

《原 著》

非外傷性大腿骨頭壊死症における骨シンチグラフィ所見と SPECT 検査付加の診断的価値

蓑島 聡^{*,**} 内田 佳孝^{*} 安西 好美^{*} 宇野 公一^{*}
有水 昇^{*}

要旨 非外傷性大腿骨頭壊死症における骨シンチグラフィ所見を分類し、SPECT 検査付加の診断的価値について 26 症例 43 骨頭を対象に検討を行った。Planar, SPECT 像所見は 6 種類に分類した：正常 (N), 欠損 (C), 集積増加を伴う欠損 (PH+C), リング状集積 (RH+C), 部分的な集積増強 (PH), び慢性集積増加 (DH)。壊死を伴う 24 骨頭における planar, SPECT 像所見は、それぞれ N が 3:2 (骨頭), C が 1:3, PH+C が 2:8, RH+C が 2:3, PH が 9:2, DH が 7:6 であった。壊死のない 19 骨頭においては、N が 16:12, C が 0:6, DH が 3:1 であった。欠損を伴う所見を骨頭壊死の確定的診断所見とした場合、planar, SPECT 像の感度は、それぞれ 21%:58%, 特異性は 100%:68% であった。Planar 像が正常を呈した 19 骨頭のうち、SPECT は 2 骨頭で壊死を断定し、6 骨頭で正常骨頭を誤って壊死と断定した。骨頭壊死と断定できない異常 (PH, DH) を呈した 19 骨頭では、SPECT は 7 骨頭で壊死を断定し、偽陽性はなかった。以上の結果は、視覚的な所見分類で骨頭壊死と断定できない異常所見を呈した場合に、SPECT 検査が有用となることを示唆した。

(核医学 31: 1085-1092, 1994)

I. はじめに

大腿骨頭壊死症診断における骨シンチグラフィの有用性および役割については以前より多くの報告がなされてきた。80 年代になって一般臨床に核医学的断層装置 (single-photon emission computed tomography, SPECT) が普及し、骨シンチグラフィ SPECT の骨頭壊死診断への応用および planar 像を上回る成績が報告されて以来^{1,2)}、多くの施設で SPECT が骨頭壊死診断に用いられるようになった。われわれも大腿骨頭壊死症疑いで

核医学外来を受診した症例において、骨シンチグラフィ planar 像および SPECT を比較する機会があったが、実際に SPECT 像を読影する場合に、その所見の多様性、また planar 像に比較して限られた分解能、画質の影響で、必ずしも SPECT 像が確定診断的情報を提供しない場合が経験された。そこで本研究においては、非外傷性大腿骨頭壊死症を対象として、骨シンチグラフィの planar 像および SPECT 像所見を視覚的に分類した上で、SPECT 像の骨頭壊死診断における意義についての検討を行った。

II. 対象と方法

非外傷性大腿骨頭壊死症疑いあるいは骨頭壊死合併の危険が高い疾患にて、1988 年から 1989 年に千葉大学医学部附属病院放射線科で骨シンチグラフィが施行された 26 症例を検討の対象とした。症例の内訳は、特発性大腿骨頭壊死症 2 例 (男性

* 千葉大学医学部放射線科

** (現職) Division of Nuclear Medicine, Department of Internal Medicine, The University of Michigan
受付：6 年 2 月 25 日
最終稿受付：6 年 7 月 19 日
別刷請求先：千葉県千葉市中央区玄鼻 1-8-1 (☎ 260)
千葉大学医学部放射線科

蓑 島 聡

1 例, 女性 1 例), 全身性エリテマトーデス (SLE) 22 例 (男性 3 例, 女性 19 例), 再生不良性貧血 1 例 (男性), 腎移植症例 1 例 (女性) であった. このうち SLE の 3 症例では SPECT 像のみを撮像したため対象より除外した. 残る 23 症例の平均年齢は 41 歳 (標準偏差 12 歳, 21 歳から 62 歳) であった. 発症時期が比較的明瞭であった 10 症例では, 発症後骨シンチグラフィ施行までが約 1 年から最高 23 年間にわたった. 大腿骨頭壊死の存在診断は, 臨床所見, 通常の単純 X 線検査のほか, 全例において核磁気共鳴装置を用いて行われ, これらの所見に基づき骨頭壊死の有無を決定した³⁻⁵⁾. 23 症例 46 骨頭のうち, 3 骨頭はすでに骨頭壊死に対して手術が施行されており検討より除外した. 残りの 43 骨頭のうち, 24 骨頭にて骨頭壊死の存在が診断され, 19 骨頭は正常と診断された (7 症例で両側正常). さらにこの正常と診断された 19 骨頭のうち, 経過観察が可能であった 10 骨頭においては, 骨シンチグラフィ施行後 4 年間に壊死を疑わせる症状が出現しなかったことを確認した.

骨シンチグラフィは, ^{99m}Tc -methylene diphosphate (MDP) 740 MBq を静注後, 3~4 時間後に撮像を開始した. Planar 像の撮像には低エネルギー用高分解能平行孔コリメータを用い, 全身像のほか, 両股関節前後像を含むスポット像を撮像した. Planar 像撮像に引き続き SPECT 像を収集したが, SPECT 撮像直前に患者は排尿を指示された. SPECT 装置は, 低エネルギー用高解像度平行孔コリメータを装着したガンマカメラ回転型 (一検出器) を用い, 画像収集マトリックス 64×64 , 360 度 64 方向より一方向 15 秒にて投影像を収集した. 投影像収集時の膀胱内の強い放射能およびその経時変化により, 再構成画像上に生じるアーチファクトを除去するために, サイノグラム上で膀胱内放射能をマスク補間した後画像再構成を行った (文献 7 より一部変更した方法を使用. アーチファクトとその補正結果を Fig. 1 に示す). 画像再構成には, 遮断周波数 0.31 cycle/pixels の Butterworth フィルタを用いた逆投影法により横

断像を作成し, その上で大腿骨頭の前捻角に合わせて左右骨頭の冠状断像を作成した. この前捻角に合わせて画像を再構成する方法は当施設において独自に開発された方法であるが, 同様な方法を用いた有用性が他の施設から報告されている⁸⁾.

以上の方法によって得られた骨シンチグラフィの planar 像 (両股関節前後像) と SPECT 像 (骨頭を通る冠状断像) を用いて読影を行った. 読影時には, 大腿骨頭壊死存在の有無は明らかにせず, 両側股関節を個別に評価した. この結果に基づいて以下の検討を行った.

(1) 大腿骨頭壊死の骨シンチグラフィの所見分類

骨シンチグラフィ上の骨頭壊死の診断基準とし

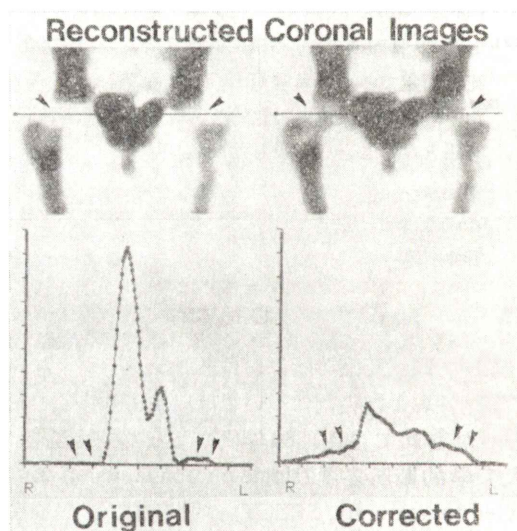


Fig. 1 Correction for "bladder" artifact. In this case, avascular necrosis was present in the right femoral head. The original reconstructed coronal image (not resliced in the oblique view) showed photopenic areas in the femoral heads bilaterally (arrowheads on the left), giving incorrect impression for bilateral involvement. The profile curve (left) revealed markedly decreased pixel values in the femoral heads and intense activity in the bladder. Following correction for the bladder artifact, the femoral heads became visible (arrowheads on the right). The profile curve (right) demonstrated presence of radioactivity in the femoral heads. Note focal decrease in the right femoral head.

ては, planar 像および SPECT 像ともに, 骨頭内の投与放射能の集積低下あるいは欠損, 付随する骨頭内の放射能増強の有無に基づき基準を設け, 読影結果を複数の診断医の討論により視覚的に分類した (planar 像 Fig. 2, SPECT 像 Fig. 3). A) 正常骨頭 (Normal, N): 骨頭内に集積低下および増強を認めない, B) 欠損 (Cold, C): 骨頭内に集積低下あるいは欠損を認めるが集積増強部位はない, C) 集積増加を伴う欠損 (Partial Hot+Cold, PH+C): 集積低下あるいは欠損に伴い骨頭あるいは頸部の一部に集積増加を示す, D) リング状集積 (Ring Hot+Cold, RH+C): 骨頭中心に集積

低下あるいは欠損を伴うリング状の集積増強, E) 骨頭あるいは頸部の一部に集積増強を示す (Partial Hot, PH): 骨頭に集積低下あるいは欠損を伴わない, F) 骨頭全体の集積増加 (Diffuse Hot, DH): 骨頭集積が全体的にあるいは不均一に増強しており, 骨頭の変形を伴う場合も含む.

(2) Planar 像と SPECT 像の診断結果

上記の診断基準となるそれぞれの所見と, 実際の骨頭壊死の存在の有無を比較検討した. さらに以上の分類のうち, 集積低下あるいは欠損像を含む C, PH+C, RH+C の 3 所見を, 骨シンチグラフィ上での骨頭壊死陽性所見 (diagnostic) と

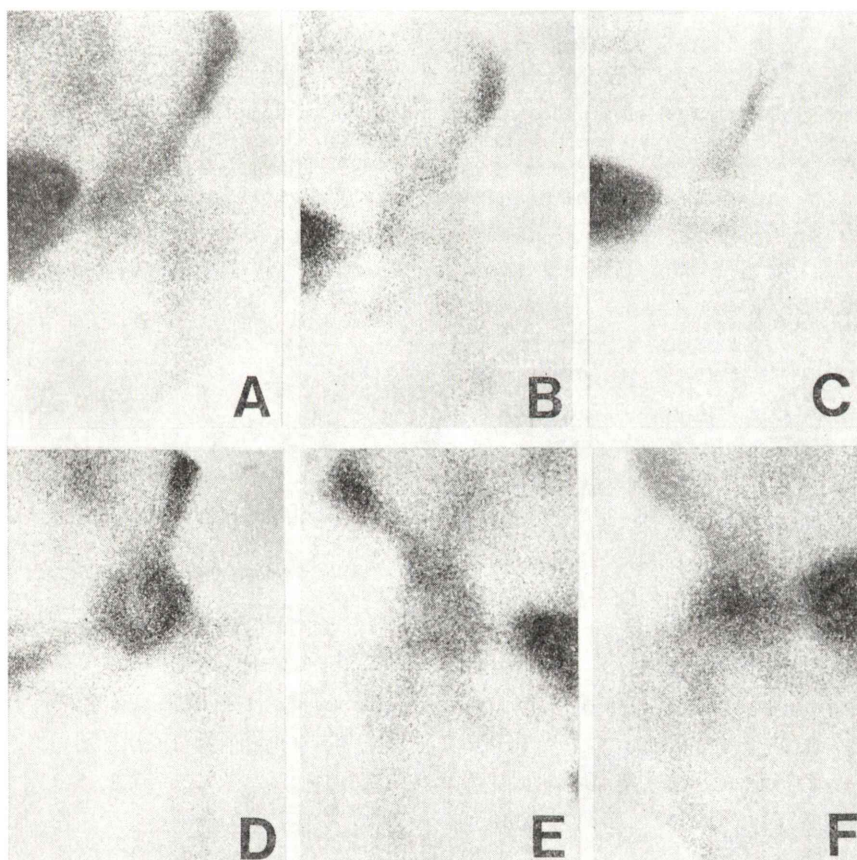


Fig. 2 Classification of planar scintigraphic findings. A: normal (N); B: cold or decrease (C); C: partial increase with cold or decrease (PH+C); D: ring-like increase with a cold center (RH+C); E: partial increase (PH); F: diffuse and irregular increase (DH). Right femoral heads (E and F) and left femoral heads (A, B, C, and D).

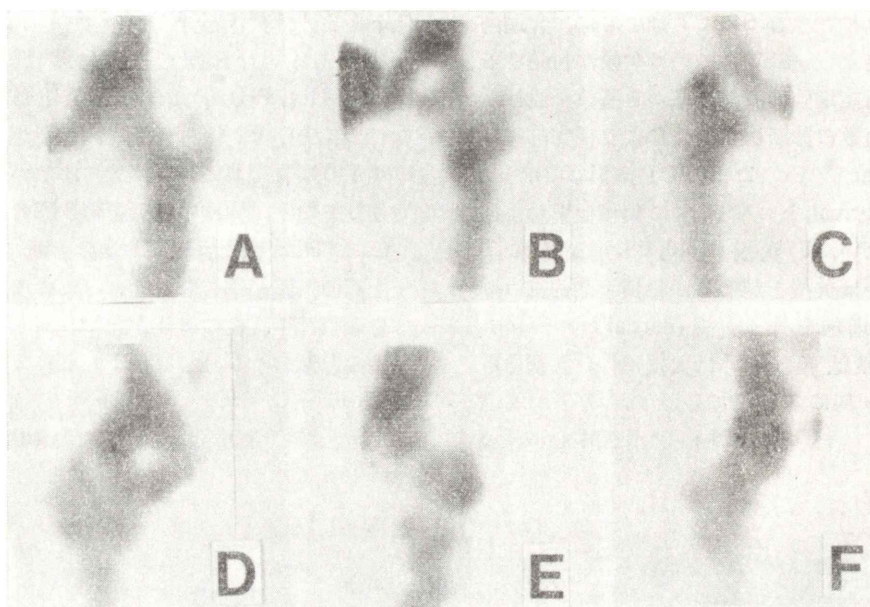


Fig. 3 Classification of SPECT scintigraphic findings. A: normal (N); B: cold or decrease (C); C: partial increase with cold or decrease (PH+C); D: ring-like increase with a cold center (RH+C); E: partial increase (PH); F: diffuse and irregular increase (DH). Right femoral heads (C, D, and F) and left femoral heads (A, B, and E).

し²⁻⁴⁾, その他の N, PH, DH の 3 所見を正常あるいは骨頭壊死とは断定できない異常 (not diagnostic) として, 骨シンチグラフィ所見に基づき大腿骨頭壊死を診断する場合の planar 像および SPECT 像の感度および特異性を比較検討した。

(3) SPECT 検査付加による診断結果の変化

Planar 像撮像後, SPECT 検査を付加することが, いかに大腿骨頭壊死の診断に寄与するかを検討した。まず planar 像の所見より, 対象骨頭を, 正常 (N), 骨頭壊死と断定できない異常 (PH, DH), 骨頭壊死と断定 (C, PH+C, RH+C) の 3 群に分類した。それぞれの群において SPECT 所見に基づいて診断を行った場合, 実際の骨頭壊死の存在と比較して, 1) planar 像と結論が同じ, 2) SPECT 像により診断が向上, つまり実際に壊死を伴う骨頭で, planar 像が正常あるいは骨頭壊死と断定できない異常を呈したものの, SPECT が骨頭壊死と断定できる所見を呈した, 3) SPECT

像により偽陽性を生じた, つまり planar 像が正常あるいは骨頭壊死と断定できない異常を呈した正常骨頭が, SPECT 像で骨頭壊死と断定される所見を呈した, の 3 群に分類した。これら planar 像と SPECT 像に基づいた診断結果の関係を比較した。統計学的検討にはカイ 2 乗検定を用いた。

III. 結 果

1. 大腿骨頭壊死症の骨シンチグラフィ所見分類と planar および SPECT 像の診断結果

Planar 像および SPECT 像のいずれにおいても, 提案する 6 つの所見分類法を用いて, それぞれの所見を共通した基準で視覚的に分類することができた。Planar 像の診断においては, 骨頭が均一に中程度の集積増強を呈している印象を受ける症例が存在し, N および DH の区別がやや不明確な症例が存在した。白蓋, 大腿骨頭の解剖学的な重なりは, SPECT 像にて明瞭に分離された。

Table 1 Scintigraphic findings in femoral head avascular necrosis

Findings*	Planar Imaging		SPECT Imaging	
	Necrosis (+)	Necrosis (-)	Necrosis (+)	Necrosis (-)
N	3	16	2	12
C	1	0	3	6
PH+C	2	0	8	0
RH+C	2	0	3	0
PH	9	0	2	0
DH	7	3	6	1

Each number represents the number of femoral heads.

* See Fig. 2 and Fig. 3 for abbreviations

提案する骨シンチグラフィの所見分類と、実際の骨頭壊死存在の有無を比較した結果を示す (Table 1). 骨頭に集積低下あるいは欠損を伴った所見 (C, PH+C, RH+C) を骨頭壊死と断定できる diagnostic な所見とした場合, planar 像の感度は 21%, 特異性は 100% であったのに対し, SPECT 像では感度は 58%, 特異性は 68% であった. 一方骨頭に何らかの異常所見を呈した場合を陽性とした場合は, planar 像の感度は 88%, 特異性は 84% であったのに対し, SPECT 像では感度は 92%, 特異性は 63% となった.

2. SPECT 検査付加による診断結果の変化

Planar 像で骨頭壊死と断定できる所見 (C, PH+C, RH+C) を呈した 5 骨頭は, いずれも実際に骨頭壊死が存在し, 偽陽性は存在しなかった. またこれら 5 骨頭の SPECT 像はいずれも planar 像と同じ分類所見を示した. Planar 像が正常 (N) を示した 19 骨頭のうち, SPECT 所見も正常あるいは骨頭壊死と断定できない異常を呈したものが 11 骨頭, SPECT 所見が骨頭壊死と断定できる所見を呈し骨頭壊死が実際に存在したものが 2 骨頭 (Fig. 4), 逆に SPECT 所見が骨頭壊死と断定できる所見を呈したものの実際には骨頭壊死が存在しなかったものは 6 骨頭であった. 一方 planar 像が骨頭壊死と断定できない異常所見 (PH, DH) を示した 19 骨頭のうち, SPECT 所見も骨頭壊死と断定できない異常あるいは正常所見を呈したものが 12 骨頭, SPECT 所見が骨頭壊死と断定できる所見を示し骨頭壊死が実際に存在したものが 7 骨頭,

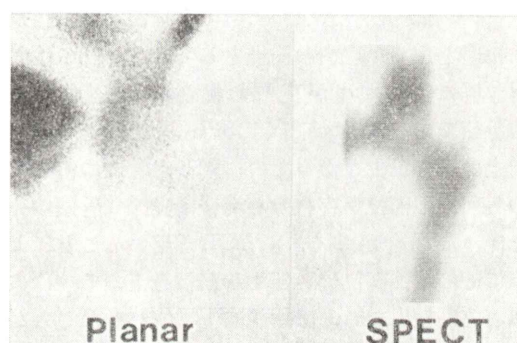


Fig. 4 45-year-old female with systemic lupus erythematosus, bilateral femoral head necrosis. Normal left hip on the planar image. The SPECT image revealed a small photopenic area in the left femoral head. Although SPECT was diagnostic in this case, similar SPECT findings were observed in normal femoral heads (false positive).

逆に SPECT 所見が骨頭壊死と断定できる所見を呈したものの実際には骨頭壊死が存在しなかったものは 0 骨頭であった. つまり planar 像が正常の場合には, SPECT 像の結果により診断の改善が少ないばかりか偽陽性が多くなったのに対し, planar 像が骨頭壊死と断定できない異常を示した場合には SPECT により骨頭壊死診断能が向上した. これら SPECT 像付加による診断能は, planar 像で正常所見を示した骨頭と, 骨頭壊死と断定できない異常を示した骨頭の 2 群で有意な相違を示した ($p < 0.05$).

IV. 考 察

本研究では、planar 像で骨頭に異常集積増強がある場合とない場合で、SPECT 検査付加による大腿骨頭壊死症の診断能が異なる可能性が示された。このように planar 所見に基づいて SPECT 検査の適応を検討した報告は今までにない。SPECT 像は通常 planar 像に引き続いて撮像するため、planar 像の所見より SPECT 検査追加の必要性の有無を検討することは、合理的な診断を行う上で重要であると考えられる。

Planar 像の所見によって SPECT 像の診断結果に相違を生じた理由の一つとしては、今回の検討対象群では planar が正常の場合には、実際に正常骨頭である確率が高く、SPECT 像による診断向上の寄与が少なかったのに対し、骨頭に何らかの集積増強部位が存在する場合は実際に骨頭壊死を伴った場合が多く、SPECT を用いることによってその増強部位に随伴する集積低下あるいは欠損部位が検出でき、診断能向上に寄与したことが考えられる。しかしながら、いずれの状況においても集積低下あるいは欠損検出を目的として SPECT 像の読影を行っているにもかかわらず、骨頭内に存在する集積増強部位の有無によってその検出結果が左右される原因には、視覚的読影における読影者の主観的なバイアスの存在も否定できない。つまり骨頭が正常で局所に明らかな集積増強を認めない場合、読影者は正常骨頭中心部の僅かな集積低下、SPECT 画像中の統計雑音、補正しきれない膀胱アーチファクト等を異常と読影する可能性があり、これが偽陽性を増加させた一因であると思われた。一方局所に集積増加が存在する骨頭では、その集積増加に対応する程度の集積低下あるいは欠損がない限り異常とは断定されなかったため、正常範囲内の僅かな集積低下は異常とは判断されずに、偽陽性を増加させなかったのではないかと推察する。骨頭を通る放射能分布曲線の解析や参照部位との比を求める半定量的な解析などを付加することによってこの主観的なバイアスは改善されるかもしれない。

骨頭壊死の病期と骨シンチグラフィの変化を観察した文献的報告は多い^{1,9,10}。本研究では病期との対比は行っていないが、用いた診断基準のうち、欠損のみを呈する骨頭 (C) は早期の変化に一致し、その後血管および骨新生に伴って集積増加を示すようになり、PH+C および RH+C へ変化すると考えられる。さらに骨頭に変形が強くなり病期が進むと骨頭全体に集積が増強する場合があるが、この段階にいたると進行した変形性股関節症など他の股関節疾患との区別は困難となる。集積低下と増強を考慮して骨シンチグラフィ所見を分類した報告はほかにも散見される^{9,11}。また本研究では、集積低下あるいは欠損を伴っている場合のみを骨頭壊死と断定できる所見としたが、他疾患を除外するため、同様な基準を用いた文献的報告は多い。Collier らはこの基準に基づいて、planar 像および SPECT 像の感度を 55% および 85%、特異性はいずれも 100% と報告している²。一方 Miller らは SPECT 像で感度 58%、特異性 78% としており³、われわれの結果により近い値を報告している。さらに多検出器 SPECT を用いた場合、感度は 88.5% が報告されており⁴、今後の発展が期待されるところである。集積低下あるいは増強のいずれをも異常とした場合、planar 像では、感度 77% から 90%、特異性 75% から 83% が報告されている^{5,6,12}。一方 planar 像および SPECT 像を比較した Stulberg らの報告では¹³、それぞれの感度が 83% および 91%、特異性が 83% および 78% と、SPECT を用いた場合に特異性が低下したことを報告しておりわれわれの結果と一致するが、その理由は明らかにされていない。いずれにしろこれらの研究による検出率の相違は、対象群、検査方法、診断基準等の複数の要因が関与している。

本研究の結果に基づいて、大腿骨頭壊死診断の目的で骨シンチグラフィを施行した場合の SPECT 検査付加の適応について考えたとき、まず planar 像を撮像して骨頭が正常 (N) と診断された場合には、85% (16/19) の割合で骨頭壊死が存在せず、また SPECT 像が偽陽性を呈する可能

性があることより、SPECT 検査は行わない。臨床症状あるいは基礎疾患より依然として強く骨頭壊死が疑われる場合には、直接核磁気共鳴装置にて微細病変の存在の有無を確認することで不要な SPECT 検査を回避できる。Planar 像で骨頭壊死とは断定できない異常 (PH, DH) を認めた場合には、引き続き SPECT 検査を行うことで 37% (7/19) で診断が確定し、核磁気共鳴像等の他の検査の追加が回避される。Planar 像で骨頭壊死陽性と断定できる所見 (C, PH+C, RH+C) を認めた場合は著しく高率 (本研究では 100%) で実際に骨頭壊死を認めたことより、SPECT および核磁気共鳴像のいずれも必要とされない。診断手順に単純 X 線を加えた場合、X 線所見が典型的な所見を呈する症例では、大腿骨頭壊死診断目的のみで核医学的検査および核磁気共鳴装置による検査を行う必要性はさらに低下すると推測される。本研究では、骨頭壊死存在確認の目的で全例に核磁気共鳴像検査を施行したが、実際の臨床診断の場では、不必要な検査を減らし、合理的な診断を行う上で、上記のような検査手順の決定はきわめて重要である。骨頭壊死診断における、単純 X 線、核医学検査、核磁気共鳴像を組み合わせた診断手順の決定は、基礎疾患の有無、臨床症状の有無、治療法適応の有無、検査費用の問題も考慮する必要がある、それらの論議が文献的に報告されている^{6,13,14)}。

V. 結 語

本研究では、非外傷性大腿骨頭壊死症診断の目的で施行された骨シンチグラフィにおける所見分類、検出率、SPECT の有用性を検討した。Planar 像の所見に基づいて SPECT 検査の付加を決定することで、大腿骨頭壊死症をより合理的に診断できる可能性を示した。

謝辞：千葉大学整形外科清水耕先生、放射線科市川智彦先生の本研究に対するご援助に感謝いたします。

文 献

- 1) Stromqvist B, Brismar J, Hansson LI: Emission tomography in femoral neck fracture for evaluation of avascular necrosis. *Acta Orthop Scand* **54**: 872-877, 1983
- 2) Collier BD, Carrera GF, Johnson RP, Istiman AT, Hellman RS, Knobel J, et al: Detection of femoral head avascular necrosis in adults by SPECT. *J Nucl Med* **26**: 979-987, 1985
- 3) Miller IL, Savory CG, Polly DW Jr, Graham GD, McCabe JM, Callaghan JJ: Femoral head osteonecrosis. Detection by magnetic resonance imaging versus single-photon emission computed tomography. *Clin Orthop* **247**: 152-162, 1989
- 4) Kim KY, Lee SH, Moon DH, Nah HY: The diagnostic value of triple head single photon emission computed tomography (3H-SPECT) in avascular necrosis of the femoral head. *Int Orthop* **17**: 132-138, 1993
- 5) Mitchell DG, Rao VM, Dalinka MK, Spritzer CE, Alavi A, Steinberg ME, et al: Femoral head avascular necrosis: correlation of MR imaging, radiographic staging, radionuclide imaging, and clinical findings. *Radiology* **162**: 709-715, 1987
- 6) Beltran JB, Herman LJ, Burk JM, Zuelzer WA, Clark RN, Lucas JG, et al: Femoral head avascular necrosis: MR imaging with clinical-pathologic and radionuclide correlation. *Radiology* **166**: 215-220, 1988
- 7) Gillen GJ, McKillop JH, Hilditch TE, Davidson JK, Elliott AT: Digital filtering of the bladder in SPECT bone studies of the pelvis. *J Nucl Med* **29**: 1587-1595, 1988
- 8) Krasnow AZ, Collier BD, Peck DC, Hellman RS, Dellis CJ, Kir KM, et al: The value of oblique angle reorientation in SPECT bone scintigraphy of the hips. *Clin Nucl Med* **15**: 287-292, 1990
- 9) Miki T, Yamamura T, Okumura H, Ueo T, Kasai R, Yamamoto I: Scintigraphy in nontraumatic femoral head necrosis. *Acta Orthop Scand* **58**: 375-378, 1987
- 10) Ruland LJ III, Wang GJ, Teates CD, Gay S, Rijke A: A comparison of magnetic resonance imaging to bone scintigraphy in early traumatic ischemia of the femoral head. *Clin Orthop* **285**: 30-34, 1992
- 11) Dodig D, Ugarkovic B, Orlic D: Bone scintigraphy in idiopathic aseptic femoral head necrosis (IAFHN). *Eur J Nucl Med* **8**: 23-25, 1983
- 12) Mitchell DG, Kundel HL, Steinberg ME, Kressel HY, Alavi A, Axel L: Avascular necrosis of the hip. *AJR* **147**: 67-71, 1986
- 13) Stulberg BN, Levine M, Bauer TW, Belhobeck GH, Pflanze W, Feiglin DH, et al: Multimodality approach to osteonecrosis of the femoral head. *Clin Orthop* **240**: 181-193, 1989
- 14) Bunker SR: Avascular necrosis of the hip. *AJR* **147**: 1332, 1986

Summary

Nontraumatic Femoral Head Necrosis: Classification of Bone Scintigraphic Findings and Diagnostic Value of SPECT Following Planar Imaging

Satoshi MINOSHIMA, Yoshitaka UCHIDA, Yoshimi ANZAI,
Kimiiichi UNO and Noboru ARIMIZU

Department of Radiology, Chiba University School of Medicine

This study was conducted to determine bone scintigraphic findings in nontraumatic femoral head avascular necrosis and diagnostic value of SPECT imaging following a conventional planar imaging. Forty-three femoral heads in twenty-six cases with idiopathic femoral head necrosis (n=2), systemic lupus erythematosus (n=22), aplastic anemia (n=1), and renal transplantation (n=1) were studied. The diagnosis for femoral head necrosis was based on magnetic resonance imaging as well as other diagnostic studies in all cases. Scintigraphic findings of planar and SPECT images were classified into six categories: normal (N); cold or decrease (C); partial increase with cold or decrease (PH+C); ring-like increase with a cold center (RH+C); partial increase (PH); diffuse and/or irregular increase (DH). Avascular necrosis was confirmed in twenty-four femoral heads, in which planar and SPECT images showed scintigraphic findings of N (n=3, 2), C (n=1, 3), PH+C (n=2, 8), RH+C (n=2, 3), PH (n=9, 2), and DH (n=7, 6), respectively. Femoral heads without avascular necrosis demon-

strated planar and SPECT findings of N (n=16, 12), C (n=0, 6), and DH (n=3, 1), respectively. When considering C, PH+C, and RH+C as diagnostic findings for avascular necrosis, sensitivities of planar and SPECT images were 21% and 58%, and specificities were 100% and 68%, respectively. In nineteen femoral heads with normal planar findings (N), SPECT correctly identified avascular necrosis in two femoral heads and misidentified six normal femoral heads as avascular necrosis. In nineteen femoral heads with nondiagnostic abnormalities (PH, DH), SPECT correctly identified avascular necrosis in seven femoral heads and showed no false positive. Diagnostic planar findings in five femoral heads were concordant with SPECT diagnosis. These results indicate that SPECT imaging is most valuable when planar images show nondiagnostic abnormalities based on the proposed classification of scintigraphic findings.

Key words: Bone scintigraphy, Avascular necrosis, Femoral head, Single-photon emission computed tomography.