

급성 심근경색: Gd-DTPA 조영증강 자기공명영상

아주대학교 진단방사선과학교실, ¹마취과학교실, ²순환기내과학교실
³흉부외과학교실, ⁴해부학교실, ⁵일반외과학교실, ⁷생리학교실
⁶울산대학교 진단방사선과학교실

정경일 · 김제현 · 이창호 · 이영주¹ · 김한수²
소동문³ · 이영돈⁴ · 박경주 · 왕희정⁵ · 탁승재²
이철주³ · 김선용 · 김옥화 · 임태환⁶
문창현⁷ · 최병일² · 서정호

Acute Myocardial Infarction: Gd-DTPA Enhanced Magnetic Resonance Imaging

Kyung Il Chung, Jae Hyun Kim, Chang Ho Lee, Young Ju Lee¹
Han Su Kim², Dong Moon Soh³, Young Don Lee⁴, Kyung Joo Park
Hee Jung Wang⁵, Seung Jae Tak², Chul Ju Lee³, Sun Yong Kim
Ok Hwa Kim, Tae-Hwan Lim⁶, Chang Hyun Moon⁷
Byung Il Choi³ and Jung Ho Suh

Department of Diagnostic Radiology, ¹Anesthesiology, ²Cardiology, ³Thoracic Surgery,
⁴Anatomy, ⁵General Surgery, and ⁷Physiology, Ajou University School of Medicine, Suwon, Korea
⁶Department of Diagnostic Radiology, Ulsan University College of Medicine, Seoul, Korea

This study was undertaken to determine the value of gadolinium dimeglumine (Gd-DTPA) enhanced MRI in the diagnosis of acute myocardial infarction.

Seven cats were subjected to 2 hours of left anterior descending coronary arteryocclusion (group 1) and 8 cats to 1 hour of occlusion (group 2). Reperfusion was followed by taking T1-weighted MR images at 5, 15, 30, 45, 60 minutes after Gd-DTPA (0.2 mmol/kg) injection. Myocardial enhancement patterns were categorized into three zones (central ischemic, peripheral ischemic, and normal) or two zones (ischemic and normal) and the presence of injured myocardium in each zone was confirmed by 2,3,5-triphenyltetrazolium chloride (TTC) staining. Signal intensity (SI) of each zone was evaluated relative to back muscle in regard to its chronological changes and difference among the zones.

Group 1 displayed three zones of enhancement in 6 cats whereas 1 cat in group 1 and all in group 2 showed two zones of enhancement. Intermediate SI central zone was compatible but smaller than TTC nonstained area, and determined to be a persistently occlusive injury. High SI peripheral zone in group 1 and high SI ischemic zone in group 2 were stained and determined as reperfused injury although reversibility was not definite. The peak SI, occurring 15 minutes after Gd-DTPA injection, of 2.47 ± 0.48 at peripheral zone was greater than that of 1.66 ± 0.36 at central zone in group 1 and of 1.81 ± 0.41 at ischemic zone in group 2 ($p < 0.05$). SI of injured myocardium increased more rapidly and decreased more gradually than that of normal myocardium. That the features of SI change with time in injured myocardium was compatible with the results of other studies using different contrast agents.

Gd-DTPA enhanced MRI differentiated persistently occlusive injury as central intermediate SI, and reperfused injury as homogenous high SI, with the maximal contrast between the two at 15 minutes after contrast injection,

thus indicating the value of Gd-DTPA enhanced MRI in the diagnosis of acute myocardial infarction.

Key Words: Myocardium, Infarction, Myocardium, Ischemia, Myocardium, MR

서 론

현재까지 심근경색에 관해 여러 각도에서 다양한 연구들이 있어 왔다. 최근의 주된 관심사는 조직해상도가 뛰어나다고 알려진 자기공명 영상술 (Magnetic Resonance Imaging: MRI)에서 경색조직과 정상조직을 감별하는데 있었다. 허혈성 심근에 혈류를 복원시키기 위해서는 혈전용해 후 성공적으로 심근이 복원되고 있는지 그리고 재관류된 지역내로 경색된 부위가 존재하는지 결정하는 것이 중요하다¹. 이러한 목적을 위해서 다양한 조영 물질이 연구되어 그 유용성이 검증되어져 왔다.

조영제는 크게 2형으로 구분한다. Gadolinium chelates와 같은 이완 강조 조영제 (relaxation enhancing media)는 T1 조영 증강 영상에서 경색으로 인한 폐색성 손상 심근을 저 신호강도 (signal intensity: SI)로, 재관류성 손상 심근을 고 SI로 나타나게 한다. Dysprosium chelates와 같은 자기 민감성 조영제 (magnetic susceptibility agent)는 T2 조영 증강 영상에서 정상 심근조직의 SI를 감소 시킴으로써 폐색성 손상 심근을 고 SI로 보이게 한다. 그리고 이러한 경색 심근의 조영 후 소견들은 관상동맥의 폐색 시간경과에 따라 그 형태가 다른 것으로 되어 있다^{1~4}.

손상 심근의 구별은 조영제의 일차통과관류시 Gd-DTPA 주입 후 15~30초때 허혈 부위가 가장 적당하게 경계지워지는 것으로 되어있고^{3,5~8}, 조영제의 평형기시는 gadopentate dimeglumine polylysine (Gd-DTPA polylysine)이나 Gadodiamide (Gd-DTPA-BMA) 등의 주입 15~30분 후 허혈지역이 뚜렷하게 관찰되지만 조영제 투여 후 시간경과에 따라서 변하는 허혈지역의 SI와 함께 그 구별 정도 또한 달라지는 것으로 알려져 있다^{9~11,12}.

다른 Gd-chelates들과는 달리 Gd-DTPA는 빠른 신배설로 인한 불규칙한 심근내 농도와 선택적 심근세포내 분포가 아닌 세포외 공간으로의 분포로 조영제 주입 후 평형기때의 심근경색 관찰에는 적합하지 못한 것으로 알려져왔다¹³. 이에관하여 Tscholakoff등¹⁴은 생체에서 Gd-DTPA 조영후 T1 가강도영상은 폐색성과 재관류성 경색을 구분하지 못한다고 기술하였으며 또한 de Roos 등¹⁵은 Gd-DTPA 조영 후 경색심근과 정상심근 사이의

T1 SI비는 조영 전 T2 SI비 보다 의의 있게 높지 않다고 하였다. 위와 같은 결과들의 보고 후 Gd-DTPA 조영 증강 MRI상에서 평형기때의 경색심근 관찰과 조영제 투여 후 시간경과에 따른 경색심근 SI의 변화등에 대한 동물의 체내 연구는 미비하였고 대부분은 일차통과관류때의 관찰로 한정되어져 왔다. 그러므로 MRI를 이용한 심근경색의 평형기때의 관찰은 대부분 다른 조영제를 사용하여 시행되어 왔으나 지금까지 인체에 무해하다고 밝혀져서 임상에서 일반적으로 쓰이고 있는 조영제는 Gd-DTPA 단 하나이다.

그러므로 본 연구는 좌전하행관상동맥 폐색시간 경과에 따른 손상심근의 형태를 Gd-DTPA 조영 후 평형기 MRI상에서 구별하고 조영제 주입 후 시간경과에 따른 손상심근의 SI변화를 관찰하여 손상심근의 최고 대조대 시간을 밝힘으로써 급성 심근경색에 있어서 Gd-DTPA 조영증강 MRI의 진단적 가치를 평가 하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험 동물 준비

몸무게가 3,100에서 4,200 g (평균 3,600g)인 15마리의 고양이를 ketamin (Ketara; Parke-Davis & Co., Seoul, Korea) (10mg/kg IM)으로 진정 시킨후 atropine sulfate (Dae Won Pharmaceutical, Seoul, Korea) (0.05 mg/kg IM)를 주입 하였다. 각 고양이는 기계적 환기장치 (R-60; Aika Medical Corp., Matsudo City, Japan)와 연결된 기도내 삽관을 통하여 2% halothane으로 마취 시켰다. 근육이완제로는 pancuronium bromide (Panslan; Reyon Pharmaceutical, Seoul, Korea) (0.6 mg/kg i.m.)를 사용 하였다. 조영제와 약물은 대퇴 정맥도관으로 주입하였다.

좌 외측 개흉술을 5번째 늑갈 간을 통하여 시행하였고 심막절개술을 실시 하였다. 좌전 하행관 상동맥 (left anterior descending: LAD)을 첫번째 대각선동맥 분지의 원위부에서 분리시키고 연이어 silk로 폐색 시켰다. LAD동맥의 폐색은 심근의 청색증으로 확인하였다.

2. 자기공명 스캔방법

MR 영상은 1.5T unit (GE Signa Advantage, GE

Medical Systems, Milwaukee, WI)에서 EKG (four limb lead)와 respiratory gated spin-echo로 시행 하였다. 영상 기준 척도는 심박수에 의존한 500 msec이하의 TR, 15~25 msec의 TE, 3 mm의 절단면 두께, 1 mm의 절단면간 간격, 12×12의 FOV, 128의 phase-encoding steps, 4 excitation으로 하였다. Transverse axial plane으로 7개의 단면을 얻었고 각 정보를 얻는데 걸린 총 시간은 150~250초 였다.

기초 (baseline)영상을 얻은후 LAD를 결찰하였다. Group 1 (7마리)에서는 2시간, 그리고 group 2 (8마리)에서는 1시간동안 결찰을 유지시켰다. 결찰기 영상을 재관류전 5분에 얻었고 Silk 결찰을 풀어 재관류를 시킨후 재관류 영상을 얻었다. 연속적으로 Gd-DTPA (Magnevist; Schering, Berlin, Germany) (0.2 mmol/kg)가 대퇴 정맥을 통해 주입되었고 같은 영상척도로 5, 15, 30, 45, 60분후 조영후 영상을 얻었다.

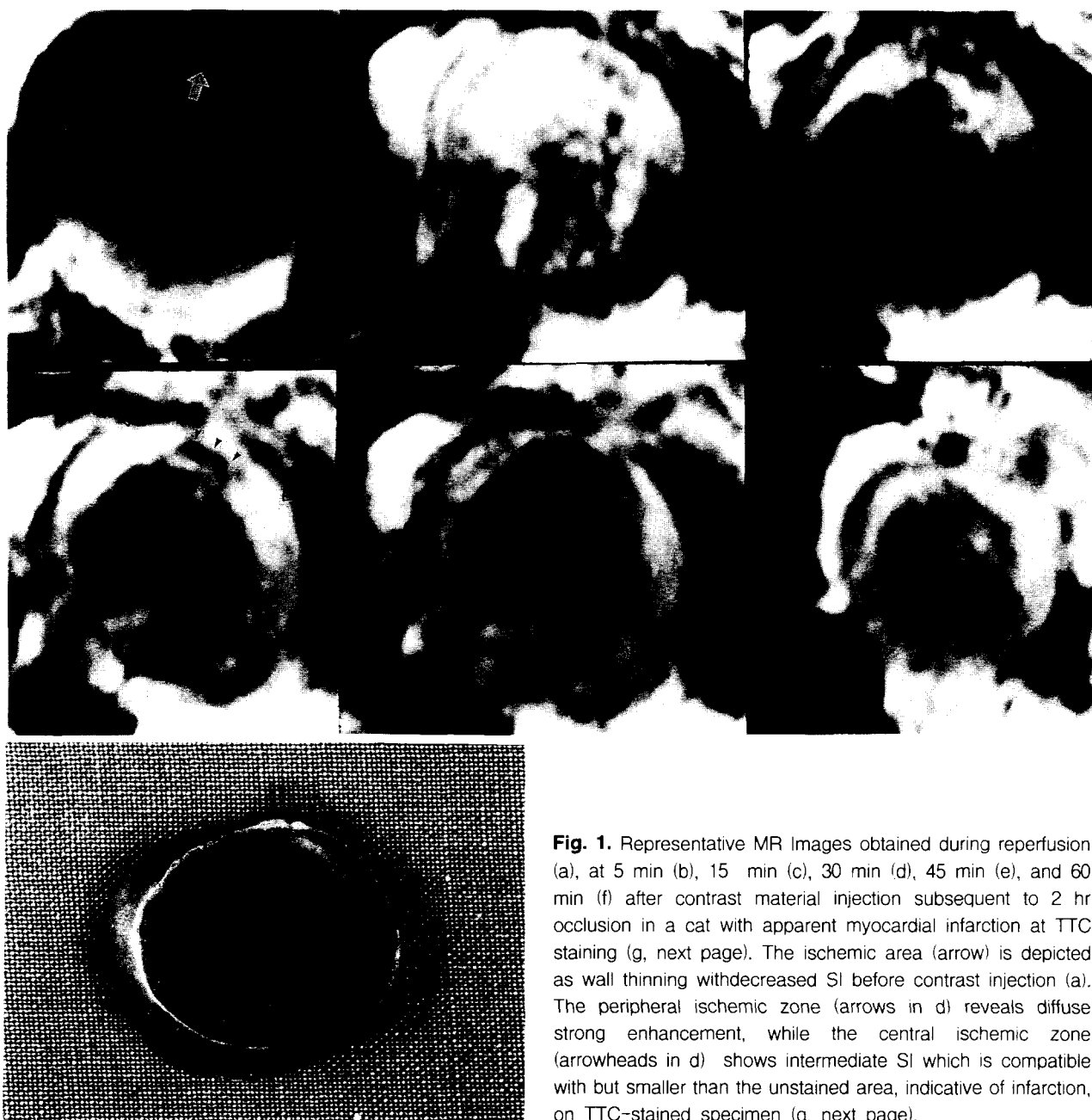


Fig. 1. Representative MR Images obtained during reperfusion (a), at 5 min (b), 15 min (c), 30 min (d), 45 min (e), and 60 min (f) after contrast material injection subsequent to 2 hr occlusion in a cat with apparent myocardial infarction at TTC staining (g, next page). The ischemic area (arrow) is depicted as wall thinning with decreased SI before contrast injection (a). The peripheral ischemic zone (arrows in d) reveals diffuse strong enhancement, while the central ischemic zone (arrowheads in d) shows intermediate SI which is compatible with but smaller than the unstained area, indicative of infarction, on TTC-stained specimen (g, next page).

3. 표본 검사 및 관찰

각 고양이는 methylene blue 20 ml를 좌심부속기로 주입함과 동시에 potassium chloride로 치사시켰다. 심장 추출 후 2,3,5-triphenyltetrazolium chloride (TTC) 20 ml를 LAD동맥을 통해 injection pump로 주입 하였다. 염색된 검체는 12시간동안 10% formalin용액에 보관후 MRI로 자른 영상과 같은 단면으로 잘랐다. 심근염색의 결과는 MR영상과 비교 하였다.

4. 자기공명영상 분석방법

각 대상 심근의 조영 양상을 3 구역형 (중심성 허혈, 변연성 허혈, 정상) (Fig. 1c) 또는 2 구역형 (허혈, 정상) (Fig. 3b) 으로 분류하였다. SI는 등배근육과 각 구역에서 4 pixel 단위의 관심부위 (region of interest: ROI)로 측정 하였다. 측정된 각 구역의 SI는 등배근육 SI를 기준으로 규격화 하였고 이의 시간 경과에 따른 변화, 그리고 각 구역간의 차이를 관찰하였다. 그 결과는 각 group들 사이에서 비교하였다. 통계학적 분석은 group 1의 3구역들사이에서 SI를 비교하기 위해 one way analysis of variance(ANOVA)를 사용하였고 각 구역의 시간 경과에 따른 SI 변화와 group 2에서 구역들간의 SI를 비교하기 위해 paired t-test를 사용하였으며 group들간의 비교는 독립적 t-test로 시행하였다. P 값이 0.05 미만일 때 의의가 있는 것으로 판정하였다.

결 과

Group 1은 7예중 6예의 3 구역형 (Fig. 1)과 1예의 2

구역형이 보였으나 group 2는 모든예에서 2 구역형이 관찰되었다 (Fig. 3). TTC염색은 경색심근을 비염색성 혹은 염색이 미약하여 정상심근으로 부터 명백하게 경계지는 부분으로 보이게 하였으며, 이는 MRI상 group 1중 6예에서 보이는 보통 SI의 중심부와 일치하였으나

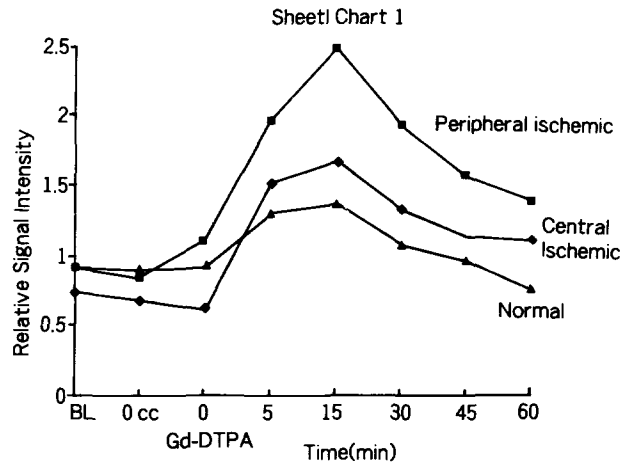


Fig. 2. Sequential changes in SI of cat myocardium in group 1 with infarction at TTC staining. During occlusion and during reperfusion previous to the administration of Gd-DTPA, SI of central ischemic zone decreases. After Gd-DTPA injection, SI rises rapidly within 5 min. Maximal contrast between the zones are shown at 15 min when the peak SI of peripheral zone is the highest. Subsequent gradual decrease in SI is shown with persistent enhancement of peripheral zone at 60 min. BL = baseline, Occ = occlusion.

Table 1. Signal intensity of ischemic myocardium relative to back muscle

	Group 1			Group 2	
	Central	Peripheral	Normal	Ischemic	Normal
Baseline	.74 ± .23*	.92 ± .17	.92 ± .18	.74 ± .18	.78 ± .24
Postocclusion	.68 ± .16	.84 ± .17	.9 ± .2	.96 ± .09	.99 ± .14
Postreperfusion	.61 ± .19	1.1 ± .21	.92 ± .13	1.24 ± .2	1.2 ± .29
Postcontrast					
5 min	1.51 ± .38	1.95 ± .43	1.3 ± .19	1.72 ± .35	1.24 ± .27
15	1.66 ± .36	2.47 ± .48	1.36 ± .33	1.81 ± .41	1.33 ± .24
30	1.32 ± .28	1.91 ± .21	1.07 ± .14	1.69 ± .38	1.27 ± .11
45	1.13 ± .33	1.55 ± .16	.96 ± .23	1.55 ± .27	1.11 ± .16
60	1.11 ± .29	1.38 ± .31	.75 ± .19	1.58 ± .29	.98 ± .17

Note *mean ± standard deviation

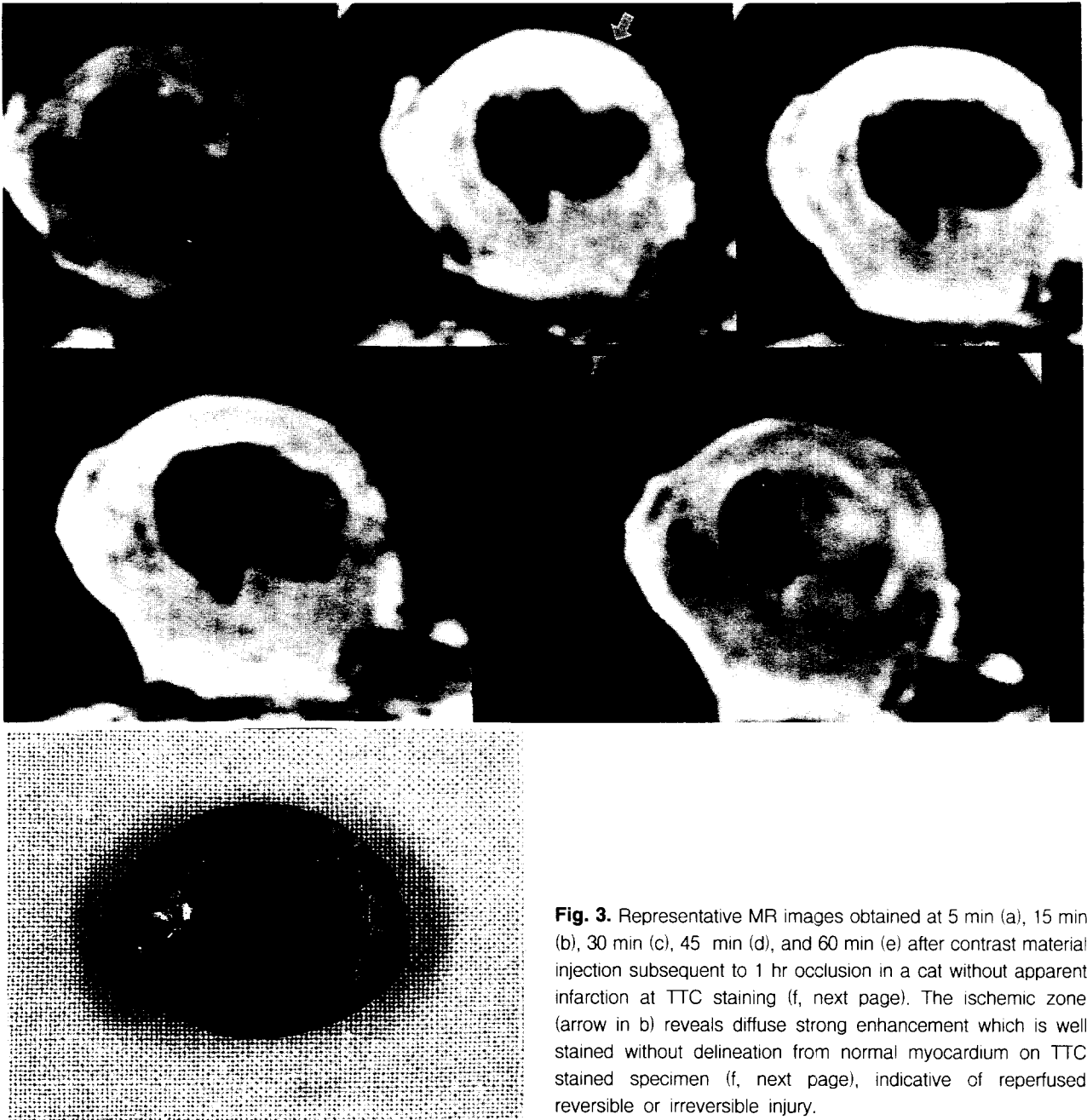


Fig. 3. Representative MR images obtained at 5 min (a), 15 min (b), 30 min (c), 45 min (d), and 60 min (e) after contrast material injection subsequent to 1 hr occlusion in a cat without apparent infarction at TTC staining (f, next page). The ischemic zone (arrow in b) reveals diffuse strong enhancement which is well stained without delineation from normal myocardium on TTC stained specimen (f, next page), indicative of reperfused reversible or irreversible injury.

이보다 큰편 이었다 (Fig. 1). 한편 group 2의 모든 예에서는 염색 정도가 균질하여 비염색성 심근의 구별은 확실하지 않았다 (Fig. 3).

두 group들에서 각 구역의 기초 (baseline) SI는 1.0보다 작았다(Table 1). Group 1에서 각 구역의 폐색 2시간 후 SI는 기초 SI보다 작았으며(Fig. 2) 반면, group 2에서 각 구역의 폐색 1시간 후 SI는 기초 SI보다는 컸지만 여전히 1.0보다는 작았다(Fig 4). 재관류후 group 1의 중

심부 SI는 0.61 ± 0.19 로 감소되었던 반면 group 1의 다른 구역들의 SI와 group 2의 각 구역 SI는 비록 통계적 의미는 없었으나 증가 하였거나 변화가 없었다.

조영제 주입시 첫 5분내 허혈성 심근의 SI는 가장 빠르게 증가 되었으나 정상 심근의 SI는 그보다 느린속도를 보였다. 조영제 주입 후 15분내 정상과 허혈성 심근 모두에서 SI가 최고치에 이르렀다. Group 1의 변연부 SI의 최고치인 2.47 ± 0.48 는 같은 group의 중심부 SI의

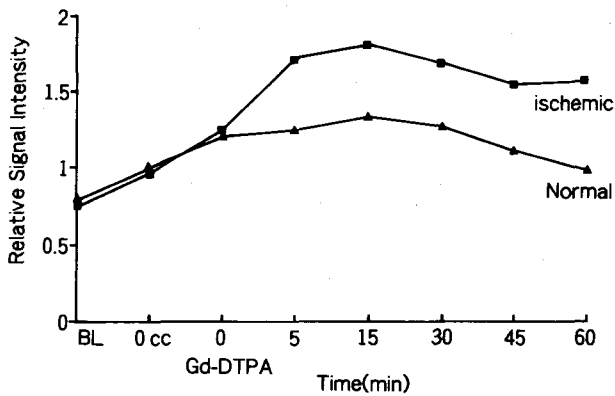


Fig. 4. Sequential changes in SI of cat myocardium in group 2 without infarction at TTC staining. After Gd-DTPA injection, SI rises rapidly within 5 min. Maximal contrast between the zones are shown at around 15 min when the SI of ischemic zone is at its peak but is smaller than that of peripheral zone in Fig. 2.

최고치 1.66 ± 0.36 이나 group 2의 허혈성 심근 SI의 최고치 1.81 ± 0.41 보다 유의있게 컸다 ($p < 0.05$). 또한 이때 group 1의 세 구역 사이, group 2에서 정상과 허혈성 심근사이, 그리고 group 1의 변연부와 group 2에서의 허혈성 심근 사이의 SI 차이들이 가장 현저하였다. 이들 중 가장 두드러진것은 group 1에서 변연부와 정상 심근간의 SI 차이인 1.11 이었고 group 2에서는 허혈성 심근과 정상심근간의 0.48 이었다.

SI는 점차 감소하여 정상 심근은 조영제 주입 후 60분내에 조영전 수준의 값에 근접하였다. 그러나 허혈성 심근의 경우는 조영제 주입 후 60분때에 group 1의 변연부 SI가 1.38 ± 0.31 이었고 그리고 group 2의 허혈성 심근 SI가 1.58 ± 0.29 로 SI 감소가 정상심근에 비해 서서히 일어났다. Group 1의 SI 감소속도는 중심부에서 변연부보다 좀더 더딘편이었다. 모든예에서 조영 후 시간경과에 따른 손상심근의 조영양상은 폐색되었던 LAD동맥 분포지역의 초기 심내막 으로부터 점차적 전층의 조영증강이었다.

고 찰

본 연구에서 급성 심근경색으로 인한 손상심근은 Gd-DTPA 조영증강 MRI상 좌전하행관상동맥의 폐색기간에 따라 2 시간대는 3 구역형 (중심성 허혈, 변연성 허혈, 정상), 1 시간대는 2 구역형 (허혈, 정상)으로 조

영증강 되었다. 3 구역형에서 보통 SI로 보이는 중심성 허혈부는 TTC 염색 표본상 염색이 안된 경색심근과 일치하였지만 보다 작은 편으로 폐색이 지속적인 심근손상으로 판명 되었고, 전반적 고 SI의 변연성 허혈부와 2 구역형의 허혈부는 재관류된 심근손상을 반영하였으나 그 가역성 여부는 감별이 명확하지 않았다. 손상심근의 신호강도는 조영제 투여 후 비교적 급속한 조영증강으로 15분 후 최고였고 이때 변연성과 중심성 허혈부간의 대조도 및 허혈부와 정상 심근간의 대조도 또한 최대였다. 손상심근의 신호강도는 정상심근보다 빠르게 증가하고 느리게 감소하였고 이러한 조영 후 시간경과에 따른 손상심근의 신호강도 변화는 다른 여러 조영제를 이용한 연구들의 결과와 일치하였다.

중심부의 SI는 관상동맥 폐색시 감소하며 유의있는 차이는 아니지만 재관류시 더욱 낮아지는것으로 보고 되었다¹⁶⁻¹⁹. 이때 변연부의 SI가 중심부의 SI보다 상대적으로 증가되어 보이는것은 폐색이 지속적인 중심부에 대한 재관류된 변연부의 혈류량 증가 때문으로 설명되고 있다. 그후 조영제의 주입은 중심부의 SI를 정상과 변연부사이의 중간 정도의 수준으로 증가하게 하는것으로 알려져있다²⁰. 이러한 소견은 Fig.2에서 보듯이 본 연구에서도 관찰 되었다.

Peshock등²¹의 동물연구에 따르면 경색 4일후 정상과 경색 심근사이의 가장 큰 대조도는 Gd-DTPA (0.34 mM/kg) 주입후 1시간 뒤에 관찰 되었다고 하였고 Matheijssen등¹⁹은 조영제 주입후 30분대까지 경색부위에 유의있게 조영증강이 이루어졌다고 하였다. 반면, de Roos등^{15,22-23}은 정상과 경색 심근의 대조가 Gd-DTPA주입 후 15~20분때 가장 두드러지는 것을 관찰하였다. 한편 이온성 조영제를 이용한 CT상의 연구에서 이와 비슷한 결과가 보고 되기도 하였다²³. 본 연구에서는 조영제 주입후 15분 뒤 경색심근의 가장 큰 대조도가 관찰되어 de Roos등¹⁵과 근접한 결과를 볼 수 있었다.

Saced등¹²의 잡견을 대상으로한 연구에 의하면 2시간 동안 폐색되었던 관상동맥의 재관류 후 Gd-DTPA-BMA (0.2mmol/kg)의 주입으로 SI가 재관류된 변연부에서 최대 3배, 정상심근에서 50% 증가하였다고 보고하였다. 본 연구에서는 LAD동맥을 2시간 폐색 후 재관류시켰던 group 1에서 SI가 재관류된 변연부에서 2.5배, 정상 심근에서 36% 증가하여 위와 근접한 결과를 얻었으며 아마도 그 차이는 조영제 종류와 대상 동물의 선택에 있을 것으로 생각된다.

본 연구에서 관찰되었던 중심부의 보통 SI에 비한 변

연부의 현저한 고 SI의 원인은 재관류 후 중심부는 폐색이 지속적인 반면 변연부는 측지(collateral)가 발달되어 혈류입이 많고 조직부종에 의한 큰 정맥압박으로 배출 (washout)이 적기 때문이라고 알려져 있다¹⁷. 한편, 재관류된 손상심근의 조영증강 정도가 손상심근의 허혈시간에 의존한다는 보고가 있는데¹⁰ 본 연구에서도 1시간 폐색되었던 group 2의 허혈부 SI에 비해서 2시간 폐색되었던 group 1의 변연부 SI가 높게 관찰되어 이를 뒷받침하였다. 이러한 허혈시간에 의존한 재관류된 손상심근의 조영증강의 정도 역시 허혈시간에 따른 측지와 부종 증가가 그 원인으로 생각된다.

Gd-DTPA는 심근괴사 지역을 조영증강시키고 이러한 조영증강은 잔류혈류에 의존하여 괴사 크기가 조영증강된 부위에 의해 잘 그려지는 것으로 보고 되고 있다²². 그러나 Gd-DTPA는 위태롭고 가역적 손상을 입은 심근에는 민감하지 못하다고 한다¹. McNamara등¹⁷과 de Roos등²³은 재관류된 가역적손상은 조영증강되지 않는 반면 비가역적손상은 조영증강된다고 기술하고 있다. 그러나 본 연구에서 group 2의 허혈부는 MRI상 전반적으로 조영증강 되었지만 TTC 염색표본상 살아있는 조직임을 나타내는 염색된 부분^{20,24}으로 보였었다. 또한 Schaefer등²⁵은 조영증강된 구역은 경색위험이 있는 심근의 크기와 연관이 있지만 이미 경색된 구역의 크기와는 상관이 없으며 Gd-DTPA의 농도는 경색된 부위와 허혈된 심근 모두에서 총혈 반응과 관계 있다고 기술하였다. 조영증강된 구역은 치사후 병리적으로 경색이 밝혀진 구역의 크기에 비해 특히 폐색된 시간이 짧을수록 과측정되었고 이는 균등하게 조영증강되는 손상된 심근과 관계 있으며 이는 재관류된 가역적 손상심근 구역을 포함한 모든 허혈성 지역이 조영 증강된다는 가능성을 시사한다고 Reimer와 Jennings²⁶가 기술한 바 있다. 또한 비슷한 결과가 Yuasa등²⁷에 의해 제시되었는데 재관류전의 조영후 저 SI 중심부는 TTC 염색이 안된 지역과 같은 크기이나 재관류 후의 더욱 현저한 변연부 조영 증강때문에 이때의 보통 SI 중심부보다는 더 크다고 보고하였다. Saeed등¹²은 dysprosium chelate로 조영증강시 고 SI의 비생존 부위는 Gd-DTPA-BMA로 조영증강된 고 SI 부위나 TTC 염색표본상 염색이 안된 경색부위 보다 작고 이러한 비생존 부위가 더 정확한 경색정도를 반영한다는 견해를 기술 하였다. 위의 각 연구들에서 제각기 다른 대상, MR기기 및 그 사용방법, 조영제 종류, 표본염색방법, 그리고 자료분석에 있어서의 차이등을 감안 하더라도 지속적인 MRI상의 가역적 과 비가역 심근손상에 대한 논란과 더불어 조영증강부

위의 성질과 그 구조가 명확하게 규명되어있지 않음을 알수있다.

TTC는 사립체의 전자운반 효소가 온전한 정상 심근 세포를 주홍색으로 염색 시킨다¹². TTC로 염색이 안된 부위는 현미경상 급성 심근경색에 합당한 부종, 백혈구 침투, 모세혈관 손상에 의한 출혈 소견등을 보인다¹³. 그러나, 위 연구들중 일부는 비가역적 손상심근의 반영에 있어서 TTC 염색표본 검사에 한계를 지적하고 있다. 보통 20분내지 30분 정도의 관상동맥 폐색은 심근의 비가역적 손상을 야기하는 것으로 알려져 있지만 본 연구에서는 1시간 폐색후 이러한 비가역적 손상이 TTC 염색표본상 명확하지 않았다. 이러한 사실들은 TTC 염색에 있어서 손상 세포수에 따른 한계치의 존재를 시사할수 있어 group 2의 일부 염색된 부위는 다수의 비가역적 손상세포를 내포할 가능성이 있다.

Saeed등⁹은 쥐의 관상동맥을 폐색 시켰을때 혈류가 급저하된 경색 변연부가 얇게 (< 3 mm) 조영증강 되는 것은 경색 변연부에 증가된 혈류 때문이라 하였고 이 부위에서 가역적 손상심근의 존재를 주장 하였다. 한편 관상동맥의 재관류 후 조영증강된 변연부는 폐색때 조영증강된 변연부보다 두터운 반면 중심부는 더 작은것으로 보고되어²⁷ 재관류때와 폐색때의 변연부가 서로 다른것을 시사하고있다. 그러므로, 위 연구결과들을 토대로할때 본 연구에서 보였던 group 1의 중심부는 재관류 후 폐색이 지속적인 손상심근을 나타내며 group 1의 변연부와 group 2의 허혈부는 재관류된 가역적과 비가역적 손상심근 모두를 반영하여 그 가역성 여부의 감별이 명확하지 않은것으로 사료된다.

본 연구에서 손상심근 SI의 비교적 넓은 표준편차는 작은 대상 크기와 심박동 및 호흡에 의한 운동 인공물 (motion artifact) 등이 그 주 요인으로 생각된다.

결 론

본 연구에서 급성 심근경색으로 인한 손상심근은 Gd-DTPA 조영증강 MRI상 좌전하행관상동맥의 폐색기간에 따라 2 시간대는 3 구역형 (중심성 허혈, 변연성 허혈, 정상), 1 시간대는 2 구역형 (허혈, 정상)으로 조영증강 되었다. 3 구역형에서 보통 SI로 보이는 중심성 허혈부는 TTC 염색 표본상 염색이 안된 경색심근과 일치하였지만 보다 작은 편으로 폐색이 지속적인 심근손상으로 판명 되었고, 전반적 고 SI의 변연성 허혈부와 2 구역형의 허혈부는 재관류된 심근손상을 반영하였으나 그 가역성 여부는 감별이 명확하지 않았다. 손상심

근의 신호강도는 조영제 투여 후 비교적 급속한 조영 증강으로 15분 후 최고였고 이때 변연성과 중심성 허혈부간의 대조도 및 허혈부와 정상심근간의 대조도 또한 최대였다. 손상심근의 신호강도는 정상보다 빠르게 증가하고 느리게 감소하였으며 이러한 조영 후 시간경과에 따른 손상심근의 신호강도 변화는 다른 여러 조영제를 이용한 연구들의 결과와 일치하였다.

위의 소견들과 더불어 Gd-DTPA의 밝혀진 신체내 안전성과 그 접근의 용이함 등을 고려할때, Gd-DTPA 조영증강 MRI는 급성 심근경색의 진단에 유효하다.

참 고 문 헌

1. Geschwind JFH, Wendland MF, Saeed M, Lauerma K, Derugin N and Higgins CB: Identification of myocardial cell death in reperfused myocardial injury using dual mechanisms of contrast-enhanced magnetic resonance imaging. *Acad Radiol* 1: 319-325, 1994
2. Saeed M, Wendland MF and Tomei E, et al: Demarcation of Myocardial Ischemia: Magnetic susceptibility effect of contrast medium in MR imaging. *Radiology* 173: 763-767, 1989
3. Wendland MF, Saeed M and Higgins CB: Strategies for differential enhancement of myocardial ischemia using echoplanar imaging. *Invest Radiol* 26: S236-S238, 1991
4. Brown JJ and Higgins CB: Myocardial paramagnetic contrast agents for MR imaging. *AJR* 151: 865-872, 1988
5. Wendland MF, Saeed M, Masui T, Derugin N, Moseley ME and Higgins CB: Echo-planar MR imaging of normal and ischemic myocardium with gadodiamide injection. *Radiology* 186: 535-542, 1993
6. Yu KK, Saeed M, Wendland MF, Derugin N, Cavagna FM and Higgins CB: Real-time dynamics of an extravascular magnetic resonance contrast medium in acutely infarcted myocardium using inversion recovery and gradient-recalled echo-planar imaging. *Invest Radiol* 27: 927-934, 1992
7. Edelman RR and Li W: Contrast-enhanced echo-planar MR imaging of myocardial perfusion: preliminary study in humans. *Radiology* 190: 771-777, 1994
8. Saeed M, Wendland MF and Yu KK, Higgins CB: Delineation of acutem myocardial infarction with dysprosium DTPA-BMA: influence of dose of magnetic susceptibility contrast medium. *J Am Coll Cardiol* 20: 1634-1641, 1992
9. Saeed M, Wendland MF and Masui T, et al: Myocardial infarction: assessment with an intravascular MR contrast medium. *Radiology* 180: 153-160, 1991
10. Saeed M, Wendland MF, Takehara Y, Masui T and Higgins CB: Reperfusion and irreversible myocardial injury: identification with a nonionic MR imaging contrast medium. *Radiology* 182: 675-683, 1992
11. Saeed M, Wendland MF and Masui T, et al: Dual mechanisms for change in myocardial signal intensity by means of a single MR contrast medium: Dependence on concentration and pulse Sequence. *Radiology* 186: 175-182, 1993
12. Saeed M, Wendland MF, Masui T and Higgins CB: Reperfused myocardial infarctions on T1- and susceptibility-enhanced MRI: Evidence for loss of compartmentalization of contrast media. *MRM* 31: 31-39, 1994
13. Saeed M, Wagner S, Wendland MF, Derugin N, Finkbeiner WE and Higgins CB: Occlusive and reperfused myocardial infarcts: Differentiatin with MN-DPDP-enhanced MR imaging. *Radiology* 172: 59-64, 1989
14. Tscholakoff D, Higgins CB, Sechtem U and McNamara MT: Occlusive and reperfused myocardial infarcts: Effect of Gd-DTPA on ECG-gated MR imaging. *Radiology* 160: 515-519, 1986
15. de Roos A, Doornbos J, van der Walls EE and van Voorthuisen AE: MR imaging of acute myocardial infarction: Value of Gd-DTPA. *AJR* 150: 531-534, 1988
16. Johnston DL, Liu P, Rosen BR, et al: In vivo detection of reperfused myocardium by nuclear magnetic resonance imaging. *J Am Coll Cardiol* 9: 127-135, 1987
17. McNamara MT, Tscholakoff D and Revel D, et al: Differentiation of reversible and irreversible myocardial injury by MR imaging with and without Gadolinium-DTPA. *Radiology* 158: 765-769, 1986
18. Masui T, Saeed M, Wendland MF and Higgins CB: Occlusive and rreperfused myocardial infarcts: MR imaging differentiation with nonionic Gd-DTPA-BMA. *Radiology* 181: 77-83, 1991
19. Matheijssen NAA, de Roos A and van der Walls EE, et al: Acute myocardial infarction: Comparison of T2-weighted and T1-weighted gadolinium-DTPA enhanced MR imaging. *MagnReson Med* 17: 460-469, 1991
20. Lim TH, Lee DH and Kim YH, et al: Occlusive and reperfused myocardial infarction: Detection by using MR imaging with gadolinium polylysine enhancement. *Radiology* 189: 765-768, 1993
21. Peshock RM, Malloy CR, Buja LM, Nunnally RL, Parkey RW and Willerson JT: Magnetic resonance imaging of acute myocardial infarction: gadolinium diethylenetriamine pentaacetic acid as a marker of reperfusion. *Circulation* 74: 1434-1440, 1986
22. de Roos A, Matheijssen NAA, Doornbos J, van Dijkman PRM, van Voorthuisen AE and van derWall EE: Myocardial infact size after reperfusion therapy: Assessment with Gd-DTPA-enhanced MR imaging. *Radiology* 176: 517-521, 1990
23. de Roos A, van Rossum AC and van der Wall E, et al: Reperfused and nonreperfused myocardial infarction:

- diagnostic potential of Gd-DTPA-enhanced MR imaging. *Radiology* 172: 717-720, 1989
24. Wikstrom M, Martinussen HJ and Wikstrom G, et al: MR imaging of acute myocardial infarction in pigs using Gd-DTPA-Labeled dextran. *Acta Radiologica* 33: 301-308, 1992
25. Schaefer S, Malloy CR and Katz J, et al: Gadolinium-DTPA-enhanced nuclear magnetic resonance imaging of reperfused myocardium: Identification of the myocardial bed at risk. *J Am Coll Cardiol* 12: 1064-1072, 1988
26. Reimer KA and Jennings RB: The "wavefront phenomenon" of myocardial ischemic cell death. *Lab Invest* 40: 633-644, 1979
27. Yuasa K, Sugimura K, Kawamitsu H, Ishida T, Shimada T and Ishibashi Y: Quantification of occlusive and reperfused myocardial Infarct size with Gd-DTPA-enhanced MR imaging. *Eur J Radiol* 17: 150-154, 1993
-