

〈原 著〉

多発性骨髄腫に対する全身タリウム シンチグラフィの臨床的意義

津 布 久 雅 彦*

要旨 多発性骨髄腫における全身タリウムシンチグラフィの異常集積所見の特徴とその臨床的意義について評価を行った。診断の確定している多発性骨髄腫 24 例 (未治療 10 例, 再燃例 5 例, 治療後経過観察例 9 例) を対象とした。異常集積所見はびまん性の骨髄集積による骨格描出がめだつ骨格描出型, 限局性の異常集積が優位な限局集積型, および混合型の 3 型に大きく分けられた。骨髄集積による骨格の描出は全身分布により 5 段階に grade 分類した。未治療群, 再燃群では骨格描出が明瞭かつ広範囲に認められ, 経過良好例では骨格描出は認めないか, 胸骨, 仙腸関節で淡く認めるのみにとどまる傾向がみられた。Tumor mass staging, 血清 β_2 -microglobulin 値との比較では, 骨髄描出の程度との関連が認められ, 全身の腫瘍量と分布, 病勢の視覚的評価が可能と考えられた。限局性病変の検出能の評価は, 未治療例 10 例を対象とし, 腫瘍の大きさ, 占拠部位との関連のほか, MRI を含めた他画像診断との比較により行った。限局性病変は腫瘍の大きさ 5 cm³ 以上ですべて検出可能であった。特に小病変では腫瘍の大きさのみならず, 腫瘍の体表からの距離の関与が大きく, 脊椎病変では椎体に限局する小病変の検出は困難であった。しかし, 確認しえた 46 病巣の限局性病変のうち 32 病巣 (69.6%) で全身タリウムシンチグラフィでの検出が可能で, 全身単純骨 X 線撮影の 23 病巣 (50.0%), 骨シンチグラフィの 22 病巣 (47.8%) の検出に比較し優れていた。全身タリウムシンチグラフィは多発性骨髄腫の骨病変の全身検索, 全身の tumor burden の臨床評価に有用であり, 患者の QOL の向上に寄与するところが大きいと考えられた。

(核医学 33: 33-47, 1996)

I. 緒 言

多発性骨髄腫は高齢者に好発する疾患であるため, 死亡率は年々増加傾向をたどっている¹⁾。骨病変によって生じる疼痛は非常に頻度の高い臨床症状であり, 腫瘍による脊髄圧迫や病的骨折は患者の quality of life を著しく低下させる。多発性骨

髄腫病変は病理学的に腫瘍増殖の形態により, びまん性浸潤増殖 (interstitial pattern) と結節性増殖 (nodular pattern) に大きく二分される²⁾。多発性骨髄腫の骨病変の X 線像³⁾は多彩であるが, 結節性増殖がもたらす骨変化が, いわゆる punched-out lesion に代表される溶骨性病変であり, びまん性浸潤増殖のみでは強い骨融解像を呈することはないと考えられている^{4,5)}。骨シンチグラフィ (^{99m}Tc-HMDP) は全身を一度に検索できる利点があるが, 多発性骨髄腫の骨病変では正常集積を呈する場合や欠損像として描画されることがしばしばあり, 単純骨 X 線撮影に較べて検出率は低いとされる^{6,7)}。さらに疾患特異性は低く, しばしば加齢

* 東邦大学医学部第一放射線医学教室

受付: 7 年 9 月 14 日

最終稿受付: 7 年 11 月 2 日

別刷請求先: 東京都大田区大森西 6-11-1 (☎ 143)

東邦大学医学部第一放射線医学教室

津 布 久 雅 彦

に伴う変形性病変においても異常集積を認める⁹⁾。一方、塩化タリウム ($^{201}\text{TlCl}$) は心筋製剤として、1971 年に開発された放射性医薬品であるが、腫瘍親和性製剤としての臨床適応が拡大してきており、骨軟部腫瘍の局在診断、病巣範囲の判断、除外診断や治療効果判定に関しても有用性が報告されている⁹⁻¹¹⁾。筆者は前立腺癌のびまん性骨転移

例において、 ^{201}Tl の骨髄集積による骨格の描出を認めたことに着目し、多発性骨髄腫に応用することにより、骨病変の全身検索、病勢の評価手段として有用ではないかと考えた。骨 X 線撮影、骨シンチグラフィとの比較、血液学的、病理学的見地からの考察を加えた結果、その臨床的意義を認めたので報告する。

Table 1A Summary of untreated cases

| Case No. | Age/Sex | Clinical stage* | M-protein (g/dl) (type) | Hb (g/dl) | Serum Ca^{2+} (corrected, mg/dl) | Bone lesion (scale)** | B2MG (mg/L)*** |
|----------|---------|-----------------|-------------------------|-----------|---|-----------------------|----------------|
| 1. | 67/F | I A | IgG- κ 4.4 | 10.1 | 8.7 | scale 0 | 2.3 |
| 2. | 55/F | II A | IgA- λ 3.5 | 12.8 | 8.6 | scale 0 | 2.2 |
| 3. | 79/F | II A | IgA- κ 2.7 | 8.6 | 9.1 | scale 2 | 2.1 |
| 4. | 62/M | III A | IgG- κ 7.3 | 8.4 | 9.1 | scale 0 | 4.6 |
| 5. | 62/M | III A | IgG- κ 6.1 | 11.2 | 9.0 | scale 3 | 2.0 |
| 6. | 66/F | III A | IgA- κ 9.3 | 8.8 | 15.3 | scale 3 | 5.8 |
| 7. | 64/F | III A | IgG- κ 7.1 | 10.1 | 8.7 | scale 2 | 2.1 |
| 8. | 69/M | III A | IgA- λ 8.8 | 5.9 | 10.1 | scale 1 | 12.0 |
| 9. | 56/F | III A | IgA- λ 6.5 | 15.0 | 10.9 | scale 0 | 7.1 |
| 10. | 52/M | III A | non-secretory | 11.9 | 8.4 | scale 3 | 1.7 |

* Clinical staging system (Durie & Salmon)¹²⁾

** scale 0: normal bones, scale 1: osteoporosis, scale 2: lytic bone lesions, scale 3: extensive skeletal destruction and major fractures (Durie & Salmon)¹²⁾

*** serum beta2-microglobulin

Table 1B Summary of relapsed cases and follow-up cases after initial treatment

| Case No. | Age/Sex | Initial clinical stage* (follow-up period) | M-protein (g/dl) type (initial) | Hb (g/dl) | Serum Ca^{2+} (corrected, mg/dl) | B2MG (mg/L)** |
|----------|---------|--|---------------------------------|-----------|---|---------------|
| 11. | 79/M | III A (3 yr.) | IgA- κ 3.9 (5.4) | 7.6 | 9.4 | 4.6 |
| 12. | 60/M | III A (2 yr.) | IgG- λ 4.8 (7.4) | 10.2 | 10.8 | 2.9 |
| 13. | 71/M | III A (5 yr.) | IgG- λ 5.4 (7.8) | 10.9 | 9.8 | 3.9 |
| 14. | 81/M | III A (3 yr.) | IgA- κ 5.8 (6.0) | 9.2 | 9.4 | 7.3 |
| 15. | 69/F | III A (3 yr.) | IgG- κ 6.4 (8.2) | 10.0 | 10.1 | 5.1 |
| 16. | 62/F | III A (7 yr.) | IgG- λ 0.9 (7.0) | 12.3 | 8.8 | 1.7 |
| 17. | 67/F | III A (12 yr.) | IgA- κ 0.3 (5.6) | 11.4 | 8.6 | 1.3 |
| 18. | 73/F | III A (8 yr.) | IgG- κ 0.9 (4.4) | 12.1 | 8.6 | 1.6 |
| 19. | 76/M | II A (1 yr.) | IgA- λ 0.1 (4.4) | 11.6 | 9.0 | 2.0 |
| 20. | 75/M | II B (1 yr.) | IgG- κ 1.4 (5.1) | 8.0 | 8.6 | 5.0 |
| 21. | 56/M | II A (4 yr.) | IgG- κ 1.9 (4.5) | 12.9 | 8.9 | 2.2 |
| 22. | 58/M | III A (6 mo.) | IgG- λ 7.7 (16.2) | 10.7 | 9.2 | 2.9 |
| 23. | 58/M | III A (2 yr.) | IgA- κ 3.6 (8.2) | 11.0 | 10.3 | 2.0 |
| 24. | 74/M | III A (3 yr.) | IgG- κ 2.3 (7.5) | 11.5 | 9.4 | 2.0 |

Case No. 11-15: Relapsed cases, Case No. 16-24: Follow-up cases (complete response or partial response)

* Clinical staging system (Durie & Salmon)¹²⁾

** Serum beta2-microglobulin

II. 対象および方法

1. 対象症例

1993年6月より1995年6月の2年間に全身タリウムシンチグラフィを施行し、骨髄穿刺あるいは骨髄生検により診断の確定している多発性骨髄腫患者24例(未治療例10例, 再燃例5例, 治療後経過観察例9例, 男性14例, 女性10例, 年齢52-81歳, 平均65.9歳)を対象とした。Table 1Aに未治療例10例の臨床病期, 血液検査所見, 骨X線所見を示した。また, Table 1Bに再燃例5例, 経過観察例9例の臨床病期, 経過観察期間, 血液検査所見を示した。臨床病期, および骨X線所見の判定はDurie & Salmonの分類¹²⁾によった。

2. 方法

1) 全身タリウムシンチグラフィ

²⁰¹Tl-chloride 111 MBqを静注後, 10分後より, 全身の前後像を撮像した。使用した装置はSNC-500R(島津製作所製)で, 低エネルギー高分解能コリメータを装着し, 収集エネルギーウィンドウは76および167 keVの2ピークにそれぞれ20%のウィンドウ幅を設定した。撮像マトリクス1024×256, スキャン速度は20 cm/minとした。スポット像は同装置にて, 適宜撮像した。

2) 全身タリウムシンチグラフィの評価

タリウムシンチグラフィの視覚的評価は2名の放射線科医によって判定し, 同意を得たものを異常集積とした。

骨髄集積所見の程度は検出に用いるタリウムの特性X線のエネルギーが低く, 患者自身の組織吸収の関与が大きいとの判断から, 描出される骨格の分布により5段階にgrade分類した(Fig. 1)。全身像でまったく骨髄集積を認めず, 前面像で胸骨領域がphoton deficient areaとなるものをgrade 0, 前面像で胸骨の淡い描出のみのものをgrade 1, 胸骨の描出に加え, 後面像で仙腸関節, 坐骨の描出を認めるものをgrade 2, 軀幹骨(脊椎, 肋骨, 骨盤骨全体, 大腿骨近位)の描出を認めるものをgrade 3, 軀幹骨のみならず四肢骨の描出を認めるものをgrade 4とした。

タリウムシンチグラフィ全身像での骨格描出の程度, 分布と病勢との関連について, M蛋白量, ヘモグロビン濃度, 血清カルシウム値, 血清 β 2-microglobulin値を指標とする, tumor mass staging (Alexanian分類)¹³⁾との関係について腎機能障害例1例と非分泌型の1例を除く22例を対象として, 骨格描出のgradeとの関連を検討した。さらに, 腫瘍量とその進展とに有意の相関があり, 予後, 治療効果を反映するとされている血清 β 2-microglobulin値^{14,15)}とgrade分類との関連を腎機能障害例1例を除く23例で検討した。

限局性病変での異常集積の視覚的段階評価は, 肝と同程度あるいはそれ以上の異常集積(++) : intense uptake, 筋, 皮膚等の周囲組織より集積が強く, 異常集積と認めうるものを(+): mild uptake, 異常集積の指摘が困難なものは(-): not detectableとした。

限局性病変の検出能については未治療例を対象として, 腫瘍の大きさとの関連を検討した。腫瘍の大きさはX線CTまたはMRIから, 容積(V) = $a \times b \times c \times \pi / 6$ (cm³) (a: 最大断面での最大径, b: 最大径に直交する最長径, c: スライス数×厚)¹⁶⁾より算出し, タリウムシンチグラフィ全身像での描出能について, 視覚的評価と腫瘍の大きさとの関連から検討した。また, MRI, CT, 骨シンチグラフィで検出された限局性病変46病巣を対象として, タリウムシンチグラフィ, 単純X線撮影および骨シンチグラフィそれぞれの検出率を求めた。さらに限局性病変のうち体表に近い肋骨病変について検出手段との関連について検討した。脊椎病変については椎体とそれ以外の部位に分け, 病変部の位置, 腫瘍の大きさとの関連について検討した。

3) 多発性骨髄腫の骨病変の確認

全身の単純骨X線撮影は, 頭蓋骨(正面, 側面), 頸椎, 胸椎, 腰椎(各2方向), 胸部正面および側面, 骨盤正面, 四肢骨(各2方向)を標準的な撮影とした。

骨病変の確認は全身の単純骨X線像を基本に, X線CTで骨融解と腫瘍形成を認めるもの, また

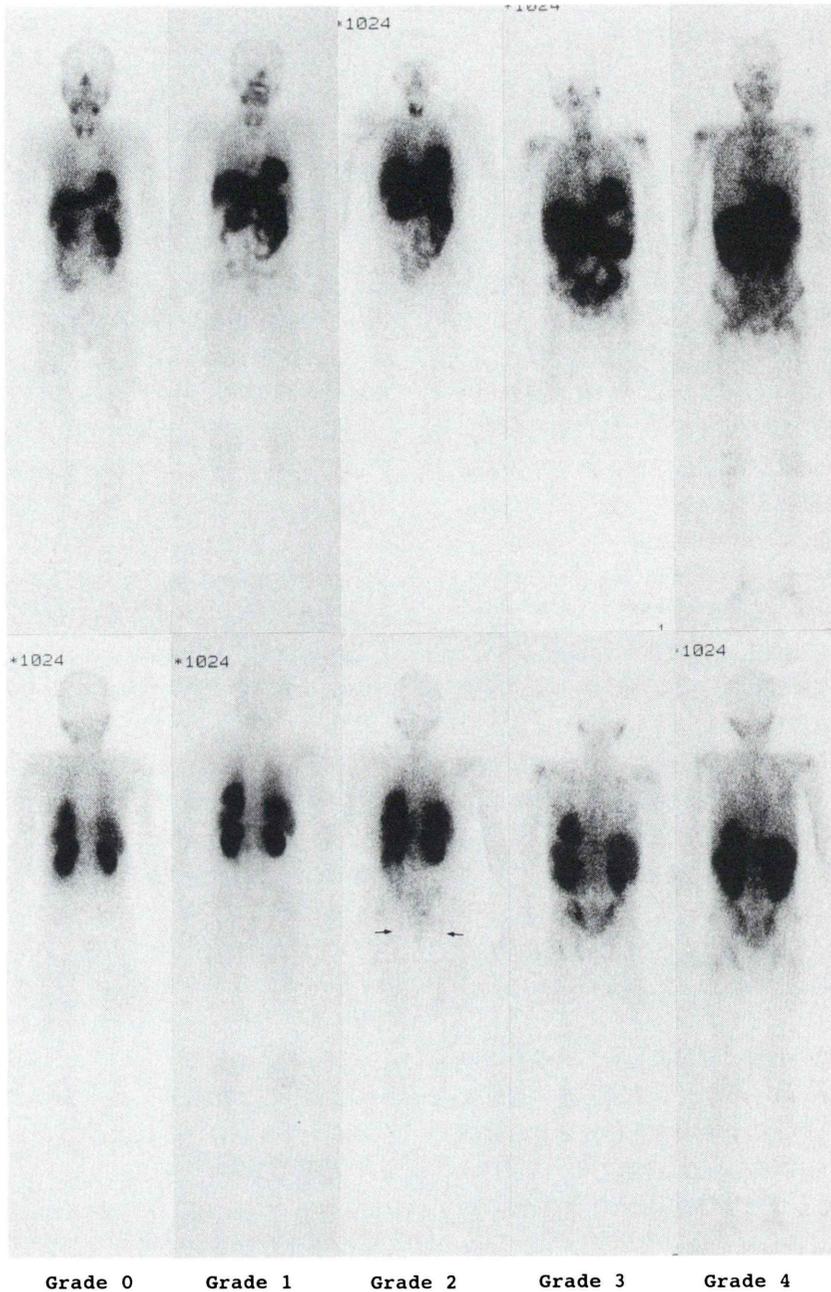


Fig. 1 Grading of diffuse bone marrow uptake according to the skeletal distribution in whole body ^{201}Tl scintigraphy; Grade 0: no skeletal visualization (photon-deficient area within the sternum), Grade 1: faint sternal visualization only, Grade 2: faint visualization of sacroiliac joint and ischial tuberosity (indicated with arrows), Grade 3: visualization of axial skeleton, Grade 4: visualization of axial skeleton and limbs.

は MRI にて限局した結節性ないしは地図状の異常信号領域として認められる最大径 10 mm 以上のものを限局性骨病変¹⁷⁾とした。

骨シンチグラフィは ^{99m}Tc-HMDP (hydroxy-methylene diphosphonate) 740 MBq を静注後、3–4 時間後に撮像した。全身像は SNC-500R (島津製作所製) を用い、スポット像は低エネルギー高分解能コリメータを装着した ZLC-7500 (Siemens 社製) で撮像した。骨 X 線像および骨シンチグラフィはそれぞれ 2 名の放射線科医によって別々に評価した。

X 線 CT は軟部組織条件および骨条件の表示を行った。MRI は 1.5 tesla の超伝導装置を用い、SE 法 T1 および T2 強調像を基本に、脂肪抑制法、Gd-DTPA 造影を適宜併用した。未治療例 10 例では全例に胸椎下部から腰椎領域の MRI を撮像した。その他の部位においても、骨 X 線像では指摘しえなかった部位にタリウムシンチグラフィで限局性の異常集積を認めた場合は、さらに X 線 CT あるいは MRI を追加施行し確認した。未治療例においては、頸椎 21 椎体、胸椎 60 椎体、腰椎 50 椎体、仙椎 20 椎体、計 151 椎体、骨盤 2、頭蓋 2、四肢 7 部位を MRI で、頭蓋 1、胸部 6、骨盤を含む腹部 8 例を X 線 CT で観察した。

III. 結 果

1. 多発性骨髄腫 24 例に全身タリウムシンチグラフィを行った結果、異常集積所見は、① びまん性の骨髄集積によると思われる骨格描出のみの骨格描出型、② 限局性の異常集積が優位な限局集積型、③ 広範な骨格描出に限局性の異常集積を伴う混合型の 3 型に分類可能であった。骨格描出型は 12 例、限局集積型は 6 例、混合型は 3

例で、異常集積を認めないもの 3 例であった。未治療 10 例中、3 例はびまん性の骨髄描出のみの骨格描出型で、骨 X 線像は正常で、MRI でも限局性病変は認められず、びまん性の骨髄信号の低下を呈していた。他の 7 例中、限局集積型が 5 例、残りの 2 例は軀幹骨に加え、四肢骨の描出を認め、なおかつ限局性の異常集積を認める混合型であった。再燃例の 5 例中 3 例が骨格描出型で、限局集積型と混合型がそれぞれ 1 例であった。経過観察例では限局集積型、混合型は認めなかった。

骨髄集積による骨格の描出は未治療例、再燃例では全例で grade 2 以上であったが、経過観察例では 9 例中、grade 0 が 3 例、grade 1 が 3 例、grade 2 が 1 例、grade 3 が 2 例であった。経過観察例で grade 3 を呈した 2 例の骨格描出型のうち、1 例は 1 年後に再燃が認められた。他の 1 例は化学療法終了後 6 か月経過例で、血清 M 蛋白は最高時の 50% 以下に低下しており、partial response と臨床的に判定されたが、なお IgG 7 g/dl 以上を保っていた例であった。

2. 骨格描出の grade 分類と病勢、全身の tumor mass との関連

Alexanian の分類による tumor mass staging¹³⁾ により 非分泌型と腎機能障害例を除く 22 例は、high tumor mass (H) 群 6 例、intermediate tumor mass (I) 群 8 例、low tumor mass (L) 群 8 例に分類された。全身タリウムシンチグラフィの骨格描出の程度は、H 群では 6 例中 3 例が grade 4 を占め、2 例が grade 3 であった。I 群では 8 例中 1 例が grade 4、3 例が grade 3、4 例が grade 2 であった。I 群で grade 2 であった 4 例はいずれも限局性腫瘤形成病変を認めた。L 群では 8 例中 3 例が grade 0、2 例が grade 1、2 例が grade 2、1 例が grade 3

Table 2 A comparison between grading of diffuse bone marrow visualization and estimated tumor mass (Alexanian)¹³⁾

| | Grade 0 | Grade 1 | Grade 2 | Grade 3 | Grade 4 |
|-------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| High tumor mass (n=6) | 0 | 0 | 1 (1) | 2 (1) | 3 (2) |
| Intermediate tumor mass (n=8) | 0 | 0 | 4 (4) | 3 | 1 |
| Low tumor mass (n=8) | 3 | 2 | 2 | 1 | 0 |

(n=22) (): cases with focal lesions

で、限局性腫瘍病変による異常集積を認めたものはなかった。L 群で grade 3 であった 1 例は 1 年後に再燃を認めた (Table 2)。

Grade 分類と血清 $\beta 2$ -microglobulin 値との関係は、grade 2 と grade 4 の間で $p < 0.01$ 、grade 2 と grade 3 の間で $p < 0.05$ で統計的有意差を認めたが、grade 4 と grade 3 の間では有意差は認めなかった (t 検定) (Fig. 2)。

3. 限局性病変の検出能について

未治療 10 例中、X 線 CT, MRI から腫瘍の大きさの確認できた限局性病変は 37 病変で、腫瘍の

大きさは $36.60 \sim 0.47 \text{ cm}^3$ であった (Fig. 3)。全身タリウムシンチグラフィで 29 病変 (80.5%) で異常集積を認めた。検出可能であった最小病変は 0.57 cm^3 ($1.5 \times 0.6 \times 1.2 \text{ cm}$) で、胸椎の棘突起に限局する病変であった。5 cm^3 以上の病変はすべて検出が可能であった。5 cm^3 未満の 14 病変中検出可能であったのは 5 病変 (35.7%) のみであった。10 cm^3 以上の 13 病変はすべて (++) の集積を呈した。10 cm^3 以下でも (++) の集積を呈した 4 病変は頸椎、胸椎、肩甲骨および鎖骨病変であった。

未治療例 10 例において認めた 46 病変 (骨シンチグラフィ陽性肋骨病変を含む) では、全身タリウムシンチグラフィで 32 病変 (69.6%) が検出された。これに対し、単純骨 X 線撮影では 23 病変 (50.0%)、骨シンチグラフィでは 22 病変 (47.8%) が検出された。肋骨の 12 病変についてみると、タリウムシンチグラフィでは 6 病変 (50.0%) が検出されたが、単純骨 X 線撮影では 7 病変 (58.3%)、骨シンチグラフィでは 11 病変 (91.6%) が検出された。肋骨病変を除いた 34 病変ではタリウムシンチグラフィで 26 病変 (76.5%)、単純骨 X 線撮影で 16 病変 (47.1%)、骨シンチグラフィで 11 病変 (32.3%) が検出された (Table 3)。単純骨 X 線撮影で指摘できなかったがタリウム集積を認め、X 線 CT, MRI により確認された限局性病変が 46 病変中 12 病変存在した。これらは、後頭骨 1、胸骨 3、鎖骨 2、肩甲骨 1、上腕骨 1、頸椎 1、胸椎 1、腸骨 2 病変であった。

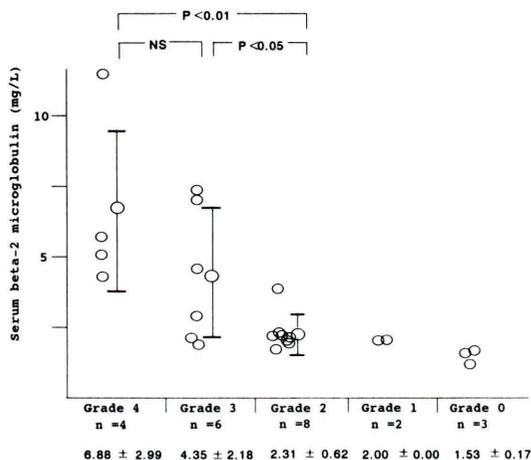


Fig. 2 Correlation between serum beta2 microglobulin level and scintigraphic gradings. Serum beta2 microglobulin level showed significant difference between Grade 2 and Grade 3 ($p < 0.05$), Grade 2 and Grade 4 ($p < 0.01$).

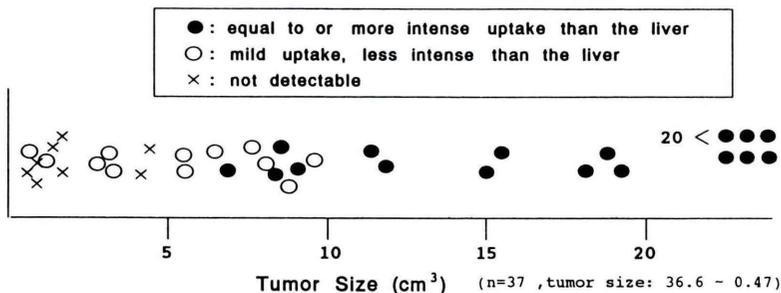


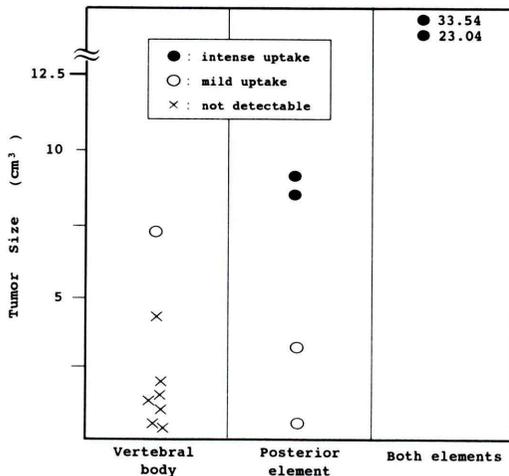
Fig. 3 Distribution of tumor size with findings on whole body ^{201}Tl scintigraphy in focal myelomatous lesions.

Table 3 Comparison of plain radiographs, ^{99m}Tc-HMDP scintigraphy and whole body ²⁰¹Tl scintigraphy in the detectability of focal myelomatous lesions

| | Total lesions | Costal lesions* | Other lesions |
|----------------------------|---------------|-----------------|---------------|
| Plain Radiographs | 23/46 (50.0%) | 7/12 (58.3%) | 16/34 (47.1%) |
| ^{99m} Tc-HMDP | 22/46 (47.8%) | 11/12 (91.6%) | 11/34 (32.3%) |
| ²⁰¹ Tl chloride | 32/46 (69.6%) | 6/12 (50.0%) | 26/34 (75.5%) |

(n = 46 total lesions)

*: 3 lesions demonstrated only by bone scintigram were included

**Fig. 4** Comparison of findings on ²⁰¹Tl scintigraphy with tumor location and size in vertebral lesions.

脊椎の限局性病変は14病変あり、椎体に限局するもの8病巣、その他6病巣あった。椎体に限局する病変は、椎体の2/3を占める1病変のみが検出された。一方、後方部分に病変を有する6病変はすべて描出可能で、このうち椎弓、棘突起に限局する2病変は単純骨X線像では指摘困難であったが、MRIで確認された。椎体・椎弓の両者に及ぶ2病変では大きさも大きく、(++)の集積を呈した(Fig. 4)。

IV. 症例呈示

症例1. Case No. 3: 79歳, 女性, stage IIA, IgA- κ type

全身骨X線撮影では第10胸椎右椎弓根の消失と第12胸椎の破壊を認めた(Fig. 5A)。MRI(Fig. 5B)では、第10胸椎に椎弓を中心とした腫瘤形

成と脊髓圧迫所見を認めたが、神経症状は認めなかった。第12胸椎病変は椎体および左椎弓より骨外に広がる腫瘤形成を認めた。骨シンチグラフィでの異常集積は腫瘍辺縁に部分的に認めるのみであった(Fig. 5C)。全身タリウムシンチグラフィ後面像(Fig. 5D)にて両部位に一致して強い集積を認めたが、ほかには限局性の集積は認めなかった。胸椎病変に対する局所の放射線照射(50 Gy)のみで、血清IgAは2.7 g/dlから1.1 g/dlに低下し、背部痛も消失し、有効と評価された。この時点でのタリウムシンチグラフィでは局所の異常集積は認めず、胸骨、仙腸関節での淡い集積を認めるのみであった(Fig. 5E)。このことは、本症例では大部分が腫瘤形成部位に限局した腫瘍分布をとっていることを示唆しているものと考えられた。

症例2. Case No. 5: 62歳, 男性, stage IIIA, IgG- κ type

骨折を伴う上腕骨病変が診断の契機となった。単純骨X線像ではほかに仙骨に溶骨性病変、第3胸椎椎体の変形を認めた。タリウムシンチグラフィでは右上腕骨、胸骨、右鎖骨、胸椎、仙骨左側に異常集積を認めた(Fig. 6A)。骨シンチグラフィでは上腕骨頭に一致してリング状の異常集積と上部胸椎での不均一な集積を認めた(Fig. 6B)。MRIでは胸椎の限局性病変が明らかであった(Fig. 6C)。全身タリウムシンチグラフィでは第10胸椎棘突起に限局する小病変が描出可能であったが、椎体に限局する小病変は検出困難であった。びまん性の骨格描出はgrade 2, 限局集積型と評価した。

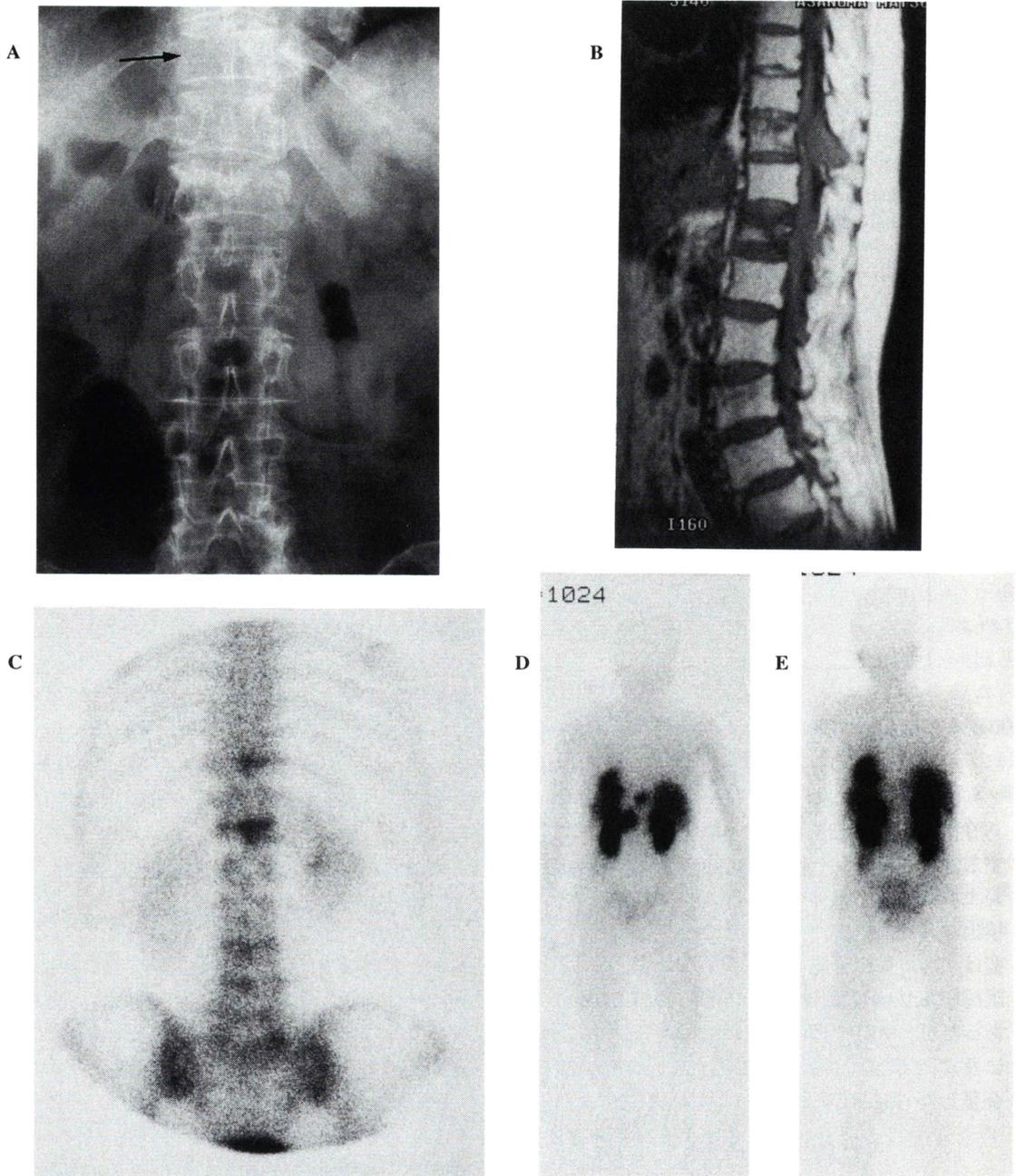


Fig. 5 Patient No. 3. A 79-yr-old woman, clinical stage IIA, IgA- κ type. A: Plain radiograph showing loss of pedicle in the right side of 10th thoracic vertebra (arrow) and compression fracture of 12th thoracic vertebra. B: Sagittal section of T1-weighted MR imaging reveals focal myelomatous lesion located in the posterior element of 10th thoracic vertebra and spinal cord compression at the level. C: ^{99m}Tc -HMDP bone scintigraphy showing abnormal increased uptakes at 10th and 12th thoracic vertebra. D: Whole body ^{201}Tl scintigraphy demonstrates abnormal uptake corresponding with focal lesions. Note more pronounced tumor extent than plain radiograph or bone scan shows. E: After local radiotherapy, whole body ^{201}Tl scintigraphy reveals no focal abnormality. Serum M-proteins that indicated 2.7 g/dl before treatment fell off to 1.1 g/dl. This indicates that tumor distribution in this patient is predominantly confined to focal lesions.

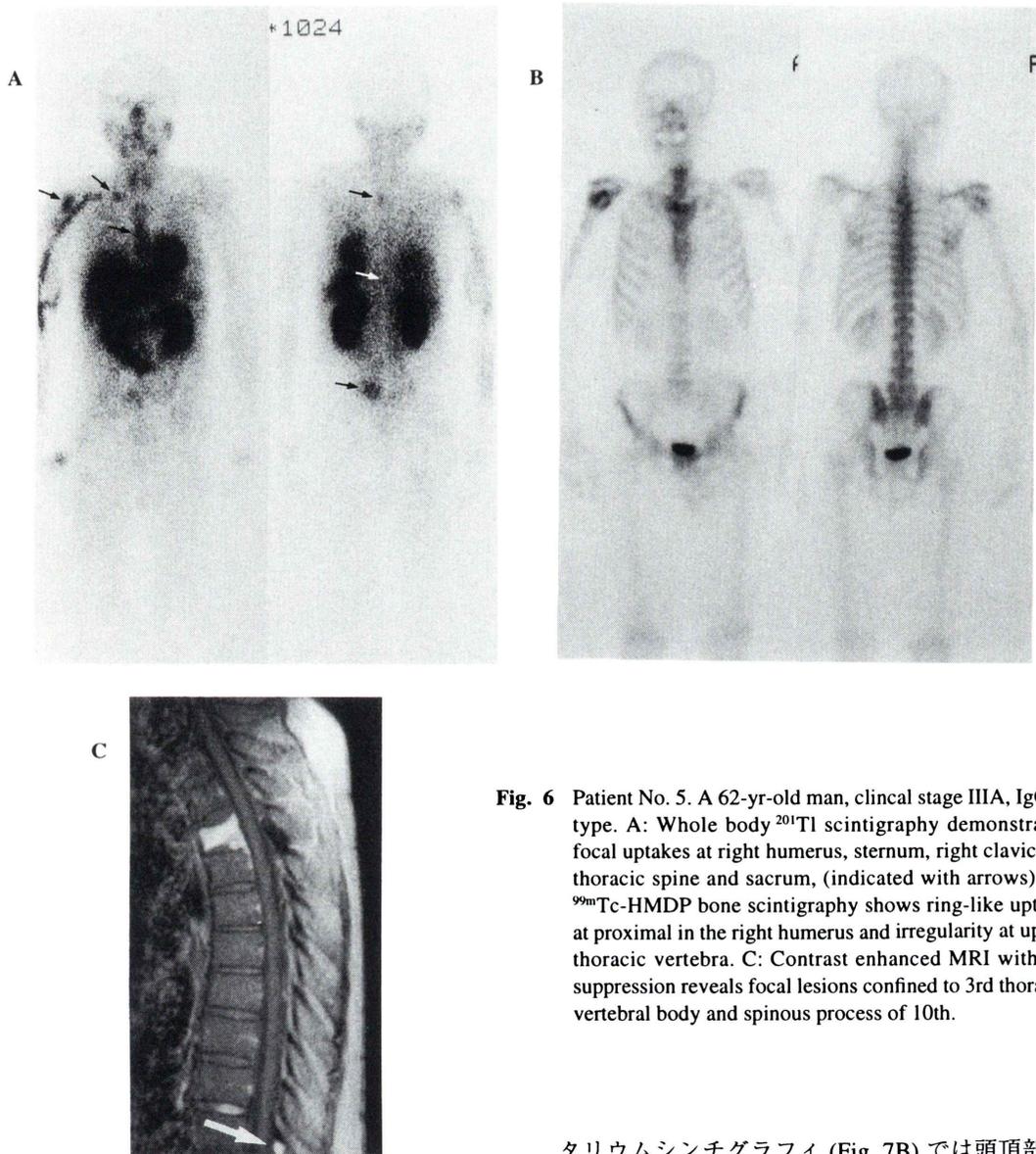


Fig. 6 Patient No. 5. A 62-yr-old man, clinical stage IIIA, IgG- κ type. A: Whole body ^{201}Tl scintigraphy demonstrates focal uptakes at right humerus, sternum, right clavicle, thoracic spine and sacrum, (indicated with arrows). B: $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMDP bone scintigraphy shows ring-like uptake at proximal in the right humerus and irregularity at upper thoracic vertebra. C: Contrast enhanced MRI with fat suppression reveals focal lesions confined to 3rd thoracic vertebral body and spinous process of 10th.

症例 3. Case No. 6 : 65 歳, 女性, stage IIIA, IgA- λ type

骨シンチグラフィ (Fig. 7A) では肋骨に異常集積を認め、頭蓋骨にびまん性の集積亢進を呈するが、hot skull との鑑別は困難である。全身骨 X 線像では頭蓋骨に punched out, 右肋骨骨折を認めたが、全身の骨陰影の減弱はみられなかった。全身

タリウムシンチグラフィ (Fig. 7B) では頭頂部、右肋骨に加え、上部頸椎で異常集積を認め、四肢に及ぶびまん性の骨格描出を認めた (混合型)。単純骨 X 線像では異常の指摘が困難であるが、MRI では第 2 頸椎椎弓および棘突起から骨外腫瘤形成を認めた (Fig. 7C)。治療効果なく、4 か月後に全身の骨破壊が単純 X 線像でも明らかになった (Fig. 7D)。

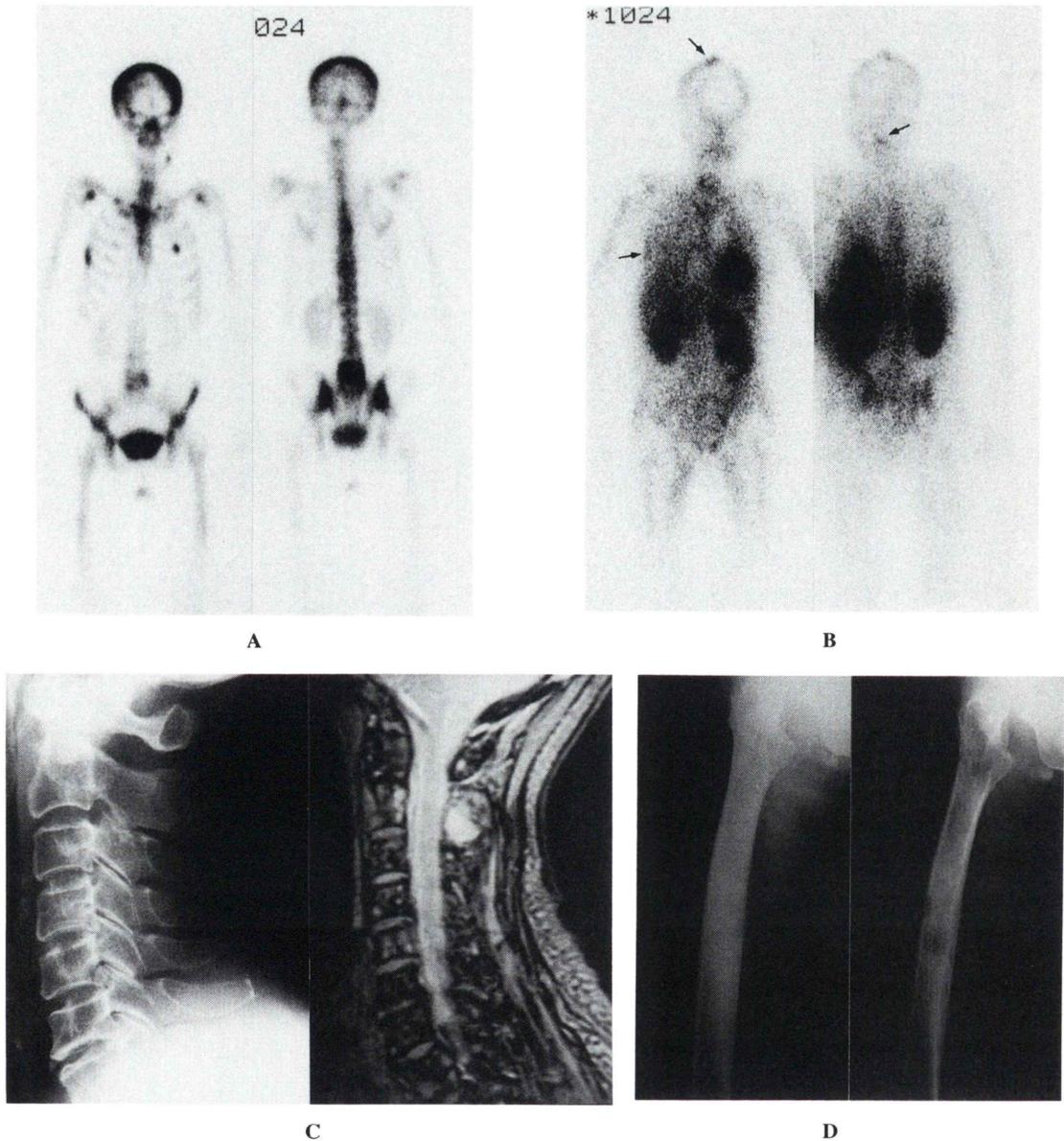


Fig. 7 Patient No. 6. A 65-yr-old woman, stage IIIA, IgA- κ type. A: ^{99m}Tc -HMDP bone scintigraphy shows focal increased uptakes in the ribs and lower lumbar spine. Diffuse increased calvarial uptakes is noted. B: Whole body ^{201}Tl scintigraphy shows entire skeletal visualization and focal abnormal uptakes corresponding to parietal mass lesion, right rib and upper cervical spine. C: Conventional radiograph shows no abnormality in the cervical spine (left side). T2-weighted MR image demonstrates focal myelomatous lesion expanding to posterior in the lamina of 2nd cervical spine (right side). D: Plain radiograph shows no osteolytic lesions in the femur (left side). However, extensive bone destructions are apparent four months later (right side).

V. 考 察

1. 多発性骨髄腫の骨病変の検出におけるタリウムシンチグラフィの臨床的意義

従来、骨髄腫の骨病変は単純骨 X 線像によって評価されてきた。骨変化は骨陰影の減弱、溶骨性変化、骨折などさまざまであるが、全骨髄腫例の 79.2% に認められるとされている¹⁸⁾。X 線 CT、MRI は単純骨 X 線像と比較した場合、より小病変の検出が可能で、検出率に優れる。多発性骨髄腫においても同様の報告が散見される^{19,20)}。骨破壊が単純骨 X 線上で明瞭でなくとも X 線 CT は海綿骨内の骨梁欠損や腫瘤形成を描出しうる。また、MRI は骨髄内に限局する病変を指摘することが可能で、骨外に進展した腫瘤の描出に優れている。単純骨 X 線像は骨に対して優れた分解能をもつが、微細な骨変化は複雑な骨構造の重なり合いによって消されてしまうことが欠点である。

今回、骨 X 線で指摘できなかったがタリウム集積を認め、X 線 CT、MRI により確認された限局性病変が 46 病変中、12 病変存在した。これらは比較的体表に近い病変であった。主に撮像に用いる水銀の特性 X 線のエネルギーが低いことが深部病変の検出には不利である反面、標準的な単純骨 X 線撮影では検出しがたい浅在病変の検出には有利と考える。また、骨髄腫病変が骨外腫瘤を形成しやすいことを考慮すれば、骨構造の変化を主たる所見とする X 線像より、腫瘍そのものを描出する点で、タリウムシンチグラフィはより直接的な画像手段といえる。

脊椎病変は椎体に限局する小病変は検出できなかったが、後方部分に病変を認めた場合は検出が容易であった。これは体表から病変までの深さの影響が大きいと考えられた。椎体の変形や圧迫骨折は単純骨 X 線撮影で捉え易い反面、上部胸椎や椎弓・棘突起病変は他の陰影の重なりにより検出し難い。脊椎の後方部分での腫瘤形成、硬膜外伸展による脊髄圧迫の危険を考慮した場合、後方部分の検出に優れることは、X 線 CT、MRI での精査に際し、撮像部位や撮像法の選択に有用と

考える。

塩化タリウムの腫瘍集積に影響する因子としては、腫瘍細胞の Na^+ , K^+ -ATPase 活性²¹⁾ とともに、腫瘍への血流が重要な因子と考えられている²²⁾。塩化タリウムは投与後の血中からのクリアランスがきわめて速く、短時間のうちに高い臓器/血液比が得られる²³⁾。形質細胞腫は血流が豊富で²⁴⁾、MRI においても多発性骨髄腫の限局性病変は動脈相で著明な造影効果を認め、造影効果は持続する¹⁷⁾。このことは塩化タリウムを局在診断に利用するうえで適した腫瘍性格と考える。

腫瘍の大きさと検出能の関係について、小山¹⁰⁾ は転移性骨腫瘍 33 例を対象として、151–452 MBq を投与し、腫瘤の大きさ 7 cm^3 を境にして陽性率に有意差を認めたとしている。検出率に影響を及ぼすと思われる因子には腫瘍集積自体の多寡、腫瘍の部位のほか、個体間でのバックグラウンドの違いが考えられ、びまん性骨髄浸潤の程度が高い場合には、小病変の検出には不利と考える。また、胸部では心筋、肺集積、腹部では肝、腎、脾、小腸集積が読影に際し、腫瘍集積の検出に妨げとなる。今回、投与量は 111 MBq としたが、投与量や撮像開始時間、絶飲食時間の設定²⁵⁾ も検出率に影響すると思われる。今回、delayed image は対象がほとんど高齢者であるため、身体的負担を考慮し撮像しなかったが、肺野のバックグラウンドが低下する delayed image を追加することにより、肋骨病変の検出率向上の可能性がある。しかしこれには、限局性病変におけるタリウムの残留傾向について明らかにしておく必要がある。

骨髄腫は骨 X 線撮影で明らかな溶骨性病変が認められても、骨シンチグラフィではしばしば false negative を呈すること、異常集積が認められても単純骨 X 線所見に比べ、異常所見に乏しく、病巣の広がりや過小評価され易いことが指摘されている^{6~8)}。骨髄腫細胞が osteoclast stimulating factor (osteoclastic activating factor; OAF) を局所的に産生する²⁶⁾ こと、骨髄腫細胞の増殖の高度な骨組織では破骨細胞による骨吸収亢進と骨形成の抑制され

た、骨の再建における不均衡状態 (uncoupling remodeling)²⁷⁾にあることが要因と思われる。肋骨病変では骨シンチグラフィでの検出が優れていた。これは従来の報告^{8,28)}と一致するが、肋骨病変は早期より微細な骨折を合併しやすいことが要因と思われる。しかし、肋骨以外の骨病変ではタリウムシンチグラフィが際だって優れていた。

多発性骨髄腫の限局性病変の検出において、骨 X 線撮影 (bone survey) に全身タリウムシンチグラフィを併用することで、包括的に、より多くの病変が検出可能となる。病変の局在、拡がりの確認のためには、X 線 CT, MRI での精査が必要となるが、検査部位の特定に際して、特に脊椎病変では脊髄圧迫の危険が高い病巣の検出、把握に有用と考える。

2. 骨髄集積の段階的評価、集積パターンと臨床病期、腫瘍量との関連および臨床評価について

骨、骨髄組織は通常 planar 像ではタリウム集積を認めない²⁹⁾。びまん性の骨髄描出は granulocyte colony stimulating factor (G-CSF) による骨髄代謝亢進状態³⁰⁾、溶血性貧血³¹⁾においても認めたとの報告もあるが、多発性骨髄腫においては正常骨髄細胞はむしろ抑制され²⁾、骨髄生検にて赤芽球系、顆粒球系細胞の過形成を認めた例はなかった。また、非分泌型骨髄腫において偶然骨髄描出を認めた³²⁾との報告では、骨髄組織は低形成を呈していたとしている。

骨髄集積による骨格の描出はその分布より 5 段階に grade 分類を行った。その理由は以下であった。第一に全身の骨髄腔は解剖学的に軀幹骨が全体の 50% を占め、成人の全体重の約 4.7% を占める骨髄組織が主に軀幹骨に分布し、このうち約 35% を骨盤が占めるとされている^{33,34)}。胸骨では全骨髄腔の 1.38%、成人の赤色髄の 2.3% を占めるに過ぎないが、体表から最も近く、胸骨自体の吸収により通常前面像では集積減弱部位として認められる。また仙腸関節周囲では特に骨髄腔の容積は大きく、腫瘍細胞浸潤が全身に均等に存在すると仮定した場合、皮膚、筋等のバックグラウン

ドと骨髄集積による骨格描出の識別が容易と考えた。これに対し、椎体は体表から深く、肋骨も骨髄腔の容積は少なく、肺、皮膚等の生理的集積から区別することは、相当量の腫瘍浸潤がなければ困難と考えた。第二に病期の進行に伴い、末梢に病変が進展、拡大することを考慮した。

骨髄集積の分布、程度は tumor mass staging による推定腫瘍量との比較において、推定腫瘍量の大きいものほど、分布が広範囲で集積が強い傾向が認められた。しかし、Alexanian の tumor mass staging の臨床的指標は、M 蛋白量やヘモグロビン濃度、血清カルシウム値などの間接的指標である。また腫瘍量を反映するとされる血清 β_2 -microglobulin 値との関連が認められたが、これは同様に間接的指標であり、腎機能障害例での適用は過大評価を招き、正確な腫瘍量を反映するとはいえず、疾患特異性に乏しい検査法であることを考慮すると、腫瘍量、viability を反映する^{11,21)}とされるタリウム集積はより直接的な指標となりうると考える。頻度はまれであるが、M 蛋白量からの評価が困難な非分泌型ではとくに臨床的有用性が高いと考える。Grade 3 と grade 4 との間には、血清 β_2 -microglobulin 値に有意差は認めなかったが、患者の quality of life の観点に立ち、四肢骨での骨髄腫細胞の浸潤増殖による病的骨折を考慮すれば、骨 X 線撮影で骨破壊が明らかになる以前に、放射線照射等の予防的処置を講ずるなどの対応も可能と思われる。

臨床病期分類は Durie & Salmon のものが標準として広く一般に用いられている。彼らは実験的に腫瘍量を M 蛋白量より算出し、諸種のパラメータとの多変量解析を行い、患者の M 蛋白量やヘモグロビン濃度、血清カルシウム、骨病変から全身の骨髄腫細胞数を推定し、骨髄腫を 3 病期に分類した¹²⁾。骨病変の X 線像による評価は scale 0 (normal), scale 1 (osteoporosis), scale 2 (lytic bone lesions), scale 3 (extensive skeletal destruction and major fracture) と定義している。Scale 3 であれば、他の指標の程度にかかわらず stage III となる。Kelly ら³⁵⁾は Durie & Salmon の病期分類を用

いると大部分の症例が stage III に片寄ること、また骨病変は予後因子としては弱く、骨病変のみで stage III に分類すると予後に関する多数の情報が失われてしまうと述べている。

Sezaki ら³⁶⁾は単純骨 X 線所見に X 線 CT 所見と骨生検所見を加え、A 型 (solitary lytic lesion—solitary focus)、B 型 (osteoporosis—diffuse proliferation)、C 型 (multiple lytic lesions—multiple focus)、D 型 (osteoporosis and extensive destruction—combination types B and C) の 4 型に分類している。A、B、C、D 型はそれぞれ 23、35、36、21 名を対象としているが、B、C、D 型の間には予後に関して統計的有意差を認め、D、C、B の順に予後が悪かったと述べている。今回、24 例に全身タリウムシンチグラフィを施行し、異常集積所見は大きく 3 型にわけられた。一つは、びまん性の骨髄集積による骨格描出がめだつ骨格描出型であり、もう一つは限局性の異常集積が優位な限局集積型、そしてこれらの組み合わせと考えられる混合型である。混合型で四肢骨まで描出される場合は、より腫瘍量が大きく、予後不良と推察される。骨梁の変化に対して解像力に優れる X 線 CT と、腫瘍そのものを描出するタリウムシンチグラフィでは、限局性結節性増殖の大きさやびまん性浸潤の程度によって、描出能の相違があると考えられるが、タリウムシンチグラフィは巨視的であるものの、全身を包括的に捉えることが可能である。骨格描出型、限局集積型、および混合型はそれぞれ、Sezaki らの B 型、A ないし C 型、および D 型に概ね対応させることが可能と考えられ、全身の骨髄腫の分布、浸潤様式から、予後や治療効果の推定を行うことは実際の治療方針を考慮する上できわめて合理的と考える。

骨髄腫の確定診断は主に M 蛋白の有無、骨髄穿刺標本、骨髄生検中の形質細胞量、骨病変等に基づいているが、骨髄腫細胞の存在が特に重要である。骨髄腫細胞が結節性に増殖する傾向が強い場合、増殖部位に穿刺針が至らず骨髄腫細胞が得られない場合がある²⁾。また、形質細胞数の多寡を指標にした病勢の評価は穿刺あるいは生検部位

での結果にすぎないが、全身に均一に浸潤しているとの前提に基づくものである。こうしたサンプリングの問題は浸潤増殖様式の多様性にも一因がある。骨髄腫の浸潤の程度について、タリウムシンチグラフィによる全身の視覚的段階評価を加味することによって再評価することが可能で、予後の判定、治療方針の決定に有用であると考えられる。

VI. 結 語

多発性骨髄腫 24 例に全身タリウムシンチグラフィを応用し、骨髄の異常集積所見、限局性病変の描出能について検討し、臨床的有用性について考察した。

1. 全身像による集積の型はびまん性の骨髄集積による骨格描出型、限局性病変に相当する限局集積型、およびそれらの混合型の 3 型に大きく分けられた。

2. びまん性の骨髄集積は描出される骨格の分布により、5 段階に grade 分類を行った。Tumor mass staging、血清 $\beta 2$ -microglobulin 値との関連が認められ、腫瘍量、viability をより直接的に反映する視覚的評価法として、臨床的に有用と考えられた。

3. 限局性病変は腫瘍の大きさ 5 cm^3 以上のものはすべて描出可能であった。体表からの距離の関与が大きく、浅在性のものは 5 cm^3 未満の病巣でも描出可能であったが、椎体に限局する小病変の検出は困難であった。しかし、骨病変の全身検索手段として、全身の単純骨 X 線撮影、骨シンチグラフィと比べた場合、検出能は最も優れ、X 線 CT、MRI での精査部位の特定に有用であった。

謝辞：稿を終えるにあたり、ご指導、ご校閲を賜りました東邦大学第一放射線医学教室木暮喬教授に深甚なる謝意を捧げます。また、ご指導ならびにご助言を賜りました第一放射線医学教室林三進助教授、第一内科学教室梅田正法教授に感謝の意を表します。

また、ご協力いただいた中央放射線部 RI 部門および MRI 室の皆様へ感謝いたします。

本論文の要旨の一部は、第 35 回日本核医学会総

会, 第 54 回日本医学放射線学会総会, 第 57 回日本血液学会総会にて発表した。

文 献

- 1) 戸川 敦: 多発性骨髄腫, 第 1 版, 新興医学出版社, 東京, 1994, pp. 3-8
- 2) Bartl R, Frisch B, Fateh-Moghadam A, Kettner G, Jager K, Sommerfeld W: Histological classification and staging of multiple myeloma. Retrospective and prospective study of 674 cases. *Amer J Clin Pathol* **87**: 342-355, 1987
- 3) Greenfield GB: Radiology of bone disease, 4th ed., J.B. Lippincott Company, Philadelphia, 1986, p. 446
- 4) 大中泰夫, 山本逸雄, 游 逸明, 高田政彦, 森田陸司, 瀬崎達雄, 他: 骨髄腫の X 線像と病理像との対比. 骨転移. 病態・診断・治療 **8**: 107-111, 1991
- 5) Edeiken J: Edeiken's Roentgen Diagnosis of disease of bone. 4th ed., Williams & Wilkins, Baltimore, 1990, p. 436
- 6) Woolfenden JM, Pitt MJ, Durie BGM, Moon TE: Comparison of bone scintigraphy and radiography in multiple myeloma. *Radiology* **134**: 723-728, 1980
- 7) Bataille R, Chevalier JC, Rossi M, Sany J: Bone scintigraphy in plasma-cell myeloma. *Radiology* **145**: 801-804, 1982
- 8) Ludwig H, Kumpan W, Sinzinger H: Radiography and bone scintigraphy in multiple myeloma: a comparative analysis. *Br J Radiol* **55**: 173-181, 1982
- 9) 利波紀久, 伊藤和夫, 油井信春, 照井頌二, 鳥塚莞爾: 腫瘍の診断における塩化タリウム (^{201}Tl) 注射液の有用性 (第 2 報)——骨・軟部腫瘍および縦隔腫瘍における検討——. 核医学 **31**: 63-74, 1994
- 10) 小山雅司: 骨転移診断に対する ^{201}Tl -chloride シンチグラフィの臨床的有用性核医学 **32**: 9-18, 1995
- 11) Ramanna L, Waxman A, Binney G, Waxman S, Mirra J, Rosen G: Thallium-201 scintigraphy in bone sarcoma: comparison with gallium-67 and technetium-MDP in evaluation of chemotherapy response. *J Nucl Med* **31**: 567-572, 1990
- 12) Durie BGM, Salmon SE: A clinical staging system for multiple myeloma. Correlation of measured myeloma cell mass with presenting clinical features, response to treatment, and survival. *Cancer* **36**: 842-854, 1975
- 13) Alexanian R: Diagnosis and management of multiple myeloma. Wiernik PH, Canellous GP, Kyle RA, Schifter CA, eds. Neoplastic diseases of the blood. Churchill Livingstone, New York, 1985, p. 541
- 14) Bataille R, Durie BGM, Grenier J: Serum beta2 microglobulin and survival duration in multiple myeloma: a simple reliable marker for staging. *Br J Haematology* **55**: 439-447, 1983
- 15) Garewal H, Durie BGM, Kyle RA, Finley P, Bower B, Serokman R: Serum beta2-microglobulin in the initial staging and subsequent monitoring of monoclonal plasma cell disorders. *J Clin Oncol* **2**: 51-57, 1984
- 16) 増田康治: 腫瘍レベル II. 効果判定法, 放射線医学体系 35 巻, 田坂皓編, 中山書店, 東京, 1984, pp. 78-86
- 17) Rahmouni A, Divine M, Mathieu D, Golli M, Dao TH, Jazaerli N, et al: Detection of multiple myeloma involving the spine: Efficacy of fat-suppression and Contrast-enhanced MR imaging. *AJR* **160**: 1049-1052, 1993
- 18) Kyle RA: Multiple myeloma review of 869 cases. *Mayo Clin Proc* **50**: 29-40, 1975
- 19) Solomon A, Rahamani R, Seligsohn U, Ben-Artzi F: Multiple myeloma: Early vertebral involvement assessed by computerised tomography. *Skeletal Radiol* **11**: 258-261, 1984
- 20) Fruhwald F, Tscholakoff D, Schwaighofer B, Wicke L, Neuhold A, Ludwig H: Magnetic resonance imaging of the lower vertebral column in patients with multiple myeloma. *Invest Radiol* **23**: 193-199, 1988
- 21) Elligsen JD, Thompson JE, Frey HE, Kruuv J: Correlation of (Na-K)-ATPase activity with growth of normal and transformed cells. *Exp Cell Res* **87**: 233-240, 1974
- 22) 岸田敏博: 甲状腺組織への ^{201}Tl 集積機序の解明—— ^{201}Tl -chloride シンチグラフィの dynamic study による甲状腺腫瘍の質的診断の有用性——. 核医学 **24**: 991-1004, 1987
- 23) Bradley-Moore PR, Lebowitz E, Green MW, Atkins HL, Ansari AN: Thallium-201 for medical use II: Biological behavior. *J Nucl Med* **16**: 156-160, 1975
- 24) Laurin S, Akerman M, Kindblom LG, Gunterberg B: Angiography in myeloma (plasmacytoma). *Skeletal Radiol* **4**: 8-18, 1979
- 25) Cavailoles F, Vitaux F, Petiet AI: Thallium uptake in fasted and nonfasted rats. *Eur J Nucl Med* **8**: 87-88, 1983
- 26) Mundy GR, Raisz LG, Cooper RA, Schechter GP, Salmon SE: Evidence for the secretion of an osteoclast stimulating factor in multiple myeloma. *N Engl J Med* **291**: 1041-1046, 1974
- 27) Bataille R, Chappard D, Klein B: Mechanisms of bone lesions in multiple myeloma. *Hematology/Oncology Clinics of North America* **6**: 285-295, 1992
- 28) Leonard RCF, Owen JP, Proctor SJ, Hamilton PJ: Multiple myeloma: Radiology or bone scanning? *Clin Radiol* **32**: 291-295, 1981
- 29) Atkins HL, Budinger TF, Lebowitz E, Ansari AN, Greene W, Fairchild RG, et al: Thallium-201 for medical use. part 3: human distribution and physical imaging properties. *J Nucl Med* **18**: 133-140, 1977

- 30) Abdel-Dayem HM, Sanchez J, Al-Mohannadi S, Kempf J: Diffuse thallium-201-chloride uptake in hypermetabolic bone marrow following treatment with granulocyte stimulating factor. *J Nucl Med* **33**: 2014–2016, 1992
- 31) 藤井忠重, 田中正雄, 広瀬芳樹, 平山二郎, 平田健次郎, 中西文子, 他: ^{201}Tl シンチグラフィにおける骨・骨髄集積の検討——特に骨髄異常との関係——. *核医学* **26**: 551–558, 1989
- 32) Sayman HB, Sonmezoglu K, Altioek E, Devranoglu G, Ferhanoglu B: Unexpected bone marrow uptake of thallium-201 in nonsecretory myeloma. *J Nucl Med* **36**: 250–251, 1995
- 33) Woodard HQ, Holodny E: A summary of the data of Mechanik on the distribution of human bone marrow. *Physics in Med and Biol* **5**: 57–59, 1960
- 34) Ellis RE: The distribution of active bone marrow in the adult. *Physics in Med and Biol* **5**: 255–258, 1961
- 35) Kelly KA, Durie B, MacLennan IC: Prognostic factors and staging systems for multiple myeloma: comparisons between the medical research council studies in the United Kingdom and the southwest oncology group studies in the United States. *Hematol Oncol* **6**: 131–140, 1988
- 36) Sezaki T, Izumi K, Hoshijima T, Adachi T, Takahashi I, Kimura I: Tumor distribution classification system for multiple myeloma: Clinical features and prognosis. *Acta Haemat Jpn* **49**: 1784–1791, 1986

Summary

Clinical Significance of Whole Body Thallium-201 Chloride Scintigraphy in Multiple Myeloma

Masahiko TSUBUKU

First Department of Radiology, Toho University School of Medicine

This study attempts to characterize the findings of thallium-201 chloride ($^{201}\text{TlCl}$) uptake in patients with multiple myeloma and to evaluate its clinical significance. Twenty-four patients (including 10 untreated cases, 5 relapsed cases and 9 cases in stable course after initial treatment) were evaluated. Whole body ^{201}Tl scintigraphy was performed 10 minutes after intravenous administration of 111 MBq of $^{201}\text{TlCl}$.

Abnormal scintigraphic findings in whole body scanning varied from solitary focal uptake to extensive diffuse bone marrow visualization, but fell into the following 3 broad types; 1) skeletal visualization type, 2) predominant focal uptake type and 3) mixed type. Diffuse bone marrow uptake could be classified according to the skeletal distribution into 5 gradings (grade 0–4) between normal and entire skeletal visualization. This grading was roughly related to estimated tumor mass classification by tumor mass staging system (Alexanian, 1985). Furthermore, serum β_2 -microglobulin level, that is widely confirmed as the reliable parameter of tumor burden and response to treatment except for patients with renal dysfunction,

showed significant difference between grade 2 and grade 3 ($p < 0.05$), grade 2 and grade 4 ($p < 0.01$).

The detectability of focal myelomatous lesions was compared to those of plain radiographs and $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMDP scintigraphy in the untreated cases. Whole body ^{201}Tl scintigraphy demonstrated 32 lesions among 46 focal lesions which included lesions revealed on either X-ray CT or MR imaging. In contrast to whole body ^{201}Tl scintigraphy, plain radiographs and $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMDP scintigraphy demonstrated 23 lesions and 22 lesions, respectively. All focal lesions exceeding 5 cm³ in tumor size were detectable on whole body ^{201}Tl scintigraphy. Whole body ^{201}Tl scintigraphy additionally showed 12 focal lesions that were demonstrated on MR imagings but failed to be detected on plain radiographs. However, detection of small lesions confined within the vertebral body was difficult.

In conclusion, whole body ^{201}Tl scintigraphy is a useful non-invasive tool to investigate the patients with multiple myeloma.

Key words: Multiple myeloma, ^{201}Tl -chloride, Whole body scanning, Bone marrow, Tumor burden.