

강직성척추염의 자기공명영상 소견

가톨릭대학교 여의도성모병원 영상의학과¹, 가톨릭대학교 서울성모병원 영상의학과²

이 소 연¹ · 지 원 희²

= Abstract =

MR Imaging of Ankylosing Spondylitis

So-Yeon Lee¹, Won-Hee Jee²

*Department of Radiology, Yeouido St. Mary's Hospital¹,
Seoul St. Mary's Hospital², The Catholic University of Korea, Seoul, Korea*

Magnetic resonance imaging (MRI) is a highly reliable tool for diagnosing ankylosing spondylitis. MRI can identify cartilage abnormalities, subcortical erosions, bone marrow edema with inflammation, and synovial enhancement. Subchondral sclerosis and juxta-articular fat deposition are noted in the chronic stage of ankylosing spondylitis. Spinal changes associated with spondyloarthropathy are florid anterior spondylitis (or Romanus lesion), florid diskitis (Anderson lesion), ankylosis, and arthritis of the apophyseal and costovertebral joints. A MRI grading system for inflammation in sacroiliac joints and the spine could help clinicians evaluate the anti-inflammatory efficacy of therapeutics. Newer technologies based on MRI are aimed at broadening the diagnostic scope and facilitating the quantification of active inflammation but still require extensive validation.

Key Words: Ankylosing spondylitis, Spondyloarthropathies, Sacroiliitis, Magnetic resonance imaging

서 론

강직성척추염은 축골격을 흔히 침범하며 천장관절

염과 강직성척추염이 대표적이다. 영상검사는 강직성척추염의 진단에 중요하며 다른 질환과의 감별과 축골격 질환의 추적검사에도 널리 사용되고 있다.

천장관절염은 단순촬영에서 양측 또는 편측 천장관

<접수일 : 2010년 12월 3일, 수정일 : 2010년 12월 7일, 심사통과일 : 2010년 12월 8일 >

※통신저자 : 지 원 희

서울시 서초구 반포동 505

가톨릭대학교 서울성모병원 영상의학과

Tel : 02) 2258-6238, Fax : 02) 599-6771, E-mail : whjee@catholic.ac.kr

절에 골미란과 골경화가 보이며, 진행되면 관절강이 좁아지고 골유합이 보일 수 있다 (1). 컴퓨터단층촬영에서는 이러한 변화를 조기에 찾을 수 있으나 방사선 노출의 위험이 있다 (2). 골스캔에서는 천장관절에 방사능 집적이 보인다 (3). 자기공명영상은 방사선 노출의 위험없이 천장관절염을 가장 조기에 진단할 수 있다. 골미란을 비롯한 천장관절염의 형태학적 변화 이외에도 골수부종, 염증성 변화, 관절주위 지방축적 등의 소견이 보여 가장 예민한 검사방법이다 (4,5). 강직성척추염은 추간관이 척추체에 부착하는 부위에 염증성 반응이 생기므로 단순촬영과 컴퓨터단층촬영에서 이 부분의 골파괴와 골경화가 보여 shiny corner sign을 보인다 (6-8). 진행하면 척추체가 사각형모양으로 보이며, syndesmophyte와 함께 대나무척추의 형태로 보일 수 있다 (6-8). 자기공명영상에서는 척추종판의 골염과 골부착부염 소견이 민감하게 보인다 (7,9,10). 자기공명영상은 강직성척추염에 의한 축골격의 변화를 가장 정확하게 진단하고 평가할 수 있는 검사이다. 본 중설에서는 강직성척추염에서 보일 수 있는 자기공명영상 소견을 정리하고 추적검사시 사용할 수 있는 등급평가 기준을 알아보고자 한다.

본 론

1. 천장관절염

1) 자기공명영상 검사기법

천골의 종축에 평행하게 얻은 경사관상영상이 천장관절을 평가하는 기본 평면이다. 지방억제 T2강조영상에서는 지방이 억제되어 지방과 물의 대조도가 높아지는 효과가 있어 골부종과 급성 염증의 발견에 특히 민감하다 (1). 지방억제 3D 경사자장이나 지방억제 양성밀도영상과 같이 연골이 잘 보이는 자기공명영상 시퀀스에서는 골미란과 같은 골형태의 변화가 잘 보인다 (11,12) (그림 1).

2) 자기공명영상소견

강직성척추염을 진단하는 데에 있어서 진단율은 다른 영상기법보다 높아 민감도가 95%에 이른다 (4). 천장관절은 전하방의 연골관절과 후상방의 인대결합으로 구성되며, 거의 대부분 연골관절을 침범한다 (13). 골미란은 강직성척추염의 진단에 있어 가장 예

민하고 특이한 소견으로 조기진단에 도움을 준다. 강직성척추염 환자 대부분 (75~96%)에서 자기공명영상에서 골미란이 보인다 (5,14). 골부종 및 염증소견은 T1강조영상에서 저신호강도, T2강조영상에서 고신호강도로 보이고 질환의 활성도와 연관이 있으나 ESR, CRP 등의 염증지표가 추적검사에서 정상화되어도 자기공명영상에서는 골부종이 남아 있는 경우도 있다 (15). 천장관절의 조영증강은 다른 관절질환에서도 보일 수 있으나 활액막의 조영증강 소견은 질환의 활성도와 상관관계가 있다 (5). 이는 염증지표의 상승과도 높은 상관관계를 보이며, 치료후에 조영증강이 감소한다 (14,16). 만성기에는 골경화와 지방축적이 보일 수 있으나 비특이적이다. 골경화는 T1, T2 강조영상에서 저신호강도로 보이고, 지방축적은 T1, T2 강조영상에서 고신호강도로 보인다. 만성기로 진행할수록 관절강이 좁아지고 골유합이 진행된다.

천장관절염의 진단과 평가에 자기공명영상은 컴퓨터단층촬영과 비교하여 우월하다. 자기공명영상에서는 방사선노출 없이, 컴퓨터단층촬영에서 발견하기 어려운 비정상 연골 신호강도, 염증과 부종, 관절주위 지방침착과 활액막의 조영증강을 민감하게 찾을 수 있다. 컴퓨터단층촬영에서는 전하방의 연골관절과 후상방의 인대결합을 단지 해부학적 위치로만 구분할 수 있지만, 자기공명영상에서는 연골관절의 연골과 인대결합의 지방을 신호강도로 구분할 수 있어서, 인대결합부위에 보이는 경미한 초기변화를 더 조기에 진단할 수 있다. 골부착부염과 골종식은 컴퓨터단층촬영에서 더 민감하게 찾을 수 있으나, 이는 퇴행성 변화에서도 보일 수 있는 비교적 비특이적인 소견이다 (17-21).

3) 진단기준

최근 자기공명영상이 강직성척추염의 진단과 추적검사에 널리 쓰이면서 체계적이고 객관적인 기준으로 등급을 정하려는 시도들이 있다 (15,16,22-24). 평가방법에는 여러가지가 제안되었고 몇가지를 간단히 소개하고자 한다.

Braun 등은 자기공명영상을 활성도와 만성도 두가지 항목으로 평가할 것을 제안하였다 (16,22). 활성도는 조영증강정도에 따라 세등급으로 나누고, 만성도는 단순촬영에서 5단계로 평가하는 것과 유사하게

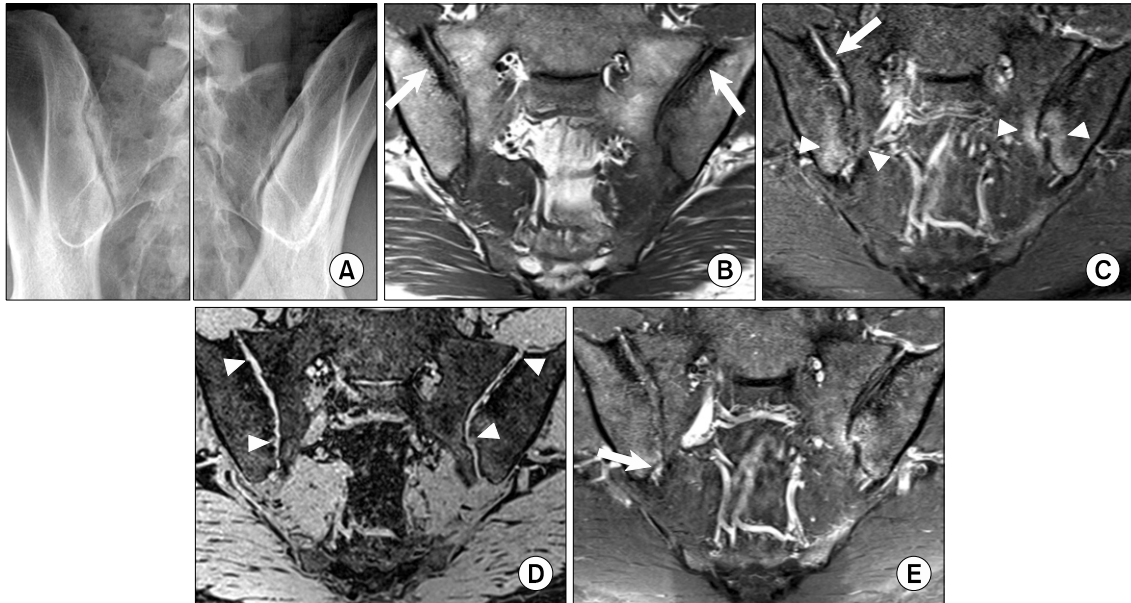


Fig. 1. Bilateral sacroiliitis in a 35-year-old man with ankylosing spondylitis. (A) Oblique views of sacroiliac joints show subcortical erosions, subchondral sclerosis, and joint space narrowing at the right sacroiliac joint (grade 3) and subchondral sclerosis at the left sacroiliac joint (grade 2). (B) Oblique coronal T1-weighted magnetic resonance image (MRI) of the synovial portion of the sacroiliac joints shows subchondral sclerosis (arrows) at bilateral sacroiliac joints. (C) Oblique coronal fat-suppressed T2-weighted MRI at the same level shows cartilage signal abnormalities (arrow) in the right sacroiliac joint and bone marrow edema (arrowheads) in bilateral sacroiliac joints. (D) Oblique coronal fat-suppressed 3D gradient-echo MRI reveals multiple subcortical erosions (arrowheads) in both sacroiliac joints. (E) Oblique coronal fat-suppressed contrast-enhanced T1-weighted MRI at the same level shows slight synovial enhancement (arrow) in the right sacroiliac joint.

다음과 같이 분류한다. 0등급은 만성변화가 없는 경우, 1등급은 골수 지방침착, 골경화, 두 개 이하의 골미란 중에 하나 이상의 소견이 있는 경우, 2등급은 중등도 골수 지방침착, 중등도 골경화, 세 개 이상의 골미란 중에 하나 이상의 소견이 있는 경우, 3등급은 관절강의 가성확장 또는 경도의 부분골유합, 심한 골경화, 전반적인 골수 지방침착이 있는 경우, 4등급은 관절의 25% 이상의 골유합이 있는 경우이다. 천장관절염은 활성도가 있거나, 만성도가 2등급 이상이면 진단할 수 있다.

Spondyloarthritis Research Consortium of Canada (SPARCC) scores는 천장관절을 관절강을 통과하는 수직선과 중간부분에서 수평선을 그어 네 부분으로 나누고 각각의 분절에서 골부종의 유무를 평가하였다 (23). 또한 연속한 여섯 개의 관상영상에서 평가하여 천장관절 병변의 범위를 삼차원적으로 평가할

수 있는 방법이다. Lambert 등은 SPARCC score를 이용하여 강직성척추염 치료효과를 평가하였는데, 관찰자간 일치도가 높았고, 치료 후 염증의 정도가 감소한 것을 효과적으로 평가할 수 있었다 (24).

4) 감별질환

천장관절염은 강직성척추염과 같은 혈청음성척추염에서만 보이는 것은 아니다. SAPHO (synovitis, acne, pustulosis, hyperostosis, osteitis) 증후군, 류마티스관절염, 전신홍반루푸스, 쇼그렌 증후군 같은 다른 류마티스 질환에서도 보일 수 있다 (22). 자기공명영상 소견은 모두 강직성척추염에서 보이는 소견과 유사하지만 대부분 편측성이라는 차이점이 있다. 결핵성 또는 화농성 감염성 관절염에서도 유사한 소견이 보일 수 있다. 감염성 관절염의 경우 주변 연부조직등에 부종과 염증성 변화가 동반될 수 있는 것이 강직성척추염에서 보이는 천장관절염과의 차이점이다 (6).

2. 강직성척추염

1) 검사기법

척추 시상 T1 강조영상과 지방억제 T2 강조영상이 질환을 진단하는데 유용하다 (9). 조영증강 T1는

급성 염증을 발견하는 데에 더 민감하여 다른 감염성 질환과 감별하는 데에도 도움이 된다 (7,8). 축상 영상은 후관절(facet joint), 늑골척추관절, 늑골횡측돌기관절 등의 침범을 보는 데에 유용하다.

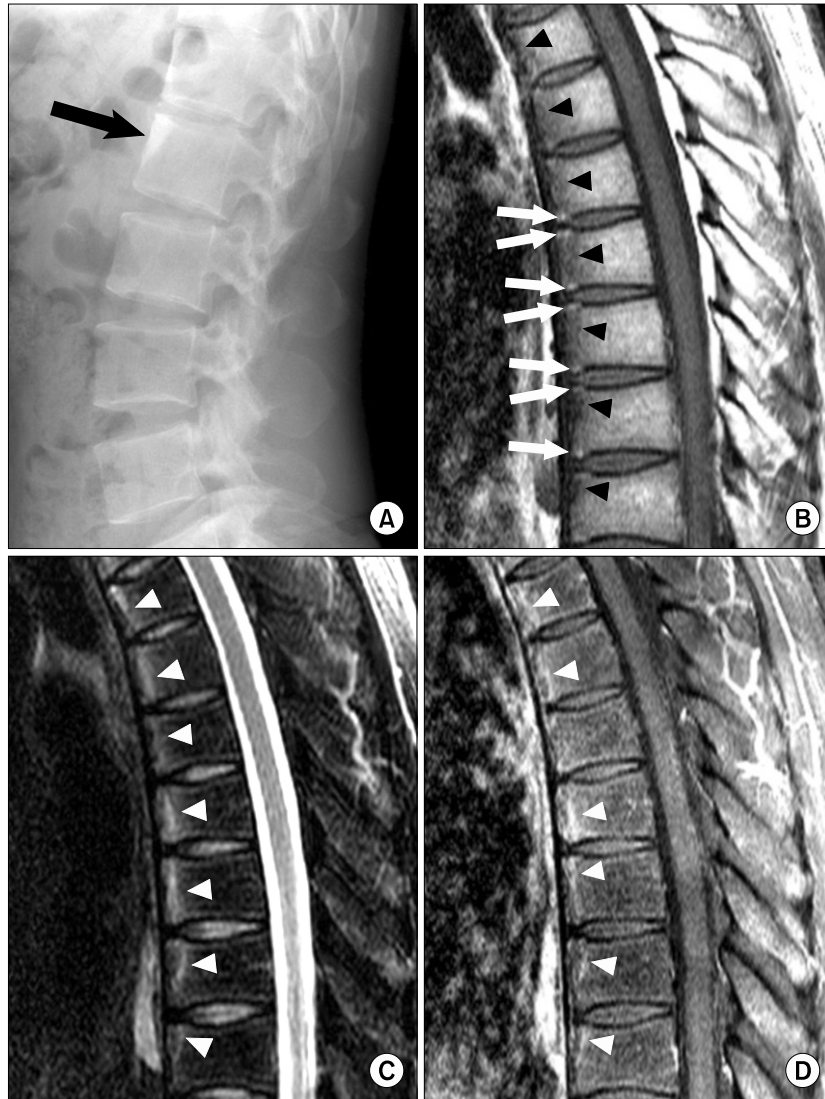


Fig. 2. Romanus lesion in a 34-year-old man with ankylosing spondylitis. (A) Lateral view of the lumbar spine shows “shiny corner sign” (arrow) at L1 vertebral body. (B) Sagittal T1-weighted magnetic resonance image (MRI) of the thoracic spine shows multiple band-like lesions (arrows) at the junctions between intervertebral discs and vertebral bodies, suggesting enthesitis. Multiple hypointense lesions are visible in anterior portions of thoracic vertebral bodies. (C, D) These vertical lesions are seen as hyperintense lesions (MR corner sign) on fat-suppressed T2-weighted image (arrowheads) and contrast enhancement (arrowheads) on fat-suppressed contrast-enhanced T1-weighted image, suggesting osteitis.

2) 자기공명영상소견

추간판이 부착하는 척추체 종관 경계 전방 부분을 따라 국소 골파괴를 보이는 골부착부염과 골염이 생길 수 있고 이를 Romanus lesion이라 한다 (25). 자기공명영상에서도 신호강도 변화가 나타나는데 이것을 MR corner sign이라고도 하며, 주로 척추체에 삼각형 또는 사각형의 병변으로 나타나며 주로 척추체의 전방에 더 흔하다 (9) (그림 2). 가장 흔한 형태는 T1 강조영상에서 저신호강도, T2 강조영상에서 고신호강도로 보이는 부종과 염증의 소견이다 (10,26). 만성기에는 골수에 지방침착이 되면서 T1, T2 강조영상에서 모두 고신호로 보일 수 있고 이 시기에 단순촬영에서는 shiny corner sign이 보일 수 있다. 추간판염(Anderso lesion)은 추간판과 척추체 경계부위에 미란과 파괴를 말하며 척추체에 T1 강조영상에서 고신호강도, 지방억제 T2 강조영상에서 고신호강도로 보이고 보통 추간판의 다양한 신호강도 변화가 동반된다 (27). 척추체의 신호강도 변화는 추간판에 인접하여 반달형으로 흔히 보인다. 후관절, 늑골척추관절, 늑골횡추돌기관절 등의 관절염은 자기공명영상에서 관절강 삼출, 골미란, 골부종, 활액막염 등의 소견으로 보일 수 있다(그림 3). 단순촬영에서는 여러 골의 중첩으로 조기 발견이 어려워서 자기공명영

상으로 가장 민감하게 진단할 수 있다.

3) 평가기준

강직성척추염 활성도의 등급을 평가하는 몇가지 방법이 제시되어 있다 (26,28,29). 기본적으로 시상영상에서 골부종과 염증을 평가하고 각각의 레벨에서는 추간판척추체 단위로 평가한다. 추간판척추체 단위는 척추체의 중간을 가로지르는 수평선과 아랫레벨의 척추체의 중간을 가로지르는 수평선 사이의 구조물로 구성되며, 추간판과 이와 접한 두개의 종관, 척추체의 골수 일부분이 포함된다. ASspiMRI 방법은 (26) C2-3 레벨에서 L5-S1 레벨까지 23개의 추간판척추체 단위를 평가하며 골수부종과 염증이 추간판척추체 단위를 침범한 범위에 따라 0~3등급으로 나눈다(0, 정상; 1, $\leq 25\%$; 2, $>25\% \sim \leq 50\%$; 3, $>50\%$). 골미란이 동반되면 골수부종과 골미란의 침범정도에 따라 4~6등급으로 분류된다(4, $\leq 25\%$; 5, $>25\% \sim \leq 50\%$; 6, $>50\%$). SPARCC 방법은 모든 레벨을 평가하지 않고 가장 염증이 심한 여섯 레벨만 연속된 세개의 시상 영상에서 평가한다 (28,29). 추간판척추체 단위를 네 등분해서 각각의 분에서 병변의 유무를 점수화한다.

4) 감별질환

Romanus lesion은 퇴행성 종관 변화와 감별해야



Fig. 3. Arthritis of apophyseal joints in a 36-year-old man with ankylosing spondylitis. (A) Lateral view of thoracolumbar spine shows no abnormality in facet joints. (B, C) There are multiple areas (arrowheads) with hypointense signals on the T1-weighted image (B) and hyperintense signal on fat-suppressed the T2-weighted image (C) at multilevel apophyseal joints, suggesting arthritis.

한다. 두 병변 모두 다양한 신호강도를 보이나, 퇴행성 종판 변화는 Schmorl's node, osteophyte, 추간판 퇴행 변화 등을 동반하고 반달모양이 흔하고 하부요추를 잘 침범하지만, Romanus lesion은 syndesmo-phyte를 동반할 수 있으며, 삼각형 또는 사각형 모양의 크기가 작고 경계가 비교적 명확한 병변으로 보이며 흉추와 요추 경계 부분에 호발한다 (9,10). 추간관염과 후관절, 늑골척추관절, 늑골횡측돌기관절의 관절염은 감염성 관절염과의 감별이 필요하다.

3. 새로운 영상기법

확산강조영상은 생체내의 확산정도를 영상화하는 기법으로 확산이 잘 되는 조직은 저신호강도로, 확산이 잘 안되는 조직은 고신호강도로 보인다. 현성 확산계수를 산출하여 확산의 정도를 정량화할 수도 있다. 최근 확산강조영상이 강직성척추염과 다른 척추 질환을 구분하거나, 골염과 골부착부염의 치료후 평가에 도움이 되었다는 연구들이 보고되었다 (30, 31). 확산강조영상의 단점은 인공물에 민감하여 환자의 움직임과 급속에 의한 국소자기장 변화에 영향을 크게 받는다.

진신 자기공명영상은 검사도중 환자의 위치 변화나 코일을 교체하지 않고, 견관절, 척추, 천장관절까지 검사할 수 있는 방법이다 (32,33). 강직성척추염 환자에서 척추와 천장관절 이외의 늑골척추관절, 늑골횡측돌기관절 등 다양한 관절의 침범을 효과적으로 발견할 수 있다. 그러나 넓은 범위의 영상을 얻기 위해 현실적으로 비교적 두꺼운 절편두께를 사용해야 해서 작은 병변의 발견율이 저하된다는 단점이 있다.

결 론

강직성척추염의 진단과 추적검사에 있어서 자기공명영상은 정확하고 가장 조기에 발견할 수 있는 검사이다. 다른 질환과의 감별도 용이하게 할 수 있으며, 추적검사를 객관적으로 평가할 수 있다. 최근 새로운 영상기법들의 발달로 강직성척추염의 진단과 치료에 더 큰 도움이 될 것으로 기대한다.

참고문헌

- 1) Ryan LM, Carrera GF, Lightfoot RW Jr, Hoffman RG, Kozin F. The radiographic diagnosis of sacroiliitis: a comparison of different views with computed tomograms of the sacroiliac joints. *Arthritis Rheum* 1983;26:760-3.
- 2) Fam AG, Rubenstein JD, Chin Sangh H, Leung FY. Computed tomography in the diagnosis of early ankylosing spondylitis. *Arthritis Rheum* 1985;28:930-7.
- 3) Dequeker J, Godderis T, Walravens M, De Roo M. Evaluation of sacroiliitis: comparison of radiological and radionuclide techniques. *Radiology* 1978;128:687-9.
- 4) Blum U, Buitrago-Tellez C, Mundinger A, Krause T, Laubenberger J, Vaith P, et al. Magnetic resonance imaging (MRI) for detection of active sacroiliitis - a prospective study comparing conventional radiography, scintigraphy, and contrast enhanced MRI. *J Rheumatol* 1996;23:2107-15.
- 5) Braun J, Bollow M, Eggens U, König H, Distler A, Sieper J. Use of dynamic magnetic resonance imaging with fast imaging in the detection of early and advanced sacroiliitis in spondyloarthropathy patients. *Arthritis Rheum* 1994;37:1039-45.
- 6) Braun J, Bollow M, Sieper J. Radiologic diagnosis and pathology of the spondyloarthropathies. *Rheum Dis Clin North Am* 1998;24:697-735.
- 7) Baraliakos X, Landewé R, Hermann KG, Listing J, Golder W, Brandt J, et al. Inflammation in ankylosing spondylitis: a systematic description of the extent and frequency of acute spinal changes using magnetic resonance imaging. *Ann Rheum Dis* 2005;64:730-4.
- 8) Hermann KG, Althoff CE, Schneider U, Zühlendorf S, Lembecke A, Hamm B, et al. Spinal changes in patients with spondyloarthritis: comparison of MR imaging and radiographic appearances. *Radiographics* 2005;25:559-70.
- 9) Kim NR, Choi JY, Hong SH, Jun WS, Lee JW, Choi JA, et al. "MR corner sign": value for predicting presence of ankylosing spondylitis. *AJR Am J Roentgenol* 2008;191:124-8.
- 10) Jevtic V, Kos-Golja M, Rozman B, McCall I. Marginal erosive discovertebral "Romanus" lesions in ankylosing spondylitis demonstrated by contrast enhanced Gd-DTPA magnetic resonance imaging.

- Skeletal Radiol 2000;29:27-33.
- 11) Docherty P, Mitchell MJ, MacMillan L, Mosher D, Barnes DC, Hanly JG. Magnetic resonance imaging in the detection of sacroiliitis. *J Rheumatol* 1992; 19:393-401.
- 12) Disler DG, McCauley TR, Wirth CR, Fuchs MD. Detection of knee hyaline cartilage defects using fat-suppressed three-dimensional spoiled gradient-echo MR imaging: comparison with standard MR imaging and correlation with arthroscopy. *AJR Am J Roentgenol* 1995;165:377-82.
- 13) Puhakka KB, Melsen F, Jurik AG, Boel LW, Vesterby A, Egund N. MR imaging of the normal sacroiliac joint with correlation to histology. *Skeletal Radiol* 2004;33:15-28.
- 14) Jee WH, McCauley TR, Lee SH, Kim SH, Im SA, Ha KY. Sacroiliitis in patients with ankylosing spondylitis: association of MR findings with disease activity. *Magn Reson Imaging* 2004;22:245-50.
- 15) Madsen KB, Egund N, Jurik AG. Grading of inflammatory disease activity in the sacroiliac joints with magnetic resonance imaging: comparison between short-tau inversion recovery and gadolinium contrast-enhanced sequences. *J Rheumatol* 2010;37:393-400.
- 16) Braun J, Bollow M, Seyrekbasan F, Häberle HJ, Eggens U, Mertz A, et al. Computed tomography corticosteroid injection of the sacroiliac joint in patients with spondyloarthropathy with sacroiliitis: clinical outcome and followup by dynamic magnetic resonance imaging. *J Rheumatol* 1996;23:659-64.
- 17) Battafarano DF, West SG, Rak KM, Fortenbery EJ, Chantelois AE. Comparison of bone scan, computed tomography, and magnetic resonance imaging in the diagnosis of active sacroiliitis. *Semin Arthritis Rheum* 1993;23:161-76.
- 18) Murphey MD, Wetzel LH, Bramble JM, Levine E, Simpson KM, Lindsley HB. Sacroiliitis. MR imaging findings. *Radiology* 1991;180:239-44.
- 19) Wittram C, Whitehouse GH, Williams JW, Bucknall RC. A comparison of MR and CT in suspected Sacroiliitis. *J Comput Assist Tomogr* 1996;20:68-72.
- 20) Yu W, Feng F, Dion E, Yang H, Jiang M, Genant HK. Comparison of radiography, computed tomography and magnetic resonance imaging in the detection of Sacroiliitis accompanying ankylosing spondylitis. *Skeletal Radiol* 1998;27:311-20.
- 21) Puhakka KB, Jurik AG, Egund N, Schiottz-Christensen B, Stengaard-Pedersen K, van Overeem Hansen G, et al. Imaging of sacroiliitis in early seronegative spondyloarthropathy. Assessment of abnormalities by MR in comparison with radiography and CT. *Acta Radiol* 2003;44:218-29.
- 22) Braun J, Sieper J, Bollow M. Imaging of sacroiliitis. *Clin Rheumatol* 2000;19:51-7.
- 23) Maksymowych WP, Inman RD, Salonen D, Dhillon SS, Williams M, Stone M, et al. Spondyloarthritis Research Consortium of Canada magnetic resonance imaging index for assessment of sacroiliac joint inflammation in ankylosing spondylitis. *Arthritis Rheum* 2005;53:703-9.
- 24) Lambert RGW, Salonen D, Rahman P, Inman RD, Wong RL, Einstein SG, et al. Adalimumab significantly reduces both spinal and sacroiliac joint inflammation in patients with ankylosing spondylitis. *Arthritis Rheum* 2007;56:4005-14.
- 25) Romanus R, Yden S. Destructive and ossifying spondylitic changes in rheumatoid ankylosing spondylitis. *Acta Orthop Scand* 1952;22:88-99.
- 26) Braun J, Baraliakos X, Golder W, Brandt J, Rudwaleit M, Listing J, et al. Magnetic resonance imaging examinations of the spine in patients with ankylosing spondylitis, before and after successful therapy with infliximab: evaluation of a new scoring system. *Arthritis Rheum* 2003;48:1126-36.
- 27) Kenny JB, Hughes PL, Whitehouse GH. Discovertebral destruction in ankylosing spondylitis: the role of computed tomography and magnetic resonance imaging. *Br J Radiol* 1990;63:448-55.
- 28) Maksymowych WP, Inman RD, Salonen D, Dhillon SS, Krishnananthan R, Stone M, et al. Spondyloarthritis Research Consortium of Canada magnetic resonance imaging index for assessment of spinal inflammation in ankylosing spondylitis. *Arthritis Rheum* 2005;53:502-9.
- 29) Maksymowych WP, Dhillon SS, Park R, Salonen D, Inman RD, Lambert RG, et al. Validation of the Spondyloarthritis Research Consortium of Canada (SPARCC) MRI spinal inflammation index: is it necessary to score the entire spine? *Arthritis Rheum* 2007;57:501-7.
- 30) Bozgeyik Z, Ozgocmen S, Kocakoc E. Role of diffusion-weighted MRI in the detection of early active sacroiliitis. *AJR Am J Roentgenol* 2008;191:980-6.
- 31) Gaspersic N, Sersa I, Jevtic V, Tomsic M, Praprotnik S. Monitoring ankylosing spondylitis therapy by dynamic contrast-enhanced and diffusion-weighted magnetic resonance imaging. *Skeletal Radiol* 2008; 37:123-31.

- 32) Appel H, Hermann KG, Althoff CE, Rudwaleit M, Sieper J. Whole-body magnetic resonance imaging evaluation of widespread inflammatory lesions in a patient with ankylosing spondylitis before and after 1 year of treatment with infliximab. J Rheumatol 2007;34:2497-8.
- 33) Althoff CE, Appel H, Rudwaleit M, Sieper J, Eshed I, Hamm B, et al. Whole-body MRI as a new screening tool for detecting axial and peripheral manifestations of spondyloarthritis. Ann Rheum Dis 2007;66:983-5.
-