

《原 著》

骨疾患の検索における骨シンチグラフィ, CTスキャン, X線単純写真の有用性について

坂田 恒彦* 前田 裕子* 石田 博文* 岡橋 進*
山崎 純一* 河合 武司* 西上 英昭* 赤木 弘昭*

要旨 骨疾患の検索における Tc-99m 標識リン酸化合物による骨シンチグラフィ, EMI-scanner CT5005/12 による CT スキャン, X 線単純写真の有用性を検討した。

対象は, 3 検査を施行した 132 例, 計 240 病変で, 異常所見の検出率は, 骨シンチグラフィで 232/240 (96.7%), CT スキャンで 75/111 (67.7%), X 線単純写真で 122/210 (58.1%) であり, 偽陰性は, 骨シンチグラフィでは骨盤部, 頸胸部, CT スキャンでは横断面のうすい骨, X 線単純写真では骨の重なりの多い部位に生じ易かった。

また, 転移性骨腫瘍の CT 像の分類を試み, 転移性脊椎腫瘍 19 病変につき, CT スキャンにより求めた Ca 濃度と, 単純写真および骨シンチグラフィ所見の関係を検討した。CT スキャンは, 単純写真より微少な Ca 濃度の変化をよく反映したが, Ca 濃度と骨シンチグラフィ所見とは必ずしも相関しなかった。

I. はじめに

骨疾患の検索における Tc-99m 標識リン酸化合物による骨シンチグラフィは, 近年ルーチン検査として施行され, その有用性も評価されているが, いくつかの問題点も指摘されている^{1,2)}。

X 線コンピュータ断層 (CT スキャン) は, 現在脳神経系をはじめとして, 体腔内実質諸臓器疾患の検査に繁用されているが, 目的とする臓器の他に, いかなるスライス面も骨格を含んでおり^{3,4)}。骨疾患の検索において, CT スキャンが果たし得る役割について検討することは, 得られた情報を十分に活用するという点からも必要である。

そこで, 今回, われわれは, 骨シンチグラフィ, CT スキャンとともに施行した症例 132 例について, X 線単純写真とともに比較検討を行なった。

II. 対象ならびに方法

対象は, 大阪医科大学附属病院放射線科にて, 骨シンチグラフィ, CT スキャンとともに施行した 132 例 (Table 1) で, 他臓器原発悪性腫瘍で骨転移の検索を目的としたものが 102 例 (76.5%) を占めている。

X 線単純写真: 骨シンチグラフィ, CT スキャン検査の対照として, 標準撮影による正面像を使

Table 1 Clinical diagnosis of cases in this study

Clinical diagnosis	Number of cases
Primary bone tumors	6
Skeletal diseases except tumors	17
Malignant tumors of extraosseous origin	102*
Breast	40
Lung	19
Gastrointestinal tracts	14
Female genitalia	8
Others	21
Extraosseous origin with no malignancy	7
Total	132

* Including suspicious bone metastasis

* 大阪医科大学放射線医学教室

受付: 53 年 11 月 24 日

最終稿受付: 54 年 1 月 9 日

別刷請求先: 高槻市大学町 2-7 (番 569)

大阪医科大学放射線医学教室

坂田 恒彦

用した。

骨シンチグラフィ：Tc-99m 標識リン酸化合物(MDP, EHDP, またはピロリン酸) 10 mCi を静注, 2~3 時間後に, PHO/GAMMA HP, 6406 型(Nuclear Chicago) または, PHO/GAMMA LFOV 型(Searle) ガンマ・カメラにて撮影したライフ・サイズ・シンチフォトを使用した。

CTスキャン：EMI-scanner, CT 5005/12を使用, スライス幅 13 mm, 8 スライスを 1 検査とし, 磁気テープに収録した。CT像は, 自動サクラ・イメージャーにて, 6 ツ切版 4 分割または 1 枚撮りとして撮影した。画像の選定にあたっては, IVC(Independent Viewing Centre) により, window width を 400 に固定し window level を変化させて至適な画像を求めた。

また, 骨組織を表現する一つの基本である Ca濃度を, CT値からの換算により自動的に打ち出し使用した。その方法の概略は, 以下のとおりである。

1) Ca濃度既知のファントームを使用してCTスキャンを行ない, Ca濃度とCT値の相関を求めた。

2) EMI-scanner, CT 5005/12 のコンピュータ・システムを使用して, まず, 320×320 マトリックス表示の25点を平均化して 1 素子とした 64×64 マトリックス表示に変換した。次に, このうちCT値40以上を骨組織のCT値とし, 目的とする骨組

織を閑心領域として自動的に設定後, 1)により求めたCT値とCa濃度の関係から, 同部のCa濃度を打ち出させた。

成績判定基準：

1) X線単純写真：正面像を基準として, 造骨, 融解など異常所見の有無を判定した。

2) 骨シンチグラフィ：ライフ・サイズ・シンチフォトにて, Tc-99m 標識リン酸化合物の異常集積像ならびに低下の有無と程度を判定した。

3) CTスキャン：高吸収領域, 低吸収領域, および両者の不規則な混在と, 非対称性の有無を判定した。

III. 結 果

まず, CT像の偽所見を除外するため, 以下の検討を行なった。

対象の彎曲とスライス面の歪みによる偽所見の可能性を知るため, 牛の尾を CT にて各方向よりスライスし, その尾骨の像の変化を検討したが, スライス面の歪みによる対称性の喪失以外の偽所見は生じなかった。

また, 脊椎側彎症の臨床例の像でも同じ結果を得たので, 非対称性のみしか認められなかったものは, 異常所見の判定から除外した。

年齢的变化として, 骨粗鬆症と骨棘を有する症例を検討した結果, 前者は, 全体的平均的な脱石灰化としてみられ, 後者は, 骨輪郭辺縁より骨外

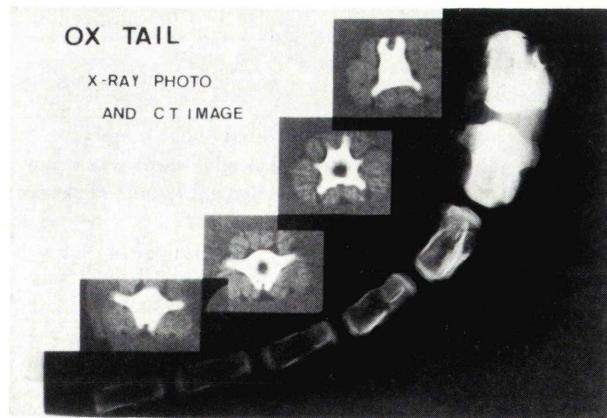


Fig. 1 CT images and plain X-ray photo of an ox tail.

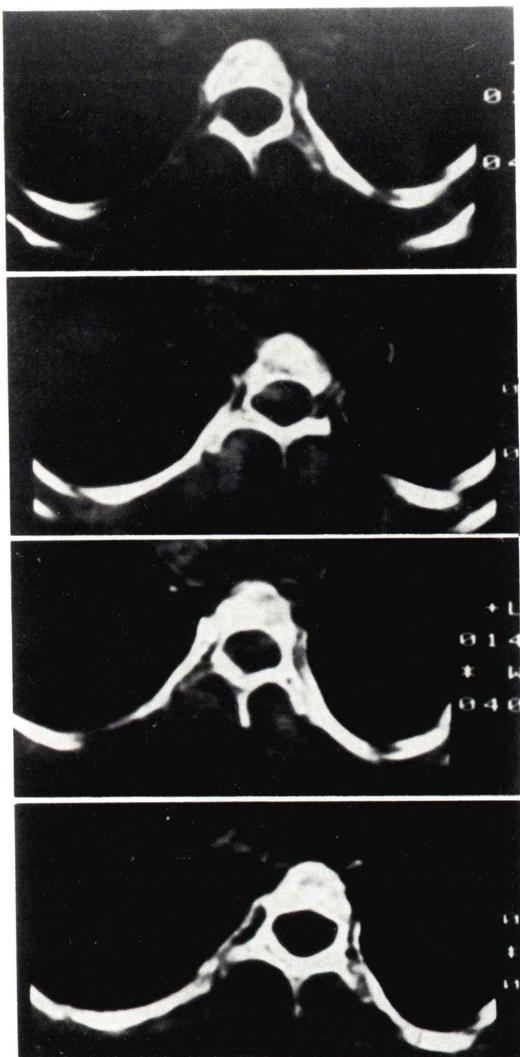


Fig. 2 CT images in a case of scoliosis

への突出としてみられたので、以下の統計処理を明確にするため、注意深く読影することにより、「病的異常所見」の判定からは、可及的に除外した。

Ca濃度は、前述の方法にて、自動的に打ち出した(Fig. 3)。点線より上が椎体、下が椎弓ならびに棘突起部に相当する。また、下段には、それぞれの平均Ca濃度、素子数、合計Ca量を打ち出した。

1. 各検査単独による異常所見の検出能

132例の前記対象において、骨シンチグラフィ、

CTスキャン、X線単純写真により、それぞれ単独で検出し得た異常所見数は、Table 2に示した。

全検索を通じ異常所見を指摘したものは、240病変あり、X線単純写真は、このうち210病変の部位につき撮影されており、CTスキャンは111病変の部位につき施行されていた。

従って、それぞれの検査単独の検出率は、骨シンチグラフィで232/240(96.7%)、CTスキャンで75/111(67.5%)、X線単純写真で122/210(58.1%)であった。また、いわゆる“false negative”は、骨シンチグラフィで8/240(3.3%)、CTスキャンで36/111(32.3%)、X線単純写真で88/210(41.9%)であり、その部位別内訳は、Fig. 4、5に示した。

2. 転移性骨腫瘍(疑診を含む)における各検査の成績と相互の関係

骨シンチグラフィ、CTスキャン、X線単純写真のいずれかにて有所見であり、その異常所見部位について3検査すべてが行なわれたものは92病変であった。その内訳は、原発性骨腫瘍6病変、転移性骨腫瘍(疑診を含む)65病変、その他21病変であったが、このうち、最も多かった転移性骨腫瘍とその疑いを含む65病変について3検査の成績を比較検討した(Table 3)。

65病変中、骨シンチグラフィでは、陽性53病変(81.5%)、疑陽性10病変(15.4%)、CTスキャンでは、陽性40病変(61.5%)、疑陽性2病変(3.1%)、X線単純写真では、陽性36病変(55.4%)、疑陽性1病変(1.5%)に異常所見が認められた。

相互の関係では、骨シンチグラフィに対して、CTスキャンとX線単純写真は、ほぼ同じ傾向を示したが、CTスキャンとX線単純写真では、X線単純写真で異常を認めずCTスキャンで有所見のものが8病変、逆に、CTスキャン無所見で単純写真有所見のものは3病変であった。

また、65病変中、骨シンチグラフィのみ有所見で、いわゆる“false positive”的可能性のあるものは20病変(30.8%)で、これらについては、一部を除き、現在結論は出ていないが、他の検査の併用などにより、厳重な経過観察を行なっている。Table 4にこれらの病変部位と原疾患を示した。

44 Calcium Conc. (mg/ml) in Bone, EMI CT5005, 230-2-1 VER.1 No. 46 S. 357-01 13-04-77													
	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180
155													
160					25	15	13						
165						30	40	32	24	18			
170				28	42	45	49	47	29				
175			19	36	28	28	30	36	53				
180				42	22	25	27	27	29	42			
185					31	23	30	34	30	27	28	34	
190		31	34	36	37	32	36	43	42	37	28		
195		23	39	45	48	31	27	52	53	47	22		
 × × × ×
200				29	47	11			37	31			
205				56	111	16			12	110	61		
210				60	137	121	55	32	96	118	109		
215				8	48	51	71	60	50	28	15		
220							23	68					
225								31					
230													
235													
240													
245													
250													

***** Calcium Concentration, Mean *****

Upper Half

Lower Half

Total

* Range * T. Calc. * Mean (#Sample) * T. Calc. * Mean (#Sample) * T. Calc. * Mean (#Sample)
Ca mg/ml mg/13 mm-% mg/ml (# -%) mg/13 mm-% mg/ml (# -%) mg/13 mm-% mg/ml (# -%)
5-250: 1887-100 33 (57-100); 1702-100 56 (30-100); 3589-100 41 (87-100);

Fig. 3 Printout of Ca concentration in the lumbar vertebra by our computer system (64×64 matrix)

Table 2 Number of lesions with abnormal findings by scintigraphy, CT scan and plain X-ray photos

Clinical diagnosis	Number of cases	Number of lesions found by		
		Scintigraphy	CT scan	Plain X-photo
Primary bone tumors	6	5	6	8
Skeletal diseases except tumors	17	15	16	21
Malignant tumors of extraosseous origin	102*	208	53	93
Others	7	4	0	0
Total	132	232	75	122

* Including suspicious bone metastasis

3. 転移性骨腫瘍の CT 像分類

転移性骨腫瘍 65 病変中, CT スキャン有所見の 42 病変について, その CT 像を以下のとく分類した.

- I. 輪郭非破壊型: 骨輪郭は保持されているもの
 - a. 硬化型: 骨輪郭内に高吸収領域の出現を認め, 低吸収領域の存在しないもの.
 - b. ドーナツ型: 骨輪郭内に輪状の低吸収領域とその辺縁に高吸収領域の出現をともなうもの.
 - c. 混合斑状型: 骨輪郭内に不規則な斑状の高吸収領域が混在しているもの.
- II. 輪郭破壊型: 骨輪郭が失われ, 断裂し, 多くは骨輪郭内に低吸収領域が存在するもの.

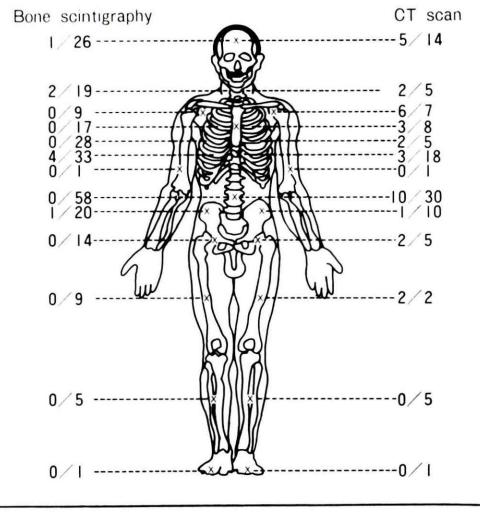


Fig. 4 Comparison of "false negative" CT scan with bone scintigraphy, expressed as number of "false negative" lesion in total examination.

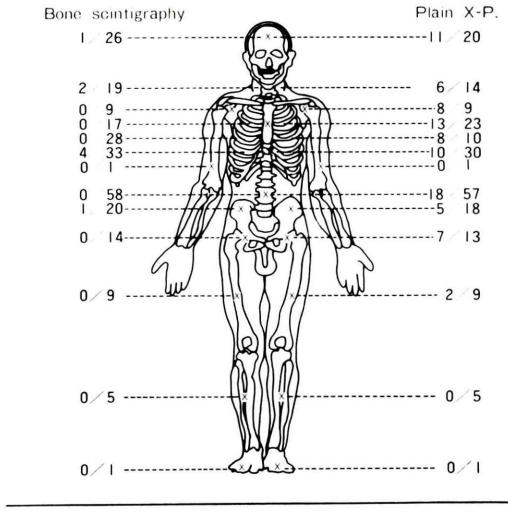


Fig. 5 Comparison of "false negative" plain X-ray photos with bone scintigraphy, expressed as number of "false negative" lesion in total examinations

Table 3 Findings of bone scintigraphy, CT scan and plain X-ray photos in metastatic bone tumors (including suspicious lesions) (65 lesions)

I. Findings of bone scintigraphy and CT scan

Scinti.	CT			Total
	+	±	-	
+	39 (60.0%)	1 (1.5%)	13 (20.0%)	53 (81.5%)
±	0	0	10 (15.4%)	10 (15.4%)
-	1 (1.5%)	1 (1.5%)	0	2 (3.1%)
Total	40 (61.5%)	2 (3.1%)	23 (35.4%)	65 (100%)

II. Findings of bone scintigraphy and plain X-photo

Scinti.	Plain X-photo			Total
	+	±	-	
+	33 (50.8%)	1 (1.5%)	19 (29.2%)	53 (81.5%)
±	1 (1.5%)	0	9 (13.8%)	10 (15.4%)
-	2 (3.1%)	0	0	2 (3.1%)
Total	36 (55.4%)	1 (1.5%)	28 (43.1%)	65 (100%)

III. Findings of CT scan and plain X-photo

CT	Plain X-photo			Total
	+	±	-	
+	32 (49.2%)	1 (1.5%)	7 (10.8%)	40 (61.5%)
±	1 (1.5%)	0	1 (1.5%)	2 (3.1%)
-	3 (4.6%)	0	20 (30.8%)	23 (25.4%)
Total	36 (55.4%)	1 (1.5%)	28 (43.1%)	65 (100%)

Table 4 "False positive" lesions by scintigraphy, lesions with abnormal findings by bone scintigraphy but no abnormality was found by CT scan and by plain X-ray photos

Region	Findings			Primary diseases
	Scintigraphy	CT scan	Plain X-P,	
Skull	±	—	—	Breast cancer
Skull	±	—	—	Lung cancer
Cervical vertebra	+	—	—	Breast cancer
Shoulder	+	—	—	Rhabdomyosarcoma (breast)
Shoulder	±	—	—	Malignant lymphoma
Shoulder	±	—	—	Lung cancer
Shoulder	±	—	—	Esophageal cancer
Rib	+	—	—	Breast cancer
Rib	±	—	—	Lung cancer
Thoracic vertebra	+	—	—	Rhabdomyosarcoma (breast)
Lumbar vertebra	+	—	—	Breast cancer
vertebra	+	—	—	Breast cancer
vertebra	+	—	—	Breast cancer
vertebra	±	—	—	Breast cancer
vertebra	±	—	—	Breast cancer
vertebra	+	—	—	Prostatic cancer
vertebra	±	—	—	Thyroid cancer
Hip joint	+	—	—	Breast cancer
Hip joint	+	—	—	Breast cancer
Total		20		

各型の基本症例のCT像を、Fig. 6~10に示した。

われわれの試みた分類と原発巣の関係(Table 5)は、肺原発では輪郭破壊型と混合斑状型、前立腺原発では硬化型、乳房原発では全型を認めたが硬化型と輪郭破壊型が多く認められた。

4. 転移性脊椎腫瘍における椎体部Ca濃度とX線単純写真、骨シンチグラフィ所見の関係

次に、Ca濃度とX線単純写真、骨シンチグラフィ所見の関係を求めるにあたって、条件を一定にするため、転移性骨腫瘍65病変中より、脊椎椎体部に病変の存在した転移性脊椎腫瘍19病変を抽出し、以下の検討を行なった。

まず、X線単純写真所見との対比(Fig. 11)では、X線単純写真で融解型のものは、平均Ca濃度30.3 mg/ml、造骨型のものは、55.3 mg/ml無所見のものは、34.5 mg/mlであり、CTスキャンは、X線単純写真よりも、正常に近いレベルでのCa濃度の変化を異常所見として検出し得ることを示した。

骨シンチグラフィ所見との対比(Fig. 12)では、明らかな関係は認め難かったが、異常集積(++)のものでは、平均51.2 mg/mlと他の3群に比し高値を示した。

IV. 考察

Tc-99m標識リン酸化合物による骨シンチグラ

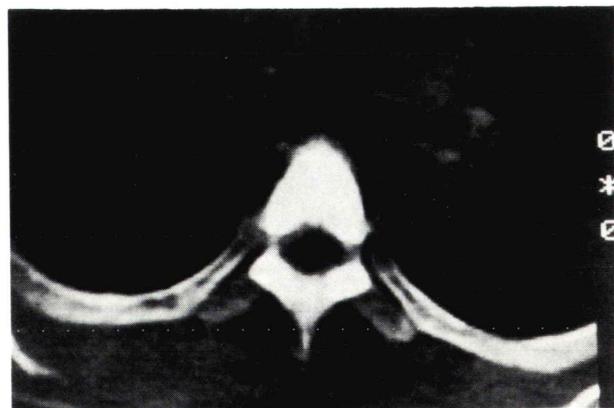


Fig. 6 Hardening type of metastatic vertebral tumor: a case of 47 years old female with breast cancer.

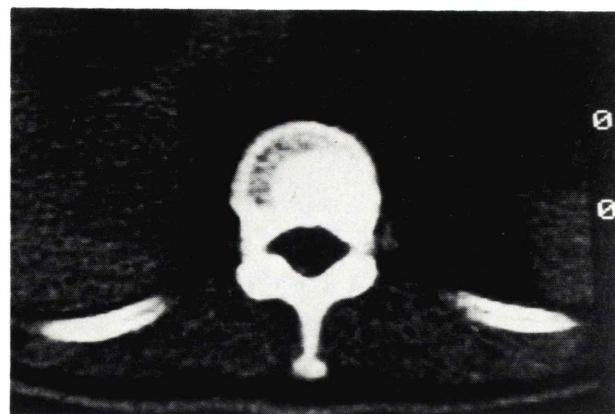


Fig. 7 Hardening type of metastatic vertebral tumor: a case of 78 years old male with prostatic cancer.

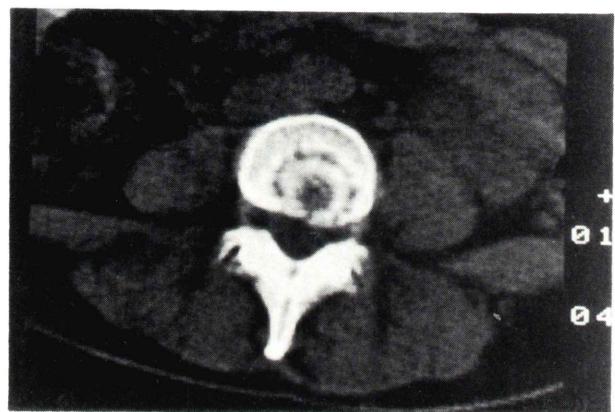


Fig. 8 Doughnut type of metastatic vertebral tumor: a case of 42 years old female with breast cancer.

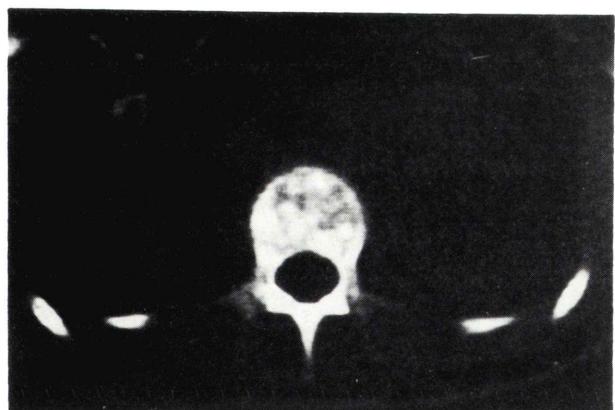


Fig. 9 Mixed fleck type of metastatic vertebral tumor: a case of 28 years old female with gastric cancer.



Fig. 10 Destructive type of metastatic vertebral tumor: a case of 76 years old female with lung cancer.

Table 5 Classification of metastatic bone tumor by CT images and number of lesion

Origin	Destructive type	Non-destructive type		
		Dough-nut	Hardening	Fleck
Lung	7	0	0	3
Breast	6	4	7	3
Stomach	0	0	0	1
Maxilla	1	0	0	0
Prostata	0	0	2	0
Female genitalia	0	0	1	1
Unknown	5	0	0	1
Total	19	4	10	9

フィは、骨疾患の検索におけるルーチン検査としてその検出能は優れているが、腎尿路系への排泄による病巣の隠蔽、骨疾患以外への集積など、いくつかの問題点^{1,2)}を有し、また、その病巣についてはリン酸代謝をある程度反映するものの、病巣の質的表現能力に乏しい。

従って、骨疾患の質的診断を進めていく上では、X線単純写真やアルカリフォスファターゼ値をはじめとした他の臨床検査成績との総合的検討が必要となってくるが、CTスキャンの骨疾患における役割について論じられたことは少ない³⁻¹⁰⁾。

その理由としては、CT-scannerによる1スライスの厚さが、わずかに3~13 mmであり、骨疾患

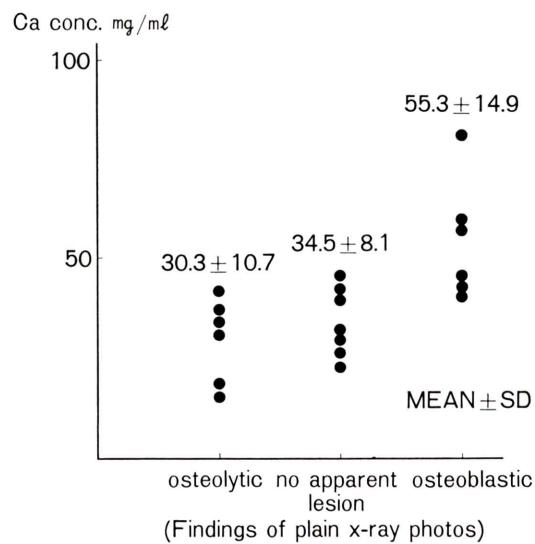


Fig. 11 Ca concentration in vertebral body and X-photo findings (Metastatic vertebral tumors: 19 lesions)

検索のルーチン検査としての使用は実際上不可能であること¹⁰⁾、また、スライス部位の適切な設定が容易でないこと、さらに、他の実質臓器に比し、画像的には、従来のX線検査や骨シンチグラフィで十分な情報が得られてきたことなどが挙げられる。

しかしながら、CTスキャンは画像的には従来見られなかった周囲組織との横断面的関係や、病

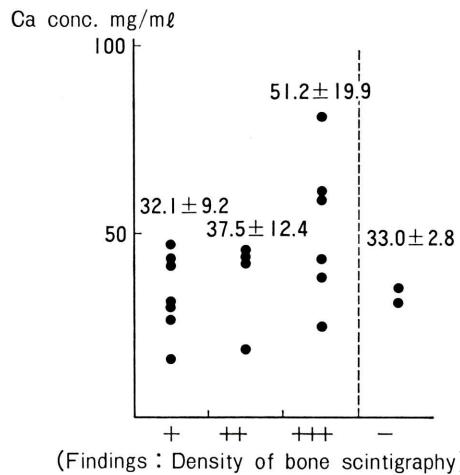


Fig. 12 Ca concentration in vertebral body and abnormal accumulation of Tc-99m phosphorous compounds in metastatic vertebral tumors (19 lesions)

巢のより立体的広がりを明示するとともに、機能面で重要な骨組織の Ca 濃度の推定を可能にした⁵⁻⁷⁾。ただし、この測定にあたっては、精度の高い結果を得るには、理論的にも実際的にも問題が多く、Weissberger, M.A. ら⁵⁾は、EMI neurological scanner model 1000 を用いた実験ならびに理論上から次のような問題点を指摘している。EMI units は、mineral content と直線関係を有し、脊椎骨では、1.2 EMI units が 1 % の mineral content の変化に対応するが、CT-scanner による測定自体が、組織の密度と元素組成の複雑な相互関係に依存するため、病的脱灰状況においては、mineral content の変化とともに骨組織の密度の変化が影響すること。あるいは、対象の横径の変化ならびに、mineral content が変化した結果生じる “spectral hardening perturbation” などが挙げられている。さらに、生体を対象とした場合、骨以外の組織の影響なども測定精度を高めていく上では、当然検討されねばならない。しかし、同部の Ca 濃度が自動的に打ち出せることは、情報量的見地からは、CT スキャンの一つの特徴とすることができます。このことにより、今回は検討対象外とした骨粗鬆症をはじめとして、骨の脱灰状況や治療効果判定

などへの応用も可能になるものと考えられる。

また、病変の検出能においても、CT スキャンは、今回の検討にて、骨シンチグラフィにはおよばないものの、X 線単純写真より高率であり、Ca 濃度のより微少な変化を異常所見として検出し得たので、精密検査の一方法として有用と考えられる。

ただ、いずれの検査法も、単独にて、病変を完璧に表現することは不可能であり、“false negative” 症例の検討からも、骨シンチグラフィでは、膀胱部への集積や頸・胸椎と胸骨が重なる部位、X 線単純写真では、多くの骨が重なる胸部、CT スキャンでは、横断面のうすい肩胛骨、肋骨、胸骨など読影上盲点となり易い部位が存在するので、症例に応じて、各検査を有機的に進めることが肝要である。

転移性骨腫瘍の CT 像については、今回のわれわれの経験から分類を試みたが、いまだ、骨病変の全体的な CT 像分類が確立されていない現在、CT スキャンによる骨疾患の病像把握には、将来的に多くの問題を残しており、また、適切なスライス部位の設定をはじめとした技術的な面でも、多くの未解決点が残っている。

V. 結 語

骨疾患の検索における骨シンチグラフィ、CT スキャン、X 線単純写真の有用性について検討した。

- 1) 各検査単独による異常所見の検出率は、骨シンチグラフィで 232/240 (96.7%), CT スキャンで 75/111 (67.6%), X 線単純写真で 122/210 (58.1%) であった。
- 2) CT スキャンでは、X 線単純写真よりも、微少な Ca 濃度の変化を異常所見として検出し得た。
- 3) Ca 濃度と骨シンチグラフィ所見とは、明らかな相関は示さなかった。
- 4) 転移性骨腫瘍の CT 像分類を試みた。

なお、本論文の要旨は、第18回日本核医学会総会にて発表した。

文 献

- 1) 杉浦 熱、佐々木常雄、金子昌生他：骨シンチグラムの臨床的検討。核医学 **12**: 57-66, 1975
- 2) 坂田恒彦、岡橋 進、小松 晃他：^{99m}Tc-EHDP (ethane-1-hydroxy-1,1-diphosphonate)による骨シンチグラフィ。RADIOISOTOPES **25**: 282-289, 1976
- 3) Grossman ZD, Wallinga HA and Heizman ER: Recognition of vertebral abnormalities in computed tomography of the chest and abdomen. Radiology **121**: 369-373, 1976
- 4) 多田信平、福田国彦、山田哲久他：骨格(2)転移性骨腫瘍。184-185, CT-SCAN—その症例と読影一。医歯薬出版、東京、1978
- 5) Weissberger MA, Zamenhof RG, Aronow S, et al: Computed tomography scanning for the measure-

- ment of bone mineral in the human spine. J Comput Assist Tomogr **2**: 253-262, 1978
- 6) Pullan BR, and Roberts TE: Bone mineral measurement using an EMI scanner and standard methods: a comparative study. Br J Radiol **51**: 24-28, 1978
- 7) Bradley JG, Huang HK and Ledley RS: Evaluation of calcium concentration in bones from CT scans. Radiology **128**: 103-107, 1978
- 8) Lee BCP, Kazam E and Newman AD: Computed tomography of the spine and spinal cord. Radiology **128**: 95-102, 1978
- 9) DeSantos AL, Goldstein HM, Murray AM et al: Computed tomography in the evaluation of musculoskeletal neoplasms. Radiology **128**: 89-94, 1978
- 10) 高橋睦正、新藤雅章、玉川芳春：内科臨床と CT スキャン。脊椎、脊髓。内科 **41**: 564-571, 1978

Summary

Comparative Studies on CT Scan with Scintigraphy and Plain X-Ray Photos in Skeletal Diseases

Tsunehiko SAKATA, Hiroko MAEDA, Hirobumi ISHIDA, Susumu OKAHASHI, Koichi YAMASAKI, Takeshi KAWAI, Hideaki NISHIGAMI and Hiroaki AKAGI

Department of Radiology, Osaka Medical College, Takatsuki-shi, Osaka

For the detection of skeletal diseases, comparative studies on CT scan with bone scintigraphy and plain X-ray photos were performed in 132 cases and the results were discussed.

Bone scintigraphy with Tc-99m phosphorous compounds was performed with PHO/GAMMA HP. 6406 or PHO/GAMMA LFOV, and the findings were classified into positive, equivocal and negative according to the density of lesion in films. EMI-scanner CT 5005/12 was used and Ca concentration was calculated and played back for this study. Plain X-ray photos were taken in P-A and other projections.

Total 240 lesions in 132 cases were found by examinations: 232 lesions were by bone scintigraphy, 75 abnormal findings were found in 111 lesions by CT scan and 122 in 210 by X-ray photos.

Ninety-two lesions were studied by 3 methods on the same lesions (primary bone tumors were 6,

metastatic bone tumors 65 and others 21).

Forty-two lesions in 65 metastatic bone tumors (including suspicion) showed abnormal findings by CT scan and the CT images were classified as follows:

I. Non-destructive type: Outline of the bone is kept clearly. (23 lesions)

a. Hardening type (10 lesions), b. Doughnut type (4 lesions), c. Fleck type (9 lesions)

II. Destructive type: Outline of the bone is irregular and partly destructed, sometimes low density in the bone. (19 lesions)

Ca concentrations in 19 metastatic vertebral tumors were correlated better by CT scan than by plain X-ray photos. And there was not clear correlation of Ca concentration with the degree of abnormal accumulation in the bone scintigraphy.

Key words: Bone scintigraphy, Tc-99m phosphorous compounds, CT scan, Plain x-ray photo.