

심근경색을 가진 환자에서 호흡정지 T2강조 자기공명영상의 유용성: 지연 조영증강 영상과의 비교

최상일¹ · 이경원¹ · 강성권¹ · 유원희² · 임 청² · 조중행² · 이 활¹ · 정진욱¹ · 박재형¹

목적 : 심근경색을 가진 환자에서 호흡정지 T2강조 자기공명영상의 유용성을 알아보고자 하였다.

대상 및 방법 : 심근 생존능을 평가하기 위하여 자기공명영상 시행된 환자에서 지연 조영증강을 보였던 11명의 환자를 대상으로 하였다. 지연 조영증강을 보이는 심근부위와 비교하여 T2강조영상에서 일치하는 부위를 고신호강도, 동등신호강도, 저신호강도로 나누어 분석하였으며, 정상 심근과 경색 부위의 신호강도 세기 및 통벽성 범위(transmural extent)를 측정하였다. 환자의 임상정보를 토대로 심근경색의 시기와 T2 강조영상과의 상관관계를 분석하였다.

결과 : T2강조영상에서 5명의 환자의 12분절에서 정상심근에 비하여 경색부위에 고신호강도를 보였으며, 6명의 환자의 12분절에서 저신호강도를 보였다. 경색부위의 고신호강도는 정상심근에 비하여 $175 \pm 9\%$ 이었으며, 저신호강도는 $73 \pm 5\%$ 이었다 ($p < 0.05$). 통벽성 범위(transmural extent)의 평가에 있어, T2강조영상에서 고신호강도 부위는 지연 조영증강을 보인 부위보다 컸으나 (100% vs. $49 \pm 17\%$), 저신호강도 부위는 일치하였다. T2 강조영상에서 고신호강도는 심근경색 후 11일 이내에 보였고, 저신호강도는 7개월 이후에 보였다.

결론 : 호흡정지 T2 강조영상은 부종 및 섬유화 반흔 범위의 평가와 함께 심근경색의 시기를 예측하는 데에 있어 유용할 것으로 사료된다.

서 론

급성 심근경색의 주된 치료방법으로 알려진 혈전용해술, 혈관성형술, 관상동맥 우회로 이식술등의 치료방법은 빠르고 적절한 시기에 허혈 심근에 혈류를 공급함으로써 이 부위를 소생, 유지시키는데 목적을 두고 있다 (1). 이런 이유로 심근 허혈과 경색의 확인 및 그 정도의 평가는 예후판정에 가장 중요한 인자 중 하나이다. 따라서 심근경색의 치료와 예후판정에 중요한 심근 생존능을 평가하기 위하여 자기공명영상(Magnetic resonance imaging, MRI)을 이용한 많은 연구가 이루어져 왔다 (2-9).

심장 MRI에서 조영제 주입 후 10분 또는 15분후에 지연 조영증강(delayed enhancement) MRI를 시행하면 비생존 심근에 조영증강이 이루어져 생존 심근과 비 생존심근을 구별할

수 있으므로 심근 생존능의 평가에 매우 유용하다고 알려져 있다 (10). 하지만 지연 조영증강 영상은 심근경색의 시간 경과에 관계없이 같은 크기로 지속적으로 이루어지므로 심근 경색의 시기를 알 수 없다는 단점이 있다 (11).

최근 심장 MRI의 이용에 있어 호흡 정지 T2강조 영상이 도입되었으며 (12), 최근 T2강조 영상은 심근 부종을 반영하므로 심근경색 후 시간 경과에 심근 신호의 변화를 보인다는 보고가 있었다 (13). 이에 본 저자들은 심장 자기공명영상에서 지연 조영증강을 보이는 비정상 심근부위와 T2 강조 영상을 비교하여 심근 경색의 시기를 구분할 수 있는지 알아보려고 하였다.

대상 및 방법

2003년 7월부터 2003년 10월까지 4개월동안 조영증강 MRI에서 심근 경색부위에 지연 조영증강이 있었던 11명의 환자를

대한자기공명의과학회지 7:132-136(2003)

¹서울대학교 의과대학 진단방사선과학교실

²서울대학교 의과대학 흉부외과학교실

접 수 : 2003년 11월 1일, 채택 : 2003년 12월 11일

통신저자 : 이경원, (463-707) 경기도 성남시 분당구 구미동 300, 분당 서울대학교병원 진단방사선과학교실

Tel. (031) 787-7604 Fax. (031) 787-4011 E-mail: lkwrad@radiol.snu.ac.kr

심근경색을 가진 환자에서 호흡정지 T2강조 자기공명영상의 유용성

대상으로 하였다. 7명의 남자와 4명의 여자로 연령은 44세에서 75세(평균연령: 61세)이었다.

사용한 MRI는 1.5 Tesla Intera(Philips Medical System, Best, Netherland)이었다. 검사기법은 조영제 주입 전 호흡정지 T2강조 고속 스핀에코(T2/black-blood/SPIR: spectral presaturation inversion recovery) 기법으로 TE = 100 msec, TR = 1000 msec 이상(심박동수에 따라 적절히 변화), 절편두께는 8 mm, 절편간격은 0 mm, 영상 영역은 27 × 27 cm, 화소 크기는 256 × 256, 여기회수는 2로 영상을 얻었다. 지연 조영증강 영상은 0.2 mmol/kg의 용량으로 조영제(Magnevist, Schering AG, Berlin, Germany) 주입 후 15

분 후에, 호흡정지 T1강조 경사에코 영상(multi-shot TFE breath-hold with non-selective inversion pre-pulse) 기법으로 TE = 1.5 msec, TR = 4.7 msec, 절편두께는 8 mm, 절편간격은 0 mm, 영상 영역은 34 × 34 cm, 화소 크기는 256 × 256, 여기회수는 1, 반전 시간 220-340 msec, 심박동주기 16 회 동안 영상을 얻었다.

단축(short axis) 영상에서 중간 및 기저부위(mid and basal level)는 60° 간격 및 심첨부는 90° 간격의 심근 분절로 각각 나누어 영상을 분석하였다. 지연 조영증강 영상에서 조영증강을 보이는 부위와 일치하는 T2강조 영상부위를 고, 동등, 저신호강도로 나누어 분석하였고, 정상 심근과 경색 부위의 신

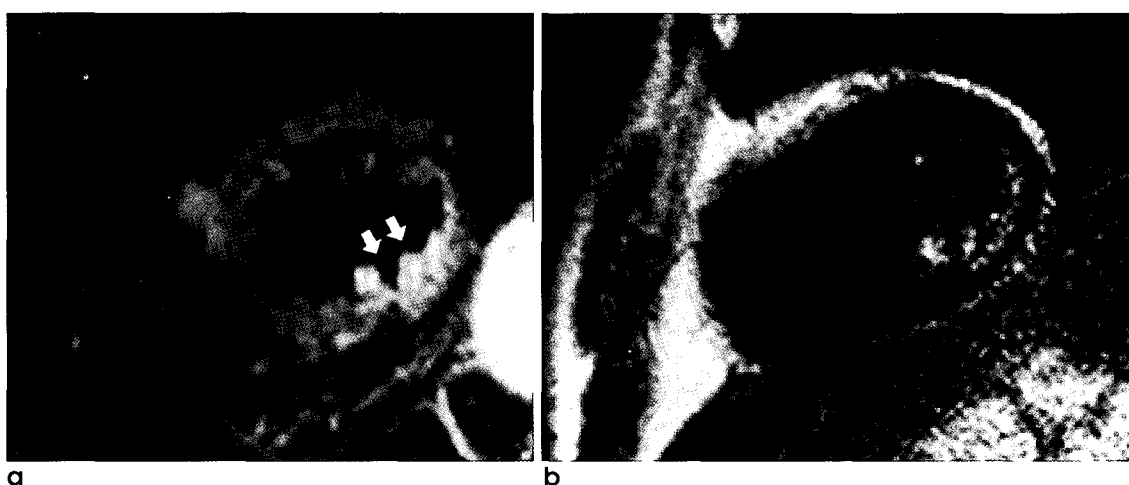


Fig. 1. A 64-year-old man with acute myocardial infarction (onset: 11 days).

a. Breath-hold T2-weighted image shows high signal area at inferior and infero-lateral wall (arrows). **b.** Delayed enhancement is seen at same area. But, the high signal area on T2-weighted MR imaging was larger than infarct area.

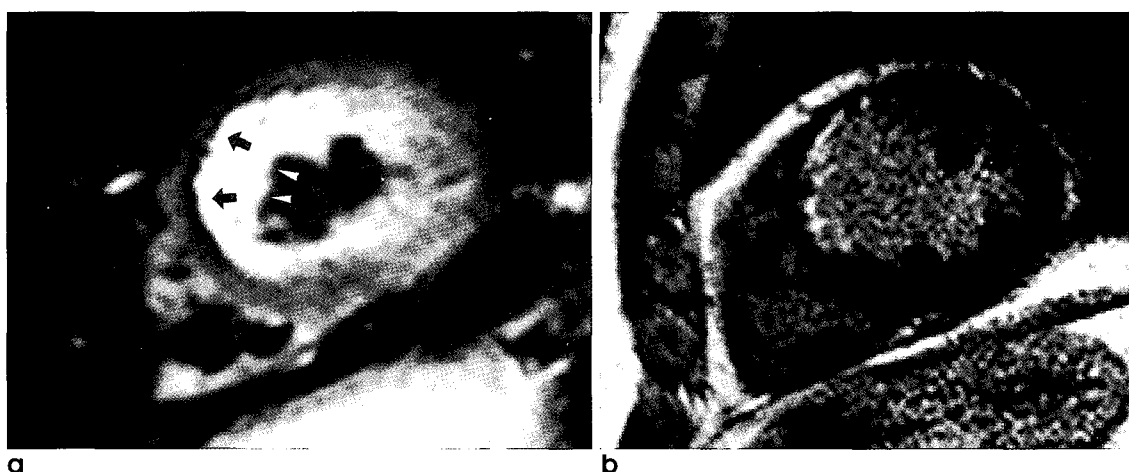


Fig. 2. A 75-year-old man with chronic myocardial infarction (onset: 9 years ago).

a. Breath-hold T2-weighted image shows low signal area with thinning at anterior and antero-septal wall (arrows). High signal area in left ventricular cavity is slow artifact (arrowheads). **b.** Delayed enhancement is seen at same area. The low signal area on T2-weighted MR imaging was correlated with infarct area.

최상일 외

호강도 세기 및 통벽성 범위(transmural extent)을 측정하였다. 환자의 임상기록을 토대로 심근경색의 시기와 T2 강조영상과의 상관관계를 분석하였다.

결 과

11명의 모든 환자에서 심근 경색부위에 환자에서 24분절에 걸쳐 지연 조영 증강을 보였다. T2강조영상의 심근 신호 분석에 있어, 5명의 환자에서 12분절에서 정상심근에 비하여 경색부위에 고신호강도를 보였으며, 6명의 환자에서 12분절에서 저신호강도를 보였다.

경색부위의 고신호강도는 정상심근에 비하여 166%부터 186%까지(평균: $175 \pm 9\%$) 보였으며, 저신호강도는 64%부터 80%까지(평균: $73 \pm 5\%$) 보였다 ($p < 0.05$).

통벽성 범위(transmural extent)의 평가에 있어, T2강조영상에서 고신호강도를 보였던 환자들은 모두 100%를 보였으나, 지연 조영증강 영상에서는 33%에서부터 75%($49 \pm 17\%$)로 다양하였다 (Fig. 1). 저신호강도를 보였던 환자에서 모두 T2강조영상과 지연 조영증강 영상 모두 통벽성 범위가 일치하였다 (평균: 28%) (Fig. 2).

T2강조영상에서 고신호강도를 보였던 환자들은 심근경색이 발생한 후 7일에서 11일에 MRI가 시행되었으며, 저신호강도를 보인 환자는 7개월부터 14년이였다.

고 찰

본 연구를 통하여 심근경색환자에 있어 T2강조영상은 심근 경색의 시기를 구분하는데 도움이 될 수 있음을 알 수 있었다. 또한 고신호강도를 보이는 부위는 지연 조영증강 영상에서 나타난 경색부위보다 넓으며, 저신호강도를 보이는 부위는 경색부위와 일치함을 알 수 있었다.

Higgins 등은 동물모델에 있어 심근 경색부위에서 T2신호강도의 증가는 경색과 관련된 부종에 기인한다고 보고하였다 (14). 하지만 심장 및 혈류의 움직임 때문에 발생하는 인공물로 인하여 임상적용에는 한계가 있었다. Simonetti 등은 이러한 문제를 해결하기 위하여 혈류를 포화시켜서 신호를 없애는 (nulling blood) 역전 회복 영상(inversion-recovery)을 이용한 호흡정지 T2강조영상을 개발하였으며 (15), 임 등은 이 방법이 급성 심근경색환자에서 병변 부위를 잘 영상화 할 수 있다고 보고하였다 (12).

최 등은 급성 심근경색을 가진 동물모델을 통하여, T2강조영상에서 고신호강도를 보이는 부위가 경색부위뿐만 아니라 경색 위험부위(area at risk)도 포함한다고 하였다 (3, 4). Miller 등은 아급성 심근경색에서 T2강조 영상에서 고신호강도를 보이는 부위는 회복될 수 있으므로, 따라서 심근부종과 괴사가 일치하지 않을 수 있으며 비가역성 생존 심근의 지표로 사용될 수 없다고 하였다 (16). 본 연구에서도 11일 이내의 급성심

근경색 환자에서 모두 경색부위에 고신호강도를 보였고, 지연 조영증강 영상에서 나타난 경색부위보다 더 넓은 소견을 보였으며 이는 이전의 연구결과들과 일치하였다.

Schulz-Menger 등은 심근경색 후 1시간이 지나 시행한 T2 강조영상에서 경색부위의 고신호강도는 관찰되지 않았으나 1일 후에는 고신호강도를 관찰할 수 있었다고 하였다 (13). 또한 이들은 T2 강조영상에서 경색부위의 고신호강도는 1달 동안 지속되었으며 3개월부터 6개월까지는 동등신호강도를 보였다고 하였다. McNarama 등은 만성 심근경색을 가진 환자에서 경색부위의 T2강조영상은 섬유성 반흔(fibrous scar)에 의하여 저신호강도를 보인다고 하였다 (17). 본 연구에서도 심근경색 후 7개월이 지난 환자 모두에서 저신호강도가 관찰되었지만, 급성기와는 달리 저신호강도를 보이는 부위가 지연 조영증강 부위와 일치하였다. 이는 아마도 비가역적 손상을 입은 심근부위가 섬유성 반흔으로 대체되기 때문으로 생각된다.

심근 생존능을 평가하는데 있어 지연 조영증강 영상은 비가역적 심근손상을 매우 정확하게 평가할 수 있다고 알려져 있다 (10, 11). 또한 MRI는 공간 해상능이 매우 뛰어나므로 아주 작은 심근경색도 영상화할 수 있다는 장점이 있다. 저자들의 연구에서도 T2강조영상에서 동등 신호강도를 보였던 15명의 환자에서 모두 작은 심근 경색을 관찰할 수 있었다. 하지만 임상적으로 환자의 병력에서 심근경색의 소견이 보이지 않았으므로 심근 경색의 시기를 알 수 없었다.

T2 강조영상은 조영제의 사용 없이 급성과 만성을 구별할 수 있으므로 심근경색을 가진 환자에서 경색 시기의 평가에 유용할 뿐만 아니라 비후성 심근증(hypertrophic cardiomyopathy)의 색전술 치료 후의 추적검사 등에도 유용할 것으로 생각된다.

본 연구의 단점은 연구대상 환자의 수가 매우 적다는 점을 들 수 있으며, 좀더 많은 환자군을 대상으로 앞으로 장기적인 추적 관찰이 필요하리라 생각된다.

결론적으로 급성심근경색에 있어 T2강조영상은 고신호강도를 보이고 지연 조영증강 영상에서의 비정상 조영증강 부위보다 넓으며, 만성 심근경색은 저신호강도를 보이고 지연 조영증강 영상에서의 비정상 조영증강 부위와 일치함을 알 수 있었다. 따라서 T2 강조영상은 부종 및 섬유화 반흔 범위의 평가와 함께 심근경색의 시기를 예측하는 데에 있어 유용할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. International Society and Federation of Cardiology and World Health Organization Task Force on Myocardial Reperfusion. Reperfusion in acute myocardial infarction. *Circulation* 1994;90:2091-2102
2. Lim TH, Choi SI. MRI of myocardial infarction. *J Magn Reson Imaging* 1999;10:686-693
3. Choi SI, Choi SH, Kim ST, et al. Investigation of a necrotic tissue-specific MR contrast agent (Gadophrin-2) for assessment of

- myocardial viability in reperfused myocardial infarction in a cat model. *Radiology* 2000;215:863-868
4. Choi SI, Jiang CZ, Lim KH, et al. Application of breath-hold T2-weighted, first-pass perfusion and gadolinium-enhanced T1-weighted MR imaging for assessment of myocardial viability in a pig model. *J Magn Reson Imaging* 2000;11:476-480
 5. Jeong AK, Choi SI, Kim DH, et al. Evaluation by contrast-enhanced MR imaging of the lateral border zone in reperfused myocardial infarction in a cat model. *Korean J Radiol* 2001;2: 21-27
 6. Choi SH, Lee SS, Choi SI, et al. Occlusive myocardial infarction: investigation of bis-gadolinium mesoporphyrins-enhanced T1-weighted MR imaging in a cat model. *Radiology* 2001;220:436-440
 7. Schmiedl U, Sievers RE, Brasch RC, et al. Acute myocardial ischemia and reperfusion: MR imaging with albumin-Gd-DTPA. *Radiology* 1989;170:351-356
 8. Saeed M, Wendland MF, Takehara Y, Masui T, Higgins CB. Reperfusion and irreversible myocardial injury: identification with a non-ionic MR imaging contrast medium. *Radiology* 1992;182:675-683
 9. McNamara MT, Tscholakoff D, Revel D, et al. Differentiation of reversible and irreversible myocardial injury by MR imaging with and without gadolinium-DTPA. *Radiology* 1984;153:165-169
 10. Kim RJ, Wu E, Rafael A, et al. The use of contrast-enhanced magnetic resonance imaging to identify reversible myocardial dysfunction. *N Engl J Med* 2000;343:1445-1453
 11. Kim RJ, Fieno DS, Parrish TB, et al. Relationship of MRI delayed contrast enhancement to irreversible injury, infarct age, and contractile function. *Circulation* 1999;100:1992-2002
 12. Lim TH, Hong MK, Lee JS, et al. Novel application of breath-hold turbo spin-echo T2 MRI for detection of acute myocardial infarction. *J Magn Reson Imaging* 1997;7:996-1001
 13. Schulz-Menger J, Gross M, Messroghli D, Uhlich F, Dietz R, Friedrich MG. Cardiovascular magnetic resonance of acute myocardial infarction at a very early stage. *J Am Coll Cardiol* 2003;42:513-518
 14. Higgins CB, Herfkens R, Lipton MJ, et al. Nuclear magnetic resonance imaging of acute myocardial infarction in dogs: alterations in magnetic relaxation times. *Am J Cardiol* 1983;52:184-188
 15. Simonetti OP, Finn JP, White RD, Laub G, Henry DA. "Black blood" T2-weighted inversion-recovery MR imaging of the heart. *Radiology* 1996;199:49-57
 16. Miller S, Helber U, Kramer U, et al. Subacute myocardial infarction: assessment by STIR T2-weighted MR imaging in comparison to regional function. *MAGMA* 2001;13:8-14
 17. McNamara MT, Higgins CB. Magnetic resonance imaging of chronic myocardial infarcts in man. *AJR Am J Roentgenol* 1986; 146:315-20

Usefulness of Breath-hold T2-weighted MR Imaging in Patients with Myocardial Infarction: Comparison with Delayed Enhancement

Sang Il Choi¹, Kyung Won Lee¹, Sung-Kwon Kang¹, Won Hee Ryu², Cheong Lim²,
Joong Haeng Choh², Whal Lee¹, Jin-Wook Jeong¹, Jae-Hyung Park¹

¹Department of Diagnostic Radiology, College of Medicine, Seoul National University

²Department of Thoracic Surgery, College of Medicine, Seoul National University

Purpose : To evaluate the usefulness of breath-hold T2-weighted MR imaging in patients with myocardial infarction.

Materials and Methods : We investigated 11 patients with myocardial infarction who shown delayed enhancement on MR imaging. Infarcted myocardium on T2-weighted MR imaging was classified as high, iso, and low signal area comparing with normal myocardium. The intensity and transmural extent of infarcted myocardium was also analyzed. On the basis of clinical information, the stage of infarcted myocardium on T2-weighted MR imaging was assessed.

Results : It was observed high signal area in 12 segments of 5 patients, low in 12 segments of 6 patients on T2-weighted MR imaging. The high signal intensity of infarcted myocardium was shown as $175 \pm 9\%$ comparing with that of the normal myocardium, low signal intensity as $73 \pm 5\%$ ($p < 0.05$). In the evaluation of transmural extent, the high signal areas on T2-weighted MR imaging were larger than infarct area on delayed enhancement imaging (100% vs. $49\% \pm 17\%$), whereas low signal areas on T2-weighted MR imaging correlated. High signal area was visualized on T2-weighted MR imaging within 11 days, whereas low-signal area was seen after 7 months.

Conclusion : Breath-hold T2-weighted MR imaging is useful in the evaluation of stage as well as edema and fibrous scar in patients with myocardial infarction.

Index words : Myocardium
MR
Infarction

Address reprint requests to : Kyung Won Lee, M.D., Department of Radiology, Seoul National University Bundang Hospital,
300 Gumi-dong, Bundang-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do, 463-707, Korea.
Tel. 82-31-787-7604 Fax. 82-31-787-4011 E-mail: lkwrad@radiol.snu.ac.kr