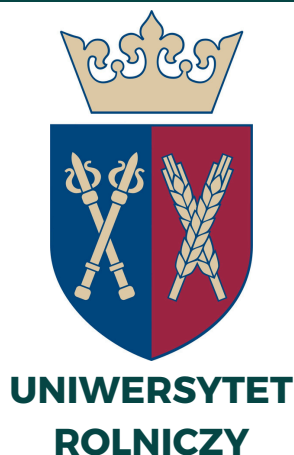


Kraków 14-16 III 2025

XIV - Międzynarodowa Konferencja Radiologiczno - Chirurgiczna

Współczesne techniki diagnostyczne
i terapeutyczne w praktyce



XIV– MIĘDZYNARODOWA KONFERENCJA RADIOLOGICZNO – CHIRURGICZNA

**„Współczesne techniki diagnostyczne
i terapeutyczne w praktyce”**

MATERIAŁY KONFERENCYJNE

Całkowitą odpowiedzialność za stronę merytoryczną referatów
i doniesień ponoszą wyłącznie ich autorzy

Redakcja: dr hab. Roman Aleksiewicz prof. URK

Tłumaczenie: Lek. wet. Marta Likus

Kraków 14-16.03. 2025



Szanowni Państwo

To już drugi raz Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie ma zaszczyt gościć uczestników Międzynarodowej Konferencji Radiologiczno-Chirurgicznej. Obrady, obfitujące w prezentacje najnowszych osiągnięć naukowych, tworzą trzy bloki: warsztaty praktyczne, dzień chirurgiczny oraz dzień diagnostyczny.

Tę triadę można nazwać kluczem do sukcesu, jakim niezmiennie pozostaje troska o zdrowie i dążenie do minimalizacji traury powodowanej nie tyle chorobą, co przebiegiem leczenia, w tym zwłaszcza onkologicznych zabiegów chirurgicznych.

Tegoroczna XIV edycja konferencji ma również historyczny wymiar, gdyż po raz pierwszy organizowana jest przez tak szerokie konsorcjum jednostek naukowo-badawczych, któremu przewodniczy Wydział Medycyny Weterynaryjnej – jednostka utworzona na bazie Uniwersyteckiego Centrum Medycyny Weterynaryjnej. Ten najmłodszy wydział Uniwersytetu Rolniczego posiada nie tylko nowoczesną bazę, lecz – co jeszcze istotniejsze – doskonałą kadrę, której osiągnięcia potwierdza kategoria „A” przyznana w roku 2024.

Uczestnicząc w sympozjum, szczególną uwagę warto zwrócić na postęp techniczny, na który składa się nie tylko wykorzystanie dostępnej

najnowocześniejszej aparatury diagnostycznej, ale też użycie nowoczesnych urządzeń chirurgicznych. Ten ostatni obszar to rezultat postępu naukowego, – o którym pisałem przed rokiem, adresując do Państwa publikację konferencyjną. Szczególnie cieszy fakt, że skonstruowanie wielu tych narzędzi, zarówno bardzo złożonych, jak i prostych, zawdzięczamy naukowcom-praktykom z Polski i Europy, co potwierdza znaczący innowacyjny potencjał naszych uczonych i inżynierów. Rozwijające się możliwości obrazowania przynoszą rezultaty w postaci opracowania skutecznej terapii, dążącej do minimalizacji stopnia inwazji w żywą tkankę zwierząt przy jednoczesnej maksymalizacji pozytywnych rezultatów podejmowanych procedur. Jednak żadna technika, czy technologia, w tym także sztuczna inteligencja, nie zastąpi człowieka – lekarza weterynarii, który z czasem nabywa intuicję diagnostyczną i chirurgiczną – cechy wręcz fundamentalne dla realizacji powołania medycznego. Spoglądając szerzej, możemy się także przekonać, jak szybko osiągnięcia nauk weterynaryjnych implementowane są do ludzkiej medycyny, zwiększając skuteczność podejmowanych terapii celowanych, opartych zarówno na wiedzy genetycznej, jak i rozwiązaniach inżynierskich. To właśnie ta synergia dopełnia się na naszych oczach i nagradzana jest nie tylko Nagrodą Nobla, lecz nade wszystko powrotem do zdrowia, poprawą komfortu życiowego ludzi, zwierząt i ich opiekunów – a właśnie ten rezultat pozostaje najważniejszym celem działań medycznych.

Życzę Państwu owocnych obrad obfitujących w polemiki, które – jak ufam – przyczynią się do dalszych sukcesów.

Rektor Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

Dr hab. inż. Sylwester Tabor, prof. URK

KOMITET NAUKOWY

Przewodniczący: Prof. dr hab. Zdzisław Kiełbowicz

Sekretarz: dr hab. Roman Aleksiewicz, prof. URK

Członkowie

Prof. dr hab. Krzysztof Kubiak dr h.c.

Dr hab. inż. Sylwester Tabor, prof. URK

Prof. dr hab. Andrzej Sechman

Prof. dr hab. Kazimierz Tarasiuk

Dr Dorota Niedziela

Prof. dr hab. Stanisław Małek

KOMITET ORGANIZACYJNY

Przewodniczący: Dr n. wet. Grzegorz Ramisz

Członkowie

Dr n. wet. Marek Kostrzewski

Mgr inż. Łukasz Hartabus

Lek. wet. Marta Likus

Lek. wet. Kateryna Aleksiewicz

Tech. wet. Marta Paściak

PRELEGENCI

Prof. Silke Hecht

Prof. Silke Hecht, dr med. vet., DACVR, DECVDI, uzyskała tytuł lekarza weterynarii w 1998 r., a doktorat w 2001 r., oba na Uniwersytecie Ludwika Maksymiliana w Monachium, w Niemczech. Ukończyła rezydenturę z diagnostyki obrazowej na Uniwersytecie Tufts w 2005 r. Jest dyplomowaną absolwentką American College of Veterinary Radiology (ACVR) i European College of Veterinary Diagnostic Imaging (ECVDI). Dr Hecht jest obecnie profesorem radiologii na University of Tennessee College of Veterinary Medicine. Jest również konsultantką VetCT. Jej obszary zainteresowań obejmują MRI, neuroobrazowanie i obrazowanie onkologiczne. Opublikowała ponad 100 recenzowanych publikacji i 25 rozdziałów książek, a także zredagowała podręcznik na temat radiologii weterynaryjnej. Pełniła funkcję prezesa Sekcji tomografii komputerowej/rezonansu magnetycznego ACVR oraz prezesa ACVR, a obecnie jest zastępcą redaktora naczelnego czasopisma Veterinary Radiology and Ultrasound.

Dr Gabriele Gradner

Dr Gabriele Gradner Dipl ECVS, po roku pracy w gabinecie weterynaryjnym dla dużych zwierząt w Austrii, pracowała trzy lata za granicą w gabinecie weterynaryjnym dla małych zwierząt w Wielkiej Brytanii. Dołączyła do zespołu chirurgii małych zwierząt w 2004 roku na Uniwersytecie Medycyny Weterynaryjnej w Wiedniu, gdzie napisała pracę doktorską na temat mechaniki ruchu grzbietu u psów rasy Malinois. Po programie rezydentury ECVS skupiła się na neurochirurgii, co stanowi obecnie główny kierunek jej zainteresowania. Inne zainteresowania Dr Gabriele Gradner to chirurgia rekonstrukcyjna i chirurgia onkologiczna.

Dr hab. Roman Aleksiewicz, prof. URK

Dr hab. Roman Aleksiewicz, prof. URK, jest absolwentem Wydziału Medycyny Weterynaryjnej Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Stopień doktora nauk weterynaryjnych uzyskał na Wydziale Medycyny Weterynaryjnej w Lublinie, a stopień doktora habilitowanego został mu nadany w Państwowym Instytucie Weterynaryjnym – Państwowym Instytucie Badawczym w Puławach. Odbył staż w Penhurst Veterinary Clinic oraz West Blacktown Veterinary Clinic, New South Wales w Australii oraz w Klinice Yaggi w Brnie w Czechach. Jest specjalistą w zakresie Radiologii i Chirurgii weterynaryjnej. Pełni funkcję Krajowego Kierownika specjalizacji Weterynaryjna Diagnostyka Obrazowa w ramach Komisji ds. Specjalizacji Lekarzy Weterynarii. Dr hab. Roman Aleksiewicz, prof. URK, jest autorem wielu prac z dziedziny chirurgii i diagnostyki obrazowej zwierząt oraz autorem kilku istotnych dla tych dziedzin rozwiązań patentowych. Jego zainteresowania kliniczne to chirurgia rekonstrukcyjna oraz nowoczesne techniki obrazowania. Dr hab. Roman Aleksiewicz, prof. URK jest członkiem założycielem Stowarzyszenia Śląska Poliklinika Weterynaryjna. Pełnił także funkcję Prezesa Polskiego Stowarzyszenia Lekarzy Weterynarii Małych Zwierząt (PSLWMZ).

Dr n. wet. Anna Jaśkiewicz

Dr n. wet. Anna Jaśkiewicz ukończyła studia na Wydziale Medycyny Weterynaryjnej w Warszawie w 2016 roku. Odbyła praktyki kliniczne w Niemczech – Tierarztliche Klinik Gessertshausen, Republice Czeskiej University of Veterinary and Pharmaceutical Science – Small Animal Clinic, Brno oraz Sultanacie Omanu – Al Qurum Veterinary Clinic. Po uzyskaniu dyplomu lekarza weterynarii poświęciła się pracy naukowej, badając mechanizm rozwoju kacheksji tkanki mięśniowej w czasie terapii statynami oraz w chorobach onkologicznych. W 2019 obroniła pracę doktorską pod tytułem „Molecular mechanism of myoprotective action of geranylgeraniol in cellular

model of statin-associated myopathy”. Aktualnie Jej zainteresowania badawcze skierowane są w stronę analizy farmakologicznego oddziaływania inhibitorów glikolizy, jako czynników przełamujących lekooporność glikolizy oraz inhibitorów pSTAT3 w rozwoju skutecznej terapii kacheksji mięśni szkieletowych towarzyszącej nowotworom. Od 3 lat dr n. wet. Anna Jaśkiewicz jest członkiem zespołu tworzącego jedyny w Europie Środkowo-Wschodniej Ośrodek radioterapii megawoltowej dla zwierząt.

Dr n. wet. Dominika Kubiak-Nowak

dr n. wet. Dominika Kubiak-Nowak, Specjalista Radiolog Absolwentka Wydziału Medycyny Weterynaryjnej we Wrocławiu, gdzie obecnie zatrudniona jest, jako adiunkt w Katedrze i Klinice Chirurgii. W 2019 r. obroniła pracę doktorską pt. ”Ocena zmian w trakcie rozwoju stawu łokciowego psów z zastosowaniem nowoczesnych metod obrazowania oraz ocena przydatności wybranych markerów genetycznych dysplazji”. Jest autorką i współautorką licznych publikacji oraz doniesień konferencyjnych; prowadzi ćwiczenia i wykłady dla studentów polsko i anglojęzycznych oraz warsztaty i wykłady w ramach szkoleń specjalizacyjnych z obszarów: „Weterynaryjna Diagnostyka Obrazowa” oraz „Chirurgia Weterynaryjna”. Od 2022 roku jest kierowniczką szkolenia specjalizacyjnego z obszaru „Weterynaryjna Diagnostyka Obrazowa” realizowanego na WMW UP we Wrocławiu.

Dr n. wet. Maciej Kielbowicz

Dr n. wet. Maciej Kielbowicz ukończył studia na Wydziale Medycyny Weterynaryjnej we Wrocławiu. W 2014r. uzyskał stopień doktora nauk weterynaryjnych na podstawie dysertacji: „Wpływ poróżogennych komórek macierzystych i ich homogenatu na gojenie się ubytków nabłonka przedniego i zrębu rogówki u królików”. Dr n. wet. Maciej Kielbowicz jest specjalistą z zakresu; chorób psów i kotów, radiologii oraz chirurgii weterynaryjnej.

Pracował na stanowiskach dydaktycznych na Wydziale Medycyny Weterynaryjnej i Nauk o Zwierzętach Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu w Uniwersyteckim Centrum Medycyny Weterynaryjnej Uniwersytetu Jagiellońskiego i Uniwersytetu Rolniczego Uczestnik. Dr n. wet. Maciej Kiełbowicz był uczestnikiem wielu grantów naukowych, szkoleń międzynarodowych oraz organizatorem konferencji i warsztatów weterynaryjnych. Od 2011 roku do dziś prowadzi ZLZ w Obornikach Śląskich.

Lek. wet. Mikołaj Paściak

Absolwent Uniwersyteckiego Centrum Medycyny Weterynaryjnej UJ-UR w Krakowie. Autor i współautor publikacji w czasopismach krajowych i zagranicznych. W trakcie specjalizacji z Weterynaryjnej Diagnostyki Obrazowej. Zajmuje się również neurologią i ortopedią.

Patron Honorowy



**UNIWERSYTET
ROLNICZY**

MECENAT NAUKOWY

MKJ Radiologia Sp. Z o.o.

www.mkj-vet.pl

Medical Market Sp. z o.o.

www.medical-market.pl

mkjradiologia



PATRON

Śląska Izba Lekarsko-Weterynaryjna – www.izbawetkatowice.pl



GŁÓWNY SPONSOR

Aesculap Chifa sp. z o.o. – a B. Braun company - www.bbraun.pl



Aesculap Chifa

Vet-Agro Sp. z o.o. www.vet-agro.pl



Vetmedical sp. z o.o. – www.vet-medical.pl



SAMSUNG

SPONSOR

Animal Nutraceuticals sp. z o.o. – www.animal-nutraceuticals.pl



PUPIL Foods Sp. z o.o. – www.pupilfoods.pl



Technomed sp. z o.o. – www.technomed.pl



Technomed

JCL Aparatura Medyczna – www.aparatura-medyczna.com/weterynaria



Vetiss sp. z o.o. – www.vetiss.pl



MEDGAL sp. z o.o. - www.medgalvet.com.pl

MEDGAL VET
VETERINARY IMPLANTS & INSTRUMENTS

AMM Medical Devices Sp. z o.o. – www.amm-md.pl/usg-weterynaryjne/

amm
medical devices

WYSTAWCA

by.vet sp. z o.o. – www.by.vet

by.vet

Eickemeyer - veterinary technology for life Sp. z o.o. - www.eickemeyer.pl

veterinary technology for life
Eickemeyer®

Janusz Górnik – Handel Obwoźny Art. Przemysłowych – www.jgornik.pl

 Sprzęt i narzędzia weterynaryjne
Janusz Górnik

Stamar - www.stamar.pl



LIVISTO Sp. z o.o. - www.livisto.pl



Labor Medical Tomasz Błażków – www.aohua.pl



MEDIKON POLSKA Sp. z o.o. – www.weterynaria.medikon.pl



Novovet – www.novovet.pl



Hill's Pet Nutrition, Inc.

www.hillspet.pl



Transforming Lives

MEDiVET S.A.

www.medivet.pl



FUJIFILM Poland - www.fujifilm.com

FUJIFILM

Lwie Serce krematorium dla zwierząt

www.lwieserce.com



Weterynaria Dobieszowice

www.wet-dobieszowice.pl



PARTNER MEDIALNY

Weterynaria w praktyce – www.lp.elamed.pl/wwp

Weterynaria
w praktyce

Weterynaria news – www.weterynarianews.pl

WETERYNARIA
NEWS.PL

SPIS TREŚCI

Gabriele Gradner	17
Badanie neurologiczne okiem chirurga	
Diagnostyka różnicowa u pacjenta neurologicznego – analiza przypadków	
Negatywny wynik badania obrazowego – i co dalej?	
Roman Aleksiewicz	35
Wartość mechaniczna nowego wzoru płyty do zabiegów TPO / DPO miednicy psa	
Mikołaj Paściak	49
Przypadek pneumorrhachis kręgosłupa u kota	
Silke Hecht	58
Tomografia komputerowa mózgu (technika, zasady interpretacji obrazu, analiza przypadków)	
Rezonans magnetyczny mózgu (technika, zasady interpretacji analiza przypadków)	66
Diagnostyka obrazowa guzów neuroendokrynych	74
Zastosowanie angiografii CT w guzach jamy brzusznej	82
Badanie guzów nieneurologicznych w tomografii rezonansu magnetycznego	90
Maciej Kielbowicz	98
Wykorzystanie technologii CAD/CAM w osteotomii korekcyjnej przedramienia – analiza przypadków	
Anna Jaśkiewicz	102
Wykorzystanie radioterapii w leczeniu nowotworów mózgu u psów	
Dominika Kubiak – Nowak	115
Anomalie naczyniowe w obrazie wielorzędowej tomografii komputerowej – przegląd wybranych przypadków	

BADANIE NEUROLOGICZNE I DIAGNOSTYKA NEUROANATOMICZNA

Gabriele Gradner

University of Veterinary Medicine in Vienna

Dlaczego wykonujemy badanie neurologiczne? Poleganie wyłącznie na zaawansowanych metodach obrazowania diagnostycznego może być mylące, jeśli są one interpretowane poza kontekstem i objawami pacjenta. Badanie neurologiczne pomaga zidentyfikować dotknięty obszar (układ centralny lub obwodowy) i ustalić, czy problem dotyczy mózgu, rdzenia kręgowego, nerwów czy mięśni.

Badanie składa się z sześciu części:

- Zmysły i zachowanie
- Postawa i chód
- Reakcje posturalne
- Odruchy rdzeniowe, masa mięśniowa i napięcie mięśniowe
- Nerwy czaszkowe
- Czucie skórne

Obserwacja: zmysły i zachowanie

Interpretację świadomości pacjenta i reakcji na bodźce z otoczenia najlepiej wykonuje właściciel. Te zmiany są krytyczne do oceny, ponieważ mogą być jedynymi ustaleniami, które wskazują na uszkodzenie ośrodkowego układu nerwowego u niektórych pacjentów.

Stan umysłu: Oceń świadomość zwierzęcia w jego otoczeniu. Czy zwierzę jest czujne, przygnębione, zdezorientowane lub w śpiączce? Nieprawidłowościami w zakresie stanu umysłu są:

Czujność: pacjent reaguje prawidłowo na bodźce środowiskowe

- Depresja/Otępienie (stan zmniejszonego pobudzenia z reakcją na głoś lub dotyk)

- Stupor (pobudzający się na silne bodźce, ale reakcja jest niekompletna lub niewystarczająca)
- Śpiączka (utrzymujący się brak reakcji na bodźce)

Niektórzy pacjenci są w pełni świadomi, ale wykazują zmianę zachowania. Poszukaj wszelkich nieprawidłowych zachowań, takich jak krążenie, napieranie głową lub agresja, które mogą wskazywać na chorobę przodomózgowia. Nieprawidłowości w poziomie jakości to:

- Agresja
- Nadpobudliwość
- Histeria
- Ruch napędowy (zwierzę może chodzić w tę i z powrotem lub w kółko)
- Utrata umiejętności załatwiania potrzeb fizjologicznych

Postawa i chód

Postawa: odnosi się do położenia oczu i głowy w stosunku do ciała. W przypadku pochylenia głowy jedno ucho jest trzymane niżej niż drugie (jednostronna dysfunkcja przedsionkowa). Przy obrocie głowy głowa jest trzymana poziomo, ale nos jest zwrócony w prawo lub w lewo. Zwierzęta z uszkodzeniami przodomózgowia mogą mieć tendencję do odwracania głowy i kręcenia się w jednym kierunku.

Postawa: Postawę pacjenta ocenia się, gdy stoi i chodzi, a także ocenia, czy pozycja głowy lub ciała jest dziwna. Zwróć uwagę na pochylenie głowy, niskie noszenie głowy, kąt stawu skokowego i pozycję ogona. Pleurothotonus to odchylenie głowy i szyi na jedną stronę i może występować w przypadku zmian w środkowej lub rostralnej części pnia mózgu lub mózgu. Sztywność odmóżdzeniowa: uszkodzenie pnia mózgu charakteryzujące się wyprostem wszystkich kończyn ze zmniejszonym poziomem świadomości. Sztywność odmóżdżkowa: opistotonus, wyprost kończyn piersiowych i zgięcie bioder. Postawa Schiffa-Sherringtona: Uszkodzenie rdzenia kręgowego w odcinkach

piersiowym i lędźwiowym. Wyprostowanie kończyn piersiowych z paraliżem kończyn miednicznych. Kifoza, lordoza i skolioza to również nieprawidłowe postawy kręgosłupa. Nieprawidłowe postawy kończyn można również opisać jako postawę stopochodną lub chód na dłoniach, często spotykaną u pacjentów z polineuropatią lub chorobami układu mięśniowo-szkieletowego.

Chód: Obserwuj chodzenie zwierzęcia, aby wykryć nieprawidłowości, takie jak osłabienie (niedowład), ataksję (brak koordynacji) lub kulawiznę. Pomaga to zlokalizować, czy problem dotyczy mózgu, rdzenia kręgowego czy nerwów obwodowych. Najlepiej byłoby ocenić to u pacjenta spuszczonego ze smyczy.

Paresis(niedowład): odnosi się do zmniejszonej zdolności do podtrzymywania ciężaru ciała lub niedoboru zdolności do generowania chodu. Paresis oznacza brak dowolnej funkcji motorycznej, podczas gdy sufix – plegia oznacza brak dowolnej funkcji motorycznej. Prefiks para- oznacza, że obie kończyny miedniczne są dotknięte, hemiparesis oznacza, że kończyny piersiowe i miedniczne po jednej stronie ciała są dotknięte.

Ataksja: Niezdolność do wykonywania normalnej, skoordynowanej aktywności ruchowej, która nie jest spowodowana osłabieniem, problemami układu mięśniowo- szkieletowego lub nieprawidłowymi ruchami, takimi jak drżenie. Mogą wystąpić trzy kliniczne formy braku koordynacji lub ataksji: ogólna ataksja proprioceptywna, ataksja przedsionkowa, ataksja mózdkowa. Ogólna ataksja proprioceptywna jest wynikiem przerwania wstępujących szlaków proprioceptywnych, a informacja nie dociera do mózgu. Powoduje to brak koordynacji poprzez krzyżowanie kończyn, szorowanie lub wleczenie palców, wysokie kroki, zbyt długi krok lub stanie na grzbietowej stronie łap. Ataksja przedsionkowa jest wynikiem utraty równowagi i orientacji głowy względem oczu, szyi, kończyn i tułowia. W przypadku uszkodzeń obejmujących obwodowy układ przedsionkowy w uchu wewnętrznym i nerwie czaszkowym VIII pacjent zachowuje normalną siłę i ogólną propriocepcję. Zazwyczaj występują uszkodzenia obejmujące centralny układ przedsionkowy (jądra

przedsionkowe w rdzeniu przedłużonym), jednostronny niedowład górnego neuronu ruchowego i ogólna ataksja proprioceptywna. Mogą występować niedobory w funkcji nerwów czaszkowych V i VII. Ataksja mózdkowa charakteryzuje się dysmetrią, zaburzeniem tempa, zakresu i siły ruchu. Typowo objawia się wysokim krokiem i nadreaktywnym chodem.

Reakcje związane z postawą

Ocena odruchów rdzeniowych segmentowych i reakcji posturalnych może pomóc odróżnić zaburzenia neurologiczne od ortopedycznych. Zwierzęta z zaburzeniami nerwowo-mięśniowymi mogą mieć normalne reakcje posturalne z powodu braku zaburzeń ogólnych szlaków proprioceptywnych. Dlatego odruchy rdzeniowe mogą okazać się bardziej przydatnymi testami różnicującymi. Reakcje podskakiwania (hopping) i stawiania są najbardziej przydatnymi testami reakcji posturalnych.

Proprioceptywne umiejscowienie (wymiana łapy) i korektury kończyny: Test ten wykonuje się na wszystkich 4 kończynach, a osoba badająca podtrzymuje ciężar zwierzęcia. Stopa jest umieszczona w nieprawidłowej pozycji, a zdolność zwierzęcia do jej skorygowania jest obserwowana.

Hopping: Kończyny miedniczne są podparte, a jedna kończyna piersiowa jest trzymana nad ziemią. Pacjent jest przesuwany bocznie nad badaną kończyną, obserwuje się siłę i koordynację. Kończyna powinna się poruszać, gdy tylko ramię zostanie przesunięte bocznie nad łapą.

Obmacywanie: Należy wykonać delikatne (w celu wykrycia obrzęku lub zaniku) i głębokie obmacywanie (w celu wykrycia bolesnych obszarów). Obmacuj palcem wskazującym i środkowym między wyrostkami kolczystymi. Ogon poprzez zgięcie i wyprost. Podczas obmacywania odcinka piersiowego i lędźwiowego kręgosłupa lekko połóż jedną rękę na brzuchu, aby wykryć napięcie mięśni brzucha podczas obmacywania dotkniętego obszaru. W przypadku wyraźnego bólu szyi nie jest konieczne dalsze obmacywanie lub manipulacja tym obszarem. Zamiast aktywnie zginać szyję, znacznie

bezpieczniej jest użyć smakołyku i sprawić, aby pies podążał za nim we wszystkich kierunkach. Ból doogonowej części szyi można często wykryć, delikatnie kołysząc dużym wyrostkiem poprzecznym szóstego kręgu szyjnego.

Odruchy rdzeniowe, masa mięśniowa i napięcie mięśniowe

Odruchy ścięgniste ocenia się jako nieobecne (0), hiporefleksyjne (+1), prawidłowe (+2), hiperrefleksyjne (+3), kloniczne (+4).

Ocena masy mięśniowej i napięcia mięśniowego odzwierciedla czynność dolnego neuronu ruchowego.

Masa mięśniowa: Głowa, szyja i mięśnie grzbietu powinny zostać ocenione pod kątem symetrii i wszelkich oznak zaniku. Sprawdź kończyny pod kątem zaniku mięśni lub asymetrii, co może sugerować uszkodzenie nerwów lub chorobę mięśni. Napięcie mięśni ocenia się na podstawie biernego zakresu ruchu każdej kończyny. Stopień oporu powinien być oceniony jako normalny, hipotoniczny lub hipertoniczny. Stopień zwiększonego napięcia waha się od łagodnego do wyraźnego (odruch scyzorykowy). Hipertonia jest zazwyczaj wynikiem uszkodzeń w górnych szlakach neuronów ruchowych. Znaczna część wpływu zstępujących górnych neuronów ruchowych zapewnia hamowanie mięśni prostowników. Gdy górne szlaki neuronów ruchowych są zaburzone, prowadzi to do nadmiernej aktywności prostowników, co skutkuje hipertonią kończyny. Hipotonia jest związana z zaburzeniami nerwowo-mięśniowymi. W przypadku choroby dolnego neuronu ruchowego, odnerwienie masy mięśniowej może być szybkie i głębokie.

Odruch ścięgna rzepki

Stuknij w ścięgno rzepki, gdy pacjent leży na boku i obserwuj wyprost kończyny miednicznej. Jest ono przekazywany przez nerw udowy przez segmenty rdzenia kręgowego L4-L6. Niektóre starsze psy mogą nie mieć tego odruchu bez innych objawów neurologicznych.

Odruch mięśnia brzuchatego łydki.

Obszar śródstopia jest chwytny, a staw kolanowy jest rozciągnięty, podczas gdy staw skokowy jest zgięty. Ścięgno piętowe wspólne jest uderzane powyżej kości piętowej. Prawidłową reakcją jest skurcz ogonowej części uda. Testuje to integralność nerwu kulszowego i segmentów rdzenia kręgowego L6-S2, głównie L7/S1.

Odruch piszczelowy

Przytrzymaj kończynę pacjenta w pozycji bocznej leżącej i uderz w brzusiec mięśnia piszczelowego przedniego w połowie jego długości. Ocenia integralność gałęzi strzałkowej nerwu kulszowego i przede wszystkim segmentów rdzenia kręgowego L6/7. Prawidłową reakcją jest zgięcie stawu piszczelowo-stępowego.

Odruchy ścięgien bicepsa i tricepsa

Ścięgno przyczepu mięśnia dwugłowego ramienia i ramiennego na poziomie łokcia jest delikatnie uderzane. Prawidłowy odruch obejmuje lekkie zgięcie stawu łokciowego lub ruch skóry nad mięśniem dwugłowym ramienia. Nerw mięśniowo-skróny pośredniczy w odruchu ścięgna bicepsa poprzez segmenty rdzenia kręgowego C6-C8. W przypadku odruchu tricepsa zginamy łokieć i obracamy ramię przyśrodkowo (do wewnątrz), tak, aby staw łokciowy został odwiedziony. Uderzamy ścięgno tricepsa w powierzchnię przyśrodkową, powyżej wyrostka łokciowego. Prawidłową reakcją jest skurcz masy mięśniowej. Testuje on integralność nerwu promieniowego i segmentów rdzenia kręgowego C6/T2.

Odruch prostownika promieniowego nadgarstka

Trzymaj przedramię, podeprzyj kończynę pod łokciem i trzymaj łokieć zgięty. Uderz w brzuszną część mięśnia promieniowego nadgarstka tuż dystalnie od łokcia, co prowadzi do wyprostowania kości promieniowej. Ocenia integralność nerwu promieniowego i segmentów rdzenia kręgowego C7/T1. Może to być prawdziwy odruch miotatyczny i być po prostu reakcją mięśniową, ponieważ można go wywołać u psów z przeciętym nerwem promieniowym.

Odruch cofania

Lekko ściśnij skórę międzypalcową palcem. Normalną reakcją jest zgięcie stawu biodrowego, kolanowego i skokowego. Skrzyżowany odruch prostownika jest nieprawidłowy u zwierzęcia leżącego i zwykle oznacza chorobę UMS.

Odruch krocza

Dotknij krocza po prawej i lewej stronie. Skurcz zwieracza odbytu i zgięcie ogona to prawidłowa reakcja. Ocenia integralność krzyżowych (S1-S3) i ogonowych (zgięcie ogona) segmentów rdzenia kręgowego, a także gałęzi nerwu odbytniczego kroczonego i ogonowego.

Percepcja bólu (nocycepcja)

Nocycepcja została klasycznie podzielona na powierzchowną i głęboką. Drogi odpowiedzialne za te dwa stopnie bodźców bólowych są słabo podzielone.

Głęboka

nocycepcja (drogi rdzeniowo-wzgórzowe) jest bardziej odporna na uszkodzenia niż inne drogi. Zawsze testuj zarówno boczne, jak i środkowe palce kończyn miednicznych. Jeśli nie widać żadnej reakcji, oceń ogon. Ważne jest, aby nie mylić odruchowego cofania ze świadomą percepcją. Jako regułę praktyczną wykonuj ten test, obserwując głowę pacjenta pod kątem reakcji.

Klasycznie rdzeń kręgowy dzieli się na cztery główne segmenty: C1-C5, C6-T2, T3- L3, L4-S3.

Nerwy czaszkowe

I (nerw węchowy): wyczuwa pokarm pod nosem.

II (nerw wzrokowy): zwróć uwagę na rozmiar źrenicy, a następnie możesz wykonać bezpośredni i konsensualny odruch źreniczny w każdym oku. Aby wykonać odruch groźenia, przesun rękę w kierunku oczu pacjenta w sposób groźny, obserwując reakcję mrugnięcia. Ocenione są w ten sposób związane z tą samą stroną ciała nerwy wzrokowe i twarzowe, a także mózdzek i przeciwległe przedomózgowie (wzgórze-kora). Do oceny wzroku pacjenta można również użyć śledzenia wzrokowego za pomocą upuszczanych kulek bawełny.

III (nerw okoruchowy), IV (nerw błędnokowy) i (nerw odwodzący): kontrolują ruch oka. Nerw okoruchowy (III) pośredniczy w zwężeniu źrenicy. Zwróć uwagę na zez, oczopląs poziomy lub pionowy. Prawidłowy fizjologiczny oczopląs ma szybką fazę w kierunku ruchu głowy i ocenia nerwy czaszkowe VIII i III, IV, VI. Odruch rogówkowy jest pośredniczony przez nerw odwodzący (VI), wywoływany wilgotnym wacikiem i prowadzi do cofnięcia gałki ocznej.

V (nerw trójdzielny): W celu oceny części ruchowej omacaj mięśnie skroniowe i żwacze. Część czuciowa testowana jest za pomocą odruchu rogówkowego (gałąź oczna) i wywołania odruchu powiekowego poprzez dotknięcie przyśrodkowego kąta oka. Gałąź szczękowa może być testowana poprzez dotknięcie bocznego kąta oka podczas odruchu powiekowego. Gałąź zuchwowa jest oceniana poprzez uszczyknięcie wargi dolnej bocznie do kła, pacjent wykazuje reakcję behawioralną. Badanie nosa pozwala również ocenić gałąź oczną.

VII (nerw twarzowy): Obserwuj położenie górnej i dolnej wargi. Zdolność mrugania testowana jest poprzez wywołanie odruchu powiekowego.

VIII (przedsionkowo-ślimakowy): Część ślimakowa jest testowana, poprzez głośny, nieoczekiwany hałas, czujni pacjenci powinni skierować głowy i uszy w jego stronę. Dysfunkcja przedsionkowa objawia się przechyleniem głowy, nieprawidłowym oczopląsem i szeroką postawą. Aby wywołać oczopląs pozycyjny lub zezą pozycyjnego, głowa jest ustawiana w różnych pozycjach. Obie są nieprawidłowe.

IX (językowo-gardłowy) i X (nerw błędny): Zmiany głosu, regurgitacja i świst wdechowy mogą być objawami klinicznymi uszkodzenia nerwu. Za pomocą patyka lub palca można wywołać odruch wymiotny.

XI (nerw dodatkowy): Zaopatruje funkcję motoryczną mięśnia czworobocznego. Gałąź wewnętrzna XI jest strukturalnie i funkcjonalnie częścią X.

XII (nerw podjęzykowy): sprawdź język pod kątem zaniku, asymetrii lub odchylenia. Zwierzęta zazwyczaj oblizują nos bezpośrednio po odruchu wymiotnym.

Diagnostyka różnicowa u pacjenta neurologicznego

Diagnostyka różnicowa u weterynaryjnego pacjenta neurologicznego obejmuje identyfikację różnych potencjalnych przyczyn obserwowanych objawów neurologicznych i zawężenie ich na podstawie systematycznego podejścia.

Schorzenia neurologiczne u zwierząt mogą wynikać z problemów dotyczących mózgu, rdzenia kręgowego, nerwów obwodowych lub mięśni. Proces diagnostyczny obejmuje ocenę lokalizacji zmiany (np. mózg kontra rdzeń kręgowy), uzyskanie szczegółowego wywiadu, przeprowadzenie dokładnego badania fizykalnego i neurologicznego oraz wykorzystanie narzędzi diagnostycznych, takich jak obrazowanie, badania krwi i analiza płynu mózgowo-rdzeniowego (CSF).

Poniżej przedstawiono podział głównych kategorii i typowych schorzeń, które należy wziąć pod uwagę podczas diagnostyki różnicowej:

Lokalizacja anatomiczna

- Mózg (mózg, pień mózgu, mózdzek)
- Rdzeń kręgowy (szyjny, piersiowo-lędźwiowy, lędźwiowo-krzyżowy)
- Obwodowy układ nerwowy (nerwy obwodowe, połączenia nerwowo-mięśniowe, mięśnie)

VITAMIN D Approach

Akronim ten pomaga w systematycznej klasyfikacji potencjalnych przyczyn:

- Naczyniowe (Vascular)
- Zakaźne/zapalne (Infectious/Inflammatory)
- Urazowe/toksyczne (Trauma/Toxic)
- Anomalne (wrodzone) (Anomalous (Congenital))
- Metaboliczne (Metabolic)
- Idiopatyczne/jatrogenne (Idiopathic/Iatrogenic)

- Nowotworowe/odżywcze (Neoplastic/Nutritional)
- Degeneracyjne (Degenerative)

Najczęstsze choroby neurologiczne według lokalizacji

Mózg

Naczyniowe

- Udar (niedokrwienny lub krwotoczny)
- Przemijający atak niedokrwienny

Zakaźne/zapalne

- Bakteryjne, wirusowe (np. nosówka), grzybicze, pasożytnicze (np. Neospora, Toxoplasma)
- Zapalenie opon mózgowo-rdzeniowych i mózgu nieznanego pochodzenia (MUO) u psów (np. ziarniniakowe zapalenie opon mózgowo-rdzeniowych i mózgu, martwicze zapalenie mózgu)

Toksyczne

- Toksyczność ołowiu, fosforanów organicznych, iwermektyny

Metaboliczne

- Encefalopatia wątrobowa
- Hipoglikemia
- Zaburzenia równowagi elektrolitowej

Idiopatyczne

- Idiopatyczne nadciśnienie wewnątrzczaszkowe

Nowotworowe

- Guzy mózgu (np. oponiak, glejak)
- Guzy przerzutowe

Zwyrodnieniowe

- Zespół zaburzeń poznawczych u starszych psów
- Lizosomalne choroby spichrzeniowe (np. GM1, Gangliozydoza GM2)

Rdzeń kręgowy

Naczyniowe

- Zator włóknisto-chrzęstny (FCE)
- Krwotok nadwardówkowy
- Krwotok do rdzenia kręgowego

Zakaźne/zapalne

- Dyskospondylitis
- Zapalenie opon mózgowo-rdzeniowych (zapalenie opon mózgowo-rdzeniowych-tętnic reagujące na sterydy)
- Zapalenie opon mózgowo-rdzeniowych (bakteryjne, grzybicze, riketsjowe wirusowe lub niezakaźne)
- Ropniak rdzeniowy

Toksyczne, Urazowe

- Tężec
- Złamania kręgow
- Urazowe ekstruzja dysku
- Urazowe podwichnięcie stawu szczytowo-obrotowego

Anomalne

- Podwichnięcie stawu szczytowo-obrotowego
- Malformacje kręgow
- Malformacja Chiariego i syringomielia
- Mnogie kostniakochrzęstniaki
- Rozszczep kręgosłupa
- Dysrafizm kręgosłupa

Metaboliczne

- Niedoczynność tarczycy (może powodować polineuropatię lub miopatię)

Idiopatyczne

- Rozsiana samoistna hiperostoza szkieletu (DISH) Nowotworowe
Pierwotne guzy rdzenia kręgowego (np. oponiak, chłoniak)

- Guzy kręgów (np. kostniakomięsak)

Zwyrodnieniowe

- Choroba krążka międzykręgowego (IVDD)
- Mielopatia zwyrodnieniowa
- Syndrom końskiego ogona
- Choroba zwyrodnieniowa powierzchni stawowych Zewnętrzne torbiele stawowe

Główne diagnozy różnicowe przypisane do poszczególnych odcinków	
Odcinek	Choroba
C1-C5	Podwichnięcie szczytowo-obrotowe
	Spondylomielopatia szyjna
	Nowotwór kręgosłupa
C6-T2	IVDD odcinka szyjnego
	Spondylomielopatia szyjna
	Dyskospondylitis
	Osteomyelitis
	Uraz
	Nowotwór
	Mielopatia włóknisto-chrzęstna
T3-L3	IVDD
	Zwyrodnieniowa mielopatia
	Uraz kręgosłupa
	Nowotwór
	FCE
	Dyskospondylitis
	Kręg połowiczny
L4-S3	FCE
	patrz T3-L3

L6-S1	Syndrom końskiego ogona
	Dyskospondylitis
	Nowotwór
	Zewnątrzoponowe torbiele stawowe

Obwodowy układ nerwowy

Naczyniowe

- Rzadko w obwodowym układzie nerwowym, ale możliwe w przypadkach neuropatii niedokrwiennych

Zakaźne/zapalne

- Poliradikuloneuritis (paraliż Coonhound)
- Paraliż odkleszczowy
- Botulizm

Toksyczne, urazowe

- Zatrucie organofosforanami
- Oderwanie splotu

Anomalne

- Wrodzona miastenia gravis

Metaboliczne

- Cukrzyca (może prowadzić do neuropatii cukrzycowej)
- Zaburzenia elektrolitowe (np. hipokaliemia prowadząca do osłabienia mięśni)

Idiopatyczne

- Idiopatyczna neuropatia obwodowa

Nowotworowe

- Guzy osłonek nerwowych
- Chłoniak

Zwyrodnieniowe

- Neuropatie obwodowe związane ze starzeniem się lub predyspozycjami genetycznymi

Połączenia nerwowo-mięśniowe i mięśnie

Zakaźne/zapalne

- Zapalenie żwaczy
- Zapalenie wielomięśniowe

Toksyczne

- Botulizm

Metaboliczne

- Miopatia hipokaliemiczna (szczególnie u kotów)

Idiopatyczne

- Idiopatyczne zapalenie wielonerwowe

Zwyrodnieniowe

- Dystrofia mięśniowa

Oprócz pełnej oceny pacjenta neurologicznego, dalsze testy diagnostyczne są kluczowe dla uściślenia diagnostyki różnicowej. Pełna morfologia krwi, panel biochemiczny i poziom hormonów tarczycy są standardem u każdego pacjenta wykazującego objawy neurologiczne, ponieważ zaburzenia metaboliczne i endokrynologiczne mogą przyczyniać się do tych problemów.

Aby wykryć choroby zakaźne, konieczne mogą być testy serologiczne. Testy te należy wysyłać do wyspecjalizowanych laboratoriów, ściśle przestrzegając wytycznych dotyczących przechowywania i transportu próbek, aby zapewnić dokładne wyniki. Prawidłowe postępowanie jest krytyczne, ponieważ niewłaściwe przechowywanie może naruszyć integralność próbki, co prowadzi do niewiarygodnych wyników.

Po zlokalizowaniu zmiany neurologicznej za pomocą badania klinicznego, wykonuje się zaawansowane techniki obrazowania, takie jak MRI lub TK, w celu oceny dotkniętej okolicy. Jeśli u pacjenta występują wielogniskowe

objawy neurologiczne, aby zbadać całą dotkniętą okolicę i wydać odpowiednią diagnozę, często konieczne jest zbadanie więcej niż jednego odcinka kręgosłupa. Posiadanie doświadczonego radiologa weterynaryjnego dostępnego na miejscu w celu przejrzenia i zinterpretowania wyników obrazowania w czasie rzeczywistym jest nieocenione. Pozwala to na natychmiastową dyskusję i potencjalne rozszerzenie obrazowania na inne okolice lub rozpoczęcie dodatkowych testów diagnostycznych przed wybudzeniem pacjenta. To proaktywne podejście minimalizuje ryzyko pominięcia kluczowych informacji lub konieczności ponownego znieczulenia pacjenta w przypadku napotkania negatywnej diagnozy lub niejasnych ustaleń.

Wnioski

Diagnostyka różnicowa w neurologii weterynaryjnej wymaga zorganizowanego podejścia w celu zawężenia możliwości na podstawie lokalizacji, objawów klinicznych i testów diagnostycznych. Stosowanie metod takich jak mnemotechnika VITAMIN D pomaga zapewnić, że wszystkie kategorie potencjalnych przyczyn zostaną uwzględnione.

Obrazowanie negatywowe – co dalej?

Gdy obrazowanie (MRI lub TK) jest negatywne u weterynaryjnego pacjenta neurologicznego, może być to rzeczywiście trudne, ale nie oznacza, że nie można postawić ostatecznej diagnozy. Negatywne wyniki obrazowania sugerują, że albo zmiana jest zbyt subtelna, aby wykryć ją przy użyciu obecnej technologii, albo problem jest funkcjonalny, a nie strukturalny, albo leży w obszarach słabo widocznych w standardowym obrazowaniu. Aby lepiej zrozumieć problem, czasami konieczne jest ponowne prześledzenie kroków diagnostycznych.

Ponowna ocena przypadku

Powrót do początku, a w szczególności ponowna ocena badania neurologicznego, jest kluczowa. Zapewnia to, że podejrzana lokalizacja zmiany jest prawidłowa. W niektórych przypadkach zmiany wielogniskowe mogą być

obecne i mylące, więc może być konieczne dalsze obrazowanie dodatkowych okolic.

Komunikacja z właścicielem

Jasna i skuteczna komunikacja z właścicielem zwierzęcia jest kluczowa. Właściciele muszą zrozumieć złożoność przypadku, powody, dla których obrazowanie może być negatywne, oraz kolejne kroki w procesie diagnostycznym. Informowanie właścicieli i angażowanie ich w proces leczenia pomaga w podejmowaniu decyzji i zapewnia, że będą oni gotowi na dalszą diagnostykę lub leczenie.

Monitorowanie pacjenta

Pacjent powinien być ściśle monitorowany pod kątem wszelkich zmian lub postępu objawów klinicznych, ponieważ mogą one dostarczyć dodatkowych wskazówek pomocnych w ustaleniu prawidłowej diagnozy. Czasami postęp objawów klinicznych ułatwia lokalizację problemu lub zmienia listę różnicową.

Dodatkowe badania laboratoryjne: W przypadkach podejrzenia chorób niestrukturalnych lub czynnościowych niezbędne są dodatkowe badania laboratoryjne:

Badania genetyczne: W przypadku schorzeń, takich jak mielopatia zwyrodnieniowa, które mogą nie być widoczne w badaniach obrazowych, wykonanie testu genetycznego (z wykorzystaniem krwi lub wymazu ze błony śluzowej jamy ustnej) może wyjaśnić postępujące schorzenia, zwłaszcza u psów wykazujących ataksję i będącymi przedstawicielami niektórych ras.

Analiza płynu mózgowo-rdzeniowego (PMR): Nakłucie i pobranie PMR jest kluczowe dla diagnozowania schorzeń takich jak zapalenie opon mózgowo-rdzeniowych lub chłoniak, w których stan zapalny, infekcja lub komórki nowotworowe mogą być obecne, ale niewidoczne w MRI lub TK. Przeciwwskazaniami do nakłucia płynu mózgowo-rdzeniowego są koagulopatie, zwiększone ciśnienie śródczaszkowe i wcześniejsza mielografia, ponieważ może

to powodować reakcję zapalną trwającą do 5 dni. Powikłania, które mogą wystąpić w trakcie tej procedury, to przebicie pnia mózgu, zakażenie i przepuklina. Punktami orientacyjnymi dla nakłuć PMR są guz potyliczny, najszerszy punkt skrzydeł atlasu, wyrostek kolczysty C2. Jako materiał zazwyczaj używa się igły rdzeniowe o grubości 22 lub 20 G wraz ze sterylnymi rękawiczkami i sterylnymi plastikowymi rurkami. Zwierzę układa się w pozycji leżącej na prawym boku, w przypadku osób praworęcznych, przycina się sierść oraz aseptycznie przygotowuje pole od zewnętrznego wyrostka do wyrostka kolczystego C2. Pozycjonowanie jest niezwykle ważne; dlatego personel powinien być zaznajomiony z tym, jak ułożyć pacjenta. Grzbiet pacjenta jest ustawiony tak, aby był na równi z krawędzią stołu. Pozycjoner powinien chwycić nos, wyciągnąć głowę i szyję do przodu, a następnie zgiąć nos w kierunku klatki piersiowej, prostopadle do osi kręgosłupa. Asystent popycha zewnętrzny guz potyliczny w kierunku operatora.

Pobiera się dwie próbki do pobierania krwi: pierwsza służy do pobierania próbek lekko zabarwionych krwią, a druga trafia do laboratorium. Można pobrać 10 ml na 5 kg, co stanowi około 10 kropli. Próbkę należy ocenić w ciągu 30 minut.

Elektromiografia (EMG) i badania przewodnictwa nerwowego: Te testy pomagają ocenić funkcję nerwowo-mięśniową. Jeśli podejrzewa się chorobę nerwowo-mięśniową, taką jak miastenia lub poliradikuloneuritis, testy te mogą dostarczyć istotnych informacji. W przypadku podejrzenia miopatii lub dysfunkcji dolnego neuronu ruchowego, można wykonać biopsję mięśni i nerwów. Biopsje mięśnia zwykle wiążą się z niską zachorowalnością. W ostrej chorobie należy wybrać mięsień poważniej dotknięty chorobą. W przewlekłej chorobie w stadium końcowym zanik i zastąpienie włókien mięśniowych tłuszczem i tkanką łączną może utrudnić interpretację biopsji. W takiej sytuacji można wybrać mięsień mniej poważnie dotknięty chorobą. Do biopsji wybiera się najczęściej mięsień dwugłowy uda, mięsień brzuchaty łydki, mięsień

piszczelowy czaszkowy, nerw strzałkowy wspólny i nerw piszczelowy. Po biopsji mięśnia tkanka mięśniowa o wymiarach 1x2 cm powinna zostać zszyta na kawałku drewna. Do badania pod mikroskopem elektronowym konieczne jest utwalenie w glutaraldehydzie. Do biopsji nerwu można pobrać maksymalnie jedną trzecią grubości obwodu. Długość powinna wynosić około 1 cm i jest ona mocowana na drewnianym patyczku kosmetycznym.

Badania serologiczne i PCR: W przypadku podejrzenia chorób zakaźnych, takich jak Toxoplasma, Neospora, nosówka lub zakaźne zapalenie otrzewnej kotów (FIP), badania te (krwi lub płynu mózgowo-rdzeniowego) mogą pomóc w potwierdzeniu rozpoznania.

Kontrolne badania obrazowe

Jeśli objawy kliniczne postępują lub zmieniają się z czasem, konieczne może być wykonanie kontrolnych badań obrazowych w celu wykrycia subtelnych lub powoli rozwijających się zmian, które nie były widoczne podczas początkowych skanów.

Druga opinia

Wreszcie, w skomplikowanych lub niejasnych przypadkach, zawsze dobrym pomysłem jest zasięgnięcie drugiej opinii od lekarza weterynarii specjalizującego się w neurologii lub radiologii. Świeża perspektywa lub dodatkowa wiedza specjalistyczna mogą ujawnić niuanse, które wcześniej były pomijane.

Podsumowując, negatywne obrazowanie nie jest końcem procesu diagnostycznego w przypadku neurologicznym. Dokładna ponowna ocena, zaawansowana diagnostyka, komunikacja z właścicielem zwierzęcia, a czasem powtórzenie obrazowania lub druga opinia mogą wskazać drogę do dokładnej diagnozy.

WARTOŚĆ MECHANICZNA NOWEGO WZORU PŁYTY DO ZABIEGÓW TPO / DPO MIEDNICY PSA

¹Wiktor Turek, ²Roman Aleksiewicz, ³Kateryna Albu

¹PROTON Rezonans dla Zwierząt w Krakowie

**²Wydział Medycyny Weterynaryjnej Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona
Kollątaja w Krakowie**

³PROVET, Kliniczna Praktyka Weterynaryjna

Dysplazja stawów biodrowych (Canine Hip Dysplasia – CHD), jest dziedziczną, rozwojową chorobą ortopedyczną stawów biodrowych. Najwcześniejszym objawem klinicznym choroby jest nadmierne rozluźnienie stawów biodrowych, prowadzące do zaburzeń biomechaniki stawów dotkniętych chorobą. Konsekwencją stają się zmiany morfologiczne w obrębie tkanki łącznej (torebki stawowa, więzadła głowy kości udowej, przyczepów mięśni obręczy miednicznej), które prowadzą do niewłaściwego rozkładu sił i powstania inkongruencji powierzchni stawowych (1). Proces chorobowy zaburza i opóźnia prawidłowy rozwój elementów kostnych stawu biodrowego prowadząc do podwichnięć, zapalenia błony maziowej, choroby zwyrodnieniowej, bólu i kulawizny. Należy zaznaczyć, że CHD jest procesem dynamicznym, a ekspresja objawów choroby zależy od czasu, w którym są one oceniane. W trakcie diagnostyki możliwe jest wydzielenie, odrębnie rozwijających się patologii w obszarze panewki miednicy oraz w obszarze kości udowej (2). Postępowanie lecznicze powinno być oparte o wnikliwie przeprowadzoną, rozbudowaną diagnostykę, gdyż daje to szansę na spersonalizowanie terapii. Jeśli asynchroniczny rozwój elementów stawu biodrowego zostanie odpowiednio wcześniej uchwycony i skorygowany, prawidłowa funkcja stawu biodrowego może zostać przywrócona (3). CHD charakteryzuje sekwencyjność rozwoju objawów, a pojawiające się patologie korelują z czasem trwania choroby. Postulat ten wskazuje, iż wybór procedury leczenia powinien być adekwatny do

etapu choroby (3). Wśród wielu technik dedykowanych opanowaniu rozwoju dysplazji stawów biodrowych jest wprowadzona przez Slocum w 1986 r. technika potrójnej osteotomii miednicy (Triple Pelvic Osteotomy – TPO). Procedura TPO była wielokrotnie modyfikowana i unowocześniana w zakresie techniki operacyjnej jak i stosowanych implantów (4,5). Zadaniem TPO jest wymuszenie wentrowersji panewki w celu uzyskania większego procentu pokrycia głowy przez panewkę stawu (percentage coverage – PC). TPO może znacznie ograniczyć dysfunkcję stawu biodrowego i zaskutkować normalnym lub prawie normalnym funkcjonowaniem (86–92%) operowanych kończyn. TPO minimalizuje rozwój choroby zwyrodnieniowej stawów na CHD (6). Co ciekawe, powyższe obserwacje dotyczą również psów które nie powróciły do pełnej sprawności, a poprawa funkcji ich kończyn wynosiła 12% w porównaniu z wartościami z okresu przedoperacyjnego. Korzyści przeprowadzenia TPO są opisywane przez wielu autorów, niemniej jednak należy mieć na względzie, że psy które są kwalifikowane do zabiegu to zwierzęta młode, aktywne, zwykle dużych ras. W sposób naturalny, kości tych zwierząt charakteryzują się mniejszą gęstością warstwy korowej kości, co wybitnie podnosi ryzyko powikłań związanych z implantacją płyty TPO. W badaniach Remedios dotyczących zastosowania techniki TPO z zastosowaniem standardowych płyt 6- i 7- otworowych z tą samą wartością kąta $\beta = 20 - 30^\circ$, wykazał zaistnienie komplikacji w 8. na 12. wykonanych zabiegów TPO (1,7). Najczęściej zgłaszanymi powikłaniami po zabiegach TPO są; zwężenie kanału miednicy, utrata stabilizacji związana z migracją wkrętów i odspojenia płyty (7-11). Ponadto w doniesieniach naukowych znajdujemy, opisywane jako komplikacji: uszkodzenie mięśnia kulszowego i pośladkowego doczaszkowego, uszkodzenia nerwu i tętnicy zasłonowej, nadmierne pokrycie głowy przez sklepienie panewki z konsekwencją późniejszego uderzenia głowy kości udowej, a także opóźnione gojenie osteotomii biodrowej i kulszowej (8,12,13). Wymienione powikłania nie zawsze powodują niedobory funkcjonalne i zwykle są akceptowane jako

przemijające powikłania (6,13). Planując TPO należy pamiętać, że poddawanie naturalnej konstrukcji miednicy tak radykalnemu zabiegowi, pociąga za sobą zmiany o różnej skali (4). Dlatego z pełną świadomością należy uznać jako naturalny wysoki odsetek powikłań pooperacyjnych po zabiegach TPO, który zwykle waha się od 35% do 70%. Należy podkreślić, że migracja wkrętów jest powszechnym problemem, co opisywane jest w pracach wielu autorów (14). Poluzowanie wkrętów skutkujące niestabilnością implantu i jest najczęstszym powikłaniem, które może wystąpić we wczesnym okresie pooperacyjnym tj. do 10 doby po zabiegu (15). W swych badaniach Doornink wykazał, że 25% powikłań w okresie wczesnym było wynikiem poluzowania wkrętu (16). Inni autorzy, poszukując wsparcia dla wykonanych stabilizacji płytami TPO aż w 99% przypadków stosowali szew z drutu pomiędzy odłamami kości kulszowej. Wyniki ich prac pokazały, iż zastosowane cerklaże z drutu ortopedycznego nie wsparły stabilizacji tak by mogły zapobiec luzowaniu wkrętów, szczególnie w aspekcie dogłowym płyty (14). W pracach poświęconych zagadnieniu destabilizacji wkrętów w zabiegach TPO, wielu autorów wskazuje, iż użycie pojedynczych wkrętów korowych wprowadzonych w trzon kości krzyżowej sprzyja niestabilności i poluzowaniu wkrętów w aspekcie dogłowym płyty. Analiza doniesień literaturowych, wnikliwa analiza przypadków własnych pozwala na stwierdzenie, iż podnoszony problem poluzowania wkrętów i utrata zespolenia w zabiegach TPO/DPO posiada wiele zmiennych uwarunkowań, a poglądy na ten temat warunkowane są w dużym stopniu doświadczeniem autorów. W swej pracy Hulse wskazał, że posadowienie 1 wkrętu (głównie gąbczastego) w obszar kości krzyżowej ogranicza mikroruchy stawu krzyżowo-biodrowego. Wpływa to na mikrorotację w obszarze osteotomii kości biodrowej i powoduje znacznie mniejsze luzowanie wkrętów w aspekcie dogłowym płyty (17). Obserwacje wskazujące, że w zabiegach TPO w trakcie których wkręty posadowione w kości krzyżowej luzują się łatwiej i częściej niż krótsze wkręty umieszczone tylko w kości biodrowej, wydają się spójne i bliskie

obserwacjom opisanym w pracy Hulse (18). W jednym z badań z wykorzystaniem modelu kości psa *in vitro* wykazano, że wkręty ulegają względnie łatwemu poluzowaniu, jeśli kość jest poddawana cyklicznemu obciążeniu ścinającemu (19). Równie ciekawą okazała się obserwacja, że użycie gwintowników i wstępne gwintowanie otworów pod wkręty niesamogwintujące wpływało na częstsze luzowanie wkrętów i ich częstszą migrację w porównaniu do TPO z zastosowaniem wkrętów samogwintujących. W tym miejscu należy zwrócić uwagę na dalsze generowanie kolejnych patologii i powikłań będących następstwem poluzowania wkrętów, czemu towarzyszą m.in. mikropęknięcia wywołane cyklicznym obciążeniem na szczycie zewnętrznej średnicy gwintu wkrętu (19,20). Zatem stosowanie wkrętów samogwintujących należy uznać za bezpieczniejsze w operacji TPO. Whelan i inn., w swej pracy wykazali istotnie niższy odsetek poluzowania wkrętów w przypadkach TPO wykonywanych z zastosowaniem większej niż 1 liczby wkrętów posadawianych w kości krzyżowej (14). Inni badacze w swych badaniach donieśli, że liczba wkrętów posadowionych w kości krzyżowej nie odgrywała roli w procesie ich luzowania. Niemniej jednak posadowienie wkrętów w kości krzyżowej zmniejsza tendencję do ich poluzowania (21) w wielu przypadkach TPO. Badania Hosgood wskazują, że utrata współosiowości między częścią doczaszkową kości biodrowej a segmentem panewkowym jest najczęstszym następstwem poluzowania się wkrętów w aspekcie dogłowym (22). Należy zauważyć, iż od momentu wprowadzenia techniki TPO wielu autorów wskazuje, iż najczęstszym miejscem poluzowania wkrętów (szczególnie w przypadku użycia płyt 6-cio otworowych) jest aspekt dogłowy osteotomii (5,7,15,23). Utrata współosiowości odłamów osteotomii okazuje się minimalna w przypadku poluzowania 1 lub 2 wkrętów. Jednak, gdy wszystkie 3 wkręty, w aspekcie dogłowym ulegną poluzowaniu, staje się to przyczyną niepowodzenia operacji. Implanty blokujące zyskały popularność i cieszą się coraz większym zainteresowaniem, gdyż zdecydowanie zmniejszają ryzyko poluzowania się

wkrętów. W 2006 r., wprowadzono do użytku blokowaną płytkę TPO. W badaniach Rose wykazał, że użycie blokowanych 7-otworowych płytek skutkowało niższym wskaźnikiem poważnych i drobnych powikłań związanych z implantem niż zgłaszany wcześniej wskaźnik powikłań dla konwencjonalnych płytek 6-otworowych. Zwiększenie liczby wkrętów do 7. wpłynęło na obniżenie wskaźnika powikłań zgodnie z zasadą, iż siła mocowania płytki kostnej jest równa iloczynowi ścinającego naprężenia kości i powierzchni kości w obrębie gwintu wkrętu, niewątpliwie dodatkowy wkręt zwiększa ten iloczyn (24). Kolejnym istotnym doniesieniem była informacja, że użycie nieblokowanej 8-otworowej płyty TPO zmniejszyło częstość poluzowania wkrętów do 0,5%. Szereg badań i doniesień na tematy dotyczące; znaczenia zwiększonej liczby wkrętów (użycie wszystkich wkrętów gąbczastych), innych cech konstrukcyjnych płyty, posadowienie wkrętów w trzonie kości krzyżowej lub/i kombinacja tych czynników, przyczyniało się do istotnego obniżenia wskaźnika poluzowania wkrętów, szczególnie w aspekcie dogłowym. Istotnym dla aktualnych poglądów są wyniki badań Rose i inn., które pokazały, że całkowite odspojenie płyty i wypadnięcie wkrętów w części ogonowej płyty jest powtarzalnym powikłaniem, często powiązaniem z użyciem blokowanych implantów TPO (25). W badaniach tych badacze ujawnili wystąpienie 2,6% komplikacji w postaci poważnego powikłania po 9 dniach jako zniszczenie osteosyntezy w aspekcie doogonowym, oraz 5,3% w postaci drobnych powikłań związanych z poluzowaniem pojedynczego wkrętu w segmencie doogonowym po zabiegach TPO (25).

XIV MIĘDZYNARODOWA KONFERENCJA RADIOLOGICZNO CHIRURGICZNA
WSPÓŁCZESNE TECHNIKI DIAGNOSTYCZNE I TERAPEUTYCZNE W PRAKTYCE

Dog no.	Age (months)	Breed	Side	Screw type	Number of screws that engage sacrum	Screw loosening	Treatment Comments	Outcome
1	9	Rottweiler	Right	3,5 mm cortical	2	All three caudal screws disengaged	Conservative	Poor
2	12	Golden Retriever	Bilateral	3,5 mm cortical 3,5 mm cortical	2 2	Both sides all cranial screws disengaged	First revision: retightened screws Second revision: retightened screws, biopsy (normal). Added ilial cerclage wires Failed again	Eutanatized
3	11	Chesapeake Bay Retriever	First side (Right) Second side (Left) performed at day five	4,0 mm Cancellous 4,0 mm Cancellous	1 1	All three cranial crews completely disengaged five days after surgery No	Revision with additional ventral plate Second side (left) performed without complication	Good
4	12	Husky	First side (Left) Second side (Right) performed at day six	3,5 mm cortical 3,5 mm cortical	2 2	All three cranial crews completely disengaged six days after surgery All three caudal crews loosened at six - week progress evaluation	Revision with additional ventral plate Second side TPO performed with moderate screw loosening, but successfully healed with conservative treatment	Good

Fitch R.B., Kerwin S., Hosgood G., Marquis R.D., Pluchar E., Kudnig S.T. Treatment of mechanically failed triple pelvic osteotomies in four dogs - part 2. 2002 .

Table 1. Summary Data for 16 Dogs That Had Triple Pelvic Osteotomy (TPO)

Dog	Breed	Sex	Age (Months)	Side	Loose Screws	Screw Position	Screw Size (mm)	Comment
1	Chow-Chow	F	7	R	2	1, 2	3.5	Previous TPO left side 3.5 mm screw changed to 4.5 mm
2	Rottweiler	F	7	R	—			
3	Labrador	M	6	L	3	1-3	4.0	
			7	R	2	1, 3	4.0, 3.5 (#3)	
4	Labrador	F	8.5	R	1	1	4.0	
5	German Shepherd	M	9.5	L	2	1, 2	4.0	
6	Mongrel	NF	11	R	1	1	4.0	DARthroplasty—left
7	Labrador	M	10	R	3	1-3	4.0, 3.5 (#3)	DARthroplasty—left
8	Labrador	F	8	L	—			
			9	R	—			
9	Newfoundland	F	7	L	—			
10	Pitt-bull	F	10	R	—			Dysplastic hip luxation
			11	L	—			
11	Border Collie	F	54	L	—			Recurrent hip luxation
12	Rottweiler	F	12	R	—			
13	Newfoundland	F	7	L	1	1	4.0	
14	Samoyed	F	7	R	2	2, 3	4.0	
15	English Setter	M	8	R	3	1-3	4.0	
16	Mixed breed	M	9.5	L	2	2, 3	4.0	
			8	L	3	4-6	3.5	Caudal screws loosened

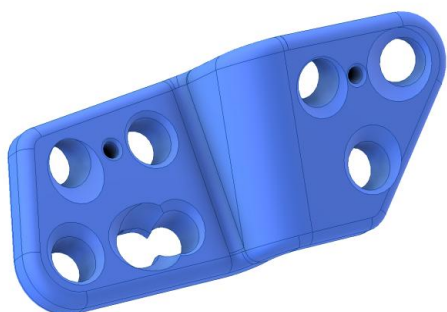
M, = male; F, = female; NF, = neutered female; R, = right side; L, = left side.

Bogoni P., Rovesti G. L. 2005. Early detection and treatment of screw loosening in triple pelvic osteotomy.

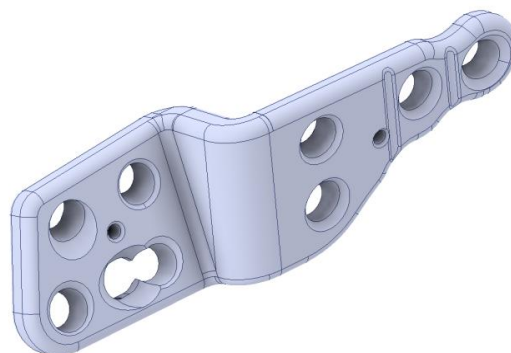
W celu zmniejszenia częstości występowania powikłań związanych z użyciem implantów TPO dokonano modyfikacji techniki i zaproponowano nową technikę, podwójną osteotomię miednicy (Double Pelvic Osteotomy – DPO) w miejsce techniki TPO (26). DPO nie jest techniką idealną, również i w tym przypadku istnieją powikłania pooperacyjne. Udokumentowane powikłania po zabiegach DPO obejmują; zniszczenie posadowienia implantu (3,5%), częściowe odspojenie płyty DPO (9,4%) oraz niecałkowite złamanie płyty kości kulszowej (7,5%) (26). Badania Rose, porównujące powikłania w typie poluzowania wkrętów po zabiegach TPO i DPO pokazały, że najczęstszą lokalizacją tych powikłań po zabiegach DPO jest aspekt doogonowy, czyli segment panewkowy (25). Należy zastrzec, że w tym przypadku wyniki badań mogły być związane z zastosowaniem wielopłaszczyznowych systemów płyt blokowanych. Jednocześnie, zwiększenie całkowitej liczby wkrętów do 7, wpłynęło istotnie na spadek częstości powikłań. Związane jest to z tym, iż siła mocowania płyty kostnej jest równa wartości naprężenia ścinającego kości i powierzchni kości wypełnionej wkrętem, a zastosowanie dodatkowego wkrętu zwiększa tę wartość (24). Podsumowując dotychczasowe rozważania, oparte o przegląd literatury oraz o obserwacje własne autorów doniesienia, można stwierdzić, iż luzowanie się wkrętów w procedurach osteotomii miednicy należy uznać za jeden z częściej występujących komplikacji wczesnego i późnego okresu pooperacyjnego. W związku z wprowadzeniem do techniki TPO 7-8 otworowych systemów blokowanych, użyciem wkrętów gąbczastych, stosowaniem większej niż 1, liczby wkrętów posadawianych w trzonie kości krzyżowej, problem luzowania wkrętów w aspekcie dogłowym został zminimalizowany. Jak pokazały prace wielu autorów oraz obserwacje własne autorów niniejszego doniesienia, powyższe rozwiązania nie wpłynęły znacząco na zmniejszenie liczby poluzowań wkrętów w aspekcie doogonowym (panewkowym). Wręcz odwrotnie. Dotychczasowy procent luzowania wkrętów

w segmencie panewkowym uległ wzrostowi po wprowadzeniu techniki DPO. Wzbudziło to nawet dyskusję na temat możliwości przesztywnienia układu płyta/kość w zakresie wykonanej osteosyntezy. Obserwacje te stały się powodem podjęcia prac nad opracowaniem odpowiedniego modelu płyty TPO/DPO której użycie dawało by wsparcie osteosyntezie zarówno w aspekcie dogłowym jak i zakresie segmentu panewkowego.

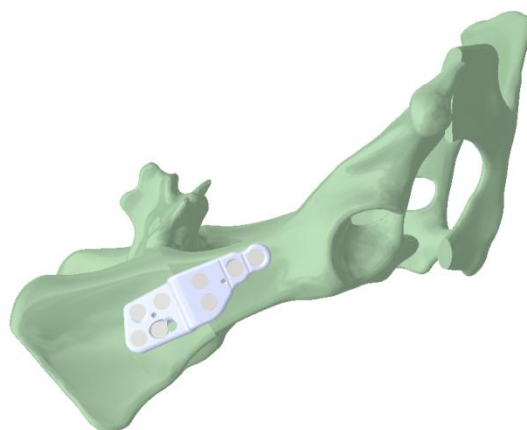
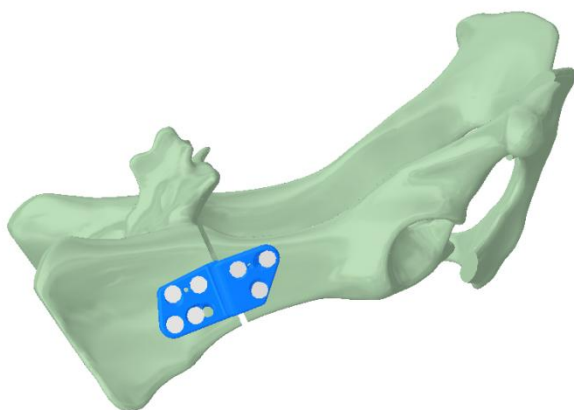
Celem badawczym pracy była analiza biomechaniczna układu płytka TPO/DPO-miednica psa. W ramach pracy opracowano model numeryczny miednicy oraz dwa warianty implantów (krótki- stary, długi-nowy) w celu przeprowadzenia symulacji numerycznych pracy układu. Dodatkowo przeprowadzono badania doświadczalne na modelu fizycznym (drukowanym)miednica+implant z wykorzystaniem maszyny wytrzymałościowej w celu identyfikacji stanu odkształceń układu niezbędnego do weryfikacji modelu numerycznego. Na poniższych rysunkach przedstawiono opracowane modele geometryczne.

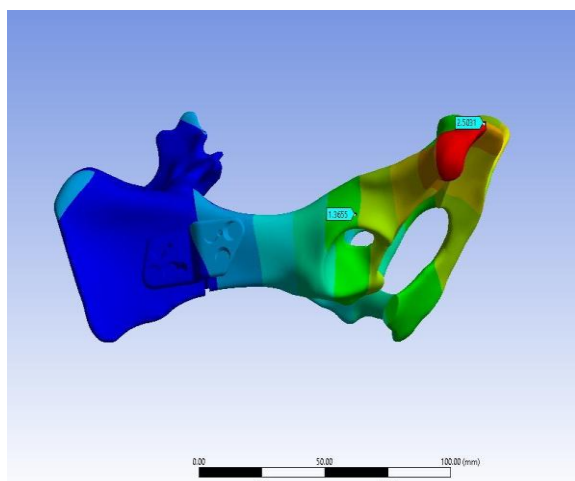


Rys. 1. Model geometryczny implantu krótkiego (wariant nr 1)

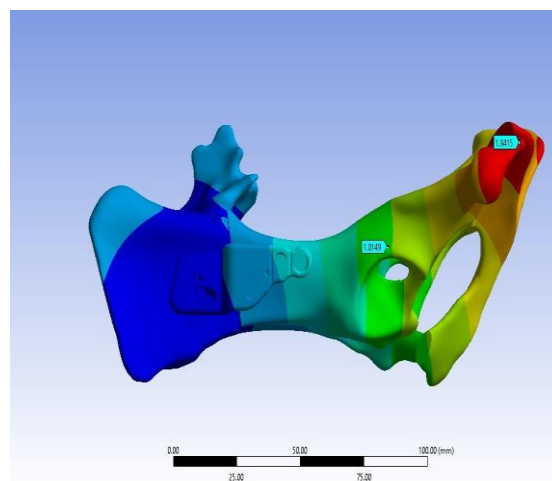


Rys. 2. Model geometryczny implantu długiego (wariant nr 2)



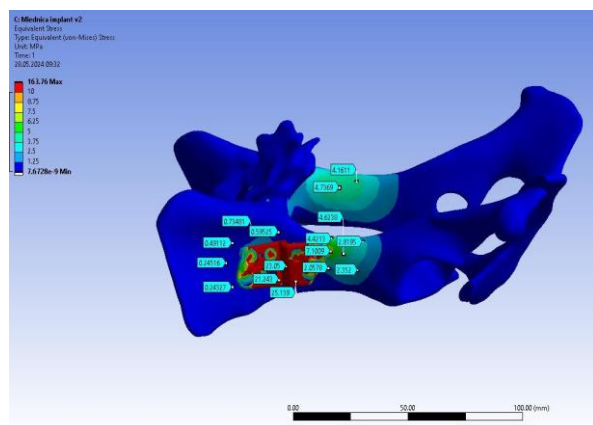


Rys. 18. Mapa przemieszczeń uzyskana dla modelu miednica – implant krótki

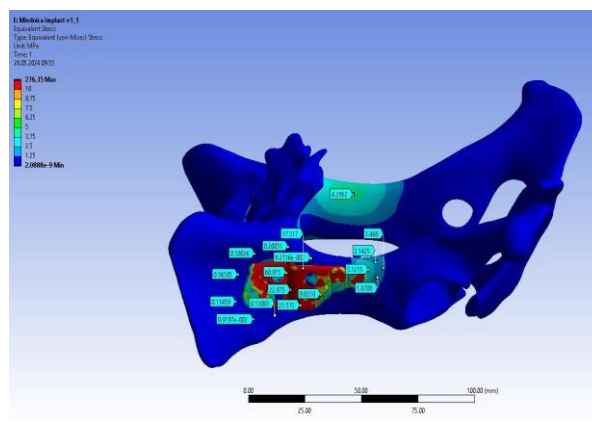


Rys. 19. Mapa przemieszczeń uzyskana dla modelu miednica – implant długi

Na przedstawionych mapach przemieszczeń można zauważyć, iż model miednica – implant krótki uzyskał maksymalną wartość przemieszczenia równą 2,5 mm natomiast model miednica – implant długi 1,84 mm.



Rys. 20. Mapa naprężeń uzyskana dla modelu miednica – implant krótki



Rys. 21. Mapa naprężeń uzyskana dla modelu miednica – implant długi

Na przedstawionych mapach naprężeń można zauważyć, iż implant krótki uzyskał maksymalną wartość naprężenia równą 163,76 MPa natomiast model miednica – implant długi przenosi znacznie większe wartości naprężenia równe 276,35 MPa. Należy jednak zwrócić uwagę, że są to wartości, które występują

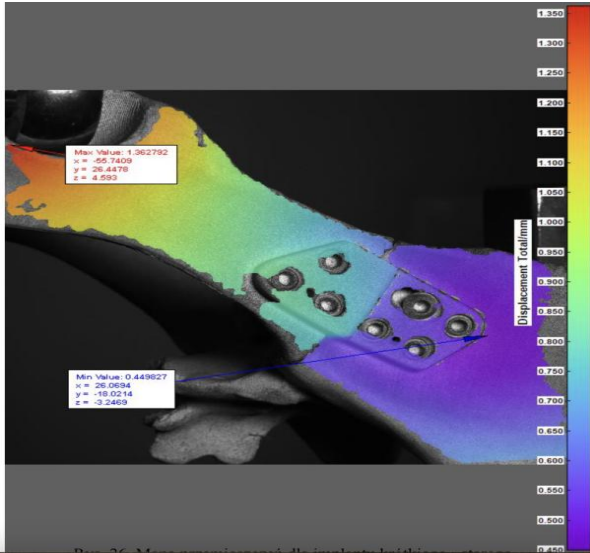
na analizowanych implantach. Wartości naprężeń występujące na kości miednicy dookoła zamocowanego implantu w przypadku implantu długiego są znacznie niższe niż w przypadku implantu krótkiego.

Podczas przeprowadzania badań wykorzystano dodatkowo zaawansowany system cyfrowej korelacji obrazu. System cyfrowej korelacji obrazu jest mającą szerokie zastosowanie optyczną metodą pomiarową do wyznaczania rozkładu przemieszczeń obiektu oraz do określenia pola odkształceń 3D. Jest to metoda w pełni bezdotykowa, gdzie określa się pomiar konturu, odkształcenia materiału podczas wykonywanych pomiarów (wraz z użyciem maszyny wytrzymałościowej), jak i przemieszczenia. Działanie systemu polega na odnajdywaniu przez algorytm oprogramowania charakterystycznych punktów, które naniesione są na powierzchnię materiału z użyciem farby. Program określa ich położenie względem osi x, y, z w stanie początkowym i podczas przeprowadzanego badania. Kolejno dokonuje pomiaru przemieszczeń tych punktów porównując ich rozkład na poszczególnych etapach obciążenia względem stanu początkowego, co daje możliwość przedstawienia relacji między działaniem siły obciążającej a odkształceniem.

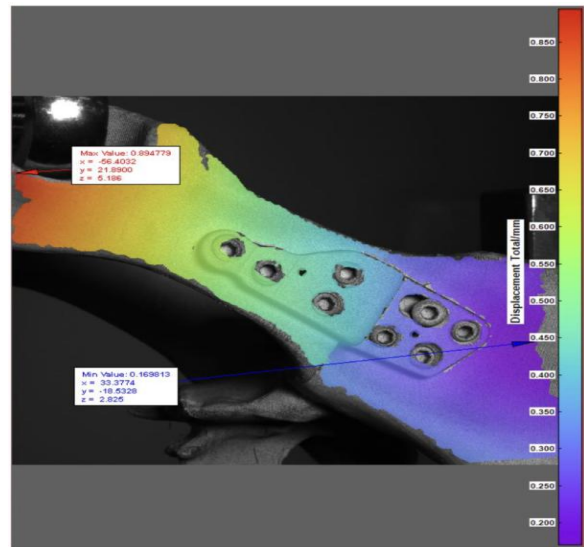


Rys.1. Stanowisko pomiarowe dla modelu miednica-implant

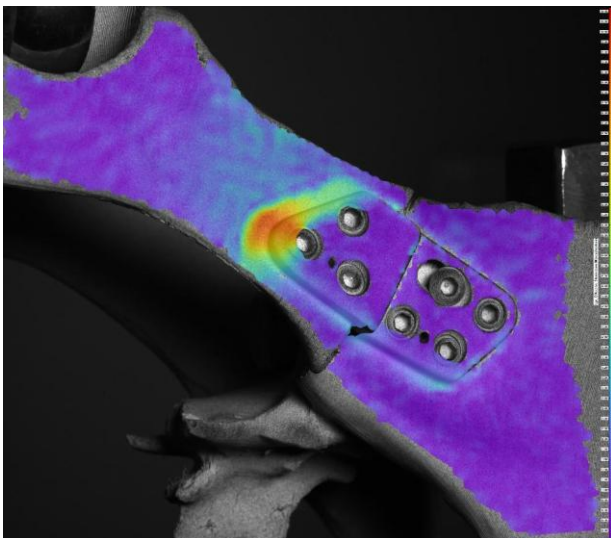
Podczas badań za pomocą systemu cyfrowej korelacji obrazu rejestrowano mapy przemieszczeń i odkształceń dla badanego obiektu. Na poniższych rysunkach przedstawiono uzyskane wyniki badań.



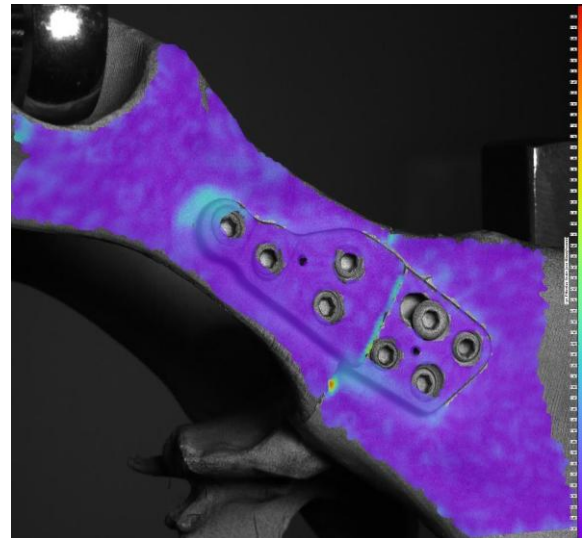
Rys. 2. Mapa przemieszczeń dla implantu krótkiego-starego



Rys. 3. Mapa przemieszczeń dla implantu długiego- nowego



Rys. 4.. Mapa odkształceń dla implantu krótkiego-starego



Rys. 5.. Mapa odkształceń dla implantu długiego- nowego

Na przedstawionych mapach odkształceń można zauważyć, iż implant krótki generuje znacznie większe wartości odkształceń, które koncentrację się w miejscu zamocowania implantu do kości oraz na kości niż implant-długi.

Przedstawiony rozkład przemieszczeń i odkształceń jest zbieżny z rozkładem uzyskanym w obliczeniach numerycznych. Uzyskane wartości różnią się nieznacznie od siebie co jest wynikiem braku możliwości oddania dokładnie identycznych warunków w badaniach doświadczalnych w porównaniu z badaniami numerycznymi. Porównując jednak rozkłady map w badaniach numerycznych i doświadczalnych dają nam możliwość oceny jakościowej opracowanych modeli numerycznych. Analizując uzyskane wyniki badań numerycznych i doświadczalnych można zauważyć, iż układ miednica – implant długi wypada korzystniej niż układ miednica – implant krótki. Rozkład uzyskanych odkształceń jest bardziej równomierny i nie generuje dużych koncentracji w jednym miejscu, co może być korzystne z punktu widzenia użytkownika.

Piśmiennictwo:

1. Slocum B, Devine T. Pelvic osteotomy technique for axial rotation of the acetabular segment in dogs. *J Am Anim Hosp Assoc* 1986; 22: 331-338.
2. Prieur WD. Coxoarthrosis in the dog. Part I; Normal and abnormal biomechanics of the hip joint. *Vet Surg* 1980; 9: 145-149.
3. Riser W. H.: Hip dysplasia as a disease. *Vet. Pathol.* 1975, 12:316–323.
4. Graehler R. A., Weigel J. P., Pardo A. D.: The effects of plate type, angle of ilial osteotomy, and degree of axial rotation on the structural anatomy of the pelvis. *Vet. Surg.* 1994, 23: 13–20.
5. Borostyankoi F., Rooks R. L., Kobluk C. N., Reed A. L., Littledike E. T.: Results of single-session bilateral triple pelvic osteotomy with an eight-hole iliac bone plate in dogs: 95 cases (1996–1999). *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 2003, 222: 54–59.
6. Punke JP, Fox DB, Tomlinson JL, et al. Acetabular ventroversion with double pelvic osteotomy versus triple pelvic osteotomy: a cadaveric study in dogs. *Vet Surg* 2011; 40: 555–62.

7. Remedios A, Fries C: Implant complications in 20 triple pelvic osteotomies. *Vet Comp Orthop Traumatol* 1993;6:202–207
8. Simmons S., Johnson A. L., Schaeffer D. J.: Risk factors for screw migration after triple pelvic osteotomy. *J. Am. Anim. Hosp. Assoc.* 2001, 37: 269–273.
9. Renberg W. C., Johnston S. A., Carrig C. B., Budsberg S. C., Ye K., Veit H. P.: Evaluation of a method for experimental induction of osteoarthritis of the hip joints in dogs. *Am. J. Vet. Res.* 2000, 61: 484–491.
10. Johnson A. L., Smith C. W., Pijanowski G. J., Hungerford L. L.: Triple pelvic osteotomy: effect on limb function and progression of degenerative joint disease. *J. Am. Anim. Hosp. Assoc.* 1998, 34: 260–264.
11. Schrader S. C.: Triple osteotomy of the pelvis and trochanteric osteotomy as a treatment for hip dysplasia in the immature dog: The surgical technique and results of 77 consecutive operations. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 1986, 189: 659–665.
12. Slocum B., Slocum D. T.: Pelvic osteotomy for axial rotation of the acetabular segment in dogs with hip dysplasia. *Vet. Clin. N. Am. Small Anim. Pract.* 1992, 22: 645–682
13. Altunatmaz K., Yucel R., Devecioglu Y., Saroglu M., Ozsoy S.: Treatment of canine hip dysplasia using triple pelvic osteotomy. *Vet. Med. Czech.* 2003, 48: 41–46.
14. Whelan MF, McCarthy RJ, Boudrieau RJ, Kraus KH. Increased sacral screw purchase minimizes screw loosening in canine triple pelvic osteotomy. *Vet Surg.* 2004;33:609–14
15. Bogoni P, Rovesti GL: Early detection and treatment of screw loosening in triple pelvic osteotomy. *Vet Surg* 2005;34:190–195
16. Doornink MT, Nieves MA, Evans R. Evaluation of ilial screw loosening after triple pelvic osteotomy in dogs: 227 cases (1991–1999). *J Am Vet Med Assoc* 2006; 229: 535–541.
17. Hulse DA, Shires P, Waldron D, et al. Sacroiliac luxation. *Compend Contin Educ Pract Vet* 1985; 7: 493–499.
18. Simmons S, Johnson AL, Schaeffer DJ. Risk factors for screw migration after triple pelvic osteotomy. *J Am Anim Hosp Assoc* 2001; 37: 269–273.
19. Murphy TP, Hill CM, Kapatkin AS, et al. Pullout properties of 3.5-mm AO/ASIF self-tapping and cortex screws in a uniform synthetic material and in canine bone. *Vet Surg* 2001; 30: 253–260.
20. Vangsness CT jr, Carter DR, Frankel VH. In vitro evaluation of the loosening characteristics of selftapped and non-self-tapped cortical bone screws. *Clin Orthop Relat Res* 1981; 157: 279–286.

21. Hunt CA, Litsky AS. Stabilization of canine pelvic osteotomies with AO/ASIF plates and screws. *Vet Comp Orthop Traumatol* 1988; 1:52–57
22. Hosgood G, Lewis DD. Retrospective evaluation of fixation complications of 49 pelvic osteotomies in 36 dogs. *J Small Anim Pract* 1993;34:123–130.
23. Koch DA, Hazewinkel HA, Nap RC, et al. Radiographic evaluation and comparison of plate fixation after triple pelvic osteotomy in 32 dogs with hip dysplasia. *Vet Comp Orthop Traumatol* 1993; 6:9–15.
24. Egol KA, Kubiak EN, Fulkerson E, et al: Biomechanics of locked plates and screws. *J Orthop Traumatol* 2004;18:488–493
25. Rose JN, Peck, Tano CA, Uddin N, de Haan JJ. Effect of a locking triple pelvic osteotomy plate on screw loosening in 26 dogs. *Vet Surg.* (2012) 41:158–62. 10.1111/j.1532-950X.2011.00930.x
26. Vezzoni A, Boiocchi S, Vezzoni L, et al: Double pelvic osteotomy (dpo) as treatment option for hip dysplasia in growing dogs: preliminary results, in Veterinary orthopedic society. Colorado, USA, Steamboat Springs, 2009

PNEUMORRACHIS U KOTA, OPIS PRZYPADKU I PRZEGLĄD

LITERATURY

Mikołaj Paściak¹, Roman Aleksiewicz²

¹Kliniczna Praktyka Weterynaryjna Provet,

²Wydział Medycyny Weterynaryjnej Uniwersytetu Rolniczego

im. Hugona Kollątaja w Krakowie

Wstęp

Pneumorrhachis (PR) lub odma kanału kręgowego oznacza obecność gazu w kanale kręgowym i przestrzeniach nadtwardówkowych lub podtwardówkowych. Etiologie leżące u podstaw tego zjawiska są klasyfikowane jako jatrogenne, urazowe lub nieurazowe¹. Najczęściej zgłaszaną przyczyną PR jest uraz, który może być związany z odmą mózgową², złamaniem lub przemieszczeniem kręgosłupa⁴, urazem miednicy⁵, i tępym urazem klatki piersiowej⁶. Przyczyny nieurazowe obejmują tworzenie się gazu w zwyrodniałych krążkach międzykręgowych, które po migracji do kanału powodują wtórną indukcję PR⁷, gaz z torbieli maziowych i produkcję gazu przez ropnie nadtwardówkowe⁸. Jatrogenne PR może wystąpić po iniekcjach nadtwardówkowych^{9,10} lub jako powikłanie dekompresji rdzenia kręgowego¹¹.

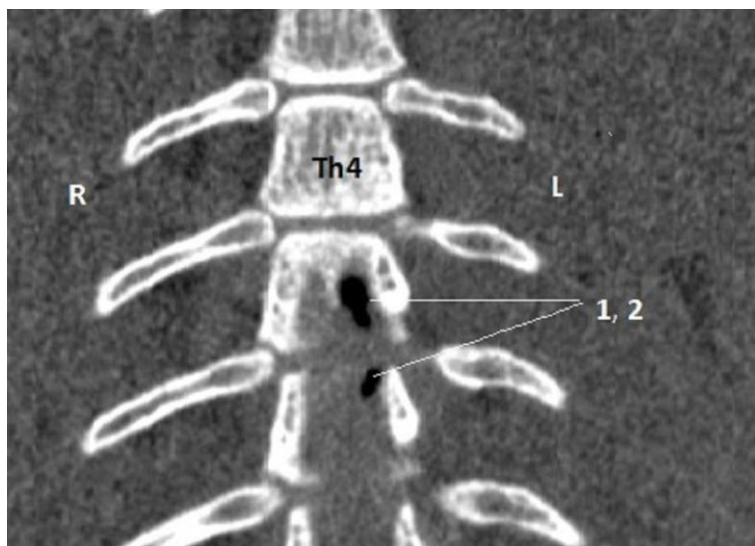
PR jest rzadkim zjawiskiem u zwierząt i ludzi. U psów obserwowano spontaniczne PR, które powoduje kliniczne objawy ucisku rdzenia kręgowego^{7, 8, 12}, a także PR jako jatrogenne powikłanie procesu leczenia¹¹. Jednak u kotów opisano tylko jeden przypadek jatrogennego PR⁹, bez badań oceniających związek między PR a objawami klinicznymi lub określających standardy leczenia. W wyniku tych luk w literaturze interpretacje takich zmian w badaniach obrazowych i ich związku z objawami nie zawsze są jednoznaczne. W artykule opisano przebieg kliniczny i wyniki leczenia u kota ze spontanicznym PR kręgosłupa piersiowego i objawami klinicznymi niedowładu kończyn. Dostępna literatura została przejrzana pod kątem terminu

pneumorrhachis u psa/kota i powiązanych słów kluczowych intraspinal air/gas u psa/kota, spinal pneumocele u psa/kota i subarachnoid pneumatosis u psa/kota. Kryteria wyszukiwania dały 8 badań, a literatura dotycząca wybranych badań została również przejrzana.

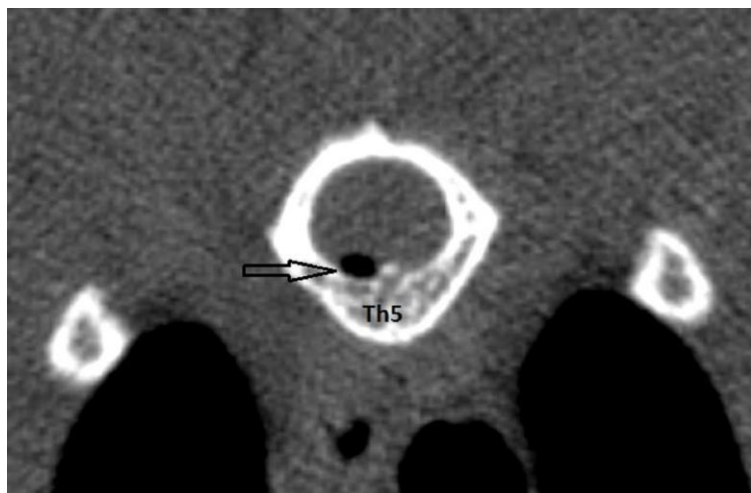
Opis przypadku

Trzyletnia, wysterylizowana kotka domowa krótkowłosa została skierowana na leczenie zaburzeń behawioralnych i zaburzeń koordynacji ruchowej. Kotka została adoptowana sześć miesięcy przed wizytą. Właścicielka wspomniała, że kotka zawsze była mniej aktywna niż inne koty, a przez ostatnie dwa tygodnie unikała skakania i nie pozwalała się głaskać, zwłaszcza w okolicy odcinka piersiowego kręgosłupa. Miała trudności z utrzymaniem równowagi, a trzy dni przed wizytą właścicielka zauważyła nasilający się niedowład kończyn tylnych, który okresowo ustępował i nawracał. Podczas prezentacji kot był przytomny, przyjął zgarbioną pozycję i poruszał się za pomocą kończyn piersiowych, ciągnąc za sobą kończyny miedniczne. Nie stwierdzono zaniku mięśni, a kot reagował agresywnie na palpację okolicy odcinka piersiowego kręgosłupa. Napięcie mięśni było obniżone w mięśniach odcinków piersiowego i lędźwiowego kręgosłupa oraz zwiększone w kończynach miednicznych. Temperatura wewnętrzna mierzona w odbycie wynosiła 38,3 °C. Badanie neurologiczne wykazało prawidłowe reakcje posturalne i odruchy rdzeniowe w kończynach piersiowych. W kończynach miednicznych osłabione były reakcje pozycjonowania proprioceptywnego, podskakiwania i pozycjonowania, czucie głębokie było zachowane. W obu kończynach miednicznych osłabieniu uległy odruchy cofania, a nasileniu odruchy rzepkowe i piszczelowe. Odruch kroczy był prawidłowy, a odruch skórny osłabiony doogonowo od Th4. Nie stwierdzono deficytów nerwów czaszkowych. Na podstawie badania neurologicznego stwierdzono niedowład kończyn miednicznych i przyjęto, że uszkodzenie zlokalizowane jest w odcinku Th3-L3. Z tego względu wykonano

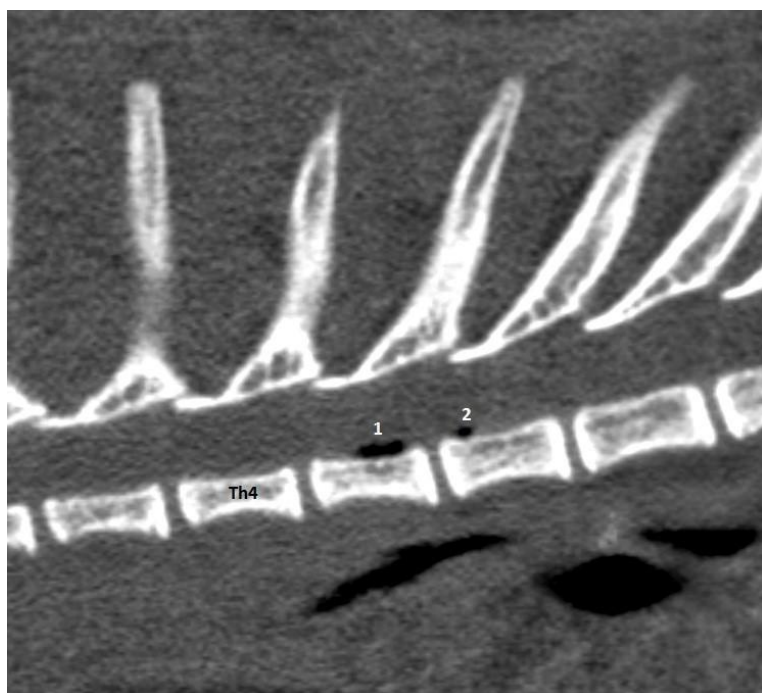
natywne zdjęcia RTG odcinków piersiowego i lędźwiowego kręgosłupa, na których stwierdzono rozsiane zmiany w obrębie płytek końcowych kręgów Th5-6, oraz zagęszczenie cienia przestrzeni międzykręgowej i otworu międzykręgowego Th5-6. W celu rozszerzenia diagnostyki wykonano natywne oraz mielograficzne badanie tomografii komputerowej. Podczas punkcji, przed podaniem środka kontrastowego, pobrano płyn mózgowo-rdzeniowy (PMR) na cytologię oraz posiew bakteriologiczny. W badaniu cytologicznym nie stwierdzono odchyleń od normy, a w posiewie nie stwierdzono wzrostu kultur bakterii. Po badaniu pobrano krew i mocz na posiew bakteriologiczny, i w posiewie z moczu stwierdzono obecność *Staphylococcus aureus* (koagulazo dodatni). CT wykazało PR w przestrzeni nadtwardówkowej w kanale kręgowym na wysokości przestrzeni Th5 i Th6. PR występował w postaci dwóch kieszonek gazu o wymiarach 1,95 mm × 1,85 mm × 1,94 mm (-927HU) i 1,45 mm × 0,95 mm × 0,96 mm (-822HU) (Ryc. 1, 2 i 3). Wykonano badanie mielograficzne, które jednak zatarło obraz wcześniej zdiagnozowanych kieszonek gazu w kanale kręgowym.



Ryc. 1. Skan tomografii komputerowej (okno kostne) odcinka piersiowego kręgosłupa, w płaszczyźnie czołowej, ukazujący kieszonki gazu na wysokości Th5 i Th6 (nr 1 i 2).



Ryc. 2. Skan tomografii komputerowej (okno kostne) odcinka piersiowego kręgosłupa, w płaszczyźnie poprzecznej, ukazujący kieszeń gazu na wysokości Th5 (czarna strzałka).



Ryc. 3. Skan tomografii komputerowej (okno kostne) odcinka piersiowego kręgosłupa, w płaszczyźnie strzałkowej, ukazujący kieszenie gazu na wysokości Th5 i Th6 (nr 1 i 2).

Na podstawie wywiadu, objawów klinicznych i wyników badań obrazowych zaplanowano dekompresję rdzenia kręgowego z prawostronną hemilaminectomią na poziomie Th5/6 zgodnie z techniką opisaną przez Bray et al.¹⁵

Z usuniętych tkanek wyizolowano bakterie *Staphylococcus aureus*, natomiast badanie histopatologiczne wykazało obecność tkanki włóknistej i chrząstki szklistej. Przez 4 tygodnie po zabiegu kot dostawał klindamycynę (według antybiogramu), podawano również leki przeciwbólowe, a także zalecono areszt klatkowy przez 2 tygodnie. Następnego dnia po zabiegu stwierdzono obecność czucia głębokiego i słabe ruchy kończyn miednicznych. W tym czasie kot nie trzymał moczu oraz wykazywał stopochód. W celu wsparcia leczenia wykonywano codzienny masaż i bierne ruchy tylnych nóg. Stan kota stopniowo się poprawiał. Trzeciego dnia po zabiegu powróciła kontrola nad oddawaniem moczu. Samopoczucie kota poprawiło się od trzeciego dnia i było skorelowane z zanikiem objawów neurologicznych. Deficyty propriocepcji kończyn miednicznych utrzymywały się do siedmiu dni po zabiegu. Po czterech tygodniach leczenia deficyty neurologiczne całkowicie zniknęły, a według właściciela kot wydawał się czuć dobrze. Właściciel nie wyraził zgody na kontrolne badanie TK. Siódmego dnia po operacji kota wypisano ze szpitala z niewielkim niedowładem resztkowym. Całkowite ustąpienie objawów choroby i powrót dobrostanu zwierzęcia odnotowano po dwóch miesiącach. Podczas 12-miesięcznej obserwacji nie zaobserwowano nawrotu choroby.

Dyskusja

Istnieje stosunkowo mało literatury opisującej PR u zwierząt, głównie dlatego, że badania obrazowe u zwierząt są zwykle wykonywane tylko u pacjentów z widocznymi objawami klinicznymi (niedowład, bolesność), podczas gdy u ludzi są wykonywane w przypadkach umiarkowanie nasilonych objawów bólowych, lub przeglądowo. Spośród różnych przyczyn PR opisanych u psów i kotów, spontaniczny PR jest najczęstszy (pięć przypadków) i podejrzewamy, że

wystąpił w naszym przypadku. Jatrogeny PR został opisany w czterech przypadkach, z czego trzy były spowodowane procedurami dekompresji rdzenia kręgowego, a jeden był konsekwencją znieczulenia zewnątrzoponowego. Jeden przypadek był spowodowany urazem kręgosłupa piersiowego. PR był zlokalizowany w kręgosłupie piersiowym u siedmiu pacjentów, w okolicy lędźwiowo-krzyżowej u czterech i w okolicy szyjnej u jednego. Ponieważ zwierzęta w innych zgłaszanych przypadkach wykazywały objawy kliniczne, podczas gdy PR u ludzi jest najczęściej bezobjawowe, można założyć, że samo występowanie gazu w kanale rzadko powoduje zmiany na tyle poważne, aby wywołać znaczące objawy kliniczne. Dlatego ustalenie innych patologii występujących w towarzystwie PR (degeneracyjna dyskopatia, zwężenie, stan zapalny, niedokrwienie itp.) ma ogromne znaczenie dla właściwego leczenia. W opisanych wcześniej przypadkach PR leczenie chirurgiczne wykonywano niezależnie od towarzyszącej patologii i przyczyny (spontanicznej lub jatrogennej)^{7,10,12}. W przypadku opisanym przez Macdonalda i innych¹² PR było główną zmianą, powodującą około 30% ucisku rdzenia i zostało zdiagnozowane u psa z postępującym niedowładem i upośledzonym głębokim czuciem w kończynach miednicznych. Wykonano hemilaminectomię grzbietowo-boczną i usunięto gaz z kieszonki utworzonej w tłuszczu okołopenalnym. W ciągu następnych trzech miesięcy pies stopniowo wracał do zdrowia. Decyzję o wykonaniu zabiegu podjęto ze względu na postępujący charakter choroby, a wyniki leczenia były pozytywne. W przypadkach obejmujących spontaniczny PR, tylko w jednej z prac⁸ opisano leczenie zachowawcze, które początkowo przeprowadzono u psa ze słabo wyrażonymi objawami klinicznymi. Podawano niesteroidowe leki przeciwzapalne przez 6 tygodni i zalecano odpoczynek. Gdy leczenie nie przyniosło żadnych rezultatów, wykonano TK kręgosłupa. Zaobserwowano zmiany osteochondroniczne w kanale kręgowym i kieszonki gazu. Następnie wykonano laminectomię i częściową discektomię. Sześć tygodni po zabiegu objawy

całkowicie ustąpiły, a w kontrolnym badaniu TK kręgosłupa nie zaobserwowano żadnych zmian.

Wnioski

PR u zwierząt występuje stosunkowo rzadko. Postęp w diagnostyce i częstsze stosowanie badań obrazowych u zwierząt z pewnością ułatwią częstsze obserwacje tego zjawiska. Dlatego nie należy lekceważyć pojawienia się PR w badaniach obrazowych. W naszym przypadku tomografia komputerowa okazała się pomocna w różnicowaniu procesów nowotworowych i zakaźnych. Interwencja chirurgiczna połączona z długotrwałą antybiotykoterapią przyniosła pozytywny wynik. Należy podkreślić, że badaniem diagnostycznym z wyboru jest natywna tomografia komputerowa. Obecność kieszeni gazowych charakterystycznych dla PR może zostać przeoczona lub zafałszowana w badaniu mielograficznym, co zauważyli inni autorzy¹⁹. Patologia, która mogła doprowadzić do powstania PR, powinna zostać wyjaśniona w celu ułatwienia odpowiedniego leczenia i jest niezbędna do uzyskania dobrego wyniku terapii. Decyzja o rodzaju leczenia jest uzasadniona stanem klinicznym. W przypadkach wykazujących niedowład wskazana jest dekompresja chirurgiczna.

Piśmienictwo

1. Bray, K. Y., Early, P. J., Olby, N. J., Lewis, M. J.; An update on hemilaminectomy of the cranial thoracic spine: Review of six cases. *Open Veterinary Journal*, (2020), Vol. 10(1): 16–21. DOI:10.4314/ovj.v10i1.4
2. Campos E., Rivera E.,to Mendoza O.: Post-traumatic *pneumorrhachis* in a dog American *Staffordshire Terrier* breed. 2017, DOI:10.21615/cesmvz.12.3.5
3. Cavanaugh R. P., Aiken S.W., Schatzberg S. J.: Intraventricular tension pneumocephalus and cervical subarachnoid pneumorrhachis in a bull mastiff dog after craniotomy. *J Small Anim Pract* 2008 ;49(5):244-8. doi: 10.1111/j.1748-5827.2007.0046.x.
4. Chimon J. L., Cantos E. L.: CT recognition of spinal epidural air after pelvic trauma. 1990;14(5):795-6. DOI: 10.1097/00004728-199009000-00023.

5. Cornelis I., Monticelli P., De Decker S.: Postoperative symptomatic haematoma and pneumorrhachis in a dog with a thoracolumbar intervertebral disc extrusion. *Aust Vet J.* 2016 Dec;94(12):467-469.doi: 10.1111/avj.12524.
6. Delamarter R.B., Heller J., Bohlman H.H.: Cervical pneumomyelogram secondary to a closed fracture-dislocation of the thoracic spine. A case report. 1989 Dec;14(12):1421-2. DOI: 10.1097/00007632-198912000-00025.
7. Gordon I. J., Hardman D.R.: The traumatic pneumomyelogram. A previously undescribed entity. 1977; 13(2):107-8. DOI: 10.1007/BF00339843.
8. Hirsch M., Katz Y., Sasson A.: Spinal cord compression by unusual epidural air accumulation after continuous epidural analgesia. *AJR Am J Roentgenol.* 1989;153(4):887-8. doi: 10.2214/ajr.153.4.887.
9. Kimura S., Nakata K., Sube A., Kuniya T., Watanabe N., Yonemaru K., Maeda S. and Kamashina H.: Encapsulated gas accumulation in the spinal canal: Pneumorrhachis in two dogs. 2020. DOI: 10.1292/jvms.20-0052
10. Los Reyes M. de, Redondo J. I., Viscasillas J.: Suspected iatrogenic pneumorrhachis in a cat following epidural injection. *Vet AnaesthAnalg.* 2021;48(6):978-980. doi: 10.1016/j.vaa.2021.08.045.
11. Macdonald N. J., Pettitt R. A., McConnell J. F.: Pneumorrhachis in a Rottweiler. *Journal of Small Animal Practice* 2011 52, 608–611 b
12. Moral M., Blanco C., Martínez J., Lorenzo V.: Delayed traumatic pneumocephalus and cervical pneumorrhachis in a dog. May 2021 *Veterinary Record Case Reports* 9(6) DOI:10.1002/vrc2.70
13. Oertel M. F., Korinth M. C., Reinges M. H. T., Krings T., Terbeck S., and Gilsbach J. M.: Pathogenesis, diagnosis and management of pneumorrhachis, 2006. DOI: 10.1007/s00586-006-0160-6.
14. Sang-Don K., Jin-Sung K., Ju-Yong S., Young-Geun C., Ik-Seong P., Min-Woo B. Traumatic Pneumorrhachis. *J Korean Neurotraumatol Soc.* 2007,3,113-115. DOI:10.13004/jknts.2007.3.2.113
15. Scialdone C. J., Wagle W.: Intraspinous air: An unusual manifestation of blunt chest trauma. *P59-60*, 1990. DOI:[https://doi.org/10.1016/0899-7071\(90\)90121-Q](https://doi.org/10.1016/0899-7071(90)90121-Q).
16. Skytte D. and Schmökel H.: Epidural Gas Accumulation in Connection with Canine Degenerative Lumbosacral Disease. *Front. Vet. Sci.*, 2017. <https://doi.org/10.3389/fvets.2017.00055>.

17. Yousaf I., Flynn P. & Mc Connel R.: Symptomatic intraspinal pneumocele resulting from closed head injury. 2003 British Journal of Neurosurgery 17, 248-249. DOI:10.1080/0268869031000153143

TOMOGRAFIA KOMPUTEROWA MÓZGU (TECHNIKA, ZASADY INTERPRETACJI OBRAZU, ANALIZA PRZYPADKÓW)

Silke Hecht

University of Tennessee College of Veterinary Medicine, USA

Wstęp

Mimo że tomografia komputerowa (TK) jest gorsza w ocenie tkanek miękkich od obrazowania metodą rezonansu magnetycznego (MRI), może dostarczyć istotnych informacji na temat wielu chorób i jest powszechnie stosowana w ocenie małych zwierząt będących pacjentami neurologicznymi. Jest to szybka procedura i może być preferowana u pacjentów, którzy nie mogą być poddani długotrwałemu znieczuleniu w celu wykonania badania MRI. Materiał metalowy w obszarze zainteresowania (np. implanty metalowe lub pociski balistyczne) może powodować znaczne artefakty w MRI, co daje pierwszeństwo TK. TK może być również preferowana w stosunku do MRI w przypadkach ostrego urazu głowy i w celu oceny wiadomych lub podejrzewanych zmian w kościach korowych. Oprócz tego, że jest to diagnostyczne badanie obrazowe, TK może być stosowana w celu ułatwienia pobierania próbek tkanek i umożliwia planowanie terapii chirurgicznej i radioterapii.

Podstawowe pojęcia

Podobnie jak radiografia, TK wykorzystuje promienie rentgenowskie do generowania obrazu. W przeciwieństwie do konwencjonalnej radiografii, lampa rentgenowska nie jest nieruchoma względem pacjenta, ale obraca się wokół zwierzęcia. Detektory umieszczone naprzeciwko lampy rentgenowskiej odbierają promienie rentgenowskie po przejściu przez pacjenta, co umożliwia rekonstrukcję w obrazy poprzeczne. Podczas gdy skanery starszej generacji były w stanie generować jedynie pojedyncze przekroje, często o dużej grubości, nowsze skanery (wieloprzekrojowe) są w stanie pozyskiwać przekroje

submilimetrowe, które można zrekonstruować wielopłaszczyznowo (płaszczyzny: strzałkowe, skośne i grzbietowe) a nawet w obrazach 3D. Badanie TK można zazwyczaj wykonać w sedacji, jednak w przypadku dłuższych badań zaleca się znieczulenie ogólne jeśli planowana jest angiografia TK (rzadko stosowana w przypadku schorzeń neurologicznych u małych zwierząt) lub jeśli po badaniu obrazowym planowane jest pobieranie próbek pod kontrolą TK.

Technika

W przypadku badania TK głowy, pacjenta zazwyczaj układa się w pozycji mostkowej, ze względu na lepszą możliwość uzyskania prostej pozycji. Skanowanie powinno być zaplanowane tak, aby obejmowało sklepienie czaszki od co najmniej poziomu blaszki sitowej do otworu wielkiego. Rozszerzenie pola skanowania w kierunku rostralnym (aby objąć jamę nosową) i/lub doogonowym (aby objąć doczaszkowy odcinek kręgosłupa szyjnego i regionalne węzły chłonne) może być uzasadnione na podstawie wskazań do badania i podejrzenia klinicznego. Po uzyskaniu obrazu podglądu (topogramu) uzyskiwane są obrazy poprzeczne obszaru zainteresowania. Ważne jest, aby skonfigurować skanowanie tak, aby obrazy były rekonstruowane zarówno w algorytmach wzmacniających krawędzie (ostre/kość), jak i w algorytmach tkanek miękkich w celu odpowiedniej oceny struktur kostnych i tkanek miękkich. Należy to zrobić w trakcie lub bezpośrednio po skanowaniu, ponieważ dostosowanie algorytmu nie może być już wykonane po usunięciu surowych danych z skanu TK w czasie rzeczywistym. Algorytmu nie należy mylić z „ustawieniem okna”, którego celem jest maksymalizacja kontrastu między różnymi tkankami i które można wykonać w dowolnym oprogramowaniu do przeglądania bez ograniczeń czasowych, pod warunkiem, że obrazy są dostępne w formacie DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine).

Okienkowanie opiera się na koncepcji, że tkanki mają określoną wartość gęstości/tłumienia na TK, która koreluje ze stopniem tłumienia promieniowania rentgenowskiego. Wartość ta jest wyrażana w jednostkach Hounsfielda (HU):

- Podstawą obliczeń jednostek Hounsfielda jest średnie tłumienie wody, któremu przypisano wartość 0 HU. Stopień tłumienia promieni rentgenowskich innych tkanek jest porównywany z wodą.
- Podobnie jak w przypadku radiografii, kość korowa silnie osłabia promienie rentgenowskie, co powoduje „biały” (hiperatenuacyjny) wygląd na obrazie TK. Gęstość kości korowej jest wysoka (zmienna, ale wynosi około 1000 HU).
- Miękkie tkanki mają mniejsze tłumienie promieni rentgenowskich, co powoduje szary wygląd na obrazach TK (średnia gęstość 30 do 60 HU). Warto zauważyć, że chociaż płyn i tkanki miękkie mają taką samą cieniowanie na zdjęciach rentgenowskich i zazwyczaj nie można ich odróżnić, różnica w gęstości widoczna na tomografii komputerowej jest wystarczająca, aby umożliwić ich rozróżnienie.
- Tłuszcz i gaz osłabiają promienie rentgenowskie w mniejszym stopniu niż płyn, co powoduje, że obraz tomografii komputerowej jest ciemny (tłuszcz) lub całkowicie czarny (gaz) i ma wartość HU w zakresie ujemnym (tłuszcz: od -70 do -100 HU; powietrze/gaz: około -1000 HU).

Ponieważ zarówno standardowe monitory komputerowe, jak i ludzkie oko mają ograniczone możliwości rozróżniania odcieni szarości, obrazy TK są „okienkowane”, aby zmaksymalizować różnicę wizualną między tkankami będącymi przedmiotem zainteresowania. Osiąga się to poprzez dostosowanie środka okna (WC) i szerokości okna (WW). Okno kostne (np. WC 500 HU, WW 2500) zapewnia doskonały kontrast struktur kostnych, podczas gdy okno tkanek miękkich (np. WC 50 HU, WW 350 HU) maksymalizuje różnice gęstości między sąsiadującymi

tkankami miękkimi. Wizualizacja subtelnych zmian mózgowych może być jeszcze lepsza dzięki zastosowaniu zmodyfikowanego okna tkanek miękkich o jeszcze niższym WC (np. 30 HU) i węższej szerokości okna (np. 200 HU).

Tomografia komputerowa mózgu jest zazwyczaj powtarzana po dożylnym podaniu jodowego środka kontrastowego w dawce 800 mg I/ml. Należy jednak unikać dożylnego podawania środka kontrastowego u zwierząt odwodnionych i rozważnie przeprowadzać je u zwierząt z dysfunkcją wielonarządową.

Oprócz oceny obrazu w płaszczyźnie poprzecznej, ocena zrekonstruowanych obrazów wielopłaszczyznowych (np. w płaszczyźnie strzałkowej) jest pomocna w lepszej ocenie ogólnego zasięgu zmiany oraz w uzyskaniu trójwymiarowego zrozumienia zależności anatomicznych w obrębie sklepienia czaszki. Trójwymiarowa rekonstrukcja zestawu danych tomografii komputerowej głowy może potencjalnie poprawić obrazowanie nieprawidłowości kostnych, w tym złamań czaszki, jednak jest mało prawdopodobne, aby dostarczyła dodatkowych informacji o mózgu.

Zasady interpretacji obrazu

Ocena mózgu i zmian wewnątrzczaszkowych jest podobna w przypadku tomografii komputerowej i rezonansu magnetycznego. Czaszka, sklepienie czaszki i mózg są dość symetryczne u większości zwierząt. Czaszka ma gęstość kości (średnio 1000 HU). Płyn mózgowo-rdzeniowy w układzie komorowym jest płynem tłumiącym (0 do 5 HU). Pasma istoty białej mogą być widoczne, jeśli użyje się okna mózgowego i są hipotensyjne w porównaniu do sąsiadującej istoty szarej (25 do 35 HU w porównaniu do 35 do 50 HU).

Dokładna ocena mózgu obejmuje ocenę wielkości, kształtu i symetrii przodomózgowia, międzymózgowia, śródmózgowia, mózdzku i pnia mózgu, istoty szarej i białej (o ile są rozróżnialne), wielkości i wyglądu przestrzeni wypełnionych płynem (układu komorowego i przestrzeni podpajęczynówkowej, jeśli są widoczne), dowodów na wewnątrzczaszkowy efekt masy, wyglądu powiązanych struktur (takich jak nerwy czaszkowe, naczynia wewnątrzczaszkowe, splot naczyniówkowy i przysadka mózgowa) oraz zmian w czaszce i strukturach pozaczaszkowych, w tym mięśni, jamy nosowej i zatok przynosowych, oczu i oczodołów, struktur słuchowych, gruczołów ślinowych, jamy ustnej, gardła, krtani i szyi czaszki, w tym kręgosłupa.

Zmiany w sklepieniu czaszki są dzielone na podstawie ich pochodzenia na pozaosiowe (pochodzące spoza miąższu mózgu) i wewnątrzosiowe (pochodzące z miąższu mózgu). Podczas gdy koncepcja ta jest najczęściej stosowana do guzów mózgu (guzów pozaosiowych, w tym na przykład oponiaków, i guzów wewnątrzosiowych, w tym na przykład glejaków), może być również stosowana do opisu lokalizacji wrodzonych, pourazowych, zapalnych i innych wewnątrzczaszkowych nieprawidłowości w odniesieniu do miąższu mózgu.

Na obrazach przed podaniem środka kontrastowego większość zmian wewnątrzczaszkowych wydaje się hipotensyjna w stosunku do normalnego miąższu mózgu. Zmineralizowane zmiany mózgu (np. przewlekłe ziarniniaki) wydają się hipertensyjne. Ostre i podostre krwawienie wewnątrzczaszkowe będzie również hipertensyjne (40 do 100 HU), co potwierdza wybór TK jako badania obrazowego pierwszego rzutu u zwierząt z ostrym urazem głowy. Po dożylnym podaniu środka kontrastowego następuje fizjologiczne wzmocnienie niektórych struktur wewnątrzczaszkowych, które znajdują się poza barierą krew-mózg (przysadka mózgowa, splot naczyniówkowy, nerwy trójdzielne i w pewnym stopniu opony mózgowe). Większość guzów

mózgu u psów i kotów znajduje się również poza barierą krew-mózg (guzy pozamózgowe, takie jak oponiaki, guzy przysadki, guzy rozprzestrzeniające się do sklepienia czaszki, takie jak rak zatok przynosowych, guzy spłotu naczyńiówkowego i inne) i będą wykazywać wychwyty środka kontrastowego. W rzeczywistości czułość tomografii komputerowej z kontrastem w identyfikacji guzów mózgu u psów wynosi aż 92%. Z drugiej strony zmiany śródmózgowe mogą lub nie wzmacniać się kontrastem, a TK ma ograniczone możliwości identyfikacji niewzmacniających się zmian mózgowych (np. zawały, encefalopatie metaboliczne, zapalenie mózgu i niektóre guzy mózgu, takie jak glejaki). Nieprawidłowości wewnątrzczaszkowe, które mogą wystąpić wtórnie do różnych procesów chorobowych, obejmują obrzęk naczyniopochodny okołostawowy, efekt masy, przepuklinę mózgu, wodogłowie (obturacyjne), krwotok i martwicę mózgu.

Jednoczesne nieprawidłowości pozaneuralne zauważone w obrazowaniu, takie jak limfadenopatia głowy i szyi, zanik mięśni, nieprawidłowa zawartość w obrębie puszkii bębenkowej lub masy tkanki miękkiej głowy mogą być lub nie być związane z objawami pacjenta i powinny być starannie ocenione w świetle występujących u pacjenta dolegliwości neurologicznych.

Wyniki obrazowania różnych chorób wewnątrzczaszkowych nakładają się, a ranking rozpoznań różnicowych dla zmian w mózgu widocznych w obrazowaniu jest zwykle zależny od dodatkowych informacji (opisu i historii pacjenta) oraz wyników innych testów (wyniki analiz laboratoryjnych i wyniki analizy płynu mózgowo-rdzeniowego). Ważne jest również, aby pamiętać, że niektóre choroby mózgu mogą pozostać niewykryte podczas badań obrazowych (np. encefalopatie zwyrodnieniowe lub toksyczne, zdarzenia naczyniowe i niektóre stany zapalne) oraz że prawidłowe badanie obrazowe mózgu nie wyklucza chorób ośrodkowego układu nerwowego.

Piśmienictwo:

Bertolini G, Ricciardi M, Caldin M. Multidetector Computed Tomographic and Low-Field Magnetic Resonance Imaging Anatomy of the Quadrigeminal Cistern and Characterization of Supracollicular Fluid Accumulations in Dogs. *Vet Radiol Ultrasound* 2016.

Chai O, Peery D, Bdolah-Abram T, et al. Computed tomographic findings in dogs with head trauma and development of a novel prognostic computed tomography-based scoring system. *Am J Vet Res* 2017;78:1085-1090.

De Rycke LM, Gielen IM, Van Meervenne SA, et al. Computed tomography and cross-sectional anatomy of the brain in clinically normal dogs. *Am J Vet Res* 2005;66:1743-1756.

Ducote JM, Johnson KE, Dewey CW, et al. Computed tomography of necrotizing meningoencephalitis in 3 Yorkshire Terriers. *Vet Radiol Ultrasound* 1999;40:617-621.

Hecht S, Anderson KM, Castel A, et al. Agreement of magnetic resonance imaging with computed tomography in the assessment for acute skull fractures in a canine and feline cadaver model. *Frontiers in Veterinary Science* 2021;8.

Kitagawa M, Okada M, Koie H, et al. Magnetic resonance imaging and computed tomography appearance of chronic subdural haematoma in a dog. *Aust Vet J* 2008;86:100-101.

LeCouteur RA, Fike JR, Cann CE, et al. X-ray computed tomography of brain tumors in cats. *J Am Vet Med Assoc* 1983;183:301-305.

Paul AE, Lenard Z, Mansfield CS. Computed tomography diagnosis of eight dogs with brain infarction. *Aust Vet J* 2010;88:374-380.

Tidwell AS. Principles of Computed Tomography and Magnetic Resonance Imaging. In: Thrall DE, ed. *Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology*, 5 ed. St. Louis: Saunders Elsevier; 2007:50-77.

Turrel JM, Fike JR, LeCouteur RA, et al. Computed tomographic characteristics of primary brain tumors in 50 dogs. *J Am Vet Med Assoc* 1986;188:851-856.

Vernau KM, Kortz GD, Koblik PD, et al. Magnetic resonance imaging and computer tomography characteristics of intracranial intra-arachnoid cysts in 6 dogs. *Vet Radiol Ultrasound* 1997;38:171-176.

Zarelli M, Schwarz T, Puggioni A, et al. An Optimized Protocol for Multislice Computed Tomography of the Canine Brain. *Veterinary Radiology & Ultrasound* 2014;55:387-392.

Schwarz T, Saunders J. *Veterinary Computed Tomography*. West Sussex: Wiley-Blackwell; 2011.

Owen M. Radiographic, Computed Tomography, and Magnetic Resonance Contrast Media. In: Thrall DE, ed. *Veterinary Diagnostic Radiology*, 7 ed. St. Louis: WB Saunders; 2018:96-109.

Hecht S. Brain. In: Schwarz T, Saunders J, eds. *Veterinary Computed Tomography*. West Sussex: Wiley-Blackwell; 2011:185-196.

Wisner E, Zwingenberger A. *Small Animal CT and MRI*. Ames: Wiley Blackwell; 2015.

Gielen I, Kromhout K, Gavin P, et al. Agreement between low-field MRI and CT for the detection of suspected intracranial lesions in dogs and cats. *J Am Vet Med Assoc* 2013;243:367- 375.

REZONANS MAGNETYCZNY MÓZGU (TECHNIKA, ZASADY INTERPRETACJI, ANALIZA PRZYPADKÓW)

Silke Hecht

University of Tennessee College of Veterinary Medicine, USA

Wstęp

Obrazowanie metodą rezonansu magnetycznego (MRI) posiada lepsze możliwości obrazowania tkanek miękkich w porównaniu do zdjęć rentgenowskich lub tomografii komputerowej (CT) i jest uważane za złoty standard w ocenie większości zaburzeń ośrodkowego układu nerwowego u psów i kotów. Możliwe wyjątki obejmują zwierzęta, które nie mogą być poddane długotrwałemu znieczuleniu, pacjentów z ostrym urazem głowy lub kręgosłupa, obecność materiału metalowego w obszarze zainteresowania oraz przede wszystkim nieprawidłowości kostne lub mineralne.

Podstawowe pojęcia

MRI to metoda, której celem jest wizualizacja ruchomych protonów wodoru. Wodór jest najpowszechniejszym pierwiastkiem w organizmie. MRI jest w stanie rozróżnić protony wodoru w różnych tkankach i strukturach (np. tkance miękkiej, tłuszczu i płynie). Podczas umieszczania pacjenta w gantrze skanera MRI większość protonów wodoru pacjenta ustawia się zgodnie z głównym polem magnetycznym. Można teraz tymi protonami wodoru manipulować poprzez zastosowanie ukierunkowanych impulsów częstotliwości radiowej. Po wyłączeniu impulsów częstotliwości radiowej protony wodoru powracają do swojego pierwotnego ustawienia, uwalniając jednocześnie energię, która jest odbierana i wykorzystywana do generowania obrazu.

Różne tkanki i materiały będą zachowywać się inaczej w zależności od rozmieszczenia i liczby

protonów wodoru oraz innych czynników, w tym zmian pola magnetycznego, co spowoduje różne poziomy jasności („intensywności”) na wynikowych obrazach MR. Modyfikowanie parametrów skanowania (najważniejsze, czas powtórzenia, TR, między kolejnymi impulsami częstotliwości radiowej; i czas echa, TE, między impulsem częstotliwości radiowej a generowaniem sygnału; i wiele innych) generuje zestawy danych obrazu, w których różne tkanki pojawiają się w różnych intensywnościach, umożliwiając identyfikację rodzaju tkanki i wszelkich wewnętrznych nieprawidłowości tkankowych. Te różne typy zestawów danych obrazu są określane jako „sekwencje”, a parametry używane do ich akwizycji określają ich „zależność”.

Większość tkanek miękkich zawiera dużą ilość ruchomych protonów wodoru, co daje silny sygnał w większości sekwencji MRI. Z kolei obszary niezawierające w ogóle protonów wodoru (np. przestrzenie wypełnione powietrzem) oraz struktury zawierające nieruchome/ściśle związane protony wodoru (np. warstwa korowa kości, mineralizacja, ścięgna i więzadła) nie będą dawać sygnału w obrazowaniu MRI i będą miały czarny kolor.

Wskazania do dożylnego podawania środka kontrastowego w MRI i wymagania dotyczące zmiany chorobowej, aby wykazywała wzmocnienie kontrastowe, są takie same jak w przypadku TK. Środki kontrastowe MRI są oparte na gadolinie, paramagnetyczne i powodują zmiany intensywności sygnału wzmacniających tkanek ze względu na ich wpływ na lokalne pole magnetyczne. Standardowa dawka wynosi 0,2 mmol/kg, która może być zwiększona podczas badań naczyń. Z wyjątkiem kilku odosobnionych doniesień o działaniach niepożądanych, środki kontrastowe do obrazowania metodą rezonansu magnetycznego są uważane za bezpieczne do stosowania u psów.

Do ważnych sekwencji MRI zalicza się:

T1-zależna: Na obrazach w sekwencji T1-zależnej płyn jest ciemny, tłuszcz jasny, a tkanki miękkie pośrednie. Większość zmian w T1 przed podaniem środka kontrastowego. Będzie wyglądać na hipodensyjne. Wyjątki obejmują zmiany zawierające tłuszcz, pewne stadia krwotoku, niektóre rodzaje złogów mineralnych (np. mangan), niektóre zmiany melanocytowe, sporadycznie zdarzenia naczyniowe i inne. Zmiany wychwytyjące kontrast po podaniu kontrastu będą wyglądać hyperdensyjnie na obrazach T1-zależnych.

T2-zależna: Na obrazach w sekwencji T2-zależnej płyn jest jasny. Mimo że tłuszcz teoretycznie powinien wyglądać na ciemny, ostatnie modyfikacje technik T2 i wprowadzenie technik szybkiego i turbo spin echa zmieniły wygląd tłuszczu, który obecnie zwykle wydaje się hyperdensyjny w tych sekwencjach. Tkanki miękkie mają średnią gęstość. Większość zmian w ośrodkowym układzie nerwowym powoduje wzrost liczby mobilnych protonów wodoru, co skutkuje zwiększoną intensywnością sygnału T2 w dotkniętej tkance. Z tego powodu obrazowanie T2-zależne nazywane jest również „skanowaniem patologicznym”. Wyjątki stanowią zmiany zawierające minerały, niektóre stadia krwotoku oraz niektóre zmiany ziarniniakowe i nowotworowe.

Intermediate or proton-density (PD) weighting: Technika ta charakteryzuje się doskonałym odwzorowaniem szczegółów anatomicznych i ma lepsze możliwości obrazowania kości w porównaniu z wieloma innymi sekwencjami MRI.

Fluid attenuated inversion recovery (FLAIR): Na obrazach FLAIR czysty płyn jest tłumiony. Podczas gdy obrazy FLAIR mogą być teoretycznie generowane w sekwencjach T1 lub T2- zależnych, powszechniej stosuje się FLAIR T2-zależne. W badaniu T2-FLAIR struktury i zmiany zawierające płyn czysty/z torbieli (np. normalne komory i torbiele) są tłumione, podczas gdy hipodensyjne nietorbielowe struktury i nieprawidłowości T2 (większość zmian mózgowych,

w tym nieprawidłowości zapalne, naczyniowe, obrzękowe i nowotworowe) pozostaną hipedensyjne. To nie tylko pozwala na klasyfikację zmiany jako torbielowatej lub litej, ale także zwiększa widoczność zmiany w sąsiedztwie struktur wypełnionych płynem. Płyny zawierające komórki i/lub białko nie będą tłumione przez FLAIR, co może stanowić problem.

Short tau inversion recovery (STIR): Na obrazach STIR tłuszcz jest tłumiony. Płyn i T2 hipedensyjne struktury i zmiany będą wyglądać hipedensyjnie. Ta sekwencja pomaga w klasyfikacji zmiany jako tłuszczowej i zwiększa widoczność nacieków tkanek miękkich w tkankach tłuszczowych poprzez tłumienie sygnału ła. Sekwencje STIR są doskonałe w ocenie zmian w szpiku kostnym i tkankach miękkich.

Single shot techniques: Obrazy silnie T2-zależne zapewniają doskonałe rozgraniczenie przestrzeni i struktur wypełnionych płynem i są pomocne w szybkiej identyfikacji nagromadzeń płynu wewnątrzczaszkowego. Tego typu sekwencje są jednak rzadko stosowane w obrazowaniu mózgu u zwierząt.

T2*-zależne: Obrazy T2*-zależne są bardzo wrażliwe na niejednorodności pola magnetycznego. Jest to zaleta w diagnostyce zmian krwotocznych, które ogniskowo zniekształcają pole magnetyczne i powodują wyraźnie hipointensyjny obszar na obrazach MRI („artefakt podatności”. Podobne hipointensyjności mogą być spowodowane bliskością przestrzeni wypełnionych powietrzem lub obecnością mineralizacji. Susceptibility weighted imaging (Obrazowanie wazone podatnością) to nowsza, podobna technika, która, jak się uważa, zapewnia lepsze różnicowanie między prawdziwie krwotocznymi i zmineralizowanymi zmianami w porównaniu z obrazami T2*-zależnymi.

Diffusion-weighted imaging (DWI) and apparent diffusion coefficient (ADC) map: Ta technika umożliwia identyfikację tkanek dotkniętych obrzękiem

cytotoksycznym. Najczęściej jest stosowana w identyfikacji zmian niedokrwiennych (zawałów), które będą hiperintensywne w DWI i hipointensywne na mapie ADC. Ważne jest, aby zauważyć, że ta technika jest najbardziej użyteczna w ostrej fazie zmian niedokrwiennych, a podostre lub przewlekłe zawały będą objawiać się pseudonormalizacją lub nawet odwróceniem intensywności sygnału. DWI ma inne możliwe zastosowania, w tym identyfikację ropni wewnątrzczaszkowych i ocenę niektórych wewnątrzczaszkowych chorób nowotworowych.

Fat suppression: W przeciwieństwie do STIR, który jest samodzielną sekwencją ze specyficznym ważeniem, tłumienie tłuszczu można dodać do dowolnej sekwencji. Jeśli zostanie dodane do sekwencji T2-zależnych lub gęstością protonów, spowoduje tłumienie tłuszczu, zwiększając widoczność wszelkich zmian szpiku kostnego lub sąsiadujących tkanek miękkich. Jeśli zostanie dodane do obrazów T1-zależnych po podaniu kontrastu, będzie tłumić sygnał z tłuszczu, a każdy pozostały obszar hiperintensywny najprawdopodobniej będzie reprezentował wzmocnienie kontrastu. Zwiększa to widoczność zmian wzmacniających kontrast. Techniki tłumienia tłuszczu są ograniczone do magnesów o wysokim polu.

Dodatkowe sekwencje, które zyskują popularność i są coraz częściej stosowane w neuroobrazowaniu małych zwierząt, obejmują akwizycje obrazów objętościowych 3D różnie ważonych, które umożliwiają akwizycję bardzo cienkich plasterków i rekonstrukcję obrazów w różnych płaszczyznach, techniki subtrakcji (najczęściej subtrakcja obrazów T1-zależnych przed i po podaniu kontrastu w celu zwiększenia widoczności zmian wzmacniających kontrast) oraz techniki obrazowania naczyń.

Technika

Badanie mózgu metodą rezonansu magnetycznego można wykonać u pacjenta w pozycji grzbietowej lub mostkowej. W literaturze można znaleźć różne zalecenia dotyczące optymalnych protokołów badania mózgu. W naszej placówce standardowy protokół badania mózgu obejmuje następujące sekwencje: strzałkowe T2-W spin echo (SE); poprzeczne T2-W SE, T1-W SE, PD- W SE, FLAIR i GRE T2*-W; poprzeczne T2-W 3D TSE ze zmiennym kątem odchylenia (SPACE); obrazowanie dyfuzyjne (DWI); poprzeczne T1-W VIBE (Volume Interpolated GRE) przed i po kontraście z FatSat; poprzeczne i strzałkowe T1-W SE po kontraście; grzbietowe T1- W SE po kontraście z FatSat. W razie potrzeby dodawane są dodatkowe sekwencje.

Zasady interpretacji obrazu

Ocena mózgu i zmian wewnątrzczaszkowych jest podobna w przypadku tomografii komputerowej i rezonansu magnetycznego. Czaszka, sklepienie czaszki i mózg są dość symetryczne u większości zwierząt. Systematyczna ocena mózgu obejmuje ocenę wielkości, kształtu i symetrii przodomózgowia, międzymózgowia, śródmózgowia, mózdzku i pnia mózgu, istoty szarej i białej, wielkości i wyglądu przestrzeni wypełnionych płynem (przestrzeń podpajęczynówkowa i układ komorowy), dowody na wewnątrzczaszkowy efekt masy, wygląd powiązanych struktur (takich jak nerwy czaszkowe, naczynia wewnątrzczaszkowe, splot naczyniówkowy i przysadka mózgowa) oraz zmiany w czaszce i strukturach pozaczaszkowych, w tym mięśniach, jamie nosowej i zatokach przynosowych, oczach i oczodołach, strukturach słuchowych, gruczołach ślinowych, jamie ustnej, gardle, krtani i dogłowej części szyi, w tym kręgosłupa.

Zmiany w sklepieniu czaszki są dzielone na podstawie ich pochodzenia na pozaosiowe (pochodzące spoza miąższu mózgu) i wewnątrzosiowe (pochodzące

z miąższu mózgu). Podczas gdy koncepcja ta jest najczęściej stosowana do guzów mózgu (guzów pozaosiowych, w tym na przykład oponiaków, i guzów wewnątrzosiowych, w tym na przykład glejaków), może być również stosowana do opisu lokalizacji wrodzonych, pourazowych, zapalnych i innych wewnątrzczaszkowych nieprawidłowości w odniesieniu do miąższu mózgu.

Większość zmian wewnątrzczaszkowych wydaje się hiperintensywna w porównaniu do normalnego miąższu mózgu na obrazach T2-W. Wyjątki obejmują zmiany zmineralizowane, pewne stadia krwotoku, zmiany wypełnione gazem i niektóre inne. Po dożylnym podaniu środka kontrastowego występuje fizjologiczne wzmocnienie niektórych struktur wewnątrzczaszkowych, które znajdują się poza barierą krew-mózg (przysadka mózgowa, splot naczyniówkowy, nerwy trójdzielne i w pewnym stopniu opony mózgowe). Większość guzów mózgu u psów i kotów znajduje się również poza barierą krew-mózg (guzy pozaosiowe, takie jak oponiaki, guzy przysadki, guzy rozprzestrzeniające się do sklepienia czaszki, takie jak raki zatok przynosowych, guzy splotu naczyniówkowego, inne) i będą wykazywać wychwyty środka kontrastowego. Z drugiej strony zmiany wewnątrzosiowe mogą lub nie wzmocniać kontrastu. Ponieważ te zmiany są nadal powszechnie związane ze zmianami intensywności sygnału w sekwencjach przedkontrastowych (konkretnie T2, FLAIR i/lub T2*), MRI jest doskonale w ich identyfikacji.

Przykłady zmian wewnątrzczaszkowych, które są powszechnie niewzmacniające, obejmują rozproszone procesy zapalne, takie jak obserwowane w zapaleniu opon mózgowo-rdzeniowych o nieznannej etiologii, zmiany niedokrwienne (zawały) oraz encefalopatie zwyrodnieniowe i metaboliczne. Nieprawidłowości wewnątrzczaszkowe, które mogą wystąpić wtórnie do różnych procesów chorobowych, obejmują obrzęk naczyniopochodny okołostawowy, efekt masy, przepuklinę mózgu, wodogłowie (obturacyjne), krwotok i martwicę mózgu.

Współistniejące nieprawidłowości pozaneuralne zauważone w badaniach obrazowych, takie jak limfadenopatia głowy i szyi, zanik mięśni, nieprawidłowa zawartość w obrębie puszkki bębenkowej lub guzy tkanek miękkich głowy mogą być lub nie być związane z objawami u pacjenta i powinny zostać dokładnie ocenione w świetle prezentowanych przez pacjenta dolegliwości neurologicznych. Wyniki badań obrazowych różnych chorób wewnątrzczaszkowych nakładają się, a ranking rozpoznań różnicowych dla zmian w mózgu widocznych w badaniach obrazowych jest zwykle zależny od dodatkowych informacji (opisu i historii choroby pacjenta) oraz wyników innych testów (wyniki analiz laboratoryjnych i płynu mózgowo-rdzeniowego). Ważne jest również, aby zauważyć, że niektóre choroby mózgu mogą pozostać niewykryte w MRI (np. niektóre zwyrodnieniowe lub toksyczne encefalopatie, zmiany naczyniowe i stany zapalne) i że prawidłowy wynik badania obrazowego mózgu nie wyklucza choroby ośrodkowego układu nerwowego.

Piśmienictwo:

Mai W. Diagnostic MRI in Dogs and Cats. Boca Raton: CRC Press (Taylor and Francis); 2018.

Hecht S. Update on Magnetic Resonance Imaging of the Brain and Spine. *Advances in Small Animal Care* 2022;73-94.

Joslyn S, Hague D. Magnetic resonance imaging of the small animal brain. *In Practice* 2016;38.

Wisner E, Zwingerberger A. *Small Animal CT and MRI*. Ames: Wiley Blackwell; 2015.

DIAGNOSTYKA OBRAZOWA GUZÓW NEUROENDOKRYNNYCH

Silke Hecht

University of Tennessee College of Veterinary Medicine, USA

Termin „neuroendokrynnny” odnosi się do interakcji między układem nerwowym a układem hormonalnym. Guzy neuroendokrynnne powstają z komórek neuroendokrynnnych. Mogą one znajdować się w układzie hormonalnym (np. guzy przysadki mózgowej i rdzenia nadnerczy) lub mogą być rozproszone w całym ciele (np. w układzie rozrodczym i pokarmowym). Guzy neuroendokrynnne mają zmienne cechy obrazowania i mogą naśladować inne zmiany.

Obrazowanie przysadki mózgowej

Przysadkę mózgową można zobrazować za pomocą tomografii komputerowej lub rezonansu magnetycznego. Znajduje się w dołkowej części sklepienia czaszki, w dole przysadki kości klinowej, ograniczony rostralnie przez guzek siodła tureckiego i rostralne wyrostki klinowe, a doogonowo przez grzbiet siodła i doogonowe wyrostki klinowe. Składa się z 2 części anatomicznych: gruczołowej i nerwowej. Prawidłowy rozmiar wynosi 10 x 7 x 5 mm u psów i 5,2 x 3,1 mm u kotów. Realistycznie rzecz biorąc, wielkość przysadki jest często oceniana subiektywnie, a prawidłowa przysadka mózgowa powinna znajdować się w dole przysadki. W przypadku TK ocena gruczołu jest zazwyczaj przeprowadzana na podstawie obrazów przed podaniem kontrastu i standardowych po jego podaniu. Podczas przeprowadzania badania kontrastu dynamicznego wcześniejsze wzmocnienie centralnie położonej części nerwowej w porównaniu z opóźnionym wzmocnieniem części gruczołowej pozwala na rozróżnienie obu części. W badaniu MRI część nerwowa może być hyperdensyjna na sekwencjach T1-zależnych przed kontrastem z powodu obecności ziarnistości neurosekrecyjnych. Na standardowych sekwencjach z opóźnionym kontrastem nie można odróżnić anatomicznych części przysadki.

Guzy przysadki mózgowej są dość powszechne u psów i kotów, stanowiąc odpowiednio około 14% i 9% nowotworów wewnątrzczaszkowych. Mikroguzy przysadki mogą nie być widoczne w obrazowaniu, ale mogą zostać potencjalnie rozpoznane przez przemieszczenie hyperdensyjnego sygnału T1 części nerwowej w MRI lub asymetrię przekrwienia przysadki w dynamicznej TK.

Różne rodzaje makroguzów przysadki (gruczolak, gruczolak naciekający i rak) mają podobne cechy obrazowe i nie można ich ostatecznie rozróżnić. Charakteryzują się one nadsiodłowym rozszerzeniem przysadki lub masą przysadkową o zmiennej wielkości, jednorodności i marginesie. Jeśli zauważony zostanie naciek na kości, budzi to obawy o gruczolaka naciekającego lub raka. Obecność przerzutów sugeruje obecność raka, jednak przerzuty są rzadko identyfikowane w obrazowaniu. Możliwe jest krwawienie śródmiażdżowe, które może skutkować chorobą podobną do udaru przysadki. Jednoczesne wyniki mogą obejmować wodogłowie, obrzęk mózgu lub efekt masy. Guzy przysadki mogą być czynnościowe lub nie. U psów częstym następstwem jest hyperadrenokortycyzm. U kotów możliwe jest wydzielanie nadmiaru hormonu wzrostu przez przedni płat przysadki mózgowej, co prowadzi do akromegalii.

Obrazowanie gruczołów tarczowych

Gruczoły tarczowe są parzystymi strukturami związanymi z doczaszkową częścią szyi i są w bliskim związku z tętnicami szyjnymi i tchawicą. U psów są podłużne a u kotów okrągłe. W TK prawidłowe gruczoły tarczowe są nadmiernie tłumione na obrazach przedkontrastowych ze względu na zawartość jodu i są łatwe do zidentyfikowania. Identyfikacja za pomocą MRI gruczołów o podobnym wzmocnieniu co mięśnie może być trudniejsza.

Guzy tarczycy u psów to najczęściej raki, które mogą pochodzić z komórek pęcherzykowych lub komórek. Czynnościowość guza jest zmienna (10% czynnościowa nadczynność tarczycy, 30%

niedoczynność tarczycy, 60% eutyreoza). Choroba jest obustronna w 30 do 60% przypadków. Przerzuty w momencie diagnozy lub z czasem są powszechne.

Zdjęcia rentgenowskie szyi nie są szczególnie pomocne w identyfikacji guzów tarczycy, jednak liza kości trzonu kości gnykowej lub mas w śródpiersiu doczaszkowym może być widoczna w przypadku ektopowych raków tarczycy. Do diagnozy guzów tarczycy można wykorzystać USG, TK i MRI. Zalety obrazowania przekrojowego obejmują lepszą ocenę lokalizacji, zasięgu, miejscowego nacieczenia i rozprzestrzeniania się przerzutów. Zmiany tarczycy u kotów są zazwyczaj łagodne (rozrost gruczolakowaty tarczycy lub gruczolaki). Prawie wszystkie guzki/masy tarczycy u kotów są czynnościowe, co powoduje nadczynność tarczycy. Choroba obustronna jest powszechna (70 do 91%). Diagnostyka obrazowa może być lub nie być wykonywana w ramach diagnostyki nadczynności tarczycy u kotów. Oprócz badania ultrasonograficznego i obrazowania przekrojowego, można rozważyć scyntyografię jądrową w celu wykrycia ektopowej tkanki tarczycy oraz rozróżnienia choroby jedno- lub obustronnej w przypadku planowania zabiegu operacyjnego. „Incidentaloma” to guzki tarczycy przypadkowo odkryte w badaniach obrazowych wykonanych z przyczyn niezwiązanych z chorobą tarczycy (np. podczas obrazowania psa z powodu bólu szyi). Występują u 1 do 15% psów.

Obrazowanie przytarczyc

Teoretycznie, z każdą tarczycą powinna być powiązana 1 wewnętrzna i 1 zewnętrzna przytarczycyca, jednak struktury te różnią się pod względem lokalizacji, liczby i powiązania z gruczołem. Prawidłowy rozmiar u psów wynosi < 2 do 3 mm, jednak ważne jest, aby pamiętać, że prawidłowe gruczoły mogą być lub nie być widoczne na USG i często są trudne lub niemożliwe do zidentyfikowania w TK. Warto również zauważyć, że ektopowa tkanka

prytarczyc występuje u 35–50% kotów i 3–6% psów. Najczęstszą patologią przytarczyc jest ich pierwotna nadczynność, w której nieuregulowane wydzielanie parathormonu prowadzi do hiperkalcemii. Gruczolak przytarczyc

jest najczęstszą patologią przytarczyc, rzadziej występuje hiperplazja i gruczolakorak. Zdjęcia rentgenowskie nie są pomocne w identyfikacji nieprawidłowych przytarczyc, ale mogą potencjalnie wykazać kamice moczową, mineralizację naczyń lub osteopenię. W rzadkich przypadkach mogą być widoczne przerzuty lub duże zmiany ektopowe. Wielkość przytarczyc powyżej 4 mm powiązany został z gruczolakiem lub gruczolakorakiem, podczas gdy pomiar poniżej 4 mm z hiperplazją.

Jednakże, u psów zgłaszany jest szeroki zakres prawidłowych rozmiarów, więc rozmiar przytarczyc nie powinien być jedynym kryterium różnicowania hiperplazji od neoplazji. Niejednorodna echostruktura w badaniu USG jest bardziej prawdopodobna jako nowotworowa. Ważne jest, aby nie mylić torbieli i zrazików tarczycy z przytarczycami. Badania dotyczące tomografii komputerowej przytarczyc są nieliczne, jednakże w jednej serii przypadków stwierdzono, że nieprawidłowe przytarczycy były na ogół hipodensyjne i nie ulegały wzmocnieniu.

Obrazowanie nadnerczy

Nadnercza znajdują się w przestrzeni zaotrzewnowej, doczaszkowo-przyśrodkowo od każdej z nerek. Hormony wydzielane przez te gruczoły obejmują epinefrynę/norepinefrynę wydzielaną przez rdzeń oraz mineralokortykoidy, glikokortykoidy i androgeny przez korę. Diagnostykę obrazową nadnerczy wykonuje się zazwyczaj za pomocą USG lub TK. Zalety tomografii komputerowej w porównaniu z USG obejmują lepszą ocenę dużych psów, lepszą ocenę naciekania naczyń i innych struktur, lepszą ocenę przestrzeni zaotrzewnowej w przypadku

krwotoku zaotrzewnowego oraz różnicowanie pochodzenia nadnerczowego i nienadnerczowego w przypadku guzów zaotrzewnowych. Istnieje wiele artykułów opisujących prawidłowe wymiary nadnerczy. U psów nadnercza powinny mieć grubość lub szerokość mniejszą niż 6–8 mm. U kotów normalne nadnercza powinny mieć grubość lub szerokość od 3,5 do 4,5 mm. Lewe

nadnercze u psów ma tendencję do przybierania kształtu orzeszka ziemnego, podczas gdy u psów wygiętej strzałki. U kotów nadnercza mają kształt okrągły lub podłużny i możliwa jest przypadkowa (punktowa) mineralizacja. Guzki i masy nadnerczy u psów mogą być objawem hiperplazji, gruczolaka, raka nadnerczy, guza chromochłonnego lub innych nowotworów. U kotów masy nadnerczy to zazwyczaj gruczolaki lub gruczolakoraki, a inne rodzaje nowotworów są mniej powszechne. Guzy nadnerczy mogą być czynnościowe lub nie. Hiperplazja, gruczolak lub gruczolakorak u psów zazwyczaj powodują chorobę Cushinga, podczas gdy gruczolaki i gruczolakoraki u kotów zazwyczaj powodują hiperaldosteronizm. Cechy obrazowania łagodnych i złośliwych zmian nadnerczy nakładają się. Choroba jednostronna, a nie obu, duży rozmiar zmiany (powyżej 2 lub powyżej 4 cm w zależności od odniesienia), naciekanie naczyń, mineralizacja i dowody przerzutów sugerują złośliwy nowotwór nadnerczy u psów. Angiografia TK jest najlepszym badaniem do oceny naciekania naczyń z neoplazją nadnerczy. Badanie to może mieć również wartość w ustalaniu priorytetów typu guza na podstawie wzorców wzmocnienia kontrastu. Podobnie jak w przypadku tarczycy, zdarzają się guzy incydentaloma nadnerczy, które mogą mieć lub nie mieć znaczenia klinicznego.

Obrazowanie guzów neuroendokrynych trzustki

Guzy neuroendokryne trzustki obejmują insulinomę, gastrinomę i glukagonomę. Cechy obrazowania insulinom u psów są dobrze udokumentowane w literaturze. Diagnoza za pomocą ultrasonografii może być trudna, ponieważ guzy te na początku są małe. Dwu- lub trójfazowa angiografia TK jest najlepszym testem diagnostycznym i wykaże silne wzmocnienie kontrastowe guza pierwotnego i zmian przerzutowych w fazie tętnicznej. Wstępne publikacje dotyczące wyglądu insulinomów w obrazowaniu MRI wskazują, że ta metoda może być również przydatna

Obrazowanie pozanadnerczowych przyzwojaków

Podobnie jak rdzeń nadnerczy, przyzwojaki pochodzą z grzebienia nerwowego i są związane z autonomicznym układem nerwowym. Są one przedstawiane jako gniazda komórek neuroendokrynych rozproszone po całym ciele i klasyfikowane w zależności od ich anatomicznego położenia. Przyzwojaki przywspółczulne znajdują się w głowie, szyi i śródpiersiu. przyzwojaki współczulne znajdują się od szyi do miednicy. Parasympatyczne przyzwojaki obejmują np. guzy kłębka szyjnego i chemodektomę. Guzy te są zazwyczaj biochemicznie ciche. Paragangliomy sympatyczne różnią się od analogicznych guzów chromochłonnych na podstawie lokalizacji anatomicznej. Tylko guzy nadnerczy powinny być nazywane guzami chromochłonnymi, paragangliomy w innych lokalizacjach powinny być określane jako „pozanadnerczowe”. U ludzi te guzy zazwyczaj wydzielają katecholaminy, jednak u psów zwykle tak nie jest. Guzy kłębka szyjnego i chemodektomy to guzy powstające z obwodowych chemoreceptorów zlokalizowanych odpowiednio w rozwidleniu tętnicy szyjnej i podstawie serca. Mogą osiągnąć znaczne rozmiary. Podczas gdy masy podstawy serca są często wykrywane przypadkowo na RTG, TK lub MRI klatki piersiowej i mogą nie powodować objawów klinicznych, guzy kłębka szyjnego mają tendencję do wykazywania agresywnego zachowania z naciekaniem naczyń i innych struktur regionalnych, w tym ośrodkowego układu nerwowego. Tego typu guzy można zidentyfikować za pomocą badania ultrasonograficznego, jednak obrazowanie przekrojowe jest lepszym rozwiązaniem do pełnej oceny wielkości zmiany, jej inwazyjności i planowania potencjalnej terapii. Pozanadnerczowe przyzwojaki mogą mieć zmienną lokalizację i czasami występują brzusznie względem kręgosłupa piersiowego lub w przestrzeni zaotrzewnowej wzdłuż aorty. Mogą być przypadkowe lub powodować objawy kliniczne poprzez naciekanie innych struktur. W zależności od lokalizacji i rozmiaru, zmiany mogą być identyfikowane na zdjęciach rentgenowskich, USG, TK i/lub MRI.

Inne guzy neuroendokryne

Rakowiaki to rzadkie, wolno rosnące guzy neuroendokrynne powstające z komórek enterochromafinowych rozsianych w całym przewodzie pokarmowym i oddechowym. Raki neuroendokrynne wątroby (wcześniej zwane rakowiakami) są rzadkie u psów. Niewiele jest doniesień o obrazowaniu tych guzów. Podobnie jak w przypadku insulinom, istnieją dowody anegdotyczne na to, że guzy neuroendokrynne ogólnie charakteryzują się podobnym wzorcem wzmocnienia kontrastowego podczas wykonywania angiografii TK, a badanie to może być najlepszą metodą diagnozowania tego typu guzów.

Piśmienictwo

Cordella A, Bertaccini J, Rondena M, Zoia A, Bertolini G. Multidetector-Row CT Findings In Dogs with Different Primary Parathyroid Gland Diseases. *Vet Sci.* 2022 Jun 6;9(6):273. doi: 10.3390/vetsci9060273. PMID: 35737325; PMCID: PMC9228294.

d'Anjou MA, Penninck D. Adrenal glands. In: *Atlas of Small Animal Ultrasonography*, 2 nd ed. Penninck D, d'Anjou MA, eds. Ames: Wiley Blackwell 2015; pp. 387-401.

Fischetti AJ, Gisselman K, Peterson ME. CT and MRI evaluation of skull bones and soft tissues in six cats with presumed acromegaly versus 12 unaffected cats. *Vet Radiol Ultrasound.* 2012 Sep-Oct;53(5):535-9. doi: 10.1111/j.1740-8261.2012.01957.x. Epub 2012 Jun 15. PMID: 22703122.

Gombert A, Diana A, Hecht S, Nicoli S, Fracassi F, Mortier J, Reyes-Gomez E, Pey P. Imaging features of retroperitoneal extra-adrenal paragangliomas in 10 dogs. *Vet Radiol Ultrasound.* 2022 Jul;63(4):393-402. doi: 10.1111/vru.13063. Epub 2022 Jan 20. PMID: 35050528; PMCID: PMC9546460.

Gregori T, Mantis P, Benigni L, Priestnall SL, Lamb CR. Comparison of computed tomographic and pathologic findings in 17 dogs with primary adrenal neoplasia. *Vet Radiol Ultrasound.* 2015 Mar-Apr;56(2):153-9. doi: 10.1111/vru.12209. Epub 2014 Aug 19. PMID: 25139015.

Hecht S, Schwarz T. Pituitary gland. In: *Veterinary Computed Tomography*. Schwarz T, Saunders J, eds. Ames: Wiley-Blackwell 2011; pp. 197-204.

Pey P, Specchi S, Rossi F, Diana A, Drudi I, Zwingenberger AL, Mayhew PD, Pisoni L, Mari D, Massari F, Dalpozzo B, Fracassi F, Nicoli S. Prediction of vascular invasion using a 7-point scale computed tomography grading system in adrenal tumors in dogs. *J Vet Intern Med.* 2022 Mar;36(2):713-725. doi: 10.1111/jvim.16371. Epub 2022 Mar 1. PMID: 35233853; PMCID: PMC8965227.

Pollard RE, Reilly CM, Uerling MR, Wood FD, Feldman EC. Cross-sectional imaging characteristics of pituitary adenomas, invasive adenomas and adenocarcinomas in dogs: 33 cases (1988-2006). *J Vet Intern Med.* 2010 Jan-Feb;24(1):160-5. doi: 10.1111/j.1939-1676.2009.0414.x. PMID: 19925577.

Ruiz de Alejos Blanco L, Brust K, Szladovits B, Drees R. Computed tomographic findings in canine and feline heart base tumors (25 cases). *Vet Radiol Ultrasound.* 2024 May 6. doi: 10.1111/vru.13378. Epub ahead of print. PMID: 38706413.

Secrest S, Grimes J. Ultrasonographic size of the canine parathyroid gland may not correlate with histopathology. *Vet Radiol Ultrasound.* 2019 Nov;60(6):729-733. doi: 10.1111/vru.12789. Epub 2019 Jul 28. PMID: 31353771.

Skarbek A, Fouriez-Lablée V, Dirrig H, Llabres-Diaz F. Confirmed and presumed canine insulinomas and their presumed metastases are most conspicuous in the late arterial phase in a triple arterial phase CT protocol. *Vet Radiol Ultrasound.* 2023 Sep;64(5):834-843. doi: 10.1111/vru.13278. Epub 2023 Jul 26. PMID: 37496364.

Taeymans O, Peremans K, Saunders JH. Thyroid imaging in the dog: current status and future directions. *J Vet Intern Med.* 2007 Jul-Aug;21(4):673-84. doi: 10.1892/0891-6640(2007)21[673:tiitdc]2.0.co;2. PMID: 17708386.

Taeymans O, Penninck DG, Peters RM. Comparison between clinical, ultrasound, CT, MRI, and pathology findings in dogs presented for suspected thyroid carcinoma. *Vet Radiol Ultrasound.* 2013 Jan-Feb;54(1):61-70. doi: 10.1111/j.1740-8261.2012.01966.x. Epub 2012 Sep 18. PMID: 22985192.

ZASTOSOWANIA ANGIOGRAFII CT W PRZYPADKU GUZÓW JAMY BRZUSZNEJ

Silke Hecht

University of Tennessee College of Veterinary Medicine, USA

Wstęp

Angio-TK (lub angiografia TK) to procedura diagnostyki obrazowej mająca na celu ocenę naczyń krwionośnych wraz z narządami w obszarze zainteresowania. Istnieje wiele wskazań do angiografii TK, w tym ocena nieprawidłowej anatomii naczyń (np. przeciek wrotno-oboczny), niedrożności naczyń (np. choroba zakrzepowo-zatorowa) oraz ocena nowotworowych i nienowotworowych mas. Do konkretnych wskazań do angiografii TK w przypadku mas jamy brzusznej należą ocena pochodzenia masy i nacieczenia innych struktur, różnicowanie nieprawidłowości powodujących jedynie efekt masy w innych badaniach obrazowych (radiogramach) oraz rzeczywistych zmian masowych, ocena unaczynienia guza i ewentualnego rodzaju guza, ocena naciekania lub niedrożności naczyń przez masę oraz planowanie leczenia i rokowanie.

Technika angiografii TK i możliwe powikłania

Angiografia TK wykonywana jest w znieczuleniu ogólnym, u zaintubowanego pacjenta. W przypadku angiografii TK jamy brzusznej (lub klatki piersiowej) zaleca się wstrzymanie oddechu w celu zminimalizowania ryzyka artefaktów ruchu. Badanie z kontrastem poprzedza wstępne (natywne) badanie/skanowanie jamy brzusznej bez kontrastu. Następnie podaje się środek kontrastowy do żyły obwodowej. Aby uzyskać badanie angiograficzne dobrej jakości, konieczne jest użycie wstrzykiwacza elektrycznego. W przypadku badań jamy brzusznej venflon do podania środka kontrastowego umieszcza się w przedniej kończynie. Dodatkowy venflon zazwyczaj jest zakładany na innej kończynie w celu śródzabiegowego podania kroplówki i leku. Środek kontrastowy na bazie jodu

podaje się w przybliżonej dawce 600-880 g I/kg (około 2 ml/kg) z szybkością wstrzyknięcia 2-5 ml/s. Niektórzy po podaniu środka kontrastowego podają roztwór soli fizjologicznej. W zależności od celu badania, angiografię TK można wykonać jako badanie pojedyncze, podwójne lub potrójne, z możliwym dodatkiem opóźnionej akwizycji obrazu. Powikłania zabiegu są niewielkie, jeśli stosuje się niejonowe środki kontrastowe. Przed zabiegiem należy sprawdzić drożność venflonu, aby uniknąć wynaczynienia środka kontrastowego. Wtórne do podania środka kontrastowego możliwe są zmiany ciśnienia krwi i częstości akcji serca. Niewydolność nerek wywołana kontrastem jest rzadka, ale możliwa, a pęcherz moczowy należy ocenić pod koniec zabiegu, aby upewnić się, że wydalanie środka kontrastowego rozpoczęło się.

Synchronizacja czasu wykonania TK

Wybór odpowiedniego czasu obrazowania w odniesieniu do podania środka kontrastowego jest kluczowy. Fazy naczyniowe są krótkie, czas do maksymalnego wzmocnienia naczyniowego jest zmienny, a nie ma drugiej szansy do pozyskania obrazu w fazie naczyniowej. Istnieją 3 podstawowe opcje czasu pozyskiwania obrazu:

1) Zgadywanie na podstawie wiedzy: Jako regułę przyjmuje się, że im większe zwierzę, tym dłuższy czas od wstrzyknięcia do wzmocnienia naczyniowego. U większości zwierząt wzmocnienie aorty brzusznej rozpoczyna się około 7 do 14 sekund po wstrzyknięciu, a wzmocnienie żyły wrotnej rozpoczyna się około 10 do 35 sekund po wstrzyknięciu środka kontrastowego. Ta technika jest z natury niedokładna.

2) Automatyczne śledzenie bolusa: Dynamiczny skan TK jest inicjowany równocześnie z rozpoczęciem wstrzykiwania środka kontrastowego. Gęstość wstępnie wybranych naczyń (np. aorty i żyły wrotnej) jest monitorowana w

sposób ciągły i automatyczny. Angio-TK jest inicjowana automatycznie po osiągnięciu określonego progu gęstości w wybranych

naczyniach. Istnieje kilka problemów z tą techniką. Zazwyczaj występuje opóźnienie między momentem osiągnięcia progu a momentem rozpoczęcia skanowania. Faza tętnicza może być zatem niediagnostyczna. Po drugie, cenny czas wstrzymywania oddechu (bezdechu) jest marnowany podczas oczekiwania na osiągnięcie progu. Wreszcie, pomimo najlepszych intencji, możliwy jest ruch pacjenta lub oddechowy, co może skutkować przemieszczeniem wstępnie wybranego obszaru zainteresowania (ROI) poza wybrane naczynie.

3) Protokół bolusa testowego: W tej procedurze, mała dawka środka kontrastowego (180 mg I/kg) jest wstrzykiwana podczas dynamicznego skanowania TK trwającego około 45 sekund nad obszarem zainteresowania. Określa się szczytowe wzmocnienie naczyniowe interesujących naczyń, a następnie tomograf komputerowy ustawia się tak, aby obrazy były pozyskiwane w czasie szczytowego wzmocnienia naczyniowego po podaniu pełnej dawki środka kontrastowego (814 mg I/kg). W zależności od wskazania i wyników można dodać dodatkowe opóźnione skany. Jednym z problemów tej techniki jest to, że wzmocnienie żyłne po podaniu bolusa środka kontrastowego jest często niewystarczające i może być konieczne oszacowanie czasu fazy żyłnej.

Angio-TK w przypadku guzów wątroby:

Konkretne pytania dotyczące obrazowania małych zwierząt z nowotworem wątroby obejmują liczbę i lokalizację/pochodzenie którejkolwiek z tych zmian, wszelkie dowody na naciekanie naczyń, podejrzenie etiologii, możliwą resekcję, dowody na przerzuty oraz na inne istotne zmiany, które mogą mieć wpływ na dalsze leczenie pacjenta i rokowanie. Przeprowadzono liczne badania w celu osiągnięcia tych celów.

□ Lamb: W badaniu mającym na celu określenie anatomicznego pochodzenia mas wątroby u psów za pomocą tomografii komputerowej badacze ocenili położenie masy względem linii środkowej, pęcherzyka żółciowego, żyły wrotnej, najbliższej rozpoznawalnej żyły wątrobowej lub żyły wrotnej oraz punktu kontaktu z przeponą. Żyła wątrobowa lub odgałęzienie żyły wrotnej sąsiadujące z masą zaobserwowano w 53 (93%) przypadkach i korelowało to z oceną chirurgiczną dotkniętego podziału w 53 (93%) masach wątroby i dotkniętego płata w 32 (56%) przypadkach.

□ Fukushima, Kutara, Gribie, Leela-Aporn, Stehlik: We wszystkich tych badaniach zbadano czy cechy obrazowania mogą być wykorzystane do przewidywania etiologii guzka lub masy w wątrobie. Charakterystyka wzmocnienia kontrastowego różnych typów zmian wątrobowych opisanych w tych pracach jest zmienna. Ogólnie rzecz biorąc, bardziej jednorodne zmiany z wzmocnieniem kontrastowym podobnym lub wyższym w porównaniu do normalnego miększu mają tendencję do bycia łagodnymi, podczas gdy niejednorodne, hipowzmacniające i jamiste masy mają tendencję do bycia złośliwymi. Gdy rozmiar zmiany jest większy (powyżej 4,5 cm) również jest bardziej prawdopodobne, że zmiana jest złośliwa. Ważne jest jednak, aby zauważyć, że cechy obrazowania różnych typów mas wątrobowych nakładają się na siebie, a ostatnie zmiany w kryteriach histopatologicznych mogą sprawić, że starsze badania obrazowe staną się nieaktualne. W tym momencie pobieranie próbek tkanki (biopsje) i analiza histologiczna pozostają złotym standardem w określaniu etiologii guzka lub masy w wątrobie.

□ Smola: W tym badaniu oceniającym wartość angiografii tomografii komputerowej w przewidywaniu resekcji izolowanych guzów wątroby u psów, stwierdzono umiarkowaną zgodność między przedoperacyjną lokalizacją zmiany przez chirurga a potwierdzoną lokalizacją śródoperacyjną (12 z 21; 57%) oraz bardzo dobrą zgodność między przedoperacyjną lokalizacją radiologa

a potwierdzoną lokalizacją śródoperacyjną (19 z 21; 90%). Chirurg uzyskał lepsze wyniki pod względem przedoperacyjnej oceny resekcji zmiany, z odnotowaną czułością i swoistością dotyczącą resekcji makroskopowej wynoszącą odpowiednio 88% i 100%. W przypadku radiologa czułość i swoistość wyniosły odpowiednio 76% i 75%.

Angio- TK w przypadku guzów nadnerczy

Angiografia TK może być wykonywana u zwierząt z masą lub wysiękiem w przestrzeni zaotrzewnowej o nieznannej etiologii, a guz nadnerczy może zostać zidentyfikowany jako przyczyna leżąca u ich podłoża. Angiografia TK w przypadku znanych guzów nadnerczy jest zazwyczaj wykonywana w celu planowania operacji, a jej głównym celem jest identyfikacja naciekania struktur naczyniowych lub innych tkanek. Guzy nadnerczy mogą być również wykrywane przypadkowo podczas wykonywania tomografii komputerowej jamy brzusznej z innych wskazań („incidentalomas”). Angiografia TK jest bardzo dokładna w identyfikacji naciekania naczyniowego z neoplazją nadnerczy, z podawaną czułością 92% i swoistością 100%. Angiografia TK może mieć pewną wartość w określeniu podstawowego typu guza. Naciekanie naczyń jest spodziewane tylko w przypadku złośliwych guzów nadnerczy, takich jak guz chromochłonny i gruczolakorak. Podobno wzory dla potrójnej fazy wzmocnienia są różne dla różnych typów nowotworów. W przypadku gruczolaków, wzmocnienie kontrastu jest maksymalne w fazie żylniej i maleje w fazie opóźnionej. W przypadku gruczolakoraków, wzmocnienie kontrastu stopniowo wzrasta w fazie żylniej i utrzymuje się w fazie opóźnionej. Kontrast guzów chromochłonnych szybko się wzmacnia w fazie tętniczej, a osłabienie stopniowo maleje w fazie opóźnionej.

Angio-TK w przypadku innych mas jamy

Angiografię TK można stosować do oceny i planowania zabiegów chirurgicznych innych guzów jamy brzusznej, np. pochodzących ze śledziony, przewodu pokarmowego lub nerek.

Angiografia TK i guzy neuroendokryne

Pierwotne guzy neuroendokryne i ich przerzuty u ludzi są na ogół hiperwzmacniające po dożylnym podaniu środka kontrastowego i najlepiej widoczne w fazie tętniczej trójfazowego tomografu komputerowego. To samo wydaje się być prawdą na podstawie informacji dostępnych w literaturze weterynaryjnej. Zgłaszano, że guzy chromochłonne, insulinoma, przerzuty insulinomy i paraganglioma wykazują nadmierne wzmocnienie w fazie tętniczej, co może umożliwić ustalenie priorytetów diagnostyki różnicowej dla zmian masowych nadnerczy, trzustki i niezwiązanych z narządami (zaotrzewnowych).

Piśmienictwo:

Buishand FO, Vilaplana Grosso FR, Kirpensteijn J, van Nimwegen SA. Utility of contrast-enhanced computed tomography in the evaluation of canine insulinoma location. *Vet Q.* 2018 Dec;38(1):53-62. doi: 10.1080/01652176.2018.1481545. Epub 2018 Jun 5. PMID: 29806550; PMCID: PMC6830984.

Chhoey S, Kim S, Kang K, Keo S, Choi J. Contrast Enhanced Ultrasonography and CT Features of Gastrointestinal Stromal Tumor in a Dog. *Journal of veterinary clinics.* 2023 Oct 31;40(5):375-81.

Coss P, Gilman O, Warren-Smith C, Major AC. The appearance of canine insulinoma on dual phase computed tomographic angiography. *J Small Anim Pract.* 2021 Jul;62(7):540-546. doi: 10.1111/jsap.13336. Epub 2021 Mar 26. PMID: 33769568.

De Magistris AV, Rossi F, Valenti P, Anson A, Penninck DG, Agut A, Specchi S. CT features of gastrointestinal spindle cell, epithelial, and round cell tumors in 41 dogs. *Vet Radiol*

Ultrasound. 2023 Mar;64(2):271-282. doi: 10.1111/vru.13188. Epub 2022 Nov 16. PMID: 36382620.

Fukushima K, Kanemoto H, Ohno K, Takahashi M, Nakashima K, Fujino Y, Uchida K, Fujiwara R, Nishimura R, Tsujimoto H. CT characteristics of primary hepatic mass lesions in dogs. *Vet Radiol Ultrasound*. 2012 May-Jun;53(3):252-7. doi: 10.1111/j.1740-8261.2011.01917.x. Epub 2012 Jan 15. PMID: 22244075.

Gombert A, Diana A, Hecht S, Nicoli S, Fracassi F, Mortier J, Reyes-Gomez E, Pey P. Imaging features of retroperitoneal extra-adrenal paragangliomas in 10 dogs. *Vet Radiol Ultrasound*. 2022 Jul;63(4):393-402. doi: 10.1111/vru.13063. Epub 2022 Jan 20. PMID: 35050528; PMCID: PMC9546460.

Griebie ER, David FH, Ober CP, Feeney DA, Anderson KL, Wuenschmann A, Jessen CR. Evaluation of canine hepatic masses by use of triphasic computed tomography and B-mode, color flow, power, and pulsed-wave Doppler ultrasonography and correlation with histopathologic classification. *Am J Vet Res*. 2017 Nov;78(11):1273-1283. doi: 10.2460/ajvr.78.11.1273. PMID: 29076364.

Kutara K, Seki M, Ishikawa C, Sakai M, Kagawa Y, Iida G, Ishigaki K, Teshima K, Edamura K, Nakayama T, Asano K. Triple-phase helical computed tomography in dogs with hepatic masses. *Vet Radiol Ultrasound*. 2014 Jan-Feb;55(1):7-15. doi: 10.1111/vru.12099. Epub 2013 Sep 18. PMID: 24102918.

Lamb CR, Steel R, Lipscomb VJ. Determining the anatomical origin of canine hepatic masses by CT. *J Small Anim Pract*. 2018 Dec;59(12):752-757. doi: 10.1111/jsap.12921. Epub 2018 Sep 2. PMID: 30175457.

Leela-Arporn R, Ohta H, Shimbo G, Hanazono K, Osuga T, Morishita K, Sasaki N, Takiguchi M. Computed tomographic features for differentiating benign from malignant liver lesions In dogs. *J Vet Med Sci*. 2019 Dec 18;81(12):1697-1704. doi: 10.1292/jvms.19-0278. Epub 2019 Oct 10. PMID: 31597816; PMCID: PMC6943317.

Maxwell JE, Howe JR. Imaging in neuroendocrine tumors: an update for the clinician. *Int J Endocr Oncol*. 2015;2(2):159-168. doi: 10.2217/ije.14.40. PMID: 26257863; PMCID: PMC4526141.

Mai W, Cáceres AV. Dual-phase computed tomographic angiography in three dogs with pancreatic insulinoma. *Vet Radiol Ultrasound*. 2008 Mar-Apr;49(2):141-8. doi: 10.1111/j.1740- 8261.2008.00340.x. PMID: 18418994.

Schultz RM, Wisner ER, Johnson EG, MacLeod JS. Contrast-enhanced computed tomography as a preoperative indicator of vascular invasion from adrenal masses in dogs. *Vet Radiol Ultrasound*. 2009 Nov-Dec;50(6):625-9. doi: 10.1111/j.1740-8261.2009.01593.x. PMID: 19999346.

Schwarz T, Saunders J. *Veterinary Computed Tomography*. Ames: Wiley Blackwell 2015.

Skarbek A, Fouriez-Lablée V, Dirrig H, Llabres-Diaz F. Confirmed and presumed canine insulinomas and their presumed metastases are most conspicuous in the late arterial phase in a triple arterial phase CT protocol. *Vet Radiol Ultrasound*. 2023 Sep;64(5):834-843. doi: 10.1111/vru.13278. Epub 2023 Jul 26. PMID: 37496364.

Smola C, Schwartz P, Cáceres A, Kirsch M, Pawenski M. Computed tomography angiography aids in predicting resectability of isolated liver tumors in dogs. *J Am Vet Med Assoc*. 2023 Jun 20;261(10):1-7. doi: 10.2460/javma.23.03.0156. PMID: 37339772.

Stehlík L, Di Tommaso M, Del Signore F, Paninárová M, Terragni R, Magni T, Pontonutti L, Carloni A, Alberti M, De Magistris AV, Vignoli M. Triple-Phase Multidetector Computed Tomography in Distinguishing Canine Hepatic Lesions. *Animals (Basel)*. 2020 Dec 23;11(1):11. doi: 10.3390/ani11010011. PMID: 33374833; PMCID: PMC7823275.

Wisner E, Zwingenberger A. *Atlas of Small Animal CT and MRI*. Ames: Wiley Blackwell 2015. Yoshida O, Kutara K, Seki M, Ishigaki K, Teshima K, Ishikawa C, Iida G, Edamura K, Kagawa Y, Asano K. Preoperative Differential Diagnosis of Canine Adrenal Tumors Using Triple-Phase Helical Computed Tomography. *Vet Surg*. 2016 May;45(4):427-35. doi: 10.1111/vsu.12462. Epub 2016 Mar 23. PMID: 27007886.

BADANIE GUZÓW NIENEUROLOGICZNYCH W TOMOGRAFII REZONANSU MAGNETYCZNEGO

Silke Hecht

University of Tennessee College of Veterinary Medicine, USA

Wstęp

Podczas gdy obrazowanie metodą rezonansu magnetycznego (MRI) jest coraz częściej stosowane w onkologii u ludzi ze względu na doskonałe możliwości obrazowania tkanek miękkich i brak promieniowania jonizującego, doniesienia o zastosowaniach nieneurologicznych u małych zwierząt są stosunkowo rzadkie. W tej prezentacji omówione zostaną ogólne rozważania dotyczące wyboru MRI zamiast innych metod obrazowania małych zwierząt chorych na raka, przedstawiony zostanie przegląd wyników MRI w przypadku nowotworów głowy i szyi, klatki piersiowej, układu mięśniowo-szkieletowego i jamy brzusznej z licznymi przykładami obrazów, a także przedstawione zostanie krótkie wprowadzenie do roli MRI w obrazowaniu/określaniu stopnia zaawansowania zajęcia węzłów chłonnych. Chociaż niektóre specjalistyczne techniki, takie jak spektroskopia i obrazowanie perfuzyjne, okazały się obiecujące w określonych zastosowaniach w obrazowaniu onkologicznym u ludzi, nie są one ogólnie dostępne dla lekarzy weterynarii małych zwierząt i nie zostaną omówione w tej prezentacji.

Uwagi ogólne

Zalety MRI w porównaniu z innymi metodami obrazowania są takie same dla pacjentów onkologicznych, jak i dla pacjentów neurologicznych i obejmują doskonały kontrast tkanek miękkich, możliwości obrazowania wielopłaszczyznowego, brak promieniowania jonizującego oraz dostępność specjalnych sekwencji i technik, takich jak obrazowanie nasycenia tłuszczu i dyfuzji. Wady MRI obejmują konieczność znieczulenia ogólnego, dłuższy czas

wymagany do uzyskania obrazu, artefakty związane z ruchem serca i oddechowym oraz postrzegane jako gorsze możliwości obrazowania MRI w przypadku przestrzeni wypełnionych powietrzem i kości korowej w porównaniu z tomografią komputerową (TK). Wybór sekwencji MRI do obrazowania zmian nowotworowych będzie zależał nie tylko od dostępnego systemu MRI, cewek i sekwencji, ale także od obszaru zainteresowania oraz od tego, czy badanie MRI jest wykonywane w ramach planowego badania onkologicznego, czy też zmiana nowotworowa została wykryta „przypadkowo” (np. podczas obrazowania mózgu lub kręgosłupa).

Nowotwory głowy i szyi

W przypadku zmian nowotworowych głowy i szyi MRI wydaje się dawać podobne wyniki jak TK. Większe badania porównujące obie metody w przypadku konkretnych typów guzów są ograniczone. MRI dało większe pomiary objętości guza niż CT i znalazło dowody wzmocnienia opon mózgowych u większej liczby pacjentów. Stopień zaawansowania guza był zgodny w większości przypadków między obiema metodami.

Guzy klatki piersiowej

W medycynie ludzkiej MRI jest uważane za dokładniejsze niż TK w określaniu naciekania guza na śródpiersie, ścianę klatki piersiowej, opłucną lub kręgosłup. MRI klatki piersiowej jest rzadko wykonywane u małych zwierząt, a badania porównawcze między CT i MRI są niewystarczające. Wyniki MRI zgłaszano u psów z guzami podstawy serca. Na podstawie niepotwierdzonych doświadczeń, zmiany w śródpiersiu i ścianie klatki piersiowej wyglądają podobnie w MRI jak w TK, a MRI pozwala na rozpoznanie wysięku opłucnowego lub zmian przeponowych. Chociaż ocena płuc wypełnionych powietrzem jest ograniczona w przypadku MRI, guzki lub masy tkanki miękkiej w mięszu płucnym, które

zastąpiły płuco wypełnione powietrzem, mogą zostać wykryte, chyba że są przysłonięte artefaktami ruchu.

Guzy układu mięśniowo-szkieletowego

MRI jest doskonałą metodą obrazowania nowotworów układu mięśniowo-szkieletowego. Oprócz standardowych sekwencji ważonych T1 i T2, do protokołu obrazowania należy dołączyć obrazy saturacji tłuszczem (T2/PD FatSat i/lub STIR). Obrazowanie z przewagą gęstości PD (ang. proton density weighting) charakteryzuje się doskonałymi szczegółami anatomicznymi i prawdopodobnie zapewniają lepszą ocenę integralności korowej. Sekwencje objętościowe 3D (np. T1 GRE) zapewniają zaletę akwizycji obrazu objętościowego, która umożliwia rekonstrukcję przekrojów w dodatkowych płaszczyznach. Akwizycja obrazów ważonych T1 po podaniu kontrastu umożliwia ocenę unaczynienia zmiany i ocenę obszarów martwiczych. Badania angiograficzne dostarczają informacji na temat regionalnego ukrwienia. MRI prawdopodobnie dostarcza podobnych informacji jak TK w ocenie guzów związanych z tkanką miękką i stawami. Podczas gdy TK jest ogólnie uważane za lepsze w ocenie zmian obejmujących warstwę korową, MRI jest znacznie lepsze w ocenie choroby szpiku kostnego. Podczas gdy informacje na ten temat są ograniczone i nieco sprzeczne, wydaje się, że MRI może być dokładniejsze w określaniu zasięgu guza kości niż inne metody obrazowania. Jak już wspomniano, MRI ma znacznie lepszą zdolność do identyfikacji zmian w szpiku kostnym niż inne metody obrazowania. Ważne jest, aby zdać sobie sprawę, że wyniki obrazowania złośliwych (np. chłoniaka lub szpiczaka mnogiego) i łagodnych (np. rekonwersji szpiku kostnego) zmian naciekowych w szpiku kostnym nakładają się. Wyniki obrazowania z rozproszonymi zaburzeniami naciekowymi szpiku kostnego obejmują rozproszony lub wielogniskowy plamisty wzrost hiperintensywności STIR z lub bez dowodów wzmocnienia kontrastowego.

Nowotwory jamy brzusznej

MRI jest rzadziej stosowane niż TK lub angiografia TK do obrazowania jamy brzusznej małych zwierząt. Oprócz typowych obaw dotyczących kosztów, czasu trwania, dostępności i artefaktów, w tym momencie istnieje ograniczona ilość informacji na temat dokładności MRI w obrazowaniu nowotworów jamy brzusznej u psów i kotów. W przypadku wielu zmian MRI i TK prawdopodobnie dostarczają porównywalnych informacji. TK może być lepsza w obrazowaniu zmian naczyniowych. Na podstawie wstępnych informacji, MRI jest obiecujące i może być lepsze w klasyfikacji rozproszonych lub guzkowych zmian wątroby i w ocenie zaawansowania zajęcia węzłów chłonnych.

Protokół MRI będzie dyktowany przez rodzaj systemu MRI i dostępne sekwencje. Jedno badanie wykorzystujące magnes 1T do obrazowania brzucha psa wykazało, że „trzy sekwencje uważane za mające najwyższą jakość diagnostyczną dla brzucha czaszki to grzbietowa T2 TSE z nasyceniem tłuszczu i wstrzymaniem oddechu, poprzeczna T1 turbo fast low-angle shot gradient echo z wstrzymaniem oddechu oraz grzbietowa T2 half-Fourier acquisition single shot TSE z wpomaganiem oddychaniem”.

Nowotwory wątroby i śledziony:

Przeprowadzono kilka badań wyników MRI z różnymi typami guzkowych zmian wątroby i śledziony. Podczas gdy zgłoszone wyniki są nieco niespójne i trudne do porównania, wydaje się, że istnieje ogólna zgoda co do tego, że zmiany pochodzenia wątrobowokomórkowego (rozrost guzkowy, gruczolak, gruczolakorak) wyglądają podobnie do pozostałego miększu wątroby na obrazach T1 i T2 ważonych, ze zmiennym wzmocnieniem kontrastu. Mięsak naczyń krwionośnych i przerzuty do wątroby okazały się hipointensywne na obrazach T1-zależnych i hiperintensywne na obrazach T2-zależnych. Łagodne

guzki śledziona są podobno hipointensywne na obrazach T1 i T2-zależnych i mniej wzmacniająca niż reszta mięsna

śledziona, co jest porównywalne z przerzutami śledziona, które są zgłaszane jako hiperintensywne i hiperwzmacniająca w T2. Istnieje niewiele informacji na temat wyników obrazowania rozlanej neoplazji hematopoetycznej, jednakże zgłaszano rozlaną hipointensywność wątroby T2 (w porównaniu do mięśni szkieletowych). Wiele badań dotyczyło zastosowania środków kontrastowych specyficznych dla wątroby do obrazowania wątroby psów i wykazało obiecujące wyniki, nie tylko umożliwiające lepszą ocenę znanych mas wątroby, ale także umożliwiające identyfikację dodatkowych guzków niewidocznych w badaniu USG lub podczas operacji.

Nowotwory układu moczowo-płciowego:

Istnieje niewiele informacji na temat stosowania MRI w ocenie pacjentów weterynaryjnych pod kątem nowotworu nerek. U ludzi MRI jest uważane za lepsze od PET/TK w diagnostyce raka nerkowokomórkowego. Guzy pęcherza moczowego i cewki moczowej można zidentyfikować za pomocą MRI. Przy założeniu odpowiedniego wypełnienia pęcherza moczowego, hiperintensywny mocz wewnątrz światła zapewni naturalny kontrast w porównaniu do pogrubionej i często nieregularnej ściany pęcherza na obrazach T2-zależnych. Wyniki MRI zgłaszane w przypadku nowotworu prostaty u psów obejmują niejednorodną hiperintensywność w obrazach T2-zależnych, zniekształcenie brzoza torebki gruczołu krokowego, jamistość, całkowite zatarcie architektury gruczołu krokowego, chorobę przerzutową (do regionalnych struktur limfatycznych, kości i innych struktur) i inne objawy.

Nowotwory przewodu pokarmowego:

Ocena przewodu pokarmowego u ludzi za pomocą MRI jest ograniczona przez artefakty związane z ruchem (perystaltyka) i niewystarczające rozdęcie światła, które przesłania zmiany

związane ze ścianą. Zalecano u ludzi doustne podawanie środka kontrastowego na bazie wody (wody z kranu lub wody zmieszanej z substancjami o wyższej osmolalności i lepkości) ale nie zostało to jeszcze zbadane u psów. Podobnie jak w przypadku pęcherza moczowego, obecność wewnątrz światła płynu hiperintensywnego w T2 może być naturalnym środkiem kontrastowym i uwypuklić wszelkie obszary pogrubienia lub nieregularności ścian. Donoszono, że insulinoma trzustki u psów wygląda na hiperintensywne w T2 i izointensywne w T1. Brakuje badań porównawczych oceniających dokładność MRI jamy brzusznej w porównaniu z angiografią TK pod kątem ich zdolności do identyfikacji insulinoma i innych nowotworów trzustki u psów i kotów.

Inne:

MRI może umożliwić identyfikację innych mas jamy brzusznej, w tym guzów nadnerczy, przyzwojaków i mas niezwiązanych z narządami.

MRI w obrazowaniu węzłów chłonnych

Węzły chłonne w całym ciele są łatwo identyfikowane za pomocą MRI, a kryteria oceny (rozmiar, liczba, kształt, marginesy) są podobne do tych stosowanych w TK. Jak udowodniono w przypadku TK, oczekuje się, że MRI ma podobne zalety w porównaniu z USG w identyfikacji głębokich węzłów chłonnych (np. w kanale miednicy). Podczas gdy do tej pory brakuje rozstrzygających badań porównujących MRI z innymi metodami w celu odróżnienia węzłów chłonnych nowotworowych od nienowotworowych,

wstępne badania z wykorzystaniem obrazowania dyfuzyjnego i środków kontrastowych nanocząsteczkowych są obiecujące.

Wnioski

MRI jest obiecującą metodą w ocenie nowotworów u małych zwierząt, a jego wykorzystanie w zastosowaniach niezwiązanych z neurologią prawdopodobnie wzrośnie w przyszłości.

Piśmienictwo:

Clifford CA, Pretorius ES, Weisse C, Sorenmo KU, Drobatz KJ, Siegelman ES, Solomon JA. Magnetic resonance imaging of focal splenic and hepatic lesions in the dog. *J Vet Intern Med.* 2004 May-Jun;18(3):330-8. doi: 10.1892/0891-6640(2004)18<330:mriofs>2.0.co;2. PMID: 15188820.

Feeney DA, Sharkey LC, Steward SM, Bahr KL, Henson MS, Ito D, O'Brien TD, Jessen CR, Husbands BD, Borgatti A, Modiano J. Applicability of 3T body MRI in assessment of nonfocal bone marrow involvement of hematopoietic neoplasia in dogs. *J Vet Intern Med.* 2013 Sep- Oct;27(5):1165-71. doi: 10.1111/jvim.12151. Epub 2013 Jul 26. PMID: 23888934.

Feeney DA, Sharkey LC, Steward SM, Bahr KL, Henson MS, Ito D, O'Brien TD, Jessen CR, Husbands BD, Borgatti A, Modiano JF. Parenchymal signal intensity in 3-T body MRI of dogs with hematopoietic neoplasia. *Comp Med.* 2013 Apr;63(2):174-82. PMID: 23582424; PMCID: PMC3625058.

Fleming K, Nemanic S, Löhr CV, Terry J, Milovancev M. CT angiography and MRI imaging features do not predict the tumor type and grade of feline injection site sarcoma. *Vet Radiol Ultrasound.* 2019 Nov;60(6):668-679. doi: 10.1111/vru.12807. Epub 2019 Sep 12. PMID: 31515897.

Gendron KP, Howerth EW, Nagata K, Perlini M, Northrup N. Intramuscular Grade 1 fibrosarcoma: Magnetic resonance imaging findings in 2 dogs. *Can Vet J.* 2021 Aug;62(8):857- 860. PMID: 34341599; PMCID: PMC8281950.

Gombert A, Diana A, Hecht S, Nicoli S, Fracassi F, Mortier J, Reyes-Gomez E, Pey P. Imaging features of retroperitoneal extra-adrenal paragangliomas in 10 dogs. *Vet Radiol Ultrasound*. 2022 Jul;63(4):393-402. doi: 10.1111/vru.13063. Epub 2022 Jan 20. PMID: 35050528; PMCID: PMC9546460.

Lee K, Choi S, Choi H, Lee Y. Clinical experience of MRI in two dogs with muscle-invasive transitional cell carcinoma of the urinary bladder. *J Vet Med Sci*. 2016 Sep 1;78(8):1351-4. doi: 10.1292/jvms.15-0622. Epub 2016 Apr 28. PMID: 27149892; PMCID: PMC5053941.

Lux CN, Culp WTN, Johnson LR, Kent M, Mayhew P, Daniaux LA, Carr A, Puchalski S. PROSPECTIVE COMPARISON OF TUMOR STAGING USING COMPUTED TOMOGRAPHY VERSUS MAGNETIC RESONANCE IMAGING FINDINGS IN DOGS WITH NASAL NEOPLASIA: A PILOT STUDY. *Vet Radiol Ultrasound*. 2017 May;58(3):315- 325. doi: 10.1111/vru.12486. Epub 2017 Feb 24. PMID: 28233364.

Lux CN, Sula MM, Sun X, Hecht S. Gadoxetate disodium (Gd-EOB-DTPA) contrast-enhanced magnetic resonance imaging for differentiation between benign and malignant splenic lesions In dogs. *Vet Radiol Ultrasound*. 2024 Jun 20. doi: 10.1111/vru.13397. Epub ahead of print. PMID: 38899373.

Kraft S, Randall E, Wilhelm M, Lana S. Development of a whole body magnetic resonance imaging protocol in normal dogs and canine cancer patients. *Vet Radiol Ultrasound*. 2007 May- Jun;48(3):212-20. doi: 10.1111/j.1740-8261.2007.00231.x. PMID: 17508506.

Griffin LR, Frank C, Rao S, Seguin B. Lymphotropic nanoparticle magnetic resonance imaging for diagnosing metastatic lymph nodes in dogs with malignant head and neck tumours. *Vet Comp Oncol*. 2023 Sep;21(3):427-436. doi: 10.1111/vco.12901. Epub 2023 Apr 26. PMID: 37186437.

Mai W, Weisse C, Sleeper MM. Cardiac magnetic resonance imaging in normal dogs and two dogs with heart base tumor. *Vet Radiol Ultrasound*. 2010 Jul-Aug;51(4):428-35. doi: 10.1111/j.1740-8261.2010.01673.x. PMID: 20806875.

WYKORZYSTANIE TECHNOLOGII CAD/CAM W OSTEOTOMII KOREKCYJNEJ PRZEDRAMIENIA – ANALIZA PRZYPADKÓW

Maciej Kielbowicz

Centrum Medycyny Weterynaryjnej dr n. wet. Maciej Kielbowicz

Kulawizna to stan, w którym organizm porusza się niesymetrycznie na skutek nierównomiernego rozkładu masy pomiędzy kończynami. Przyczyn takiego stanu może być wiele, jednak wszystkie doprowadzają do utrudnienia lub uniemożliwienia szybkiego i skoordynowanego ruchu. Jest to spowodowane najczęściej bólem, sztywnością kończyny lub/i jej przebudową upośledzającą pełnienie funkcji motorycznych.

Przebudowa kończyny może być wrodzona lub nabyta. W przypadku wrodzonej mówimy o jej deformacji powstającej pod wpływem wad wrodzonych lub nieprawidłowego ucisku mechanicznego na organizm rosnącego płodu. W przypadkach nabytej po wygojeniu złamania lub na skutek choroby ogólnoustrojowej mówimy o zniekształceniu kości, czyli dyzostozie.

Zarówno w przypadku deformacji jak i zniekształceniu, jeżeli przebudowa skutkuje różnego stopnia upośledzeniem funkcji kończyny to należy rozważyć wykonanie korekcji chirurgicznej. Polega ona na osteotomii poprzecznej lub klinowej w zależności od rodzaju korekcji kości jaką chcemy wykonać. W przypadku samej rotacji kości stosujemy osteotomię poprzeczną polegającą na przecięciu kości i zrotowaniu względem siebie jej odłamów do właściwego ułożenia. W przypadkach deformacji kątowych w celu przywrócenia prawidłowej osi kończyny niezbędne jest usunięcie odpowiedniej wielkości fragmentu kostnego w celu redukcji patologicznej przebudowy.

W przypadkach wykonania osteotomii istniał problem powstający śródzabiegowo. Polegał on na właściwym określeniu fragmentu kości do usunięcia podczas wykonywania osteotomii klinowej lub wykonania rotacji przy

osteotomii poprzecznej, która gwarantowałaby możliwość prawidłowego funkcjonowania kończyny. Przez wiele lat zabieg odbywał w oparciu o wyczucie i doświadczenie chirurga. Obecnie dzięki technologii CAD/CAM posiadamy możliwość dokładnej kontroli nad wykonywaną przez nas korekcją znacznie zwiększając szanse na szybki powrót pacjenta do możliwości właściwego korzystania z kończyny.

Czym jest technologia CAD/CAM?

Technologia CAD/CAM jest rodzajem technologii stosowanej w diagnostyce ortopedycznej, która pozwala na planowanie leczenia ortopedycznego z wykorzystaniem dedykowanych do tego celu urządzeń i aplikacji. Skrót CAD/CAM pochodzi od języka angielskiego i oznacza on:

- CAD – Computer Aided Design, czyli projektowanie wspomagane komputerowo,
- CAM – Computer-Aided Manufacturing, czyli komputerowe wspomaganie produkcji.

Technologia CAD przy osteotomii przedramienia u psów polega w pierwszej kolejności na wykonaniu badania z wykorzystaniem tomografu komputerowego. Oprogramowanie TK generuje wizualizację badanej kości, którą można analizować w obrazie trójwymiarowym. Następnie na podstawie segmentacji obrazów DICOM generowany jest model kości możliwy do obróbki inżynierskiej. Na tym etapie możliwe jest wykonanie precyzyjnych pomiarów i określenie niezbędnych do wykonania korekt kości celem uzyskania oczekiwanego jej ukształtowania w taki sposób, żeby zagwarantować jej najwłaściwsze funkcjonowanie (ryc. 1). Kolejnym etapem projektowania jest wyznaczenie sposobu cięcia kości, które zagwarantuje najłatwiejszy i najmniej inwazyjny przebieg cięcia, umożliwiając w dalszej kolejności właściwe ułożenie odłamów względem siebie (ryc. 2).

Technologia CAM polega na wyprodukowaniu prowadnicy do osteotomii, która wyznacza miejsce cięcia kości oraz pomaga w ustaleniu odłamów względem siebie. Na podstawie przygotowanego projektu możliwe jest również wydrukowanie odwzorowanej kości przed zabiegiem, oczekiwanej kości po zabiegu umożliwiającej precyzyjne konturowanie standardowych wszczepów lub wyprodukowanie indywidualnego implantu, który będzie dokładnie dopasowany do kości przedramienia po osteotomii.

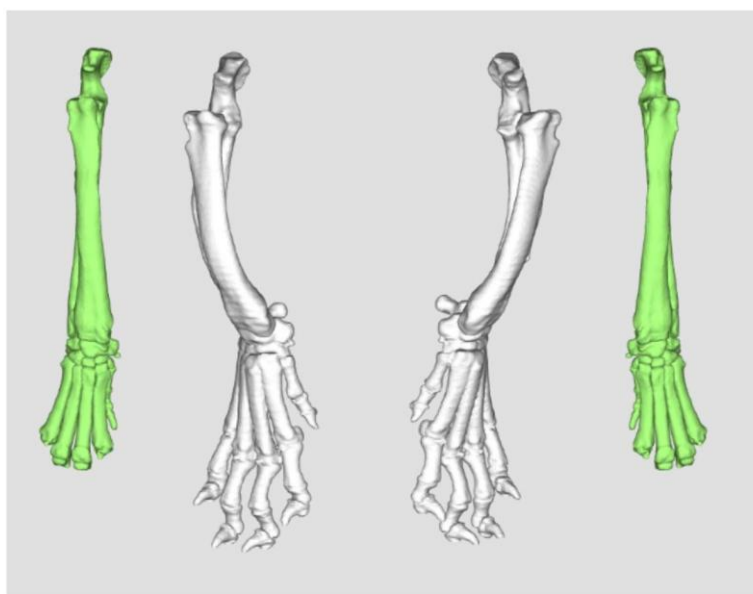
Zarówno po osteotomii poprzecznej jak i kątowej niezbędna jest stabilizacja złamania kości z zachowaniem prawidłowo ustawionych względem siebie odłamów.

W prezentacji zostaną przedstawione dwa przypadki osteotomii korekcyjnej w przypadku deformacji kości oraz w przypadku dyzostozy po złamaniu. Dzięki zastosowanej technologii CAD/CAM do wyznaczania linii cięcia udało się precyzyjnie odtworzyć kształt kości gwarantujący prawidłowe działanie tkanek miękkich, redukcję lub likwidację kulawizny, a w konsekwencji uzyskanie pożądanej korektury ruchu.

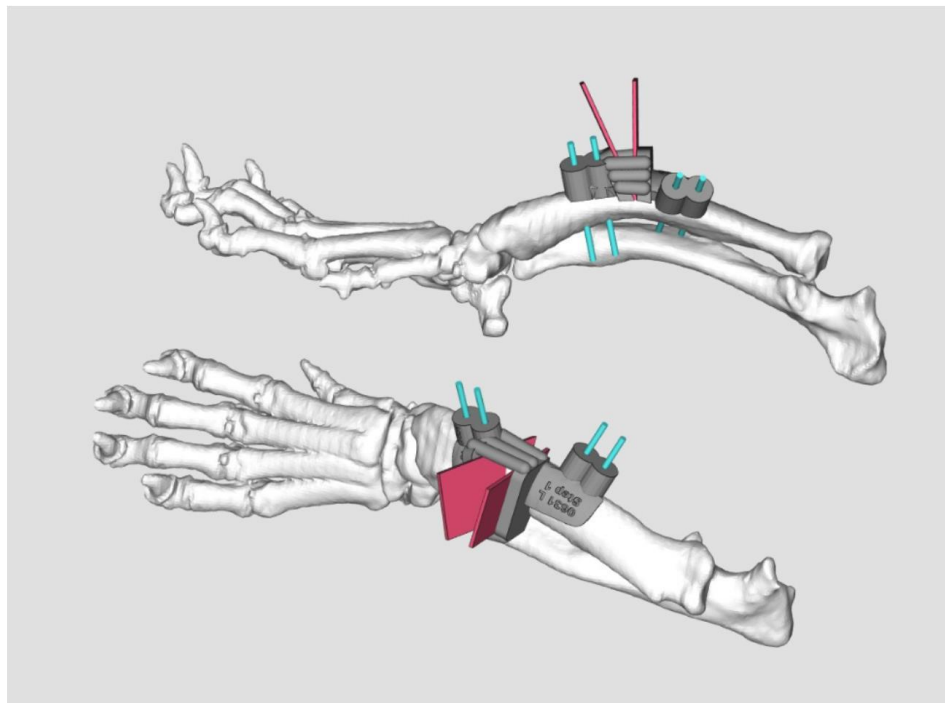
Rycina nr 1 – prawidłowy (zielony) oraz nieprawidłowy (biały) kształt kości przedramienia

u

psa



Rycina nr 2 – kości przedramienia ze zwizualizowanymi przewodnikami na kości promieniowej prawej i lewej u psa



WYKORZYSTANIE RADIOTERAPII W LECZENIU NOWOTWORÓW MÓZGU U PSÓW

Anna Jaśkiewicz

RTWet, Polski Ośrodek Radioterapii Weterynaryjnej, Miedniewice

Onkologia jest jedną z najprężniej rozwijających się dziedzin medycyny weterynaryjnej. Wydłużenie życia psów i kotów za sprawą poprawy jakości opieki weterynaryjnej sprawia, że coraz częściej spotykamy się z diagnozą nowotworu u naszych pacjentów. Obecne statystyki pokazują, że co drugi pies w wieku powyżej dziesiątego roku życia umrze z powodu choroby nowotworowej [Llamas-Velasco et al., 2012]. Co ciekawe oprócz ludzi, psy i koty są jedynymi ssakami, u których obserwuje się spontaniczne guzy mózgu [Song et al., 2013]. Częstotliwość występowania nowotworów mózgu u dorosłych psów wynosi 2,8-4,5% [Lopez et al., 2021]. Objawy kliniczne opisywane u pacjentów ze zmianami rozrostowymi w obrębie mózgowia zależą od lokalizacji guza. Guzy w obrębie pnia mózgu powodują obniżenie świadomości, deficyty w obrębie nerwów czaszkowych, zaburzenia propriocepcji. Guzy mózdzku objawiają się niezbornością ruchową, drżeniami zamiarowymi, zespołem przedsionkowym. Guzy przodomózgowia natomiast cechuje występowanie napadów padaczkowych, zmiany zachowania, bólu i sztywności szyi, chodzenie po okręgu, head pressing. Do najczęściej opisywanych pierwotnych guzów mózgu u psów zalicza się oponiaki (45%), glejaki (40%), guzy splotu naczyniówkowego (5%), dużo rzadziej obserwowane są wyściółczaki, pierwotne chłoniaki, pierwotne guzy neuroendokrynne, mięsaki histiocytarne, guzy z komórek ziarnistych. Wtórne zmiany rozrostowe stanowią około 50% wszystkich guzów mózgu u psów, należą do nich przede wszystkim naczyniakomięsaki (29-35%), guzy przysadki mózgowej (11-25%), chłoniaki (12-20%), raki (11-20%) [Snyder et al., 2006]. Obrazy rezonansu magnetycznego stanowią podstawę rozpoznania zmian rozrostowych w obrębie

mózgowia, na ich podstawie najczęściej podejmowane są decyzje kliniczne dotyczące radioterapii. W jednym z badań porównujących wyniki rozpoznania na podstawie MRI z wynikami badania histopatologicznego wykonanego post mortem, diagnoza MRI była trafna w przypadku 70% zmian pierwotnych oraz w 93% w przypadku zmian przerzutowych [Rodenas et al., 2011]. Inne badanie pokazuje, że 10-47% przypuszczalnych zdarzeń naczyniowo-mózgowych jest błędnie diagnozowana jako glejaki, a około 0-12% glejaków zostaje błędnie zdiagnozowanych jako zdarzenia naczyniowo-mózgowe [Cervera et al., 2010], stąd często przed decyzją o wdrożeniu radioterapii wykonuje się dwie niezależne oceny obrazów MRI. Powikłania związane z wykonaniem biopsji guzów mózgu obserwuje się u 27% pacjentów poddanych tej procedurze, co sprawia, że zabieg ten jest stosunkowo rzadko wykonywany [Shinn et al., 2020]. Większość guzów mózgu, przede wszystkim oponiaki oraz glejaki, uwalnia bardzo niewielką ilość komórek do płynu mózgowo-rdzeniowego, co sprawia, że analiza cytologiczna płynu mózgowo-rdzeniowego rzadko ma wartość diagnostyczną w przypadku nowotworów centralnego układu nerwowego. Wyjątek stanowią guzy splotu naczyniówkowego – 50% z nich złuszcza odpowiednią ilość komórek do płynu mózgowo-rdzeniowego, wyniki diagnostyczne uzyskuje się również w przypadku chłoniaków oraz mięsaków histiocytarnych [Nick et al., 2025].

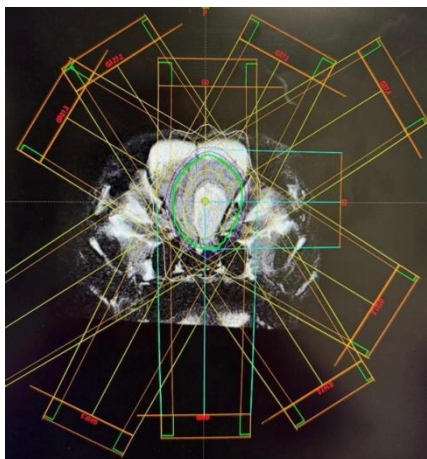
Leczenie zmian rozrostowych centralnego układu nerwowego oparte jest na kilku podstawowych filarach, takich jak: terapia paliatywna wykorzystująca leki przeciwdrgawkowe, przeciwzapalne i przeciwbólowe – mediana czasu przeżycia (MST) psów leczonych w ten sposób wynosi około 69 dni. Lepsze rokowanie występuje u pacjentów z guzami nadnamiotowymi – mediana czasu przeżycia 25 tygodni, odmiennie w przypadku guzów podnamiotowych mediana czasu to zaledwie 4 tygodnie. Najdłuższy czas przeżycia u psów leczonych paliatywnie obserwuje się w przypadku guzów przysadki – 51 tygodni [Rossmeisl et al., 2013].

Chemioterapia – rola chemioterapii w leczeniu guzów mózgu jest kontrowersyjna, a dane dotyczące skuteczności wykorzystania leków cytotoksycznych w terapii guzów mózgu w medycynie weterynaryjnej są bardzo ograniczone. Standardowo wykorzystuje się leki mające zdolność przenikania bariery krew-mózg, takie jak Lomustyna, Karmustyna, Temozolomid, Hydroksymocznik. Niestety z uwagi na szereg mechanizmów, takich jak chemiooporność guzów mózgu, problemy z uzyskaniem odpowiedniego stężenia terapeutycznego leków w obrębie OUN, niska penetracja leków do wnętrza guzów litych, niekorzystne oddziaływanie leków cytotoksycznych z lekami przeciwpadaczkowymi powoduje, że leki te wykazują niską skuteczność w monoterapii guzów mózgu. Lomustyna jest najczęściej wykorzystywanym lekiem w monoterapii guzów mózgu, przede wszystkim glejaka. Dane z roku 2014 pokazują, że u psów ze zdiagnozowanym guzem mózgu, leczonych wyłącznie Lomustyną MST wynosi 93 dni, a pacjenci leczeni wyłącznie terapią paliatywną osiągają medianę czasu przeżycia wynoszącą 60 dni – badanie zostało przeprowadzone na 71 psach oraz nie uwzględniało rodzaju guza [Van Meervenne et al., 2014]. Z kolei badanie z roku 2018 przeprowadzone na 40 przypadkach, w którym uwzględniono wyłącznie psy ze zdiagnozowanym glejakiem wskazuje, że monoterapia z wykorzystaniem Lomustyny znacząco wydłuża czas przeżycia pacjentów MST 138 dni vs. MST 35 dni – pacjenci leczeni paliatywnie [Moirano et al., 2018].

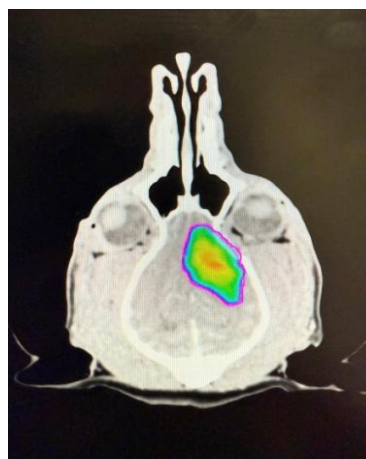
Chirurgia – postępowanie chirurgiczne pozwala na szybkie usunięcie masy guza, co skutkuje redukcją bólu, zmniejszeniem ciśnienia śródczaszkowego oraz umożliwia postawienie ostatecznego rozpoznania histopatologicznego. Brak jest jednoznacznych danych dotyczących powikłań oraz śmiertelności związanej z postępowaniem chirurgicznym w przypadku guzów mózgu – częstotliwość występowania istotnych działań niepożądanych wynosi od 6% do 100%, jeśli z puli badań wykluczmy badania mówiące o 100% śmiertelności około zabiegowej to współczynnik ciężkich powikłań około zabiegowych wyniesie

11% [Benes et al., 2021, Forward et al., 2022, Marino et al., 2014, Forward et al., 2018]. Najczęstsze powikłania około zabiegowe to zachłystowe zapalenie płuc, krwotok wewnątrzczaszkowy, zawał w obrębie tkanki nerwowej, odma śródczaszkowa, oporne na leki ataki padaczki, dysfunkcja termoregulacji [Hu et al., 2015]. Postępowanie chirurgiczne znajduje zastosowanie przede wszystkim w przypadku oponiaków diagnozowanych u kotów, które u tego gatunku są z reguły bardzo dobrze odgraniczone i nie infiltrują w obręb tkanki nerwowej, dzięki czemu uzyskuje się średnie mediany przeżycia wynoszące po zabiegu chirurgicznym 27-37 miesięcy, wznowy notuje się u 25% pacjentów, przy czym czas wystąpienia wznowy waha się od 3 do 69 miesięcy po zabiegu [Gordon et al., 1994, Porsmoguer et al., 2024]. Odmienną sytuację obserwuje się w przypadku oponiaków u psów, które najczęściej nie są dobrze odgraniczone, bardzo często infiltrują w obręb zdrowej tkanki nerwowej, co sprawia, że bardzo rzadko udaje się usunąć guz całkowicie, a mediany przeżycia uzależnione są od lokalizacji guza. W przypadku guzów przednamiotowych MST po zabiegu chirurgicznym wynosi 646 dni, przy czym za negatywny czynnik rokowniczy uznaje się przesunięcie linii pośrodkowej mózgowia oraz kompresję komór. MST psów operowanych z powodu oponiaka o dostępie przezczołowym wynosi 184 dni. Bardziej zaawansowane techniki neurochirurgii ułatwiające wizualizację oraz usunięcie naciekającego guza przynoszą długie mediany przeżywalności wynoszące około 2 lat [Carrera-Justiz et al., 2024]. Pozostałe guzy mózgu takie jak glejaki, wyściółczaki, guzy splotu naczyniówkowego z uwagi na swoją lokalizację, inwazyjność, penetrację do okolicznych tkanek bardzo rzadko są poddawane postępowaniu chirurgicznemu. Radioterapia jest metodą miejscowego leczenia nowotworów za pomocą promieniowania jonizującego powodującego uszkodzenie DNA komórek nowotworowych. Źródłem promieniowania jonizującego, głównie promieniowania X o wysokiej energii 1-6 MeV, są wiązki zewnętrzne wytwarzane przez przyspieszacze liniowe. Promieniowanie jonizujące powoduje wybitcie elektronów z orbity

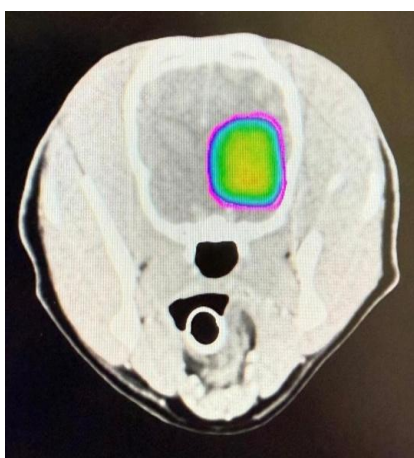
atomu przez falę elektromagnetyczną, co generuje powstanie wolnych rodników. Promieniowanie jonizujące uszkadza DNA komórek nowotworowych w sposób bezpośredni – kiedy wolny elektron trafia w nią DNA uszkadzając ją lub w sposób pośredni przez działanie wolnych rodników tlenowych na DNA [Bujko et al., 2020]. Przyjmuje się, że dawka 1 Gy promieniowania fotonów powoduje około 2500 uszkodzeń par zasad, 1000 pęknięć pojedynczej oraz 40 pęknięć podwójnej nici DNA w każdej komórce, większość tych uszkodzeń jest naprawiana przez komórki ssaków w ciągu 6-24 h [Baskar et al., 2014]. Nadrzędnym celem radioterapii jest doprowadzenie komórek nowotworowych do utraty zdolności do nieograniczonych podziałów. Radioterapia powoduje, że komórki nowotworowe ulegają programowanej śmierci komórkowej, czyli apoptozie lub zachodzi w nich śmierć mitotyczna, czyli liza komórek potomnych, powstających w wyniku kolejnych podziałów napromienionej komórki nowotworowej [Bujko et al., 2020]. Oddziaływanie promieniowania jonizującego z tkankami jest przewidywalne, co pozwoliło na opracowanie komputerowych systemów planowania leczenia bazujących na obrazach tomografii. W warstwach poprzecznych tomografii komputerowej markowane są granice guza – obszar litej zmiany – GTV – gross tumor volume. Dodatkowo zaznaczane są tkanki w obrębie guza, które potencjalnie zawierają komórki nowotworowe, czyli obszar tarczowy CTV – clinical target volume, co pozwala na zniszczenie komórek nowotworowych na obrzeżach zmian rozrostowych [Bujko et al., 2020]. Postęp radioterapii, zastosowanie kolimatorów wielolistkowych umożliwiają dostarczenie odpowiednio wysokiej dawki promieniowania jonizującego w obręb guza, z oszczędzeniem zdrowych tkanek otaczających nowotwór.



Ryc.1



Ryc.2



Ryc.3

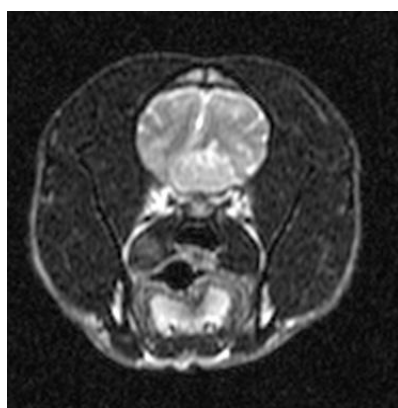
Ryciny 1,2,3 przedstawiają obrazy z planowania radioterapii guza mózgu.

Szacuje się, że około 60% pacjentów onkologicznych wymaga zastosowania radioterapii w trakcie leczenia – samodzielnie lub w połączeniu z innymi technikami leczenia [Oponowicz et al., 2013]. Radioterapia jest metodą leczenia z wyboru w przypadku nieoperacyjnych guzów mózgu lub stanowi terapię adjuwantową, jako uzupełnienie leczenia chirurgicznego. Podstawowe protokoły radioterapii guzów mózgu u psów obejmują protokoły paliatywne 10 frakcji dziennych 3 Gy – dawka całkowita 30 Gy, protokoły definitywne - 20 frakcji dziennych 2,5 Gy – dawka całkowita 50 Gy oraz protokoły radioterapii stereotaktycznej – SRT 1-5 frakcji dziennych, dostarczających dawkę całkowitą 15-35 Gy.

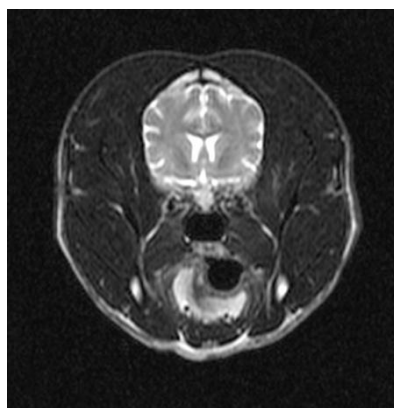
U około 10% psów poddanych radioterapii z powodu guza mózgu rozwiną się objawy niepożądane związane z leczeniem. Zaliczamy do nich zachłystowe

zapalenie płuc, zatorowość płucną, ostre uszkodzenie centralnego układu nerwowego objawiające się obniżeniem świadomości, uszkodzeniem narządów w polu leczenia – pogorszeniem jakości wzroku, słuchu, martwicą popromienną kory mózgowej, rzadko odnotowywane są nagłe zgony w czasie leczenia lub bezpośrednio po leczeniu.

Oponiak – pozaosiowa lokalizacja oponiaków powoduje, że często zmiany tego charakteru poddawane są resekcji chirurgicznej. Mediany przeżycia pacjentów poddanych chirurgicznej resekcji oponiaka, a następnie radioterapii adjuwantowej wynoszą 16,5 miesiąca, w porównaniu do 7 miesięcy uzyskiwanych w przypadku pacjentów poddanych wyłącznie leczeniu chirurgicznemu [Axlund et al., 2002]. Inne badania sugerują, że operacja cytoredukcyjna, poprzedzająca radioterapię nie wydłuża okresu przeżycia pacjentów w porównaniu do zastosowania wyłącznie radioterapii [Keyerleber et al., 2015]. Psy ze zdiagnozowanym oponiakem poddane wyłącznie frakcjonowanej radioterapii definitywnej osiągają MST wynoszące 19-25 miesięcy [Schwarz et al., 2018], w przypadku SRT MST wynosi 519 dni, przy czym 64% psów uwzględnionych w badaniu przeżyło rok od zakończenia leczenia, 24% przeżyło 2 lata po zakończeniu leczenia [Kelsey et al., 2018]. W przypadku paliatywnej radioterapii oponiaka MST wynosi 11-17 miesięcy [Griffin et al., 2016].



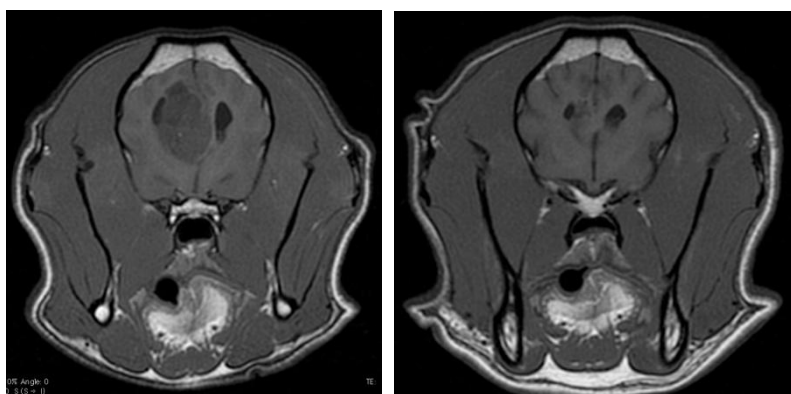
Ryc.4



Ryc.5

Ryciny przedstawiają obraz MRI przed rozpoczęciem definitywnego protokołu radioterapii oponiaka (4) oraz stan 3 miesiące po zakończeniu leczenia (5).

Glejak – najczęściej opisywany nowotwór u ras brachycefalicznych, z uwagi wewnątrzosiowy charakter wzrostu radioterapia najczęściej stanowi leczenie z wyboru. Mediany przeżycia pacjentów poddanych radioterapii definitywnej wynoszą 7-24 miesiące, a w przypadku paliatywnej radioterapii 9-16 miesięcy [Rohrer et al., 2022]. Dodatkowe wdrożenie chemioterapii adjuwantowej po zakończonym protokole radioterapii definitywnej, z wykorzystaniem Lomustyny wydłuża okres przeżycia pacjentów MST>658 dni vs MST 230 dni [Moirano et al., 2020].



Rycina 6

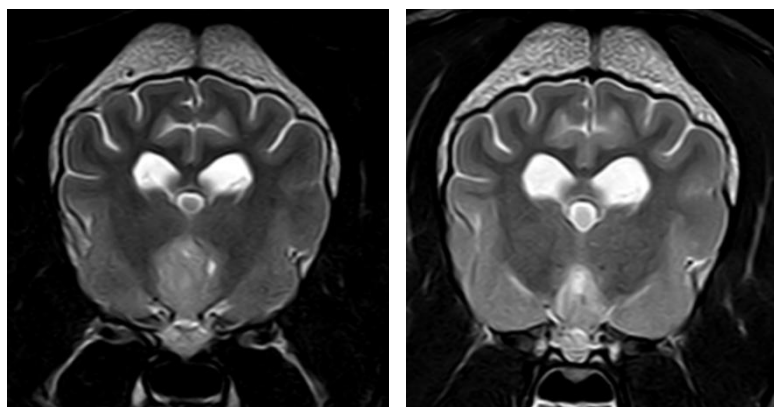
Ryc.7

Ryciny przedstawiają obraz MRI przed rozpoczęciem definitywnego protokołu radioterapii glejaka (6) oraz stan 3 miesiące po zakończeniu leczenia (7).

Guzy wewnątrzkomorowe – to przede wszystkim wyściółczaki oraz guzy splotu naczyniówkowego, a rzadziej oponiaki. Najczęściej guzy te zlokalizowane są w komorze trzeciej i czwartej, a ich obecność bardzo często powoduje zaburzenia odpływu płynu mózgowo-rdzeniowego, co przyczynia się do wzrostu ciśnienia wewnątrzczaszkowego, stąd u pacjentów z silnymi zaburzeniami neurologicznymi należy rozważyć wprowadzenie zastawki komorowo-otrzewnowej przed rozpoczęciem radioterapii. Mediany przeżycia znakomicie różnią się w przypadku pacjentów, u których przed radioterapią wprowadzono

zastawkę – MST 1103 dni od pacjentów poddanych radioterapii bez wykorzystania zastawki – MST 162 dni [Beckmann et al., 2023].

Guzy przysadki mózgowej – znakomitą większość guzów przysadki u psów stanowią łagodne zmiany rozrostowe – najczęściej gruczolaki wydzielające ACTH, rzadziej obserwowane zmiany złośliwe typu carcinoma. W przypadku wdrożenia definitywnych protokołów radioterapii guzów przysadki uzyskuje się mediany przeżycia wynoszące około 12-36 miesięcy, u większości pacjentów w wyniku leczenia ustępują zaburzenia neurologiczne, natomiast długotrwałe ustąpienie zaburzeń hormonalnych związane z nadmiernym wydzielaniem ACTH obserwuje się u 30% pacjentów [Kent et al., 2025].



Ryc.8

Ryc.9

Ryciny przedstawiają obraz MRI przed rozpoczęciem definitywnego protokołu radioterapii guza przysadki (8) oraz stan 3 miesiące po zakończonym leczeniu (9).

Guzy osłonek nerwu trójdzielnego – pierwszymi objawami klinicznymi wskazującymi na obecność tego nowotworu jest zanik mięśni żwacza oraz postępująca asymetria twarzy. Z uwagi na lokalizację radioterapia stanowi metodę z wyboru w przypadku guzów nerwu trójdzielnego. W przypadku SRT uzyskuje się MST wynoszące 441-952 dni, podobne okresy przeżycia są obserwowane w przypadku konwencjonalnej radioterapii megawoltowej [Swift et al., 2017]. Celem leczenia jest zmniejszenie zmiany rozrostowej, zahamowanie jej progresji, przez co udaje się zniwelować zaburzenia

neurologiczne związane z obecnością guza, bardzo rzadko jednak obserwuje się zanik neuropatii obwodowych – zwykle zanik mięśni twarzy, problem okulistyczne nie ulegają poprawie po leczeniu.

Guzy sklepienia czaszki – to przede wszystkim wielopłacikowe guzy kości lub kostniakomięsaki, które z uwagi na swoją lokalizację mogą powodować efekt masy w obrębie mózgowia powodując zaburzenia neurologiczne. Najlepsze efekty leczenia uzyskuje się w przypadku połączenia chirurgicznego postępowania cytoredukcyjnego z radioterapią adjuwantową – MST 358-677 dni [Holmes et al., 2019]. W przypadku wdrożenia wyłącznie radioterapii choroby makroskopowej uzyskuje się mediany przeżycia wynoszące 329 dni [Sweet et al., 2020].

W onkologii weterynaryjnej brak jest jednoznacznych wytycznych dotyczących postępowania w przypadku rozpoznania guza mózgu. Radioterapia wydaje się być bezpieczną formą leczenia, przynoszącą długotrwałą poprawę stanu klinicznego niezależnie od rodzaju zmiany rozrostowej. W ciągu ostatnich trzech lat pracy Ośrodka RTWet poddaliśmy leczeniu z wykorzystaniem radioterapii około 60 psów z rozpoznaniem guza mózgu.

Piśmienictwo:

- Llamas-Velasco M. et al., Basic concepts in skin biopsy, Part I, *Actas Dermosifiliogr* 103:12-20, 2012.
- Song RB. et al., Postmortem evaluation of 435 cases of intracranial neoplasia in dogs and relationship of neoplasm with breed, age and body weight. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 27:1143-1152, 2013.
- Lopez RJ. et al., Clinical features, diagnosis, and survival analysis of dogs with glioma. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, vol.35,4, 1902-1917, 2021.
- Snyder JM. et al., Primary intracranial neoplasia in dogs: 173 cases (1986-2003). *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 20:669-675, 2006.

- Rodenas S., et all. Magnetic resonance imaging findings in 40 dogs with histologically confirmed intracranial tumours. *Veterinary Journal*, 187(1), 85-91, 2011.
- Cervera Y. et all., Comparative magnetic resonance imaging findings between gliomas and presumed cerebrovascular accidents in dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 52 (1), 33-40, 2010.
- Shinn R. et all., Risk factors for adverse events occurring after recovery from stereotactic brain biopsy in dogs with primary intracranial neoplasia. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 34(5):2021-2028, 2020.
- Nick D. et all., Biopsy of brain lesions. *Veterinary Clinics: Small Animal Practice*, 55, 41–55, 2025.
- Rossmeisl J. et all., Survival time following hospital discharge in dogs with palliatively treated primary brain tumors. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 242(2):193-8, 2013.
- Van Meervenne S. et al., Comparison between symptomatic treatment and Lomustine supplementation in 71 dogs with intracranial, space-occupying lesions. *Veterinary Companion Oncology*, 12-67-77, 2014.
- Moirano SJ. et all., Survival times in dogs with presumptive intracranial gliomas treated with oral Lomustine: A comparative retrospective study (2008-2017). *Veterinary Companion Oncology*, 459-466, 2018.
- Benes V. et all., Meningiomas in dogs. *Surgical neurology international*, 12:551, 2021.
- Forward A. et all., Clinical presentation, diagnostic findings and outcome of dogs undergoing surgical resection for intracranial meningioma: 101 dogs. *BMC Veterinary Research*, 18, 88, 2022.
- Marino DJ. et all., Severe hyperthermia, hypernatremia, and early postoperative death after transthemoidal cavitron ultrasonic surgical aspiration (CUSA)-assisted diencephalic mass removal in 4 dogs and 2 cats. *Veterinary surgery*, 43:888-894, 2014.
- Forward AK. et all., Postoperative survival and early complications after intracranial surgery in dogs. *Veterinary surgery*, 47:549-554, 2018.

- Hu H., et all., Systemic review of brain tumor treatment in dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 29:1456-1463, 2015.
- Gordon LE et all., Results of craniotomy for the treatment of cerebral meningioma in 42 cats. *Veterinary Surgery* 23:94-100, 1994.
- Porsmoguer Ch. et all., Surgical treatment of feline intracranial meningiomas: a retrospective study of 26 cases. *Journal of Veterinary Science* 25(2):e25, 2024.
- Carrera-Justiz S., et all. Introduction and summary of diagnosis and treatment of brain tumors in dogs and cats. *Veterinary Clinics: Small Animal Practice*, vo. 55, issue 1 1-156, 2024.
- Bujko K., Podstawy radioterapii. *Gastroenterologia Kliniczna*, tom 2, nr 4, 121-126, 2010.
- Baskar R. et all., Biological response of cancer cells to radiation treatment. *Frontiers in molecular biosciences*, 1:24, 2014.
- Oponowicz E., *Medyczne Akceleratory elektronów*, 2013.- Rossmeisl JH. et al., Survival time following hospital discharge in dogs with palliatively treated brain tumors. *Journal of American Veterinary Medical Association*,242:193-198, 2013.
- Axlund TW. et all., Surgery alone or in combination with radiation therapy for treatment of intra-cranial meningiomas in dogs: 31 cases (1989-2002). *Journal of the American Veterinary Medical Association* 221:1597-1600, 2002.
- Klopp LS. et all., Endoscopic-assisted intracranial tumor removal in dogs and cats: long-term outcome of 39 cases.
- Keyerleber MA., et all. Three-dimensional conformal radiation therapy alone or in combination with surgery for treatment of canine intracranial meningiomas. *Veterinary Companion Oncology*, 13:385-97, 2015.
- Schwarz P., et all. Comparative evaluation of novel, moderately hypofractionated radiation protocol in 56 dogs with symptomatic intracranial neoplasi. *Journal of Veterinary internal Medicine*, 32:2013-20, 2018.

- Kelsey et al. Single fraction stereotactic radiation therapy (stereotactic radiosurgery) is a feasible method for treating intracranial meningiomas in dogs. *Veterinary Radiology and Ultrasound*, 59(5):632-8, 2018.
- Griffin LR. et al., Stereotactic radiation therapy for treatment of canine intracranial meningiomas. *Veterinary Companion Oncology*, 14:e158-70, 2016.
- Rohrer BC., et al., Canine presumed glial tumours treated with radiotherapy: is there an inferior outcome in tumours contacting the subventricular zone? *Veterinary Companion Oncology*, 20(1):29-34, 2022.
- Moirano SJ. et al., Efficacy of frameless stereotactic radiotherapy for the treatment of presumptive canine gliomas. *Veterinary Companion Oncology*, 18:528-37, 2020.
- Beckmann eK. et al., Solitary intraventricular tumors in dogs and cats treated with radiotherapy alone or combined with ventriculoperitoneal shunts: a retrospective descriptive case series. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 37:204-215, 2023.
- Kent M. et al., Updates on radiation therapy for pituitary tumors. Techniques and prognosis. *Veterinary Clinics: Small Animal Practice*, 55,119–133, 2025.
- Swift KE. et al., Clinical and imaging findings, treatments, and outcomes in 27 dogs with imaging diagnosed trigeminal nerve sheath tumors: A multi-center study. *Veterinary Radiology Ultrasound*, 58(6):679-89, 2017.
- Sweet KA. et al., Stereotactic radiation therapy for canine multibular osteochondrosarcoma: eight cases. *Veterinary Companion Oncology*, 18:76-83, 2020.
- Holmes ME. et al., Prolonged survival after craniectomy with skull reconstruction and adjuvant definitive radiation therapy in three dogs with multilobular osteochondrosarcoma. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 60:447-55, 2019.

ANOMALIE NACZYNIOWE W OBRAZIE WIELORZĘDOWEJ TOMOGRAFII KOMPUTEROWEJ – PRZEGLĄD WYBRANYCH PRZYPADKÓW

Dominika Kubiak – Nowak

**Katedra i Klinika Chirurgii, Wydział Medycyny Weterynaryjnej UP
we Wrocławiu**

Tomografia komputerowa (TK, ang. CT – computed tomography) to jedno z najważniejszych osiągnięć w dziedzinie diagnostyki obrazowej. Wraz z rozwojem technologii, a szczególnie wprowadzenie wielorzędowych detektorów umożliwiło skrócenie czasu badania przy jednoczesnym zwiększeniu jego dokładności. Dzięki obecności wielorzędowych detektorów tomografia komputerowa stała się narzędziem niezwykle precyzyjnym i szybkim. Producenci w różny sposób konstruują układy detektorów i sposoby kolimacji wiązki promieniowania. Przykładowo tomografy 16- rzędowe mogą być np. 24-, 28- lub 32-warstwowe. Tomografy 64-warstwowe mają najczęściej 64 rzędy detektorów. Tomografy 64-, 128-, 256- lub 320-, 64-warstwowe posiadają różne konstrukcje rzędów detektorów i możliwość podwajania ilości warstw akwizycji na poziomie oprogramowania. Wszystko zależy od technologii, jaką stosuje dany producent (1).

Obecnie wielorzędowa tomografia komputerowa kontrastowa (angio-TK) uznawana jest za metodę z wyboru w diagnostyce i monitorowaniu anomali naczyniowych w obrębie klatki piersiowej i jamy brzusznej. Na szczególną uwagę zasługuje fakt, że badanie naczyniowe wymaga wykonania skanu w odpowiednim oknie czasowym celem uzyskania optymalnego zobrazowania wybranych naczyń. Dodatkowo jest to istotne narzędzie diagnostyczne w planowaniu przedoperacyjnym zabiegów chirurgicznych złożonych, wrodzonych i nabytych chorób układu sercowo - naczyniowego oraz pooperacyjnych badaniach kontrolnych (2).

W obrębie jamy brzusznej badanie angio-TK pozwala na wizualizację nieprawidłowości naczyniowych i szczegółowy przegląd całego układu wrotnego oraz innych struktur naczyniowych i narządów jamy brzusznej podczas pojedynczego dożylnego podania pozytywnego środka kontrastowego (3, 4). W medycynie weterynaryjnej najczęstszym wskazaniem do badania angio-TK jamy brzusznej jest ocena układu wrotnego oraz żyły głównej doogonowej. Anomalie żyły głównej doogonowej często nie mają znaczenia klinicznego lub jest ono niewielkie. Mogą to być zarówno zmiany wrodzone np. występowanie dwóch żył głównych doogonowych, jak i nabyte np. obecność zakrzepu w świetle żyły głównej doogonowej. Natomiast do najczęstszych anomalii układu wrotnego u zwierząt zalicza się obecność zespołów wrotno-obocznych (ZWO, ang. postosystemic shunt, PSS), w tym: krążenia wewnątrzwątrobowego (ang. intrahepatic portosystemic shunt) oraz krążenia zewnątrzwątrobowego (ang. extrahepatic portosystemic shunt). Nieco rzadziej spotyka się obecność przetok tętniczo-wrotnych, a najrzadziej występują: wrodzony brak, hipoplazja (dawniej dysplazja mikronaczyniowa) i zakrzepica żyły wrotnej (3, 5). Nieprawidłowości układu żyły wrotnej mogą być wrodzone (najczęściej występujące) i nabyte (wtórnie do nieprawidłowego funkcjonowania wątroby) oraz pojedyncze i mnogie (4, 6).

W przypadku wrodzonych zespołów wrotno-obocznych u psów zaobserwowano predyspozycje rasowe, a szczególnie narażone są psy ras małych i miniaturowych, tj. maltańczyk, chihuahua, szpic miniaturowy, yorshire terrier, u których rozpoznaje się głównie połączenia zewnątrzwątrobowe. Z kolei u psów ras dużych tj. golden retriever, labrador retriever, owczarek staroangielski, australijski pies pasterski oraz owczarek niemiecki występuje głównie krążenie wrotno-oboczne wewnątrzwątrobowe (4, 6, 7). Na uwagę zasługują badania przeprowadzone przez Hunt'a (2004), na podstawie których stwierdzono, że rasy psów, które nie są predysponowane do zespolenia wrotno-obocznego były

bardziej narażone na występowanie nietypowych lub nieoperacyjnych zespołów, w porównaniu z psami ras predysponowanych do tych zaburzeń. Wrodzone zewnątrzwątrobowe krążenia wrotno-oboczne to zazwyczaj pojedyncze połączenia. Według badań przeprowadzonych przez Weisse i wsp. (2024) najczęściej nieprawidłowości te dotyczyły spływu lewego, a konkretnie żyły żołądkowej lewej. Natomiast wtórne (nabyte) PSS przybierają postać wielu małych naczyń zewnątrzwątrobowych i rozwijają się one najczęściej wtórnie do nadciśnienia wrotnego. U kotów występuje najczęściej krążenie wrotno-oboczne zewnątrzwątrobowe, a wśród ras predysponowanych wymienia się koty perskie i himalajskie (10).

Wskazaniami do badania angio-TK klatki piersiowej są: anomalie łuku aorty i jego gałęzi, anomalie tętnic oskrzelowych i oskrzelowo-przełykowych oraz układowe choroby żył klatki piersiowej. Natomiast możliwymi do rozpoznania wrodzonymi nieprawidłowościami naczyniowymi w obrębie klatki piersiowej są: pierścienie naczyniowe, w tym przetrwały prawy łuk aorty (ang. *persistent right aortic arch* – PRAA) z lewostronnym więzadłem tętniczym, przetrwały przewód tętniczy (ang. *patent ductus arteriosus* – PDA), zwężenie tętnicy płucnej (ang. *pulmonary stenosis* – PS) oraz zwężenie aorty. Z chwilą wprowadzenia aparatów wielorzędowych (64- rzędowych i więcej) dodatkowo możliwe stało się rozpoznawanie zaburzeń serca. Przełomem dla badania serca jako narządu będącego w ruchu okazało się skrócenie czasu, w którym skaner wykonuje jeden obrót, co znacznie zmniejszyło ilość powstających artefaktów. Zastosowanie odpowiednich algorytmów badania i oprogramowania komputerowego, w tym wykonania badania TK serca z bramkowaniem EKG zapewniło uzyskanie obrazów o wysokiej rozdzielczości przestrzennej i czasowej. Za pomocą bramkowania EKG skanowanie jest zsynchronizowane z ruchem serca, co pozwala na pozyskanie danych w fazie rozkurczu (moment, kiedy ruch serca jest najmniejszy). Należy jednak zaznaczyć, że

echokardiografia pozostaje nadal metodą obrazowania pierwszego rzutu, ale tomografia komputerowa może ją uzupełniać o ocenę wieńcowych i pozawieńcowych struktur serca w tym: jam serca, zastawek, osierdzia oraz o wstępną ocenę funkcjonalną serca tj. pomiar jego kurczliwości czy frakcji wyrzutowej. Ograniczeniem do uzyskania odpowiedniej jakości obrazów w czasie badania może być: niemiarowa praca serca, nasilona duszność, a także tachykardia (2, 11).

Wśród najczęściej występujących wrodzonych wad serca wymienia się przetrwały przewód tętniczy, przetrwały prawy łuk aorty oraz zwężenie tętnicy płucnej. W życiu płodowym przewód tętniczy łączy pień płucny z aortą zstępującą dzięki czemu możliwe jest ominięcie krążenia płucnego. O przetrwałym przewodzie tętniczym mówimy w sytuacji braku zamknięcia tego połączenia wkrótce po narodzinach. Zaburzenie to najczęściej występuje u samiec psów ras małych i miniaturowych, tj. pomeranian, maltańczyk, pudel, szpic miniaturowy i yorkshire terrier, ale także często spotykana jest u ras dużych, w tym u owczarków niemieckich i nowofundlandów. Dodatkowo wada ta zaliczana jest do chorób uwarunkowanych genetycznie. Przetrwały przewód tętniczy jest rzadko opisywany u kotów, ale nadal stanowi istotną wrodzoną chorobę serca u tego gatunku (12-15).

Przetrwały prawy łuk aorty jest jedną z patologii zaliczanych do grupy wad tworzących tzw. „pierścień naczyniowy”. Anomalia ta polega na nieprawidłowym ułożeniu aorty, która odchodzi od prawej komory zamiast lewej i jest przyczyną utworzenia pierścienia wokół przełyku i tchawicy na wysokości podstawy serca. Obecnie wyróżnia się kilka typów prawostronnego łuku aorty w oparciu o anatomię naczyniową i stopień ucisku na przełyk, z których najczęściej spotykany jest typ I charakteryzujący się obecnością pełnego pierścienia naczyniowego. W porównaniu z kotami nieprawidłowość ta częściej rozpoznawania jest u psów (16-18).

Zwężenie tętnicy płucnej jest częstą chorobą wrodzoną serca i jednocześnie jest najczęstszą z przyczyn zwężenia drogi odpływu krwi z prawej komory u psów i kotów. U wielu ras psów stwierdzono predyspozycje genetyczne do tej wady. U kotów występuje rzadko. W przypadku PS wada ta może współistnieć z innymi patologiami np. z przetrwałym przewodem tętniczym. Nabyte zwężenie tętnicy płucnej występuje sporadycznie i do jego przyczyn zalicza się występowanie guzów podstawy serca, które są przyczyną ucisku zarówno tętnicy płucnej, jak i jej gałęzi (19).

Jak wykazano powyżej wielorzędowa tomografia komputerowa kontrastowa wykazuje wysoką przydatność diagnostyczną w rozpoznawaniu anomalii naczyniowych klatki piersiowej i jamy brzusznej u psów i kotów, ponieważ umożliwia ona określenie rodzaju nieprawidłowości oraz dokładne jej umiejscowienie.

Piśmienictwo:

1. Surman M.: Tomograf komputerowy cz. 1. Jak wybrać odpowiednią konfigurację CT do potrzeb placówki medyczne. Inżynier i fizyk medyczny. 2024, 2, 97-100
2. Bertolini G. i Angeloni L: Vascular and Cardiac CT in Small Animals. Computed Tomography - Advanced Applications. Intech Open,2017
3. Bertolini G.: Anomalies of the Portal Venous System in Dogs and Cats as Seen on Multidetector-Row Computed Tomography: An Overview and Systematization Proposal. Vet Sci. 2019, 22;6(1):10.
4. Zwingenberger AL. i wsp.: Helical computed tomographic angiography of canine portosystemic shunts. Vet Radiol Ultrasound”, 46.1, 2005: 27-32.
5. Mai W. i Weisse C.: Contrast-enhanced portal magnetic resonanceangiography in dogs with suspected congenital portal vascular anomalies.Vet Radiol Ultrasound , 2011, 52, 284-288.
6. Santilli RA. i Gerboni G.: Diagnostic imaging of congenital porto-systemic shunts in dogs and cats: a review. Vet J, 2003, 166, 7-18.
7. Lamb CR.: Ultrasonography of portosystemic shunts in dogs and cats. Vet Clin North Am Small Anim Pract. 1998, 28 (4), 725-53.

8. Hunt GB.: Effect of breed on anatomy of portosystemic shunts resulting from congenital diseases in dogs and cats: a review of 242 cases. *J Vet Behav*, 2004;82:746-749.
9. Weissee C., Fox-Alvarez WA., Grosso FRV. i inni: Anatomical classification of canine congenital extrahepatic portosystemic shunts based on CT angiography: A SVSTS and VIRIES multi-institutional study in 1082 dogs. *Vet Radiol Ultrasound*, 65: 702-712, 2024.
10. Santilli RA., Gerboni G.: Diagnostic imaging of congenital porto-systemic shunts in dogs and cats: a review. *Vet J*. 2003;166(1):7-18.
11. Michalak MJ., Zawadzki M., Walecki J.: Wielorzędowa tomografia komputerowa w kardiologii. *Choroby serca i naczyń*, tom 2, nr 2, 107-112.
12. Broaddus K., Tillson M.: Patent ductus arteriosus in dogs. *Compend Contin Educ Vet.*, 2010, 32 (9), E3.
13. Das S.; Yool DA.; French AT.; Self IA.; Del-Pozo J.: An unusual morphology of patent ductus arteriosus in a dog. *J Small Anim Pract.*, 2012-06, Vol.53 (6), p.353-356.
14. Michałek M., Frydrychowski P., Noszczyk-Nowak A.: Co zrobić, by nie przeoczyć przetrwałego przewodu tętniczego (PDA). *Weterynaria w Praktyce*, 9/2020.
15. Bascuñán A., Thieman Mankin KM., i inni: Patent ductus arteriosus in cats (*Felis catus*): 50 cases (2000-2015). *J Vet Cardiol*. 2017 ;19(1):35-43.
16. Drees R, Frydrychowicz A, Reeder SB, Pinkerton ME, Johnson R.: 64-multidetector computed tomographic angiography of the canine coronary arteries. *Vet Radiol Ultrasound*. 2011;52(5):507-15.
17. García-Guereta, L., García-Cerro, E., & Bret-Zurita, M.: Multidetector Computed Tomography for Congenital Anomalies of the Aortic Arch: Vascular Rings. *Revista Española de Cardiología (English Edition)*, 2016, 69(7), 681–693.
18. Duzanski AP., Lorigados CAB., Santos I., Unruh SM. i inni: Persisten right aortic arch in the car: a case report drom a late surgical approach. *Braz J Vet Anim Sci*. 2023;60, 27.
19. Mattoon JS., Sellon RK., Berry CR.: Diagnostyka ultrasonograficzna małych zwierząt. Wydanie 4. Tom 1. Edra URBAN & PARTNER, Wrocław, 2024.

NOTATKI

