

## 《原 著》

## Dynamic bone scintigraphy による溶骨性病巣の解析

熊野 町子\* 牛尾 啓二\*\* 末松 徹\*\* 川井 和夫\*\*\*  
水野 耕作\*\*\* 梶田 明義\*\*\*\* 石田 修\*

**要旨** 骨 X 線写真で溶骨性病巣を示した各種骨疾患26例に dynamic bone scintigraphy を施行し  $^{99m}\text{Tc}$ -MDP あるいは  $^{99m}\text{Tc}$ -EHDP の溶骨性病巣における放射活性を経時的に観察することにより、骨腫瘍の良性・悪性の鑑別診断の可能性を検討した。

dynamic bone scintigraphy を動脈相、静脈相、血液プール相 (1~3 分)、早期相 (5~20 分)、static image (3 時間後) に分類した。

悪性骨腫瘍 20 例全例に血液プール相までに RI の高い異常集積がみとめられた。線維性骨異形成は 10 分後から異常集積が現われ、static image では著明な陽性像として描出された。骨嚢腫はいずれの相でも欠損像として描画されたが、骨壊死 3 例では静脈相から RI の集積が得られ、疾患による集積性の違いが認められた。dynamic bone scintigraphy を応用することにより、溶骨性病巣の流入血管増生の程度が観察されるなど、溶骨性病巣の診断に有意義な情報が得られ、同病巣の良性・悪性の鑑別にもある程度役立つ。

一方、骨 X 線像の溶骨性病巣の大きさと、骨シンチグラム (static image) の所見との関係を検討すると、2 cm 以下の溶骨性病巣は 13 例中 11 例に陽性像が得られ、2 cm をこえる場合には欠損像 (15 例中 11 例) として描出される頻度が増加する。しかし、線維性骨異形成と悪性巨細胞腫では溶骨性病巣が 2 cm 以上でも陽性像を呈した。2 cm 前後の溶骨性病巣で、周辺に造骨性反応を伴っていない病巣では、溶骨性病巣が骨 X 線写真で認められても正常集積像を示した。

## I. 緒 言

Subramanian<sup>1)</sup> が骨シンチグラフィに  $^{99m}\text{Tc}$ -polyphosphate が有用であることを報告して以来、種々の  $^{99m}\text{Tc}$ -リン酸化合物が開発され、骨疾患のルーチン検査法として、転移性骨腫瘍の検索は言うに及ばず、原発性骨腫瘍、骨折、骨壊死などの種々の骨疾患の検索に広く利用されている。

一般に、骨シンチグラムでは、骨病巣部位は陽性像として描出されることが多い。最近、Goergen

ら<sup>2)</sup> により、骨シンチグラムで欠損像として描出される報告がなされて以来、欠損像の報告例も見受けられ<sup>3-8)</sup>、骨病巣部位の陽性像や欠損像ばかりでなく、false-negative としての見かけ上の正常集積も問題となってきている<sup>2,9)</sup>。

著者は、骨シンチグラムでの欠損像の成因を分析し、骨病巣への RI の集積は血流が重要な役割を果たし、欠損像は溶骨性病巣の腫瘍組織の完全な置換によることを報告した<sup>10)</sup>。

今回、骨 X 線写真で限局性溶骨性病変を示した症例に dynamic bone scintigraphy を施行し、tracer の溶骨性病巣における放射活性を経時的に観察することにより、骨腫瘍の良性と悪性の鑑別の可能性を検討した。さらに、骨 X 線写真での溶骨性病巣の大きさと骨シンチグラム (3 時間後) での RI の集積程度を比較検討し、有意義な情報が得られたので報告する。

\* 近畿大学医学部放射線科

\*\* 兵庫県立病院がんセンター放射線科

\*\*\* 神戸大学医学部整形外科

\*\*\*\* 大阪府立成人病センター放射線科

受付: 55 年 1 月 22 日

最終稿受付: 55 年 5 月 19 日

別刷請求先: 大阪府南河内郡狭山町西山 (☎ 589)

近畿大学医学部放射線科

熊 野 町 子

## II. 方 法

病巣部位を中心として、 $^{99m}\text{Tc-MDP}$  あるいは  $^{99m}\text{Tc-EHDP}$  15 mCi を肘静脈より急速静注し、注入後10秒から50秒までは5秒間ごとの露出時間で連続撮像、その後1分から30分までは5分ごとに preset time 2分でシンチグラムを撮像した。さらに、3時間後に preset count 150 K にて全身骨シンチグラフィを施行した。

撮像したシンチグラムを動脈相(10~20秒)、静脈相(30~40秒)、血液プール相(1~3分)、早期相(5~20分)ならびに static image(3時間後)と区分し、骨X線写真の溶骨性病巣所見と比較検討した。

使用した装置は高分解能コリメータ装置の Nuclear Chicago 社製 Pho Gamma HP である。

対象は生検、手術ならびに剖検で病理組織診断の確定した溶骨性病巣を呈した26症例である。その内訳は悪性原発性骨腫瘍7例(悪性巨細胞腫4例、骨肉腫1例、Ewing肉腫1例、多発性骨髄腫

1例)、転移性骨腫瘍13例、線維性骨異形成1例、骨嚢腫1例、骨壊死3例ならびに解離性骨軟骨炎1例である。

## III. 結 果

骨X線写真で溶骨性病巣を認める各種骨疾患26例の dynamic bone scintigraphy の結果を Table 1 に示す。

悪性原発性骨腫瘍では動脈相から tracer の高い異常集積が100%(7例/7例)にみられ、1~3分の血液プール相まで全例集積(+)として描出された。その後の tracer の集積状態は症例により相違がみられた。悪性巨細胞腫4例中3例は20分の早期相まで高い放射活性が認められ、static image で軽度の陽性像として描出されていた(Fig. 1)。残り1例は再発症例で RI 注入10分後から病巣部位の放射活性は軽減し、static image では欠損像を示した。骨肉腫では5分後より溶骨性病巣部位の放射活性は漸次減少し、早期相(10~20分)ならびに static image で欠損像を呈したが、Ewing

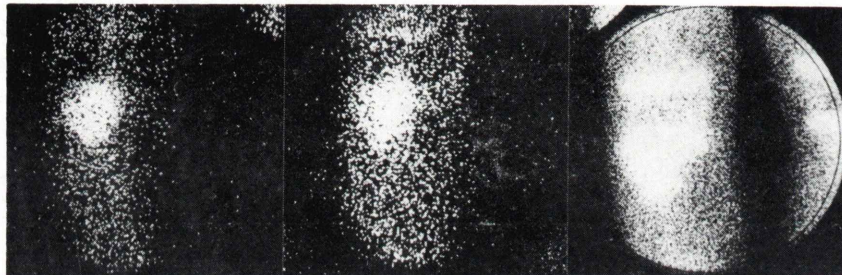
Table 1 Results of dynamic bone scintigram in osteolytic lesions

Diagnosis	No. of cases	Vascular phase		Blood pool phase 1-3 min. +	Early phase								Static image 3 hrs. N    +		
		10-20 sec. +	30-40 sec. +		5 min.		10 min.		20 min.						
		-	+		-	+	-	N	+	-	N	+			
Primary malign. bone Tumor															
Malign. giant cell tumor	4	4	4	4		4	1	3	1		3	1		3	
Osteosarcoma	1	1	1	1	1		1		1			1			
Ewing sarcoma	1	1	1	1		1		1			1			1	
Multiple myeloma	1	1	1	1		1		1		1		1			
Metastatic bone tumor															
Thyroid	1	1	1	1		1	1		1			1			
Larynx	1			1		1	1		1			1			
Skin	1	1	1	1		1		1			1			1	
Lung	4	2	4	4	4	1	3	2		2	2			2	
Breast	3	1	2	3	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	
Stomach	1		1	1		1	1			1	1				
Prostata	1	1	1	1		1	1	1			1				
Uterus	1			1		1	1			1				1	
Fibrous displasia	1				1		1			1				1	
Bone cyst	1				1		1		1			1			
Aseptic necrosis	3		3	3		3	3			3				3	
Osteochondritis dissecans	1				1		1		1			1			

- : cold, N: normal accumulation, + : hot



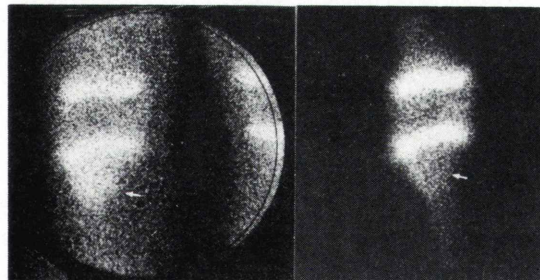
a



15-20 sec.

1-3 min.

5-7 min.



10-12 min.

3 hrs.

b

**Fig. 1** A 13 y.o. female; malignant giant cell tumor of the right tibia.

**1-a** The osteolytic lesion in the proximal metaphysis of the right tibia proved to be a malignant giant cell tumor by surgery.

**1-b** Dynamic bone scintigrams show increased accumulation at osteolytic lesion in the right proximal tibia during arterial phase (10-15 sec.). Static image (after 3 hrs.) shows faint accumulation in the same lesion.



肉腫は早期相並びに static image とともに陽性像として描出された。多発性骨髄腫は早期相の10分までは陽性像、20分後には正常集積像として描画され、健常骨との区別は困難であったが、static image では欠損像として描出されていた。

転移性骨腫瘍 (Fig. 2) は動脈相から tracer の高い異常集積 (+) が13例中6例 (46%) に認められ、静脈相では77% (13例中10例) に増加し、5分までには13例全例 (100%) に異常集積像が認められた。逆に、10分経過後からは31% (13例中4例) に放射活性の減少傾向がみとめられ、さらに、20分後の早期相では13例中6例 (46%) が放射活性の減少 (欠損像)、1例が正常骨と同じ放射活性を示し、6例 (46%) が陽性像として描画された。3時間後の static image では骨X線写真で溶骨性病巣を呈した13例中7例 (54%) が欠損像とさて描画され、1例が正常集積を呈し病巣の指摘ができなかった。static image で陽性像として描画されたのは38% (13例中5例) であった。

線維性骨異形成では10分後から病巣への tracer の集積が現われ、同部位の放射活性は漸次増加し、3時間後の static image では著しい陽性像として描画された (Fig. 3)。

骨嚢腫では各相とも tracer の集積は認められず、早期相ならびに static image で欠損像として描画された。

解離性骨軟骨炎は1例であるが、正常集積がえられ骨シンチグラムでは病巣は指摘できなかった。

骨壊死3例は静脈相から病巣部位への tracer の集積がみられ、経時的に放射活性の増加がみとめられた (Fig. 4)。

溶骨性病巣における false negative bone scintigram を検討するために、dynamic bone scintigraphy を施行した26症例28溶骨性病巣の static image と骨X線写真上の溶骨性病巣の大きさとの関係を比較検討した (Table 2)。

直径2 cm 以下の溶骨性病巣では85% (13例中11例) が陽性像、15% (13例中2例) が正常集積として描画された。後者は2例とも直径約2 cm の溶骨性病巣で、造骨性病巣の混在はみられなかつ

**Table 2** Comparison of bone scintigram and the size of osteolytic lesion.

Scintigram (after 3 hrs.)	Size of osteolytic lesion		Total
	≤2	2<	
Cold (-)		11	11
Normal	2		2
Hot (+)	11	4	15
Total	13	15	28

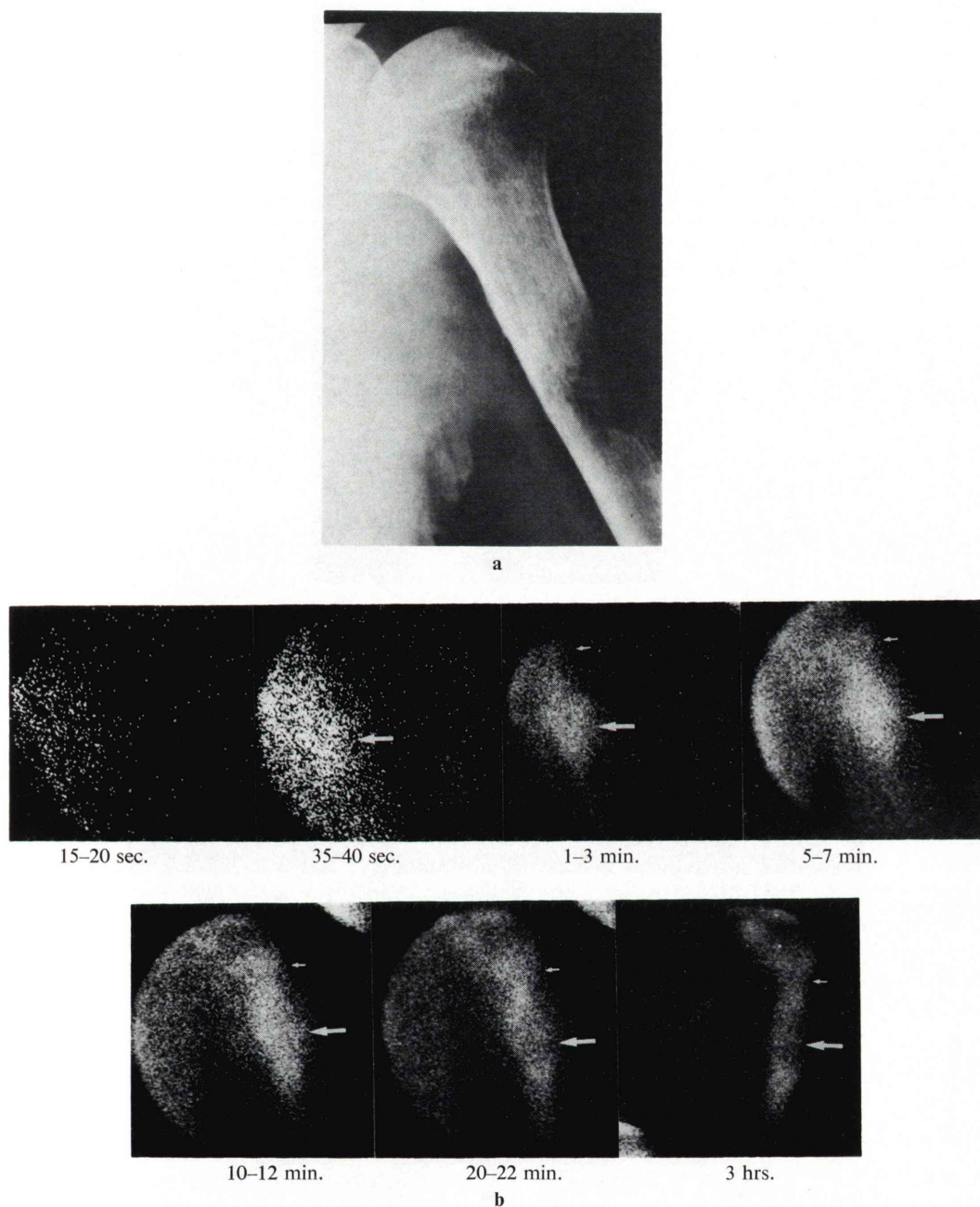
た。

直径2 cm より大きい溶骨性病巣では15例のうち4例の27%が陽性像、11例の73%が欠損像を呈した。欠損像を示した11例のうち10例が悪性骨腫瘍であり、1例が骨嚢腫であった。悪性骨腫瘍で溶骨性病巣の直径が2 cm を越える場合には欠損像として描出される頻度が増加した。直径2 cm 以上の溶骨性病巣で陽性像として描出された4例のうち3例は巨細胞腫であり、1例は線維性骨異形成の症例であった。後者は溶骨性病巣の大きさに関係なく、高い放射活性を示した。

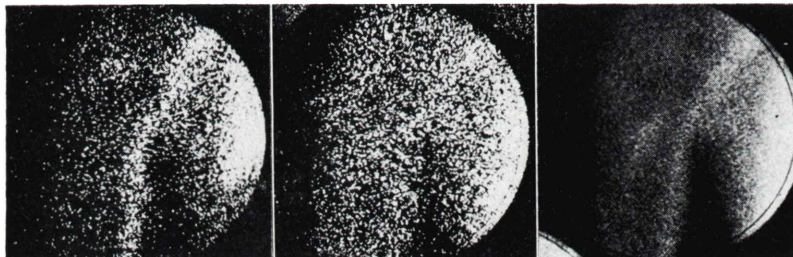
#### IV. 考 察

骨X線写真で溶骨性病巣を呈する症例を、<sup>99m</sup>Tc-リン酸化合物による static image および dynamic bone scintigraphy の併用により、その質的診断の可能性を検討した。

骨シンチグラフィの病巣部位への RI 集積を骨X線写真上の溶骨性病巣の大きさと比較すると、直径2 cm より大きい溶骨性病巣15例中11例が欠損像として描出されていた。一方、2 cm 未満の小さい溶骨性病巣は全例が陽性像を呈した。従って、溶骨性病巣を呈する症例では2 cm を境として、欠損像あるいは陽性像として描出される。溶骨性病巣が2 cm 前後で、その周辺に反応性骨造生 (造骨性病巣) を伴っていない病例では正常集積像として描画されるため、骨X線写真で溶骨性病巣が認められても、骨シンチグラムでは病巣が指摘できない。これらのことは、Syら<sup>3)</sup>の報告と一致する。しかし、Goergenら<sup>2)</sup>の報告にみられるような、骨X線写真上で異常所見が全くなく、骨シンチグラムで欠損像を呈する症例の経験はない。



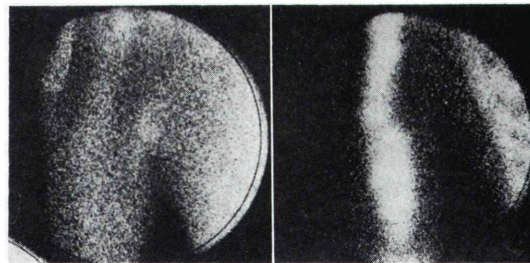
**Fig. 2** A 66 y.o. male; metastasis to the left humerus from lung cancer (adenocarcinoma).  
**2-a** Radiogram shows osteoblastic and osteolytic lesions in the left humerus.  
**2-b** Dynamic bone scintigrams show increased accumulation in osteoblastic and osteolytic lesions during vascular phase (40 sec.), and the activity of the osteolytic lesion decreases from 10 min after the injection (white arrows).

**a**

10-15 sec.

30-35 sec.

1-3 min.



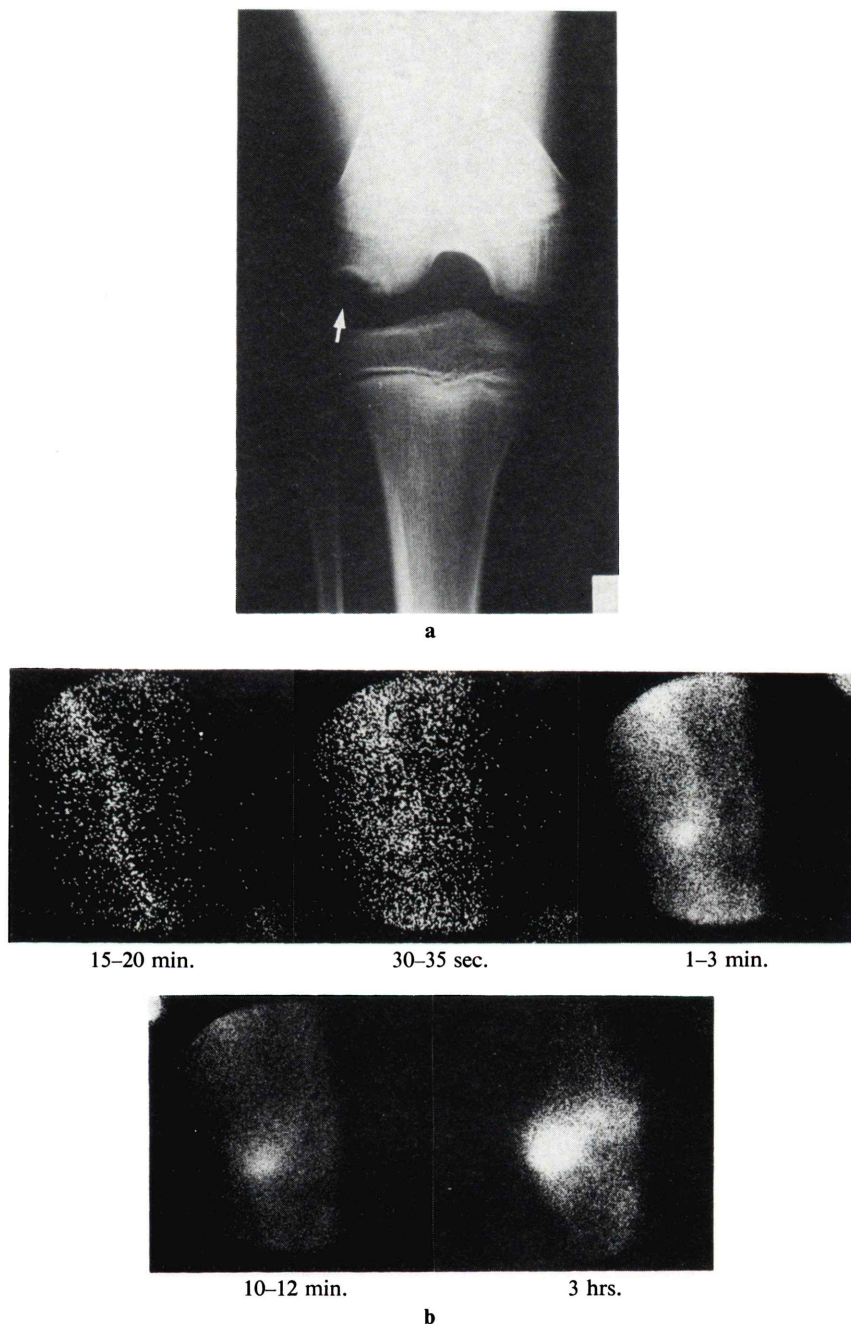
15-17 min.

3 hrs.

**b****Fig. 3** A 39 y.o. male; polyostotic fibrous dysplasia of the right humerus.**3-a** Radiogram shows multiple radiolucent areas surrounded by sclerotic margins, and pathologic fracture in the midshaft of the right humerus.**3-b** Dynamic bone scintigrams show increased accumulation in the osteolytic lesion from 15 min.

Static image shows marked accumulation in polyostotic lesion.





**Fig. 4** A 53 y.o. male; Aseptic bone necrosis of the condylus tibialis femoris.  
**4-a** Radiogram shows osteolytic lesion 1 to 0.3 cm. in diameter in the left condylus tibialis femoris.  
**4-b** Dynamic bone scintigrams show increased accumulation from 30 sec. Static image appears as hot lesions.

従って、自験例において、骨シンチグラムで欠損像を呈した11例について検討した。欠損像を呈した症例はいずれも骨 X 線写真で 2 cm 以上の溶骨性病巣である。そのうち、10例は悪性骨腫瘍であり、1例は骨嚢腫の症例であった。前者は大きい溶骨性病巣が腫瘍組織によって完全に置換されたためと考えられる<sup>10)</sup>。骨嚢腫症例において、溶骨性病巣部位が欠損像と描画されるのは、病理組織像および<sup>99m</sup>Tc-リン酸化合物の骨への集積機序から鑑み、当然のことであろう。一方、巨細胞腫と線維性骨異形成の症例では溶骨性病巣が 2 cm 以上でも陽性像として描画された。後者は、溶骨性病巣内の代謝活性が高いことに基づき、病巣内への核種の集積が増強したものと考えられる。逆に、骨シンチグラムでの tracer の集積程度から、病巣部位の代謝活性度がうかがわれる。前者については、腫瘍組織の特異性によるとも推定されるが、さらに、今後の検討を要する課題であろう。

次に、溶骨性病巣への tracer の経時的な集積状態を dynamic bone scintigraphy で検討した。悪性巨細胞腫、骨肉腫、Ewing 肉腫、多発性骨髄腫などの悪性原発性骨腫瘍では、動脈相ならびに静脈相の血管相(10~40秒)で溶骨性病巣に著しい集積像がえられている。これは、いずれも病巣部位が hypervascular pattern であることを示している。

他方、転移性骨腫瘍では動脈相や静脈相で tracer の集積(+)の症例と、集積(-)の症例が認められている。これらは、原発巣の組織型をよく反映し、病巣部位の流入血管増生の程度により集積性を異にしたと考えられる。さらに、血液プール相(1~3分)では、悪性骨腫瘍では原発性転移性のいかにかわらず、全例に集積(+)が特徴的である。

悪性骨腫瘍のうち、直径 2 cm より大きい溶骨性病巣は 5 分後から病巣部位の tracer の放射活性は軽減し、10分から20分の早期相で欠損像として描出され、3時間後の static image でも欠損像を呈した。このような static image での欠損像は溶骨性病巣が腫瘍組織により完全に置換されていることに起因している<sup>10)</sup>。

今回は、溶骨性病巣のみを検討したため、良性骨疾患は 6 例と少なく、断定的なことは記述できないが、動脈相では病巣部位に tracer の集積は認めなかった。

著者らの経験<sup>11)</sup>では、硬化性病変も含めて良性骨腫瘍への tracer の集積は 5 分ないし 10 分後と遅れがみられ、炎症性骨疾患では静脈相および血液プール相の早期より病巣部位に tracer の集積がえられるなど、疾患により病巣部位への tracer の集積状態に相違がみられ、同部位の pathognomonic な状態がうかがえた。

上述のごとく、溶骨性病巣部位における tracer の集積は血流が大きな役割を占め、dynamic bone scintigraphy の血管相(10~40秒)での tracer の集積状態をみることにより、溶骨性病巣への流入血管増生状態が観察されると同時に、経時の変化をみることによって、同部位の病態の把握にも有意義な情報が提供される。従って、dynamic bone scintigraphy を検討することにより骨腫瘍の良性・悪性の鑑別診断もある程度可能ではないかとも推察される。

なお、造骨性病巣や混合性病巣をも含めて骨疾患別に、検討を加えて、次の機会に報告する。

## V. 結 語

骨 X 線写真で溶骨性病巣を呈した 26 症例の dynamic bone scintigraphy を検討した。

1) tracer の経時的变化をみることにより、骨病巣部位の血管増生の程度が観察される。

2) 悪性骨腫瘍では血管相および血液プール相までに全例病巣部に RI 集積がえられる。

3) 良性骨疾患の RI 集積は 10 分後と遅延したが、骨壊死では静脈相より集積が始まり、経時的に RI 集積の増加がみとめられた。骨嚢腫は static image で嚢腫内部は欠損像を呈し、血管相、血液プール相、早期相で tracer の集積はみられなかった。

4) 骨シンチグラムで欠損像として描画される溶骨性病巣の大きさは 2 cm 以上であった。2 cm 未満の溶骨性病巣は陽性像として描出されること



が判明した。しかし、線維性骨異形成と悪性巨細胞腫では溶骨性病巣が 2 cm 以上でも陽性像として描画され、特に、前者では高い陽性像を呈した。

5) 溶骨性病巣に dynamic bone scintigraphy を応用すれば、骨病巣部位の診断に有意義な情報が得られ、同病巣の良性・悪性の鑑別にも役立つ。

## 文 献

- 1) Subramanian G, RcAfee JM: A new complex  $^{99m}\text{Tc}$  for skeletal imaging. *Radiology* **99**: 192-196, 1971
- 2) Goergen TG, Alazraki NP, Halpern SE, et al: "Cold" bone lesions: a newly recognized phenomenon of bone imaging. *J Nucl Med* **15**: 1120-1124, 1974
- 3) Sy WM, Westring DW, Weinberger G: "Cold" lesions on bone imaging. *J Nucl Med* **16**: 1013-1016, 1975
- 4) Vieras F, Herzberg DL: Focal decreased skeletal uptake secondary to metastatic disease. *Radiology* **118**: 121-122, 1976
- 5) 利波紀久: 骨スキャンで興味ある所見を呈した転移性骨腫瘍例. *核医学* **13**: 57-60, 1976
- 6) 井上善弘, 山門 実, 今鷹耕二, 他: 骨シンチグラムで特異な像を示した症例——いわゆる Cold Bone Lesion の 2 例. *臨放* **22**: 885-888, 1977
- 7) 森田一徳, 鴛海良彦, 仲山 親, 他: 骨シンチグラフィにおいて興味ある所見を示した肺癌の骨転移の 2 症例. *臨放* **22**: 1225-1228, 1977
- 8) 藤村憲治: 骨シンチグラムで欠損像を示した 2 症例. *臨放* **22**: 1229-1232, 1977
- 9) Thrupkaew AK, Henkin RE, Quinn JL: False negative bone scans in disseminated metastatic disease. *Radiology* **113**: 383-386, 1974
- 10) 熊野町子: Ring 状骨異常集積を示した甲状腺癌の一症例. *核医学* **17**: 589-592, 1980
- 11) 熊野町子, 他: Dynamic Bone Scintigraphy による骨疾患の解析. *核医学投稿中*

## Summary

### Evaluation of Osteolytic Lesion by Dynamic Bone Scintigraphy

Machiko KUMANO\*, Keiji USHIO\*\*, Toru SUEMATSU\*\*, Kazuo KAWAI\*\*\*, Kosaku MIZUNO\*\*\*, Akiyoshi KAJITA\*\*\*\*, Osamu ISHIDA\*

\*Department of Radiology, Kinki University School of Medicine

\*\*Department of Radiology, Hyogo Cancer Hospital

\*\*\*Department of Orthopedics, Kobe University School of Medicine

\*\*\*\*Department of Radiology, The Center for Adult Diseases, Osaka

In 26 patients with osteolytic lesions detected by X-ray examination, dynamic scintigraphy with Tc-99m MDP was performed to evaluate skeletal abnormalities, particularly in osteolytic lesions. Sequential scintigraphy was performed all through the arterial, venous, capillary and early phases. Static images also were taken 3 hours after then.

Local short-term deposition of the tracer in malignant bone lesions was observed in the capillary phase (less than 2 min. after the injection). However, in benign bone lesions it was not observed until the early phase (more than 10 min.).

"Hot" lesions were demonstrated even in small osteolytic changes of less than 2 cm in diameter.

The findings suggest that there is a correlation between tracer uptake and increased metabolic activity.

"Cold" lesions in bone due to reduced uptake of Tc-99m MDP were found in extensive osteolytic lesions, particularly in those lesions with osteolytic changes of greater than 2 cm in diameter.

Scintigraphic differentiation of the benign bone tumor from the malignant bone tumor was facilitated by adding a dynamic scan with the early phase study immediately after the injection of the tracer.

**Key words:** Dynamic bone scintigraphy,  $^{99m}\text{Tc}$ -MDP,  $^{99m}\text{Tc}$ -EHDP, Osteolytic lesion