



Title	Dynamic bone scintigraphyによる各種骨疾患の解析
Author(s)	熊野, 町子; 田村, 健治; 浜田, 辰巳 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1983, 43(12), p. 1393-1406
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/20175
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

Dynamic bone scintigraphyによる各種骨疾患の解析

近畿大学医学部放射線医学教室

熊野 町子 田村 健治 浜田 辰巳 石田 修

大阪成人病センター放射線科

梶 田 明 義

兵庫県立病院がんセンター放射線科

牛 尾 啓 二 奥 野 武 彦

(昭和58年1月12日受付)

(昭和58年4月16日最終原稿受付)

Evaluation of Bone Diseases Using Dynamic Bone Scintigraphy

Machiko Kumano, Kenji Tamura, Tatsumi Hamada and Osamu Ishida

Department of Radiology, Kinki University School of Medicine

Akiyoshi Kajita

Department of Radiology, Osaka Center for Adult Diseases

Keiji Ushio and Takehiko Okuno

Department of Radiology, Hyogo Cancer Hospital

Research Code No.: 731.2

Key Words: *Dynamic bone scintigraphy, Bone diseases, ^{99m}Tc -EHDP*

Dynamic bone scintigraphy with ^{99m}Tc -EHDP was performed on 96 patients with various bone diseases. The dynamic scintigrams obtained were then used to aid in the differential diagnosis of malignant (49 cases) and benign (8 cases) diseases. Short-term local deposition of the tracer in all cases of malignant bone diseases was observed in vascular (10-40 sec. after injection), and blood pool (1-3 min. after injection) phases. In the cases of malignant bone tumors where osteosclerotic lesions were present, tracer accumulation appeared in the blood pool phase. If osteolytic lesions were present, accumulation appeared in the vascular phase, and when the lesion was larger than 2 cm, accumulation was frequently found in the arterial phase.

Scintigraphic differentiation of early primary and metastatic bone tumors from other lesions was facilitated by performing the dynamic scintigraphy with ^{99m}Tc -EHDP. Dynamic bone scintigraphy also allowed early diagnosis of avascular necrosis (14 cases) prior to the appearance of minimally abnormal X-ray findings, especially in cases of corticosteroid-induced necrosis.

1. はじめに

^{99m}Tc -磷酸化合物を用いた骨シンチグラフィは各種骨疾患の診断に今や欠くことのできない検査法となっている。

しかし、通常おこなわれている骨シンチグラ

フィ (static image) では病巣への tracer の集積は非特異的であり、その鑑別診断は難しい。

著者らは^{1,2)}、骨X線写真で溶骨性病巣を示した症例にdynamic bone scintigraphyを行い、tracerの骨病変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可能性のみならず、溶骨性病巣における static image での欠損像の発現機序についても検討し、同方法の有用性を報告してきた。

今回は、同方法を各種骨疾患に応用し、その動態を観察することにより、骨腫瘍の鑑別診断並びに各種骨疾患の病態把握に有用な情報がえられたので報告する。

2. 方法並びに対象

^{99m}Tc -EHDP (一部 ^{99m}Tc -MDP) 15mCi を肘静脈より急速に注入し、注入後10秒から40秒までは5秒毎の連続撮像、1分から20分までは preset time 2分で連続撮像を行った。シンチグラムは動脈相(10~20秒)、静脈相(30~40秒)、血液プール相(1~3分)、早期相(5~20分)並びに3時間後の static image に分類した²⁾。

使用した装置は高分解能コリメーター装置の Nuclear Chicago 社製 pho-Gamma Hp あるいは東芝ガンマカメラ GCA-202に接続した日立製 dynamic imager である。

対象は臨床的あるいは病理組織学的に確定診断された96症例で、その内訳は原発性悪性骨腫瘍18例、転移性骨腫瘍31例、良性骨腫瘍8例、骨囊腫1例、線維性骨異形成1例、無腐性骨壊死14例、骨髓炎9例、リウマチ性関節炎4例、骨折4例、変形性脊椎症6例である。

3. 結 果

各種骨疾患96例の dynamic bone scintigraphy の結果を Table 1 に示す。

原発性悪性骨腫瘍18例について検討すると、骨肉腫8例中6例(Fig. 1)に動脈相から異常集積がえられ、静脈相以後は全例陽性像として描出されている。病巣部位への tracer の集積状態は溶骨性病巣と硬化性病巣では異なり、前者は動脈相から集積がみられるが、後者への集積は静脈相あるいは血液プール相と遅れて出現している。更に、2cm以上の溶骨性病巣を含む1例では、溶骨性病巣での放射活性は5分後から減少し、20分後の早期相と static image で欠損像を呈している。

Ewing 肉腫1例(既に、1,800rad の放射線治療が施行されている)は約1cm径の大きさの溶骨性

病巣であるが、静脈相から tracer の集積が出現し、その後の static image でも陽性像として描画されている (Fig. 2)。

悪性巨細胞腫4例では全例動脈相から高度の異常集積が出現し、20分後の早期相まで著しい放射活性がみられ、static image では2cm以上の溶骨性病巣でも軽度の陽性像として描出されている。一方、壞死病巣を伴っていた1例では、同部位は欠損像として描出され、搔爬骨移植後に再発をきたした2例では2例とも再発部位に一致して動脈相から異常集積がえられている。

細網肉腫(骨原発性)1例と軟骨肉腫1例はいずれも動脈相より高い放射活性がえられ、static image でも著明なる陽性像が認められている。

骨髄腫3例のうち1例の溶骨性病巣では動脈相から異常集積が出現しているが、20分後の早期相と static image においては正常集積像として描出されている。硬化性病巣を呈した1例では5分後から集積像が認められ、腰椎の圧迫骨折を呈した症例(治療後)では、同部位への tracer の異常集積は10分後より出現し、static image では軽度の陽性像として描画されるなど、病態による病巣への集積状態に相違が見られている。

転移性骨腫瘍31例についてみると動脈相からは10例(32%)、静脈相からは11例(35%)、血液プール相では全例(100%)に病巣への異常集積が出現している。3時間後の static image では31例中26例の84%に陽性像、3例の10%に正常集積像、6例(硬化性病巣に溶骨性病巣を合併した混合病巣をも含む)の19%に欠損像が認められている。そのうち、骨X線写真で骨転移病巣の検出されなかった5例(static image で正常集積3例と陽性像2例)に血液プール相迄に異常集積が観察されている (Fig. 3)。更に、原発性疾患別の詳細は Table 2 に示す。

骨X線写真の硬化性病巣、溶骨性病巣並びに病的骨折等の所見について tracer の集積状態を検討する (Table 3)。硬化性病巣は静脈相あるいは血液プール相から tracer の集積が出現し、経時的に activity は増加して、3時間後の static image は陽性像を呈する。溶骨性病巣は硬化性病巣より

Table 1 Results of dynamic bone scintigram in bone diseases

Diagnosis	No. of cases	Vascular phase				Blood pool phase				Early phase				Static image			
		10-20 sec.		30-40 sec.		5 min.		10 min.		20 min.		N		-		3 hrs.	
		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	N	+
Primary malig. bone tumor																	
Malig. giant cell tumor	4	4	4	4	4	4	4	4	4	(1)	(1)	4	(1)	4	(1)	4	4
Osteosarcoma	8	6	8	8	8	8 (1)	8 (1)	8 (1)	8 (1)	(1)	(1)	8	(1)	8	(1)	8	8
Ewing's sarcoma	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Chondrosarcoma	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Reticulum cell sarcoma	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Mycioma	3	2	2	2	2	2	2	3 (1)	3 (1)	(1)	1	2	(1)	1	2	1	2
Metastatic bone tumor	31	10	21	31	31 (1)	31 (3)	31 (3)	(4)	(4)	1	30	2 (4)	3	3	26	3	26
Benign bone tumor																	
Osteochondroma	3							2	3			3		3		3	3
Chondroblastoma	1						1	1	1			1		1		1	1
Osteoid osteoma	3								2			3		3		3	3
Non-ossifying fibroma	1			1	1	1	1	1	1		1	1		1		1	1
Tumorous conditions of bone																	
Solitary bone cyst	1								1			1		(1)	1	1	1
Fibrous dysplasia	1								1			1		1	1	1	1
Aseptic necrosis	14		10	13	14	14						14			14		14
Osteomyelitis	9		2	5	7	9						9			9		9
Rheumatoid arthritis	4			3	4	4						4			4		4
Fracture	4					1						4			4		4
Spondylosis deformans	6										5	1		4	2	2	2

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

(): osteolytic lesion combined with sclerotic change.



Fig. 1a There are multiple irregular osteolytic lesions combined with reactive sclerotic changes in the proximal tibia. Irregular periosteal reaction with a tendency toward spiculation is seen along the proximal tibia.

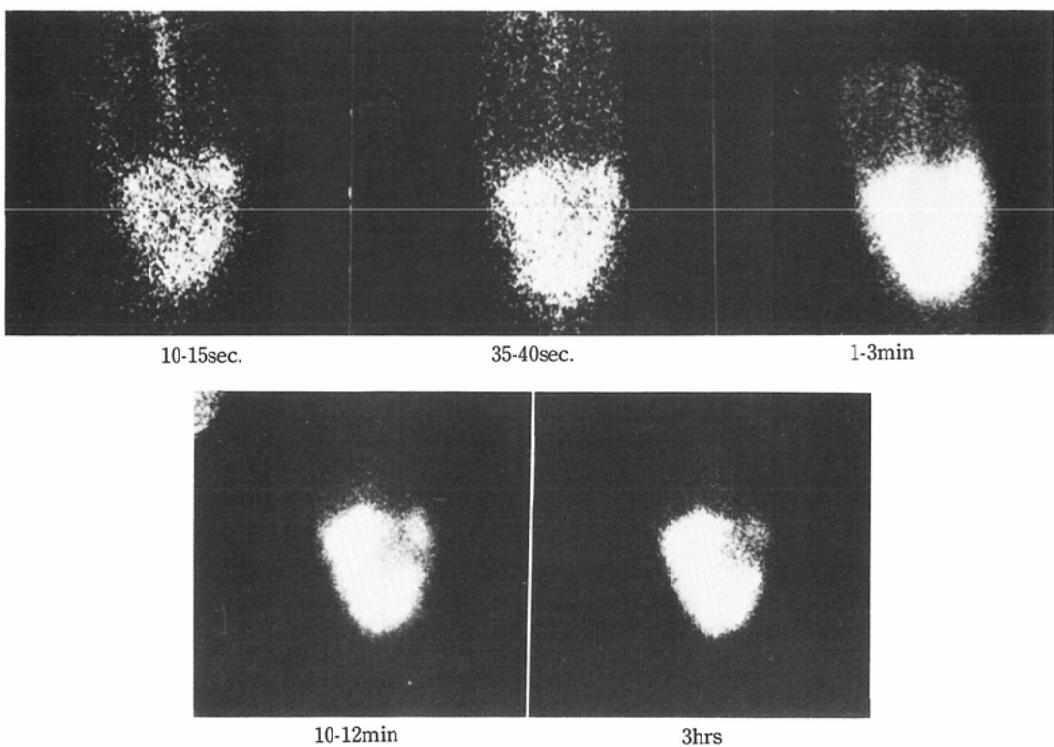


Fig. 1b Dynamic bone scintigraphy shows highly increased accumulation of the tracer in the osteolytic lesion of the proximal tibia during the arterial (10-15 sec.) phase, whereas tracer accumulation is seen in the sclerotic lesion during the venous (35-40sec.) phase. In the osteolytic lesion activity begins to decrease 5 min. after administration of the tracer, and there is markedly decreased activity after 3 hrs., while there is higher activity in the sclerotic lesion.

Fig. 1 Case 1. Osteosarcoma in a 15 year-old-male.

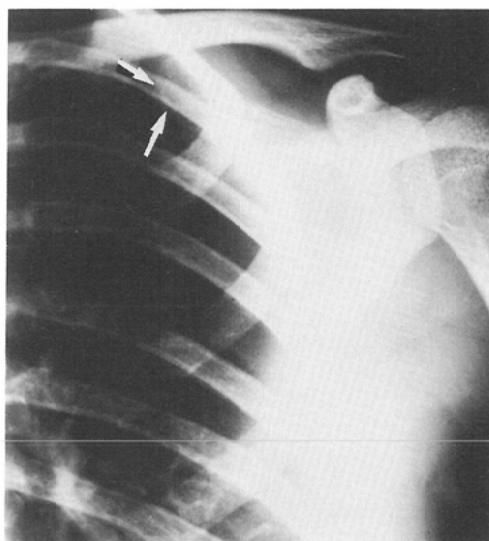
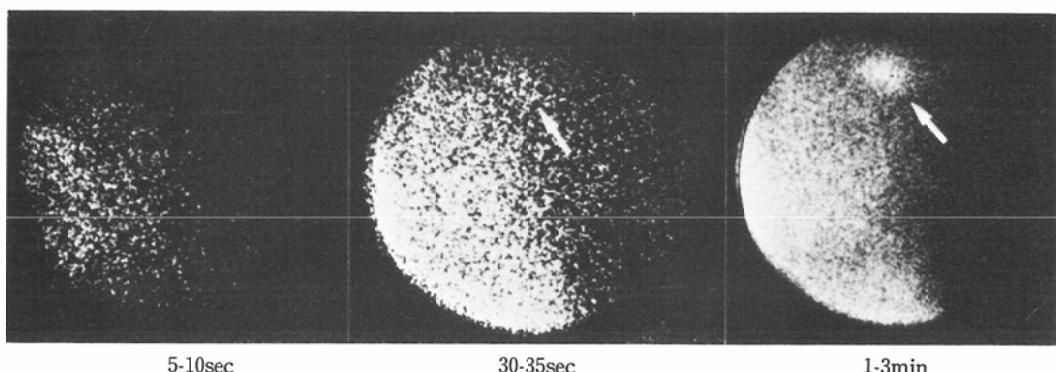
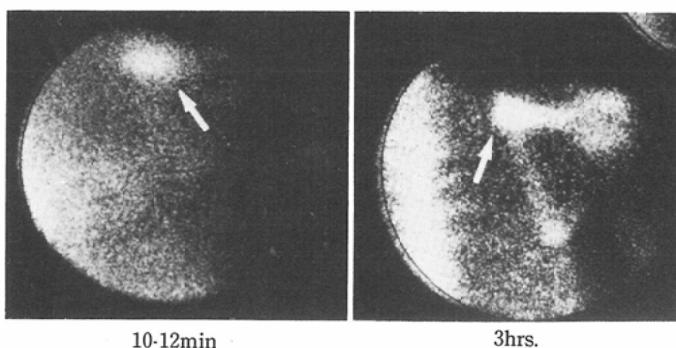


Fig. 2a The radiogram shows an osteolytic lesion 1 cm in diameter in the right scapula.



5-10sec 30-35sec 1-3min



10-12min 3hrs.

Fig. 2b The activity begins to increase in the right scapular lesion from the venous phase, and there is abnormal accumulation in the static image (arrow).

Fig. 2 Case 2. Ewing's sarcoma in a 14 year-old-female.



Fig. 3a The radiogram discloses no abnormal change in the pelvis.

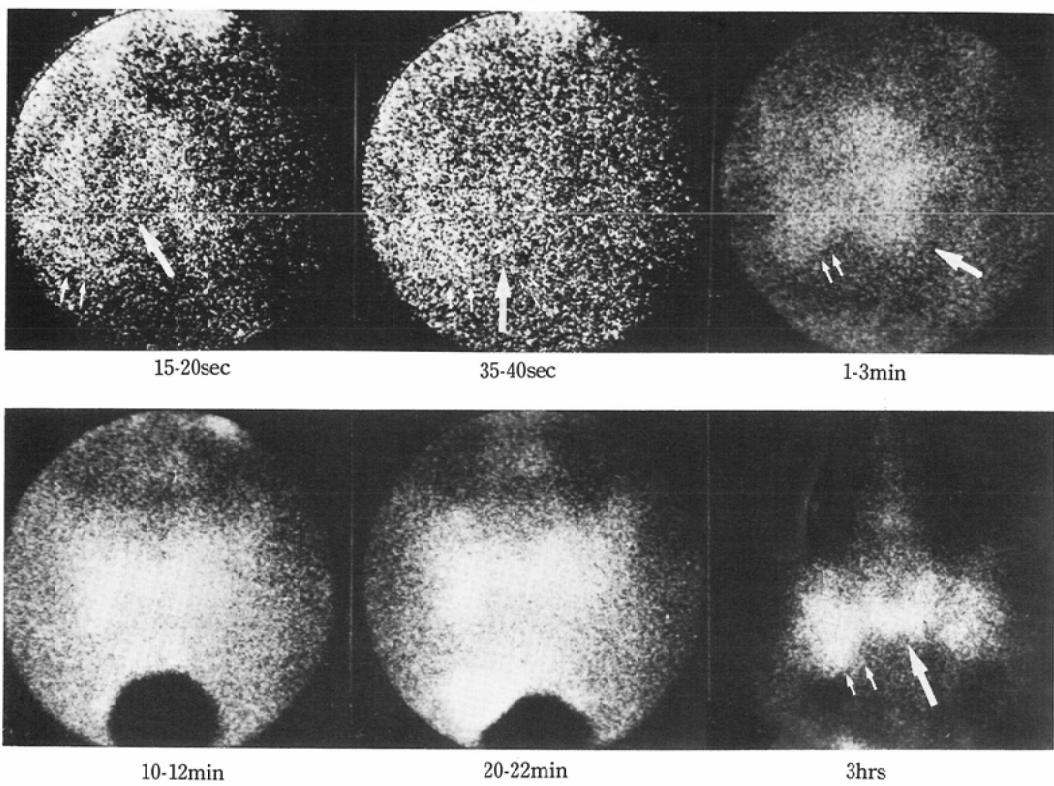


Fig. 3b In the lesion of the sacrum (arrow), the activity begins to increase 15sec. (arterial phase) after administration of the tracer, and 3hrs. after administration there is a marked increase in the area extending from the sacral lesions to the left sacroiliac joint (double arrows).

Fig. 3 Case 3. Bone metastasis from uterine cancer in a 52 year-old-female.

Table 2 Results of dynamic bone scintigram in metastatic bone tumors

Site of carcinoma	No. of cases	Blood pool phase				Early phase				Static image			
		Vascular phase		10-20 sec.		30-40 sec.		5 min.		10 min.		20 min.	
		+	+	+	+	+	+	-	N	+	-	N	+
Thyroid	1	1	1	1	1	1	1	(1)	(1)	1	(1)	1	1
Breast	7	1	4	7	7	7(1)	7(1)	(1)	(1)	7	1(1)	6	6
Lung	7	2	6	7	7	7(1)	7(1)	(2)	(2)	7	(2)	7	7
Stomach	3	3	3	3	3	3	3			3		3	3
Uterus	6	2	3	6	6	6	6			6		2	4
Urinary bladder	2	1	1	2	2	2	2			2		2	2
Prostatic gland	3	1	1	3	3	3	3	1	1	2	1	1	2
Skin	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Lymph node	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Total	31	10	21	31	31(1)	31(3)	31(4)	1	30	2(4)	3	26	26

-: cold, N: normal accumulation, +: hot
(): osteolytic lesion combined with sclerotic change.

早く動脈相から集積がえられ、2cm以下の溶骨性病巣では、3時間後に陽性像あるいは正常集積として描出される。しかし、2cm以上の溶骨性病巣は動脈相よりtracerは集積するが、5分後から集積は減少し、static imageでは欠損像として描画される。また、転移による病的骨折は動脈相から異常集積が認められ、陳旧性外傷性骨折や変形性脊椎症とは集積性を異にしている。悪性骨腫瘍におけるstatic imageでの欠損像はいずれも2cm以上の溶骨性病巣である。

骨X線写真で硬化性病巣を呈している良性骨腫瘍8例ではstatic imageで陽性像を示している。dynamic imageについてみると、良性軟骨芽細胞腫1例は血液プール相の早い期から異常集積が出現しているが、骨軟骨腫3例は5分後よりtracerの集積がみられている。更に、類骨腫(Fig. 4)では3例とも10分後と集積の出現が遅れ、非化骨性線維腫1例では静脈相からtracerの集積がみられる。

骨囊腫(Fig. 5)では溶骨性病巣へのtracerの集積は全経過を通して認められていない。

無腐性壊死14例では病態により早期相での集積性を異にし、動脈相1例(7%), 静脈相9例(62%), 血液プール相13例(93%), 5分迄には全例に異常集積を認めている。骨X線写真で病巣の小さい初期の症例ほどdynamic imageでの病巣の検出率が高い。

骨髓炎(Fig. 6)9例では静脈相2例(22%), 血液プール相5例(56%), 5分後7例(78%), 10分後からは全例にtracerの集積がえられ、急性期にはtracerの集積が早く、静脈相から血液プール相にかけて異常集積が認められている。5分後から集積のえられた症例は治療中又は非活動期の症例である。

リウマチ性関節炎4例でも病期により早期相での集積状態が異なり、静脈相2例、血液プール相3例、5分迄には4例とも異常集積がみられている。

陳旧性骨折4例では10分後に1例、20分後とstatic imageでは4例とも陽性像を呈し、血液プール相までにはtracerの集積は得られていない。

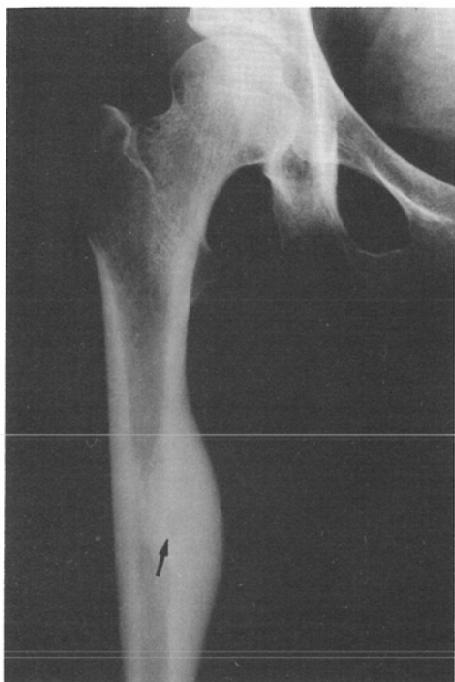


Fig. 4a The radiogram shows a small area of rarefaction with a nidus 5 mm in diameter (arrow) in the markedly thickened cortex of the right femur.

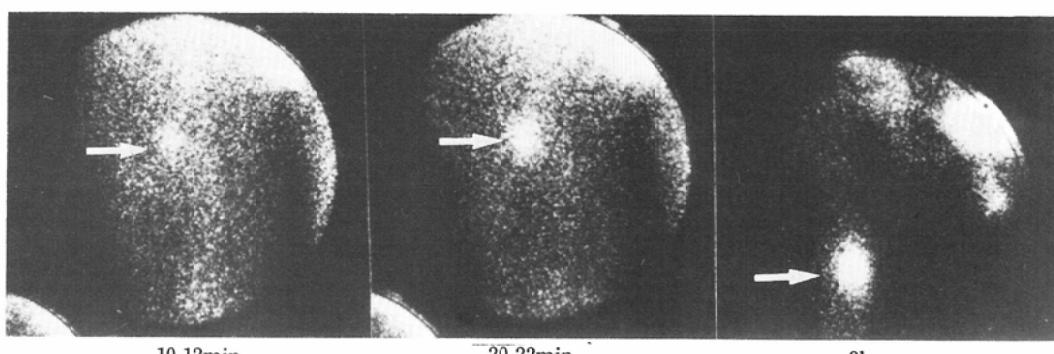
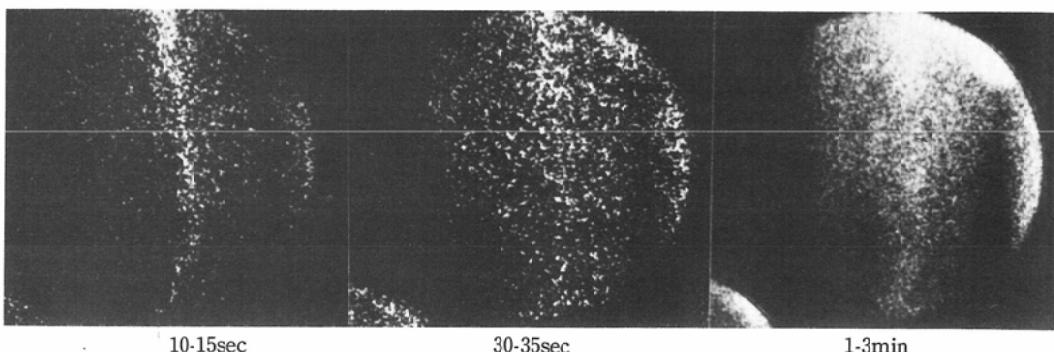


Fig. 4b Activity in the proximal shaft of the right femur begins to appear from 10 min., and there is abnormal accumulation in the static image.

Fig. 4 Case 4. Osteoid osteoma in a 36 year-old-female.

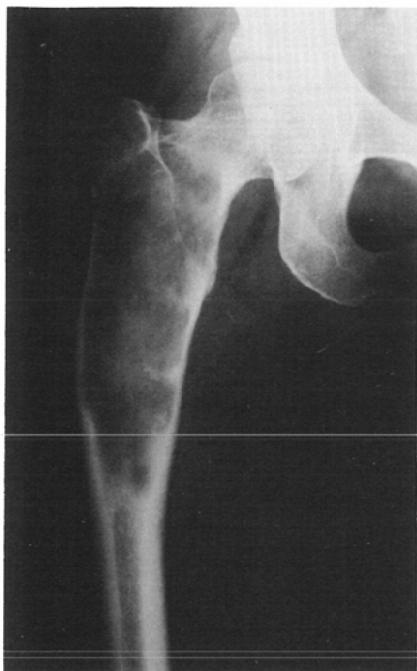


Fig. 5a The radiogram shows an osteolytic lesion extending from the proximal metaphysis to the shaft of the right femur, where the bone is expanded and the cortex thinned without fracture or new bone formation.

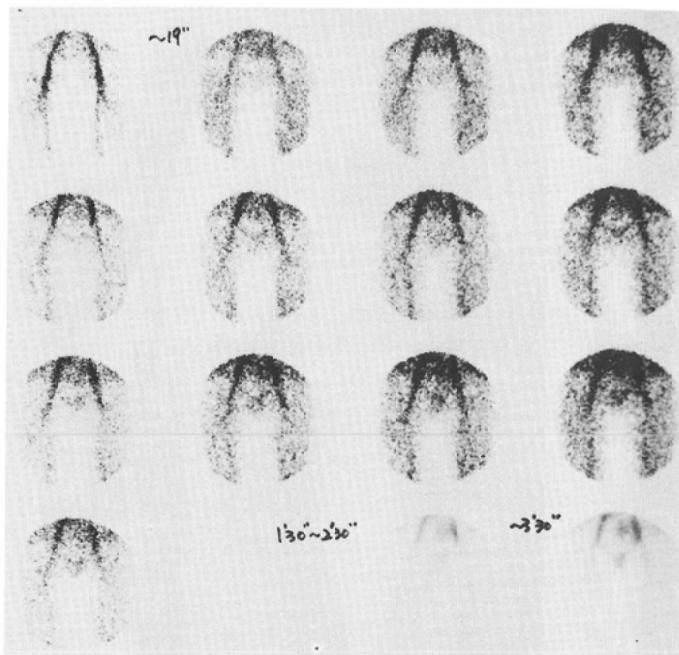


Fig. 5b Dynamic bone scintigraphy up to 20 min. shows no abnormal accumulation.

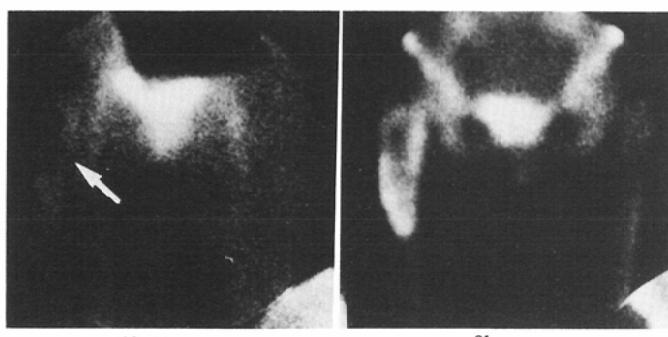


Fig. 5c The static image shows abnormal accumulation around the central defect of the same lesion as shown in the radiogram.

Fig. 5 Case 5. Bone cyst in a 42 year-old-female.

い。

変形性脊椎症 6 例では static image で 4 例が正常集積、2 例が異常集積として描画されたが、早期相での集積は認めていない。

4. 考 案

骨親和性核腫の骨摂取は血流に依存し、血流が骨摂取を左右する最大の因子であり、正常骨の骨端や病変骨の取り込み増加は血流と接する単位体

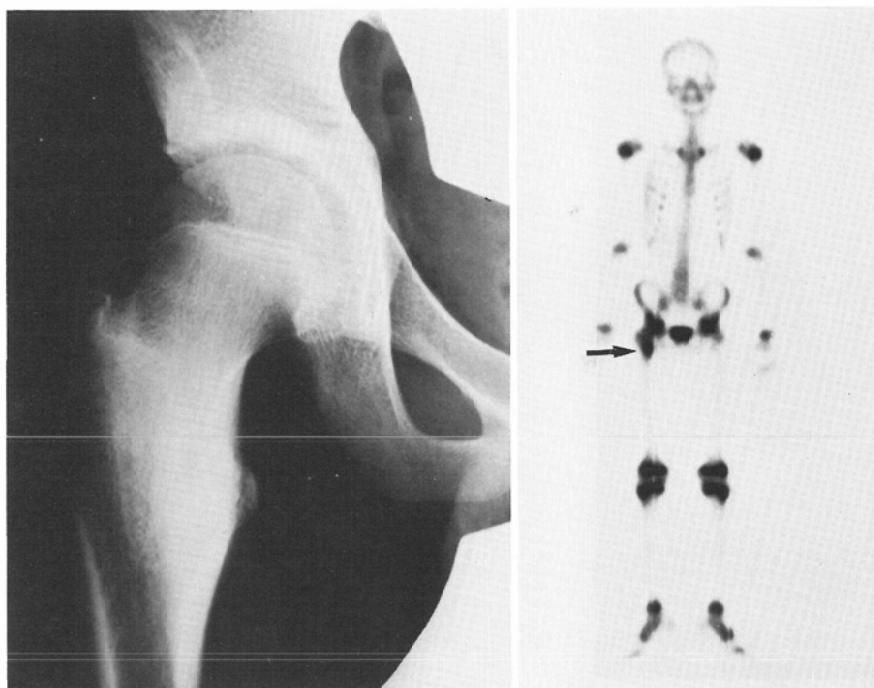


Fig. 6a The radiogram shows a sclerotic lesion in the trochanter minor of the right femur.

Fig. 6b The whole body scintigram shows abnormal accumulation in the same lesion as shown in the radiogram.

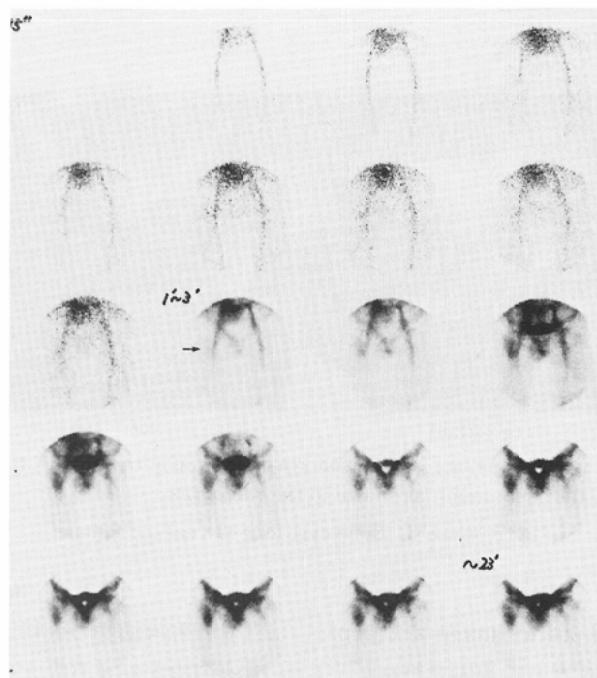
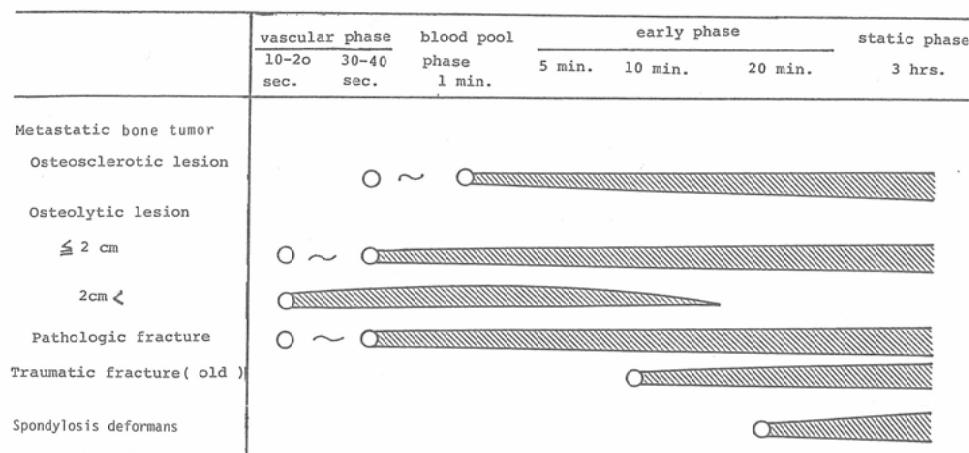


Fig. 6c In the sclerotic lesion the activity begins to appear 1 min. after administration of the tracer and increases successively.

Fig. 6 Case 6. Chronic osteomyelitis in a 15 year-old-male.

Table 3 Dynamic uptake pattern of 99m Tc-EHDP in bone diseases

積当りの骨表面の増大によると云われている³⁾。一方、骨X線写真における溶骨性病巣を示す悪性骨腫瘍はそれに接する正常骨組織の代償性骨形成反応によって、その部位にtracerの集積を示す^{2)5)~7)}。さらに、血液を阻害するもの(外傷、sickle cell sludging、梗塞、腫瘍による閉塞等)があれば集積は減少し、欠損像として描出される⁸⁾。このように、 99m Tc-磷酸化合物の骨への集積はその部位の血流と骨の改築速度に関与するものである⁹⁾。従って、 99m Tc-磷酸化合物による骨シンチグラフィは、初期の骨病変でも陽性像として描出し、検出率は高いが、骨腫瘍性病変以外でも異常集積として出現するため、特異性に乏しい。

これらの問題を解決する方法として、 67 Ga-citrate¹⁰⁾、 201 Tl-Cl¹¹⁾¹²⁾、 99m Tc-BLM¹³⁾等の腫瘍親和性核種による腫瘍シンチグラフィが有用であり、骨腫瘍性病変に対して、非特異的骨格イメージングに特異的な腫瘍イメージングを併用することが骨腫瘍の診断率を向上させる方法である¹⁴⁾。

67 Gaの骨疾患への応用は、Simon等の報告¹⁵⁾にみられるごとく、四肢の原発性骨腫瘍診断では、 99m Tc-磷酸化合物と同様優れた診断成績を示している。しかし、胸・腹部では各種臓器との重りの為、本法は必ずしも鮮明な像がえられず、 99m Tc-磷酸化合物が優れている。一方、 201 Tl-Clも骨疾患に応用され¹²⁾、特に良性骨病巣では、 201 Tlの集積が陰性である傾向が強く、良性・悪性の判

定に有用であるとの発表がなされている。しかし、 201 Tlの代謝過程より考えても、心筋・肝・腎との重なりなど、本法の単独使用には問題があり、やはり 67 Ga同様 99m Tc-磷酸化合物との併用診断が望まれる。

他方、Gilday等¹⁶⁾は骨病変の良性・悪性の鑑別に 99m Tc-磷酸化合物によるblood pool imageで良性疾患のほとんどがhypovascularであり、悪性ではhypervascularのことが多く、その重要性を述べている。Castronovo等¹⁷⁾も、 99m Tc-diphosphonateの静注直後から1時間までのtime activity curveを腰椎で測定し、動態解析を行っている。それによると、正常腰椎では早期の血管相でのactivityは1時間後のactivityより高くないが、paget病や骨転移病巣では早期摂取率の上昇する特異的な摂取型を示す。Paget病での早期の著明なる上昇は病巣における血管の増生で、局所血流の増加に伴い、骨に tracer の集積が上昇するものと解釈している。更に、転移骨における早期相ではstatic imageでの欠損部位は二峰性を示し、陽性部位は一峰性を示す。その後、陽性部位は急速なるtracerの集積がえられる。これに反し、欠損部位は10分後に上昇している。この溶骨性病巣での現象はSy¹⁸⁾やGoergen⁸⁾等の報告の如く、腫瘍による血流の阻止に基づく。このように、早期の骨格摂取データを測定することにより、特異的な診断の可能性を述べている。

また、西岡ら¹⁹⁾は^{99m}Tc-磷酸化合物を bone seeking agent として、各種骨関節疾患を対象に静注後より15分間の動態測定でコンパートメントモデルによる動態曲線の数式化を行い、膝関節部の各種疾患は血流の度合を示す因子と骨への吸着度を示す因子の二要素を表わし、骨腫瘍、関節滑膜炎、骨炎症性疾患の鑑別の可能性を報告している。

既に、著者らも溶骨性病巣における dynamic bone scintigraphy の有用性を報告してきた¹²⁾。

これらの考え方から、dynamic bone scintigraphy における動静脈相での image より血管増生の有無、血液プール相での血流量の状態に加え、static image の情報を観察することにより、骨疾患の鑑別診断を検討した。

原発性悪性骨腫瘍18例のうち骨髄腫の1例を省く17例が静脈相までに病巣部位に tracer の集積増加がみられた。その際、骨X線写真での溶骨性病巣は動脈相より異常集積がえられ、直径2cm以上の溶骨性病巣は5分後から病巣部位への集積は減少し、10分から20分の早期相では欠損像として描出され、static image でも欠損像として描画される。これは完全に腫瘍に置換されたことに基因している¹⁾。一方、硬化性病巣は溶骨性病巣より集積時期が遅れ、静脈相からのtracerの集積を示し、漸次集積の増加を呈し、static image でも陽性像として描画される。

一般に、原発性悪性骨腫瘍ではいずれも hypervascular pattern を示すものが主体を占め、良性骨腫瘍では tracer の集積が10分後と遅延し、血液プール相で hypovascular の状態を示すことにより、dynamic image で良性・悪性の鑑別がある程度可能である。しかし、hypervascular な良性骨腫瘍はこの方法では鑑別が困難な欠点はあるものの、dynamic bone scintigraphy は骨病巣の血流動態も同時に観察され、⁶⁷Ga-citrate、²⁰¹Tl-Cl、^{99m}Tc-BLM 等を用いた腫瘍シンチグラフィを併用しての診断に匹敵した成績がえられるものと思われる。

転移性骨腫瘍でも血液プール相までには全例に tracer の集積がえられ、動脈相や静脈相で集積がみられる症例と集積のえられない症例が認められ

ている。これらは、病巣部位の流入血管増生の程度により集積を異にしているものと考えられる。また、static image で正常集積を示した3例も血管相から早期相までに集積像を示し、骨X線写真で転移巣を指摘できない早期の病巣にも血液プール相までに集積がえられ、骨転移巣の早期発見に有用である。更に、骨粗鬆症²⁰⁾、陳旧性外傷性骨折や変形性脊椎症等の疾患から転移性骨腫瘍を鑑別することが容易である。

一方、骨折や骨移植後の症例においては、static image では長期間陽性像を呈し²¹⁾、特に、骨腫瘍の手術後では腫瘍の再発か、手術による反応性の骨新生かの鑑別は難しく、骨腫瘍の局所再発の有無の判定は不可能に近い。このような場合、dynamic image で、再発部位は血管相から tracer の集積がえられ、反応性骨新生との鑑別が容易となり、手術後の経過観察に有用な情報が提供される。

炎症性骨疾患における^{99m}Tc-磷酸化合物の集積は炎症性骨病巣への血流増加であり、その検出率は非常に鋭敏である。しかし、static image での tracer の集積は必ずしも慢性骨髓炎における再燃性を示すものではなく、活動巣の検出には診断的価値は少ない²²⁾。一方、⁶⁷Ga は白血球、特に好中球と結合し、⁶⁷Ga は炎症部位に集積するが、通常、非活動性の病巣には集積しないため、活動性部位が⁶⁷Ga では容易に指摘できる²²⁾。このような炎症性骨疾患の経過観察という点からも、^{99m}Tc-磷酸化合物による dynamic image は炎症による早期の血流増加さらには炎症の反応性変化を捉え、診断的価値は高く⁶⁷Ga との併用は必ずしも必要としない²³⁾。

同様に、リウマチ性関節炎の活動性の評価も可能である。更に、ステロイド長期投与症例における無腐性壞死の早期発見並びに大腿骨頸部骨折後の大腿骨頭無腐性壞死の早期発見にも有用である²⁴⁾。

dynamic bone scintigraphy は骨腫瘍、リウマチ、炎症性骨疾患の病態を把握するのに役立つのみならず、今後さらに代謝性骨疾患などへの応用も考えられる。

6. 結 語

1) Dynamic bone scintigraphy は骨病巣の pathognomonic な血流動態をあらわし、特に原発性及び転移性骨腫瘍の質的診断に寄与する。

2) X線診断において異常を示さず、static image で正常集積や異常集積が観察される症例において本法は極めて有用である。

3) 急性及び慢性骨髓炎などの炎症性骨疾患では病態により集積時期が異なり、活動期には静脈相あるいは血液プール相から集積がえられた。一方、非活動期では5分後と集積の出現に遅れがみられ、病態の把握が可能である。

4) 無腐性骨壊死の早期発見にも有用である。

(本稿の要旨は第39回日本医学放射線学会総会にて発表した。)

文 献

- 1) 熊野町子：Ring状骨異常集積を示した甲状腺癌の1症例。核医学, 17: 589-592, 1980
- 2) 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：Dynamic bone scintigraphyによる溶骨性病巣の解析。核医学, 17: 911-919, 1980
- 3) Genant, H.K., Bautovich, G.J., Singh, M., Lathrop, K.A. and Harper, P.V.: Bone-Seeking radionuclides: An in vivo study of factors affecting skeletal uptake. Radiology, 113: 373-382, 1974
- 4) Charkes, N.D., Young, I. and Sklaroff, D.M.: The pathologic basis of the strontium bone scan. J.A.M.A., 206: 2482-2488, 1968
- 5) Gerson, B.D., Dorfman, H.D., Norman, A. and Mankin, H.J.: Patterns of localization of strontium-85 in osteosarcoma. J. Bone Joint Surg., 54: 817-827, 1972
- 6) Woodbury, D.H. and Beierwaltes, W.H.: Fluorine-18 uptake and localization in soft tissue deposits of osteogenic sarcoma in rat and man. J. Nucl. Med., 8: 646-651, 1967
- 7) Garcia, D.A., Tow, D.E., Kapur, K.K. and Wells, H.: Relative accretion of Tc-99m polyphosphate by forming and resorbing bone systems in rats: Its significance in the pathologic basis of bone scanning. J. Nucl. Med., 17: 93-97, 1976
- 8) Goergen, T.G., Alazraki, N.P., Halpern, S.E., Heath, V. and Ashburn, W.L.: "Cold" bone lesions: A newly recognized phenomenon of bone imaging. J. Nucl. Med., 15: 1120-1124,
- 1974
- 9) Jones, A.G., Frances, M.D. and Davis, M.A.: Bone scanning radionuclidic reaction mechanisms. Sem. Nucl. Med., 6: 3-18, 1976
- 10) Okuyama, S., Ito, Y., Awano, T. and Sato, T.: Prospects of ⁶⁷Ga scanning in bone neoplasms. Radiology, 107: 123-128, 1973
- 11) 中間昌博, 渋谷光柱, 菅原正：²⁰¹Tl-chlorideの骨疾患への応用。核医学, 16: 7-15, 1979
- 12) 宍戸文男, 津屋旭, 洪誠秀, 徳元善昭, 館野之男, 内田勲, 川口智義, 和田成仁, 松本誠一, 梅垣洋一郎：骨疾患に対する²⁰¹Tl-chlorideシンチグラフィの臨床的価値について。核医学, 18: 455-462, 1981
- 13) 小島輝男：^{99m}Tc標識 Bleomycinによる腫瘍シンチグラフィに関する研究—第2編骨・軟部腫瘍における^{99m}Tc標識 Bleomycin, ⁶⁷Ga-citrate, ^{99m}Tc 煙酸化合物によるシンチグラフィと血管造影法との対比に関する研究。核医学, 16: 829-847, 1979
- 14) 奥山信一, 伊藤安彦, 佐藤多智雄, 高橋邦文, 松沢大樹：骨腫瘍の核医学的診断の原理—腫瘍イメージングと骨格イメージング—。日医放会誌, 35: 659-664, 1975
- 15) Simon, M.A. and Kirchner, P.T.: Scintigraphic evaluation of primary bone tumors. J. Bone Joint Surg., 62A: 758-764, 1980
- 16) Gilday, D.L. and Ash, J.M.: Benign bone tumors. Sem. Nucl. Med., 6: 33-46, 1976
- 17) Castronovo, F.P., Guiberteau, M.J., Berg, G., McKusick, K.A., Callahan, R.J. and Potsaid, M.S.: Pharmacokinetics of technetium-99m diphosphonate. J. Nucl. Med., 18: 809-814, 1977
- 18) Sy, W.M., Westring, D.W. and Weinberger, G.: "Cold" lesions on bone imaging. J. Nucl. Med., 16: 1013-1016, 1975
- 19) 西岡淳一, 木村正己, 水谷寛, 杉本末雄：骨scintigram. 動態曲線の数学的分析の試み—局所血流度と骨代謝度の推定—。整形外科, 31: 353-358, 1980
- 20) 満田基温, 井上雅裕, 高橋貞雄, 小松原良雄, 梶田明義：スキャニングによる転移性骨腫瘍の診断。中部日本整形外科災害外科学会雑誌, 24: 381-384, 1981
- 21) Matin, P.: The appearance of bone scans following fractures, including immediate and long-term studies. J. Nucl. Med., 20: 1227-1231, 1979
- 22) Lisbona, R. and Rosenthal, L.: Observations on the sequential use of ^{99m}Tc-phosphate complex and ⁶⁷Ga imaging in osteomyelitis, cellulitis, and septic arthritis. Radiology, 123: 123

—129, 1977

- 23) 濱戸 光, 久田欣一, Rosenthal, L.: 骨炎症病変の早期鑑別診断における核医学複合検査法の意義— ^{99m}Tc -diphosphonate による血流, 血液プール像, 骨スキャンおよび ^{67}Ga -citrate スキャンを併用して—. 臨床放射線, 23: 821—826, 1978

- 24) 熊野男子, 宇野 保, 田村健治, 浜田辰巳, 石田 修, 坂下太郎, 船越 猛, 川井弘美, 梶田明義: dynamic bone scintigraphy による骨疾患の解析(第3報)—大腿骨頭無腐性壊死への応用. 核医学, 18: 1145. 第21回核医学会総会(札幌), 1981