна з використовуваних методик.

У порівнянні з КТ МРТ володіє більшою здатністю щодо візуалізації структур м'яких тканин, розташованих як усередині суглоба, так і поза ним. За допомогою МРТ можливо одночасно візуалізувати всі компоненти суглоба. Це дозволяє виявити безліч різних аномалій. У даний час за допомогою МРТ складно ідентифікувати патології суглобового хряща: зазвичай МРТ призначають для діагностики патологій внутрішніх структур колінного суглоба, таких як меніски і хрестоподібна зв'язка, а також для обстеження стану м'яких тканин плечового і ліктьового суглобів.

Колінний і ліктьовий суглоби мають складну будову. Складний зв'язковий апарат, суглобова капсула, бічні і хрестоподібні зв'язки забезпечують стабільність з'єднання в колінному суглобі; ліктьовий суглоб складний, утворюється плечовою, ліктьовою і променевою кістками. Травма або додаткове навантаження на суглоб можуть призвести до пошкодження його внутрішніх структур – менісків, зв'язок, хряща. У собак дисплазія ліктьового суглоба включає цілу групу захворювань, діагностика яких часто досить складна (розтинаючий остеохондрит, відрив гачкоподібного та вінцевого відростків).

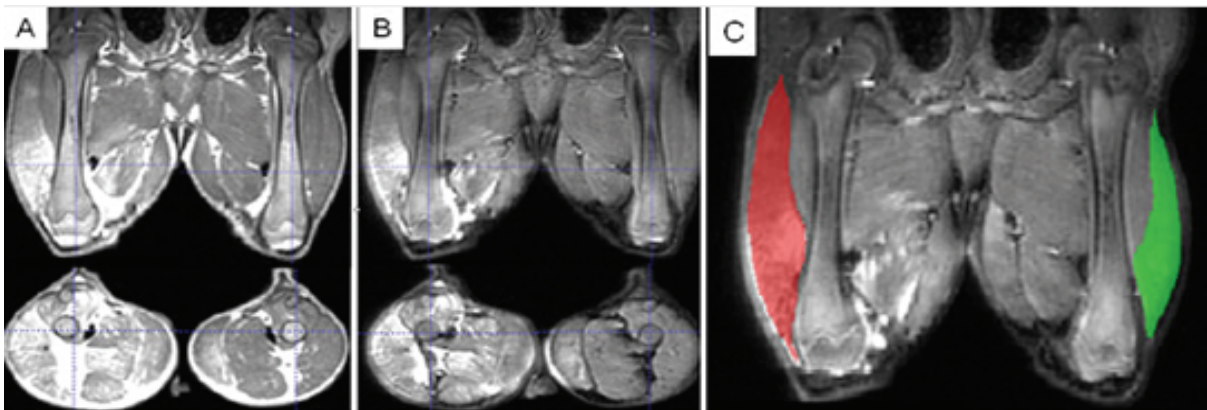
Основними ознаками залежно від характеру, тяжкості й тривалості захворювання є біль у суглобі, обмежена рухливість та деформація суглоба.



Мал. 80 – МРТ колінного суглоба собаки

При проведенні МРТ колінного суглоба чітко визначається порушення цілісності менісків, синовіт, дегенеративні зміни зв'язкового апарата. Завдяки високим контрастним характеристикам м'язова, жирова тканини, хрящі, зв'язки, рідина добре диференціюються між собою. МРТ дозволяє чітко детермінувати як дрібні осередкові зміни дегенеративного характеру в менісках і зв'язковому апараті колінного суглоба, так і свіжі розриви, скупчення геморагічного компоненту в його порожнині. У ліктьовому суглобі за допомогою МРТ можна достовірно виявити відрив гачкоподібного відростка, незарощення вінцевого відростка (одна з найскладніших діагностичних проблем собак у ліктьовому суглобі). На T1 синовіальної рідини простежується низька провідність сигналу (темне поле) на відміну від жирового прошарку колінної чашки, яка має високу провідність (яскраве поле). У суглобовому хрящі – сигнал помірної яскравості. Темна лінія, що позначає субхондральний край кістки, візуально відокремлює суглобовий хрящ від трабекулярної кістки.

Проведення МР-дослідження колінного і ліктьового суглобів дозволяє уточнити клінічний діагноз і визначити тактику лікування.

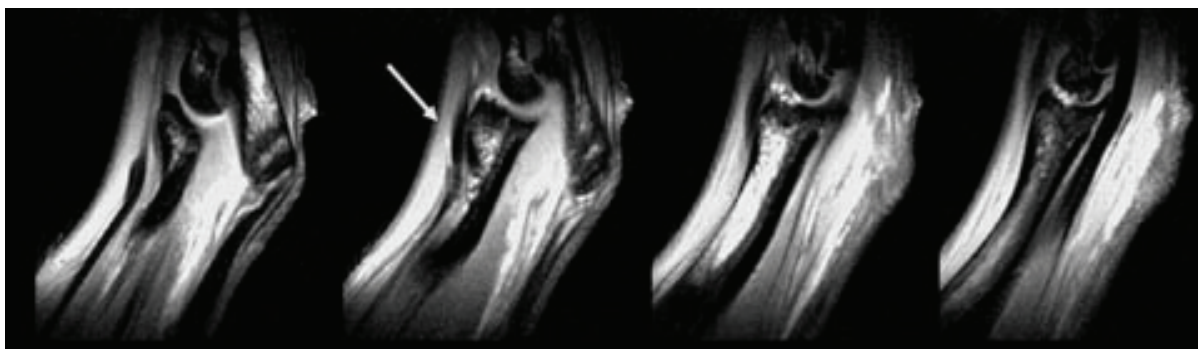


Мал. 81 – МРТ тазостегнових суглобів та стегнових кісток собаки з дослідженням кровотоку

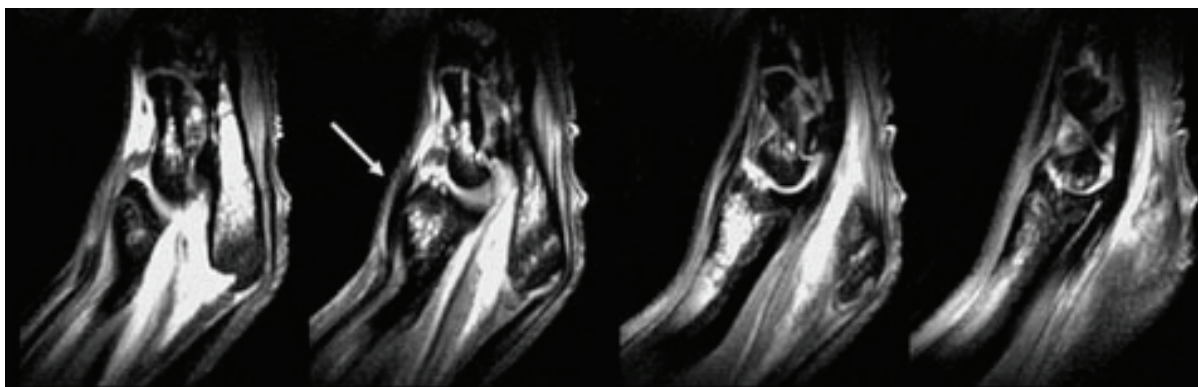
Спеціальної підготовки до дослідження не вимагається. Пацієнта розміщують у горизонтальному положенні на рухомому столі томографа, додатково підключаються радіочастотні приймальні котушки, за необхідності накладаються електроди ЕКГ або пульсоксиметра, після чого стіл із пацієнтом спрямовується в тунель магніту. Під час дослідження пацієнтові необхідно знаходитися нерухомо усередині приладу (тунель магніту) протягом 15–25 хв., для чого тварину вводять у наркоз. Крім того, за пацієнтом здійснюється спостереження за допомогою телекамери.

За необхідності проводять дослідження з внутрішньовенним контрастним підсиленням, що підвищує контрастну роздільність і покращує якість зображення. Найчастіше використовують «магневіст» (фірма «Шерінг») або «Омніскан» (фірма «Нікомед»). Контрастні препарати вводяться внутрішньовенно болюсно або з використанням шприца-інжектора. Дані препарати не завдають шкоди здоров'ю тварини.

Після обстеження результати заносяться на мультиформатну плівку або CD-диск з отриманими зображеннями.



а



б

*Мал. 82 – МРТ суглобів шурів: а – нормальні суглоби;
б – ознаки артриту*

Таким чином, успіхи в галузі лікування неврологічних проявів, дегенеративно-дистрофічних змін і травм хребта нерозривно пов'язані з впровадженням таких нових методів як МРТ. Це стосується можливості визначення показань до оперативного лікування. Хірургічна допомога для багатьох хворих тварин із грижами міжхребцевих дисків – єдина можливість одужання. МРТ має також чимале значення в оцінці післяопераційних змін і ускладнень, оскільки дає змогу розрізнити деформації дисків за їх локалізацією, формою, розмірами та термінами виникнення, допомагаючи уточнити патогенез розвитку дискорадикулярного конфлікту та виявити основний чинник компресії корінця. Ці переваги методики знаходять безумовне відображення в підходах до консервативного лікування та реабілітації таких хворих.

Переваги МРТ у диференційній діагностиці запальних і пухлинних захворювань хребта чітко окреслили рамки використання КТ. Проте вона не втратила свого значення в діагностиці дегенеративних змін хребта. Її ефективність насамперед залежить від дотримання алгоритму і методики дослідження. Правильність інтерпретації виявлених морфологічних змін визначається розумінням ролі різних форм деформацій міжхребцевих дисків.

МРТ завдяки можливості поліпроекційного дослідження дає змогу виявляти ураження спинномозкових корінців і гангліїв у ділянці міжхребцевого отвору. Враховуючи нешкідливість даного методу, можливим є практично будь-який обсяг дослідження хребта.

Сучасні методи візуалізації дозволяють виявити різні патології та визначити адекватну тактику лікування.

Незважаючи на всі труднощі розвитку методу в нашій країні, кількість МРТ-систем постійно збільшується: склалася вітчизняна школа МРТ, публікуються монографії і рекомендації в цьому перспективному напрямі променевої діагностики. Вітчизняні фахівці беруть активну участь у міжнародних конгресах і симпозіумах, присвячених МРТ. Все це дає підстави сподіватися на розширення внеску в діагностику різних захворювань не лише людини, але й проведення наукових досліджень у галузі ветеринарної медицини.

Однак і МРТ має певні недоліки: МР-зображення частіше виглядають хибно благополучними в порівнянні з КТ внаслідок поганої візуалізації кісткових змін і звапнінь м'яких тканин. Окрім того, КТ порівняно з МРТ дозволяє краще вивчити вираження артрозу суглобів хребта.

СЦИНТИГРАФІЯ У ВЕТЕРИНАРНІЙ МЕДИЦИНІ

Сцинтиграфія (лат. Scintillare – виблискувати, мерехтіти). Метод радіонуклідного дослідження внутрішніх органів, що ґрунтується на візуалізації за допомогою сцинтиляційної гамма-камери розподілу введеного в організм радіофармацевтичного препарату. У зв'язку з тим, що для сцинтиграфії завжди використовують радіофармацевтичні препарати (РФП), які позначаються гамма-випромінюючими радіонуклідами, її називають також гамма-сцинтиграфією.

Перше застосування радіоактивних індикаторів відносять до 1911 року і пов'язують з ім'ям Дьєрдя де Хевеші. Молодий учений, який жив у дешевому пансіоні, почав підозрювати, що залишки їжі подавали йому знов наступного дня. Він додав радіоізотопний індикатор до нез'їденої порції і за допомогою детектора випромінювання довів своїй господарці, що все відбувалося саме так, після чого вона вигнала молодого вченого з пансіону. Він же продовжив розпочату роботу, в результаті чого здобув Нобелівську премію за використання радіонуклідів як індикаторів у біології. Радіонуклідна (радіоізотопна) діагностика охоплює всі види застосування відкритих радіоактивних речовин з діагностичною та лікувальною метою.

Клінічне застосування радіоіндикаторів розвинулось у 50-х роках ХХ сторіччя. Почали розвиватися методи, що дозволяють детектувати наявність (радіометрія), кінетику (радіографія) і розподіл (сканування) радіоіндикатора в досліджуваному органі. Принципово новий етап радіоізотопної візуалізації пов'язаний із розробкою пристроїв широкого поля зору (сцинтиляційні гамма-камери) і методу візуалізації – сцинтиграфії. Нерідко терміном «сцинтиграфія» позначають дослідження, проведені з використанням як лінійного сканера, так і сцинтиляційної гамма-камери. З цим термінологічним стереотипом пов'язане формування неправильних уявлень про діагностичні можливості методів.

Сканування та сцинтиграфія – це різні методи радіоізотопної візуалізації. Сцинтиграфія досконаліша за сканування обсягом і точністю діагностичної інформації. Сучасними сцинтиляційними камерами є комп'ютерно-сцинтиграфічні комплекси, що дають можливість отримувати, зберігати й обробляти зображення окремого органа і всього тіла в широкому діапазоні сцинтиграфічних режимів: статичному та динамічному, планарному та томографії. Незалежно від типу отриманого зображення воно завжди відображає специфічну функцію досліджуваного органа. Власне, це є картирування функціонуючої тканини.

Саме у функціональному аспекті полягає принципова відмінна особливість сцинтиграфії порівняно з іншими методами візуалізації.

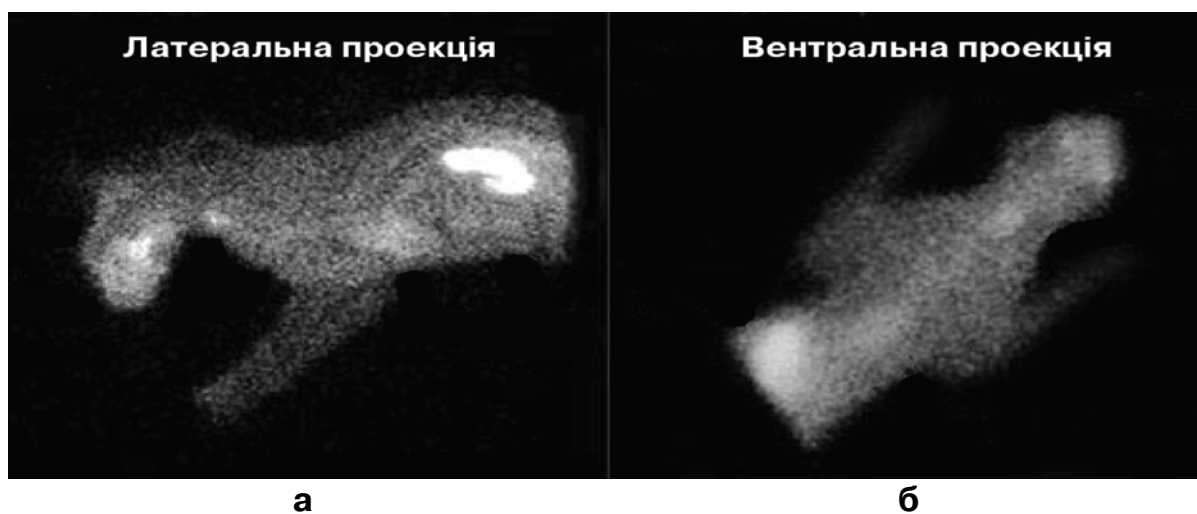
Діагностична спрямованість радіоізотопного дослідження визначається використанням радіофармацевтичного препарату (РФП). Радіофармацевтичний препарат – це хімічна сполука з відомими фармакологічними та фармакокінетичними характеристиками. Від звичайних фармацевтичних засобів він відрізняється не лише радіоактивністю, але й кількістю основної речовини. Вона настільки незначна, що при введенні до організму не викликає побічних фармакологічних ефектів (алергічних тощо). Специфічність РФП по відношенню до певних морфофункціональних структур визначає його органотропність. Розуміння механізмів локалізації РФП слугує основою для адекватної інтерпретації радіонуклідних досліджень. Введення РФП пов'язане з незначною дозою опромінювання, нездатною викликати будь-які негативні специфічні явища.

Променеве навантаження визначається фізичними характеристиками радіоіндикатора (період напіврозпаду) і кількістю введеного РФП. Нинішній день радіонуклідної діагностики – це використання короткоживучих радіонуклідів. Найпопулярнішим з них є Технецій-99m (^{99m}Tc , період напіврозпаду – 6 годин). Цей штучний радіонуклід отримують безпосередньо перед дослідженням із спеціальних пристроїв (генераторів) у формі пертехнетата і використовують для приготування різних РФП. Величини радіоактивності, що вводяться для проведення одного сцинтиграфічного дослідження, утворюють рівні променевого навантаження в межах 0,5–5% допустимої дози. Важливо наголосити: тривалість сцинтиграфічного дослідження, кількість отримуваних зображень або зрізів томографій ніяк не впливають на “задану” дозу опромінювання.

Використовувані для сцинтиграфії гамма-камери забезпечені детектором (сцинтиляційним кристалом), фотоелектронними множниками (ФЕМ) і змінними свинцевими коліматорами (тубусами для екранування детектора). Гамма-кванти, що надходять через отвори в коліматорі від РФП, розподіленого в тілі пацієнта, порушують у кристалі спалахи сцинтиляції, які враховуються ФЕМ, і за допомогою електронного блоку формуються в позиційний сигнал на електронно-променевій трубці. Фотографічна або поляроїдна камера, приставлені до електронно-променевої трубки, дозволяють отримувати фото- або поляроїдні зображення, так звані сцинтиграми. Сучасна сцинтиляційна гамма-камера оснащена спеціалізованою ЕОМ, у пам'яті якої реєструються зображення розподілу РФП у досліджуваній ділянці. На відміну від сканування, при сцинтиграфії облік ви-

промінювання ведеться одночасно по всьому полю, що дає можливість при реєстрації окремих кадрів з інтервалом до 0,1 с визначати характер переміщення РФП у досліджуваному органі. Для вивчення анатомо-топографічного стану внутрішніх органів і виявлення в них осередків патологічного розподілу РФП зазвичай обмежуються виконанням однієї сцинтиграми (статична сцинтиграфія).

Окремі методики статичної сцинтиграфії засновані на отриманні діагностичної інформації про підвищене накопичення РФП у патологічному осередку. Наприклад, при метастатичному ураженні скелета РФП розподіляються в метастазах у більшій кількості, ніж на інших ділянках, що відбивається на сцинтиграмах у вигляді «гарячих» осередків. Сцинтиграфія з остеотропним РФП у багатьох випадках дає можливість виявляти метастази пухлини в кістці за 4–6 міс. до появи їхніх рентгенологічних ознак. У пухлинах головного мозку внаслідок порушення в зоні ураження гематоенцефалічного бар'єру нерідко відбувається затримка РФП. Накопичення РФП відбивається на сцинтиграмах у вигляді «гарячого» вогнища. При сцинтиграфії щитоподібної залози з використанням ^{131}I (Іод 131) отримують чітке зображення всієї залози. Проте при токсичній аденомі щитоподібної залози РФП накопичується тільки в патологічному осередку, а нормально функціонуюча тканина залози на сцинтиграмах не виявляється. Лише після введення тиреотропного гормону гіпофіза (ТГГ), що стимулює її функцію, на сцинтиграмах можна отримати зображення нормально функціонуючої тканини залози. Для сцинтиграфії легень використовують мічені макро- і мікроагрегати альбуміну сироватки крові, які затримуються в капілярах легенів.



Мал. 83 – Нормальна сцинтиграфічна картина кота (бічна (а) та вентральна (б) проекції)

В окремих випадках про патологічні зміни в органі судять за зниженням або відсутністю РФП у ньому. При цьому на сцинтиграмах з'являються «холодні» вогнища, що відображають відсутність функціональної активності тканини в ділянці пухлини, кісти, розростання сполучної тканини, зниження кровотоку. Наприклад, при дослідженнях, що проводяться з колоїдними розчинами, які в нормі майже на 90% поглинаються печінкою, підвищене їх накопичення в селезінці може бути ознакою ураження печінки, зокрема цирозу. У тих випадках, коли досліджують внутрішні органи, для яких ще не знайдені тропи РФП, використовують методику так званого бінуклідного дослідження. Для візуалізації підшлункової залози застосовують селенометіонін, мічений ^{75}Se , який накопичується як у підшлунковій залозі, так і в печінці. При збільшенні печінки виділити на сцинтиграмі зображення власне підшлункової залози неможливо, тому при панкреатосцинтиграфії вводять не лише селенометіонін, але й колоїдний розчин, мічений $^{99\text{m}}\text{Tc}$, який накопичується в печінці. Послідовно отримують сцинтиграму печінки і підшлункової залози після введення ^{75}Se , потім лише печінки після введення введення $^{99\text{m}}\text{Tc}$, за допомогою ЕОМ від першого зображення «віднімають» друге, внаслідок чого на сцинтиграмі залишається зображення, що відповідає тільки самій підшлунковій залозі.

Для усунення накладання зображень сцинтиграфію виконують у різних проекціях (поліпозиційна, багатопроєкційна сцинтиграфія). При сцинтиграфії нирок поліпозиційна сцинтиграфія дає можливість виявляти незначні пухлини.

Для вивчення функцій внутрішніх органів (особливо серцево-судинної системи, нирок) доцільно проводити серію сцинтиграм упродовж певного проміжку часу (динамічна сцинтиграфія). Це більш інформативно, ніж одна сцинтиграма, і тому використовують РФП, здатні швидко накопичуватися в органі, виводитися ним або швидко проходити через цей орган, не беручи участь в обміні речовин. Тривалість запису та ритм отримання сцинтиграм обирають залежно від особливостей функціонування органа, характеру РФП, завдань діагностики (1 кадр за 1 с, 1 хв. і так далі). Для запису швидкоплинних процесів (наприклад, діяльності серця) застосовують спеціальні пристрої, що дозволяють упорядкувати збір інформації, пов'язавши серію зображень органа з окремими фазами його циклу.

Сцинтиграми внутрішніх органів, записані в пам'яті ЕОМ, можуть бути піддані обробці, що включає віднімання фону та певних рівнів інтенсивності, побудову гістограм на різних ділянках зобра-

ження органа, що відображають інтенсивність зареєстрованого випромінювання в кожній точці по лінії зрізу тощо. При динамічній сцинтиграфії в пам'яті ЕОМ реєструється значна кількість кадрів за певний проміжок часу. Протягом 1 хв. ЕОМ проводить підрахунок даних із чотирьох зон "інтересу" й автоматично будує графік на екрані дисплея, який може бути сфотографований. Отримані криві дозволяють, наприклад, точно визначити стан функції гепатоцитів, процес наповнення жовчного міхура і (за кількістю РФП, що виводиться з жовчі до кишечника) стан сфінктера печінково-підшлункової ампули (сфінктера Одді). У такий самий спосіб досліджують і функцію нирок.

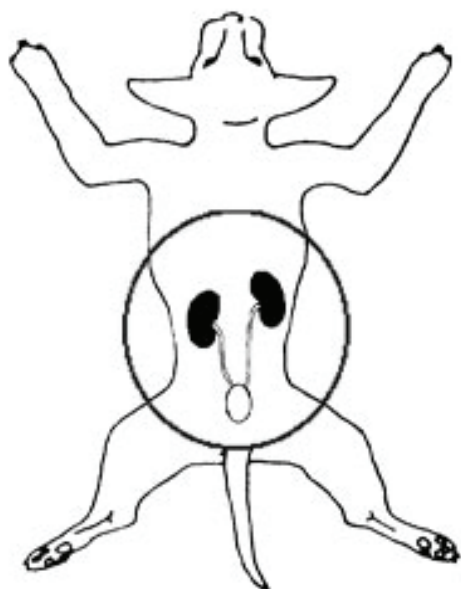
У всіх випадках при сцинтиграфії слід суворо дотримуватися правил роботи з радіонуклідами, ретельно проводити контрольну радіометрію, а за необхідності проводити дезактивацію приміщень і устаткування. Доза опромінювання при використанні сучасних мічених ^{99m}Tc радіофармпрепаратів (кількість РФП, що вводиться, розраховують залежно від типу гамма-камери та маси тіла обстежуваної тварини) не перевищує $1/10$ гранично допустимої дози. Протипоказання ті ж, що й при інших методах радіонуклідного дослідження.

Сцинтиграфія нирок. Сцинтиграфія нирок (ниркове сканування) доцільна для оцінки функції кожної з нирок. Вона вимагає, щоб тварина лежала спокійно на відповідному (досліджуваному) боці близько 10 хвилин, протягом яких вводиться радіонуклід і фіксується зображення нирки.

Кількість радіонукліду, накопиченого в нирці, пропорційна до функції цієї нирки.

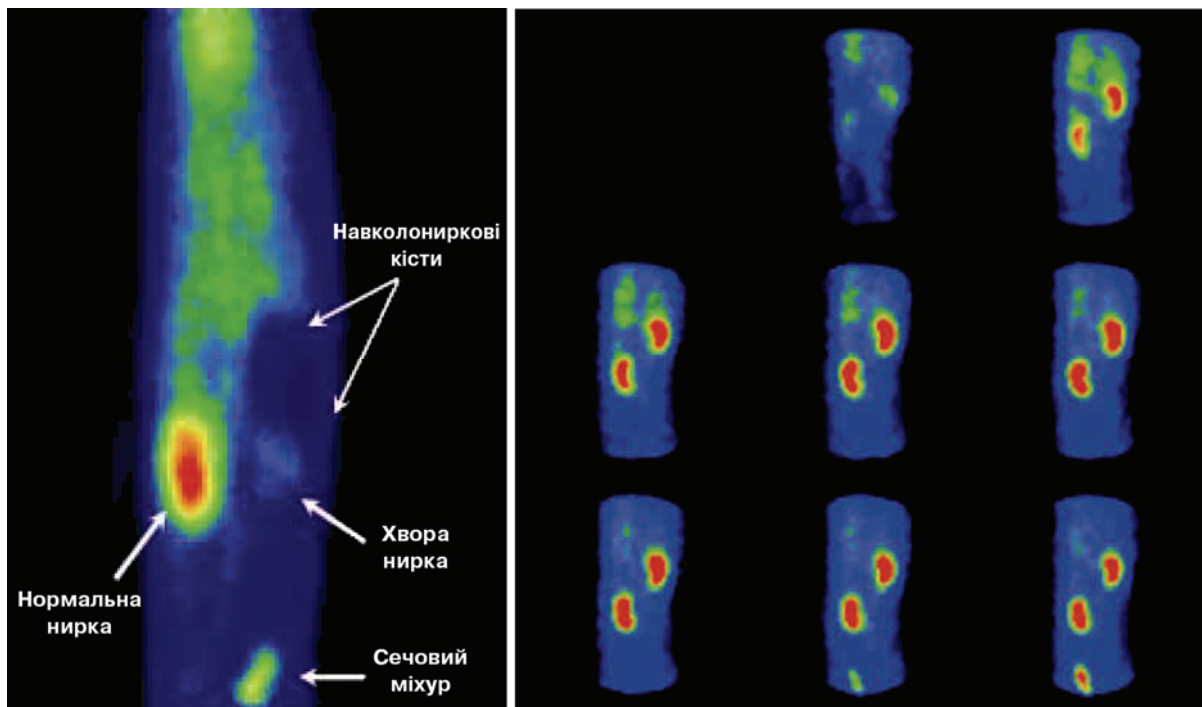
Візуалізація нирок (динамічна реносцинтиграфія) – простий і точний метод одночасної оцінки функціонального й анатомо-топографічного стану сечовивідної системи. Її основою є реєстрація транспорту нефротропного РФП і подальший розрахунок параметрів, що об'єктивізують два послідовні етапи.

Сцинтиграфія нирок у тварин має декілька застосувань. Це може бути вимірювання функції очевидно здорової



Мал. 84 – Схематичне розміщення нирок та сечовивідних шляхів у собаки

нирки перед видаленням іншої – ураженої. Дана інформація є вкрай необхідною: якщо коли нирка, яка залишилася, не функціонує на достатньому для життя рівні, хірургічне втручання не зможе бути життєдайним вибором. Сцинтиграфія нирок також використовується, щоб ідентифікувати наявність таких змін, як, наприклад, інфекції, пухлини, кісти, блок нирки каменем або пошкодження від дії токсинів.



Мал. 85 – Сцинтиграфія нирок собаки. На серії зображень у прямій проекції нирки поглинають радіонуклід (червоний колір).

Вимірюючи кількість радіонукліду, поглинутого кожною ниркою, можна розрахувати функцію кожної з них (КНФ). На останньому зображенні зафіксовано появу радіонукліду в сечовому міхурі

Етапи сцинтиграфії нирок.

1. Аналіз судинної фази (ангіофази) спрямований на оцінку симетричності проходження «болюса» нирковими артеріями та відносних об'ємів крові, що надходять до кожної із нирок за певну одиницю часу. Аналіз паренхіматозної фази передбачає характеристику відносної функції нирок (внесок у сумарну очисну здатність) і часу проходження РФП через кожну нирку або її відділи. Клінічна інтерпретація значною мірою визначається механізмом елімінації РФП. У методах динамічної візуалізації можуть бути використані два види РФП:

а) гломерулотропні (похідні ДТПА) практично повністю фільтруються клубочками та відображають стан і швидкість клубочкової фільтрації;

б) тубулотропні (аналоги гіпурана) секретуються епітелієм проксимальних каналців і характеризують стан каналцевої секреції, а також ефективного ниркового кровотоку. Показання до дослідження включають урологічну та нефрологічну патології, а також захворювання, за яких нирки є органами-мішенями.

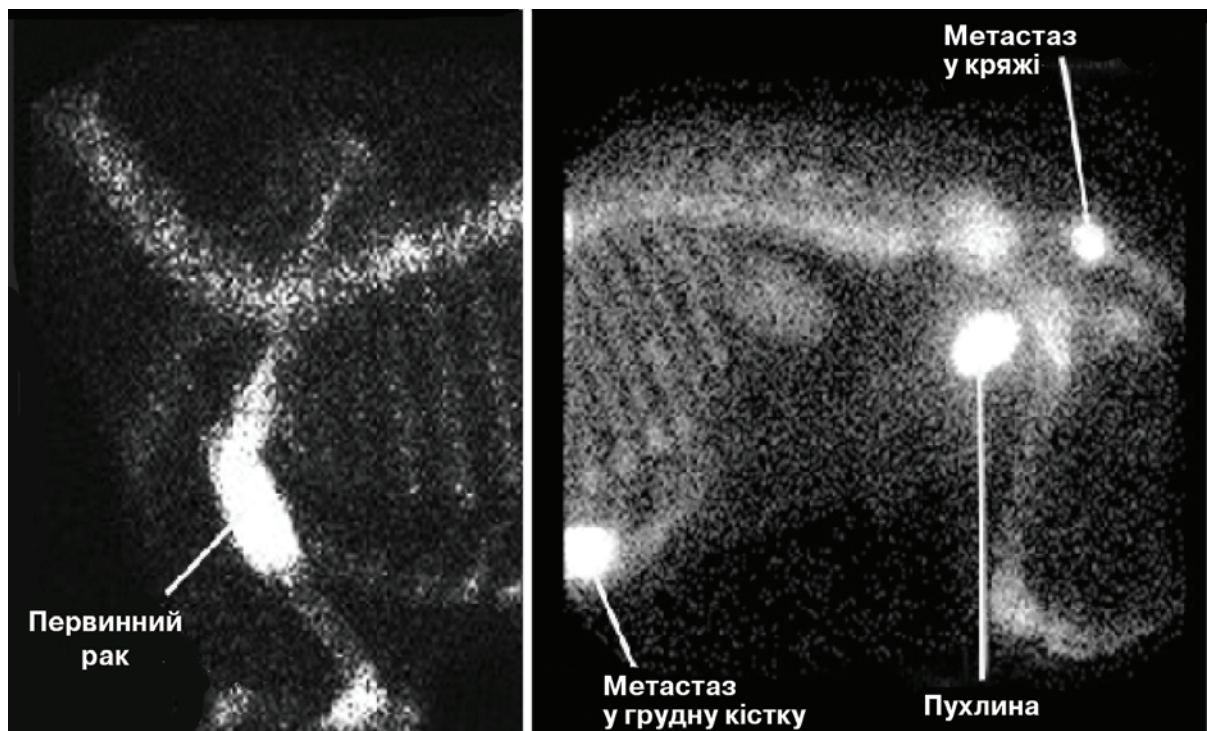
За різних клінічних ситуацій може змінюватись як форма зображень, так і їхні кількісні характеристики. Слід підкреслити, що характер і величини змін малоспецифічні для конкретної патології і передусім відображають тяжкість патологічного процесу. Найбільша інформативність реносцинтиграфії виявляється при диференціації одно- або двостороннього ураження нирок.

2. Провідна ознака, що визначає бік ураження, – асиметрія амплітудно-часових характеристик ангіонефросцинтиграм. Асиметрія судинних параметрів, перш за все виражена різниця часу надходження РФП до ниркової артерії, – один із критеріїв стенозу ниркової артерії. Симетричність змін паренхіматозних функцій характерніша, зокрема, для гломерулонефриту; асиметрія – майже постійна ознака пієлонефриту не тільки при одно-, але й при двосторонньому процесі. Аналогічні зміни можуть супроводжувати різні варіанти аномалій нирок і верхніх сечових шляхів (нефроптоз, гідронефроз).

Сцинтиграфія кісток. Сцинтиграфія кістки використовується для оцінки скелетної системи. Радіонуклідна речовина вводиться внутрішньовенно, і фіксуються зображення того чи іншого відділу скелета тварини через відповідні проміжки часу. Сканування кістки ґрунтується на тому, що здорові кістки накопичують певні радіонукліди в своїй структурі. Вони динамічні. Кальцій, наприклад, постійно видаляється з кістки та замінюється. Розповсюдження радіонуклідів у кістках залежить від швидкості обігу крові в кістці. Сканування виявляє зміни в метаболізмі кістки на ранніх стадіях захворювання і більш чітко, ніж будуть виявлені фактичні зміни в структурі кістки (наприклад, рентгенологічно).

Сцинтиграфія кісток доповнює, але не замінює рентгенівського дослідження. Зміни, виявлені при сцинтиграфії, зазвичай доповнюють зміни, виявлені на рентгенівських знімках, тому що зміни метаболізму кістки зазвичай передують структурним змінам. Сцинтиграфія доцільна при дослідженні хворих тварин з нечітко локалізованою кульгавістю, особливо, коли рентгенівське дослідження неефективне.

Маленькі пошкодження можуть призводити до істотних змін у метаболізмі кістки, які оцінюються через її фіксовані зображення. Сканування кістки інформативне для діагностики таких патологій, як інфекції, пухлини й артрит. Зміни, викликані цими причинами, часто виявляються при скануванні кісток раніше, ніж вони будуть візуалізовані на рентгенівських знімках. Ранній діагноз дозволяє розпочати лікування та збільшує вірогідність, що його результат буде успішним. Часто зміни кістки, виявлені при скануванні, не вказують на причину вірогідного ураження, що вимагає проведення додаткових діагностичних операцій.



Мал. 86 – Сцинтиграфія скелета: можливості виявлення первинних пухлин і метастазів

Візуалізація кісткової системи (остеосцинтиграфія) – найточніший метод виявлення ділянок порушеного кісткового метаболізму. Остеотропні РФП (фосфонати технецію) мають високу спорідненість із кристалами фосфату кальцію, тому вони зв'язуються переважно з мінеральним компонентом кісткової тканини. Рівень накопичення РФП у різних типах кісток і ділянках скелета обумовлений ступенем остеобластичної та метаболічної активності, об'ємом кровотоку, що слід враховувати під час диференціації нормального та патологічного накопичення РФП. Підвищене накопичення РФП спостерігається в

метаепіфізарних відділах трубчастих кісток, у ділянках, що зазнають постійних фізичних навантажень.

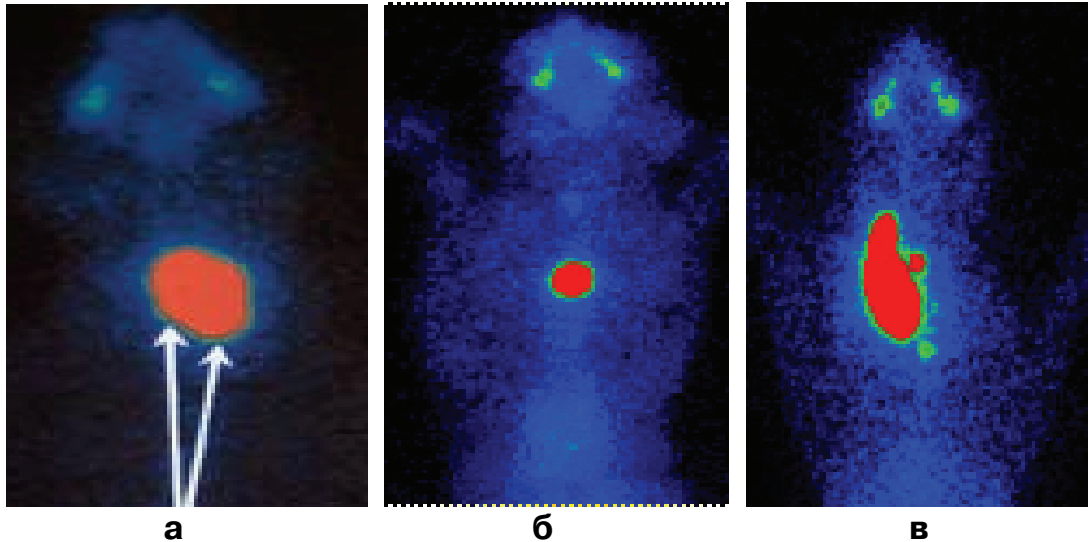
Захворювання кісток супроводжуються патологічною перебудовою кісткової тканини, реактивним або пухлинним кісткоутворенням – основними механізмами, що обумовлюють зміну кісткового метаболізму й накопичення остеотропних РФП в уражених відділах. Залежно від поєднання вказаних процесів зростає рівень накопичення остеотропних РФП за пухлинних, запальних, дегенеративних і травматичних захворювань.

Основне та найвідповідальніше завдання остеосцинтиграфії – пошук метастатичних осередків і оцінка поширеності пухлинних ушкоджень скелета. Сцинтиграфічна маніфестація патології може виявитися за 3–12 місяців до появи рентгенологічних ознак. Це обумовлюється тим, що локальна зміна обміну остеотропних РФП виникає на ранніх фазах розвитку патології, ще до появи не тільки рентгенологічної, але й клінічної симптоматики. Тому радіонуклідному дослідженню притаманна найбільша ефективність у до- і післяопераційному обстеженні онкологічно хворих тварин із високою частотою метастазування в кістки.

Сцинтиграфічна маніфестація метастатичних уражень – множинні, рідше одиничні локальні зони високого накопичення РФП («гарячі» вогнища). Найвищі концентрації РФП спостерігаються в остеобластичних і змішаних метастазах, низькі – в остеолітичних. Псевдопозитивні помилки найчастіше пов'язані з вираженими остеодистрофічними змінами, а також із травматичними пошкодженнями ребер і хребта. Пухлини кісток остеогенного походження відрізняються найбільш високою кумуляцією РФП. Наприклад, остеогенна саркома відрізняється вираженою гіперфіксацією РФП не тільки в елементах самої пухлини, але й у навколишніх м'яких тканинах за рахунок реактивної гіперемії. У пухлинах неостеогенного походження накопичення РФП нижче. Однак неможливо диференціювати окремі види пухлин за ступенем накопичення в них РФП. Деякі пухлини, так само як і їх метастази, можуть бути місцями накопичення РФП. До таких пухлин відносяться, зокрема, ретикулосаркома і мієлома.

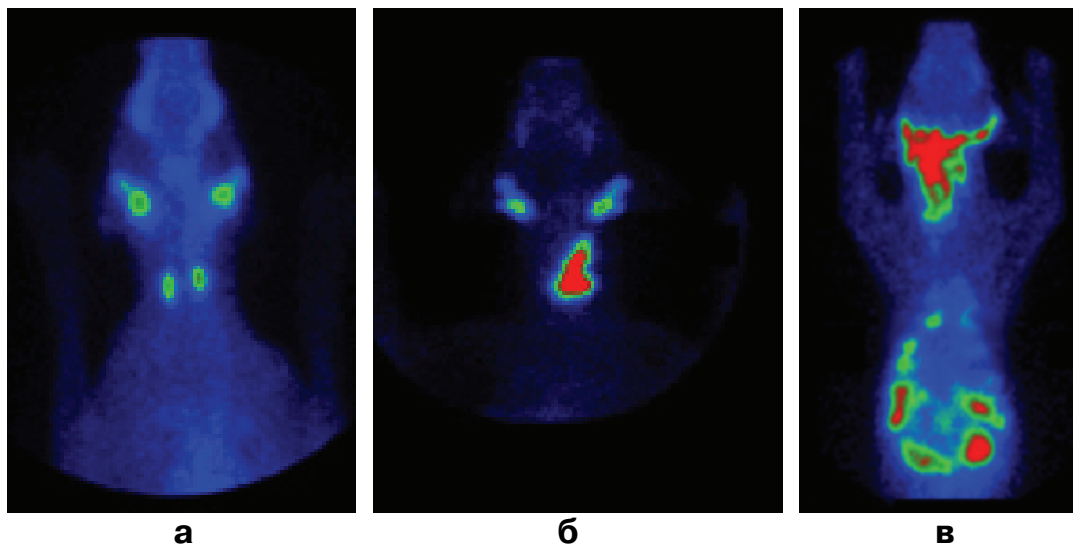
Сцинтиграфія щитоподібної залози. Сцинтиграфія щитоподібної залози використовується для виявлення гіперфункції її тканин, при гіпертиреозі. Аналогічні дослідження застосовують для виявлення пухлин щитоподібної залози (аденоми та карциноми).

Введення відповідного радіонукліду дає змогу оцінити функціональний стан тканини залози і визначити: одна чи обидві частини органа задіяні в патологічному процесі.

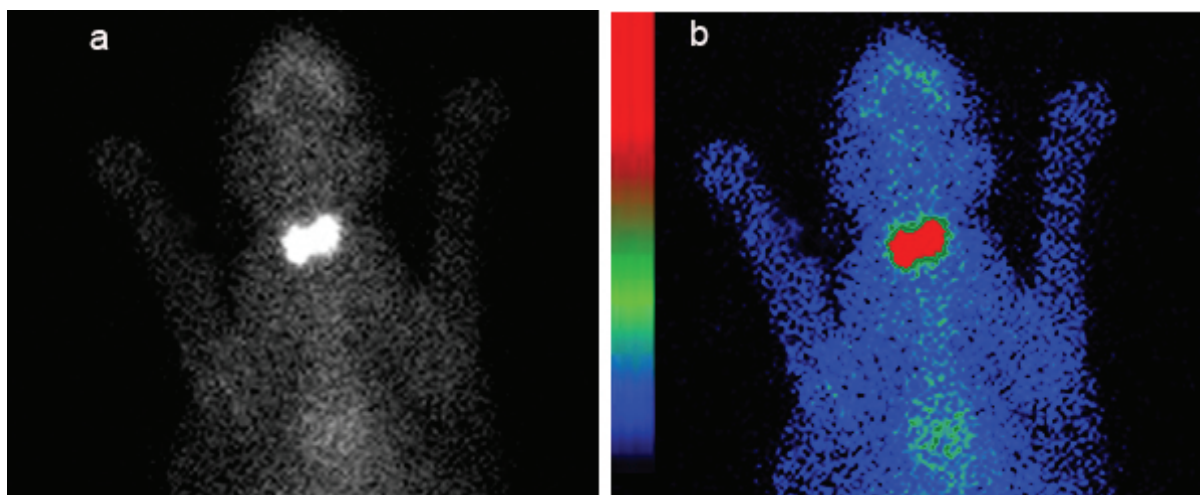


Мал. 87 – Сцинтиграфія щитоподібної залози котів: **а** – аденома щитоподібної залози (стрілки); **б** – внутрішньогрудне розміщення щитоподібної залози, аденома; **в** – аденома щитоподібної залози з регіонарними метастазами

Візуалізація щитоподібної залози (тиреосцинтиграфія) проводиться з використанням Технецій пертехнетата і ґрунтується на схожості властивостей іонів Іоду і пертехнетата. Однак ця схожість простежується лише на початковій неорганічній фазі внутрішньотиреоїдного переміщення. Пертехнетат, на відміну від Іоду, не переходить в органічну фазу, тобто не включається до складу тиреоїдних гормонів. Ця особливість унеможливорює його використання у післяопераційному пошуку метастазів раку щитоподібної залози (останнє проводиться тільки з радіоактивним Іодом).



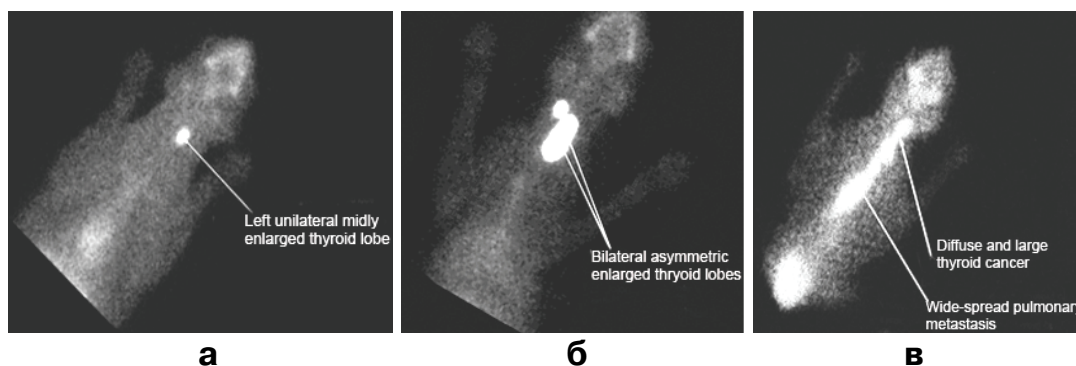
Мал. 88 – Сцинтиграфія щитоподібної залози собак: **а** – нормально функціонуюча щитоподібна залоза; **б** – аденома щитоподібної залози з гіперфункцією; **в** – аденокарцинома щитоподібної залози з метастазами в легені



Мал. 89 – Сцинтиграфія щитоподібної залози кота – ознаки двобічної аденоми

Вузликові ураження щитоподібної залози та диференційна діагностика виявлених клінічно або ехографічно вузликових утворень шиї – найбільш поширене показання до тиреосцинтиграфії. Основне завдання дослідження – оцінити ступінь функціонування вузлів, ідентифікувати солітарні або множинні утворення, встановити зв'язок вузлів із тиреоїдною тканиною. Залежно від функціональної активності та ступеня накопичення радіопертехнетата вузли традиційно розділяють на “гарячі”, “теплі” та “холодні”. Проте такий поділ стосується лише їх сцинтиграфічної оцінки.

Під терміном “гарячий” вузол розуміють ситуацію, коли РФП накопичується майже виключно в ділянці вузла і не затримується в інших відділах органа. Подібні знахідки характерні для автономної тиреоїдної тканини, токсичної аденоми, аутоімунного тиреоїдиту. Відсутність накопичення РФП в навколишніх тканинах пояснюється продукцією автономним вузлом тиреоїдних гормонів, що зменшує виділення ТТГ і зумовлює пригнічення функції нормальної тканини.



Мал. 90 – Сцинтиграфія щитоподібної залози: а – аденома лівої частини; б – двобічна (асиметрична, більше зліва) аденома; в – дифузне ураження щитоподібної залози та метастатичний відсів у легені

Функціонально неактивні («холодні») вузли характеризуються відсутністю або різким зниженням накопичення радіопертехнетата. Це характерно для вузлуватого зобу, колоїдних кіст, аденом, у 15—25% випадків – раку щитоподібної залози.

Найбільші труднощі виникають при ідентифікації “тепліх” вузлів. Такі вузли розглядають як різновид “гарячих”, але на відміну від останніх у них відсутнє або слабо виражене функціональне пригнічення нормальної тиреоїдної тканини. Через це накопичення РФП у вузлах може не відрізнятися від навколишньої паренхіми і призводити до псевдонегативних трактувань даних сцинтиграфії.

Сцинтиграфія головного мозку. Мозкова сцинтиграфія використовується, щоб оцінити цілісність кровотоку мозкового бар’єра (гемато-енцефалічний бар’єр). У нормальному мозку є бар’єр, який блокує рух багатьох субстанцій із кровоносних судин у мозкову тканину. Так, за нормальних умов радіонуклід не в змозі перейти з крові через бар’єр до мозку. Якщо мозкова пухлина, абсцес або судинне пошкодження (удар) мають місце, бар’єр, очевидно, не функціонує відповідним чином і радіонуклід може потрапити в мозкову ділянку.

Портальна сцинтиграфія. Портальна сцинтиграфія використовується для діагностики системи портальних судин. Портальна система складається з кровоносних судин, які зазвичай збирають кров від органів черевної порожнини. Кров проходить через печінку перед тим, як бути поверненою до загального кров’яного русла. Портальна сцинтиграфія дозволяє прослідкувати рух радіонукліда, введеного в кишечник через клізму й відобразити його абсорбцію печінкою. За норми радіонуклід повинен потрапити до портального кровообігу а потім до печінки. Якщо діяльність портальної системи порушена, радіонуклід з’явиться спочатку в серці або в серці й печінці одночасно.

В основі методу візуалізації печінки (гепатосцинтиграфії) лежить використання мічених колоїдів, які після внутрішньовенного введення фагоцитуються й розподіляються по морфофункціональних структурах, що містять клітини РЕС, відповідно до локальних значень органного кровотоку. За норми в печінці локалізується понад 90%, у селезінці – близько 5%, а в кістковому мозку – менше 1% введеного радіоколоїду. Залежно від характеру й тяжкості патології ці співвідношення змінюються. Показанням до гепатосцинтиграфії є гепато- або спленомегалія нез’ясованого генезу.

Дифузні захворювання печінки характеризуються зміною розміру та форми зображення, розподілом радіоколоїду в печінці та його позаорганним накопиченням, параметрів фагоцитарної здатності РЕС і печінкового кровотоку. Слід зауважити, що дослідження не дає змоги

диференціювати клінічні або клініко-морфологічні форми захворювання печінки. Найбільша інформативність методу – виявлення синдрому портальної гіпертензії (СПГ).

Незалежно від причин підвищеного тиску в системі ворітної вени (внутрішньо- або позапечінкова форми) сцинтиграфічно СПГ маніфестує високим захопленням радіоколоїду та збільшеною селезінкою. Поєднання вказаних ознак дозволяє виявити СПГ із точністю до 98%. Осередкові ураження печінки залежно від їх розповсюдженості виявляються наявністю поодиноких або множинних дефектів накопичення РФП у межах однієї або декількох часток печінки. Достатньо широкий спектр захворювань, пов'язаних із залученням печінки до патологічного процесу, сцинтиграфічно може маніфестувати осередковими змінами – наслідком локальних гемодинамічних або функціональних порушень (цироз печінки, амілоїдоз, гістиоцитоз). Слід пам'ятати, що окремі органи структури (аномально розташований жовчний міхур) можуть «екранувати» зображення печінки та формувати сцинтиграфічний феномен «псевдопухлини». Саме тому за характером дефекту накопичення РФП без урахування клінічної інформації практично неможливо диференціювати специфіку осередкових ушкоджень.

Можливість виявлення осередкової патології залежить і від роздільної здатності гамма-камери. Осередки, менші за 1 см, як правило, сцинтиграфічно не візуалізуються.

Візуалізація жовчовивідної системи (гепатохолесцинтиграфія) ґрунтується на використанні серії гепатотропних РФП, аналогічних за своєю фармакокінетикою фарбникам (бромсульфалеїн, вофавердін). Після внутрішньовенного введення вони зв'язуються з білками крові, поглинаються полігональними клітинами печінки й виводяться у складі жовчі. Основною перевагою гепатохолесцинтиграфії є безперервність візуальної та кількісної реєстрацій процесу кінетики РФП.

Візуальний аналіз серії зображень дозволяє виявити окремі органічні зміни жовчних проток (розширення), жовчного міхура (деформації), а також функціональні зміни тонкої кишки.

Аналіз змін дозволяє отримати кількісні критерії, що характеризують функцію поглинаючого виділення печінки, наповнення жовчного міхура та швидкість його спорожнення. Дискінезії жовчного міхура диференціюються на основі зміни швидкості його спорожнення (гіпо- або гіпермоторна дискінезія).

Гепатохолесцинтиграфія має обмежене значення в діагностиці запальної патології та каменів жовчного міхура. Першочергове завдання полягає в оцінці тяжкості порушення прохідності шийково-протокової зони та наповнення жовчного міхура.

Позитронно-емісійна томографія

Позитронно-емісійна томографія (ПЕТ) – новітній унікальний метод радіоізотопної діагностики. Головна перевага ПЕТ – можливість не тільки отримувати зображення внутрішніх органів, але й оцінювати їхню функцію і метаболізм. Таким чином, за допомогою позитронної томографії вдається виявляти хворобу на ранньому етапі ще до появи клінічних симптомів. Особливу роль ПЕТ відіграє в онкології, кардіології та неврології, де рання діагностика захворювань є особливо важливою.



Мал. 91 – Устаткування для позитронно-емісійної томографії

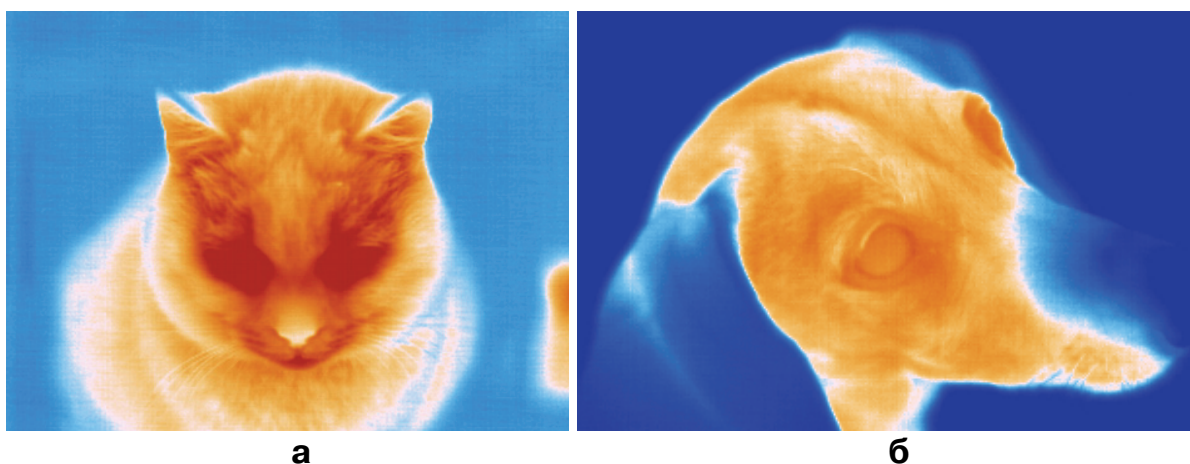
ПЕТ – одна з найпоширеніших методик для пошуку пухлинного росту, його локалізації та віддалених метастазів. Унікальною особливістю ПЕТ є здатність методу виявляти наявність пухлинного процесу в організмі задовго до того, як він може бути виявлений за допомогою КТ, МРТ і УЗД. Метод досі не набув значного поширення внаслідок його високої вартості та певних технічних вимог, зумовле-

них використанням для сканування радіофармпрепаратів з коротким періодом напіврозпаду. Разом із тим у дослідженні пухлин (шкіри, лімфатичної системи, легень, підшлункової залози) точність методу наближається до 100%. Впровадження надшвидких кристалів із високою роздільною здатністю дозволило отримати на ПЕТ-сканерах тривимірні зображення всього тіла. Це сприяло точнішій діагностиці пухлин, оптимальному плануванню променевої терапії за рахунок зниження розсіяної дози та максимальному збереженню здорових тканин навколо пухлини. Великі можливості пов'язують зі створенням гібридних ПЕТ- і КТ-сканерів, які дають змогу суміщати або накладати одночасно два види зображення. Така комбінація технологій сприяє чіткішій візуалізації пухлини, отриманню повної інформації не тільки про її місце розташування, але й про стан інших органів і систем, забезпечуючи одержання волюметричних даних.

Останнім часом все ширше застосовується однофотонна емісійна комп'ютерна томографія (SPECT) – метод поліпозиційної реєстрації сцинтиграфічного зображення. Більшість дослідників свідчать про високу інформативність SPECT у порівнянні з традиційною сцинтиграфією. Крім того, сучасне програмне забезпечення радіодіагностичних приладів дозволяє розраховувати об'єм досліджуваного об'єкта (наприклад, селезінки) на основі тривимірної реконструкції сцинтиграфічних зображень, отриманих у режимі SPECT.

ТЕРМОГРАФІЯ У ВЕТЕРИНАРНІЙ МЕДИЦИНІ

Термографія – графічне зображення поверхневої температури об'єкта. Це неінвазивна техніка, яка вимірює випромінюване тепло і виводить на зображення поверхневу температуру шкіри, що є ефективним методом виявлення запалення. Можливість неінвазивно визначити величину запальної реакції робить термографію ідеальним діагностичним інструментом у виявленні захворювань тварин.



Мал. 92 – Поверхнева термографія тварин: а – кота; б – собаки

Уперше теплобачення було з успіхом застосовано в промисловості в 1925 р. у Німеччині. У 1956 р. канадський хірург Р. Лоусон (R. Lawson) використовував термографію для діагностики захворювань молочних залоз. Це відкриття поклало початок медичної термографії. Застосування термографії в офтальмології пов'язують із публікацією Gross et al. про використання даної неінвазивної техніки для обстеження хворих з одностороннім екзофтальмом у 1964 р. Перші термографічні дослідження в СРСР виконали М. М. Мірошников і М. А. Собакін у 1962 р. на вітчизняному апараті. В. П. Лохманов (1988 р.) визначив можливості методу в офтальмоонкології.

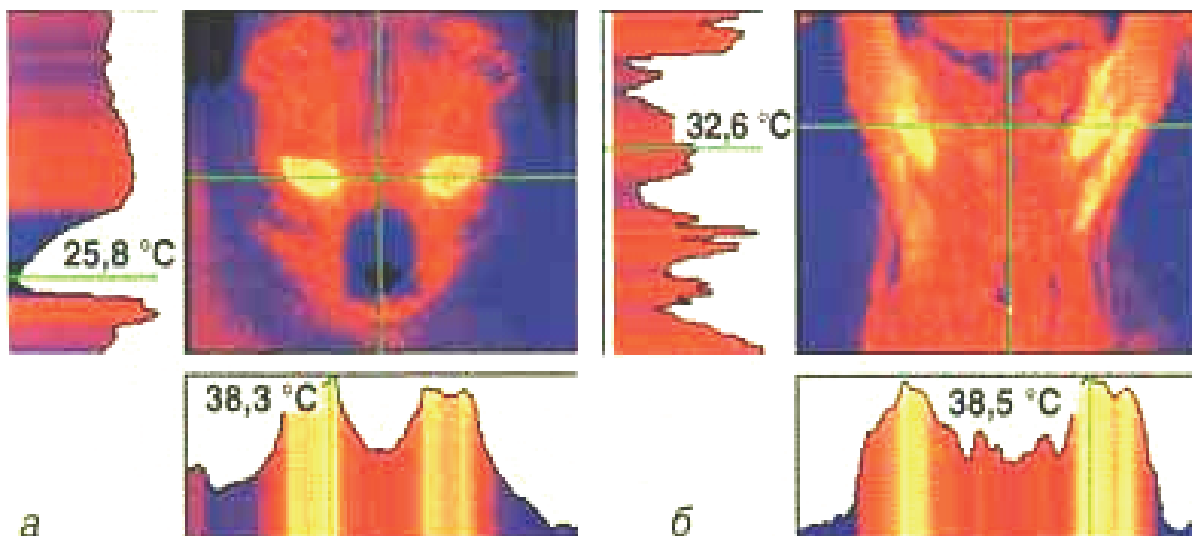
Окрім безконтактної термографії, що виконується за допомогою термографів, існує контактна (рідкокристалічна) термографія, яку проводять за допомогою рідких кристалів, що володіють оптичною анізотропією і змінюють колір залежно від температури, а зміну їхнього забарвлення співставляють із таблицями-індикаторами.

Термографія, будучи фізіологічним, нешкідливим, неінвазивним методом діагностики, знаходить своє застосування в онкології для

диференційної діагностики злоякісних пухлин, а також є одним із способів виявлення осередкових доброякісних процесів.

Тепловізори дозволяють візуально спостерігати за розподілом тепла на поверхні тіла. Приймачем інфрачервоних променів в тепловізорах є спеціальний фотогальванічний елемент (фотодіод), що працює при охолодженні його до -196°C . Сигнал із фотодіода посилюється, перетворюється у відеосигнал і передається на екран. За різного ступеню інтенсивності випромінювання об'єкта спостерігаються зображення різного кольору (кожному рівню температури відповідає свій колір). Роздільна здатність сучасних термографів складає до $0,01^{\circ}\text{C}$ на площі близько $0,25\text{ мм}^2$.

Тепловтрати з поверхні шкіри живого об'єкта в стані спокою при температурі комфорту ($18^{\circ}\text{--}20^{\circ}\text{C}$) відбуваються за рахунок інфрачервоного випромінювання – на 45%, шляхом випаровування – на 25%, за рахунок конвекції – на 30%. Організм випромінює потік теплової енергії в ділянці інфрачервоної частини спектра з діапазоном довжини хвилі від 3 до 20 мкм. Максимум випромінювання спостерігається за довжини хвилі близько 9 мкм. Величина випромінюваного потоку достатня для того, аби його можна було виявити за допомогою безконтактних приймачів інфрачервоного випромінювання.



Мал. 93 – Термограма голови кота (а) та грудного відділу собаки (б)

Фізіологічною основою термографії є збільшення інтенсивності інфрачервоного випромінювання над патологічними осередками (у зв'язку з посиленням у них кровопостачання та метаболічних процесів) або зменшення його інтенсивності в ділянках зі зменшеним

регіонарним кровотоком і супутніми змінами в тканинах і органах. Переважання в клітинах пухлини процесу анаеробного гліколізу, що супроводжується більшим виділенням теплової енергії, ніж за аеробного шляху розщеплення глюкози, також призводить до підвищення температури в пухлині.

Тепло постійно виробляється тілом і розсіюється крізь шкіру шляхом радіації, конвекції, провідності або випаровування. Через це температура шкіри майже на 5 °С нижча, ніж внутрішня температура тіла. Температура шкіри залежить від місцевої циркуляції крові й рівня тканинного метаболізму. Мережа кровоносних судин і відносний кровотік обумовлюють тепловий малюнок, який є підставою для термографічної інтерпретації. Нормальний тепловий малюнок будь-якої ділянки може бути передбачений на підставі знань про його кровопостачання.

Оскільки у тварин густий шерстний покрив, більш висока температура на термограмах не обов'язково відповідає ділянкам тіла з вищою температурою. Тепловізор реєструє температуру поверхні тіла, яка зазвичай нижча за ректальну. Найвищі значення температури на термограмі, що співпадає з ректальною, в нормі спостерігають у ділянці очей, у пахвинних западинах, по середній лінії черева за відсутності шерстного покриву. Найхолоднішою ділянкою є ніс. Температура поверхні носа в спокійному стані майже на 10°С нижча за температуру очей. На малюнку температурний профіль показує, що мінімальна температура носа у кота 25,8°С, а температура очей – 38,3°С. Температура носа у собак значно підвищується при емоційному збудженні.

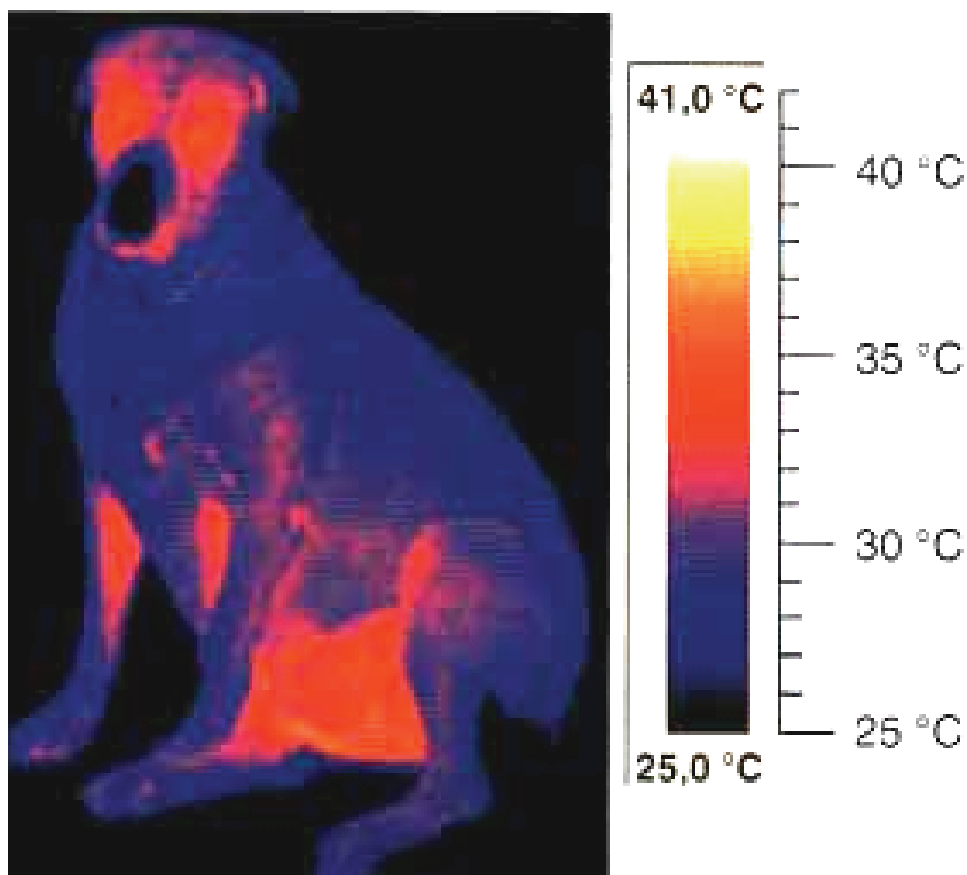
Діагностичне значення мають не стільки абсолютні показники температури, скільки температурна асиметрія тіла та температурні відмінності суміжних з патологічною ділянок.

Пошкоджені або хворі тканини незмінно матимуть порушену циркуляцію крові. Так, однією з основних ознак запалення є підвищення температури, зумовлене посиленням кровотоком. Термографічно «гарячі крапки», пов'язані з локалізованим запальним процесом, зазвичай будуть помітні на шкірі, яка лежить безпосередньо над ділянкою ураження. Проте хворі тканини можуть мати насправді й знижене кровопостачання, як через набряк, тромбоз судин, так і внаслідок порушення кровопостачання тканин. За таких уражень ділянки зі зниженою температурою зазвичай оточені підвищеною тепловою емісією.

Щоб провести достовірні термографічні дослідження, необхідно контролювати наступне: рухову активність, артефакти, температуру

навколишнього середовища й енергію зовнішніх джерел тепла. Щоб контролювати рухи, клініцист повинен іммобілізувати тварину або скористатися допомогою власника. Седативні та транквілізуючі речовини не застосовують, оскільки вони впливають на периферичний кровообіг і серцево-судинну систему й можуть призводити до отримання помилкових теплових малюнків. Аби зменшити дію зовнішніх джерел тепла, термографію слід проводити під захистом від сонячних променів.

Краще за все термографію проводити в темряві або при слабкому освітленні. В ідеалі температура навколишнього середовища має бути в межах 20°C. Досить низька температура оточуючого середовища може викликати спазм судин нижніх відділів кінцівок тварини та вплинути на дослідження. У цих випадках необхідно завдати тварині незначного фізичного навантаження, щоб підсилити вазодилатацію. Місце, де проводиться термографія, має бути затишним, аби не виникло помилкового зниження температури. З практичних міркувань тварину слід тримати подалі від протягу і надати певний час для адаптації до навколишнього простору, де проводиться термографія.



Мал. 94 – Термограма собаки та температурна шкала, що використовується при дослідженні

При термографічних дослідженнях у ветеринарії особливого значення набуває швидкість сканування, оскільки домогтися тривалої нерухомості тварини без застосування загальної анестезії складно. Швидкості сканування до 8 кадрів на секунду цілком достатньо. Карта пам'яті тепловізора дозволяє реєструвати до 6000 термограм розміром 120x160 пікселів.

Мінімальний розмір об'єкта, температуру якого можна вимірювати, залежить від дистанції між ним і тепловізором. Найбільша роздільність (мінімальна відстань між суміжними точками досліджуваного об'єкта, які на термограмі відповідають двом суміжним пікселям) досягається розміщенням приладу на відстані 30 см від досліджуваного об'єкта і складає 0,5 мм.

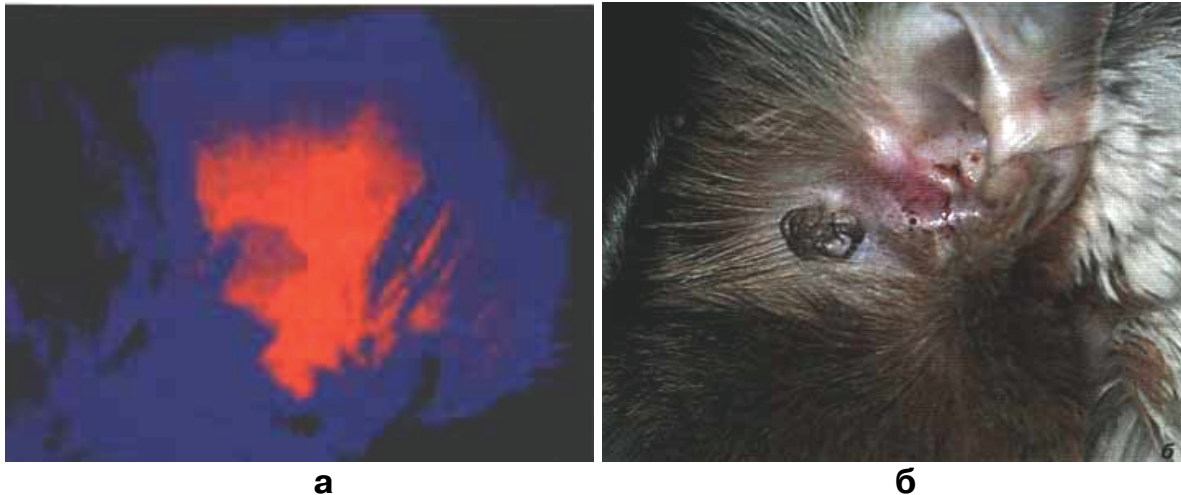
Термографічні артефакти – це зовнішні агенти шкіри, які можуть спотворювати результати досліджень. До них відносять сторонні тіла, тканини, що зарубцювалися, довгу шерсть, нанесені мазі, пов'язки на кінцівках, нашійники й інші засоби фіксації тварини. Щоб виключити артефакти, всіх тварин за можливості за дві години до дослідження чистять і звільняють від бинтів. Шерсть ізолює досліджувану ділянку та блокує емісію інфрачервоного випромінювання. Якщо шерсть коротка й однакової довжини, термографічне дослідження зазвичай точне.

Проблемні ділянки піддаються численним термографічним дослідженням, які виконують, щонайменше, в двох проекціях з приблизною різницею в 90 градусів, щоб визначити, де знаходяться стійкі "гарячі крапки". Кінцівки тварин досліджують у чотирьох проекціях (по колу). Значні ділянки запалення виявляються над однією й тією ж ділянкою на кожній повторюваній термограмі.

У здорових тварин, як і у людини, в розподілі температури спостерігається симетрія щодо середньої лінії тіла. Порушення термосиметрії вказує на патологію. Існує так звана фізіологічна термоасиметрія, що відрізняється від патологічної меншим перепадом значень температури для кожної окремої частини тіла.

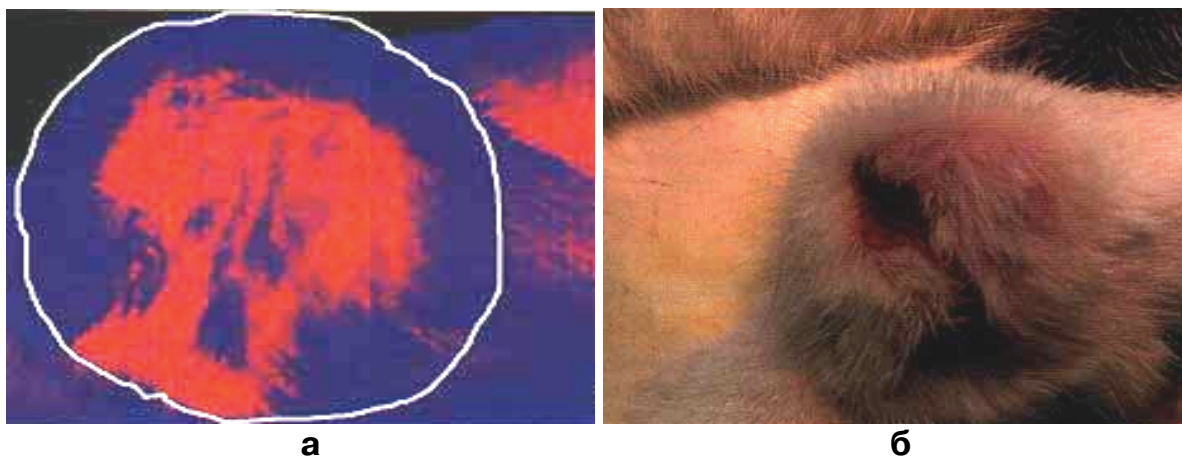
Температурна асиметрія ділянки морди і черева у здорових тварин не перевищує 1°C. Ділянка молочних залоз у собак має температуру приблизно на 0,5°C вищу від температури навколишніх ділянок шкіри, проте соски в нормі прохолодніші на 4–6°C. Даний факт можна використовувати для ранньої діагностики патологічних процесів. Наприклад, при дослідженні клінічно здорових собак у двох тварин було виявлено підвищення температури сосків щодо температури навколишньої шкіри – згодом у них була виявлена мастопатія.

Далі представлені термограми різних пухлинних процесів, – як доброякісних, так і злоякісних. Усі діагнози підтверджено гістологічно. Для порівняння поряд із термограмами подані фотографії досліджуваних об'єктів.

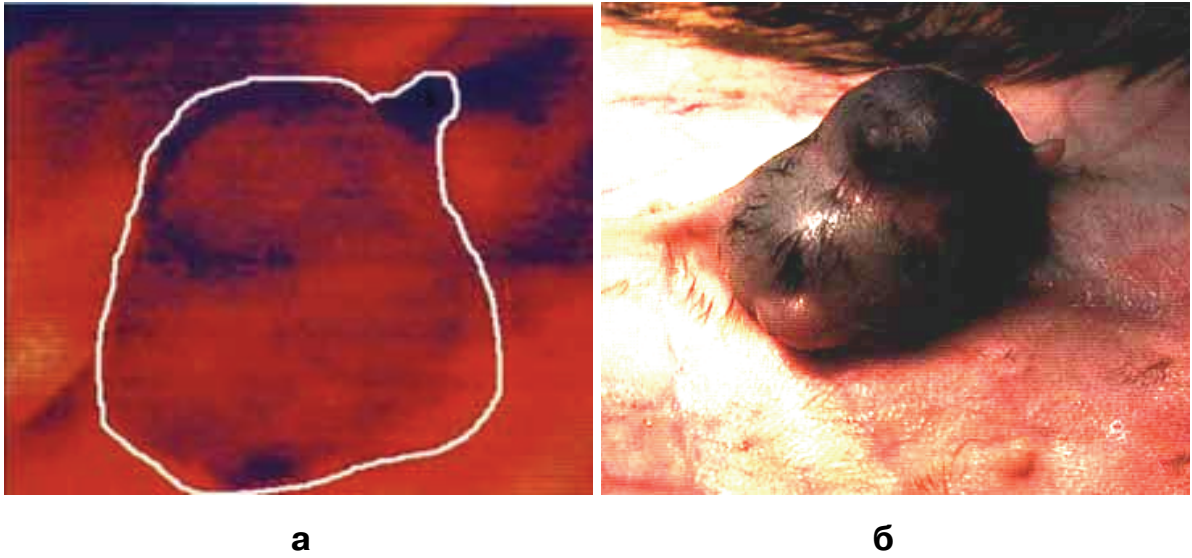


Мал. 95 – Термограма (а) та фотографія (б) кота з діагнозом папілома шкіри

На термограмі (мал. 95, а) видно, що новоутворення холодніші за навколишні тканини, що свідчить про слабку васкуляризацію і відсутність запального процесу. Фотографія даного новоутворення наводиться (мал. 95, б). На малюнках 96 і 97 показані термограми доброякісних новоутворень із хронічним запальним процесом. Температура в ділянці новоутворення ідентична або нижча за температуру навколишніх тканин. Розмір і форма новоутворення на фотографії й термограмі співпадають. Ділянка новоутворень на термограмах позначена білою лінією.

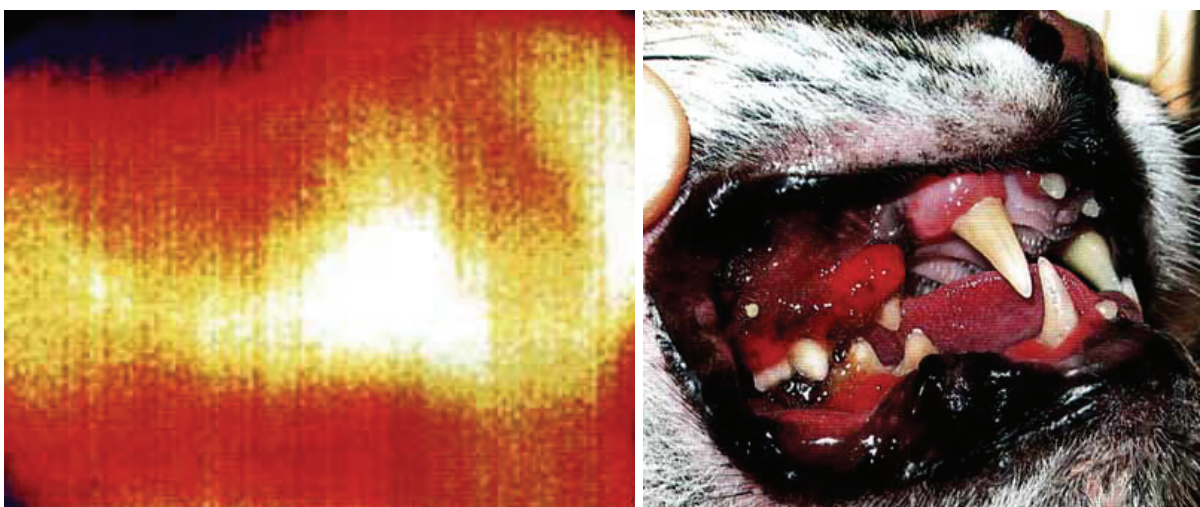


Мал. 96 – Термограма (а) та фотографія (б) кота з діагнозом фіброма в ділянці променево-зап'ясткового суглоба



Мал. 97 – Термограма (а) та фотографія (б) кота з діагнозом фіброзно-кістозна мастопатія

Випадок передракового стану (мал. 98). Термографія слизової ротової порожнини ускладнюється підвищеною температурою нормальних тканин і значною варіабельністю температури, обумовленою вологістю слизових оболонок. При цьому температура істотно змінюється залежно від частоти дихання за рахунок того, що змінюється інтенсивність процесу випаровування. Температура патологічної тканини в даному випадку на 3°C вища за температуру нормальної тканини.

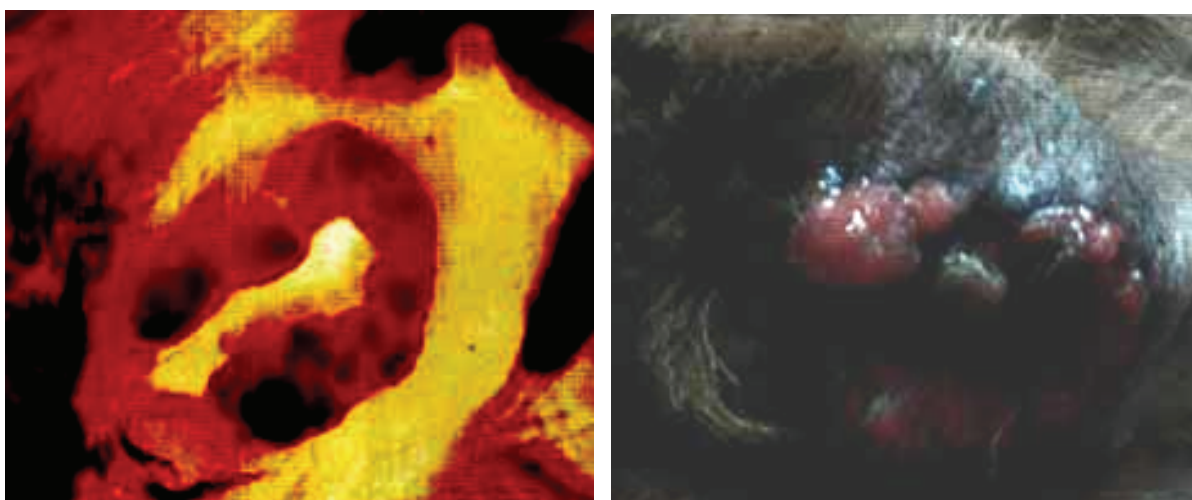


Мал. 98 – Термограма (а) та фотографія (б) кота з діагнозом гінгівіт, D2-дисплазія

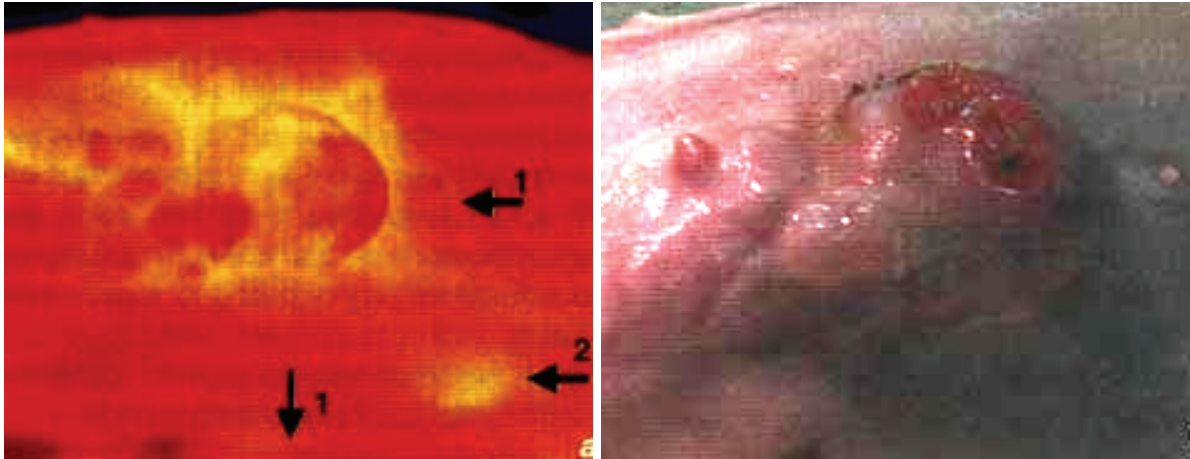
Термограми злоякісних новоутворень (мал. 99—102) із запаленням та виразкою, за якими можна чітко визначити, що межі пухлин на термограмах значно більші видимих розмірів пухлин і збігаються з межами новоутворення, встановленими за допомогою морфологічного дослідження тканин, видалених інтраопераційно. Температура пухлин значно перевищує температуру навколишніх здорових тканин (у середньому на 3—5°C). На термограмі (мал.100, а) чітко видно розташування поверхневих судин і ділянки пахвинного лімфовузла.



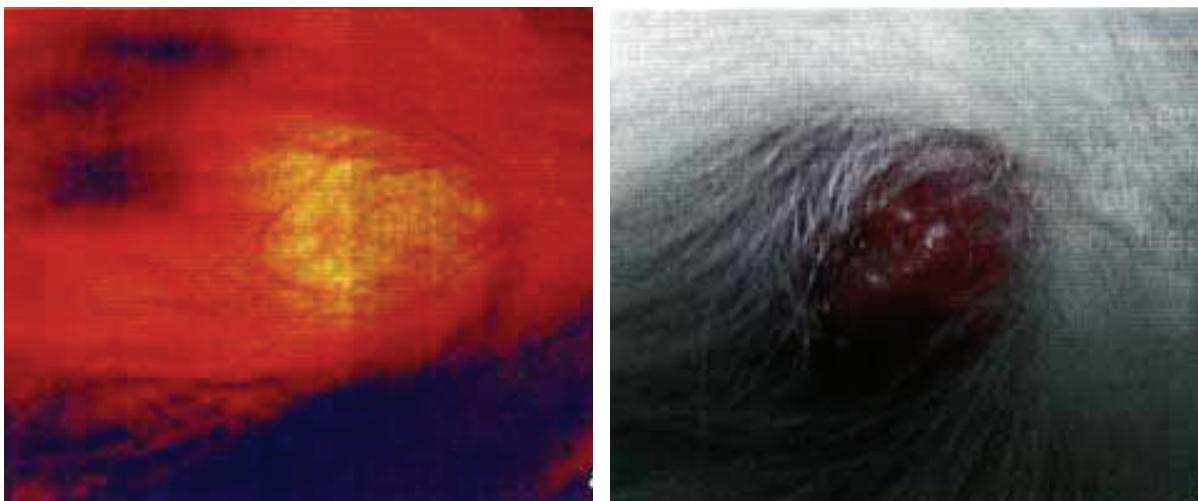
***Мал. 99** – Термограма (а) та фотографія (б) кота з діагнозом плоскоклітинний рак*



***Мал. 100** – Термограма (а) та фотографія (б) кота з діагнозом протоковий рак середньої диференціації з наявністю запалення та утворенням виразки*



Мал. 101 – Термограма (а) та фотографія (б) кішки з діагнозом рак молочної залози, запалення й розпад пухлини. Стрілками показані поверхневі судини (1), пахвинний лімфовузол (2)



Мал. 102 – Термограма (а) та фотографія (б) кішки з діагнозом рак молочної залози

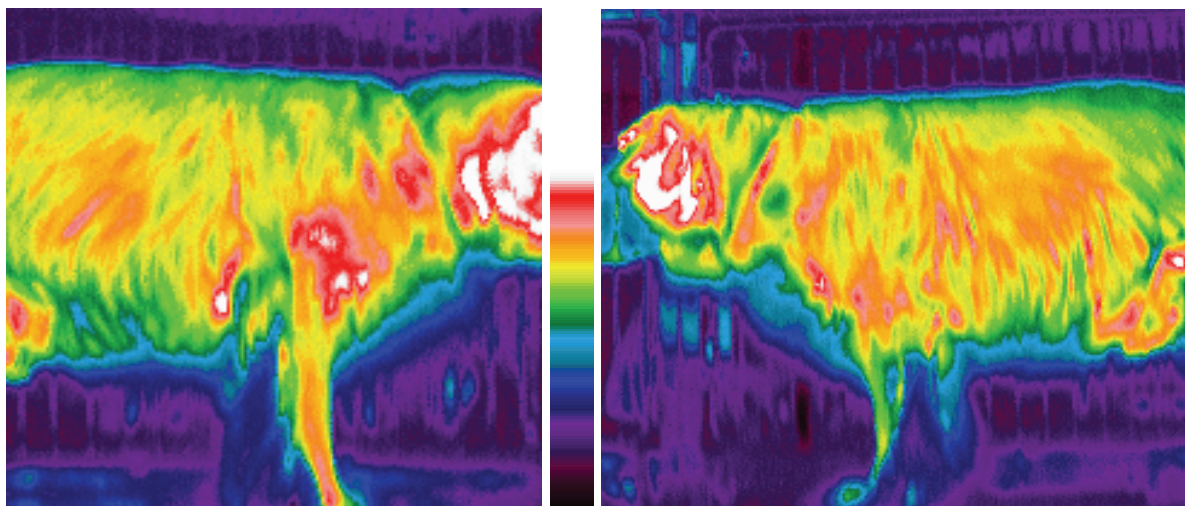
У ветеринарній медицині є роботи по використанню термографії для діагностики запальних захворювань суглобів і м'яких тканин у коней. Роботи із застосування термографії для діагностики та контролю лікування новоутворень у тварин практично відсутні.

Відомо, що межі термографічного зображення злоякісної пухлини, як правило, перевищують її візуально визначувані межі, що зумовило введення такого терміну, як “пухлинне поле” – зона між периметрами термографічного та візуального зображення пухлини. При орієнтації на пухлинне поле можна адекватніше планувати об'єм хірургічного втручання. ІЧ-термографія також буде корисна для

моніторингу в післяопераційному періоді, контролю загоєння і раннього виявлення гнійно-запальних процесів. Окрім того, за допомогою даного методу можна контролювати температуру в ділянці локалізації пухлини при створенні на неї гіпертермічної дії.

Існує принаймні три напрямки застосування термографії у ветеринарній медицині:

По-перше, її використовують як засіб діагностики. У цих випадках термографія – це фізіологічний метод дослідження, при якому різниця в 1°C між двома анатомічно симетричними ділянками вказує на регіонарне запалення. У цих випадках зменшення температури настільки ж важливе, як і її збільшення. Дослідження може бути використане для встановлення проблемної ділянки, щоб надалі оцінити її іншими методами досліджень.



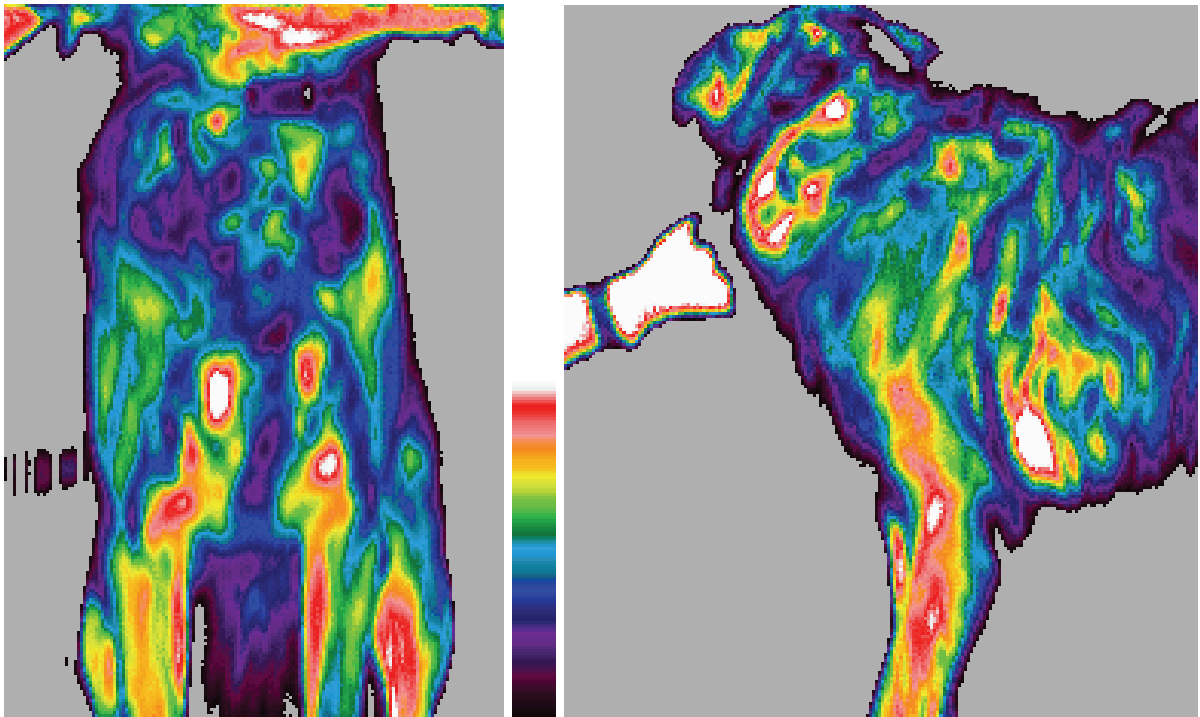
Правий бік

Лівий бік

Мал. 103 – Термографія собаки в бічних проекціях – підвищення температурного режиму в ділянці правого плечевого суглоба на $2\text{--}3^{\circ}\text{C}$

По-друге, щоб доповнити результати клінічного дослідження. У цьому випадку термографія використовується для визначення зміни місцевої температури і, таким чином, визначення локалізації «підозрюваних ділянок». Термографічне порівняння температурної різниці майже вдесятеро чутливіше за мануальне.

По-третє, термографію застосовують при диспансеризації. За допомогою методу тварин досліджують щотижня. Термографічні зміни зазвичай виникають за два тижні до клінічних проявів захворювання. У цих випадках термографія може бути використана для виявлення субклінічних форм патології.



Мал. 104 – Термографія собаки в прямій та лівій бічній проекціях – підвищення температурного режиму в лівій передній кінцівці

Необхідно розуміти, що жодна з сучасних дослідницьких технологій не може замінити клінічного дослідження. Усі дослідницькі технології лише покращують базу даних, отриманих внаслідок фізикального огляду, і кожен метод дослідження надає певну інформацію та водночас має й свої обмеження.

Термографія та сцинтиграфія – фізіологічні методи досліджень. Вони забезпечують інформацією про тканинну фізіологію, особливо кровопостачання, а саме інформацією про локалізацію ушкодження або захворювання, та про життєздатність тканин. Жоден із цих методів не надає інформацію про повну природу проблеми. Для цього можуть бути використані інші методи.

Рентгенографія використовується, щоб оцінити структуру тканин, у першу чергу, при певних змінах у кістках. Ідентифікація цих змін використовується з метою визначення наявності пошкодження кісток. Термографією, власне, досліджують запалення. У цьому відношенні вона може допомогти визначити, чи асоціюються рентгенологічні зміни із запаленням.

Термографія та ультразвукова ехографія взаємодоповнюють одна одну. Так, термографію використовують, щоб визначити локалізацію пошкодження, а ультразвукову ехографію – щоб оцінити морфологію

пошкодженої структури, її розмір і форму. Ультразвукову ехографію можна використовувати, щоб стежити за процесом одужання, а термографію – щоб оцінити, «коли» запальний процес завершиться.

Сцинтиграфія найефективніша для виявлення радіографічно прихованих скелетних пошкоджень. Термографія доповнює цю технологію, тому що сцинтиграфія може бути вибірково використана, щоб оцінити кістку, а термографія конкретно, щоб оцінити поверхневі м'які тканини.

Таким чином, термографія – візуальне відображення температури шкіри, визначення, що включає вивчення інфрачервоного випромінювання, яке безпосередньо корелює з кровотоком. Вона є практичною допомогою при клінічному огляді тварин і використовується для підвищення точності діагностики. Цей метод ефективний як додатковий до клінічного огляду та інших дослідницьких технологій, таких як рентгенографія, КТ, МРТ, ультразвукова ехографія і сцинтиграфія.

У комплексі з іншими методами дослідження термографія допомагає визначити наявність запального процесу в злоякісних і доброякісних пухлинах, уточнити розміри і локалізацію пухлин, а також для післяопераційного моніторингу процесів загоєння.

КОРОТКИЙ ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК

Абсорбція (лат. absorption – поглинання) – поглинання речовини із навколишнього середовища рідинами або твердими тілами.

Адсорбція (лат. sorbeo – поглинаю) – поглинання речовини з газового середовища або розчину поверхневим шаром рідини або твердого тіла.

Анестезія (гр. aisthesis – відчуття) – втрата чутливості внаслідок припинення надходження імпульсів до клітин кори головного мозку.

Артеріальна гіпертензія (гр. hyper- + лат. tensio – напруга) – підвищення кров'яного тиску в артеріях; важливий симптом захворювань і патологічних станів, за яких первинно підвищений опір кровотоку в артеріальній системі або не відбувається його фізіологічного зниження у відповідь на збільшення серцевого викиду.

Артеріола (arteriola) – найтонші артеріальні судини, які переходять у капіляри. Внутрішні й зовнішні еластичні мембрани у них відсутні.

Ангіографія – метод рентгенівського дослідження кровоносних і лімфатичних судин після введення в них рентгеноконтрастної речовини.

Анемія – група захворювань, які характеризуються зменшенням кількості еритроцитів і гемоглобіну в крові, що призводить до гіпоксії.

Апоплексія (гр. apoplezzo – вражати ударом) – крововилив, який швидко розвивається в той чи інший орган.

Апоптоз – програмована клітинна загибель, енергетично залежний, генетично контрольований процес, який запускається специфічними сигналами і позбавляє організм від ослаблених, непотрібних або пошкоджених клітин. Апоптоз – це біохімічно специфічний тип загибелі клітини. Щодня близько 5% клітин організму підлягають апоптозу, а їх місце займають нові клітини. В процесі апоптозу клітина зникає протягом 15-120 хвилин.

Астенія – нервово-психічна слабкість, підвищена стомлюваність, порушення сну та ін.

Брахитерапія (brachy – короткий) – в ядерній медицині – лікування, що проводиться за допомогою джерела іонізуючої радіації.

Васкуліт – запалення стінки дрібних кровоносних судин.

Гентрі – пристрій сканування в спіральному комп'ютерному томографі, включає детектор рентгенівського випромінювання з високою швидкістю, що обертається навколо тіла пацієнта за спіральною траєкторією.

Гіпокамп – звивина напівкулі головного мозку в основі скроневої частки; входить до складу лімбічної системи; бере участь в емоційних реакціях і механізмах пам'яті.

Детрит – продукт розпаду тканин.

Дисемінація (лат. dissemino – розсіваю) розповсюдження кровоносними та лімфатичними шляхами пухлинних клітин або збудника інфекційних хвороб із первинного осередку до інших органів даного організму.

Діагноз (від гр. diagnosis – розпізнавання) – визначення сутності та особливостей хвороби на основі всебічного дослідження хворого.

Діагностика (здатність розпізнавати) – вчення про методи і принципи розпізнавання хвороб і встановлення діагнозу.

Доза поглиненої іонізуючої радіації – міра біологічного і клінічного ефекту. Доза виражається в греях (Гр); 1 грей дорівнює 1 джоулю енергії на 1 кілограм маси. Раніше застосовувалася одиниця поглиненої дози 1 рад; 1 рад дорівнює 1 сантигрей (сГр).

Інвазивність – здатність збудників інфекційних хвороб (віруси, бактерії, гриби) проникати до організму рослини, тварини або людини і розповсюджуватися в ньому.

Інгібітори (лат. inhibitor – затримуючий) – природні та синтетичні речовини, які пригнічують активність ферментів, що гальмують будь-які складні біологічні процеси.

Малігнізація – перетворення початково незлоякісної клітини на злоякісну.

Мієлографія – це рентгенографія з використанням ін'єкції контрастних речовин у спинний підпаутинний (субарахноїдальний) простір для дослідження спинного мозку.

Моніторинг (англ. – monitoring) – 1) контроль, контролювання, реєстрація; 2) управління, регулювання; 3) дистанційний контроль. Моніторинг – повторний, безперервний нагляд, вимірювання та оцінка даних, наприклад, в епізоотології, – постійний контроль за епізоотичним станом певної території.

Окістя, periosteum (гр. peri + osteon – кістка) – щільна сполучнотканинна оболонка, яка вкриває кістки там, де на них немає хрящової тканини. Складається з поверхневого волокнистого, або фіброзного, і глибокого, або остеогенного, прошарків.

Онкогенні речовини (син. бластомогенні речовини, канцерогенні речовини) – речовини екзогенного та ендогенного походження, що володіють здатністю провокувати розвиток пухлин.

Онкологія, oncologia, (гр. onkos – пухлина + logos – вчення) – наука, яка вивчає причини виникнення, механізм розвитку та клінічний прояв пухлин, розробляє методи їх діагностики, лікування й профілактики.

Остеокласти, osteoclasta (гр. osteon – кістка + klastos – руйную) – велетенські багатоядерні клітини кісткової тканини, що виникають із мезенхіми в процесі ембріонального розвитку та при репаративній і фізіологічній регенерації кісткової тканини.

Остеоцити, osteocytus (гр. osteon + cytos) – зрілі кісткові клітини, які є кінцевою стадією диференціювання остеобластів та утворюють міжклітинну речовину кісткової тканини.

Параліч (гр. paralysis – розслаблення) – втрата функції органа внаслідок порушення іннервації.

Паренхіма – функціональна тканина печінки, селезінки та інших органів.

Променева хвороба – хвороба, що виникає при дії на організм іонізуючих випромінювань у дозах, які перевищують гранично допустимі. Можлива гостра і хронічна форми перебігу.

Променева реакція – зміни органів і тканин у результаті поглинання ними іонізуючих випромінювань.

Променева терапія – застосування іонізуючого випромінювання з лікувальною метою. Включає альфа-, бета-, гамма-, рентгенотерапію та ін.

Радіаційні ураження – променеві ураження – патологічні зміни, що виникають внаслідок впливу на організм іонізуючої радіації. Можуть виникати як результат шкідливої побічної дії на організм іонізуючого випромінювання у процесі виконання діагностичних досліджень і лікувальних процедур.

Радіобіологія – наука, що вивчає дію іонізуючих випромінювань на рослини й тваринні організми, а також на біосферу в цілому.

Радіоімунний аналіз – метод кількісного визначення біологічно активних речовин (гормонів, ферментів, лікарських препаратів і ін.) у біологічних рідинах. Радіологія інтервенційна – розділ медичної радіології, що розробляє наукові основи та клінічне застосування лікувальних і діагностичних маніпуляцій, здійснюваних під контролем променевого дослідження.

Радіологія медична – комплексна дисципліна, що вивчає різні аспекти використання іонізуючого випромінювання (останнім часом і неіонізуючих) у медицині для розпізнавання та лікування хвороб, вплив випромінювань на організм і проблеми протипроменевого захисту.

Радіомодифікація – штучне ослаблення або посилення реакцій біологічних об'єктів на дію іонізуючого випромінювання; спосіб керування радіочутливістю за допомогою зміни умов, за яких відбувається опромінювання того чи іншого організму.

Радіомодифікуючі агенти – чинники, здатні змінювати (послаблювати або підсилювати) радіочутливість клітин, тканин і організму в цілому.

Радіонуклідна діагностика (синоніми: радіоізотопна діагностика, променева радіонуклідна діагностика) – променеве дослідження, що ґрунтується на використанні сполук, які маркуються радіонуклідами.

Радіопротектори – речовини, введення яких в організм перед опромінюванням знижує шкідливий вплив іонізуючого випромінювання.

Радіорезистентність – стійкість біологічних об'єктів до дії іонізуючого випромінювання. У радіобіології частіше використовують поняття **радіочутливість**.

Радіосенсибілізатори – засоби, що посилюють біологічну дію іонізуючого випромінювання.

Радіотерапевтичний інтервал – різниця в радіочутливості пухлини і навколишніх нормальних тканин. Використовується при променевій терапії злоякісних новоутворень.

Радіотоксикологія – наука, що вивчає властивості радіонуклідів та патологічні зміни в організмі, що ними викликаються.

Радіофармацевтичні препарати – діагностичні та лікувальні засоби, невід'ємною частиною яких є радіоактивний нуклід. Це – хімічна речовина, що має радіоактивну мітку і включається в природний метаболізм при його введенні в організм.

Радіочутливість – чутливість біологічних об'єктів до шкідливого впливу іонізуючого випромінювання. Кількісна оцінка радіочутливості проводиться шляхом вимірювання поглинених доз іонізуючого випромінювання, що викликають певний ефект.

Репарація (відновлення) – процес, властивий клітинам усіх організмів відновлювати природну структуру ДНК.

Семіотика – наука про симптоми і синдроми.

Сполучна тканина, *textus connectivus* (лат. *textus* – тканина і *connectivus* – сполучний) – тканина, що складається із популяції різних клітин, оточених колагеновими та еластичними волокнами й аморфною основною речовиною.

Сцинтиграфія (лат. *scintillare* – виблискувати, мерехтіти + гр. *graph* – писати, зображати) – метод радіонуклідного дослідження внутрішніх органів, заснований на візуалізації за допомогою сцинтиляційної гамма-камери.

Телетерапія – проведення лікування на відстані за допомогою того чи іншого спеціального обладнання.

Термографія – графічне зображення поверхневої температури об'єкта.

Томографія (гр. *tomos* – скиба, шар) метод пошарового дослідження внутрішньої структури об'єкта за допомогою багаторазового його просвічування в різних пересічних напрямках (т. з. скануюче просвічування).

Томографія медична – метод використання рентгенівських променів або ультразвукових хвиль для отримання знімків анатомічних структур, розташованих усередині тіла; при цьому отримують чітке зображення обраного зрізу тканини, тоді як зображення всіх інших зрізів стираються або затінюються. Отримувана в результаті рентгенограма називається томограмою.

Томографія комп'ютерна – напрям у діагностичній рентгенології, призначений для обстеження м'яких тканин тіла. За допомогою комп'ютерної томографії, наприклад, можна виявити патологічні зміни головного мозку (пухлина, абсцес, гематома) безпосередньо через кістки черепа. Дане дослідження цілком безпечне.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Вилер С.Д. Неврология мелких домашних животных в вопросах и ответах / С.Д. Вилер, В.Б. Томас. – М.: Аквариум, 2000. – 248 с.
2. Топографическая анатомия собаки и кошки. Цветной атлас / Дж. С. Бойд. – М.: Скорпион, 1998. – 192 с.
3. Глаголев Н.А. Основы и принципы рентгеновской компьютерной томографии (методологические аспекты) / Н.А. Глаголев. – М.: ВИДАР, 2009. – 79 с.
4. Домбровский В.И. Магнитно-резонансная томография в диагностике неорганических объемных образований брюшинного пространства / В.И. Домбровский // Вестник рентгенологии и радиологии. – 2003. – № 2. – С. 48–60.
5. Домрачёв Г.В. Очерк развития ветеринарной рентгенологии / Г.В. Домрачёв; Под ред. С.А. Рейнберга. – М.: Медгиз, 1948. – С. 199-205.
6. Зеновко Г.И. Термография в хирургии / Г.И. Зеновко. – М.: Медицина, 1998. – 168 с.
7. Календер В.А. Компьютерная томография: основы, техника, качество изображений и области клинического использования / В.А. Календер. – М.: Техносфера, 2006. – 344 с.
8. Компьютерная томография мозга / Н.В. Верещагин, Л.К. Брагина, С.Б. Вавилов [и др.]. – М.: Медицина, 1986. – 256 с.
9. Коновалов А.Н. Компьютерная томография в нейрохирургической клинике / А.Н. Коновалов, В.Н. Корниенко. – М.: Медицина, 1988. – 346 с.
10. Кравченко С.О. Полікістоз нирок у домашніх кішок (патогенез, діагностика і лікування): автореф. дис. канд. вет. наук / С.О. Кравченко. – Біла Церква, 2009. – 18 с.
11. Ричард Уайт А.С. Онкологические заболевания мелких домашних животных / А.С. Ричард Уайт; пер. с англ. Е.Б. Махиянова. – М.: Аквариум ЛТД, 2003. – 352 с.
12. Карелин М.С. Магнитно-резонансная томография в ветеринарной медицине / М.С. Карелин // Ветеринарный доктор. – 2007. – № 3. – С. 20-22.
13. Кок Ж. Р. Исследование цереброспинального ликвора. Неврология домашних животных / Ж. Р. Кок, Д. Б. Де Никола // Ветеринар, 2003. – Спец. вып. – С. 223-245.
14. Липин В.А. Ветеринарная рентгенология / В.А. Липин, М.Т. Терёхина, А.Л. Хохлов. – М.: Колос, 1966. – 248 с.
15. Линденбратен Л.Д. Медицинская радиология и рентгенология: Учебник / Л.Д. Линденбратен, И.П. Королюк. – М.: Медицина, 1993. – С.113.
16. Литвинов В.П. Основы ветеринарной рентгенодиагностики / В.П. Литвинов. – М.: Колос, 1970. – 136 с.
17. Лучевая диагностика / Под ред. Г.Е. Труфанова. – М.: ГЭОТАР–Медиа, 2007. – Т.1. – С. 68-82.
18. Магнитно-резонансная томография (руководство для врачей) / Под ред. Г.Е. Труфанова и В.А. Фокина. – СПб: ООО «Издательство ФОЛИАНТ», 2007. – 688 с.

19. Митин В.Н. Сравнительные результаты различных методов лечения остеосаркомы длинных трубчатых костей у собак: дис. доктора биол. наук / В.Н. Митин. – М., 2003. – 240 с.
20. Морган Дж. П., Вулвекамп П. Рентгенологический атлас по травматологии собак и кошек / Дж. П. Морган, П. Вулвекамп; пер. с англ. – М.: ООО «Аквариум-Принт», 2005. – 240 с.
21. Ниманд Х.Г. Болезни собак. Практическое руководство для ветеринарных врачей / Х.Г. Ниманд, П.Ф. Сутер; пер. с нем.; 2-е изд. – М.: Аквариум ЛТД, 2001. – С. 578-611.
22. Пурин В.Р. Врожденная гидроцефалия / В.Р. Пурин, Т.П. Жукова. – М.: Медицина, 1976. – 216 с.
23. Розенштраух Л.С. Невидимое стало зримым (успехи и проблемы лучевой диагностики) / Л.С. Розенштраух. – М.: Знание, 1987. – 64 с.
24. Розенфельд Л.Г. Дистанционная инфракрасная термография в онкологии / Л.Г. Розенфельд, Н.Н. Колотилова // Онкология, 2001. – № 3. – С. 103-106.
25. Сергиенко И.В. Функциональная магнитно-резонансная томография почек / И.В. Сергиенко // Медич. визуалізація, 1998. – № 2. – С. 56-60.
26. Сотников В.В. Энцефалиты у собак / В.В. Сотников // Ветеринарный доктор, 2007. – № 3.
27. Телятніков А.В. Комп'ютерна томографія мозкового черепа у собак / А.В. Телятніков, В.Б. Борисевич // Аграрний вісник Причорномор'я: Зб. наук. праць Одеського державного сільськогосподарського інституту. – Вип. 4 (9). Біологічні, сільськогосподарські та ветеринарні науки. – Одеса, 2000. – С. 41-46.
28. Телятніков А.В. Комп'ютерна томографія у ветеринарній медицині / А.В. Телятніков // Вісник Білоцерківського державного аграрного університету: Зб. наук. праць. – Біла Церква, 2000. – Вип. 13. – Ч.1. – С. 95-99.
29. Телятніков А.В. Комп'ютерна томографія у ветеринарній медицині / А.В. Телятніков, В.Б. Борисевич // Ветеринарна медицина України, 2001. – № 1. – С. 38-39.
30. Телятников А.В. Компьютерная томография / А.В. Телятников, В.Б. Борисевич // Ветеринария, 2001. – № 2. – С. 42-46.
31. Телятніков А.В. Комп'ютерна томографія в діагностиці черепномозкових травм у собак // Аграрний вісник Причорномор'я: Зб. наук. праць Одеського державного сільськогосподарського інституту. – Вип. 4 (14) – Біологічні, сільськогосподарські та ветеринарні науки. – Одеса, 2001. – С. 210-214.
32. Телятніков А.В. Комп'ютерна томографія черепно-мозкових травм у собак / А.В. Телятніков // Науковий вісник Національного аграрного університету: Зб. наук. праць. – К., 2001. – Вип. 38. – С. 77-81.
33. Телятніков А.В. Комп'ютерна томографія черепномозкових травм / А.В. Телятніков // Ветеринарна медицина України, 2001. – № 10. – С. 40-41.
34. Термографический метод в ветеринарной онкологии // Т.С. Теренюк, Л.П. Трояновская, Т.Т. Акчурин [и др.]. – Российский ветеринарный журнал: Мелкие домашние и дикие животные, 2008. – № 2. – С. 11-15.

35. Термографический метод диагностики меланомы кожи / О.М. Конопацкова, Е.Е. Новикова // Инструментальные методы исследования во врачебной практике. – Саратов, 1996. – № 2. – С. 113-114.
36. Введение в современную томографию: (Методы, средства, клинические исследования) / К.С. Терновой, М.В. Синьков, А.И. Закидальский [и др.]; Под общ. ред. К.С. Тернового, М.В. Синькова. – К.: Наукова думка, 1983. – 231 с.
37. Томография грудной клетки / [А.И. Помозгов, С.К. Терновой, Я.С. Бабий и др.]. – К.: Здоровье, 1992. – 288 с.
38. Физика визуализации изображений в медицине / Под ред. С. Уэбба; пер. с англ. – М.: Мир, 1991. – Т.1. – 408 с.
39. Шария М.А. Магнитно-резонансная томография при объемных образованиях почек / М.А. Шария // Мед. Визуализация, 1998. – № 3. – С. 12-18.
40. Шкондин Л.А. Ультразвуковая и магнитнорезонансно-томографическая диагностика простых кист паренхимы почки / Л.А. Шкондин // Український медичний альманах, 2000. – № 1. – С. 184-188.
41. Современный подход к диагностике опухолей позвоночного столба у собак / С.А. Ягников, В.Н. Митин, Н.В. Смирнова [и др.] // Ветеринарная практика, 2002. – № 3-4. – С. 52-63.
42. Гидроцефалия собак. Вентрикуло-перитонеальное шунтирование / С.А. Ягников, Е.В. Пронина, Е.А. Корнюшенков [и др.]. // Российский ветеринарный журнал, 2008. – № 3. – С. 6-12.
43. Axthelm M.K. Congenital internal hydrocephalus in Hereford cattle / M.K. Axthelm, H.W. Leipold // Vet Med Small Anim Clin, 1981. – № 76. – P. 567-570.
44. Attenburrow D.P. The application of radioisotope scanning and imaging in general veterinary practice / D.P. Attenburrow, W. Veennart // Veterinary Annual, 1989. – № 29. – P. 15-28.
45. Braund K.G. Подход к диагностике неврологического заболевания / K.G. Braund // Focus, 1999. – Т.9. – № 2. – С. 23-30.
46. Bray J.P. The canine intervertebral disk. Part two / J.P. Bray, H.M. Burbidge // Journal of the American Animal Hospital Association, 1998. – № 34. – P. 135-144.
47. Cox N.R. Obstructive hydrocephalus due to neoplasia in a Rottweiler puppy / N.R. Cox, A. Shores, C.P. Mc Coy // Am Anim Hosp Assoc, 1990. – № 26. – P. 335-338.
48. Corlazzoli D., Pizzirani S. Дискоспондилит у собак / D. Corlazzoli, S. Pizzirani // Waltham Focus, 1998. – № 3. – P. 2-11.
49. Damadian R.V. Tumor detection by nuclear magnetic resonance / Damadian // Science, 1971. – Vol. 171. – P. 1151-1153.
50. Dernell W.S. Outcome Following Treatment of Vertebral Tumors in 20 Dogs (1986-1995) / W.S. Dernell, B.J. Van Vechten, R.C. Straw, S.M. La Rue, B.E. Powers, S.J. Withrow // Journal of the American Animal Hospital Association, 2000. – 1 36. – P. 245-251.
51. Ferreira A.J. Thoracolumbar disc disease in 71 paraplegic dogs: influence of rate of onset and duration of clinic signs on treatment results / A.J. Ferreira, J.H. Correia, A. Jaggy // Journal of Small Animal Practice, 2002. – № 43. – P. 158-163.
52. Gopal M. Magnetic resonance imaging in the diagnosis and treatment of a canine spinal cord injury / M. Gopal, N. Jeffery // Journal of Small Animal Practice, 2001. – № 42. – P. 29-31.

53. Gnudi G. Bertoni G. Echographic examination of the stifle joint affected by cranial cruciate ligament rupture in the dog / G. Gnudi, G. Bertoni // *Veterinary Radiology and Ultrasound*, 2001. – № 42(3). – P. 266-70.
54. Hall E.J. Intensity-modulated radiation therapy, protons, and the risk of second cancers / E.J. Hall // *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2006. – № 65. – P. 1-7.
55. Harper D.L. Thermography in veterinary medicine / D.L. Harper // *Inflammation*, 2000. – № 1(4). – P. 1-6.
56. Jones B.F. A reappraisal of the use of infrared thermal image analyzer in medicine / B.F. Jones // *Med. Imaging*, 1998. – № 17(6). – P. 1019-1027.
57. A comparison of normal tissue complication probability of brain for proton and photon therapy of canine nasal tumors / B. Kaser-Hotz, A. Sumova, A. Lomax, U. Schneider, B. Klink, J. Fidel, H. Blattmann // *Vet Radiol Ultrasound*, 2002. – № 43. – P. 480-486.
58. Comparison of the accuracy of positioning devices for radiation therapy of canine and feline head tumors / H. Kippenes, P. Gavin, R. Sande, D. Rogers, V. Sweet // *Vet Radiol Ultrasound*, 2000. – № 41. – P. 371-376.
59. Lawrence J.A. Intensity-modulated radiation therapy and helical tomotherapy: its origin, benefits, and potential applications in veterinary medicine / J.A. Lawrence, L.J. Forrest // *Vet Clin North Am Small Anim Pract*, 2007. – № 37. – P. 1151-1165.
60. McEntee M.C. A survey of veterinary radiation facilities in the United States during 2001 / M.C. McEntee // *Vet Radiol Ultrasound*, 2004. – № 45. – P. 476-479.
61. McEntee M.C. Veterinary radiation therapy: review and current state of the art / M.C. McEntee // *J Am Anim Hosp Assoc*, 2006. – № 42. – P. 94-109.
62. McEntee M.C. Portal Radiography in Veterinary Radiation Oncology: Options and Considerations / M.C. McEntee // *Vet Radiol Ultrasound*, 2008. – № 49. – P. 57-61.
63. Odeblad R.E. Proton magnetic resonance of human red blood cells in heavy water exchange experiments / R.E. Odeblad, B.N. Bhar // *Arch. Biochem. Biophys*, 1956. – Vol. 63. – P. 221-225.
64. Panciera D.L. Magnetic Resonance Imaging in two dogs with central nervous system disease / D.L. Panciera // *Journal of Small Animal Practice*, 1987. – Vol. 28. – P. 587-596.
65. Seguin B. Диагностика и лечение спинальных новообразований у собак и кошек / B. Seguin, R. Bagley, G. Silver // *Waltham Focus*, 2000. – № 3. – P. 4-9.
66. Shell L. Неврологические причины, вызывающие парализацию у старых собак / L. Shell // *Waltham Focus*, 1998. – № 1. – P. 20-26.
67. Thrall, D.E. A comparison of radiographic and computed tomographic findings / D.E. Thrall // *Veterinary Radiology*, 1989. – Vol. 30. – P. 59-66.
68. Tunley B.V. Reliability and repeatability of thermographic examination and the normal thermographic image of the thoracolumbar region in the horse / B.V. Tunley, F.M. Henson // *Equine Vet J*, 2004. – № 36(4). – P. 306-312.
69. Whitelock R.G. Radiation hazards from horses undergoing scintigraphy using technetium-99m / R.G. Whitelock // *Equine Veterinary Journal*, 1997. – № 29. – P. 26-30.

ДОДАТКИ

ОСНОВНІ ПИТАННЯ, ЩО ТУРБУЮТЬ ВЛАСНИКІВ ТВАРИН СТОСОВНО КТ

Лікар ветеринарної медицини повинен знати відповіді на можливі запитання власників домашніх тварин, і, в разі необхідності, дати вичерпну інформацію в будь-якій ситуації.

1. Що таке комп'ютерний томограф? Комп'ютерний томограф – це поєднання рентгенівської установки і комп'ютера. Рентгенівська установка робить знімки хворого під різними кутами, (так звані зрізи), які обробляються й узагальнюються комп'ютером. У результаті отримують зображення, що дають можливість лікарю «зазирнути» всередину тіла хворої тварини.

2. Навіщо потрібна комп'ютерна томографія (КТ), коли її застосовують? Комп'ютерна томографія не вимагає оперативного втручання, безпечна і застосовується при багатьох захворюваннях. З її допомогою можна досліджувати практично будь-який орган – від мозку до кісток. Часто комп'ютерну томографію використовують для уточнення патологій, виявлених іншими методами. На відміну від звичайного рентгена, на якому краще всього видно кістки і повітрянорозні структури (легені), на КТ чітко простежуються і м'які тканини (мозок, печінка, і так далі), що дає можливість діагностувати хвороби на ранніх стадіях, наприклад, виявити пухлину доки вона ще невеликих розмірів і піддається хірургічному лікуванню.

З появою спіральних і мультиспіральних томографів широко застосовується комп'ютерна томографія судин. Для цього, зазвичай, потрібне внутрішньовенне введення контрастної речовини.

3. Чи потрібна підготовка до КТ? Протипоказання до неї. Підготовка потрібна тільки при дослідженні кишечника та черевної порожнини, за день до дослідження. Підготовка перед комп'ютерною томографією інших органів не потрібна. **Абсолютних протипоказань до проведення комп'ютерної томографії немає!**

4. Чи бувають при КТ хворобливі відчуття? Комп'ютерна томографія болю не викликає. Єдина незручність – необхідність тварині лежати нерухомо від кількох хвилин до півгодини. Для цього застосовують заспокійливі препарати.

5. Чи безпечна КТ? Комп'ютерна томографія вважається безпечним методом дослідження. Доза рентгенівського опромінювання відносно незначна. Невеликий ризик існує, якщо необхідне введення

заспокійливих препаратів і контрастних речовин. Власник тварини повинен попередити ветлікаря, про наявність у тварини алергії на ліки, препарати йоду та захворювання діабетом, захворювання серця і щитоподібної залози.

6. Скільки часу займає КТ? Це залежить від типу томографа і зони інтересу ветеринарного дослідження (одного органа або групи органів і тканин). На спіральному томографі процедура триває, в середньому, 10-30 хвилин.

7. Чи можна проводити КТ лактуючим тваринам? Якщо під час комп'ютерної томографії не вводилася контрастна речовина, то можна згодовувати молоко відразу після процедури. Якщо контрастна речовина застосовувалася, то треба почекати 24 години.

8. Чи можна робити КТ вагітним? Комп'ютерна томографія не рекомендується в першому триместрі вагітності. Для діагностики у вагітних використовують інші методи – УЗД і МРТ.

В окремих випадках, коли без КТ не обійтися (наприклад, при важкій травмі), його роблять, але по можливості прикривають матку свинцевим екраном.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ КТ І МРТ

КТ і МРТ є настільки різними процедурами, що їх навіть складно порівняти за будь-якою ознакою. Окрім використання принципу томографії – пошарового дослідження і в подальшому зображення об'єкта. Щоб прояснити ситуацію, наводимо таблицю № 3. Вона не тільки допоможе зорієнтуватися в загальних питаннях, що стосуються цих досліджень, а й наштовхне на думку про необхідність зробити одне з них, та, не виключено, водночас і застереже від їх необґрунтованого проведення.

Таблиця 3

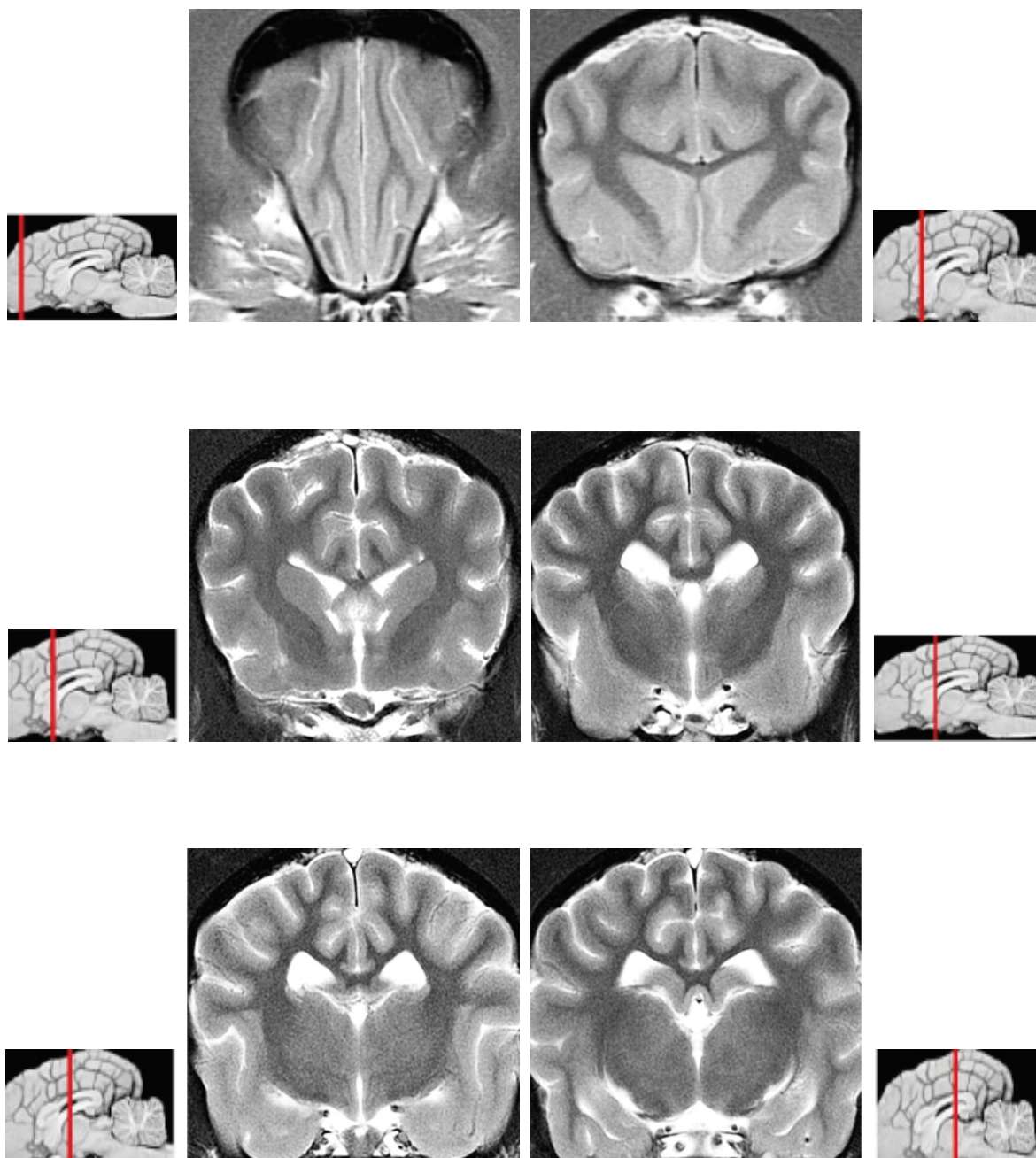
Порівняльний аналіз КТ та МРТ

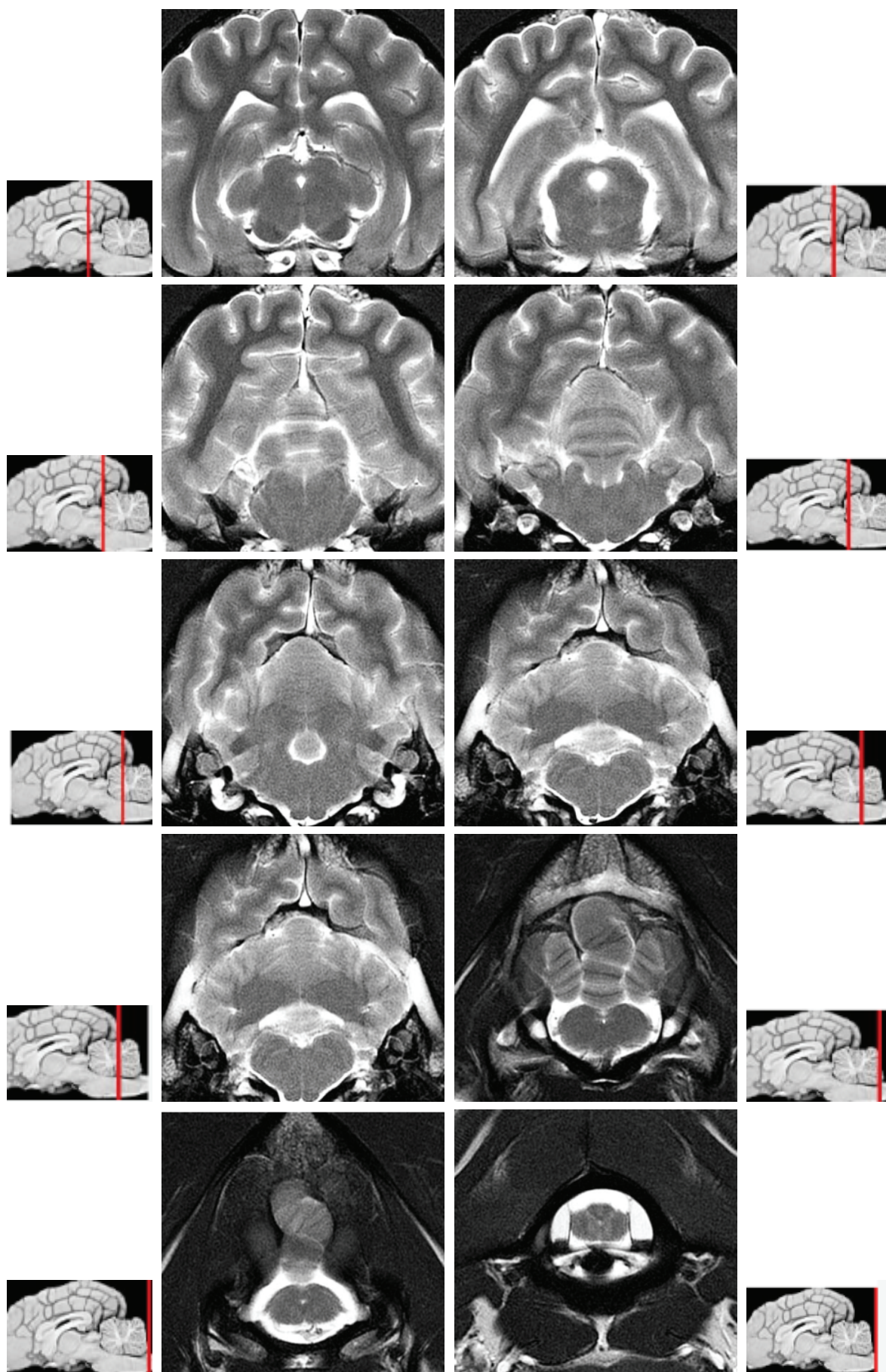
	Комп'ютерна томографія	Магнітно-резонансна томографія
Фізичні основи	В основі КТ – лежить здатність будь-якої тканини поглинати рентгенівські промені. Оскільки різні ділянки сканованого об'єкта мають різну поглинальну здатність, це можна відобразити за допомогою картинки. Причому, чим з більшої кількості точок знімається інформація, тим більш об'єктивною вона є .	МРТ нічого спільного з рентгенівським випромінюванням не має. Під впливом зовнішнього магнітного поля протони атомів водню (а вони є скрізь) орієнтуються по його силових лініях і поглинають енергію заданого поля. При поверненні на початковий енергетичний рівень, реєструється енергія, що виділяється ними. В результаті переведення її значень у цифрову форму, отримують пошарове зображення.
Процедура дослідження (час)	Сканування однієї ділянки тіла займає декілька хвилин	Сканування однієї ділянки тіла триває близько 40 хвилин.
Вартість обладнання (відповідно, і дослідження)	Відносно невисока	Надзвичайно висока. Чим вище створювана напруженість магнітного поля, тим дорожче обладнання (і вища якість знімків).

Переваги перед іншим методом	Процедура продовжується набагато менше. Коштує істотно дешевше. Немає спеціальних умов для устаткування. Можливість діагностики кісткових структур, каменів і тому подібне.	Інформативніша при дослідженнях багатьох ділянок (перш за все, головного мозку) – це основна перевага. Можливе проведення МРТ у вагітних тварин. Відсутність променевого навантаження. Є природний контраст від кровотоку, відповідно не потрібне додаткове контрастування для його дослідження. Немає перешкод від кісткових тканин, відповідно, менша вірогідність діагностичних помилок. Є можливість проведення магнітно-резонансної спектроскопії для вивчення метаболізму тканин.
Протипоказання	Вагітність, особливо в перший триместр	Абсолютні (проведення МРТ загрожує життю): Наявність металевих предметів в організмі. Відносні: Кома або інші стани, за яких необхідні апарати життєзабезпечення (штучна вентиляція легень, та ін.).
Загальні показання	Дослідження хребта. Термінові дослідження гол. мозку (травми й інсульти). Дослідження органів грудної порожнини. Діагностика патології органів позачеревного простору (нирки, надниркові залози). Дослідження ЛОР-органів (наркозоносних пазух, скроневої кістки, гортані).	Дослідження головного і спинного мозку. Дослідження органів середостіння (стравоходу, аорти, порожнистих вен, трахеї). Дослідження органів малого тазу (сечовий міхур, матка, яєчники, передміхурова та інші статеві залози).

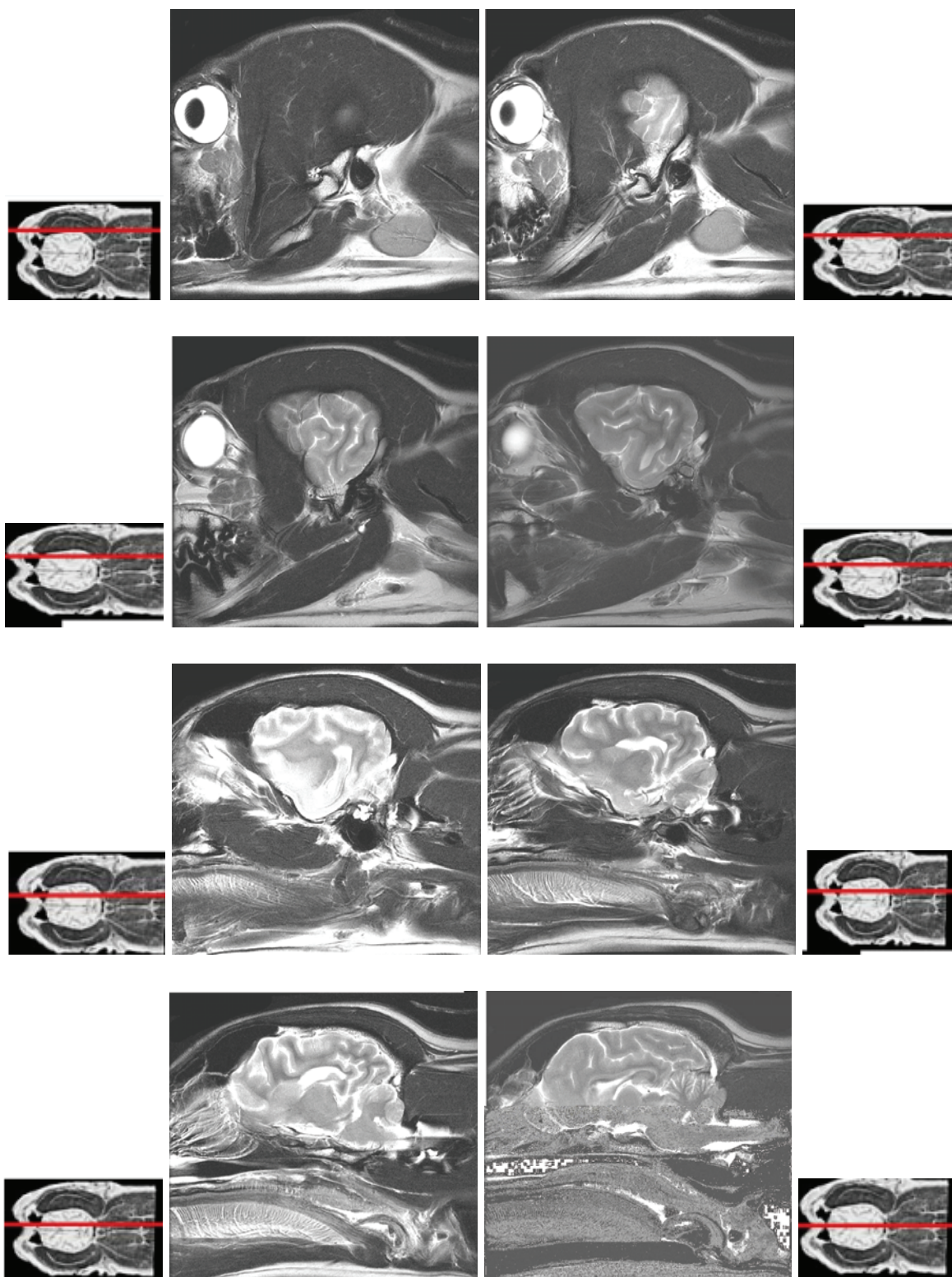
МРТ АТЛАС ГОЛОВНОГО МОЗКУ СОБАКИ

Поперечне сканування

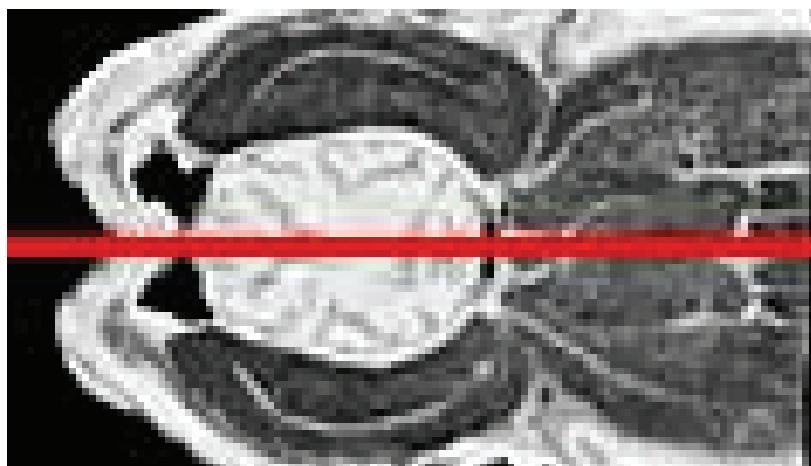




Сагітальне сканування



Сагітальне сканування (центральный зріз)



Для нотаток

ЗМІСТ

ВСТУП	3
КОМП'ЮТЕРНА ТОМОГРАФІЯ У ВЕТЕРИНАРНІЙ МЕДИЦИНІ	6
КОМП'ЮТЕРНА ТОМОГРАФІЯ ОРГАНІВ І СИСТЕМ	22
<i>Комп'ютерна томографія черепа та головного мозку</i>	<i>22</i>
<i>Комп'ютерна томографія хребта та спинного мозку собак та котів</i>	<i>40</i>
<i>Комп'ютерна томографія органів грудної клітки собак і котів</i>	<i>58</i>
<i>Комп'ютерна томографія органів черевної порожнини</i> <i>і тазу собак та котів</i>	<i>61</i>
<i>Комп'ютерна томографія суглобів у котів та собак</i>	<i>72</i>
ТРИВИМІРНА КОМП'ЮТЕРНО-ТОМОГРАФІЧНА АНГІОГРАФІЯ (КТА) У ВЕТЕРИНАРНІЙ МЕДИЦИНІ	74
МАГНІТНО-РЕЗОНАНСНА ТОМОГРАФІЯ (МРТ)	77
<i>Показання до проведення МРТ</i>	<i>84</i>
<i>Магнітно-резонансна томографія окремих органів та структур</i> <i>собак і котів</i>	<i>85</i>
<i>МРТ грудного та поперекового відділів хребта собак і котів</i>	<i>86</i>
<i>МРТ-дослідження головного мозку</i>	<i>93</i>
<i>Магнітно-резонансна томографія колінного та ліктьового суглобів</i>	<i>98</i>
СЦИНТИГРАФІЯ У ВЕТЕРИНАРНІЙ МЕДИЦИНІ	102
ТЕРМОГРАФІЯ У ВЕТЕРИНАРНІЙ МЕДИЦИНІ	117
КОРОТКИЙ ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК	129
ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА	133
ДОДАТКИ	137

Навчальне видання

Локес Петро Іванович
Стовба Віктор Григорович
Кравченко Сергій Олександрович
Каришева Людмила Павлівна
Грищук Андрій Вікторович

**КОМП'ЮТЕРНА, МАГНІТНО-РЕЗОНАНСНА ТОМОГРАФІЯ
ТА ІНШІ СУЧАСНІ МЕТОДИ ДІАГНОСТИКИ
У ВЕТЕРИНАРНІЙ МЕДИЦИНІ ДРІБНИХ ТВАРИН**

Навчальний посібник

*Редактор Колеснікова Раїса Андріївна
Комп'ютерна верстка Сігіда Тетяна Валеріївна
Дизайн обкладинки Волочай Валентина Вікторівна*

Підписано до друку 09.03.2011.
Формат 60х84/16. Папір офсетний. Гарнітура PeterburgC.
Друк офсетний. Обл.видав.арк. 6,12. Ум.друк.арк. 8,6.
Тираж 1000 прим. Зам. № 7

ТОВ «Довкілля-К».
36034, м. Полтава, вул. Примакова, 12 а.
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів видавничої справи
ПЛ № 14 від 22.10.2002 р.