

신장의 자기공명영상 (MR Imaging of the Kidney)

김 승 협

신장질환의 자기공명영상은 영상시간이 단축되면서 이용이 확대되고 있다. 다른 영상진단법에 비하여 높은 연부조직대조도, 다면영상능, MRI용 조영제의 안전성 등의 장점에도 불구하고 신장질환의 영상진단에 있어서 아직은 일반적으로 초음파검사와 CT의 보조적 역할을 하고있는 것이 사실이다. 그러나 선택적으로는 MRI 로만 평가할 수 있는 소견들이 신장질환의 진단에 도움이 되기도 한다.

서 론

신장질환에서의 자기공명영상(MRI)의 이용은 신체 다른 부위에서와 비교해서 비교적 제한적인 것이 사실이었고 그 가장 큰 원인은 신장은 호흡에 따른 움직임이 비교적 커서 이에 의한 화질의 손상이 크기 때문이다. 그러나 최근에는 영상시간을 짧게 할 수 있는 다양한 MRI 기법들이 개발되어 호흡에 의한 화질 손상을 감소시킬 수 있게 되어서 이러한 문제점은 많이 해소되었다(1, 2).

신장질환에서 MRI의 이용이 제한적인 다른 한가지 까닭은 전산화단층촬영(CT)이나 초음파검사(US) 등의 기존의 영상법이 이미 대부분의 신장질환을 진단하는데 상당한 기여를 해왔기 때문이었다. 그러나 경정맥요조영술(IVU)이나 CT에서 사용하는 많은 양의 수용성 조영제는 기왕에 신장기능이 나빠져 있는 환자에서는 큰 부담이 될 수 있고 US의 소견은 비교적 비특이적이기 때문에 이런 경우에는 MRI가 가장 적절한 검사법이 될 수 있다. MRI용 조영제인 가돌리늄(gadopentetate dimeglumine)은 CT나 IVU에 사용되는 요오드의 수용성 조영제와는 달리 신기능이 저하된 환자에서도 비교적 안전하게 사용할 수 있다(3). 따라서 신기능이 저하된 환자에서도 조영증강 후 역동적검사(dynamic study)를 포함한 MRI를 시행하면 신장의 형태 및 기능적인 정보를 동시에 얻을 수 있어서 급성 신부전환자나 약물에 의한 신장의 혈류변화에 관한 연구에 이용될 수 있다(4, 5).

지방억제법(fat saturation)을 사용하면 신주위강(perirenal space)이나 신장동(renal sinus)의 지방에 의한 고신호를

억제할 수 있어서 이들 부위에 인접한 신장의 병변이나 지방조직을 포함하는 신종괴의 평가에 도움이 된다(6).

신동맥협착에 의한 신혈관성 고혈압(renovascular hypertension)의 진단에는 아직 혈관조영술이 표준검사법이나 비침습적인 선별검사(screening)을 위하여 도플러초음파검사, CT 혈관조영술, MR 혈관조영술(MR angiography, MRA) 등이 이용되고 있다. MRA는 조영제의 사용 없이 time-of-flight 혹은 phase contrast 효과를 이용하여 혈류를 영상화하는 방법으로 주신동맥(main renal artery) 협착의 진단에 이용되고 있으며(7) MRA에 가돌리늄 조영제를 사용하여 신호대잡음비

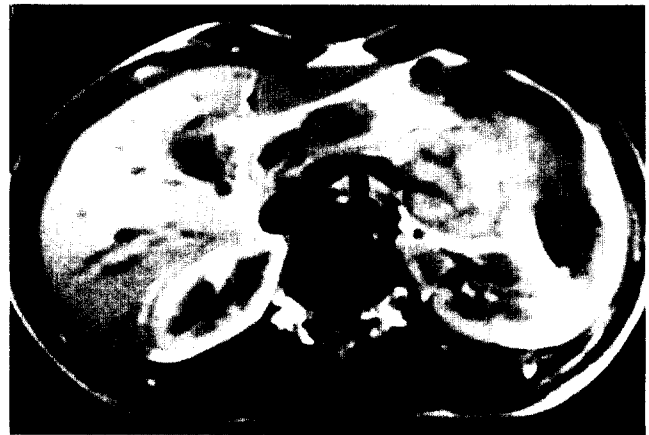


Fig. 1. T1-weighted MR image of the normal kidney. The signal intensity of renal medulla is lower than that of the renal cortex resulting in corticomedullary differentiation.

대한자기공명의과학회지 2: 39-49(1998)

서울대학교 의과대학 진단방사선과학교실 및 방사선의학연구소

접수: 1998년 5월 6일, 채택: 1998년 6월 15일

통신저자: 김승협 서울특별시 종로구 연건동 28 서울대학교병원 진단방사선과

Tel. 82-2-760-3259 Fax. 82-2-743-6385

(signal-to-noise ratio)를 높일 수 있다(8-10). 최근에는 CT 혈관조영술이 발전하면서 MRA와 경쟁관계에 있다.

MR 요로조영술(MR urography)는 최근에 이용되기 시작한 MR 기법이다. RARE(rapid acquisition with relaxation enhancement), FSE(fast spin-echo), 또는 HASTE(half-Fourier acquisition single-shot turbo spin-echo) 법 등의 강한 T2 강조의 fast imaging 을 이용하고 maximum-intensity projection(MPI), vector-of-interest(VOI) editing을 하여 영상을 얻는다. IVU를 시행하기 어렵거나 IVU에서 요로폐색이 의심되거나 그 위치와 원인이 명확하지 않을 때 유용한 검사법으로 이용될 수 있다(11-13).

그 외에 관류영상(perfusion imaging), 확산영상(diffusion

imaging), MR 분광법(spectroscopy) 등의 방법들이 연구되고 있으나 아직은 임상이용단계에 이르지 못하는 못하였다(14-19).

일반적으로 아직은 신장질환에서의 MRI는 US나 CT의 보조적 수단이라고 함이 옳을 것이다. 신장질환은 크게 신종괴(renal mass)를 중심으로 하는 외과적신장질환(surgical renal disease)과 신실질질환(renal parenchymal disease)을 중심으로 하는 내과적신장질환(medical renal disease) 및 신혈관질환(renal vascular disease)로 나누어 생각해 볼 수 있다.

정상신장의 MRI 소견

MRI를 이용한 신장의 영상에서는 조영제의 사용 없이도 T1

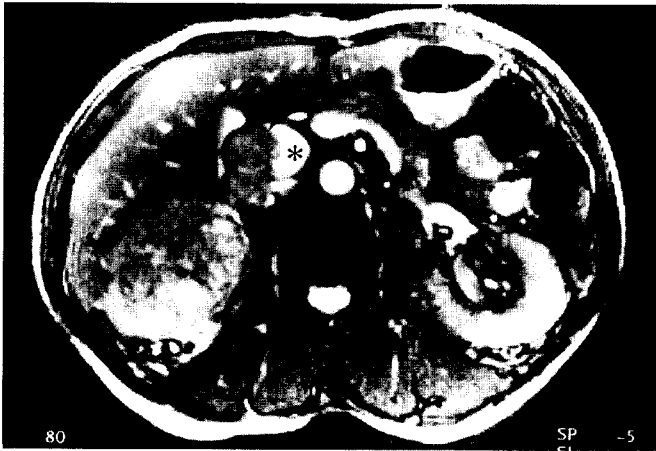


Fig. 2. Renal cell carcinoma with venous extension in a 50-year-old man.
a. Gradient-echo MR imaging in axial plane shows right renal mass (arrowheads) and a tumor thrombus (arrow) in inferior vena cava. Curvilinear high signal intensity in inferior vena cava represents patent lumen (asterisk).
b. Gradient-echo imaging in coronal plane clearly demonstrates the extent of the venous thrombosis (arrows) involving right renal vein and inferior vena cava up to the level of hepatic vein insertion (curved arrow).



Fig. 3. Cystic renal cell carcinoma in a 69-year-old man. Gradient-echo MR imaging in coronal plane clearly shows a round cystic lesion of heterogeneous high signal intensity (arrowheads) and a small nodular solid nodule in the cyst wall (arrow) which was not definite on CT (not shown).

Fig. 4. T1-weighted MR image of the kidney in patients with nephrotic syndrome. The corticomedullary contrast is obliterated due to similar signal intensity of the renal cortex and medulla. This MRI finding is nonspecific to medical renal diseases.

강조영상에서 신피질(cortex)과 신수질(medulla)의 구별이 가능하다는 점이 가장 큰 특징이며 장점이다(Fig. 1)(20). 신수질은 신피질에 비하여 수분을 많이 포함하기 때문에 T1 강조영상에서 낮은 신호강도를 가져 신피질과 구별되어 보인다고 생각된다. 신피질-수질 구별(corticomedullary differentiation)은 자장의 세기나 환자의 수분공급(hydration) 상태에 따라 다르다. 일반적으로 낮은 세기의 자장의 장치로 얻은 영상의 경우가 높은 자장에서 얻은 영상에 비하여 신피질-수질 구별이 뚜렷하며 탈수상태의 경우가 충분한 수분공급이 된 경우보다 신피질-수질 구별이 뚜렷하다고 알려져 있다. T2 강조영상에서는 신피질과 수질의 신호강도가 모두 증가하여 피질과 수질

의 구별이 없어지며 보다 강한 T2 강조영상에서는 수질의 신호강도가 피질의 신호강도보다 높아 보이기도 한다.

신종괴의 자기공명영상

MRI가 등장하기 이전에 신종괴의 영상진단법으로 IVU, US, CT 등이 이용되어 왔으며 이들 방법으로 단순신낭종(simple cyst)으로부터 신세포암(renal cell carcinoma)에 이르는 다양한 신종괴를 비교적 정확히 구별하여 진단해 왔다. 따라서 이 부분에서 MRI의 역할은 크게 기대되지는 않았다.

낭성신질환(cystic renal disease)의 영상진단에서 가장 큰

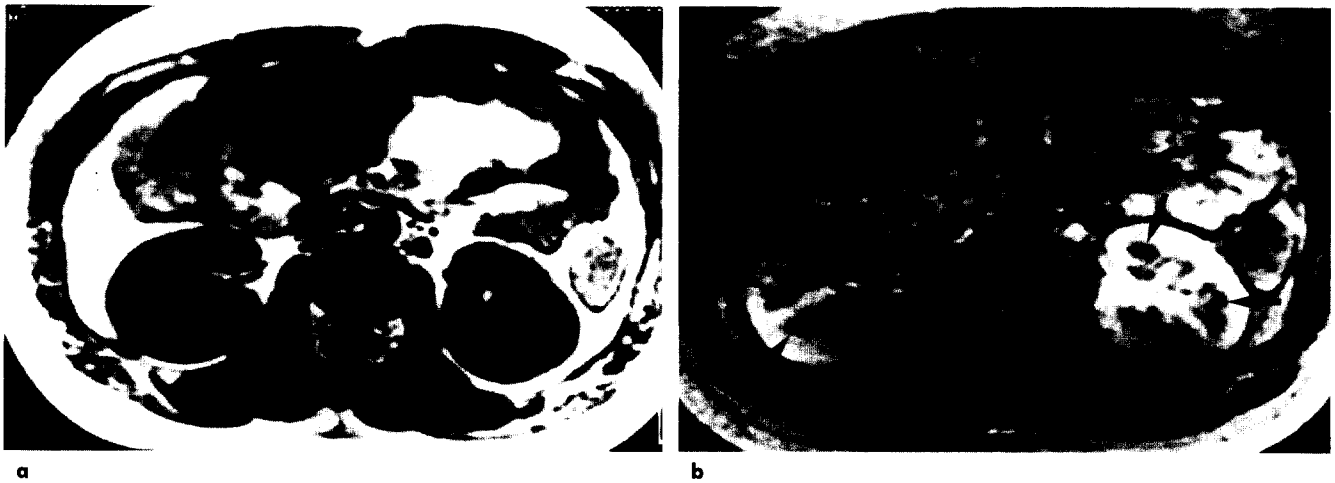


Fig. 5. MR images of the kidneys in a 38-year-old man with HFRS in diuretic phase.

a. T1-weighted spin-echo image shows globular enlargement of both kidneys. The renal medulla is well differentiated from renal cortex.

b. T2-weighted spin-echo image shows low signal intensity of outer medulla (arrows), resulting in marked corticomedullary contrast.

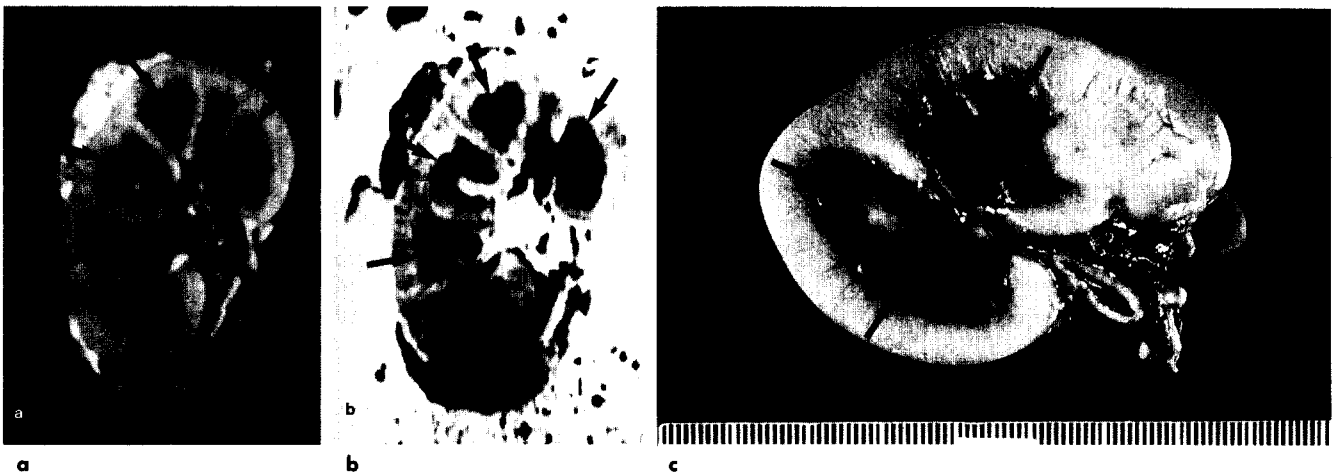


Fig. 6. MR images of the specimen and specimen photograph of the kidney in a 21-year-old man with HFRS who died of respiratory failure.

a, b. T1-weighted (a) and T2-weighted (b) spin-echo images of the kidney specimen shows differentiation of the renal cortex and medulla by low signal intensity of the renal medulla (arrows).

c. The autopsy specimen shows severe hemorrhage and congestion of the renal medulla, especially outer medulla (arrows).

문제점으로 남아 있는 것은 US나 CT에서 애매한 영상소견을 보여서 양성과 악성의 구별이 어려울 때에 있다. MRI는 CT나 US에 비하여 대조해상도(contrast resolution)가 높아서 낭종의 내용물에 따라 신호 강도의 차이가 커서 내부에 출혈이 되었거나 높은 농도의 단백질을 함유하는 경우에는 T1 강조영상에서 높은 신호강도를 나타낸다. 전형적인 단순낭종은 둥근 모양, 부드러운 외연, 매우 얇은 벽, 그리고 T1 강조영상에서의 낮은 신호강도 및 T2 강조영상에서의 높은 신호강도 등의 소견으로 쉽게 진단이 된다. 일반적으로 낭종내에 출혈이 있는 경우 T1 강조영상에서 높은 신호강도를 보이거나 출혈 후 시간 경과에 따라 다양한 신호강도를 보일 수 있다(21). 상염색체우성다낭신질환(autosomal dominant polycystic kidney disease)에 있어서 US나 CT에서도 출혈이나 감염 등의 합병증이 생긴 낭종을 어느 정도 구별할 수 있으나 T1 강조 MRI 영상에서 높은 신호강도를 보이는 것으로 보다 민감하게 구별할 수 있다.

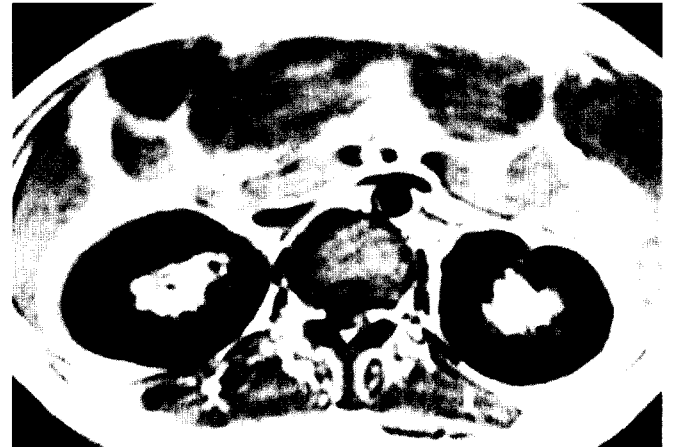
신세포암은 대부분 US에 발견되고 CT로 병기결정을 한다. MRI에 대부분의 신세포암이 비균질의 신호강도를 보여서 특이한 소견은 없다(22). 신세포암의 병기결정에 있어서 신정맥이나 하대정맥의 침범이 의심되는 경우 경사에코(gradient echo)법의 MRI는 혈전유무 및 그 범위에 관한 명확한 정보를 제공할 수 있다(Fig. 2). 관상면(coronal)이나 시상면(sagittal)의 영상을 자유롭게 얻을 수 있는 점은 종괴의 변연부위의 변화를 평가하는데 유리하고(Fig. 3) 커다란 종괴의 기원(origin)이 의심스러울 때 도움이 될 수 있다. 신세포암에서 종괴 주위의 신실질이 압박을 받아 가성피막(pseudocapsule)을 형성하는 경우가 흔하고 이 가성피막은 T2 강조영상에서 낮은 신호강도의 테두리로 구별되어 보인다(23). US나 CT에 양성과 악성의 구별이 불분명한 낭성 종괴에서 조영증강조영증강 후 신속스캔(fast scan)과 함께 지방억제법(fat suppression technique)을 이용한 MRI는 낭성 종괴의 벽이나 내부의 조영증강 결절이나 격벽을 찾는데 조영증강을 하지 않은 영상이나 지방억제법을 사용하지 않은 영상에 비하여 우수하여 낭성 신세포암의 진단에 유용하다(6). 소신세포암(small renal cell carcinoma)의 진단에 있어서도 조영증강 후 역동적 영상을 하면 주변 신실질과의 조영증강의 차이를 뚜렷하게 알아볼 수 있어서 진단에 도움이 된다(24, 25). 그러나 신세포암의 진단과 병기결정에는 아직 US와 CT가 기본적인 검사법이고 MRI는 특수한 경우에 보조적인 역할을 할 수 있다고 생각한다.

내과적 신장질환의 MRI 소견

내과적 신장질환 또는 신실질질환을 가진 환자에서는 신기능



a



b



c

Fig. 7. CT and MR images in a 53-year-old female with PNH.

a. CT scan without contrast enhancement. Attenuation of renal cortex is slightly higher than that of medulla (arrowheads), making corticomedullary differentiation possible.

b. T1-weighted spin-echo image. The signal intensity of the renal cortex is lower than that of renal medulla.

c. T2-weighted spin-echo image. Although signal intensity of renal medulla is increased, that of renal cortex remains low.

의 저하로 영상진단법의 사용에 제한이 많다. IVU나 CT와 같이 다량의 수용성 조영제를 사용해야 하는 경우에는 이미 저하되어 있는 신장기능을 더욱 악화시킬 가능성이 높기 때문이다. 이런 경우에 수용성 조영제를 사용하지 않는 US가 보편적으로 이용되고 있지만 그 소견이 비특이적 (nonspecific)이고 주관적이기 때문에 역시 제한적이다. 도플러초음파검사법이 보편화되면서 신장의 혈류역학에 관한 정보의 제공이 가능해 졌기는 하나 이 또한 비특이적이고 주관적인 면은 마찬가지이다. MRI는 높은 연부조적대조도로 인하여 내과적 신장질환에서 과거 다른 영상진단법으로는 표출하지 못했던 신실질(renal parenchyma)내의 여러 가지 변화를 보여 줄 가능성이 있기 때문에 그 기대가 컸다(26).

MRI는 높은 연부조적대조도로 인해서 조영제의 사용 없이도 스핀에코 T1 강조영상에서 정상신장의 신피질과 수질의 구별이 된다는 점 때문에 내과적 신질환에서 이용가치가 기대되어 왔다. T1 강조영상에서 신피질과 신수질간의 구별이 되지 않는 경우 이는 내과적 신장질환이 있음을 나타내는 비교적 민감한 소견으로 인정되고 있다(Fig. 4)(20). 초음파검사상에서 신피질의 에코의 변화나 신피질-수질간의 구별 유무로 특수한 진단을 내릴 수 없는 것과 마찬가지로 T1 강조영상에서의 신피질-수질간의 구별 유무는 매우 비특이적인 소견이다. 그러나 특수한 몇몇 내과적 신질환에 있어서는 비교적 특이한 자기공명영상 소견을 보임이 알려져 있다.

신중후성출혈열(hemorrhagic fever with renal syndrome, HFRS)은 한국형출혈열(Korean hemorrhagic fever)라고도 하며 한타바이러스(Hanta virus)에 의한 감염성질환으로 임상적으로 발열, 내장출혈과 다양한 정도의 신부전을 동반하여 발열기, 저혈압기, 꺾뇨기, 이뇨기, 회복기의 비교적 명확한 다섯 단계의 병기가 있다. 대부분의 HFRS 환자에서 T2 강조영상에서 신수질부위 특히 외부신수질(outer medulla)부위에 낮은 신호강도의 병변이 보이며 이 소견은 T1 강조영상에서도 보

이기는 하나 정상 T1 강조영상에서도 신수질부위의 신호강도가 낮기 때문에 정상에 비하여 눈에 띄게 달라 보이지는 않는다(Fig. 5, 6). T2 강조영상에서 정상에서는 신수질 및 신피질 모두가 높은 신호강도로 서로 구별되어 보이지 않는데 HFRS에서의 신수질의 낮은 신호강도는 정상과는 매우 다른 특이한 소견이라고 생각된다(27, 28). 이 소견은 고자장영상에서 보다 뚜렷이 보이는 소견이고 외부신수질 부위의 출혈과 울혈 때문이라고 생각되며 아마도 세포내 메트헤모글로빈(intracellular methemoglobin)이나 데옥시헤모글로빈(deoxyhemoglobin)의 상자성효과(p-aramagnetic effect) 때문으로 추측된다(27, 29).

HFRS의 원인 바이러스는 한타바이러스이며 이에는 한탄(Hantaan) 바이러스와 서울(Seoul) 바이러스의 두 가지 종류



Fig. 9. MR images of the kidneys of a 48-year-old woman with acute renal failure secondary to rhabdomyolysis caused by a snake bite. T1-weighted coronal image shows globular enlargement of both kidneys. Renal medulla (arrows) is prominent and well differentiated from the renal cortex.



Fig. 8. A 50-year-old woman with longstanding intravascular hemolysis due to malfunctioning prosthetic cardiac valves. She had received mitral and tricuspid valvular replacement seven years ago.

a, b. T1-weighted (a) and T2-weighted (b) MR images of the kidney show low signal intensity of renal cortex. The MRI finding is identical to that of PNH.

가 있다. 한탄바이러스에 의한 HFRS의 경우에는 거의 예외 없이 T2 강조영상에 신수질의 낮은 신호강도 병변이 보이는데 반하여 서울바이러스에 의한 경우에는 대부분 이와같은 소견을 보이지 않는다(28). 이는 서울바이러스에 의한 HFRS에서 신수질의 출혈이나 울혈의 소견이 비교적 약하기 때문이라고 생각된다. T2 강조영상에서의 신수질의 낮은 신호강도 병변의 심한 정도는 임상소견의 심한 정도와 대체로 일치하며 예후를 반영하는 지표로 이용될 수 있을 것이라고 생각된다(28).

발작성야간혈색소뇨증(paroxysmal nocturnal hemoglobinuria, PNH)는 보체매개(complement-mediated)에 의한 용혈에 대한 민감도가 증가된 질환으로 혈관내용혈(intravascular hemolysis)에 의하여 혈색소뇨(hemoglobinuria), 철결핍성빈

혈, 정맥혈전이 중요한 임상소견인 질환이다. 용혈이 일어나는데 기여하는 인자로는 감염, 약물이나 예방주사, 운동 등이 있으나 많은 경우 원인을 알 수 없다. 혈관내용혈에 의해서 혈장으로 유리된 헤모글로빈의 양이 혈장합토클로빈(haptoglobin)의 결합능(binding capacity)보다 크면 신장에의 사구체에서 헤모글로빈이 여과되고 근위곡세뇨관(proximal convoluted tubule)에서 재흡수 되면서 헤모시테린(hemosiderin)의 상피세포에 침착된다. 침착된 헤모시테린은 CT 감쇠(attenuation)가 높아서 조영증강전 CT에서 신피질이 수질에 비하여 약간 높은 감쇠를 보이나 특징적인 소견이 되지는 못한다(Fig 7a). 헤모시테린은 superparamagnetic 물질로 field inhomogeneity를 초래하여 T1 및 T2 이완시간을 단축시키며 특

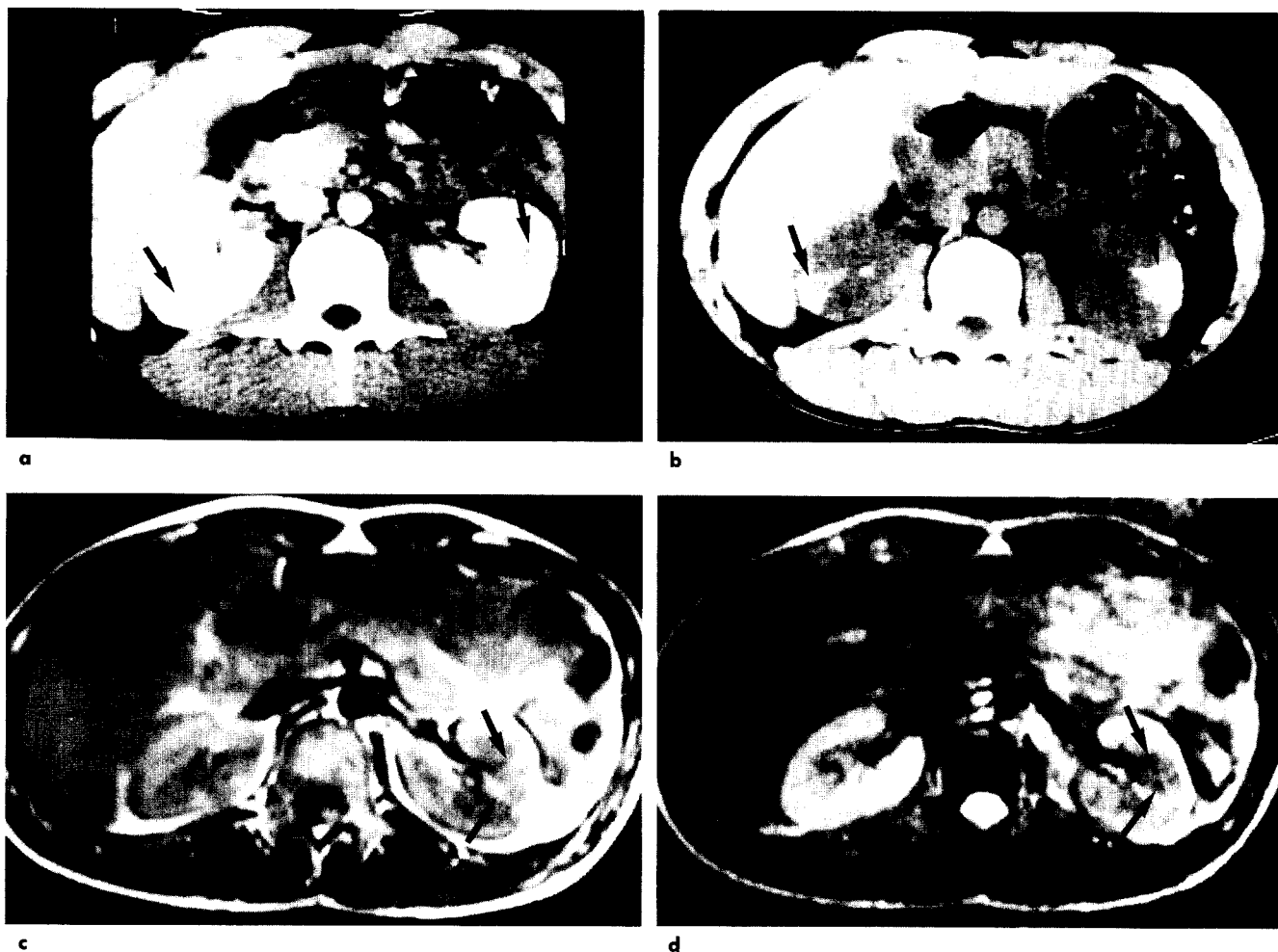


Fig. 10. CT and MR images in a 17-year-old boy with acute nonmyoglobinuric renal failure with patchy renal vasoconstriction following a 1000m track race. Before the exercise he had flu-like symptoms and took acetaminophen and amoxicillin for three days.

- a.** Immediate postcontrast CT scan shows multiple patchy areas of poor contrast enhancement in both kidneys (arrows).
- b.** A 24-hour delayed scan without further injection of contrast media shows multiple wedge-shaped areas of contrast enhancement (arrows), the locations of which coincide with the areas of poor contrast enhancement on (a).
- c.** T1-weighted spin-echo image shows a patchy area of higher signal intensity (arrows) with focal obliteration of corticomedullary contrast.
- d.** The signal intensity of the lesion (arrows) is lower than that of the remaining renal parenchyma on T2-weighted spin-echo image.



a



b



c

Fig. 11. A 28-year-old woman with acute renal cortical necrosis secondary to massive bleeding following an abortion. MRI, CT, and plain film were taken on 30th day of illness.

a. T2-weighted image shows low signal intensity in the renal cortex extending into the column of Bertin (arrows).

b. CT scan without contrast enhancement dense calcification in the renal cortex with extension into the column of Bertin (arrows).

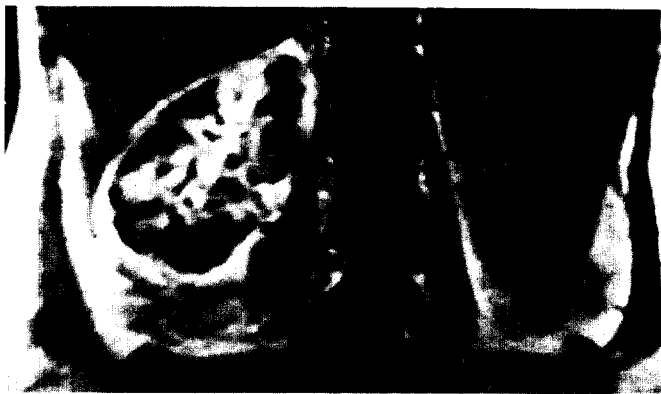
c. Plain film of the abdomen shows faint rim of calcification (arrows) in both kidneys.



a



b



c

Fig. 12. Renal infarction. A 50-year-old woman with mitral stenosis complained of right flank pain 12 days before MR imaging.

a. T2-weighted image shows irregular low signal intensity lesions (arrowheads) along the periphery of the right kidney.

b. Postcontrast T1-weighted image more clearly demonstrates infarcted nonenhancing areas (arrowheads) and enhancing noninfarcted areas. Note that the signal intensity of the noninfarcted areas of the right kidney is higher than that of the noninvolved left kidney. This finding is also seen in (a) and (c).

c. Postcontrast T1-weighted coronal image clearly demonstrates infarcted areas and noninfarcted area.

T2 이완시간의 단축이 심하다. 따라서 MRI에서는 T1 및 T2 강조영상 모두에서 신피질의 신호강도가 낮고 특히 T2 강조영상 모두에서 신피질의 신호강도가 낮고 특히 T2 강조영상에서 그 소견이 뚜렷하다(Fig. 7)(30-32). 장기간 기능이 좋지 않은 인공심장판막에 의하여 혈관내용혈이 된 경우에도 동일한 자기 공명영상 소견을 보인다(Fig. 8). 겸상혈구신증(sickle cell nephropathy)이나 유전성 구상적혈구증(hereditary spherocytosis), 지중해빈혈증(thalassemia) 등에 의한 용혈성빈혈에서는 주로 혈관 밖에서 용혈이 일어나므로 비장에 헤모시테린 침착이 일어나지만 정도가 심하거나 급격히 용혈이 일어나는 경우에는 혈관내용혈로 같은 MRI 소견을 보일 수 있다(30-32). PNH에 정맥혈전이 동반되는 경우가 흔하므로 MRI 로이의 여부를 함께 평가해야한다. PNH가 의심될 때는 IVU나 CT는 시행하지 말아야 하는데 수용성 조영제에 의하여 신기능의 저하가 초래될 수 있고 보체활성화에 의하여 용혈발증(hemolytic crisis)이 유발될 수 있기 때문이다. 혈색소증(hemochromatosis)에서 간과 췌장에 헤모시테린이 침착되고 다량의 수혈에 의한 혈색소증에서 골수, 간, 비장에 헤모시테린이 침착하나 이들의 경우에 신장에는 헤모시테린의 침착은 없다(33).

횡문근용해(rhabdomyolysis)에 의한 미오글로빈뇨성급성신부전증(myoglobinuric ARF)은 모든 급성신부전증의 5-8%를 차지하며 그 원인으로는 외상, 허혈성근육손상, 열성근육손상, 약물이나 독소, 격심한 근육운동 등이 있으며 급성신부전증의 병리생리학적 기전은 미오글로빈에 의한 직접성 신독성(nephrotoxicity), 신혈류의 변화, 미오글로빈, 단백 또는 요산 결정의 침착에 의한 세뇨관의 폐색 등으로 이해되고 있다. 이 경우 자기공명영상 소견은 구상신팽창(globular renal swelling)과 함께 T1 강조영상에서 신피질-수질간의 구별이 비교적 유지되어 있는 것이 그 특징이지만 이와 같은 소견의 기전은 확실치 않다(Fig. 9)(34).

한편 미오글로빈뇨(myoglobinuria) 없이 심한 요통과 신동

맥분지의 수축을 동반하는 급성신부전(acute nonmyoglobinuric renal failure with severe loin pain and patchy renal vasoconstriction)은 독특한 증후군으로 비교적 젊고 건강하던 사람에서 달리기, 수영, 스키 등 심한 운동 후에 발생한다. 이 증후군은 1981년 Ishikawa 등에 의하여 처음 기술된 이래(35) 여러 예가 보고되었고(36) 발생기전은 신장의 궁상동맥(arcuate artery)이나 엽간동맥(interlobar artery)의 수축으로 알려져 있고 세뇨관폐색도 일부 기여할 것으로 추측되고 있다. 이런 환자들은 흔히 수일 전부터 감기몸살 증상으로 아스피린 등의 진통제를 복용한 병력이 있고 이들 약물에 의하여 신혈관확장에 기여하는 프로스타글란딘(prostaglandin)을 신장에서 생



Fig. 13. A 25-year-old woman with aortic valvular replacement status complained of severe left flank pain two days before MR imaging. Postcontrast T1-weighted image shows nonenhanced infarcted area at anterior portion of the left kidney (arrows). Note that the signal intensity of the noninfarcted posterior portion of the left kidney (asterisk) is much higher than that of the noninvolved right kidney.

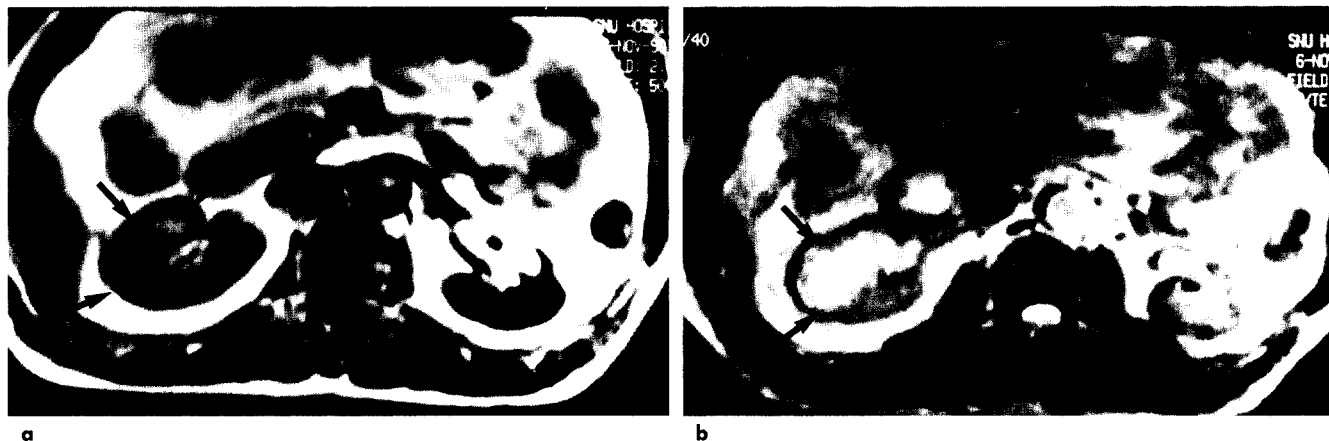


Fig. 14. A 40-year-old man who underwent aortic valvular replacement 11 years previously. He had severe left flank pain two years earlier and severe right flank pain nine days before MR imaging.
a. T1-weighted image shows small left kidney due to old infarction and high signal intensity lesion in the anterior portion of the right kidney (arrows).
b. T2-weighted image shows increased signal intensity of the infarcted area in right kidney (arrows).

성하는 기전의 약화가 이 질환의 발생에 기여할 것으로 생각된다. 조영증강 CT를 하면 수축이 있는 신동맥으로부터 혈류공급을 받는 신실질 부위가 부채꼴 모양으로 조영증강이 감소되어 보이고 특징적으로 조영제주사 후 12-24시간 지연 CT 촬영을 하면 초기 CT에 조영증강이 감소되었던 신실질 부위가 부채꼴 모양으로 조영증강되어 있는 소견을 볼 수 있다(Fig. 10)(35, 36). 그러나 CT에서의 부채꼴 모양의 지연 조영증강 소견은 이 질환서만 보이는 소견은 아니고 탈수나 심한 설사에 의한 순환장애, 간신증후군(hepatorenal syndrome), 국소성 급성 신우신염, 황문근융해나 신증후성출혈열에 의한 급성신부전의 회복기 등에서도 볼 수 있는 소견이다(36). 이런 환자에서 조영증강 CT를 하는 것은 이미 저하된 신장기능에 크게 부담이 될 수 있기 때문에 가능하면 피하는 것이 옳으며 이 병변은 MRI에서도 신호강도의 변화로 발견할 수 있다고 보고되었다(Fig. 10)(36).

급성신피질괴사(acute renal cortical necrosis)는 임신이나 임신중절에 연관된 합병증으로 다량의 출혈 후에 발생하는 급성신부전으로 피질괴사의 정도는 다양하고 이에 따라 예후도 다르다. MRI상 초기에는 신장이 커지고 신피질 부위가 T1- 및 T2 강조영상에 높은 신호강도의 병변으로 보이다가 회복기에는 신장이 작아지면서 낮은 신호강도의 병변으로 바뀐다(Fig. 11). 초기의 MRI 소견은 출혈성괴사에 의한 것으로 생각되고 후기소견은 섬유화 및 석회화에 의한 소견으로 추측된다(37).

혈관성 신장질환의 MRI 소견

스핀에코 법에서는 조영제 사용 없이도 혈류에 의한 신호손실 (signal void)로 혈관을 구별할 수 있고 경사에코 법에서는 혈관이 강한 신호강도의 구조물로 보인다. 따라서 MRI는 혈류의 변화가 생긴 신동맥색전(renal artery embolism)이나 신정맥혈전(renal vein thrombosis)등의 진단에 유용하다. MRI의 다른 장점은 CT나 US에 비하여 혈류장애에 따른 신실질의 변화를 평가하기에 유리하다는 것이다.

신동맥색전(embolism)에 의한 신경색(infarction)의 경우는 일반적으로 T1, T2 강조영상 모두에서 낮은 신호강도의 병변으로 보인다(Fig. 12, 13)(38). 그 이유는 경색의 초기에는 혈류량의 감소에 의한 변화로 생각되고 후기에는 섬유화의 진행 때문으로 생각된다. 출혈성 경색(hemorrhagic infarction)에서는 T1 또는 T2 강조영상에서 높은 신호강도의 병변으로 보이기도 한다(Fig. 14). 분절성 경색(segmental infarction)이 일어난 신장의 경색되지 않은 부분의 MRI 신호강도가 반대측 정상 신장의 신호강도와 달라 보이는 경우가 있는데 이러한 신실질의 변화는 CT나 US에서는 발견할 수 없는 소견이다(Fig. 12, 13). 이 병변은 아마도 색전물의 원위부로의 이동에 의하여 일시적 허혈 후 생기는 재관류 손상 (reperfusion injury)에 의한 변화로 추측된다.

신정맥혈전은 신세포암에서 흔히 동반되지만 심한 탈수현상이 있는 어린이나 신증후군(nephrotic syndrome)에 자주 동



Fig. 16. Renal arteriovenous malformation in a 67-year-old woman. She complained of intermittent gross hematuria. T2-weighted MR image of the kidney shows tortuous tubular structure of signal void (arrows) representing dilated vascular lesion. At renal arteriography, the lesion was confirmed as arteriovenous malformation.



Fig. 15. Fig. 15. A 29-year-old man with renal vein thrombosis in a transplanted kidney. **a.** T1-weighted MR image shows swollen transplanted kidney with poorly defined low-signal-intensity renal medulla. **b.** T2-weighted MR image shows prominent areas of low signal intensity in renal medulla (arrows).

반된다. 신장맥혈전이 서서히 진행하여 측부순환이 충분히 생기면 신실질에는 변화가 없다. 그러나 혈전이 급히 진행하여 측부순환이 생길 여유가 없으면 신실질의 부종과 함께 혈류변화에 민감한 외수질 부위에 울혈 및 출혈이 생길 수 있는데 MRI에는 외수질 부위의 낮은 신호강도의 병변이 T2 강조영상에 보일 수 있다(Fig. 15)(39). 이 소견은 앞에서 설명한 HFRS에서의 MRI 소견과 유사하게 보인다.

이외에도 동정맥기형(arteriovenous malformation) 혹은 누공(fistula)나 동맥류(aneurysm) 등의 혈관질환도 MRI로 진단할 수 있는데 혈류의 속도가 빠르면 신호가 전혀 없는 병변으로 보이기도 하지만(Fig. 16) 혈류가 느리거나 와류현상이 있으면 불규칙한 신호를 보일 수 있고 경사에코영상에서는 높은 신호의 병변으로 보인다.

참 고 문 헌

1. Choyke PL, Pollack HM. The role of MRI in diseases of the kidney. *Radiol Clin North Am* 1988;26:617-631
2. Newhouse JH. Clinical use of urinary tract magnetic resonance imaging. *Radiol Clin North Am* 1991;29:455-474
3. Rofsky NM, Weinreb JC, Bosniak MA, Libes RB, Birnbaum BA. Renal lesion characterization with gadolinium-enhanced MR imaging: efficacy and safety in patients with renal insufficiency. *Radiology* 1991;180:85-89
4. Munechika H, Sullivan DC, Hedlund LW, et al. Evaluation of acute renal failure with magnetic resonance imaging using gradient-echo and Gd-DTPA. *Invest Radiol* 1991;26:22-27
5. Huch Boeni R, Debatin JF, Krestin GP. Contrast-enhanced MR imaging of the kidneys and adrenal glands. *MRI Clin North Am* 1996;4:101-131
6. Semelka RC, Hricak H, Stevens S, Finegold R, Tomei E, Carroll PR. Combined gadolinium-enhanced and fat-saturation MR imaging of renal masses. *Radiology* 1991;178:803-809
7. Edelman RR. MR angiography: present and future. *AJR* 1993;161:1-11
8. King BF. MR angiography of the renal arteries. *RSNA Categorical Course in Genitourinary Radiology* 1994; pp139-146
9. Bass JC, Prince MR, Londy FJ, Chenevert TL. Effect of gadolinium on phase-contrast MR angiography of renal arteries. *AJR* 1997;168:261-266
10. Holland GA, Dougherty L, Carpenter JP, et al. Breath-hold ultrafast three-dimensional gadolinium-enhanced MR angiography of the aorta and the renal and other visceral abdominal arteries. *AJR* 1996;166:971-981
11. Tang Y, Yamashita Y, Namimoto T, et al. The value of MR urography that uses HASTE sequences to reveal urinary tract disorders. *AJR* 1996;167:1497-1502
12. Aerts P, Hoe LV, Bosmans H, Oyen R, Marchal G, Baert AL. Breath-hold MR Urography using the HASTE technique. *AJR* 1996;166:543-545
13. O'Malley ME, Soto JA, Yucel EK, Hussain S. MR urography: evaluation of a three-dimensional fast spin-echo technique in patients with hydronephrosis. *AJR* 1997;168:387-392
14. Tello R, Hartnell GG, Hill T, Volpe J, Finn JP, Cohen M. MR perfusion imaging of the kidney: pre- and post-dipyridamole stress. *JMRI* 1996;6:460-464
15. Fukuda Y, Watanabe H, Tomita T, Katayama H, Miyano T, Yabuta K. Evaluation of glomerular function in individual kidneys using dynamic magnetic resonance imaging. *Pediatr Radiol* 1996;26:324-328
16. Roberts DA, Detre JA, Bolinger L, Insko EK, Lenkinski RE, Pentecost MJ, Leigh JS. Renal perfusion in humans: MR imaging with spin tagging of arterial water. *Radiology* 1995;196:281-286
17. Williams DS, Zhang W, Koretsky AP, Adler S. Perfusion imaging of the rat kidney with MR. *Radiology* 1994;190:813-818
18. Le Bihan D, Turner R, Douek P, Patronas N. Diffusion MR imaging: clinical applications. *AJR* 1992;159:591-599
19. Muller MF, Prasad PV, Bimmler D, Kaiser A, Edelman R. Functional imaging of the kidney by means of measurement of the apparent diffusion coefficient. *Radiology* 1994;193:711-715
20. Marotti M, Hricak H, Terrier F, McAninch JW, Thuroff JW. MR in renal disease: importance of cortico-medullary distinction. *Mag Res Med* 1987;5:160-172
21. Marotti M, Hricak H, Fritzsche P, et al. Complex and simple renal cysts: comparative evaluation with MR imaging. *Radiology* 1987;162:679-684
22. Fein AB, Lee JKT, Balfe DM, et al. Diagnosis and staging of renal cell carcinoma: a comparison of MR imaging and CT. *AJR* 1987;148:749-753
23. Yamashita Y, Honda S, Nishi haru T, Urata J, Takahashi M. Detection of pseudocapsule of renal cell carcinoma with MR imaging and CT. *AJR* 1996;166:1151-1155
24. Yamashita Y, Miyazaki T, Hatanaka Y, Takahashi M. Dynamic MRI of small renal cell carcinoma. *J Comput Assist Tomogr* 1995;19:759-765
25. Eilenberg SS, Lee JKT, Brown JJ, Mirowitz SA, Tartar VM. Renal masses: evaluation with gradient-echo Gd-DTPA-enhanced dynamic MR imaging. *Radiology* 1990;176:333-338
26. Kettritz U, Semelka RC, Brown ED, Sharp TJ, Lawing W, Colindres RE. MR findings in diffuse renal parenchymal disease. *JMRI* 1996;1:136-144
27. Kim SH, Kim S, Lee JS, et al. Hemorrhagic fever with renal syndrome: MR imaging of the kidney. *Radiology* 1990;175:823-825
28. Kim YS, Lee JS, Ahn C, et al. Magnetic resonance imaging of the kidney in hemorrhagic fever with renal syndrome: its histopathologic correlation. *Nephron* 1997;76:477-480
29. Roubidoux MA. MR imaging of hemorrhage and iron deposition in the kidney. *RadioGraphics* 1994;14:1033-1044
30. Kim SH, Han MC, Lee JS, Kim S. Paroxysmal nocturnal hemoglobinuria: case report of MR imaging and CT findings. *Acta Radiologica* 1991;32:315-316
31. Lupetin AR. Magnetic resonance appearance of the kidneys in paroxysmal nocturnal hemoglobinuria. *Urol Radiol* 1986;8:101-103
32. Lande IM, Glazer GM, Sarnaik S, Aisen A, Rucknagel D, Martel W. Sick-cell nephropathy: MR imaging. *Radiology*

- 1986;158:379-384
33. Roubidoux MA. MR of the kidneys, liver, and spleen in paroxysmal nocturnal hemoglobinuria. *Abd Imaging* 1994;19:168-173
 34. Kim SH, Han MC, Kim S, Lee JS. Acute renal failure secondary to rhabdomyolysis:MR imaging of the kidney. *Acta Radiologica* 1992;33:573-576
 35. Ishikawa I, Saito Y, Shinoda A, Onouchi Z. Evidence for patchy renal vasoconstriction in man:observation by CT scan. *Nephron* 1981;27:31-34
 36. Kim SH, Han MC, Han JS, Kim S, Lee JS. Exercise-induced acute renal failure and patchy renal vasoconstriction:CT and MR findings. *JCAT* 1991;15:985-988
 37. Kim SH, Han MC, Kim S, Lee JS. MR imaging of acute renal cortical necrosis:a case report. *Acta Radiologica* 1992;33:431-433
 38. Kim SH, Park JH, Han JK, Han MC, Kim S, Lee JS. Infarction of the kidney:role of contrast enhanced MRI. *JCAT* 1992;16:924-928
 39. Kim SH, Byun HS, Park JH, Han JK, Han MC, Lee JS. Renal parenchymal abnormalities associated with renal vein thrombosis:correlation between MR imaging and pathologic findings in rabbit. *u* 1994;162:1361-1365