

《原 著》

我々の試作した 4000 hole Di/Con コリメータの臨床的応用

^{99m}Tc -リン酸化合物による骨シンチグラフィについて

藤 村 憲 治* 松 本 政 典* 片 山 健 志*

はじめに

近年 ^{99m}Tc -リン酸化合物が骨疾患の診断、とくに原発性骨腫瘍、悪性腫瘍骨転移、良性骨疾患などの診断において有用であることが確認された。著者らの教室においても、その使用頻度は増加の傾向にあり、悪性腫瘍の骨転移早期発見のスクリーニング検査法となりつつある。このように、核医学診断の応用範囲の拡大と検査対象者の増加とともに、臨床的には、患者の被曝線量の軽減とともに、より良いイメージを得ること、多くの被検者を処理することなどが問題となる。一方、 ^{67}Ga などの腫瘍シンチグラフィおよび全身骨シンチグラフィの場合は、他の臓器のシンチグラフィに比し、全身を含むという特殊性があり、1被検者に対する検査時間も長くなる。とくに、 ^{99m}Tc -リン酸化合物を使用しての悪性腫瘍の骨転移巣の発見のためには、全身シンチグラフィは不可欠であると思われる。最近、著者らは、4000 hole Di/Con コリメータ（以下 d-c コリメータと略記）の試作を行ない、これをダイバージング用として骨シンチグラフィに応用し、その有用性を認めたので、結果を報告する。

方 法

検出装置としては、東芝製 GCA-102 型シンチカメラを使用した。使用コリメータの概要は次の通りである。1200孔ダイバージングコリメータは、厚さ 8 cm、焦点距離 60cm であり、著者らの試作した d-c コリメータは、厚さ 3.5cm、焦点距離 30 cm で、いずれも鉛製である。4000 孔平行型コリメータは、タンクステン製で、厚さ 4.5cm である。

検査対象者は、成人10例で、まず d-c コリメータにて、骨盤部、腰部、胸部の各正面背面像、頭部左右側面像を撮影した。その後、同一症例について、1200孔ダイバージングコリメータにて、胸部背面像を撮影し、これを両ダイバージングコリメータの感度、視野、画質の比較に用いた。さらに、病巣部が存在した場合は、4000孔平行型コリメータによる撮影を追加した。撮影の条件は、d-c コリメータのプリセットタイムを 120 秒とし、1200孔ダイバージングでの胸部背面像は、d-c コリメータ使用時のカウント数にあわせ、輝度は一定に保った。4000孔平行型コリメータでの撮影の場合も輝度は同一にし、それに適したカウント数を選んだ。撮影は、いずれもポラロイドフィルムを使用した。d-c コリメータでの四肢骨のサーベイは、正面像についてのみデータ処理装置の CRT display によって観察し、病巣の有無を確かめ、病巣が認められた場合のみ撮影を行った。

製剤は Diagnostic 社製のジホスホネートを使用し、その調製法に準じて、 ^{99m}Tc -diphosphonate を作製した。投与量は、ほぼ体重 10kg に対して 2

* 熊本大学医学部放射線医学教室
(主任: 片山健志教授)

受付: 50年 4月 11日

採用: 50年 9月 11日

別刷請求先: 熊本市本荘 1-1-1 (〒860)

熊本大学医学部放射線医学教室

藤 村 憲 治

Table 1 Comparision of three collimators. (3 hour post injection. image of the posterior thorax.)

case	collimator	counts/time	field	quality of the images
No. 1 10mCi 52kg	div. (Di/Con)	393K/120sec	involve both heads of humerus	similar
	div. (1, 200)	393K/311sec	involve both shoulder blades	
	parallel hole	400K/260sec		good
No. 2 12mCi 62kg	div. (Di/Con)	357K/120sec	involve both heads of humerus	similar
	div. (1, 200)	357K/320sec	involve one side of head of humerus	
	parallel hole	360K/180sec		good
No. 3 12mCi 64kg	div. (Di/Con)	356K/120sec	involve both shoulder blades	similar
	div. (1, 200)	356K/307sec	involve both shoulder blades	
	parallel hole	300K/189sec		good

mCi とし、静脈注射後3時間目よりシンチグラフィを開始した。シンチグラフィ開始前、排尿を徹底させた。

結果および症例

Table 1 に3例の各コリメータを使用した場合の感度、視野、画質などを示した。

Table 1 に例示された counts/time のように、両ダイバージングコリメータの感度を比較すると、両者の撮影時間のずれは10分以内であるが、全例

とも約2.5倍 d-c コリメータの方が度感良好であった。これにより、頭部、軸幹骨の撮影と四肢骨のサーベイは、1被検者に対して、約30分以内で可能であった。

次に、両者の視野を比較してみると、Fig. 1 (a, b) に示されるように、d-c コリメータを使用した場合、胸部背面像の撮影では、両側上腕骨骨頭部が含まれる例は3例であったが、1200孔ダイバージングコリメータでは、これらが十分に含まれる症例はなかった。

(a) Div. (Di/con)

(b) Div. (1200)

(c) Parallel hole (4000)



Fig. 1 Posterior views of the thoracic spine of 56 years old woman with breast cancer taken with three different collimators:

- (a) taken with the Di/Con collimator,
- (b) 1200-hole conventional diverging collimator.
- (c) 4000-hole parallel collimator.

また、両ダイバージングで撮影した、胸部背面像の画像を肋骨および胸椎の描出能を中心に比較すると、10例中8例は同程度、2例はd-cコリメータを使用した方がやや良好な像であった。

d-cコリメータと4000孔平行型コリメータの画像について比較すると、Fig. 1(a,c)に示すように、4000孔平行型コリメータでは、肋骨の描画は良好となり、胸椎もほぼ各椎体の分離可能であり、d-cコリメータでは一塊として描画されていた病巣部が、各椎体の病巣に分離可能であった。

Fig. 2は、d-cコリメータを使用して撮影した、肺癌患者の頭蓋左側面、軸幹部背面像である、頸椎、胸椎、腰椎、骨盤、肋骨などに多発性骨転移を思わせるRIの集積が明らかに認められる。この症例は、^{99m}Tc-diphosphonate 10mCi投与後、1時間30分より骨シンチグラフィを開始し、骨盤部の撮影においてのプリセットカウントを40万カウントとすると、その時のimaging timeは85秒であった。頭部、胸部、腰部、骨盤部の各々について、85秒のプリセットタイムで撮影すると、この

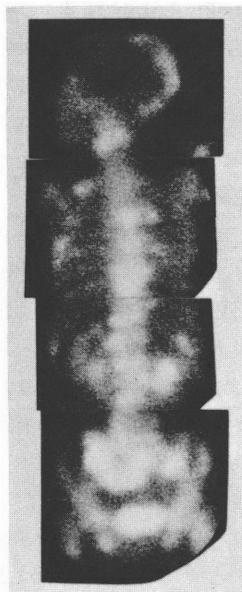


Fig. 2 AP view of a whole body scintigraphy in a patient of pulmonary carcinoma obtained with a 4,000 hole Di/Con diverging collimator. Multiple metastatic bone lesions were demonstrated.

症例の四肢骨を除いた正面、背面像の全imaging timeは、約12分であった。四肢骨は正面よりデータ処理装置のCRT displayの観察により、病巣部が存在しないことを確認し、約20分で検査終了した。

考 按

全身像を得るための検出装置としては、全身スキャナーが一般的に使用されている。また1974年から本邦でもホールボディーカメラが使用されつつある。著者らの教室では、これら全身像を得る装置を保有しないので、^{99m}Tc-リン酸化合物によるシンチグラフィのためには、普通型のシンチカメラを使用し、身体各部を分割描画して全身像を得ている。

著者らは、種々のコリメータによって、全身像を得てきたが¹⁾、それによると、1000孔および4000孔平行型コリメータを使用すると、1200孔ダイバージングコリメータに比し画像の点では優れていたが、有効視野が小さいため、胸部、骨盤部では、これらが一視野に含まれず、結局四肢骨を除く、頭部、軸幹部の正面、背面像を得るには、少なくとも12枚のシンチフォトを必要とし、描画部位の位置ぎめ操作も含めて、1被検者に対し、約1時間30分の検査時間を必要とした。そこで、検査対象者の増加につれて、1200孔ダイバージングコリメータによる骨シンチグラフィを行うと、同様な方法にて、シンチフォトは1被検者について8枚となり、検査時間は約60分となった。四肢骨に対しては、データ処理装置に記憶させ、CRT displayにより観察し、病巣部が存在する時のみポラロイド撮影を行った。

最近当教室で、シンチカメラの視野の拡大、良好な感度と解像力のあるものを得るために、d-cコリメータを試作し、この基礎的検討において松本ら²⁾は、その有用性を認め、第29回日本医学放射線学会物理部会において報告した（詳細は別に報告する）。そこで、臨床上これをダイバージングコリメータとして、骨シンチグラフィに応用して上記結果を得た。

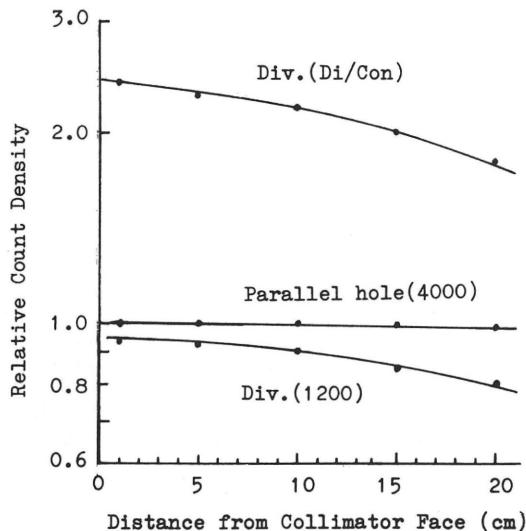


Fig. 3 Relative count density of collimators. Normalized to value of 1.0 for 4,000 hole collimator at 1cm.

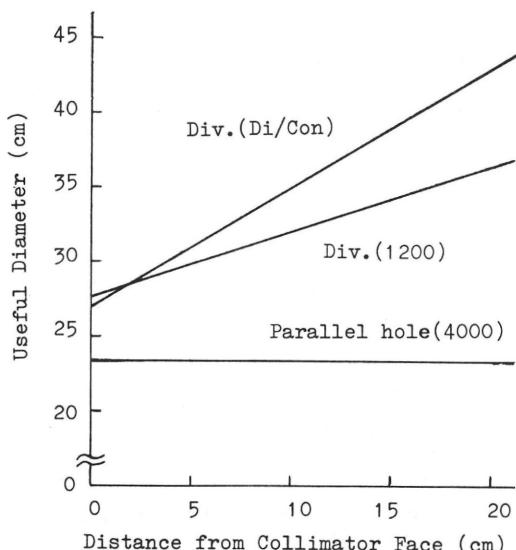


Fig. 4 Useful Diameter of Collimators.

シングコリメータに比し、シンチレータ面の単位面積当りの計数率 (count density) は、2.5倍となり、これは臨床上応用した場合もほぼ同様な結果を得ている。d-cコリメータの感度が2.5倍向上したことにより、imaging timeは2.5分の1に短縮できた。すなわち、投与量 10mCi 前後の場合には、1200孔ダイバージングによる、全身骨のサーベイが約60分程度であったものを、d-cコリメータを使用することにより、約30分で行えるようになり、大幅な時間短縮が可能となった。

また、1200孔ダイバージングコリメータでも、骨盤および胸部は十分有効視野の中に含まれるが、胸部像は両側肩甲部および上腕骨骨頭部まで含まれる症例は、成人では少なかった。しかし、d-cコリメータでは焦点距離 30cm であり、コリメータ面からの距離が離れると、急速に有効視野が拡大するため (Fig. 4)，その結果肩甲部および上腕骨骨頭部まで含まれる例が増加した。一方、このことは、ダイバージングコリメータの構造からくる像のひずみ、とくに骨盤部における腸骨像のひずみなどをきたし (Fig. 2)，読影時注意すべき点である。

鉛バーファントムを用いての分解能の検討では (Fig. 5)，コリメータ面では d-c コリメータが

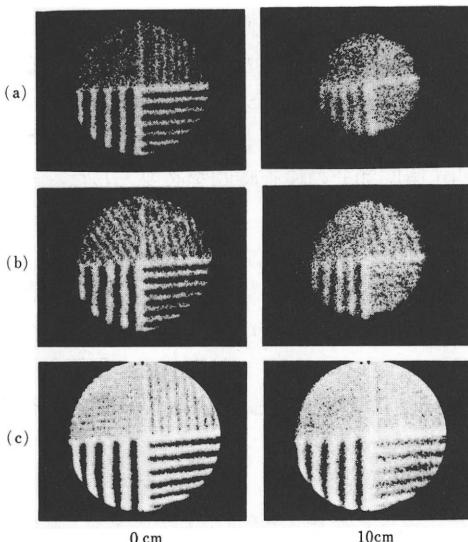


Fig. 5 Scintiphotos showing the intrinsic resolution, obtained with (a) 4000 hole Di/Con diverging, (b) 1200 hole diverging, (c) 4000 hole parallel collimator. (Spacing and width of bars; 12.5, 9.7, 6.2 and 4.8mm. Bar phantom to collimator distance; 0 and 10cm.)

1200孔ダイバージングコリメータに比しやや優れていたが、距離が離れると(10cmでは)両者に差は認められないようであった。臨床的には、カウント数および輝度を一定にして比較した場合の、胸部背面像でも両者の肋骨、腰椎の分離能は、ほぼ同程度であった。すなわち、肋骨の1本1本の分離可能な症例は多かったが、各椎体の分離できる例は少なかった。このことは、骨シンチグラフィの目的である、腫瘍の存在部位、拡がりなどの判定を困難にさせている。そこで、著者らは病巣部または病巣部が疑われる部位に関しては、4000孔平行型コリメータを使用し、この目的を達している。

さて、第14回日本核医学会総会における発表よりみると、骨シンチグラフィの場合の使用検出装置は、全身スキャナのみを使用している施設4、シンチカメラのみを使用している施設3、両者を使用している施設2となっている。これらの検出装置による比較検討をみると^{3), 4), 5), 6)}、全身スキャナによる全身のサーベイの有用性と同時に、シンチカメラを用いての、とくに高分解能コリメータによる病巣部の画像の必要性が強調されている。全身スキャナ、ホールボディーカメラなどを保有せず、普通型のシンチカメラを使用する場合は、画質をある程度に保って、視野の大きい、高感度コリメータにより全身骨のサーベイを行い、その後正確な病巣存在部位およびその範囲確定のために、高分解能コリメータを使用するのが合理的であると考える⁶⁾。著者らの試作したd-cコリメータは、頭部および軸幹部の正面背面像を得るには、30分以内で検査終了し、病巣部のオリエンテーションも十分可能である。

著者らが調査した、本邦でのシンチカメラの普及状態(昭和50年3月現在)は、Table 2に示すごとくであり、ジャンボカメラを含む普通型のシンチカメラが90%で圧倒的な割合を占めている。しかし、腫瘍シンチグラフィ、骨シンチグラフィなどの全身シンチグラフィの必要性と機器の改良によって、ホールボディーカメラがしだいに普及しつつあり⁸⁾、将来これによる全身シンチグラフ

Table 2 The number of scintillation camera in Japan. (Marcha 1975)

regular scintillation camera	175
large field scintillation camera	21
whole body scintillation camera	20
total	216

イがルーチン化するものと考えられる。

結論

著者らの試作した、d-cコリメータを骨シンチグラフィに応用し以下の結論を得た。

1) d-cコリメータを使用して、^{99m}Tc-リン酸化合物約10mCi 静脈注射後3時間目より骨シンチグラフィを開始すると、四肢骨を除く頭部、軸幹骨の撮影および四肢骨のサーベイは、約30分で行うことができる。

2) このことは、普通型シンチカメラのみにて骨シンチグラフィを行っている施設での、検査症例の増加に対応できるとともに、骨転移患者が疼痛などを訴える場合などに短時間で検査を終えることができる。

3) 従来の1200孔ダイバージングコリメータと画質の点では大差なく、有効視野の点では、d-cコリメータでの胸部像で、肩甲部、上腕骨骨頭部の含まれる症例が増加し、視野の拡大がみられた。

4) 4000孔平行型コリメータによる画像に比べると、d-cコリメータによる画像は椎体などの描出能において劣るが、d-cコリメータによるシンチグラフィでも、病巣部の有無および大まかの病巣部の位置ぎめ、読影は、十分可能であり、スクリーニング検査法としては有用である。

5) 原発性骨腫瘍などで、等大のシンチグラムを得ようとする場合はダイバージングコリメータは不適であり、特にd-cコリメータは焦点距離が短いため、被写体からの距離が離れるにしたがって、像のひずみが大きくなることなどが欠点である。

(本論文の要旨は第15回日本核医学会総会において発表した)

文 献

- 1) 藤村憲治, 石神謙一, 松本政典 他: ^{99m}Tc -Pyrophosphate と ^{99m}Tc -EHDP による骨シンチグラフ. *Radioisotopes* **24**: 77-79, 1975
- 2) 松本政典, 金子輝夫, 森瑞樹: Di/Con collimator の試作とその物理的特性, 第29回日本医学放射線学会物理部会にて発表
- 3) Boyce CL and Johnston GS: Three Methods for Whole-Body Bone Imaging. *J Nucl Med* **14**: 466, 1973
- 4) Cravitz B, Allen M and Stewart J: ^{99m}Tc -Polypyrophosphate Rectilinear Bone Scanning. *J Nucl Med* **14**: 469-470, 1973
- 5) Reager MH, Sopko EP and Pittman NP: Whole-Body Imaging Using ^{99m}Tc -Polyphosphate. *J Nucl Med* **14**: 476, 1973
- 6) Krishnamurthy GT, Walsh CF, Kinney BJ, et al: Comparison of ^{99m}Tc -Polyphosphate Bone Images Obtained with Scanner and a Scintillation Camera Equipped with High-Resolution and High-Sensitivity Collimator. *J Nucl Med* **14**: 419, 1973
- 7) 久田欣一, 鈴木豊, 油野民雄 他: ホールボディーカメラの性能特性についての検討. 核医学 **11**: 375, 1974

Summary

The Clinical Usefullness of a 4000 Hole Di/Con Diverging Collimator —for Bone Scintigraphy using ^{99m}Tc -Diphosphonate—

Noriharu HUZIMURA, Masanori MATUMOTO, Kensi KATAYAMA

Department of Radiology, Kumamoto University Medical School, Kumamoto

We have designed a 4000 hole Di/Con diverging collimator, and skeletal scintigraphy with this proved to be valuable procedure. Ten adult patients were given 2mCi/10kg of ^{99m}Tc -diphosphonate intravenously. Images were obtained 3hr post injection using a Toshiba GCA-102 scintillation camera.

Using the 4000 hole Di/Con diverging collimator images of the pelvis, lumbar spine, thorax, and skull were taken. Both anterior and posterior views were performed. Next using a 1,200 hole diverging collimator a posterior view of the thorax was obtained. In addition, the suspected lesion was imaged with a 4000 hole parallel collimator.

In this study, the mean study time was reduced from 60 min using the 1200 hole diverging collimator to 30 min using the 4000 hole Di/Con diverging collimator, and the images with both diverging collimators were similar. However, the distortion was remarkably with the 4000 hole Di/Con diverging collimator.

Spinous and transverse processes of individual vertebrae were clearly seen with the 4000 hole parallel collimator, but not with both diverging collimators.

We conclude that the 4000 hole Di/Con diverging collimator is useful for bone survey. If a more detailed view of suspicious area is required, a high resolution collimator should be necessary.