

馬の骨シンチグラフィー施設 —本邦に導入するための課題—

山田 一孝
Yamada Kazutaka

はじめに

“馬にシンチグラフィー”と聞いて、驚かれる人も多いかと思います。日本では馴染みがありませんが、海外の獣医療では臨床診断の1つとして広く用いられています。

人は、足が痛くなったときに、「ここが痛い」と自分で痛い場所を指で示して説明します。しかし、ものを言わぬ動物は、歩き方がおかしいと感じた飼い主、あるいは獣医師が、どこが痛いのかを探さなくてはなりません。馬は500 kgもの体重を細い4本の足で支えます。また、競走馬や乗馬はスポーツ選手でもあり、整形外科疾患の発生が多い動物です。成長期の人のアスリートでは、骨密度が高くなる前の過剰な運動負荷によって疲労骨折が発症することがあります。これは馬についても同様です。馬の骨シンチグラフィーは、レントゲン検査で、どこに異常があるのか分かりにくい微細な骨折の部位を特定するために使用されます（図1, 2）。

馬の骨シンチグラフィーの最初の報告は1977年にあり¹⁾、海外では既に30年以上の歴史があります。装置が最も普及している国はアメリカで、次いでイギリス、ドイツの順です。その他、フランス、オーストラリア、カナダ、デンマーク、アイルランド、スペイン、イタリア、ニュージーランド、中国（香港）、シンガポール、ベルギー、オランダ、ノルウェー、スウェーデン、オーストリア、チェコ、スイス、ドバイ、クウェート、南アフリカ共和国、モロッコに導入されています。日本においても

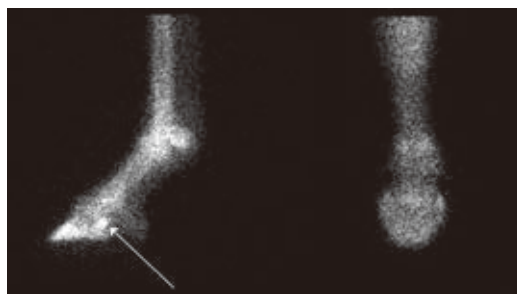


図1 遠位種子骨にRIの異常集積（矢印）



図2 γ カメラが蹄骨をスキャンしている
馬の骨シンチグラフィー検査風景

2008年に獣医療法施行規則が改正され、核医学検査に関する法整備は完了しているのですが、馬のシンチグラフィーはまだ実現していません。実現には、もう一工夫が必要です。

日本への導入に向けて、獣医系大学の教員が中心となって設立した獣医放射線学教育研究会

の下部組織として、馬シンチグラフィーガイドラインワーキング委員会が設置され、筆者は、ワーキングの座長を仰せつかりました。本稿では、導入するための課題についてワーキングで議論していることを紹介します。

1. 敷料の廃棄方法

馬のシンチグラフィーには、 ^{99m}Tc で標識された放射性医薬品 (^{99m}Tc -HMDP, ^{99m}Tc -MDP) が使用されます。放射性同位元素 (RI) を投与された馬は、48 時間使用室に収容されます。しかし、使用室の硬い床は、馬の四肢に負担を与えるので、馬を収容する場所には藁などの敷料が必須です。被検馬が排泄した尿には RI が含まれているため (図 3, 4), 尿が染み込んだ敷料及び糞は、放射性汚染物として適切に処分されなければなりません。RI を投与された人の排泄物は施設内で処理を行い、排水設備において排水中の濃度限度以下にして廃棄されていますが、獣医療法施行規則では、固体状の獣医療用放射性汚染物は、焼却又は保管廃棄と定められています。大量の敷料を、放射線管理区域内で未来永劫保管することは、スペース的にも衛生面でも現実的ではありません。そこで、焼却するか、液体処理をして排水する方法について検討しています。

1) 焼却

適切な設備を準備すれば放射線管理区域内で、敷料を安全に焼却することができます。最近ではダイオキシンを出さない小型の焼却炉が販売されています。体重 500 kg の馬に対する標準的な投与量 (5 GBq) の ^{99m}Tc の放射能は、理論上 33 半減期の 198 時間で 1 Bq 以下になります。つまり、投与量の ^{99m}Tc をそのまま敷料に吸収させたとしても 8 日後には ^{99m}Tc はなくなります。そこで、月曜日に検査した馬の敷料、火曜日に検査した馬の敷料、水曜日に検査した馬の敷料と、適切に分類して一次保管し、放射能が減衰してから焼却すれば、排気中の濃度限度を超えることはありません。ただし、焼



図 3 RI を含む尿が染み込んだ敷料からは、しばらくの間 γ 線がカウントされる

University of California Davis では 60 時間 (10 半減期) 以降に、バックグラウンドと同じであることを確認し、一般廃棄物として廃棄する



図 4 検査室内で尿をしてしまった場合、速やかに拭き取り、放射線が検出されなくなるまで警告を示して周囲に知らせる

却した後の灰は、放射線管理区域内でずっと保管しなければなりません。

2) 液体処理をして排水

RI を投与された人の排泄物と同様に敷料を液体として処理して排水するためには、特別な排水設備が必要ですが、技術的には可能です。浄化槽にトイレトーパーが汚泥として溜まるように、敷料の繊維が汚泥として溜まるので、定期的な浄化槽の洗浄は必要です。あるいは、洗浄可能で乾燥しやすい敷き藁の代用品を

開発することができれば、それを繰り返し使用することで固体廃棄物処理の課題は解決します。

2. 48時間の退出基準について

獣医療法施行規則に、被検馬は RI 投与後 48 時間収容することが定められています。退出基準は、馬が RI 投与後すぐに収容室内で死亡してしまった場合も想定して、物理学的半減期のみによる減衰を考慮したことや、馬における正確な代謝データがなかったことから安全側に設定されました。動物が生きている場合には、物理学的減衰とともに、生物学的な減衰も加わるので、馬から出る γ 線は物理学的半減期で計算される数値よりもずっと早く少なくなります。

歩様異常を示しているとはいえ、毎日のトレーニングが必要でとても神経質である競走馬や競技馬を、48 時間狭い収容室に収容することは、現実的ではありません。

また、収容時間が短くなれば、固体廃棄物（糞、敷料）の量も少なくなり、焼却のコスト、浄化槽の洗浄コストも削減できます。将来、日本に馬のシンチグラフィーが導入されたら、検査後の表面線量率データを十分に蓄積し、安全に退出させる基準を改めて設定する必要があるでしょう。

一例として、University of California Davis (UC Davis) の直近 1 年間、71 症例の退出時の表面線量率実測値を表 1 に示します。UC Davis では、RI 投与から 24 時間後に被検馬の表面線

表 1 骨シンチグラフィー被検馬の退出時表面線量率

症例番号	投与量 (GBq)	24 時間後退出時 表面空間線量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	症例番号	投与量 (GBq)	24 時間後退出時 表面空間線量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	症例番号	投与量 (GBq)	24 時間後退出時 表面空間線量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
1	6.6	9	26	6.1	7	51	6.7	8
2	6.5	4	27	6.4	8	52	6.7	8
3	6.5	8	28	6.3	6	53	6.4	8
4	6.3	9	29	6.7	17	54	6.4	9
5	5.9	6	30	6.5	4	55	6.6	8
6	6.7	8	31	6.6	8	56	6.7	7
7	6.7	8	32	6.6	8	57	5	7
8	6.4	8	33	6.4	6	58	6.3	8
9	6.5	10	34	6.7	8	59	6.7	6
10	6.1	9	35	6.7	6	60	4.4	8
11	6.6	7	36	6	8	61	6.5	6
12	6.5	8	37	6.6	8	62	6.5	6
13	6.5	4	38	6.3	7	63	6.6	7
14	6.4	9	39	6.5	8	64	6.7	8
15	6.4	6	40	5.9	6	65	6.7	9
16	6.4	12	41	6	8	66	6.7	7
17	6.3	8	42	5.9	8	67	6.5	6
18	6.6	7	43	6.1	8	68	6.6	6
19	6.7	6	44	6.6	8	69	6.5	6
20	5.9	4	45	6.3	6	70	6.5	7
21	6.6	6	46	6.7	15	71	6.5	8
22	6.6	6	47	6.5	16	中央値	6.5	8
23	6.1	8	48	6.6	6			
24	6.7	7	49	6.5	6			
25	6.1	8	50	6.4	12			

量率を測定し、20 $\mu\text{Sv/h}$ 以下であれば放射線管理区域から退出できます。RI の投与量は最大 6.7 GBq, 最小 4.4 GBq, 中央値は 6.5 GBq でした。24 時間後の表面線量率は、最大 17 $\mu\text{Sv/h}$, 最小 4 $\mu\text{Sv/h}$, 中央値は 8 $\mu\text{Sv/h}$ で、全ての症例で 20 $\mu\text{Sv/h}$ 以下でした。71 症例中 65 症例で 1 桁の値を示しており、周囲に及ぼす外部被曝の影響は少ないことがわかります。

3. 食用に供さないための方策

馬の核医学検査が実施される海外の国では馬肉を食する習慣がありません。しかし、日本人は馬肉を食する習慣があります。

先述したとおり、5 GBq の放射能は 198 時間で 1 Bq 以下になります。万一、検査履歴のある馬の馬肉が流通してしまったとしても、食品中の放射性物質の基準値を超えとは考えられません（平成 24 年 4 月 1 日から施行された放射性 Cs の基準値 100 Bq/kg²）。そもそも、馬肉には天然の ⁴⁰K を 100 Bq/kg 程度含んでいます。しかし、不安に思う人は少なからず存在します。そのため、被検馬が馬肉として流通しないための対策は必要です。

馬の健康手帳には“使用禁止医薬品記載欄”があり、投薬歴が記載されます。また、軽種馬登録されているサラブレッドはマイクロチップで、それ以外の馬は旋毛や毛色で個体識別されています。馬の健康手帳に放射性医薬品の投与履歴を記載することで、食用を回避することができます。

おわりに

人間の病院に PET や SPECT が導入されても、近くの住民は誰も不安に感じることはありません。しかし、近くに馬のシンチグラフィ施設ができるとなると、地域の住民の不安を招くかもしれません。固体廃棄物の廃棄方法や退出基準は、飼い主や社会に対する外部被ばくや

内部被ばくを十分に考慮して設定されています。将来、日本に馬のシンチグラフィが実現した後も、厳格な安全管理と情報公開を怠らない努力が必要です。そして、筆者は、馬の骨シンチグラフィの有用性を伝えることは、アイソトープの有益な利用を社会に発信する機会ととらえています。

2020 年の東京オリンピックで馬術競技が開催され、海外から多くの馬関係者、獣医師が来日されます。その際、日本に馬の骨シンチグラフィ施設が 1 つもないことが分かれるばかりか、マイナスのイメージを持たれることでしょう。ロンドンオリンピックでは、馬術競技会場の診療施設に、X 線撮影、超音波装置、内視鏡が整備され、会場から 50 km 圏内で CT, MRI, シンチグラフィにアクセスできる状況を準備したそうです。東京オリンピックの開催期間中に、競技馬がシンチグラフィを必要とする事態が発生しなければよいのですが、必要となったときに画像診断検査の選択肢としてシンチグラフィがあることが理想です。馬のシンチグラフィを早急に準備する時期が来ています。

【謝辞】

本稿執筆に当たり University of California Davis, Veterinary Diagnostic Imaging チームの Prof. Erik Wisner, Mr. Richard Larson, Mr. Jason Peters, Ms. Jennifer Harrison にシンチグラフィ見学の機会をいただくとともに、線量データなどの情報をご提供いただきました。ご厚意に、この場を借りて御礼申し上げます。

参考文献

- 1) Ueltschi, G., *Vet. Radiol.*, **18**, 80-84 (1977)
- 2) http://www.mhlw.go.jp/shinsai_jouhou/dl/leaflet_120329.pdf

(帯広畜産大学)