

W ostatnich latach nastąpił gwałtowny rozwój weterynaryjnej medycyny nuklearnej. Najbardziej rozpowszechniona jest w USA, dynamicznie rozwija się w krajach Europy Zachodniej, zwłaszcza w Niemczech. W Europie Środkowej, wg wiadomości autorów, jedynym znaczącym ośrodkiem naukowym jest Budapeszt, w Polsce badania te próbuje rozwijać się w Gdańsku.

Badania radioizotopowe wykonuje się u większości zwierząt objętych opieką weterynaryjną. Wskazania do badań zbliżone są do wskazań u ludzi. Najważniejszymi badaniami scyntygraficznymi są obecnie badania kości, wykonywane najczęściej u koni, badania tarczycy przy jej nadczynności u kotów i niedoczynności u psów oraz badania ze wskazań onkologicznych.

W pracy przedstawiono procedurę rejestracji badań scyntygraficznych zwierząt. Analiza aktów prawnych dotyczących ochrony radiologicznej i aspektów sanitarno-epidemiologicznych pozwoliła na uzyskanie zezwoleń organów właściwych, tj. Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki i inspektora sanitarnego regionalnej Stacji Sanitarno-Epidemiologicznej na wykonywanie badań scyntygraficznych zwierząt w Zakładzie Medycyny Nuklearnej Akademii Medycznej w Gdańsku.

W dalszej części pracy przedstawiono przykłady zastosowania technik medycyny nuklearnej w Weterynaryjnym Szpitalu Klinicznym Uniwersytetu w Barcelonie (Hiszpania), który specjalizuje się w badaniach scyntygraficznych koni.

Weterynaryjne badania radioizotopowe są interesującym zagadnieniem i jakkolwiek mogłoby wydawać się zagadnieniem egzotycznym, stanowią wyzwanie i szansę dla społeczności medycyny nuklearnej.

Słowa kluczowe: prawo atomowe, ochrona radiologiczna, weterynaryjna medycyna nuklearna, inspektorat sanitarny.

Procedura rejestracji badań scyntygraficznych zwierząt w medycynie nuklearnej

Registering the procedure of scintigraphy research of animals in nuclear medicine

Mariusz Masiuk¹, Marcin Krzeziński², Dariusz Świetlik³

¹Zakład Medycyny Nuklearnej, Instytut Radiologii i Medycyny Nuklearnej, Akademia Medyczna, Gdańsk

²Szpital Weterynaryjny Krzezińskiego, Gdańsk

³Samodzielna Pracownia Informatyki Radiologicznej, Instytut Radiologii i Medycyny Nuklearnej, Akademia Medyczna, Gdańsk

Wstęp

Początki weterynaryjnej medycyny nuklearnej datują się na lata 60., ale jej dynamiczny rozwój przypada na okres ostatnich dwóch dekad [1]. W bardzo dużym stopniu jest ona rozpowszechniona w USA [2], dynamicznie rozwija się w Unii Europejskiej, zwłaszcza w Niemczech. W Europie Środkowej jedynym znaczącym ośrodkiem naukowym jest Budapeszt. W Polsce badania te próbuje rozwijać się w Gdańsku [3].

Weterynaryjne badania radioizotopowe wykonuje się u większości gatunków weterynaryjnych. Główne grupy badań to badanie kości, zwłaszcza u koni, nadczynność tarczycy u kotów, niedoczynność tarczycy u psów, onkologia weterynaryjna. W polskim środowisku medycyny nuklearnej weterynaryjna medycyna nuklearna jest mało znana.

Wprowadzenie

Pierwszym krokiem, który pozwoli jednostce organizacyjnej (ZMN) na wykonywanie badań scyntygraficznych zwierząt jest zgoda kierownika jednostki (dyrektora), który występuje do Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki (PPAA) o wydanie zezwolenia zgodnie z ustawą z 29 listopada 2000 r. – *Prawo atomowe*, na stosowanie izotopów promieniotwórczych do celów diagnostycznych zwierząt.

Ustawa z 29 listopada 2000 r. wraz ze zmianami z 12 marca 2004 r. *Prawo atomowe* [4] w art. 4 ust. 1 pkt 8 mówi, że *podawanie substancji promieniotwórczych ludziom i zwierzętom w celu medycznej lub weterynaryjnej diagnostyki, leczenia lub badań naukowych, wymaga zezwolenia Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki (PPAA)*. Z powyższego zapisu wynika jednoznacznie, że podobnie jak dla ludzi w przypadku zwierząt należy złożyć wniosek jak poniżej, do PPAA wraz z opłatą skarbową.

Wypełniając wniosek należy bezwzględnie wypełnić następujące punkty art. 5 ust. 1 – *Prawo atomowe* [4]:

- 1) oznaczenie jednostki organizacyjnej ubiegającej się o wydanie zezwolenia, jej siedzibę i adres,
- 2) w przypadku przedsiębiorców – podać numer w rejestrze przedsiębiorców (regon),
- 3) określić rodzaj, zakres i miejsce wykonywania działalności związanej z narażeniem na promieniowanie jonizujące.

A rapid development of veterinary nuclear medicine has taken place in the last decades. It is mostly widespread in the USA and also develops dynamically in western countries, especially in Germany; in central Europe, according to the authors' knowledge, Budapest is the only significant scientific centre, in Poland such investigations are being developed in Gdańsk.

Veterinary radioisotope investigations are carried out in the majority of veterinary patients. The indications approximate to those in humans; the investigations of the bone are the most important groups of investigations, mainly with horses, hyperthyroidism with cats, hypothyreosis with dogs, veterinary oncology. In the Polish environment of nuclear medicine, the veterinary nuclear medicine is still way-out.

This work introduces the procedure of registration of investigations in the animals' scintigraphy in nuclear medicine. The analysis of legal acts concerning radiological protection and the sanitary-epidemiological aspects allowed to obtain permissions in the institutions of nuclear medicine in the veterinary patient's matter.

The Department of Nuclear Medicine of the Medical University in Gdańsk received permissions from the proper organs: The National Atomic Energy Agency and The Sanitary Inspector of the Regional Sanitary-Epidemiological Station to carry out the investigations of the animals' scintigraphy.

Another part of the work shows the techniques of nuclear medicine in Veterinary Scintigraphy Service of the Autonomous University in Barcelona (Spain), which specialises in horses' scintigraphy investigations.

Veterinary radioisotope investigations are an interesting topic and no matter how exotic it would sound now, they make up a challenge and a chance for the whole community of nuclear medicine.

Key words: atomic right, radiation protection, veterinary nuclear medicine, sanitary inspectorate.

Wzór wniosku jest dostępny na stronie Państwowej Agencji Atomistyki: <http://www.dnz.paa.gov.pl/>.

Wyjątkowe przypadki, w których działalność związana z narażeniem na promieniowanie jonizujące nie podlega obowiązkowi uzyskania zezwolenia lub zgłoszenia (art. 6 pkt 2 – *Prawo atomowe*) określa Rozporządzenie Rady Ministrów z 6 sierpnia 2002 r., w którym czytamy, że *jeżeli aktywność całkowita lub stężenie promieniotwórcze izotopów promieniotwórczych zawartych w tych substancjach nie przekracza 0,1 wartości podanych w załączniku [5] działalność taka wymaga tylko zgłoszenia do Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki*.

Wymagana jest również zgoda inspektoratu sanitarnego. W procedurze rejestracji badań scyntygraficznych zwierząt w Zakładzie Medycyny Nuklearnej w Gdańsku, kierownik zakładu wystąpił do Regionalnego Inspektora Sanitarnego z pismem o opinię na temat możliwości wykonywania badań radioizotopowych zwierząt w ZMN, który w odpowiedzi wyraził zgodę pod warunkiem przestrzegania procedury higieniczno-sanitarnej, tj.:

- 1) wykonywania badań po godz. 16.00,
- 2) każdorazowego przeprowadzania procedur dezynfekcji po wykonaniu badań,
- 3) przejścia kuracji odrobaczenia przez zwierzęta, u których będą wykonywane badania.

Po wykonaniu badań zwierząt należy przeprowadzić dezynfekcję aparatu (*gammakamery*) z użyciem aldehydu glutarowego, np. Aldesanu E, który swoim działaniem obejmuje bakterie, wirusy, grzyby i pierwotniaki oraz zdezynfekować stół, przecierając go tym samym preparatem. Powierzchnie trudno dostępne należy spryskać płynem Mirozid Liquid, który działa prątkobójczo, bakteriobójczo i grzybobójczo.

Ponadto umywalkę, ściany, podłogę, biurka, lampy odkaża się poprzez przetarcie środkiem dezynfekcyjnym Mediarime 0,18 proc. Dezynfekcję pomieszczenia przeprowadza się z użyciem lampy bakteriobójczej (promienie UV), którą naświetla się 30 min.

Diagnostyka

Badania weterynaryjne w zakładzie medycyny nuklearnej wykonuje się w obecności lekarza weterynarii oraz pomocy weterynaryjnej i lekarza radiologa nadzorującego. Dawki izotopu podawane zwierzętom (psy, koty) wynoszą od 5 do 20 mCi w zależności od wagi ciała zwierzęcia. Najczęściej stosowany jest izotop technet-99m.

Izotop podaje się zwierzęciu dożylnie bezpośrednio przed badaniem lub 3 godz. wcześniej, w zależności od typu badania. Izotop może podać jedynie osoba uprawniona, czyli pielęgniarka zabiegowa zakładu medycyny nuklearnej na terenie tegoż zakładu.

Jeżeli zwierzę po podaniu izotopu musi czekać na badanie, wówczas lekarz weterynarii przewozi je do szpitala weterynaryjnego. Tam pozostaje ono przez określony czas (np. w przypadku badania kości 3 godz.). Przykładowo w Zakładzie Medycyny Nuklearnej Akademii Medycznej w Gdańsku po upływie określonego czasu lekarz weterynarii przyjeżdża ze zwierzęciem na badanie. Badanie jest wykonywane po godzinie 16.00, ponieważ konieczny jest 3-godzinny odstęp pomiędzy zakończeniem badań u ludzi (13.00) i rozpoczęciem procedur z udziałem zwierząt. Wynika to z wymogów postawionych przez Państwowy Wojewódzki Inspektorat Sanitarny.

Przed badaniem dodatkowo zwierzęciu podaje się środek uspokajający (diazepam) w celu sedacji i umożliwienia wykonania badania za pomocą gammakamery. Pacjent weterynaryjny otrzymuje również płyn Ringera z mleczanem w ilości 25 ml/kg masy ciała. Tak przygotowane zwierzę jest układane pod gammakamerą na łóżku, które musi być zabezpieczone przed skażeniem moczem folią z materiałem wchłaniającym. Po zakończeniu badania, lekarz weterynarii zabiera zwierzęta do szpitala weterynaryjnego, gdzie prze-



Ryc. 1. Ekran osłaniający – materiał własny
Fig. 1. Covering screen – own observation



Ryc. 2. Rękawice i okulary ochronne – materiał własny
Fig. 2. Protective gloves and glasses – own observation



Ryc. 3. Ochraniacz na tarczycę – materiał własny
Fig. 3. Thyroid shield – own observation

bywają przez 24 godz. w izolacji dla zwierząt z podanym izotopem.

Ochrona radiologiczna

Lekarz weterynarii, pomoc weterynaryjna i lekarz radiolog, ewentualnie opiekun pacjenta są zobowiązani do stosowania fartucha chroniącego przed promieniowaniem γ (ołowiany) (ryc. 1). Dodatkowo należy również stosować ekrany osłaniające, rękawice i okulary ochronne zawierające ołów (ryc. 2) i ochraniacz na tarczycę (ryc. 3) [6].

Przygotowaniem zwierzęcia do badania zajmuje się weterynarz. Zwierzę badane diagnostycznie powinno być na czczo – dopiero w trakcie badania podawane są płyny Ringera z mleczanem. Metoda ta zabezpiecza przed możliwością nietrzymania moczu przez pacjenta w trakcie scyntygrafii, co może doprowadzić do skażenia łóżka i innych elementów gammakamery. Oczywiście, mocz zwierzęcia również jest źródłem promieniowania, dlatego czasami, jeśli badanie trwa dość długo (czyli 1 godz. lub więcej) stosuje się odpowiednie kuwety, które umożliwiają odprowadzenie moczu i tym samym jego usunięcie z pola widzenia kamery.

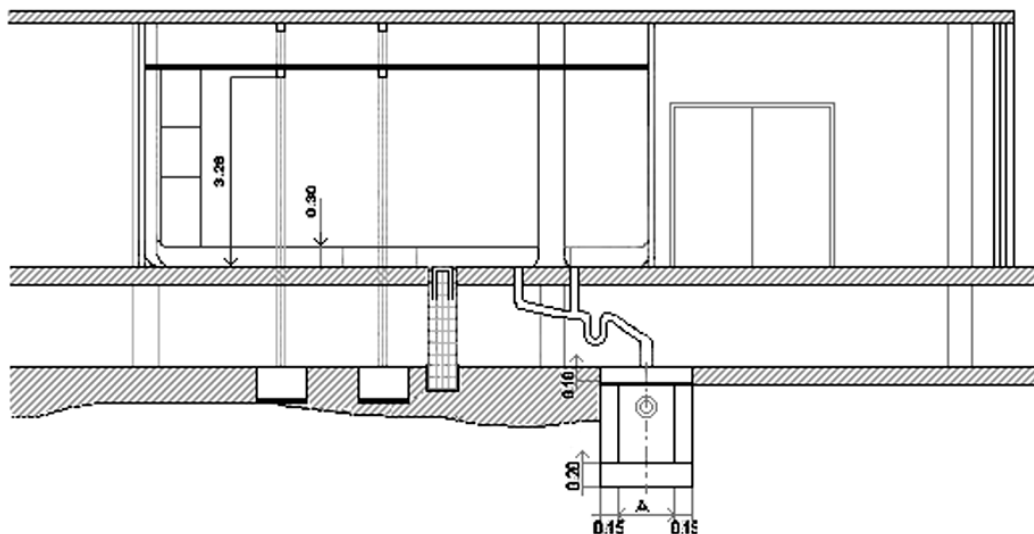
W przypadku zwierząt o dużych rozmiarach, np. koni, badania wykonywane za pomocą gammakamery są już pewnym wyzwaniem. Badania takie są wykonywane, np. w Weterynaryjnym Szpitalu Klinicznym Uniwersytetu w Barcelonie



(Hiszpania). Posiada on odpowiednie pomieszczenia, tzn. pokój badań i boksy izolacyjne. Pokój badań ma 42 m², a jego ściany są wykonane z wodoodpornego materiału, przy czym ściany są pokryte 3-mm warstwą ołowiu, a podłoga wykonana jest z gładkiego, antypoślizgowego materiału. Dodatkowo pokój ten jest połączony ze zbiornikiem o pojemności 750 l, który znajduje się pod ziemią (ryc. 4) i służy do odprowadzania zanieczyszczeń (moczu i kału), które są tam przechowywane do czasu całkowitego rozpadu izotopu promieniotwórczego, a następnie usuwane do kanalizacji miejskiej [7, 8].

Boksy izolacyjne mają podobną budowę, jak pokój badań, z tą różnicą, że podczas przebywania tam zwierzęcia podłoga jest pokryta materiałem absorbującym (rodzajem pościeli), która wchłania wydaliny zwierzęcia.

Po wykonaniu badania koń (ryc. 5) jest przeprowadzany do boksu izolacyjnego, w którym przebywa przez 24 godz.



Ryc. 4. Pokój badań ze zbiornikiem na odprowadzanie zanieczyszczenia (za zgodą Weterynaryjnego Szpitala Klinicznego Uniwersytetu w Barcelonie, Hiszpania)

Fig. 4. The scintigraphy exploration room with container droppings (courtesy Veterinary Clinic Hospital of the Autonomous University of Barcelona, Spain)

(jeśli podano radiofarmaceutyk ^{99m}Tc). W tym czasie zwierzę przebywa w zupełnym odosobnieniu i nie ma kontaktu z personelem.

Dawka, którą otrzymuje personel w trakcie przeprowadzania badania w Weterynaryjnym Szpitalu Klinicznym Uniwersytetu w Barcelonie wynosi poniżej $1 \mu\text{Sv}/\text{godz.}$, co w rocznym rozrachunku daje poniżej $1 \mu\text{Sv}/\text{rok}$.

Leczenie radiojodem

Leczenie nadczynności tarczycy radiojodem wykonuje się przeważnie u kotów między 10. a 15. rokiem życia [9].

Docelowa dawka pochłonięta przez tarczycę powinna wynosić ok. 150 Gy, co odpowiada aktywności od 3 do 5 mCi radiojodu podanego doustnie, dożylnie lub podskórnie. Głównie stosuje się podanie dożylnie, ponieważ jest bezpieczniejsze dla personelu i mniej stresujące dla zwierzęcia [1, 10].

Z punktu widzenia ochrony radiologicznej poza radioaktywnością samego zwierzęcia istnieje jeszcze problem radioaktywności moczu, który może zostać wydalony w trakcie trwania terapii. Pomiary okresu połowicznego zaniku radioaktywności zwierząt ($T_{1/2E}$) dokonane licznikiem powierzchniowym po podaniu 178–204 MBq ^{131}I wahają się od 2,19 do 4,70 dni, a $T_{1/2}$ zaniku aktywności moczu od 2,16 do 3,67 dni [1]. Informacje te sugerują konieczność okresowej izolacji zwierząt po podaniu radiojodu [11, 13–18]. Przykładowo w USA izoluje się zwierzęta przez 3 do 7 dni. W Niemczech wymagana jest 2-tygodniowa izolacja zwierząt [12].

W Polsce leczenie radiojodem nie jest wykonywane, ponieważ nie ma na razie takich ośrodków, które spełniałyby wymogi od strony ochrony radiologicznej. Brak jest również uwarunkowań prawnych, które regulowałyby warunki izolacji zwierząt.



Ryc. 5. Przygotowanie gammakamery do badania scyntygraficznego kości (za zgodą Weterynaryjnego Szpitala Klinicznego Uniwersytetu w Barcelonie, Hiszpania)

Fig. 5. Preparation of the gammacamera for scintigraphy examination of bones (courtesy Veterinary Clinic Hospital of the Autonomous University of Barcelona, Spain)

Wnioski

1. Wykonywanie badań scyntygraficznych zwierząt w Polsce z punktu widzenia ochrony radiologicznej wymaga opracowania i wdrożenia procedur systemowych.
2. Jednostka, która będzie prowadzić badania jest zobowiązana do uzyskania zezwolenia Prezesa PAA na stosowanie izotopów promieniotwórczych do celów diagnostycznych zwierząt.
3. Wymagana jest również zgoda stacji sanitarno-epidemiologicznej.

4. Z przytoczonych przykładów wynika, że wykonywanie badań z użyciem izotopów nasuwa wciąż wiele pytań, np. jak długo należy izolować zwierzę poddane jodoterapii?

Uzupełnienie

1. Aktywność całkowita (maksymalna) – wielkość, która określa liczbę przemian lub rozpadów w danej ilości substancji.
2. Stężenie promieniotwórcze – aktywność przypadająca na jednostkę objętości [19].
3. Dawka skuteczna (efektywna) E: suma ważonych dawek równoważnych od zewnętrznego i wewnętrznego napromienienia tkanek i narządów, wyrażona wzorem:

$$E = \sum_T w_T H_T = \sum_T w_T \sum_R w_R D_{T,R}$$

gdzie:

- $D_{T,R}$ oznacza dawkę pochłoniętą od promieniowania jonizującego R, uśrednioną w tkance lub narządzie T,
- w_R oznacza czynnik wagowy promieniowania jonizującego R,
- w_T oznacza czynnik wagowy tkanki lub narządu T [20].

Piśmiennictwo

1. [bez wskazania autorów]. The use of radioisotopes in veterinary science. Br Vet J 1966; 122 (1): 1-2.
2. Harris AL. Radioisotope photoscanning in the dog. Vet Med Small Anim Clin 1968; 63: 1038-9.
3. Lass P, Krzemiński M, Teodorczyk J, Bandurki T. Z (gamma)kamerą wśród zwierząt. Weterynaryjna Medycyna Nuklearna, Problemy Medycyny Nuklearnej 2005; tom 18 (36).
4. Ustawa z 29 listopada 2000 r. wraz ze zmianami z 12 marca 2004 r. o zmianie ustawy – Prawo atomowe oraz ustawy o opłacie skarbowej (DzU Nr 70, poz. 632) – <http://www.paa.gov.pl/index.html>.
5. Rozporządzenie Rady Ministrów z 6 sierpnia 2002 r. (DzU Nr 137, poz. 1153) – <http://www.paa.gov.pl/index.html>.
6. Radiation Safety <http://www.spcollege.edu/hec/vettech/VTDE/radsaf/radsafe/radsafe.htm>
7. Baixeras C, Perez F, Arguelles D. Radiation Hazards to Personnel from the Veterinary Scintigraphy Service of the Autonomous University of Barcelona, poster, 11 International Congress of Radiation Protection, Madrid, Spain, 24-28 May 2004.
8. Whitelock RG. Radiation hazards from horses undergoing scintigraphy using technetium-99 in Equine. Vet J 1997; 29: 26-30.
9. Neuwirth L, Romie C. Ancillary equipment to increase quality and reduce radiation exposure in the equine nuclear medicine laboratory, in Equine Scintigraphy Equipment. Vet Radiol 2000; 40: 470-5.
10. Mooney CT. Feline hyperthyroidism. Diagnostics and therapeutics. Vet Clin North Am Small Anim Pract 2001; 31: 963-83.
11. Theon AP, Van Vechten MK, Feldman E. Prospective randomized comparison of intravenous versus subcutaneous administration of radioiodine for treatment of hyperthyroidism in cats. Am J Vet Res 1994; 55: 1734-8.
12. Feeney DA, Jessen CR, Weichselbaum RC, Cronk DE, Anderson KL. Relationship between orally administered dose, surface emission rate for gamma radiation, and urine radioactivity in radioiodine-treated hyperthyroid cats. Am J Vet Res 2003; 64: 1242-7.
13. Puille M, Knietsch M, Spillmann T, Grunbaum EG, Bauer R. Radioiodine treatment of feline hyperthyroidism in Germany. Nuklearmedizin 2002; 41: 245-51.
14. Thyro-cat <http://www.thyrocat.com/>.
15. Weichselbaum RC, Feeney DA, Jessen CR. Evaluation of relationships between pretreatment patient variables and duration of isolation for radioiodine-treated hyperthyroid cats, Am J Vet Res 2003; 64: 425-7.
16. Nieckarz JA, Daniel GB. The effect of methimazole on thyroid uptake of pertechnetate and radioiodine in normal cats. Vet Radiol Ultrasound 2001; 42: 448-57.
17. Peterson ME, Becker DV. Radioiodine treatment of 524 cats with hyperthyroidism. J Am Vet Med Assoc. 1995; 207 (11): 1422-8.
18. Kintzer PP, Peterson ME. Nuclear medicine of the thyroid gland. Scintigraphy and radioiodine therapy. Vet Clin North Am Small Anim Pract 1994; 24: 587-605.
19. Gostkowska B. Ochrona radiologiczna. Wielkości, jednostki i obliczenia. Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej, Warszawa 2003.
20. Rozporządzenie Rady Ministrów z 18 stycznia 2005 r. w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego (DzU z 2004 r., Nr 161, poz. 1689 i Nr 173, poz. 1808): <http://www.paa.gov.pl/index.html>.

Adres do korespondencji

mgr fizyki **Mariusz Masiuk**
Zakład Medycyny Nuklearnej
Instytut Radiologii i Medycyny Nuklearnej
Akademia Medyczna
ul. Dębinki 7
80-952 Gdańsk
tel. +48 58 349 22 03
faks +48 58 349 22 00
e-mail: masiuk@amg.gda.pl