

# 脊椎の MRI : 急性腰痛を中心に

上谷 雅孝

長崎大学大学院医歯薬学総合研究科放射線診断治療学

## はじめに

急性腰痛における MRI の適応, 撮像の注意点, MRI の有用性が高い疾患 (圧迫骨折, 脊椎炎・椎間板炎, 脊椎分離症, 椎間板ヘルニア) について読影のポイントとピットフォールを解説する.

## 急性腰痛における画像診断の適応

腰痛に対して単純写真や MRI などの画像診断を行う頻度は極めて高い. しかし, 多くの急性腰痛は明確な原因がわからないままに保存的治療だけで 1 か月以内には軽快する. また, 画像診断で異常が認められたとしても, その異常が腰痛と関連があるかどうか明確でないことも多い. 急性腰痛における画像診断の適応についてはいくつかのランダム比較試験が行われているが, 病歴や臨床所見から重要な疾患を示唆する危険信号 (red flags) があるものを除外すると, 画像診断の有用性を示すエビデンスは得られていない<sup>1)</sup>.

ACR の診断ガイドライン (ACR Appropriateness Criteria<sup>®</sup>) における red flags としては以下のような項目が挙げられている<sup>2)</sup>.

1. 腰痛と関連する最近の外傷 (>50 歳では軽度外傷でも)
2. 原因不明の体重減少
3. 原因不明の発熱
4. 免疫不全状態

5. 悪性腫瘍の既往
6. 静脈経由の薬物中毒
7. 副腎皮質ホルモンの長期投与, 骨粗鬆症
8. >70 歳
9. 進行性または日常生活に支障を来す局局性の神経脱失

## 10. 6 週を超える症状持続

MRI が急性腰痛の原因検索において第 1 選択となり得る検査であるが, 骨化や石灰化の描出は CT や単純 X 線写真の方が優れている. 読影にあたっては, 少なくとも単純写真を参照することを心がけるべきである.

## MRI 撮像法

ルーチンの MRI 撮像法としては以下のようなシーケンスが推奨される.

- 1) T<sub>2</sub> 強調矢状断像
- 2) T<sub>1</sub> 強調矢状断像
- 3) STIR または脂肪抑制併用 T<sub>2</sub> 強調矢状断像
- 4) T<sub>2</sub> 強調横断像
- 5) T<sub>1</sub> 強調横断像

このほか, 次のような撮像を必要に応じて追加する.

- 6) T<sub>1</sub> または T<sub>2</sub> 強調冠状断像: 外側型ヘルニア, 脊椎腫瘍や脊椎炎における傍脊椎領域への進展評価
- 7) 造影 T<sub>1</sub> 強調像 (撮像部位と目的に応じて撮像面を設定): 腫瘍や炎症性疾患,

キーワード MR imaging, compression fracture, spondylolysis, spondylodiskitis, disc hernia

術後癒痕と椎間板ヘルニアの鑑別

- 8) 拡散強調像：腫瘍や炎症性疾患，椎体圧迫骨折の鑑別

### 骨粗鬆症による脊椎圧迫骨折

骨粗鬆症に伴う脊椎圧迫骨折は，胸腰椎移行部の胸椎，腰椎に好発する。脆弱性骨折の一つで，軽度の外傷あるいは運動で生じるほか，全く外傷機転がないことも多い。単純写真では椎体高の減少あるいは椎体終板の陥凹として認められるが，変形が少ないものでは診断が難しい。また，陈旧性圧迫骨折が混在することも多く，骨折の時期を判定することはしばしば困難

である。MRI では，骨折による椎体変形だけでなく，骨髄の異常信号がとらえられ，圧迫変形が少ないものでも診断可能である。また，骨折の時期の推定，腫瘍性骨折との鑑別にも有用である<sup>3),4)</sup>。

早期（骨折発症後 1～2 か月）圧迫骨折の MRI 所見としては以下のような所見がみられる (Fig. 1)。

- 1) 椎体変形：椎体上面または椎体下面の陥凹がみられるが，変形の程度がごくわずかで，変形としてとらえにくいことも多い。
- 2) 骨髄浮腫：T<sub>1</sub>強調像で低信号，T<sub>2</sub>強調像で等～高信号を示す。STIR あるいは



Fig. 1. Acute compression fracture of T12 vertebral body in a 82-year-old woman

A : sagittal T<sub>1</sub>WI, B : sagittal T<sub>2</sub>WI, C : sagittal STIR

MR images show a fracture of the T12 vertebral body (arrows) as a band of low signal intensity along the superior endplate, which is accompanied by bone marrow edema showing high signal intensity on STIR. Hemangiomas are seen in the T6 and the L1 vertebrae (arrowheads).

脂肪抑制 T<sub>2</sub>強調像では骨髄浮腫が強い高信号としてとらえられ、感度が高い。椎体に帯状またはびまん性に認められることが多いが、びまん性の場合には腫瘍性骨折との区別が問題になる。

- 3) T<sub>2</sub>強調像における線状～帯状の低信号：骨折を来した椎体終板直下に認められることが多く、骨梁の圧縮を反映していると考えられる。
- 4) 椎体の後方への突出：骨折の部分が先端の尖った突出を示す。

圧迫骨折の経過をみると、発症1か月以内では椎体の変形および骨髄浮腫が増強することがまれでない。1か月を超えると椎体の異常信号は次第に減少し、最終的に椎体全体または大部分が脂肪髄の信号強度に回復する。ただし椎体圧潰の強い場合は異常信号がしばしば残存し、骨硬化、線維化、壊死などを反映していると考えられる。

骨粗鬆症以外の非外傷性脊椎圧迫骨折の原因病変としては、悪性骨腫瘍（転移性骨腫瘍、多発性骨髄腫、悪性リンパ腫など）、良性腫瘍または腫瘍類似病変（巨細胞腫、好酸球性肉芽腫、血管腫、Paget病など）がある。特に問題となるのは転移性骨腫瘍による圧迫骨折との区別である。転移性骨腫瘍に伴う圧迫骨折の特徴としては、びまん性の異常信号（しばしば椎弓根にまで及ぶ）、硬膜外または傍脊椎腫瘍の存在、椎体後面の丸みのある膨隆などが挙げられる。ほとんどはルーチンのMRIで鑑別が可能であるが、骨粗鬆症による圧迫骨折でびまん性の異常信号を示す場合は鑑別が困難なことがある。このような例では拡散強調像<sup>5),6)</sup>、in-phase/opposed phaseの撮像の追加<sup>7),8)</sup>が有用である。転移性腫瘍は拡散強調像で高信号を示すこと、in-phase/opposed phaseの信号比が低い（脂肪を含まない）ことが特徴とされる。

椎体圧迫骨折に伴い、椎体内ガス（intravertebral vacuum cleft または vacuum phenomenon）または液体貯留を伴う亀裂を生じること

があり、骨壊死あるいは偽関節によると考えられている<sup>9)</sup>。通常の圧迫骨折に比べて骨折治癒は遷延化し、痛みが持続することが多い。この所見がみられる場合は転移などの腫瘍性病変はほとんど否定されるので、鑑別診断のうえでも重要な所見である<sup>10)</sup>。

単純X線写真では背屈位でガスが増加し、椎体高も増加する。これは椎体内亀裂が背屈位で広がるために起こる現象である。CTでは亀裂内のガスが容易に同定できる。MRIでは椎体全体に異常信号（T<sub>1</sub>強調像で低信号、T<sub>2</sub>強調像で低～高信号）を認め、線維化、骨髄浮腫、骨硬化などを反映していると考えられる。亀裂内にはガスまたは液体貯留が認められるが、ガスは無信号のため見逃されやすい。ガスと液体貯留の両者がある場合は液面形成を認める（Fig. 2）。

腰痛や脊椎圧迫骨折の疑いで行われたMRIで仙骨の脆弱性骨折が発見されることがある（Fig. 3）。仙骨では両側の腸骨翼を縦走する骨折と椎体（通常はS2レベル）を横走する骨折を合併し、典型的にはH型の分布を示すことが特徴であるが、すべてが揃わないことも多い<sup>11),12)</sup>。腰椎のMRIでも仙骨に注意を向けること、仙骨に病変が疑われた場合は仙骨面に平行な斜冠状断を追加することが重要である。

### 脊椎分離症

脊椎分離症は関節突起間部（pars interarticularis）の分離で、その多くは疲労骨折によるとされている<sup>13)</sup>。X線上、“スコッチテリアの首”といわれる関節突起間部の骨折や欠損が認められる。しかし、骨折が明確でなく、椎弓根の肥厚や骨硬化（しばしば片側性）を認めることも多い。これらは、ストレスに関連した反応性変化と考えられる。

CTでは、関節突起間部の骨折を最も明瞭に描出できる（Fig. 4）。急性期では骨折線は細く不整であるが、慢性期では骨折線が広がり、

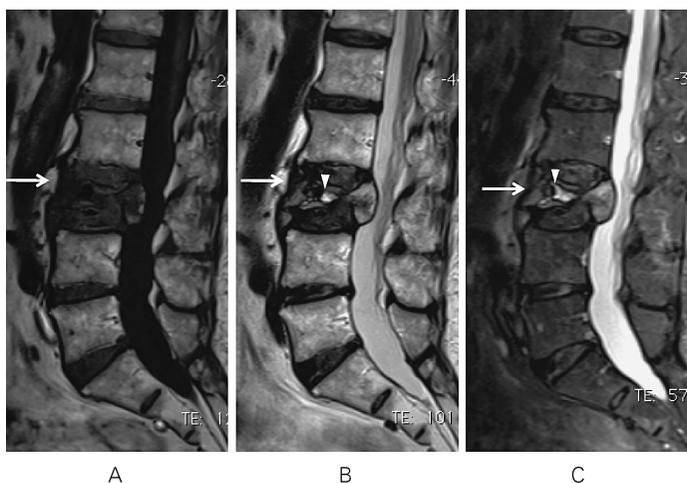


Fig. 2. Osteonecrosis/pseudoarthrosis of L3 vertebral body in a 82-year-old woman

A : sagittal T<sub>1</sub>WI, B : sagittal T<sub>2</sub>WI, C : sagittal STIR

The collapsed L3 vertebral body shows diffuse abnormal signal intensity with posterior bulging (arrows). An intravertebral cleft is demonstrated as a space containing both fluid and air, showing air-fluid level (arrowheads).

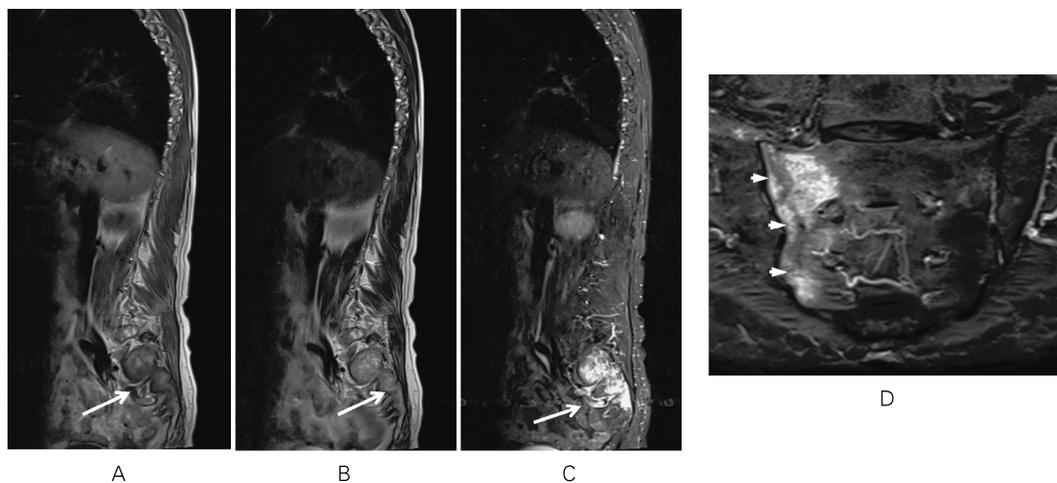


Fig. 3. Sacral insufficiency fracture in a 64-year-old woman

A : sagittal T<sub>1</sub>WI, B : sagittal T<sub>2</sub>WI, C : sagittal STIR, D : oblique coronal STIR

Sagittal MR images show an ill-defined area of abnormal signal in the right sacral wing. A coronal oblique STIR image parallel to the sacrum clearly shows a fracture as a band of low signal intensity with adjacent bone marrow edema.

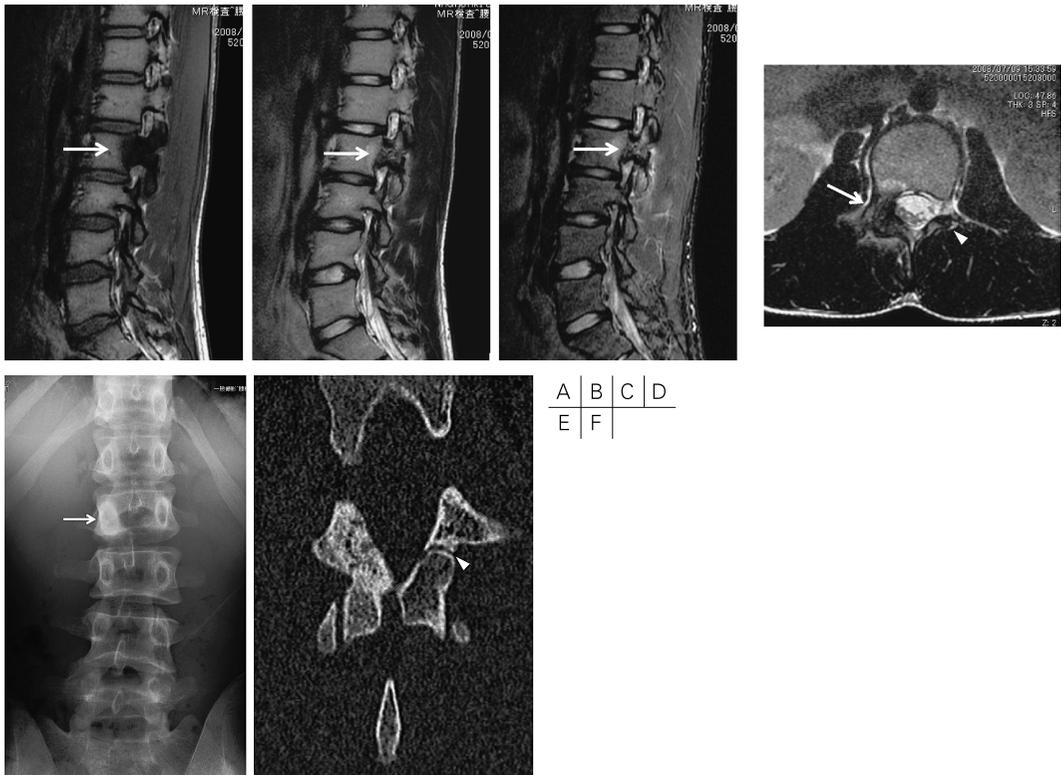


Fig. 4. Spondylolysis of L2 in a 17-year-old man  
 A : sagittal T<sub>1</sub>WI, B : sagittal T<sub>2</sub>WI, C : sagittal STIR, D : axial T<sub>2</sub>WI, E : AP radiograph of lumbar spine, F : coronal MPR of CT

MR images show abnormal signal from the pedicle to pars interarticularis of L5 vertebra on the right. The lesion shows low signal on T<sub>1</sub>WI and mixed low/high signal on T<sub>2</sub>WI and STIR (arrows). A fracture line is not well demonstrated. Spondylolysis is noted on the left side (arrowhead). Plain radiograph of the lumbar spine shows hypertrophy and sclerotic change of the L5 pedicle on the right (arrow). A coronal MPR image shows a fracture with surrounding sclerotic change of right pars interarticularis of L5 (arrow). Spondylolysis suggesting an old fracture is seen on the left (arrowhead).

平滑な骨硬化縁を認める。骨折周囲の骨硬化像もしばしば認められる<sup>14)</sup>。MRIでは、骨折そのものの指摘は難しく、椎弓根～関節突起間部の骨髄浮腫あるいは骨硬化像を示す異常信号が主体となる<sup>14),15)</sup> (Fig. 4)。骨髄浮腫はT<sub>1</sub>強調画像で低信号、T<sub>2</sub>強調画像等で～高信号を示し、脂肪抑制T<sub>2</sub>強調画像やSTIR画像で明瞭な高信号として描出される。周囲の軟部組織に浮腫や炎症性変化を示す異常信号を伴うことも多い (Fig. 4)。これらの所見は急性期の痛みとの関

連がある。慢性期には骨硬化あるいは骨折部の分離が主体となり、骨髄や軟部組織の浮腫性変化は減少する<sup>15)</sup>。

### 脊椎炎・椎間板炎

日常診療でよく見られる脊椎炎は化膿性脊椎炎と結核性脊椎炎 (脊椎カリエス) である。化膿性脊椎炎では黄色ブドウ球菌による感染が多いが、最近では弱毒菌 (日和見感染) によるも

のも増加してきている。感染経路はほとんどが血行性で、椎体終板付近が初感染巣であることが多く、次第に肉芽組織や膿瘍を形成し、骨や椎間板を壊死に陥らせる。病変の分布は椎間板を挟んで2椎体に及ぶことが最も多く、3椎体以上に及ぶことは比較的少ない。臨床では、腰痛に加えて、発熱や白血球増加などの炎症所見が認められる。

単純X線像では、椎間腔狭小化、椎体終板骨破壊、軟骨下骨硬化などが見られる。MRIは早期に病変を描出可能で、椎体終板の骨破壊、椎間および椎体終板近傍の異常信号（T<sub>1</sub>強調像で低信号、T<sub>2</sub>強調像で等～高信号）を認める（Fig. 5）<sup>16),17)</sup>。特にSTIR像や脂肪抑制併用T<sub>2</sub>強調像では、病変部が明瞭な高信号を示し、感度が高い。通常は椎間板の上下の椎体に病変がみられるが、早期には一椎体だけに局限することがある。進行例では硬膜外膿瘍や傍椎体膿瘍を形成する。これらの膿瘍の描出には造影MRIまたは拡散強調像が有用である。

椎間関節の化膿性関節炎は比較的まれと考えられていたが、最近はMRIでしばしば発見され、それほどまれでないことが報告されている。

MRIでは椎間関節の液体貯留、骨のエロージョンや破壊、軟部組織の炎症性変化が膿瘍が認められる。早期に治療すれば予後は良好であるが、見逃されて硬膜外膿瘍や傍脊柱膿瘍に進行することが少なくない。

脊椎炎・椎間板炎における画像上の鑑別診断には、椎体終板の不整や破壊、異常信号を呈する疾患として、椎体圧迫骨折、椎間板変性に伴う椎体終板の変化、長期腎透析に伴う破壊性脊椎関節症が挙げられる。脊椎炎・椎間板炎を示す典型的画像所見があれば鑑別は比較的容易であるが、非典型的なこともあり、臨床所見や経過を考慮する必要がある。MRIは治療効果判定あるいは経過観察にも用いられるが、臨床所見の寛解にもかかわらず、MRI上の骨破壊や異常信号は進行することが多く、MRI上の寛解は遅れて認められることを知っておく必要がある。

### 椎間板ヘルニア

椎間板ヘルニアは急性腰痛または神経根症の原因として頻度が高いが、無症状の人でも20



Fig. 5. Pyogenic spondylodiskitis due to *Staphylococcus aureus* in a 12-year-old woman  
 A : sagittal T<sub>1</sub>WI, B : sagittal T<sub>2</sub>WI, C : sagittal fat-suppressed T<sub>1</sub>WI with contrast enhancement, D : coronal fat-suppressed T<sub>1</sub>WI with contrast enhancement  
 Sagittal and coronal MR images show loss of disc space of T10/11 with endplate erosion and abnormal signal of adjacent vertebral bodies (arrows). A paravertebral mass lesion is seen on the right (arrow heads).

～28%にヘルニアが認められることが報告されている<sup>18)</sup>。MRIは非侵襲的にヘルニアの描出が可能で、ヘルニアの大きさや範囲、神経根との関係が把握できる。また、骨折や腫瘍など他疾患の否定を行うためにも有用性が高い。しかし、症状との関連まで言及するのは困難なことが多く、治療方針の決定（特に手術適応）におけるMRIの役割にはまだ議論の余地がある<sup>19)</sup>。

椎間板ヘルニアは保存的治療だけで自然消退あるいは臨床症状の改善が得られることはよく知られており、多いものでは70%にも及ぶとの報告がある（Fig. 6）。自然消退の原因については、ヘルニア周囲の炎症性変化（マクロファージなどの炎症細胞の浸潤）、蛋白分解酵素（MMPなど）の活性化、血管新生、脱水などの関与が考えられている。MRI上、以下の

ようなヘルニアは自然退縮を来しやすいことが報告されている<sup>20)</sup>。

- 1) 脱出型あるいは遊離型（free-fragment）
- 2) 後縦靭帯を越えるもの（transligamentous hernia）
- 3) 6 mm 超の大きなもの
- 4) T<sub>2</sub>強調像で高信号を示すもの
- 5) 辺縁に造影増強効果を認めるもの

椎間板ヘルニアは造影MRIで造影効果を認めないものと辺縁にリング状の造影効果を認めるものがあるが、内部まで造影効果を認めることは極めて少ない。これに対して、腫瘍や線維性瘢痕では内部にまで造影効果が見られることが多く、これらの病変とヘルニアとの区別が問題になる場合には造影MRIが有用である。

ヘルニアにより圧迫された神経根に造影効果を認めることもあり、ヘルニアと根症状との関

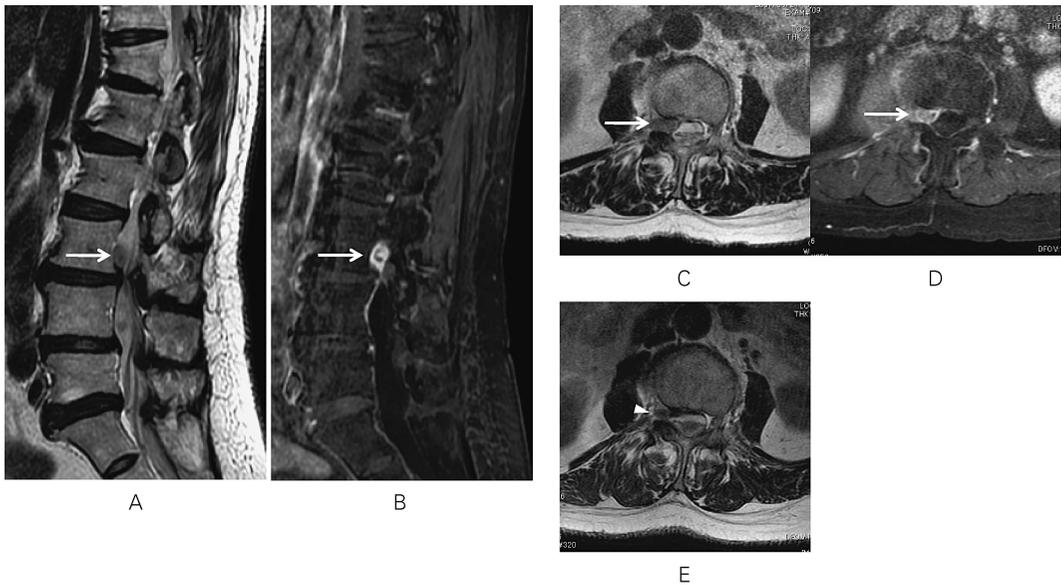


Fig. 6. Extruded disc hernia at L3/4 in a 70-year-old woman

A : sagittal T<sub>1</sub>WI, B : sagittal fat-suppressed T<sub>1</sub>WI with contrast enhancement, C : axial T<sub>2</sub>WI at L3/4, D : axial fat-suppressed T<sub>1</sub>WI with contrast enhancement at L3/4, E : axial T<sub>2</sub>WI at L3/4 after 7 months

Sagittal and axial MR images show extruded disc hernia extending from the lateral recess to intervertebral foramen on the right, showing ring-like enhancement (arrows). An axial MR image obtained 7 months after the initial MR imaging shows a reduction of disc hernia (arrowhead)

連付けに有用との報告もある。しかし、最近の報告では無症状例でも硬膜内に造影効果を認めることが報告されている。これらの多くは神経根ではなく、根静脈（radicular vein）の造影効果を反映したものと考えられている。

## 文 献

- 1) Chou R, Fu R, Carrino JA, et al. : Imaging strategies for low-back pain : systematic review and meta-analysis. *Lancet* 2009 ; 373 : 463-472
- 2) ACR Appropriateness Criteria® low back pain. [http://www.guideline.gov/summary/summary.aspx?doc\\_id=8599&nbr=004786&string=back#s23](http://www.guideline.gov/summary/summary.aspx?doc_id=8599&nbr=004786&string=back#s23)
- 3) Uetani M, Hashmi R, Hayashi K : Malignant and benign compression fractures : differentiation and diagnostic pitfalls on MRI. *Clin Radiol* 2004 ; 59 : 124-131
- 4) An HS, Andreshak TG, Nguyen C, et al. : Can we distinguish between benign versus malignant compression fractures of the spine by magnetic resonance imaging? *Spine* 1995 ; 20 : 1776-1782
- 5) Baur A, Stabler A, Bruning R, et al. : Diffusion-weighted MR imaging of bone marrow : differentiation of benign versus pathologic compression fractures. *Radiology* 1998 ; 207 : 349-356
- 6) Zhou XJ, Leeds NE, McKinnon GC, et al. : Characterization of benign and metastatic vertebral compression fractures with quantitative diffusion MR imaging. *AJNR Am J Neuroradiol* 2002 ; 23 : 165-170
- 7) Erly WK, Oh ES, Outwater EK : The utility of in-phase/opposed-phase imaging in differentiating malignancy from acute benign compression fractures of the spine. *AJNR Am J Neuroradiol* 2006 ; 27 : 1183-1188
- 8) Zajick DC Jr, Morrison WB, Schweitzer ME, et al. : Benign and malignant processes : normal values and differentiation with chemical shift MR imaging in vertebral marrow. *Radiology* 2005 ; 237 : 590-596
- 9) Bhalla S, Reinus WR : The linear intravertebral vacuum : a sign of benign vertebral collapse. *AJR Am J Roentgenol* 1998 ; 170 : 1563-1569
- 10) Hasegawa K, Homma T, Uchiyama S, et al. : Vertebral pseudarthrosis in the osteoporotic spine. *Spine* 1998 ; 23 : 2201-2206
- 11) Blake SP, Connors AM : Sacral insufficiency fracture. *Br J Radiol* 2004 ; 77 : 891-896
- 12) Grasland A, Pouchot J, Mathieu A, et al. : Sacral insufficiency fractures : an easily overlooked cause of back pain in elderly women. *Arch Intern Med* 1996 ; 156 : 668-674
- 13) Standaert CJ, Herring SA : Spondylolysis : a critical review. *Br J Sports Med* 2000 ; 34 : 415-422
- 14) Harvey CJ, Richenberg JL, Saifuddin A, et al. : The radiological investigation of lumbar spondylolysis. *Clin Radiol* 1998 ; 53 : 723-728
- 15) Sairyo K, Katoh S, Takata Y, et al. : MRI signal changes of the pedicle as an indicator for early diagnosis of spondylolysis in children and adolescents : a clinical and biomechanical study. *Spine* 2006 ; 31 : 206-211
- 16) Varma R, Lander P, Assaf A : Imaging of pyogenic infectious spondylodiskitis. *Radiol Clin North Am* 2001 ; 39 : 203-213
- 17) Hong SH, Choi JY, Lee JW, et al. : MR imaging assessment of the spine : infection or an imitation? *Radiographics* 2009 ; 29 : 599-612
- 18) Jensen MC, Brant-Zawadzki MN, Obuchowski N, et al. : Magnetic resonance imaging of the lumbar spine in people without low back pain. *N Engl J Med* 1994 ; 331 : 69-73
- 19) Modic MT, Obuchowski NA, Ross JS, et al. : Acute low back pain and radiculopathy : MR imaging findings and their prognostic role and effect on outcome. *Radiology* 2005 ; 237 : 597-604
- 20) Splendiani A, Puglielli E, De Amicis R, et al. : Spontaneous resolution of lumbar disk herniation : predictive signs for prognostic evaluation. *Neuroradiology* 2004 ; 46 : 916-922

## MR Imaging to Evaluate Acute Low Back Pain

Masataka UETANI

*Department of Radiology and Radiation Biology, Nagasaki University Graduate School of Biomedical Sciences  
Sakamoto 1-7-1, Nagasaki 852-8501*

This article reviews the application of imaging studies for evaluating acute low back pain and describes the salient MR imaging features of several conditions that can cause acute low back pain. Immediate lumbar imaging studies should be avoided in patients with acute or subacute pain in the lower back and without features suggesting a serious underlying condition (red flags). MR imaging is sensitive in detecting compression fractures early. Homogeneous and diffuse abnormal signal intensity, posterior convexity, and involvement of the pedicles strongly suggest malignant compression fracture, whereas a band-like area of low signal intensity adjacent to the depressed endplate or preservation of signal intensity of the vertebra suggests benign collapse. Lumbar spondylolysis represents a stress fracture of the pars interarticularis, and though pars defects may not be well demonstrated on MR imaging, signal changes in the pars or pedicle could serve as an indicator for early diagnosis of spondylolysis. Infectious spondylitis or discitis can be diagnosed based on typical imaging and clinical findings. Septic arthritis of the facet joints should also be considered in the differential diagnosis of patients with low back pain and fever. Lumbar disc hernia can be a major cause of low back pain or radiculopathy, and MR imaging is useful in demonstrating morphologic changes of diseases of the lumbar disc. Nevertheless, the impact of MR imaging studies on treatment strategies or outcomes in patients with disc hernia is unclear.