

リレー講座

専門医試験から学ぶ核医学の基礎と最近の話題

Vol. 1. 骨シンチグラフィ

Basic Knowledge and recent topics of Nuclear medicine learned from the certification examination.
Vol.1. Bone scintigraphy

久慈 一英 KUJI Ichiei

Key Words : bone scan, Japanese Nuclear Medicine Board examination, basic clinical nuclear medicine

《骨シンチグラフィの臨床基本事項》

骨シンチグラフィの臨床的目的は、主に骨転移検索にある。集積変化自体は造骨代謝を反映するので、疾患特異的な検査ではないが、SPECT/CTなど解剖学的画像と組み合わせることによって、診断特異性を向上させることができる。全身像のみでも造骨性病変の感度は非常に高い。骨シンチグラフィでは骨のハイドロキシアパタイトに化学吸着するリン酸化合物が利用されている。日本で用いられている放射性医薬品は、 ^{99m}Tc -MDPと ^{99m}Tc -HMDPの2種類である。MDPとHMDPは同等の画像が得られるが、HMDPがややバックグラウンドのクリアランスが早いとされる。PETでは、 ^{18}F -NaFが骨PET製剤として応用可能だが、まだ研究利用のみである。PETの画質や感度はSPECTよりも高いが、コスト面と利用可能施設の面で、未だにSPECTのメリットも大きい。

骨転移のうち溶骨性転移では感度が低くなり、骨梁間型転移ではほとんど検出できない。検出能については、溶骨性骨転移ではFDG-PETが優れるが、造骨性骨転移では骨シンチグラフィが優るとされる。造骨性骨転移の多い前立腺癌や乳癌では、骨シンチグラフィが現在でもよく利用されている。骨転移のタイプによって使い分けするのが賢い利用法である。

通常、成人には555~740MBq投与し、2-3時間後に排尿してから撮像する。15歳以下の小児では、日本核医学会から示されている小児投与量ガイドラインに従って体重に応じて投与量を減らす。

読影には、正常像を熟知する必要がある。小児では、成長期に骨端線が高集積となる。また、加齢につれて脊椎骨などに退行変性が多くなるので、骨転移と区別することが重要である。一般的に、骨転移は椎体の内部にあり、辺縁部は退行変性が多い。骨転移は、骨破壊性変化や造骨性変化を確認する必要がある。骨転移は、赤色髄に多いので、病変の分布も重要である。

疾患に特徴的な所見として、super bone scan, absent kidney sign, double stripe sign, shin splint, Honda signなどがある。また、副甲状腺機能亢進症、骨軟化症、アミロイドーシス、肥厚性骨関節症、SAPHO症候群、反射性交感神経性ジストロフィー(RSD)、線維性骨異形成症、類骨骨腫、骨肉腫など特徴的な疾患の骨シンチグラムを診断する必要がある。全てを解説できないので、画像を参照しながら要点を整理しておく必要がある。

《過去問題から》

実際に過去5年間の第14回から第18回核医学専門医試験問題からテーマ別に主な内容を見てみよう。

1. 放射性医薬品と集積機序、検査方法

問題 次のうち、誤っているのはどれか。1つ選べ。

[第14回問39]

- 骨シンチグラフィ製剤は、造骨の盛んな部位に集積する。
- 骨シンチグラフィ製剤は、ビスフォスフォネート製剤の一種である。

埼玉医科大学国際医療センター核医学科 〒350-1298 埼玉県日高市山根1397-1

TEL : 042-984-4147 FAX : 042-984-4665 Mail : kuji@saitama-med.ac.jp

Department of Nuclear Medicine

Saitama Medical University International Medical Center

- c. 骨シンチグラフィ製剤は、異所性石灰化部にも集積する。
- d. ^{18}F -FDG 製剤は、造骨型の骨転移の検出に優れている。
- e. ^{18}F -NaF は、骨シンチグラフィ製剤の一つである。

正解：b

放射性医薬品と集積機序については、基本事項である。放射性医薬品はリン酸化合物で、造骨性の盛んな病変に集積する。ハイドロキシアパタイトに化学吸着するとされ、異所性石灰化やある種のアミロイドにも結合する。

問題 腫瘍・炎症の検査で用いる放射性医薬品と投与から撮像までの一般的なタイミングの組み合わせで誤っているものはどれか。1つ選べ。[第17回問33]

- a. 神経内分泌腫瘍疑いに対する ^{111}In -pentetreotide 4時間後と24時間後
- b. 褐色細胞腫疑いに対する ^{123}I -MIBG 6時間後と24時間後
- c. 骨転移検索に対する $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -(H)MDP 1日後
- d. 不明熱に対する ^{67}Ga -citrate 2-3日後
- e. 副腎腫瘍に対する ^{131}I -アドステロール 1週間後

正解：c

検査方法や投与量についても実務上は重要なので押さえておく。骨に集積し、バックグラウンドの放射能が減るためには、放射性医薬品を成人では555-740MBq投与し、投与2-3時間後の撮像が適正である。1日後では $^{99\text{m}}\text{Tc}$ がほとんど減衰して良い画像にならない。

問題 3相骨シンチグラフィに関して誤っているのはどれか。1つ選べ。[第15回問38]

- a. RIをボラスで勢いよく静注する。
- b. 血液プール相はRI投与5分後に撮像する。
- c. 骨相撮像の少なくとも30分前までに排尿させる。
- d. 病変部の血流を評価できる。
- e. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDPは $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMDPよりバックグラウンドの低下が遅い。

正解：c

3相骨シンチグラフィは、放射性医薬品をボラス注入して直後から早期血流相、5分後から10分まで血液プール相、2-3時間後に遅延相(骨相)を経時的に撮像することにより、炎症病変など血流増加が強い病変を鑑別することができる。排尿は骨相撮像の直前で良い。反射性交感神経性ジストロフィーは外傷等により四肢血管の交感神経調

節が異常となる病態で、血流亢進が主な集積変化の原因と考えられる。[第17回問42]で出題されている。

2. 生理的集積と異常集積

骨以外の集積には尿路系の尿放射能がある。頭蓋の縫合や骨端線の集積が生理的に見られる。骨転移以外に、慢性副鼻腔炎や骨髄炎、骨折、退行変性、外傷性変化、骨梗塞、骨外集積などカルシウム代謝と関連した種々の病変に集積する。カルシウム代謝異常を来す疾患では特徴的な骨集積分布変化を認めることが多いので出題も多い。

問題 図1に示した骨シンチグラムの所見や解釈として正しいのはどれか。1つ選べ。[第16回問39]

- a. 肋骨に多発する異常集積がある。
- b. 年齢30歳以下である。
- c. 検査前排尿が不十分である。
- d. 上腕骨幹端部異常集積がある。
- e. Absent kidney signである。

図1



正解：b

骨端線が明瞭に描出されるのは、成長期の16歳頃までである。成人では骨端線は描出されない。肋骨前端部は肋軟骨移行部で集積がやや高い。外傷性変化を来しやすい。腎皮質が淡く見えれば正常である。

3. 特徴的な骨シンチグラム

問題 骨シンチグラフィでsuper bone scan(びまん性集積増加)所見として認められることが多いのはどれか。1つ選べ。[第14回問38]

- a. 骨粗鬆症
- b. 骨軟化症
- c. 二次性副甲状腺機能亢進症

- d. 肺性肥厚性骨関節症
- e. SAPHO 症候群

正解：c

super bone scan は進行した骨転移だけではなく、副甲状腺機能亢進症など全身の骨代謝亢進で認められることもある。骨集積が全体に亢進して相対的に腎描出が不明瞭化した場合をいう。骨軟化症では、病的骨折が多発するので参考になる。SAPHO 症候群では、胸肋鎖関節の集積増加の他に骨髄炎を伴うことがある。

問題 50歳代、女性。右肺癌、肺内転移、縦隔、頸部、腹部リンパ節転移がある。上大静脈症候群があり放射線治療中である。四肢に疼痛があり、骨転移の検索のため骨シンチグラフィが施行された(図2)。診断で正しいのはどれか。1つ選べ。[第15回問37]

- a. びまん性骨転移
- b. 副甲状腺機能亢進症
- c. 多発骨折
- d. 肺性肥厚性骨関節症
- e. 線維性骨異形成症

図2



正解：d

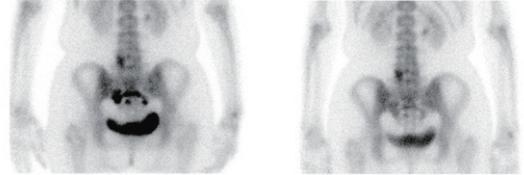
画像で下肢長管骨の左右対称性の骨皮質集積増加が明らかであり、肥厚性骨関節症の典型的画像である。腎臓は描出されているので、super bone scan ではない。肥厚性骨関節症は、肺癌や慢性肺疾患、右左シャントを合併した慢性心疾患などで見られる。左右対称性に骨皮質で優位な集積の増強が起こる。四肢など長管骨では、皮質が2重に見えるため、parallel track sign や double stripe sign などと呼ばれる。

問題 60歳代、女性。3年前に乳癌の手術を受け、無治療で経過観察中。骨転移の検索目的で、骨シンチグラフィが施行された。骨シンチグラム後面像(図3左)、その10ヶ月後の骨

シンチグラム後面像(図3右)を示す。適切な診断はどれか。1つ選べ。[第15回問56]

- a. 骨転移
- b. 腰椎圧迫骨折
- c. 仙骨不全骨折
- d. 仙腸関節炎
- e. 衣服への尿の付着

図3



正解：c

画像で仙骨に左右方向に集積増加があり、経時的に改善している。仙骨に左右水平に異常集積を認める場合は仙骨脆弱性(不全)骨折の可能性が高い。Honda sign と呼ばれる。尾骨ではしりもち骨折が類似した所見を認める。

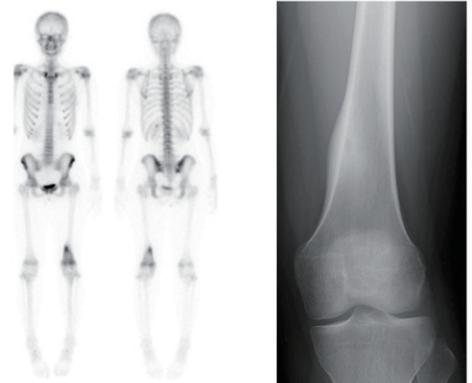
3. 限局性骨病変

良性骨病変でも、線維性骨異形成症、類骨骨腫など高集積となる病変が重要で、悪性腫瘍と間違えないようにしたい。骨疾患は好発年齢が参考になる。

問題 10歳代、女性。左膝の痛みにて外来受診し、施行された左膝の単純X線写真と全身骨シンチグラフィを示す(図4)。解釈として正しいものはどれか。1つ選べ。[第18回問56]

- a. Ewing 肉腫が鑑別に挙がる。
- b. 骨肉腫が鑑別に挙がる。
- c. 骨端線は完全に閉じている。
- d. 左大腿骨の良性病変が疑われる。
- e. 針生検が必要と考えられる。

図4



正解：d

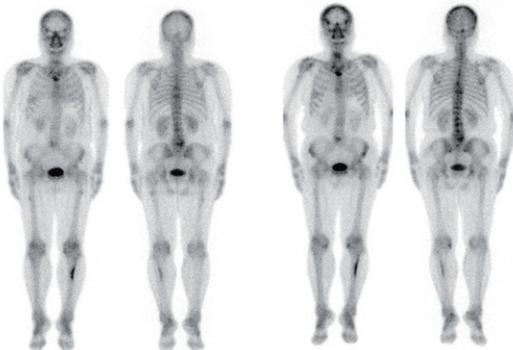
異常集積から左大腿骨遠位部の病変である。X線単純写真をよくみると病変は、内側骨皮質にあり、骨皮質の肥厚があるが、悪性の骨膜肥厚はない。中心部に透亮像がある。異常集積も大腿骨遠位骨幹部内側に強い部位がある。透亮像がナイダスとわかれば、類骨骨腫と診断できる。本疾患は炎症が強いと病変周囲の集積も上昇する。骨端線が保たれていることに注意する。画像で診断できる良性疾患なので、生検は不要である。痛みが強くと、NSAIDsでコントロール不良な場合は手術する場合もある。

4. 非定型骨折・骨壊死

60歳代、女性。乳癌、多発骨転移と診断され、ビスホスホネート製剤が数年以上投与されている。経過観察目的に骨シンチグラフィが施行された(図5左)。1年前の骨シンチグラフィ(図5右)と比較して、まず行うべき対処として正しいのはどれか。1つ選べ。[第16回問56]

- 抗癌剤治療再開を検討する。
- ^{18}F -FDG PET 検査を追加する。
- 両側大腿骨への放射線治療を行う。
- ビスホスホネート製剤を休薬する。
- 両側大腿骨の髓内固定術を施行する。

図5



正解：d

左脛骨外側皮質に局限した異常集積集積を認め、変化が乏しい。骨転移とは異なる異常所見である。骨シンチグラフィは、骨髄炎や骨壊死の診断にも有用である。ビスホスホネート製剤の顎骨壊死が有名であるが、長期投与で大腿骨など長管骨での非定型骨折を生じることがある。骨転移とは異なる骨病変を認めた場合は指摘する。進行すると治療が困難なので早期発見が重要である。治療が可能であれば投与中止あるいは休止である。

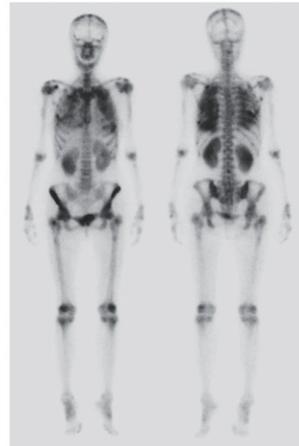
5. 骨外集積

骨外集積は、診断に役立つこともあるので知識が重要である。骨外カルシウム沈着を来す疾患が相当するが、透析などに伴う高カルシウム血症に伴う異所性石灰化、アミロイドーシス、横紋筋融解、炎症、悪性腫瘍など軽度の場合も含めれば多い。

問題 図6に示した全身骨シンチグラフィの所見や解釈として、誤っているものはどれか。1つ選べ。[第17回問40]

- 骨外集積がある。
- super bone scan である。
- 患者は成人である。
- 腎実質の集積が高い。
- 関節集積増加がある。

図6



正解：b

肺の異所性集積があり、透析に伴う異所性石灰化が考えやすい。関節や腎集積も増加している。透析アミロイドーシスが疑われる。腎集積は認められるので、super bone scan とはいいがたい。関節周囲の集積はあるが、骨幹端集積ではないので成人と考えられる。

《最近の話題》

骨シンチグラフィの骨病変の評価を定量的に行う手法が臨床応用されている。Bone scan index (BSI)は、全身像にて中心骨のうち骨病変の占める面積の割合(%)を定量化する方法である。自動解析ソフトウェアも開発されており、前立腺癌など造骨性骨転移の骨転移腫瘍量を測定する臨床的指標としてエビデンスが確立してきている。もう1つのアプローチとして骨集積度をFDG-PETのようにSUV (standardized uptake value) で評価

しようとする試みもある。SUV 値は造骨性バイオマーカとして応用可能性が示されている。例えば、造骨性の高い前立腺癌骨転移病変と比較して、退行変性部の集積度が低いため、活動性の骨転移病変と退行変性はSUVである程度区別可能である。小児の成長速度と骨幹端集積度の相関が示されている。SUV 定量については、対応する高精

度のSPECT/CTで測定することで臨床利用可能となった。このように、古くはプラナー像から始まった骨シンチグラフィにおいて、新たな定量値が画像バイオマーカとして応用されつつある。核医学専門医としては、これらの新しい定量法についても親しんでいく必要がある。