



Title	仙骨のinsufficiency fractureのMR imaging-その特徴と骨転移との鑑別について-
Author(s)	中原, 信哉; 上谷, 雅孝; 林, 邦昭
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1995, 55(5), p. 281-288
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/17479
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

仙骨の insufficiency fracture の MR imaging

— その特徴と骨転移との鑑別について —

中原 信哉 上谷 雅孝 林 邦昭

長崎大学医学部放射線医学教室

はじめに

ストレス骨折 (stress fracture) は骨の同一部位に小さな外力が繰り返して加わることによって生じる骨折であり、その発生要因から2つのタイプに分類される。1つは正常な弾性抵抗を有する骨に対して、生理的な範囲を逸脱した過剰な筋力が反復して加わることによって生じる疲労骨折 (fatigue fracture) で、もう1つはさまざまな要因で弾性抵抗が減少した骨に対して生理的な範囲内の筋力の反復によって生じる insufficiency fracture である。前者は運動選手などによく見られ、後者は骨粗鬆症や放射線照射後の患者などに見られる。特に後者が仙骨に生じた場合、骨シンチで特徴的な高集積の分布をもつことが報告されている¹⁾⁻⁷⁾、MRI については我々が調べた限りまだ少数の報告しかない^{4),5),8),9)}。今回我々は MRI で描出しえた仙骨の insufficiency fracture (以下、IF) 7例を経験したので、その MRI を中心に、単純 X 線写真、骨シンチ、CT も加えて検討した。また、IF は悪性腫瘍の骨転移との鑑別がしばしば問題となるが、仙骨への骨転移と考えられた7症例とも比較検討した。

insufficiency fracture の日本語訳として、“不全骨折”や“偽骨折”などが過去の文献⁶⁾に見られる。しかし、前者は incomplete fracture の訳語として、後者は骨軟化症の際に見られる pseudofracture の訳語として使用されており、どちらも適当とは思われない。また insufficiency fracture は、弾性抵抗が減少した正常ではない骨に生じるため広義には“病的骨折”に含まれるが、“病的骨折”すなわち pathologic fracture という用語は、骨腫瘍または感染による骨折を指すのが一般的である¹⁰⁾。結局、insufficiency fracture に対する一般的に認められている日本語訳はないというのが現状と思われる。そのため本論文では insufficiency fracture (IF) と原語のまま使用することとする。

Magnetic Resonance Imaging of Sacral Insufficiency Fractures: Characteristic Features and Differentiation from Sacral Metastasis

Nobuya Nakahara, Masataka Uetani and Kuniaki Hayashi

Seven patients with sacral insufficiency fractures and seven patients with sacral metastasis were studied with MR imaging. The diagnoses were confirmed with other imaging modalities and clinical follow-up.

The insufficiency fractures appeared as bands of abnormal signal: low signal intensity on T1-weighted images and slightly low to iso signal intensity on T2-weighted images. The lesions were delineated better on T1-weighted images than on T2-weighted images. The sacral alae were involved in all patients; five patients had bilateral lesions. The lesions that run across the sacral body were seen in three cases. Inclined coronal images were useful in demonstrating the pattern of distribution of the sacral insufficiency fractures. In three patients with follow-up MR studies, the lesions were markedly reduced or disappeared.

The sacral metastatic tumors were of low signal in intensity on T1-weighted images and iso to high signal in intensity on T2-weighted images. The extent and distribution patterns of the lesions were various.

It is possible to differentiate sacral insufficiency fractures from sacral metastases based on their distribution patterns on MRI. However, if the diagnosis is uncertain or if the symptoms persist or become worse, follow-up MR studies may be necessary.

Research Code No. : 505

Key words : Insufficiency fracture, Stress fracture, MR imaging, Sacrum

Received Mar. 9, 1994; revision accepted Apr. 21, 1994

Department of Radiology, Nagasaki University, School of Medicine

Table 1 Data in 7 patients with sacral insufficiency fracture

Case	Age	Sex	Past Illnesses /Treatment	Plain X-ray Findings	CT Findings	Distribution of IF	Duration of Follow-up & Present Symptom
1	58	F	Uterine cancer / Rad.therapy & Chemotherapy	Sclerosis	Sclerosis Fracture line		56 months Decreased lumbago
2	63	F	Uterine cancer / Rad.therapy & Chemotherapy	Sclerosis	-----		16 months Pain free
3	61	F	Tongue cancer / Rad.therapy (oral cavity) & Chemotherapy Osteomalacia	Normal	Sclerosis		15 months Pain free
4	65	M	Malignant RA / Steroid therapy	Normal	-----		18 months Decreased lumbago
5	61	F	HCC with bone meta / Chemotherapy Osteoporosis	Sclerosis	-----		9 months Persistent lumbago
6	81	F	Uterine cancer Osteoporosis	Sclerosis	Sclerosis Fracture line		3 months Persistent buttock pain
7	67	F	Diabetes mellitus	Sclerosis	-----		4 months Decreased buttock pain

Abbreviations : IF=insufficiency fracture, RA=rheumatoid arthritis
HCC=hepatocellular carcinoma

対象と方法

対象は、1989年6月から1993年8月までの期間に長崎大学医学部附属病院およびその関連病院でMRIによってIFと診断された7症例と同時期に仙骨への転移と診断された7症例である。IFの7症例 (Table 1) について、男女の内訳は男性1例、女性6例で、年齢は58歳から81歳 (平均: 65.1歳) であった。IFの診断は、従来報告されている骨シンチにおける仙骨体部、両側または片側の仙骨翼の特徴的な高集積の分布、単純写真またはCTで見られる線状または帯状の骨硬化像や骨折線に基づいた。骨シンチと単純写真は全例に、CTは3例 (Case 1, 3, 6) に施行され、これらのうち少なくとも1つの検査で陽性所見が得られた。経過観察は3カ月から56カ月間行われ、IFと診断された部位には腫瘍性病変を認めなかった。また、経過観察中に再度MRIが行われたものは3例 (Case 1, 4, 5) である。生検の行われた症例はない。

基礎疾患としては悪性腫瘍5例 (Case 1, 2, 3, 5, 6)、骨軟化症 (Case 3)、悪性関節リウマチ (Case 4)、糖尿病 (Case 7) 各1例であった。骨盤部に外照射を受けたものは子宮頸癌の2例 (Case 1, 2) で、ともに総線量50Gyであった。ステロイド投与歴のあるものは悪性関節リウマチの1例 (Case 4) であった。MRIが行われた理由は、5例 (Case 1, 2, 3, 5, 6) には悪性腫瘍が基礎疾患としてあり、骨シンチで骨盤に高集積が見られたため、1例 (Case 4) は下肢痛があり、ヘルニアなどの脊椎疾患が疑われたため、1例 (Case 7) は単純写真と骨シンチで骨盤に多発性の病変を認め、骨転移が疑われたためであった。また、全例外傷の既往は明らかでなかった。

仙骨転移の7症例は、男性5例、女性2例で、年齢は56歳から72歳 (平均: 61.1歳) であった。原発の悪性腫瘍は、直腸癌2例、前立腺癌2例、肺癌、乳癌、肝細胞癌が各1例ずつであった。

使用機種は、IFの症例がGE社SIGNA 1.5T、GE社RESONA 0.5T、日立MRP 0.2T、仙骨転移の症例がGE社SIGNA 1.5T、GE社RESONA 0.5T、東芝MRT-200 1.5T、東芝MRT-50A 0.5Tである。撮像法は、Spin-Echo (SE) 法 T1 強調像 (TR/TE=450~750msec/15~30msec) と T2 強調像 (TR/TE=2000~2500msec/80~110 msec)、撮像断面は横断、矢状断および冠状断で、IFを疑われた症例は、仙骨に平行な傾斜冠状断を追加した。スライス厚は5~10mm、スライス間隔は0~5mmである。IFの症例のうち1例 (Case 4) には長方形の表面コイル (15.24cm×27.94cm) を使用した。

MRIはT1強調像およびT2強調像における病変の形態と分布、病変の描出能、病変部の信号強度について検討した。加えて、経過観察中に再度MRIを施行した3例 (Case 1, 4, 5) で、病変の分布と信号強度を初回のMRIと比較した。初回のMRIと再検時のMRIとの期間は41カ月 (Case 1)、18カ月 (Case 4)、6カ月 (Case 5) で

あった。また、IFとの鑑別診断として最も重要と思われる骨転移のMRIと病変の分布および信号強度について比較検討した。

結 果

Table 1に骨シンチで見られた各症例の仙骨および他の骨盤骨のIFの分布を示す。いずれの症例も仙腸関節に平行に仙骨翼を縦走する高集積があり、両側に見られたものが5例 (Case 2, 4, 5, 6, 7)、片側性が2例 (Case 1, 3) であった。3例 (Case 1, 4, 6) には仙骨体部にも横走する高集積を認めた。仙骨のほかには恥骨に4例 (Case 1, 2, 6, 7)、坐骨に2例 (Case 6, 7)、腸骨に2例 (Case 3, 7) 病変を認めた。単純X線写真では骨硬化像が5例 (Case 1, 2, 5, 6, 7) に見られたが、骨折線は認めなかった。CTが行われた3例 (Case 1, 3, 6) では、全例に仙骨翼の骨硬化像が見られ、そのうち骨折線を指摘できたものは2例 (Case 1, 6) であった。

MRIでは、全例骨シンチの高集積に一致して、仙骨翼を縦走および仙骨体部を横走する帯状の異常信号域が認められた。信号強度については、T1強調像で骨髄に比べ低信号、T2強調像で骨髄に比べ低~等信号を呈した。また、病変内部の信号がT2強調像ではT1強調像に比較して不均一だった。病変の分布の認識は、T1強調像がT2強調像に比べて容易であった。特に仙骨に平行な傾斜冠状断は病変の分布を見るのに有用であった (Fig. 1 (B), Fig. 2 (C))。仙骨周囲の軟部組織に関しては1例 (Case 1) で仙骨前面にT1およびT2強調像で低信号を呈する病変が見られたが、経過観察で変化なく子宮全摘後の瘢痕と考えられた。その他の症例では軟部組織に異常を認めなかった。骨折線の認識はMRIでは困難で、CTで骨折線が認められた2例でもMRI上は骨折線が認められなかった。再度MRIを施行された3例 (Case 1, 4, 5) のうち1例 (Case 1) は病変が消失し、正常骨髄の信号強度を呈し、残る2例 (Case 4, 5) も病変が縮小し、線状の低信号域を見るのみとなっていた。

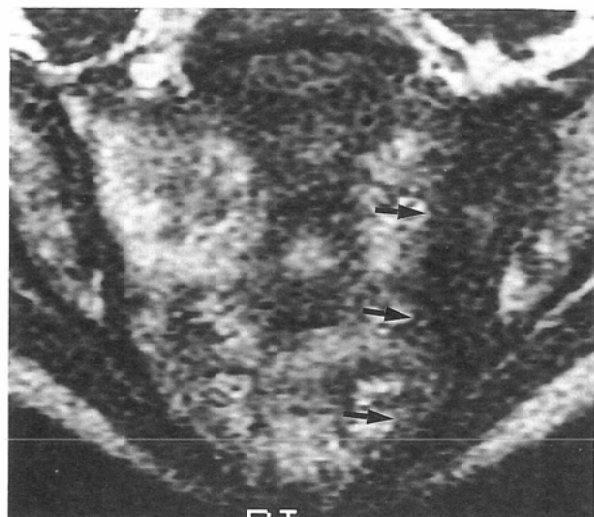
症 例

[Case 3 (Fig. 1)] 61歳女性。1991年2月、舌腫瘍にて放射線および化学療法が行われた。1991年10月頃より腰痛、肋骨部痛が出現し、徐々に増悪した。血清Ca、Pの低下があり、骨軟化症の診断を受けた。

骨シンチでは、左仙骨翼に帯状の高集積を認めたが、単純X線写真では異常を指摘できなかった。CT (Fig. 1 (A)) では左仙骨翼に骨硬化像が見られたが、骨折線は指摘できなかった。MRIでは、T1強調像で左仙骨翼に帯状の低信号域が見られ、特に仙骨に平行な傾斜冠状断像 (Fig. 1 (B)) では、IFの分布および範囲が明らかであった。T2強調像では骨髄と比べて低信号を呈したが、T1



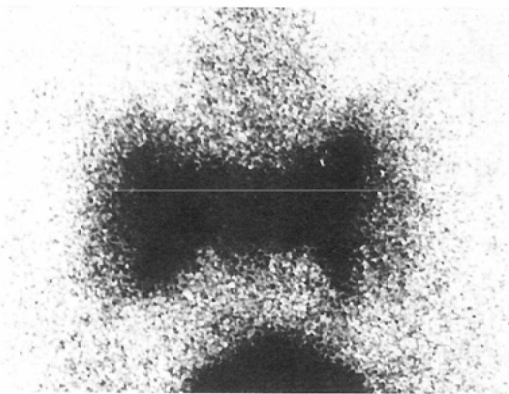
(A) CT scan shows sclerosis in the sacral ala on the left (arrowheads). But no fracture line is seen.



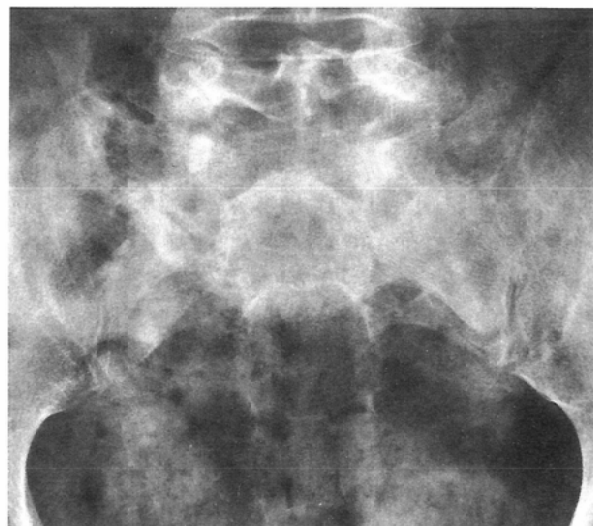
(B)

(B) On an inclined-coronal T1-weighted (SE 500/40) image, the whole distribution of insufficiency fracture is demonstrated as a low signal intensity band (arrows) in the sacral ala on the left, parallel to the sacroiliac joint.

Fig. 1 Case 3. 61-year-old woman



(A) A posterior view of the pelvis on bone scintigram shows increased activity within the sacral alae and body of the sacrum, demonstrating the "H" pattern of insufficiency fracture.



(B) A plain radiograph of the sacrum shows no abnormality.



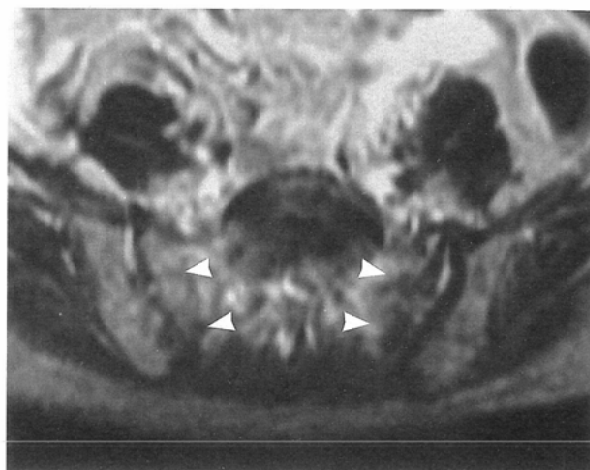
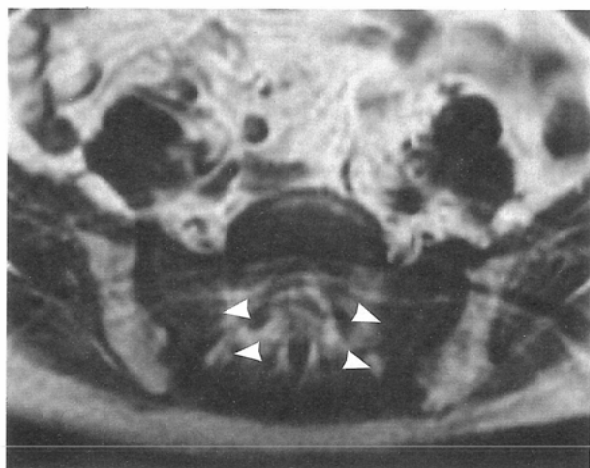
(C) An inclined-coronal T1-weighted (SE 600/20) image demonstrates the "H" shaped low signal intensity bands (arrowheads) in the sacrum.

Fig. 2 Case 4. 65-year-old man

強調像ほど差はなく、内部の信号も不均一となり、T1強調像と比べ病変が不明瞭であった。

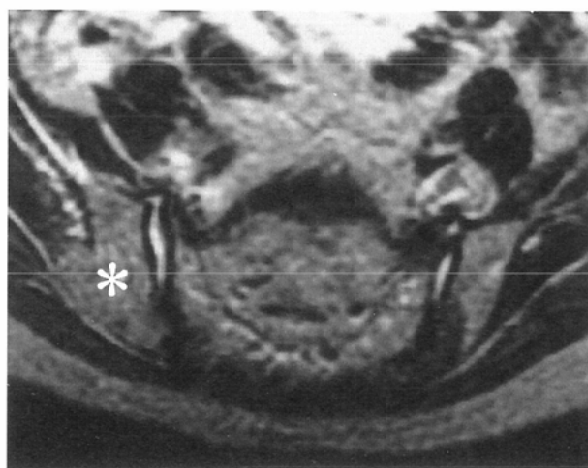
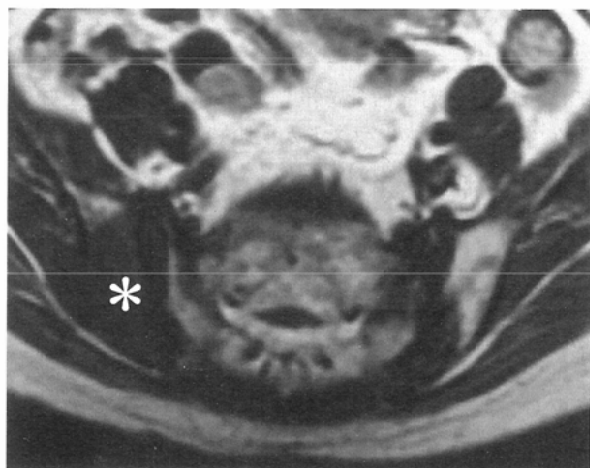
〔Case 4 (Fig. 2)〕 65歳男性。1973年頃、発熱、関節痛が出現。悪性関節リウマチを疑われ、ステロイド投与を受けていた。1992年1月、血沈亢進および抗核抗体価の上昇を認め、3月には下肢痛、発熱が出現した。

骨シンチ (Fig. 2 (A)) では仙骨にH型の高集積を認めた。単純X線写真正面像 (Fig. 2 (B)) では、腸管ガ



(A) An axial T1-weighted (SE 500/30) image shows low signal intensity bands (arrowheads) in the sacral alae, paralleling both sacroiliac joints.

(B) An axial T2-weighted (SE 2000/80) image demonstrates iso (right side) and slightly low (left side) signal intensity bands in the sacral alae (arrows).



(C) A follow-up axial T1-weighted (SE 500/20) image, 6 months after the initial MRI, shows low signal intensity lines in the bilateral sacral alae. The area of low signal intensity bands is markedly reduced. But a new lesion with low signal intensity (asterisk) has appeared in the iliac bone on the right, extending into the soft tissue.

(D) On a follow-up axial T2-weighted (SE 2000/80) image, the abnormal signal intensity bands have disappeared in the both sacral alae. The iso-intense area (asterisk) extending into the muscle has appeared in the iliac bone on the right.

Fig. 3 Case 5. 61-year-old woman

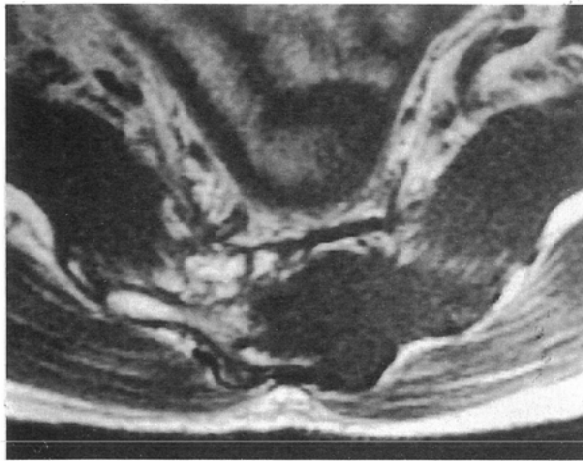
スとの重なりもあり、異常の指摘は困難であった。MRIのT1強調傾斜冠状断像 (Fig. 2 (C)) では、骨シンチの集積に一致するH型の低信号域が見られ、IFの分布の把握が容易であった。

〔Case 5 (Fig. 3)〕 61歳女性。1992年4月CTにて多発性肝細胞癌を指摘され、肝動脈塞栓術を施行された。1992年11月頃より右鼠径部痛、仙骨痛、恥骨部痛が出現してきた。

骨シンチでは、両側の仙腸翼とともに右恥骨、胸椎、右大腿骨に高集積を認めた。MRIでは、T1強調横断像 (Fig. 3 (A)) で両側仙骨翼に帯状の低信号域、T2強調像 (Fig. 3 (B)) で同部は骨髄と同程度ないしはわずかに低信号を呈した。本症例でもT1強調傾斜冠状断像で、両側仙骨翼を縦走する病変の範囲が明瞭であった。

その後、患者は、経過観察されていたが、症状の改善が見られず、6カ月後に、再度MRIが行われた。両側仙骨翼の信号は、T1強調横断像 (Fig. 3 (C)) では線状の低信号域となり、T2強調横断像 (Fig. 3 (D)) ではほぼ正常骨髄と同様の信号を呈し、IFは改善しているものと考えられた。しかし、右腸骨に軟部組織にまで進展した異常信号域が出現しており、右腸骨への転移が示唆された。

仙骨転移の症例は、IFとは異なり、種々の形態をとり、骨破壊を伴い軟部組織に進展するもの、骨破壊は明らかでないが、仙骨翼から体部まで不規則に病変が広がるもの、仙骨翼または体部に類円形の病変を呈するものなどであった。信号強度は、我々の7症例では、T1強調像で骨髄よりも低信号を呈したが、T2強調像では骨髄よりも等～高信号を呈した。



(A) An axial T1-weighted (SE 500/30) image demonstrates a low signal intensity area in the inferior sacrum on the left, extending into the soft tissue.



(B) An axial T2-weighted (SE 2000/80) image shows a high signal intensity area in the same region.

Fig. 4 63-year-old man with sacral metastasis due to rectal cancer

Fig. 4 は、直腸癌の63歳男性である。T1強調横断像 (Fig. 4 (A)) で、仙骨下部に仙骨翼から体部に及ぶ低信号域があり、軟部組織にも進展していた。T2強調像 (Fig. 4 (B)) では、骨髄と比較して等～高信号を呈し、内部には著明な高信号を示す部分も混在していた。

考 察

IF は、種々の原因で弾性抵抗が低下し脆弱になった骨に生理的な力が反復して加わることによって生じる骨折である¹¹⁾。原因としては閉経後の骨粗鬆症、ステロイドの投与、放射線治療などがよく知られている。現在では過剰な力の反復によって生じる疲労骨折とともにストレス骨折の一種として広く認識されるようになってきている。特に、骨盤はIFの好発部位で、過去の報告では仙骨に最も多く、次いで腸骨や恥骨で、坐骨の頻度は最も少ない^{3), 8), 12)}。

IFの画像診断については、骨シンチ^{1)-7), 12)-15)}やCT^{11)-7), 12), 15), 16)}の検討が多い。特に仙骨のIFでは、骨シンチにおける病変の分布が特徴的で、高集積域が仙骨翼を縦走、仙骨体部では横走し、それらがすべて揃うと“H型”を呈する。しかし、仙骨翼に片側性に生じた場合は非特異的であり、転移性病変などとの鑑別がむずかしい。CTでは、仙骨翼に硬化像が見られ、骨折線も認められることが多い。単純X線写真では硬化像が見られることは多いが、骨折線を認めることは少ない。したがって、硬化像が少なく腸管ガスが重なった場合などは、異常が明らかでないこともある。

今回、我々が経験した仙骨のIFのMRIは7例すべてに仙骨翼と仙骨体部にそれぞれ縦走または横走する帯状の境界明瞭な病変が認められた。特に、仙骨に平行な傾斜冠状断は有用で、IFの特徴的な病変の分布を明瞭に把握することができた。信号強度は、T1強調像で骨髄よりも低信号で、T2強調像で低～等信号を示した。加えて、T1

強調像では均一な内部信号を呈したのに対して、T2強調像では不均一な内部信号を呈した。そのため、T1強調像の方が骨髄とのコントラストが明瞭で、病変の把握には有利と思われた。過去の報告例における信号強度は、T1強調像で我々と同様に全例で低信号を呈しているか^{4), 5), 8), 9)}、T2強調像における信号強度に関しては報告が少なく、NewhouseらがT2強調像で高信号を呈した例を報告しているのみである⁵⁾。また、Blomlieら⁸⁾やLienら⁹⁾はshort-inversion-time inversion-recovery (STIR) 法で病変が高信号を呈したと報告している。

MRIと骨シンチを比較すると、MRIと骨シンチそれぞれが同じ縦走または横走する病変の分布を示し、病変の検出については差がないと思われる。病変の分布や形態はIFの診断に最も重要であるが、転移性腫瘍との鑑別に重要な軟部組織の病変の有無を把握することは骨シンチでは困難である。特に片側性に発生したような非典型例では、MRIまたはCTで軟部組織の病変の有無を見る必要があると思われる。

MRIとCTを比較すると、CTは硬化像や骨折線の描出に優れている。Brahmeらは、MRIよりもCTの方が骨硬化像とその中の骨折線が正確に描出され、病変の評価にはMRIより特異的であると述べている⁴⁾。しかし、今回の症例でも見られるように骨折線は常に認められるとは限らず、CT所見だけでは十分な診断ができないことも多い。また、MRIが傾斜冠状断でIFに特徴的な病変の分布を明瞭に描出するのと比較して、一般にCTでは横断像しか情報が得られないため、病変全体の分布の把握が困難である。

IFは、癌の発生しやすい中年以降に多く、特に、仙骨のIFでは骨盤内悪性腫瘍の患者の放射線照射後に発生することがある。したがって、IFと最も鑑別を要するものは悪性腫瘍の骨転移である。NewhouseらはIFの部位の水分含量が増加するため、MRIの所見は骨転移や感染に

類似し非特異的であると述べており⁵⁾、IFと骨転移との鑑別について、周囲軟部組織の評価は別にして、MRIの有用性は確立されていない^{4),5)}。今回の検討では、病変の分布は、IFが仙骨翼に縦走または仙骨体部に横走する特徴的な帯状分布を呈したのに対して、仙骨転移の7例には、病変の分布に規則性は認められず、さまざまな形態を示した。したがって、IFと悪性腫瘍の仙骨転移との鑑別には、病変の分布や形態の相違に着目することが最も重要と考えられる。このため病変の分布を明瞭に描出するT1強調像は有用である。また、周辺組織の病変の存在は転移性腫瘍の可能性を示唆するが、Blomlieらの報告ではIFでも軟部組織に浮腫様変化が見られると述べており⁸⁾、軟部組織の異常信号が必ずしも腫瘍の進展を示すものではないことに注意する必要がある。信号強度について、我々の症例ではT2強調像で骨転移がIFに比べて高信号を示す傾向が見られたが、骨転移は骨融解像から骨硬化像まで多彩な像を呈し、特に、硬化像が強い場合は、その程度に比例して信号強度が低下することは明らかで、信号強度のみではIFとの鑑別は困難と考える^{4),5)}。

IFは、運動制限、安静、歩行器の使用および非麻薬性鎮痛剤などによる保存的治療で症状の改善を見る⁵⁾。MRIでは、Lienらの報告⁹⁾や今回再度MRIを施行した3症例でも認められたように、経過観察で正常な骨髄の信号を回復することが示唆され、この点も転移性腫瘍との鑑別に重要である。Case 5のように経過観察で症状の改善が見られない場合、腫瘍性病変の可能性を考慮してMRIの再検を行うべきである。

今回のIFの症例は、いずれも生検は行われておらず、検査後の経過観察で診断を確定している。そのため、組織についての情報は得られていない。IFの組織像については、過去にいくつかの報告があるが^{1),2),4),13),16)}、特にBrahmeらは浮腫、壊死組織、線維化した骨髄そして新生骨を認めたと報告している⁴⁾。おそらく、IFの組織像は新しい微少な骨折と慢性的な骨折の修復像が混在しているものと思われる。IFのT2強調像での信号強度があまり高くない原因としても、慢性的な修復過程として線維組織と新生骨が浮腫とともに同時に存在するためと推測される。BlomlieらはSTIR法で高信号を呈したとしているが⁸⁾、これは、浮腫の部分がより強調されるためと考えられる。

仙骨のIFは、悪性腫瘍の治療で骨盤に放射線治療を受けた患者に多く、我々の症例の中にも2例含まれている。IFを生じる線量に関して、Rafiiらは40Gy以上で骨の血管床が障害されるとしており¹⁰⁾、Abeらは、総線量10～20Gyでも骨シンチで高集積を認められるが、症状が出現するのは少なくとも40Gyであると述べている³⁾。また、IFの症例すべてが閉経後の女性であり³⁾、放射線治療以外に閉経後の骨の脆弱性がIFの発生に関与していることを示唆している。西村らも骨障害の発生には線量とともに、年齢や骨粗鬆症の程度など患者側の因子の関連も考えられるとしている⁷⁾。我々もIFを生じる線量がどの程度なの

か一概に論じることは困難と考えるが、少なくとも、通常、骨盤内悪性腫瘍に照射される線量で、十分にIFを起こし得ることを認識する必要があると思われる。

MRIが普及してきた現在では、腰痛の患者が受診した場合、単純X線写真に引き続いてMRIが行われることも多い。先に述べたような仙骨のIFのMRIを認識し、骨転移をはじめとする他の疾患と鑑別することは重要である。

結 語

1. 仙骨のIFは、仙骨翼に縦走または仙骨体部に横走する帯状の特徴的な病変の分布を示し、MRIはその病変を明瞭に描出できた。
2. IFの描出は、T1強調像が優れており、特に、仙骨に平行な傾斜冠状断で撮像すると、病変の分布の把握が容易だった。
3. IFの信号強度は、骨髄と比べて、T1強調像で低信号、T2強調像で低～等信号を呈した。
4. IFと仙骨転移との鑑別は、病変の分布の相違から困難ではないと思われ、特にT1強調像が有用だった。
5. IFの経過観察にMRIは有用で、病変が正常骨髄の信号強度に回復しているのを明瞭に描出できた。

文 献

- 1) De Smet AA, Neff JR: Pubic and sacral insufficiency fractures: clinical course and radiologic findings. *AJR* 145: 601-606, 1985
- 2) Cooper KL, Beabout JW, Swee RG: Insufficiency fractures of the sacrum. *Radiology* 156: 15-20, 1985
- 3) Abe H, Nakamura M, Takahashi S, et al: Radiation-induced insufficiency fractures of the pelvis: evaluation with ^{99m}Tc-methylene diphosphonate scintigraphy. *AJR* 158: 599-602, 1992
- 4) Brahme SK, Cervilla V, Vint V, et al: Magnetic resonance appearance of sacral insufficiency fractures. *Skeletal Radiol* 19: 489-493, 1990
- 5) Newhouse KE, El-Khoury GY, Buckwalter JA: Occult sacral fractures in osteopenic patients. *J Bone and Joint Surg* 74-A: 1472-1477, 1992
- 6) 中里龍彦, 江原 茂, 佐々木真理, 他: 仙骨の偽骨折, *臨放*, 35: 939-943, 1990
- 7) 西村哲夫, 清水哲平, 杉山 彰, 他: 子宮頸癌の放射線治療後の骨盤に発生した insufficiency fracture, *日本医放会誌*, 50: 1243-1252, 1990
- 8) Blomlie V, Lien HH, Iversen T, et al: Radiation-induced insufficiency fractures of the sacrum: evaluation with MR imaging. *Radiology* 188: 241-244, 1993
- 9) Lien HH, Blomlie V, Talle K, Tveit KM: Radiation-induced fracture of the sacrum: findings on MR

- (letter). AJR 159 : 227, 1992
- 10) Daffner RH, Pavlov H : Stress fractures: current concepts. AJR 159 : 245-252, 1992
- 11) Pentecost RL, Murray RA, Brindley HH : Fatigue, insufficiency and pathologic fractures. JAMA 187 : 1001-1004, 1964
- 12) Davies AM, Bradley SA : Iliac insufficiency fractures. Brit J Radiol 64 : 305-309, 1991
- 13) Casey D, Mirra J, Staple TW : Parasymphyseal insufficiency fractures of the os pubis. AJR 142 : 581-586, 1984
- 14) Balseiro J, Brower AC, Ziessman HA : Scintigraphic diagnosis of sacral fractures. AJR 148 : 111-113, 1987
- 15) Davies AM, Evans NS, Struthers GR : Parasymphyseal and associated insufficiency fractures of the pelvis and sacrum. Brit J Radiol 61 : 103-108, 1988
- 16) Rafii M, Firooznia H, Golimbu C, Horner N : Radiation induced fractures of sacrum: CT diagnosis. J Comput Assist Tomogr 12 : 231-235, 1988
-