

Występowanie zakażeń *Mycobacterium tuberculosis complex* u zwierząt. Część II. Zwierzęta towarzyszące

Łukasz Radulski, Monika Krajewska-Wędzina, Marek Lipiec

z Zakładu Mikrobiologii Państwowego Instytutu Weterynaryjnego – Państwowego Instytutu Badawczego w Puławach

Prevalence of *Mycobacterium tuberculosis complex* infections in animals. Part II. Companion animals

Radulski Ł., Krajewska-Wędzina M., Lipiec M., Department of Microbiology, National Veterinary Research Institute in Puławy

Tuberculosis is a chronic, infectious disease, that can affect humans as well as farm, wild and companion animals. Due to close and frequent contacts with humans, companion animals pose the greatest threat to the public health if infected with mycobacteria. Dogs and cats are the most generally owned pet animals. Although not highly sensitive to infection, new cases of tuberculosis in this group of animals are reported every year in Europe. The most common source of infection in pet animals are free-living animals that are reservoirs of tuberculosis. The clinical symptoms most often relate to emaciation and respiratory disorders. However, less common symptoms can also develop, such as diarrhea, vomiting and ulcerative skin wounds. Dogs and cats, can be effective vectors of pathogen transmission to other animal species, as well as to humans. Therefore, if disease is suspected, the animal should be tested to confirm or rule out infection with *Mycobacterium tuberculosis complex* but intradermal tuberculin tests, effective in the diagnosis of many animal species, are useless for canines and felids. The current in vivo diagnostics is based mainly on the IFN- γ test, tissue biopsy and PCR.

Keywords: companion animals, tuberculosis, *Mycobacterium bovis*, *Mycobacterium microti*, dog, cat.

Gruźlica to przewlekła choroba zakaźna, głównie dróg oddechowych, która może dotyczyć zarówno ludzi, jak i zwierząt gospodarskich, dzikich oraz towarzyszących (1). Spośród prątków gruźlicy za chorobę u zwierząt odpowiadają najczęściej *Mycobacterium bovis* oraz *Mycobacterium caprae*, choć w niektórych regionach Europy odnotowywane są również przypadki gruźlicy wywołanej przez *Mycobacterium microti* (2, 3, 4). Sporadycznie natomiast zdarzają się zakażenia ludzkim typem prątka gruźlicy – *Mycobacterium tuberculosis*, które wynikają głównie z kontaktu zwierzęcia z chorym na gruźlicę właścicielem (5). Za główny rezerwuwar *M. bovis*, który charakteryzuje się największym wachlarzem gospodarzy spośród prątków należących do *Mycobacterium tuberculosis complex* (MTBC) uważane jest bydło, niemniej jednak w literaturze opisano wiele przypadków zakażenia zwierząt domowych.

Zwierzęta towarzyszące, głównie psy i koty, bez wątpienia są ważne w życiu wielu ludzi. Według sondażu przeprowadzonego przez Kantar Public w 2017 r. 52% Polaków posiada zwierzę domowe. Wśród mieszkańców wsi wskaźnik ten wynosi aż 70%, a w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców – 39%. 42% posiadaczy zwierząt domowych deklaruje, że ma w domu psa,

niewiele mniej, bo 26%, posiada kota, 18% oba te zwierzęta jednocześnie, a 5% – inne zwierzę (6). Podobnie wyglądają statystyki globalne, z których wynika, że 56% ludzi na całym świecie mieszka z co najmniej jednym zwierzęciem. Średnio w 1/3 (33%) gospodarstw domowych na całym świecie znajduje się pies. Koty są drugim najpopularniejszym wyborem i stanowią mniej niż 1/4 (23%) posiadanych zwierząt domowych (7). Psy i koty (zwłaszcza one) posiadają dość dużą swobodę kontaktu ze środowiskiem zewnętrznym, co zwiększa ryzyko zetknięcia się z prątkami gruźlicy. Udowodniono bowiem, że rezerwuarem *M. bovis* może być zarówno gleba, gdzie prątek ten w sprzyjających warunkach bytować może wiele miesięcy (8), jak również zwierzęta wolno żyjące (9). Szczególnie niebezpieczne są rejony, w których stwierdzono gruźlicę bydła. W tej sytuacji do zakażenia może dojść poprzez bezpośredni kontakt z chorym bydłem bądź spożycie mleka niepoddanego odpowiedniej obróbce (10). Biorąc pod uwagę niezwykle popularność utrzymywania zwierząt towarzyszących przez człowieka, jak również fakt, że na terenach wiejskich współczynnik ten wynosi aż 70%, ryzyko transmisji patogenu pomiędzy psami, kotami a zwierzętami gospodarskimi i człowiekiem jest realne.

Objawy kliniczne i zmiany anatomopatologiczne

Oprócz wielbłądowatych, takich jak alpaka, które coraz częściej utrzymywane są przez człowieka jako zwierzęta towarzyszące, gruźlicę wśród zwierząt domowych odnotowywano również u psów i kotów (11). Spośród tych dwóch gatunków zwierząt zakażenia prątkami gruźlicy dotyczą najczęściej kotów, rzadziej psów (12). Zaznaczyć jednak należy, że prątki gruźlicy charakteryzują się słabą zjadliwością zarówno wobec zwierząt z rodziny psowatych, jak koto-watych (13).

W przebiegu gruźlicy psów wśród najczęściej występujących objawów klinicznych można wymienić wychudzenie, brak apetytu, świszczący oddech oraz kaszel. Rodzaj objawów klinicznych zależy jednak od narządów dotkniętych chorobą oraz ciężkości zakażenia. Mentula i wsp. (14) opisali przypadek gruźlicy wywołanej przez *M. tuberculosis* u psa, pięcioletniej samicy, mieszańca, urodzonej w 2013 r. i sprowadzonej z Rumunii do Finlandii w 2015 r. Pierwsze objawy choroby dostrzeżone w 2018 r. miały charakter żołądkowo-jelitowy i przyjęły postać bólów brzucha, biegunki oraz wymiotów, bez jakichkolwiek symptomów choroby ze strony układu oddechowego, co wskazuje na możliwy rozwój pozapłucnej formy gruźlicy w tej rodzinie zwierząt (14). Objawy

kliniczne choroby nieobejmujące układu oddechowego opisali również Rocha i wsp. (15), u 5-letniego psa rasy bokser. W badaniu klinicznym zwierzę wykazywało znaczne osłabienie, tachykardię, silne odwodnienie, błądność błon śluzowych, owrzodzenia jamy ustnej oraz nadwrażliwość na badanie palpacyjne brzucha i nerek. W przypadku psów początkowe stadia gruźlicy mogą również przebiegać bezobjawowo. Dotyczy to nawet zwierząt z rozległymi zmianami chorobowymi – brak objawów może występować przez długi czas. Objawy kliniczne często nie są patognomiczne dla zakażenia i można je łatwo pomylić z objawami innych chorób (15). W przypadku psowatych zmiany gruźlicze najczęściej znajdują się w płucach, wątrobie, nerkach, opłucnej i otrzewnej. Zwykle zmiany w strukturze tkanki objawiają się powstaniem guzków o różnej wielkości. Ponadto może występować zapalenie, obrzęk i rozedma płuc. Nerki mogą przyjmować nieregularny kształt z licznymi zwapniałymi ogniskami wielkości główki szpilki. Zmiany często mają charakter wysiękowy i w klatce piersiowej może gromadzić się duża ilość płynu koloru słomkowego (15, 16).

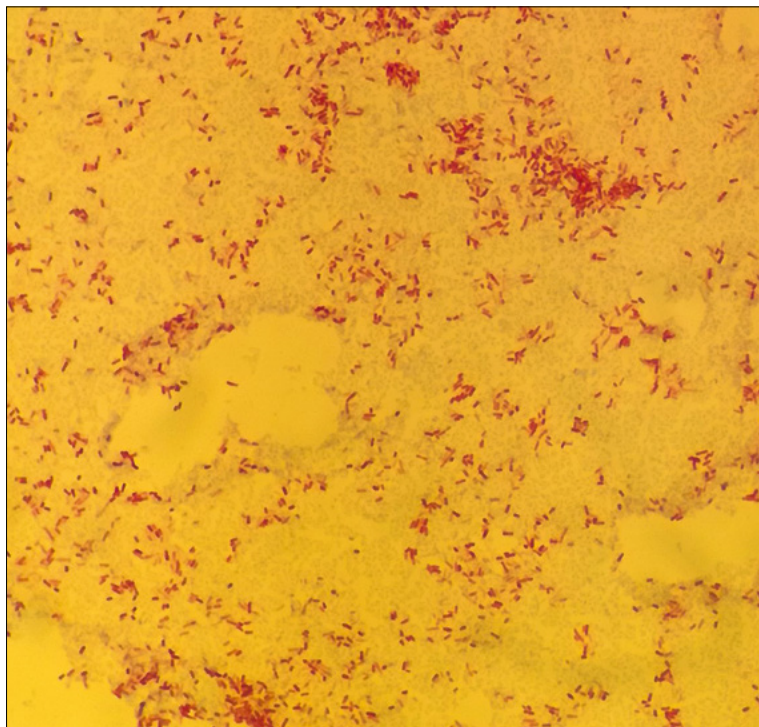
W przypadku kotów mogą wystąpić podobne objawy choroby, obejmujące wychudzenie, kaszel i osowiałość. Zakażenie kotowatych przez prątki gruźlicze przyjmuje jednak częściej postać skórą. Zmiany chorobowe umiejscowione są często w częściach ciała, w których występują rany po ugryzieniach. Głównie są to kończyny oraz głowa, a zmiany mogą przybierać postać wypukłych guzków lub niegojących się owrzodzeń. Choroba może rozwinąć się w postać ogólną, obejmującą narządy wewnętrzne, co prowadzi do padnięcia zwierzęcia w ciągu 10 do 20 dni od wystąpienia objawów skórnych. Temu etapowi może towarzyszyć gorączka, powiększenie śledziona, powiększenie wątroby, uogólniona adenopatia, zmiany kostne i objawy ze strony ośrodkowego układu nerwowego. Zmiany zazwyczaj charakteryzują się ziarniniakowym zapaleniem, składającym się z wieloogniskowego nacieku z dużą liczbą makrofagów zawierających zmienną liczbę prątków kwasoopornych (11). Najczęściej chorobowo zmienionym węzłem chłonny jest węzeł podżuchwowy. Rzadziej widuje się postacie oddechowe i pokarmowe (jelitowe) gruźlicy. Postać pokarmową choroby można zaobserwować najczęściej, gdy koty są karmione surowym mlekiem pochodzącym od krów chorych na gruźlicę (17). Jeżeli do zakażenia dojdzie drogą alimentarną, wytworzone zostaną ziarniniaki zapalne w jelicie, prowadzące do biegunki, wymiotów, braku apetytu i utraty masy ciała (18).

Zwierzęta towarzyszące jako wektor transmisji patogenu

Zakażenie psów prątkiem *M. bovis* było dość często odnotowywane w poprzednim stuleciu (19). Do spadku zachorowań psów na gruźlicę w największej mierze przyczyniły się akcje zwalczania gruźlicy u bydła, skutkujące znacznym zmniejszeniem odsetka stad, w których występowała gruźlica. Duże znaczenie miało również stosowanie pasteryzacji krowiego

mleka, w którym często znajdowały się prątki gruźlicy i powszechne podawanie mleka jako składnika codziennej diety zwierząt domowych. Mimo tego, nadal odnotowywane są zachorowania zwierząt towarzyszących w krajach, które wciąż borykają się z problemem gruźlicy bydła (20, 21). Psy, pomimo że wykazują niską wrażliwość na zakażenie prątkami gruźlicy, mogą być wektorem transmisji patogenu na pozostałe gatunki zwierząt, jak również człowieka. Wykazano bowiem eksperymentalnie, że w przypadku kontaktu psa chorego na gruźlicę ze zwierzętami zdrowymi dochodzi do zakażenia tych zwierząt (22). Ponadto *M. tuberculosis* wyizolowano z wydzieliny nosa, jak również moczu i kału psa z uogólnioną postacią gruźlicy (11). Odkrycie to dowodzi, że psy mogą wydalać prątki w środowisku i stanowić potencjalne źródło zakażenia dla innych zwierząt i ludzi. Z tego powodu zakażenia *M. bovis* lub *M. tuberculosis* powinny być brane pod uwagę u psów wykazujących objawy ze strony układu oddechowego i żyjących na obszarach, na których zakażenia prątkami są szeroko rozpowszechnione wśród dzikich zwierząt, zwierząt gospodarskich lub ludzi.

Patogenami wywołującymi gruźlicę u kotów są prątek bydłocy – *M. bovis* oraz *M. microti*, który głównie odpowiada za chorobę gryzoni będących jego naturalnym rezerwuarem. Koty zakażają się najczęściej drogą alimentarną, co jest wynikiem polowania na te niewielkie ssaki (23). Badania przeprowadzone w Wielkiej Brytanii w 2014 r. wykazały, że w 339 przypadkach zakażenia kota przez prątki, w 19% z nich za wywołanie choroby odpowiedzialny był *M. microti*, a w 15% *M. bovis*. Wielu naukowców uważa, że koty są narażone na bardzo wysokie ryzyko zakażenia *M. bovis* od bydła chorego na gruźlicę, zwłaszcza jeśli były karmione niepasteryzowanym mlekiem, surowym mięsem lub podrobami pochodzącymi od tych zwierząt (24). Konsekwencje takiego postępowania zostały udokumentowane w badaniach przeprowadzonym w latach 1966–1968 w Pensylwanii (USA), gdzie aż 24 z 52 kotów mających kontakt z chorym bydłem zostało zakażonych prątkami gruźliczymi i zachorowało. Obecnie jednak powszechna dostępność do komercyjnej karmy dla kotów oraz zmniejszenie przypadków gruźlicy u bydła przyczyniły się do znacznie mniejszej liczby odnotowywanych przypadków gruźlicy kotów (11). Istnieją natomiast inne czynniki mające wpływ na częstość zakażeń kotowatych przez prątki z MTBC. Badania dowodzą, że w głównej mierze za zwiększenie częstości zachorowań kotów na gruźlicę odpowiadać może obecność w pobliżu domostw gatunków zwierząt wolno żyjących, które są rezerwuarem *M. bovis*, tak jak ma to miejsce w Wielkiej Brytanii (25). Dodatkowo, coraz częstsze występowanie chorób immunosupresyjnych kotów, jak również fakt, że zwierzęta te mają dużą swobodę przemieszczania się w obrębie domostwa, sprzyjać mogą amfiksenozie, a następnie transmisji patogenu na kolejne osobniki (25). Koty domowe mogą być również źródłem transmisji prątków gruźliczych na człowieka, co potwierdziły m.in. badania przeprowadzone w Wielkiej Brytanii (12, 26).



Ryc. 1. Prątki *Mycobacterium bovis* barwione metodą Ziehla-Neelsena

Diagnostyka gruźlicy u psów i kotów

Badania dowodzą, że śródskórne testy tuberkulinowe, stosowane głównie w diagnostyce gruźlicy bydła, w odniesieniu do psów i kotów są niewiarygodne (27, 28). Wykonanie testu tuberkulinowego nie jest zalecane w przypadku podejrzenia choroby u tych zwierząt, choć jego zmodyfikowana forma została z powodzeniem zastosowana w odniesieniu do lwów w Parku Narodowym Krugera (29). Od początku XXI wieku naukowcy podejmują wiele prób opracowania serologicznych testów diagnostycznych umożliwiających przyżyciową diagnostykę gruźlicy zwierząt towarzyszących. Jedną z metod, która pozwala na skuteczne zdiagnozowanie gruźlicy kotów, jest test IFN- γ . Dzięki zastosowaniu antygenów w postaci tuberkuliny PPD bydłowej oraz ptasiej, jak również mieszaniny białek ESAT6/CFP10 (obecne wyłącznie w *M. bovis*), test ten umożliwia odróżnienie zakażenia *M. bovis* od *M. microti* (30). Higgitt i wsp. (31) wykazali, że wykorzystanie odpowiednich mitogenów w teście uwalniania IFN- γ umożliwia równie skuteczną diagnostykę gruźlicy u afrykańskich dzikich psów (31). Efektywnym narzędziem diagnostycznym jest również badanie RTG klatki piersiowej (32).

W celu wykluczenia bądź potwierdzenia zakażenia prątkami gruźlicy psowatych i kotowatych można pobrać wymazy z drzewa oskrzelowego bądź wykonać biopsję tkanek. Próbkę tę mogą być następnie poddane barwieniu metodą Ziehl-Neelsena, pozwalającemu na określenie występowania prątków w tkance. W barwieniu tym tkanka i bakterie spoza rodzaju *Mycobacterium* wybarwiają się na kolor niebieski, a komórki prątków na czerwony (ryc. 1; 33). Pobrany fragment tkanki można również poddać badaniu histopatologicznemu oraz przeprowadzić reakcję

PCR, co pozwoli odpowiednio na ocenę występowania charakterystycznych zmian chorobowych tkanki oraz wykazanie DNA prątków gruźliczych (31). Złotym standardem w diagnostyce gruźlicy jest metoda hodowlana, która pozwala na wyizolowanie szczepu bakteryjnego odpowiedzialnego za wywołanie choroby. Otrzymując wzrost prątków na podłożach mikrobiologicznych, można wykonać wiele dodatkowych badań pozwalających na określenie gatunku wyizolowanego szczepu. Do metod identyfikacji gatunkowe MTBC należą spoligotyping, MIRU-VNTR, sekwencjonowanie DNA oraz testy Hain Lifescience MTBC (34).

W przypadku stwierdzenia gruźlicy u psa lub kota zalecana jest jego eutanazja. Ma to związek z ryzykiem transmisji patogenu ze zwierzęcia na człowieka. Ponadto długoterminowe leczenie gruźlicy w tej grupie zwierząt nie jest efektywne (35).

Podsumowanie

Gruźlica zwierząt towarzyszących stanowi duży problem epidemiologiczny ze względu na wysokie ryzyko transmisji patogenu na ludzi. Zwierzętami towarzyszącymi najczęściej utrzymywanymi przez człowieka są psy oraz koty. Przedstawiciele rodziny psowatych oraz kotowatych wykazują jednak niską wrażliwość na zakażenie prątkami gruźliczymi. Niemniej jednak czynniki, takie jak obecność rezerwuaru patogenu w pobliskiej populacji zwierząt dzikich czy gospodarskich, są powodem występowania przypadków gruźlicy psów i kotów w kilku krajach europejskich. Chore zwierzęta poddawane są eutanazji ze względu na znikomą skuteczność leczenia oraz dbanie o bezpieczeństwo publiczne.

Piśmiennictwo

- LoBue P.A., Enarson D.A., Thoen C.O.: Tuberculosis in humans and animals: an overview. *Int. J. Tuberc. Lung. Dis.* 2010, 14, 1075–1078.
- Carneiro P.A.M., Takatani H., Pasquatti T.N., Silva C.B.D.G., Norby B., Wilkins M.J.: Epidemiological Study of *Mycobacterium bovis* Infection in Buffalo and Cattle in Amazonas, Brazil. *Front. Vet. Sci.* 2019, 6, 1–9.
- Orłowska B., Krajewska-Wędzina M., Augustynowicz-Kopec E., Kozłowska M., Brzezińska S., Zabost A., Didkowska A., Welz M., Kaczor S., Żmuda P., Anusz K.: Epidemiological characterization of *Mycobacterium caprae* strains isolated from wildlife in the Bieszczady Mountains, on the border of Southeast Poland. *BMC Vet. Res.* 2020, 16, 362.
- Infantes-Lorenzo J.A., Whitehead C.E., Moreno I., Bezos J., Roy A., Domínguez L., Domínguez M., Salguero F.J.: Development and Evaluation of a Serological Assay for the Diagnosis of Tuberculosis in Alpacas and Llamas. *Front. Vet. Sci.* 2018, 5, 189.
- Erwin P.C., Bemis D.A., McCombs S.B., Sheeler L.L., Himelright I.M., Halford S.K., Diem L., Metchock B., Jones T.E., Schilling M. G., Thomson B.V. *Mycobacterium tuberculosis* transmission from human to canine. *Emerg. Infect. Dis.* 2004, 10, 2258–2260.
- MasterVet: Jakie zwierzęta domowe mają Polacy?, w <https://www.mastervet.pl/pl/weterynaria/jakie-zwierzeta-domowe-maja-polacy,447.html>, dostęp: czerwiec 2022.
- Growth From Knowledge: Man's best friend: global pet ownership and feeding trends, w <https://www.gfk.com/insights/mans-best-friend-global-pet-ownership-and-feeding-trends>, dostęp: czerwiec 2022.
- Barbier E., Rochelet M., Gal L., Boschiroli M.L., Hartmann A.: Impact of temperature and soil type on *Mycobacterium bovis* survival in the environment. *PLoS One.* 2017, 12, 1–12.
- Richomme C., Courcoul A., Moyen J.L., Reveillaud E., Maestrini O., de Cruz K., Drapeau A., Boschiroli M.L.: Tuberculosis in the wild boar: Frequentist and Bayesian estimations of diagnostic test parameters

- when *Mycobacterium bovis* is present in wild boars but at low prevalence. *PLoS One*. 2019, **14**, 1–14.
10. Collins, A.B., Floyd S., Gordon S.V., More S.J.: Prevalence of *Mycobacterium bovis* in milk on dairy cattle farms: An international systematic literature review and meta-analysis, *Tuberculosis*, 2022, **132**, 1–18.
 11. Pesciaroli M., Alvarez J., Boniotti M.B., Cagiola M., Di Marco V., Marianielli C., Pacciarini M., Pasquali P.: Tuberculosis in domestic animal species. *Res. Vet. Sci.* 2014, **97**, S78–S85.
 12. Department of Agriculture, Environment and Rural Affairs: Bovine Tuberculosis (TB) in pets, w <https://www.daera-ni.gov.uk/articles/bovine-tuberculosis-tb-pets>, dostęp: czerwiec 2022.
 13. Lipiec M.: *Gruźlica bydłęca, rozpoznawanie, zwalczanie, stan obecny, komentarz*. PIWet – PIB w Puławach. 2016, **1**, 7–121.
 14. Mentula S., Karkamo V., Skrzypczak T., Seppänen J., Hyyryläinen H. L., Haanperä M., Soini, H.: Emerging source of infection – *Mycobacterium tuberculosis* in rescue dogs: a case report. *Access Microbiol.* 2020, **2**, 1–5.
 15. Rocha V.C., Figueiredo S.C., Rosales C.A., Porto, C.D., Sequeira J.L., Neto J.S., Paes A.C., Salgado V.R. Infection by *Mycobacterium bovis* in a dog from Brazil. *Braz. J. Microbiol.* 2017, **48**, 109–112.
 16. MSD Manual: Tuberculosis in Dogs, w <https://www.msdsmanual.com/veterinary/generalized-conditions/tuberculosis-and-other-mycobacterial-infections/tuberculosis-in-dogs>, dostęp: czerwiec 2022.
 17. TBhub: Cats & dogs, w <https://tbhub.co.uk/tb-in-non-bovine-animals/cats-dogs/>, dostęp: czerwiec 2022.
 18. International cat care: Mycobacterial Diseases in Cats – Tuberculosis, w <https://icatcare.org/advice/mycobacterial-diseases-in-cats-tuberculosis/>, dostęp: czerwiec 2022.
 19. Hawthorne V.M., Jarrett W.F.H., Lauder I., Martin W.B., Roberts G.B.S.: Tuberculosis in man, dog, and cat. *Brit. Med. J.* 1957, **2**, 675–678.
 20. Shrikrishna D., de la Rua-Domenech R., Smith N.H., Colloff A., Coatts I.: Human and canine pulmonary *Mycobacterium bovis* infection in the same household: re-emergence of an old zoonotic threat? *Thorax*. 2009, **64**, 89–91.
 21. van der Burgt G.M., Crawshaw T., Foster A.P., Denny D.J., Schock A.: *Mycobacterium bovis* infection in dogs. *Vet. Rec.* 2009, **165**, 634.
 22. Bonovska M., Tzvetkov Y., Najdenski H., Bachvarova Y.: PCR for detection of *Mycobacterium tuberculosis* in experimentally infected dogs. *Journal of Veterinary Medicine. J. Vet. Med. B Infect. Dis. Vet. Public Health* 2005, **52**, 165–170.
 23. Rüfenacht S., Bögli-Stubler K., Bodmer T., Jaunin V.F., Jmaa D.C., Gunn-Moore D.A.: *Mycobacterium microti* infection in the cat: a case report, literature review and recent clinical experience. *J. Feline Med. Surg.* 2011, **13**, 195–204.
 24. Zumarraga M., Vivot M., Marticorena D., Bernardelli A., Fasan R., Iachini R.H., Cataldi A.: *Mycobacterium bovis* in Argentina: Isolates from cats typified by spoligotyping. *Rev. Argent. Microbiol.* 2009, **41**, 215–217.
 25. Monies R.J., Cranwell M.P., Palmer N., Inwald J., Hewinson R.G., Rule B.: Bovine tuberculosis in domestic cats. *Vet. Rec.* 2000, **146**, 407–408.
 26. GOV.UK: Cases of TB in domestic cats and cat-to-human transmission: risk to public very low, w <https://www.gov.uk/government/news/cases-of-tb-in-domestic-cats-and-cat-to-human-transmission-risk-to-public-very-low>, dostęp: czerwiec 2022
 27. Fenton K.A., Fitzgerald S.D., Kaneene J.B., Kruger J.M., Greenwald R., Lyashchenko K.P.: Comparison of three immunodiagnostic assays for ante mortem detection of *Mycobacterium bovis* stimulation in domestic cats. *J. Vet. Diagn.* 2010, **22**, 724–729.
 28. Vangone L., Cardillo L., Riccardi M.G., Borriello G., Cerrone A., Coppa P., Scialla R., Sannino E., Miletti G., Galiero G., Fusco G.: *Mycobacterium tuberculosis* S1T42 Infection in an Abused Dog in Southern Italy. *Front. Vet. Sci.* 2021, **8**, 1–6.
 29. Kirkberger R.M., Keet D.F., Wagner W.M.: Radiologic abnormalities of the appendicular skeleton of the lion (*Panthera leo*): incidental findings and *Mycobacterium bovis*-induced changes. *Vet. Radiol. Ultrasound* 2005, **47**, 145–152.
 30. Rhodes S.G., Gruffydd-Jones T., Gunn-Moore D., Keith Jahans K.: Adaptation of IFN-gamma ELISA and ELISPOT tests for feline tuberculosis. *Vet. Immunol. Immunopathol.* 2008, **124**, 379–384.
 31. Higgitt R.L., Schalkwyk O.L.V., deKlerk-Lorist L.M., Buss P.E., Caldwell P., Rossouw L., Manamela T., Hausler G.A., Helden P.D.V., Parsons S.D.C., Miller M.A.: An interferon Gamma Release Assay for detection of immune sensitization to *Mycobacterium bovis* in african wild dogs. *J. Wildl. Dis.* 2019, **55**, 529–536.
 32. Park H.A., Lim J.H., Kwon Y.H., Bae J.H., Park H.M.: Pulmonary *Mycobacterium tuberculosis* infection with giant tubercle formation in a dog: a case report. *Vet. Med.* 2016, **61**, 102–109.
 33. Ping C., Ming S., Guo-Dong F., Jia-Yun L., Bing-Ju W., Xiao-Dan S., Lei M., Xue-Dong L., Yi-Ning Y., Wen D., Ting-Ting L., Ying H., Jin-Ge L., Xiao-Ke H., Gang Z.: A Highly Efficient Ziehl-Neelsen Stain: Identifying De Novo Intracellular *Mycobacterium tuberculosis* and Improving Detection of Extracellular *M. tuberculosis* in Cerebrospinal Fluid. *J. Clin. Microbiol.* 2012, **50**, 1166–1170.
 34. Radulski Ł., Krajewska-Wędzina M., Lipiec M., Szulowski K.: Infection of a Free-Living Wild Boar (*Sus scrofa*) with a Bacterium from the *Mycobacterium kansasii* Complex. *Animals* 2022, **12**, 1–6.
 35. PetHealthNetwork: Tuberculosis in dogs and cats, w <https://www.pethealthnetwork.com/dog-health/dog-diseases-conditions-a-z/tuberculosis-dogs-and-cats>, dostęp: czerwiec 2022.