

# 심근 질환과 심막 질환의 자기공명영상

김 양 민

## 서 론

다른 영역의 심장 질환과 마찬가지로 심근과 심낭을 침범하는 질환을 진단하는 데에는 심초음파가 일차적으로 사용된다. 심초음파는 사용이 편리하고 형태적인 진단과 기능적인 분석을 동시에 쉽게 할 수 있어서, 이 영역에서도 자기공명영상(Magnetic resonance imaging, 이하 MRI)은 심초음파의 보완적인 역할을 한다. 그러나 최근에 MRI 기계의 획기적인 발전에 힘입어 심근 질환과 심낭 질환에서도 MRI의 이용이 증가하고 있어서 이에 대한 적절한 이해가 필요하다.

심장의 MRI는 혈관 및 심장의 내강과 벽 사이의 자연적인 대조, 뛰어난 공간 해상도와 시간 해상도, 3차원적인 영상 기법, 비침습성 및 비전리성 방사선 등의 장점을 갖는다. 최근에는 MRI의 영상 획득 속도가 매우 빨라져서 시간 해상능이 증가되고, 혈류와 심벽과의 대조가 획기적으로 증가되어 매우 정확하고 재현성이 높은 기능적 검사가 가능해 졌으며, myocardial tagging 등의 새로운 기능적인 검사 기법들이 도입되어 임상 적용 단계에 있다 (1). 본 종설에서는 먼저 심근 질환과 심낭 질환을 진단하는 MRI의 기법을 알아보고, 이어서 다양한 심근 질환과 심낭 질환의 형태적 그리고 기능적 MRI 소견과 이의 이해를 통해서 MRI를 적극적으로 활용할 방법을 알아보고자 한다.

## 심근과 심낭 질환 진단을 위한 MRI 기법

### 1. 형태적 분석

스핀 에코 MRI 영상은 뛰어난 공간 해상능과 자연적인 대조 때문에 심근 질환과 심낭 질환의 형태적인 진단에 기본이 된다. 심장 혈류와 심내막 사이의 경계 및 심근층과 심외막의 지방층 사이의 경계가 명확하게 보이므로 비후된 심근의 두께 측정이 용이하다 (Fig. 1). 심근염이나 유육종 등의 진단에는 Gd-DTPA 조영 증강 영상이 도움이 된다. 지방 억제 기법은 arrhythmo-

genic right ventricular dysplasia와 지방 이외 조직의 심근 침윤을 감별하는데 도움이 된다.

### 2. 기능적 분석

Cine MRI는 경사 에코 기법을 사용해서 심장의 한 주기를 여러 위상으로 나누어 영상을 얻은 것으로, 혈관 내 또는 심장 내의 정상적인 혈류는 고신호 강도를 보이고 심근은 저신호 강도를 보인다 (Fig. 2b). 이를 영화와 같이 연속적으로 디스플레이하면 심근 주기 동안의 심장의 운동을 평가할 수 있어서 전반적인 또는 부분적인 벽 운동(wall motion)의 장애를 쉽게 진단할 수가 있다 (2). 또한 비후성 심근증에 동반되는 승모판 역류나 좌심실 유출로 협착에 의한 이상 혈류는 고신호 강도가 없어지는 소위 "signal void"로써 이를 증명할 수 있고 (3-4), 그 정도를 정량화할 수 있다. Cine MRI로 좌심실의 전 영역을 영상화 한 후, 혈류와 심내막의 경계를 찾아서 좌심실의 용적을 측정할 수 있다. 심장 주기 동안의 심실 용적의 변화로서 박출 계수(ejection fraction)같은 수축 기능과 확장기의 기능 이상을 진단할 수 있으며, 승모판 역류량의 측정이 가능하다. 또한 심내막과 심외막의 경계를 찾아서 심근의 면적을 구하여 심근의 용적과 질량을 측정할 수 있다 (Fig. 3).

Myocardial tagging은 최근의 MRI 발전의 팔목할 만한 부분으로서 특히 비후성 심근증의 운동 역학에 대한 새로운 지평을 보여 주었다. Myocardial tagging은 영상 획득 전에 고주파를 총만시켜서 심근 조직에 격자 모양의 라벨을 붙인 후 심장 주기의 과정 동안 심근의 비틀림을 관찰할 수 있다 (2). 이는 국소적인 좌심근의 변형(strain)을 분석하는 유일한 방법으로 심근의 수축 기능을 정성적 또는 정량적으로 분석할 수 있으므로, 비후성 심근증 같이 국소적으로 불균질한 형태나 기능을 가진 질환의 평가에서 매우 유용하다 (5-9).

MR spectroscopy는 심근의 허혈 때문에 생긴 고에너지 인산염과 세포 내 pH의 변화를 직접 측정함으로써 심장의 대사를 평가할 수 있는 매우 유용한 검사법이다 (2). 최근 MRI의 기술

대한자기공명영상학회지 5:108-115(2001)

세종병원 방사선과

접수 : 2001년 11월 16일, 채택 : 2001년 12월 8일

통신저자 : 김양민, (422-232) 경기도 부천시 소사구 소사본2동 91-121 세종병원 방사선과

Tel. 82-32-340-1171 Fax. 82-32-340-1236 E-mail: ymkim11@be.md

적인 진전에도 불구하고 심장의 spectroscopy는 여전히 임상적인 연구 단계에 있으나, 비후성 심근증 환자에 적용하여 높은 신호 대 잡음 비의 스펙트럼을 얻을 수 있다 (10-11).

### 심근 질환에서의 MRI 적용

허혈성 심질환을 제외한 심근 질환 중 MRI가 이용되는 대표적인 질환으로는 심근증, arrhythmogenic right ventricular dysplasia, 급성 심근염, 이식된 심장의 추적 검사, 이식 거부 반응 등이 있다. 심근증은 심장에 선천성 질환, 허혈성 질환, 판막성 질환, 심낭성 질환, 고혈압, 폐실질 질환 또는 폐혈관성 질환 등의 원인이 없는 상태에서 심근을 일차적으로 침범하는 질환을 일컫는데, 비후성 심근증, 확장성 심근증과 제한성 심근증으로 분류된다. 심근 질환의 진단에 심초음파가 일차적으로 이용되나, 초음파는 본질적으로 뼈나 공기를 통과하기가 어려우므로, 공기를 함유한 폐가 인접한 좌심실의 심첨 부위나, 흉골이나 늑골에 인접한 우심실의 정확한 평가는 불가능한 경우가 많으며, 탐촉자로부터 거리가 먼 후벽 부위의 두께 측정은 부정확할 수 있다 (12). 그런데 심근 질환의 주요 관심사는 심실이며 특히 전신 혈류의 펌프 기능을 하는 좌심실의 평가는 절대적이므로 심근 질환의 진단에 MRI의 적용이 필요하다.

#### 1. 비후성 심근증(Hypertrophic cardiomyopathy)

비후성 심근증은 비대칭성 증격 비후(asymmetrical septal hypertrophy, ASH)와 심첨 비후(apical hypertrophy)로 구분된다. 비대칭성 증격 비후는 흔히 심실성 빈맥 등의 부정맥을 유발하여 갑자기 사망에 이르게 하는 경우가 있고, 좌심실 유출로의 폐색이 동반된 환자에서 비후된 심근 절제술 등의 치료가

시도되므로 이를 정확히 진단해야 한다. MRI는 비후성 심근증의 특징인 비대칭적 심근 비후, 심방이나 심실의 크기, 좌심실 유출로의 협착과 같은 형태의 변화와 (Fig. 1), 심실 수축기 동안 승모판 전엽의 전방 전위, 승모판 역류, 좌심실 유출로의 압력차, 심실 확장기 이상 등의 기능적인 변화를 진단할 수 있다 (Fig. 2). MRI는 심초음파와 비교해서 증격과 후벽의 두께를 정확히 측정할 수 있으므로 좌심근 비후의 분포와 그 정도에 관한 정량적인 정보를 제공할 수 있다 (3, 13-15).

비대칭성 증격 비후는 비후성 심근증의 가장 흔한 형태로서, 특발성 비후성 대동맥판하 협착(idiopathic hypertrophic subaortic stenosis, IHSS)이라고도 한다. 이 질환은 기저부의 심실 증격이 후벽이나 심첨 부위에 비해서 비대칭적으로 두꺼워지므로 심실의 확장기말에 심실 증격과 후외측 벽의 두께의 비가 매우 증가한다 (3, 13, 16). 또한 비후된 기저부위의 심근은 수축기에 두꺼워지는 정도(systolic thickening, 수축기와 이완기의 두께의 차이/수축기 두께)가 감소된다 (16). Dong등의 연구 (17)에 의하면 비후성 심근증 환자에서 수축기 동안 심근이 두꺼워지는 정도는 불균일하게 감소되어 있으며, 감소 정도는 심근 두께와 반비례 하였다.

심첨부 비후는 심첨부만을 침범하는 다른 형태의 비후성 심근증으로서, 한국인이나 일본인에서 흔해서 비후성 심근증 환자의 25-33%에서 심첨부 비후가 있는 반면, 서양인의 경우 비후성 심근증 환자의 2-3%만이 심첨부를 침범한다 (13, 18-19). 심근의 비후가 좌심실 심첨부에 국한되어 심혈관 조영술, 심초음파 검사 및 MRI 검사상 특징적으로 좌심실 내강이 카드의 spade 모양으로 보인다. 심초음파는 심첨 근처의 증격과 심첨에 대한 평가가 어려워서 심첨부 비후성 심근증의 진단에는 MRI가 심초음파보다 우월한 것으로 보고되고 있다 (14, 20-22).

비후성 심근증 환자에서는 우심실 벽도 두꺼워지는 경우가 있

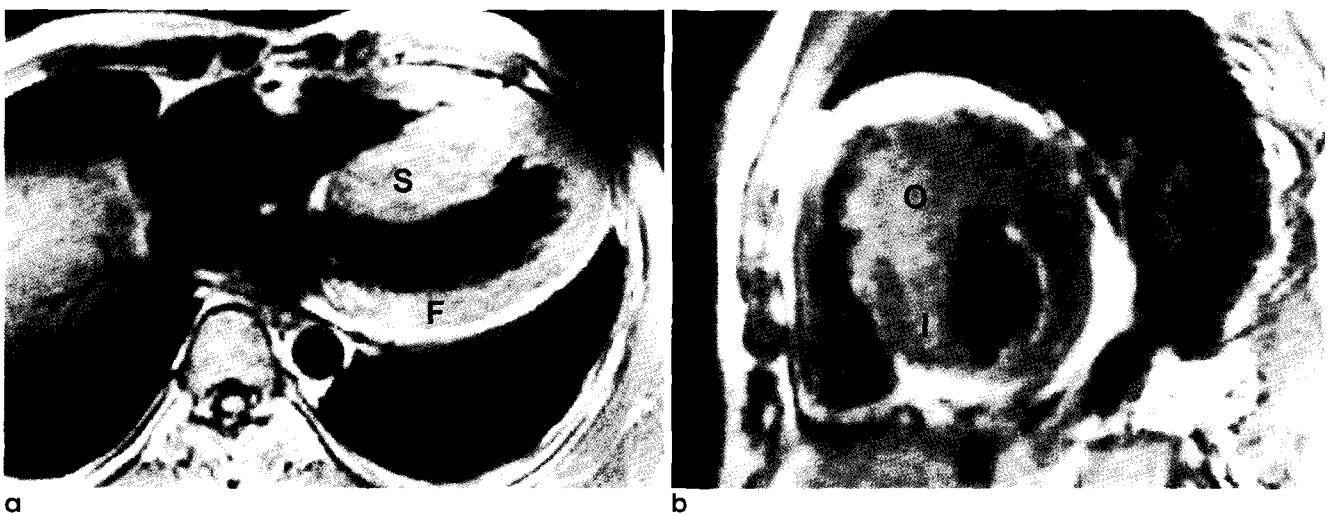


Fig. 1. Spin echo T1 weighted images in a patient with asymmetrical septal hypertrophy.  
 a. Axial view shows disproportionate hypertrophy of septum (S) relative to posterior free wall (F) of left ventricle.  
 b. On short axis image, septal hypertrophy is more pronounced at outlet septum (O) than inlet septum (I).

는데 (24), MRI를 사용하면 심초음파에서와 같은 초음파 창외의 제한이 없어서 우심실 벽의 모든 부분의 두께를 측정할 수 있다. Cine MRI를 이용하면 우심실의 부피나 수축 기능 및 우심실의 질량을 측정할 수 있다 (25-26). Suzuki등의 연구 (27)에 의하면 좌심실뿐만 아니라 우심실에도 확장기의 기능 이상이 있음이 증명되었다.

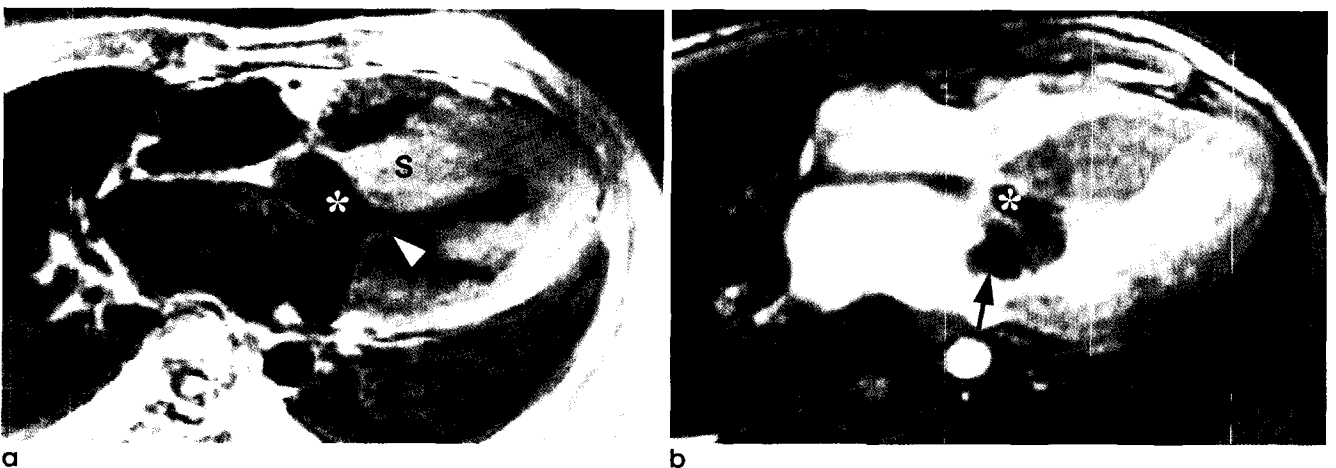
비후성 심근증은 좌심실 유출로의 협착 여부에 따라서 비폐색형, 휴식기 폐색형과 부하기 폐색형으로 구분된다. 이러한 형태적인 감별 진단에 따라 환자의 치료 방침이나 예후가 달라지므로 좌심실 유출로의 상태를 정확히 판단해야 한다. 심초음파는 초음파 창외의 제한 때문에 검사의 재현성이 매우 낮은 것으로 보고되고 있다 (28-30). 스핀 에코 MRI 영상으로는 좌심실 유출로의 협착을 진단할 수 있고, Cine MRI 영상에서는 좌심실 유출로에 협착이 있으면 혈류의 속도가 증가하여 signal void 현상이 보이게 된다 (Fig. 2). 정상인에서도 수축기 동안에 좌심실 유출로의 중앙 부분에 선형의 signal void가 보일 수 있는데, 좌심실 유출로의 협착이 있으면 signal void의 면적이 커지고 오랜 심장 주기 동안 지속되는 경향을 보인다 (3, 16, 31). 그러나 MRI상 signal void의 크기는 에코 시간과 숙입각(flip angle) 뿐만 아니라 영상의 밝기 조절에 따라 달라질 수 있으므로 주의가 요한다. 관상동맥 중격 분지의 색전술로 비후된 중격의 심근을 피사시킨 후 MRI의 추적검사를 통해서 좌심실 유출로의 면적이 점차 넓어지는 것을 확인할 수 있다 (28).

승모판 역류는 비후성 심근증 환자에서 흔히 동반되는데, 이는 수축기에 승모판 전엽의 전방 전위(systolic anterior motion of anterior mitral leaflet, SAM)에 기인한 판막의 기능 이상으로 설명하고 있다 (Fig. 2b). 건강한 사람에서도 심실 수축기 동안에 승모판에서부터 좌심방으로 signal void가 보일 수 있는

데, 생리적인 signal void는 초기 심실 수축기에 승모판의 인접 부위에 작은 signal void로 보인다 (31). 비정상적인 승모판 역류는 signal void의 면적이 넓고 긴 심실 수축기 동안 지속된다. 비후성 심근증 환자에서 signal void의 면적과 범위는 심혈관 조영술과 심초음파 검사에서 측정된 역류의 정도에 상관관계가 높다는 보고도 있지만, 좌심실 유출로의 협착이나 승모판 역류의 유무나 정도는 심초음파로 정확하고 쉽게 판단할 수 있으므로 MRI의 역할은 보조적이다.

Cine MRI로 좌심실 근육의 질량을 정확히 측정할 수 있다 (32). 비후성 심근증 환자에서 좌심실의 비후 정도를 전반적으로 평가하여 심근 절제술이나 중재적인 중격 분지 색전술 (33)의 적응증을 찾고 치료 후의 결과를 보기 위해서는 이차원적인 비후 심근의 두께 측정보다는 질량 측정이 필요하다. 심초음파로도 심근 질량을 측정할 수 있으나, 심초음파를 이용한 부피측정은 기본적으로 좌심실이 총알과 같은 모양으로 장축면이 대칭적이고 단축면이 원형이라는 기하학적인 가정에 기초하므로 불규칙한 비후를 동반하는 비후성 심근증 환자에서는 부정확한 결과를 초래할 수 밖에 없다. 최근에 삼차원적인 심초음파 기법으로 부피를 측정하는 방법이 개발되어 사용되고 있으나, 초음파 창외의 제한 문제는 여기에도 적용된다.

Myocardial tagging을 이용하여 비후성 심근증 환자에서 비후된 심근의 운동이 매우 감소되어 있으며, 심실 중격과 좌심실의 전벽과 하벽 부위의 심근에서 환상의 수축이 감소된 것이 증명되었다 (7, 34). 3차원적인 심근 변형 분석에서 비후성 심근증 환자에서 환상으로 그리고 장축으로 심근 변형이 감소하는 현상을 보였으며, 최대 수축 변형의 크기는 기저부 중격과 전벽에서만 감소되었다 (8). Cine MRI와 myocardial tagging을 조합하면 심실분절의 두께와 두꺼워지는 정도를 정확히 평가할 수



**Fig. 2.** Spin echo and gradient echo images in 32-old-man with asymmetrical septal hypertrophy.  
**a.** Four-chamber view shows septal hypertrophy especially at basal septum. Left ventricular outflow tract (\*) is encroached by the posteriorly bulged basal septum (S) and anteriorly moved anterior leaflet of mitral valve (arrowhead).  
**b.** Gradient echo image in four chamber view obtained in early systolic phase of same anatomic section as a, shows signal void area at left ventricular outflow tract (\*) which suggests turbulent flow through the narrow outflow tract. Signal void at left atrium (arrow) is produced by mitral regurgitation.

있다 (35). myocardial tagging은 아직은 임상 적용을 시도하는 단계에 있으나, 다른 검사 기법으로는 가능하지 않은 독특한 기능을 가지고 있어서 이의 적용이 기대된다.

### 2. 확장성 심근증(Dilated cardiomyopathy)

확장성 심근증은 세가지 심근증 중 가장 흔한 형태로 원인 불명의 심근 손상 때문에 좌심실이 확장되고 수축 기능과 확장기 기능이 감소되는 질환군이다. 다른 형태의 심근증과는 달리 전반적으로 심근 두께가 감소되므로 심초음파가 비교적 정확하게 형태적인 진단과 기능적인 진단을 할 수 있어서 MRI의 적용이 많지는 않았다. 그러나 빠른 Cine MRI를 이용하여 심실의 용적과 심근의 질량 등의 정량화된 지표를 구할 수 있으므로 그 이용이 증가하리라 기대된다.

Semelka등 (36)이 Cine MRI로 같은 환자를 두 번에 걸쳐서 검사를 해서 좌심실 용적과 질량을 측정할 결과 좌심실 용적의 변화가 5% 미만으로 재현성이 매우 높았다. 이 결과는 치료 전 후에 작은 변화가 있더라도 Cine MRI를 이용하면 치료의 효과를 판단할 수 있다는 것을 시사한다. 다른 연구에 의하면 MRI로 확장성 심근증 환자에서 치료 후에 박출 계수가 현저히 증가되고 좌심실 수축기 용적, 수축기말 심근 변형 및 질량이 감소되는 것을 관찰할 수 있었다 (36-39).

Cine MRI로 심장의 기저부에서부터 심첨까지 연속적으로 영상을 얻어서 수축기의 심근이 두꺼워지는 정도를 삼차원적으로 평가할 수 있다. 정상인에서는 심첨에서부터 심기저까지 수축기의 심근 두께의 증가가 점차 증가하나 확장성 심근증 환자에서는 이러한 현상이 없었다 (36, 40). Myocardial tagging을 이용한 MRI 검사상 확장성 심근증 환자에서는 심근 섬유질의 단축이

심하게 감소된 현상이 있었는데, 이를 이용하면 치료 효과를 정확히 판정할 수 있다 (41-42).

### 3. 제한성 심근증(Restrictive cardiomyopathy)

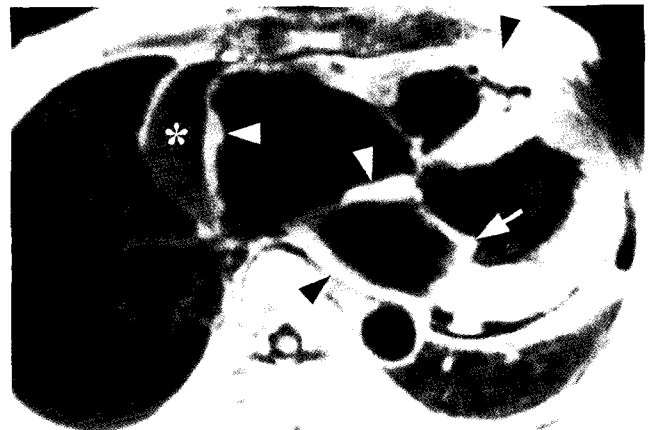
제한성 심근증은 특발성 또는 침윤성 심질환에 이차적으로 심근에 섬유성 변화가 생겨 심실의 수축 기능은 유지되면서 확장기 기능의 이상을 동반하는 질환군이다. 이는 심근만을, 또는 심내막과 심근을 동시에 침범하는 다양한 질환 때문에 생기는데 많은 경우에 원인을 모른다. 제한성 심근증에 동반된 이상 심근의 영상 진단은 매우 어렵다. 따라서 최종적인 진단은 심내막 심근 생검에 의존하는데, 국소적인 침윤에 의한 제한성 심근증은 생검을 통한 진단율이 낮다. 이런 경우에 MRI를 이용하면 국소적으로 이상이 있는 조직 생검 부위를 찾을 수 있어 도움이 된다.

원인이 규명된 질환 중에서 MRI 소견이 보고된 대표적인 질환으로는 유전분증(amyloidosis)과 유육종증(sarcoidosis)이 있는데, 이들 질환의 자연 경과나 치료 후 경과를 추적하는데 MRI가 유용하다. Cine MRI를 이용하면 심실의 용적을 심장 주기 내내 측정할 수 있으므로, 제한성 심근증에 흔히 동반되는 좌심실 확장기의 기능 이상을 진단할 수 있다. 또한 제한성 심근증에 동반한 승모판 또는 삼첨판의 역류도 그 유무나 정도를 정량화할 수 있다.

심장의 유전분증은 제한성 심근증의 가장 흔한 원인으로 심장의 모든 벽과 방실 판막이 전반적으로 비후된다. 심장의 유전분증은 T1과 T2 강조 영상에서 신호 강도가 증가한다. 비후성 심근증에서와 마찬가지로 심실의 벽이 두꺼워지는데, 박출계수나 벽 운동 같은 심실의 수축 기능이 비후성 심근증에서는 정상이거나 증가하는 반면, 유전분증에서는 감소하기 때문에 두 질환의



**Fig. 3.** A gradient echo image in short axis plane to measure the myocardial mass in a patient with asymmetrical septal hypertrophy. By tracing the endocardial border and epicardial border of all slices, ventricular mass can be measured by calculation of difference between the epicardial and endocardial volumes.



**Fig. 4.** Spin echo T1 weighted image in 56-old-woman with cardiac amyloidosis. Right atrial wall, inter-atrial septum, left atrial wall and right ventricular free wall (arrowheads) are thickened. Mitral valve (arrow) also shows diffuse thickening. Localized pericardial effusion (\*) adjacent to right atrium is present.

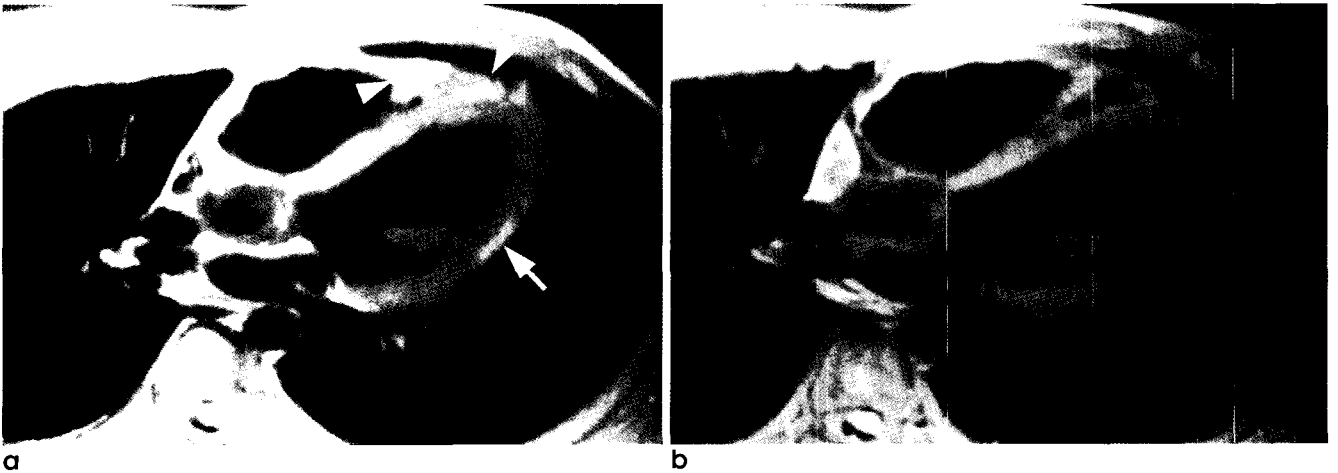
감별이 가능하다. Fattori 등 (43)은 유전분증 환자는 우심방이 확장되고, 우심실 벽 두께가 평균 8 mm 이상으로 증가하며, 우심실 벽 두께가 증가하는 것이 비후성 심근증과는 다른 점이라 하였다 (Fig. 4). 그러나 좌심실 벽 두께와 좌심방의 크기는 정상환자와 비교해서 차이가 없었고, 유전분 물질이 늑막과 심낭에 침착되어 늑막삼출과 심낭삼출이 있었고, T1과 T2 강조 영상에서 고신호 강도를 보였다.

유육종증은 드물게 심장을 침범하여 부정맥과 제한성 심근증을 일으키는 질환으로서, 임상적으로는 5% 미만에서, 그리고 부검소견에서는 27% 정도가 심장을 침범하는 것으로 알려져 있다 (44). 스피ن 에코 T1강조영상과 지방 억제 T2강조 영상에서 좌심실 심근 내에 고신호 강도의 반점이 보인다 (45-46). 급성기에는 T1강조영상에서 유육종의 침윤이나 국소적인 섬유화 때문에 조영 증강이 되며, 만성기에는 심벽 두께가 국소적으로 감소한다. 스테로이드로 유육종의 진행을 정지시킬 수 있는데, Doherty 등 (47)의 연구에 의하면 전신적인 스테로이드 치료 후에 치료 전에 보였던 고신호 강도의 부위들이 완전히 소실된 것을 확인하였다.

#### 4. Arrhythmogenic right ventricular dysplasia (ARVD)

ARVD는 특징적으로 환자 중 남자가 80% 정도로 젊은 남자에서 호발한다 (39). ARVD는 원인을 모르게 우심실의 심근에 지방 또는 섬유조직이 국소적으로 또는 전반적으로 침윤되어 우심실 기원의 심실성 빈맥과 급사를 일으키는 질환이다. 대개는 가족력이 있으며 유전적인 이상과 연관되어 있다. 초기에는 국소적으로 지방이 침윤되어 증상이 없지만, 지방 침윤이 광범위해지면서 우심실 부전을 일으킨다. 우심실의 내막 근육 생검은 매우 특이적이기는 하나 예민도가 떨어지는데, 그 이유는 이 질환이 생검이 가능한 부위인 심실 중격을 거의 침범하지 않기 때문이다 (48).

질환의 초기에는 지방 침윤이 매우 국소적으로 발생하여 국소적으로 벽 운동이 감소하고 심근의 두께가 얇아진다. 초기의 질환은 다른 검사법으로는 진단이 어려우나, MRI를 이용하면 진단이 가능해진다 (49). 질환은 말기에는 광범위한 지방의 침윤에 의해서 우심실 기능이 매우 나빠지므로 초기보다는 쉽게 진단할 수 있다 (Fig. 5). 심초음파나 우심실 조영술로 진단할 수 있



**Fig. 5.** Fast spin echo images and fast gradient echo image in 14-old-boy with arrhythmogenic right ventricular dysplasia.

**a.** A double inversion recovery fast spin echo image shows diffuse fatty infiltration in myocardium of right ventricular free wall. Focal fatty infiltrations are visible in apex of right ventricle (arrowheads) and free wall of left ventricle (arrow). **b.** On fat suppression image of same anatomic section as a, the signal intensity of the area of high signal is decreased or nullified when compared to the image without fat suppression. This suggests that the lesion with high signal intensity in left ventricular myocardium is fatty infiltration. **c.** Gradient echo image shows thinned myocardium (arrow) and aneurysmal dilatation of right ventricular outflow tract (\*).

으나, 우심실의 전벽의 대부분이 흉골의 뒤에 붙어 있어서 초음파창에 제한이 있고, 우심실이 특정한 기하학적 형태 없이 복잡해서 벽운동의 이상을 진단하는 것이 어려워서 진단이 늦어질 수 있다.

MRI는 이 질환을 진단하는 가장 좋은 진단법이나, 질환의 초기 소견과 정상 소견 사이에는 중복이 많아서 이의 감별 진단에 주의가 요구된다. 정상적인 경우에는 지방이 우측 방실구(right atrio-ventricular groove) 근처의 우심실 유출로와 우심실의 전방 심첨 부위의 심외막에 침착되나, 심근 내에는 침윤되지 않는다. 이 질환은 심실 중격 또는 좌심실을 침범하여 심근 내에 지방 조직이 침윤될 수 있으나 (Fig. 5a), 매우 드물게 보고되고 있다 (50).

이 질환의 다른 형태로서 지방 조직 대신에 섬유성 조직이 심근에 생기는 경우도 있다. 이러한 형태는 심근의 섬유화가 우심실 벽을 국소적 또는 전반적으로 침범하여 우심실 벽의 두께가 심하게 감소하게 된다. 심한 경우에는 낭성의 동맥류와 같이 심하게 돌출하기도 한다 (Fig. 5c). Cine MRI를 이용하면 국소적으로 심근 운동이 이상한 부위를 진단할 수 있다.

### 5. 심근염

심근염의 진단은 다분히 임상적 소견에 기초를 한다. 최종 진단은 심내막 심근 생검으로 가능하며, 급성기의 간질 부종, 임파구 침윤과 심근 피사를 봄으로써 진단할 수 있다 (51). 그러나 이러한 생검은 심한 합병증을 동반할 수 있고 질환이 국소적일 경우에는 예민도가 낮다는 문제가 있다.

초기의 심근염 환자에서 스핀 에코 T2 강조 영상에서 조직의 부종이나 염증에 의한 고신호 강도 부위를 볼 수 있다 (52-53). 급성의 심근염을 가진 환자에서는 조영 증강 MRI에서 심근에 조영 증강이 되는 부분이 보이고 그 범위를 파악 할 수 있으므로, 급성 심근염 환자의 진단이나 추적 검사에 유용하다 (53). 심근 내의 염증 소견은 질환의 발생일로부터 2주 이내에 생기며 초기에는 국소적이다가 시간이 지남에 따라 전반적으로 변한다 (52). 그러나 이 소견은 매우 비 특이적이어서 심근증, 유전분증, 심근 경색에서도 비정상적인 심근의 조영 증강 현상이 있으므로 주의를 요한다.

### 심낭 질환에서의 MRI 적용

정상 심낭은 섬유성 조직으로 이루어져 있기 때문에 MRI상 중격동 지방과 심외막하 지방의 고신호 강도 사이에서 선형의 저신호 강도로 보인다. MRI에서는 얇은 섬유성 심낭조직을 둘러싸는 지방에 의한 화학적 변위 인공물 때문에, 병리 소견보다는 약간 더 두껍게 측정되어, 4 mm 미만은 정상적인 심낭의 두께로 판단한다. 심낭에 염증이 생기면 조영 증강이 되어서 높은 신호 강도를 보이게 된다. 두꺼워진 심낭은 심낭 삼출과 구별해야 하는데, 심낭 삼출은 스핀 에코 영상에서 저신호 강도를 보이거나

경사 에코 영상에서는 고신호 강도를 보인다. 심낭은 심장뿐만 아니라 대동맥궁 직하부의 상행 대동맥 및 폐동맥 분기점까지의 주폐동맥 주위를 둘러싸므로 주의를 요한다.

### 1. 심낭삼출

MRI는 심낭 삼출을 찾는 데 매우 예민하며 심낭 삼출액의 종류와 심낭 삼출의 범위를 평가하는데 심초음파보다 우월하다 (54). 심낭 삼출액의 신호 강도는 그 원인에 따라서 다양하게 나타난다. 비 출혈성 삼출액은 T1 강조 스핀 에코 영상에서 저신호 강도를, T2 강조 스핀 에코 영상에서는 고신호 강도를 보인다. 복합 삼출액은 T1 강조 영상에서 신호 강도가 증가된다 (54). 출혈성 삼출액은 출혈 후의 시간 경과에 따라서 고신호 강도를 보일 수 있다.

### 2. 교착성 심낭염

교착성 심낭염은 감염성 심낭염, 결핵, 결합 조직 질환, 종양이나 외상의 원인으로 심낭의 섬유화가 진행되어서 심실의 수축기 동안 혈류의 심실 유입이 저하되어서 임상소견을 보이게 된다. 이러한 임상 소견은 제한성 심근증 환자에서도 비슷하게 보이므로 두 질환의 감별 진단이 매우 중요하다. 심낭 비후는 영상 검사로 확인할 수 있는 교착성 심낭염의 유일한 형태적인 특징이므로 이를 정확히 평가하는 것이 중요하다 (Fig. 6). 심초음파는 교착성 심낭염 환자의 많은 경우에서 심외막의 두께를 정확히 측정하기 어렵다고 보고되고 있다 (55). MRI로는 심낭 두께가 4 mm 이상이면 교착성 심낭염으로 진단할 수 있는데 (56), MRI 진단

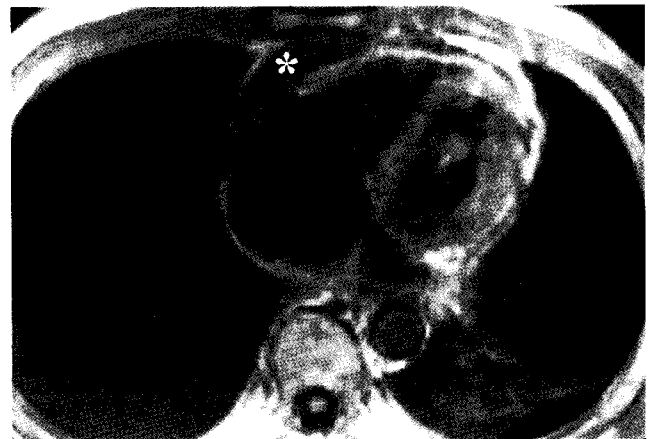


Fig. 6. Spin echo T1 weighted image in 42-old-man with constrictive pericarditis.

Most of the pericardium overlying the right atrium, right ventricle and left ventricle show minimal thickening. Pericardium adjacent to the right atrio-ventricular groove (\*) is markedly thickened and right atrium is dilated. Large amount of pleural effusion is present.

의 정확성은 93% 정도로 높게 보고되고 있다 (57). 심낭의 석회화는 CT검사가 매우 예민하게 발견할 수 있는 반면, MRI에서는 심낭의 석회화도 심낭 비후와 같이 저신호 강도를 보이므로, 석회화가 동반된 심낭염의 경우에는 MRI가 CT보다 예민도가 낮다. MRI는 심장 동기를 해야 하는데, 심낭 질환 환자에서는 심방 세동과 같은 부정맥이 흔해서 영상의 질이 떨어질 수 있다. 이런 이유로 교착성 심낭염의 진단에는 CT가 일차적으로 사용되며, MRI는 CT의 보완적인 역할을 한다.

임상 증상으로 교착성 심낭염이 의심되는 경우에 MRI 검사상 심낭 비후가 확실하지 않는 경우에는 여러 가지 동반된 소견들 즉, 하대정맥, 간정맥, 관정맥동 및 우심방의 확장 소견을 참고하여 진단해야 한다. 우심실은 작고 길게 내강이 형성되고 S자 모양으로 좌심실쪽으로 변위되어 보이며 우심실 용적이 감소될 수 있다. 어떤 환자에서는 교착이 우측 심장에만 국한되거나 우측의 방실구만 침범하기도 한다. 많은 경우에 심낭의 비후가 심방과 우심실 주위에 생긴다. Cine MRI로 초기 확장기에 심실 중격의 이상 운동을 볼 수 있고, 심실 확장기에 우심실로의 유입이 제한되는 것을 볼 수 있다.

참 고 문 헌

1. Mohiaddin RH, Longmore DB. Functional aspects of cardiovascular nuclear magnetic resonance imaging. Techniques and application. *Circulation* 1993;88:264-281
2. van der Wall EE, Vliegen HW, de Roos A, Bruschke AV. Magnetic resonance imaging in coronary artery disease. *Circulation* 1995;92:2723-2739
3. Sardanelli F, Molinari G, Petillo A, et al. MRI in hypertrophic cardiomyopathy: a morphofunctional study. *J Comput Assist Tomogr* 1993;17:862-872
4. Scheffknecht BH, Bonow RO, Dwyer AJ, Maron BJ. Functional assessment of left ventricular ejection dynamics by cine-magnetic resonance imaging in hypertrophic cardiomyopathy. *Am J Cardiol* 1994;73:981-984
5. Bergey PD, Axel L. Focal hypertrophic cardiomyopathy simulating a mass: MR tagging for correct diagnosis. *Am J Roentgenol* 2000;174:242-244
6. Axel L, Dougherty L. Heart wall motion: improved method of spatial modulation of magnetization for MR imaging. *Radiology* 1989;172:349-350
7. Kramer CM, Reichek N, Ferrari VA, Theobald T, Dawson J, Axel L. Regional heterogeneity of function in hypertrophic cardiomyopathy. *Circulation* 1994;90:186-194
8. Young AA, Kramer CM, Ferrari VA, Axel L, Reichek N. Three-dimensional left ventricular deformation in hypertrophic cardiomyopathy. *Circulation* 1994;90:854-867
9. Bouton S, Yang A, McCrindle BW, Kidd L, McVeigh ER, Zerhouni EA. Differentiation of tumor from viable myocardium using cardiac tagging with MR imaging. *J Comput Assist Tomogr* 1991;15:676-678
10. de Roos A, Doornbos J, Luyten PR, Oosterwaal LJ, van der Wall EE, den Hollander JA. Cardiac metabolism in patients

- with dilated and hypertrophic cardiomyopathy: assessment with proton-decoupled P-31 MR spectroscopy. *J Magn Reson Imaging* 1992;2:711-719
11. Sakuma H, Takeda K, Tagami T, et al. 31P MR spectroscopy in hypertrophic cardiomyopathy: comparison with Tl-201 myocardial perfusion imaging. *Am Heart J* 1993;125:1323-1328
12. Devlin AM, Moore NR, Ostman-Smith I. A comparison of MRI and echocardiography in hypertrophic cardiomyopathy. *Br J Radiol* 1999;72:258-264
13. Park JH, Kim YM, Chung JW, Park YB, Han JK, Han MC. MR imaging of hypertrophic cardiomyopathy. *Radiology* 1992;185:441-446
14. Posma JL, Blanksma PK, van der Wall EE, Hamer HP, Mooyaart EL, Lie KI. Assessment of quantitative hypertrophy scores in hypertrophic cardiomyopathy: magnetic resonance imaging versus echocardiography. *Am Heart J* 1996;132:1020-1027
15. Pons-Llado G, Carreras F, Borrás X, et al. Comparison of morphologic assessment of hypertrophic cardiomyopathy by magnetic resonance versus echocardiographic imaging. *Am J Cardiol* 1997;79:1651-1656
16. Arrive L, Assayag P, Russ G, Najmark D, Brochet E, Nahum H. MRI and cine MRI of asymmetric septal hypertrophic cardiomyopathy. *J Comput Assist Tomogr.*;18:376-382
17. Dong SJ, MacGregor JH, Crawley AP, et al. Left ventricular wall thickness and regional systolic function in patients with hypertrophic cardiomyopathy. A three-dimensional tagged magnetic resonance imaging study. *Circulation* 1994;90:1200-1209
18. Keyes JW Jr, Brady TJ, Leonard PF, et al. Calculation of viable and infarcted myocardial mass from thallium-201 tomograms. *J Nucl Med* 1981;22:339-343
19. Sakamoto T, Tei C, Murayama M, Ichiyasu H, Hada Y. Giant T wave inversion as a manifestation of asymmetrical apical hypertrophy (AAH) of the left ventricle. Echocardiographic and ultrasono-cardiotomographic study. *Jpn Heart J* 1976;17:611-629
20. Casolo GC, Trotta F, Rostagno C, et al. Detection of apical hypertrophic cardiomyopathy by magnetic resonance imaging. *Am Heart J* 1989;117:468-472
21. Suzuki J, Watanabe F, Takenaka K, et al. New subtype of apical hypertrophic cardiomyopathy identified with nuclear magnetic resonance imaging as an underlying cause of markedly inverted T waves. *J Am Coll Cardiol* 1993;22:1175-1181
22. Soler R, Rodriguez E, Rodriguez JA, Perez ML, Penas M. Magnetic resonance imaging of apical hypertrophic cardiomyopathy. *J Thorac Imaging* 1997;12:221-225
23. Suzuki J, Shimamoto R, Nishikawa J, et al. Morphological onset and early diagnosis in apical hypertrophic cardiomyopathy: a long term analysis with nuclear magnetic resonance imaging. *J Am Coll Cardiol* 1999;33:146-151
24. Suzuki J, Sakamoto T, Takenaka K, et al. Assessment of the thickness of the right ventricular free wall by magnetic resonance imaging in patients with hypertrophic cardiomyopathy. *Br Heart J* 1988;60:440-445
25. Mackey ES, Sandler MP, Campbell RM, et al. Right ventricular

- myocardial mass quantification with magnetic resonance imaging. *Am J Cardiol* 1990;65:529-532
26. Doherty NE 3rd, Fujita N, Caputo GR, Higgins CB. Measurement of right ventricular mass in normal and dilated cardiomyopathic ventricles using cine magnetic resonance imaging. *Am J Cardiol* 1992;69:1223-1228
  27. Suzuki J, Chang JM, Caputo GR, Higgins CB. Evaluation of right ventricular early diastolic filling by cine nuclear magnetic resonance imaging in patients with hypertrophic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol* 1991;18:120-126
  28. Schulz-Menger J, Strohm O, Waigand J, Uhlich F, Dietz R, Friedrich MG. The value of magnetic resonance imaging of the left ventricular outflow tract in patients with hypertrophic obstructive cardiomyopathy after septal artery embolization. *Circulation* 2000 18;101:1764-1766
  29. Fischer JL, Haberer T, Dickson D, Henselmann L. Comparison of Doppler echocardiographic methods with heart catheterisation in assessing aortic valve area in 100 patients with aortic stenosis. *Br Heart J* 1995;73:293-298
  30. Maron BJ, Gottdiener JS, Arce J, Rosing DR, Wesley YE, Epstein SE. Dynamic subaortic obstruction in hypertrophic cardiomyopathy: analysis by pulsed Doppler echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 1985;6:1-18
  31. Mirowitz SA, Lee JK, Gutierrez FR, Brown JJ, Eilenberg SS. Normal signal-void patterns in cardiac cine MR images. *Radiology* 1990;176:49-55
  32. Ostrzega E, Maddahi J, Honma H, et al. Quantification of left ventricular myocardial mass in humans by nuclear magnetic resonance imaging. *Am Heart J* 1989;117:444-452
  33. Schultz G, Sigwart U. Non-surgical myocardial reduction for hypertrophic obstructive cardiomyopathy. *Lancet* 1995 22;346:211-214
  34. Maier SE, Fischer SE, McKinnon GC, Hess OM, Krayenbuehl HP, Boesiger P. Evaluation of left ventricular segmental wall motion in hypertrophic cardiomyopathy with myocardial tagging. *Circulation* 1992;86:1919-1928
  35. Sayad DE, Willett DL, Bridges WH, et al. Noninvasive quantitation of left ventricular wall thickening using cine magnetic resonance imaging with myocardial tagging. *Am J Cardiol* 1995;76:985-989
  36. Semelka RC, Tomei E, Wagner S, et al. Interstudy reproducibility of dimensional and functional measurements between cine magnetic resonance studies in the morphologically abnormal left ventricle. *Am Heart J* 1990;119:1367-1373
  37. Wagner S, Auffermann W, Buser P, Semelka RC, Higgins CB. Functional description of the left ventricle in patients with volume overload, pressure overload, and myocardial disease using cine magnetic resonance imaging. *Am J Card Imaging* 1991;5:87-97
  38. Fujita N, Hartiala J, O' Sullivan M, et al. Assessment of left ventricular diastolic function in dilated cardiomyopathy with cine magnetic resonance imaging: effect of an angiotensin converting enzyme inhibitor, benazepril. *Am Heart J* 1993;125:171-178
  39. Doherty NE, Seelos KC, Suzuki J, et al. Application of cine nuclear magnetic resonance imaging for sequential evaluation of response to angiotensin-converting enzyme inhibitor therapy in dilated cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol* 1992;19:1294-1302
  40. Semelka RC, Tomei E, Wagner S, et al. Normal left ventricular dimensions and function: interstudy reproducibility of measurements with cine MR imaging. *Radiology* 1990;174:763-768
  41. MacGowan GA, Shapiro EP, Azhari H, et al. Noninvasive measurement of shortening in the fiber and cross-fiber directions in the normal human left ventricle and in idiopathic dilated cardiomyopathy. *Circulation* 1997;96:535-541
  42. Fazio S, Sabatini D, Capaldo B, et al. A preliminary study of growth hormone in the treatment of dilated cardiomyopathy. *N Engl J Med* 1996;334:809-814
  43. Fattori R, Rocchi G, Celletti F, Bertaccini P, Rapezzi C, Gavelli G. Contribution of magnetic resonance imaging in the differential diagnosis of cardiac amyloidosis and symmetric hypertrophic cardiomyopathy. *Am Heart J* 1998;136:824-830
  44. Silverman KJ, Hutchins GM, Bulkley BH. Cardiac sarcoid: a clinicopathologic study of 84 unselected patients with systemic sarcoidosis. *Circulation* 1978;58:1204-1211
  45. Riedy K, Fisher MR, Belic N, Koenigsberg DI. MR imaging of myocardial sarcoidosis. *Am J Roentgenol* 1988;151:915-916
  46. Chandra M, Silverman ME, Oshinski J, Pettigrew R. Diagnosis of cardiac sarcoidosis aided by MRI. *Chest* 1996;110:562-565
  47. Doherty MJ, Kumar SK, Nicholson AA, McGivern DV. Cardiac sarcoidosis: the value of magnetic resonance imaging in diagnosis and assessment of response to treatment. *Respir Med* 1998;92:697-699
  48. Strain J. Adipose dysplasia of the right ventricle: is endomyocardial biopsy useful? *Eur Heart J* 1989;10:84-88
  49. Blake LM, Scheinman MM, Higgins CB. MR features of arrhythmogenic right ventricular dysplasia. *Am J Roentgenol* 1994;162:809-812
  50. De Pasquale CG, Heddle WF. Left sided arrhythmogenic ventricular dysplasia in siblings. *Heart* 2001;86:128-130
  51. Billingham M. Acute myocarditis: a diagnostic dilemma. *Br Heart J* 1987;58:6-8
  52. Friedrich MG, Strohm O, Schulz-Menger J, Marciniak H, Luft FC, Dietz R. Contrast media-enhanced magnetic resonance imaging visualizes myocardial changes in the course of viral myocarditis. *Circulation* 1998 12;97:1802-1809
  53. Gagliardi MG, Bevilacqua M, Di Renzi P, Picardo S, Passariello R, Marcelletti C. Usefulness of magnetic resonance imaging for diagnosis of acute myocarditis in infants and children, and comparison with endomyocardial biopsy. *Am J Cardiol* 1991;68:1089-1091
  54. White CS. MR evaluation of the pericardium. *Top Magn Reson Imaging* 1995;7:258-266
  55. Sutton FJ, Whitley NO, Applefeld MM. The role of echocardiography and computed tomography in the evaluation of constrictive pericarditis. *Am Heart J* 1985;109:350-355
  56. Breen JF. Imaging of the pericardium. *J Thorac Imaging* 2001;16:47-54
  57. Masui T, Finck S, Higgins CB. Constrictive pericarditis and restrictive cardiomyopathy: evaluation with MR imaging. *Radiology* 1992;182:369-73