

신생아에서 심에코도와 자기공명영상으로 측정된 삼첨판 역류의 양적 평가*

이화대학교 의과대학 소아과학교실

홍 영 미 · 김 경 희

이화대학교 의과대학 방사선과학교실

정 은 철 · 서 정 수

= Abstract =

Comparison of Cine Magnetic Resonance Imaging with Doppler Echocardiography for the Quantative Evaluation of Tricuspid Regurgitation in Newborn

Young Mi Hong, M.D., Kyoung Hee Kim, M.D.,

Department of Pediatrics, College of Medicine, Ewha Womans University, Seoul, Korea

Eun Chul Chung, M.D., Jung Soo Suh, M.D.

Department of Radiology, College of Medicine, Ewha Womans University, Seoul, Korea

Background : Cine MR imaging has been found to be a non-invasive technique in evaluating cardiac anatomy and cardiovascular function in a variety of cardiac diseases. The capability of this technique for quantitatively estimating the severity of regurgitation has not been tested in newborns.

The purpose of this study is to compare the degees of tricuspid regurgitation by echorcardiography with those by cine MRI, and verify the utility of MRI in evaluating tricuspid regurgitation.

Methods : Fifty-one newborns with tricuspid regurgitation were evaluated on the same day by echocardiography and cine MRI. Area and regurgitant fraction of area were estimated at four chamber view by two techniques.

Results : The area of tricuspid regurgitation was similar by two techniques. The correlation for the area($r=0.66$, $p<0.025$) and the regurgitant area fraction($r=0.647$, $p<0.025$) of tricuspid regurgitation obtained by cine MRI with echocardiographic data was good.

Conclusion : Cine MR imaging can provide quantative data estimating for evaluation of tricuspid regurgitation in newborns.

KEY WORDS : Echocardiography · Cine MRI · Tricuspid regurgitation.

*본 연구는 1993년도 이화대학교 교수 연구비로 이루어진 것임.

서 론

자기공명 영상술(Magnetic resonance imaging, MRI)은 심질환을 비침습적으로 검사할 수 있는 새로운 진단법으로 호르는 혈류가 심근보다 더 높은 신호강도를 가지므로 대조가 뚜렷하고 영상시야가 넓으며 주사면에 구애받지 않고 심장주위의 공기나 골격등에 영향을 받지 않아 각종 심질환의 진단에 널리 이용되고 있는 추세이다¹⁻⁴⁾. Cine MRI는 작은 flip angle, 짧은 반복시간(repetition time), 반향시간(echo time)의 그레디언트 기법을 사용하여 다양한 심질환에서 심장 해부구조와 심첨판기능 즉, 심실용적, 박출계수, 국부 심근벽 두께를 측정하는데 사용되고 있다^{5,6)}. 또한 cine MRI는 혈류변화에 민감하여 판막뒤 chamber에서 와류를 검출할 수 있다⁷⁻⁹⁾.

Cine MRI에 의한 역류정도의 평가에 대하여 여러 연구보고가 있고¹⁰⁻¹²⁾ 신호소실의 정도가 역류의 양과 밀접한 관련이 있음이 알려져 있다¹¹⁾. 또한 역류평가시 심에코도와 cine MRI 사이에 좋은 상관성이 있다^{10,11,13,14)}.

저자들은 삼첨판 역류가 있는 신생아에서 심에코도와 cine MRI를 동시에 시행하여 판막역류의 양과 정도를 비교하고, 이를 통하여 cine MRI에 의한 판막역류 진단의 유용성을 평가하고자 본 연구를 실시하였다.

대상 및 방법

1. 대 상

1993년 7월 부터 1994년 7월까지 삼첨판 역류를 가졌으나 선천성 심질환이 없는 만삭아 51명을 대상으로 하였다.

2. 방 법

Hewlett Packard사의 77025A 심에코도로 7.5 MHZ, 5 MHZ의 근초점 변환기를 사용하여 수면상태에서 검사를 시행하였다. Four chamber view에서 이면성 및 color Doppler 심에코도를 사용하여 삼첨판역류가 가장 크게 보일 때 삼첨판 역류거리에 의한 정도를 평가하였다. 역류거리에 의한 삼첨판 역류의 정도는 Grade 1은 비정상적인 수축기 혈류가 삼첨판 판막

바로 아래 국한되 있을 때, Grade 2는 역류 jet이 우심방의 1/3까지만 도달할 때, Grade 3은 역류 jet이 1/2까지 도달 할 때, Grade 4는 역류 jet이 우심방의 1/2을 지나서 관찰될 때로 정의하였다.

삼첨판 역류면적은 track ball cursor를 이용하여 측정하였고, 우심방 면적에 대한 삼첨판 역류면적의 백분율을 구하였다. 삼첨판 역류면적에 의한 삼첨판 역류 정도 경증은 jet 면적에 대한 우심방 면적비가 20% 이하, 중등도는 20~40%, 중증인 경우 40% 이상으로 정의하였다.

Cine MRI 촬영은 Thoshiba제 초전도형 0.5 T MRT-50A 기기로 body coil을 사용하였으며 심전도를 부착하여 EKG gated mode로 촬영하였다. 먼저 심장의 관상면을 이용하여 우전사위를 얻은 후 좌심방과 심첨부를 연결한 축으로 four chamber view로 촬영하였으며 촬영조건은 gradient echo 기법으로 32/22/60 (TR/TE/ flip angle), field of view는 20cm 하였으며 절편두께 10mm, 256 x 256 matrix의 조건으로 하였다. 심박주기당 16개 영상을 내장한 program을 이용하여 영상화하여 심장의 운동을 관찰하였고, 심실수축시 삼첨판을 통하여 우심방으로 역류되는 signal void가 관찰될 때 이를 역류로 판단하였으며, 연속영상중 signal void의 영역이 가장 큰 영상에서 삼첨판 역류의 정도를 평가하였다. Track ball cursor로 추적하여 삼첨판 역류면적을 측정하였고, 우심방 면적에 대한 삼첨판 역류면적의 백분율을 구하였다.

심에코도와 cine MRI로 측정한 측정값을 비교하였고, 각 측정치와의 상관관계를 보기 위해 직선 회귀방정식을 구하여 student t-test로 통계처리 하였다.

결 과

1. 삼첨판 역류거리에 의한 삼첨판역류의 정도(Table 1)

Echo와 MRI에서 31명에서 grade 4, 3명에서 grade 3로 삼첨판 역류의 정도는 일치하였다. 그러나 17명에서 Echo로는 grade 4, MRI로는 grade 3를 나타냈다.

2. 삼첨판 역류면적에 의한 삼첨판 역류의 정도

삼첨판 역류면적은 심에코도로 $0.48 \pm 0.16 \text{ cm}^2$, MRI는 $0.51 \pm 0.19 \text{ cm}^2$ 로 두 측정치가 유사하였다(Table 2). 삼첨판 역류면적의 백분율은 심에코도로 17.5

Table 1. Comparison of the degree of tricuspid regurgitation by regurgitant distance assessed by echocardiography and MRI

Echo \ MRI	1	2	3	4
1				
2				
3			3	17
4			31	

Table 2. Comparison of area of tricuspid regurgitation determined by echocardiography and MRI

	Area(cm ²)
Echo	0.48 ± 0.16
MRI	0.51 ± 0.19

p>0.05

Table 3. Comparison of area fraction of tricuspid regurgitation determined by echocardiography and MRI

	Area fraction(%)
Echo	17.5 ± 5.5
MRI	19.8 ± 7.3

p<0.05

± 5.5%, MRI로 19.8 ± 7.3%로 MRI의 측정치가 컸으나(Table 3), 둘 다 20% 이하의 경증의 삼첨판 역류가 관찰되었다.

3. 심에코도와 MRI에 의한 측정치의 상관관계

삼첨판 역류면적 및, 역류면적의 백분율은 심에코도와 MRI사이에 상관계수가 각각 0.66 및, 0.647로 높은 상관성을 보였다(Fig. 1, 2).

고 안

판막역류 jet은 심장 cycle을 통해 모양이나 방향이 변화할 수 있는 역동성의 삼차원적인 구조이다. 혈관조영술은 판막역류 평가를 위해 대부분 사용되고 있는 표준 검사방법이다. 혈관조영술에 의해 사용되고 있는 역류의 정도(grade) 평가는 반 정량적인 검사로 알려져 왔다. 이것은 침습적이며 카테터 위치, 박동수 장애, 투여된 조영제의 양, chamber 크기, 전방혈류, X선 투과와 같은 변수에 의해 영향을 받는다⁸⁾. 대동맥 역류나 승모판 역류에서 혈관조영술의 질적 정도의

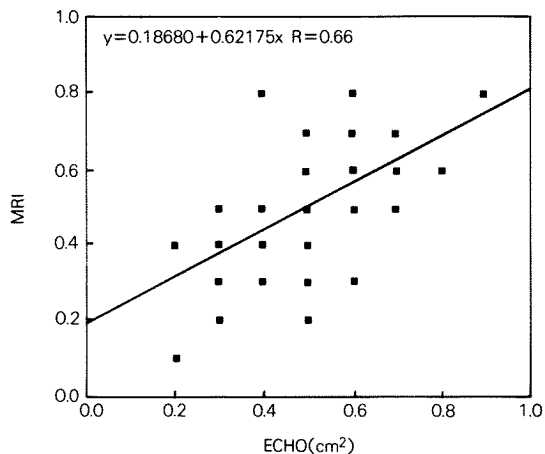


Fig. 1. Area of tricuspid regurgitation.

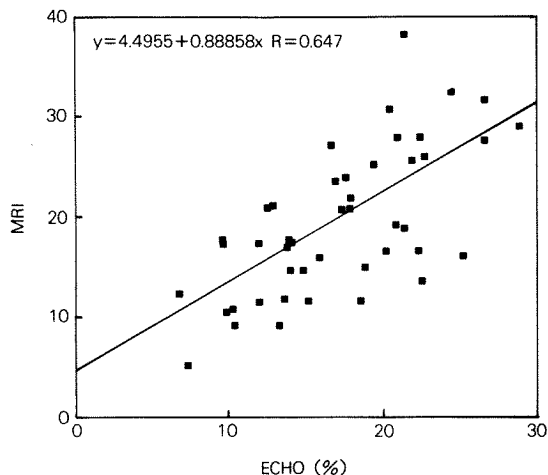


Fig. 2. Area fraction of tricuspid regurgitation.

평가는 부정확하다. Nichole등¹⁵⁾은 혈관조영술에 의해 grade 2와 3이 겹치는 것을 보고하였다. 특히 좌심실이 확장된 경우 역류된 면적은 과소 평가되기 쉽다. Croft¹⁶⁾등은 혈관조영술에 의한 양적 정도 평가는 동시에 측정된 역류용적과 관련이 없다고 하였다.

또한 color Doppler에 의한 최고혈류 jet 면적은 혈관조영술 만큼이나 정확하게 검출된다고 하였으나 jet 혈류의 양적 평가에 대하여는 제한점이 있다¹⁷⁻²⁰⁾. 또한 심에코도는 판막역류를 갖고 있는 환자에서 해부학적 정보를 제공하고 역류의 적절한 정도의 평가를 위해 원형의 기하학적 구조가 면적 계산을 위해 가정되기 때문에 질적 정도의 평가를 위한 측정이 쉽지

않다²¹⁾. 승모판역류와 대동맥역류를 같이 갖고 있는 환자에서도 사용될 수 없다.

심에코도로는 역류의 검출없이 20%까지의 의양성 역류 빈도가 보고되었다. Shiota등²²⁾은 color Doppler로 accentric 승모판역류시 그 정도를 평가하는데 제한점을 보고하고 있다.

Cine MRI에 대한 판막질환의 임상적인 유용성에 대해서는 여러 저자들에 의하여 입증되었다⁷⁻⁹⁾. Cine MRI는 Doppler 심에코도처럼 높은 민감도와 특이도를 갖고 판막역류를 나타낼 수 있다. 도플러 심에코도²³⁾와 혈관조영술²⁴⁾이 판막 역류 평가에 흔히 사용되나 승모판이나 대동맥 판막 역류 정도는 역류 fraction과 긴밀한 관련성이 항상있지 않음이 보고되었다¹⁶⁾. 판막역류시 관찰되는 비정상적인 혈류는 MRI에서 신호강도가 낮은 영역으로 나타나는데 이것은 매우 높은 혈류 속도에 의한 스핀의 심한 dephasing 때문으로 생각된다²⁵⁾. Cine MRI는 전심장을 다수의 연속적인 절편으로 역류 jet의 정도와 방향을 삼차원적인 개념을 갖고 판막역류 정도의 심각도와 절적 평가를 제공할 수 있는 장점이 있다¹⁰⁾.

판막질환시 cine MRI와 심에코도사이에 좋은 상관성이 보고되고 있다^{8,13)}. 판막역류평가에는 역류거리와 역류면적에 의한 평가가 있다.

Nanda는 승모판이나 삼첨판막 역류평가를 Grade 1은 비정상적인 수축기 혈류가 판막아래에 국한되었을때, Grade 2는 역류 jet이 심방의 1/3까지만 도달할 때, Grade 3은 역류 jet의 1/2까지 도달할 때, Grade 4는 역류 jet 1/2를 지나서 관찰될 때로 정의하였다. 이에 따라 저자가 측정한 심에코도와 MRI에서 51명의 결과를 보면 34명에서 Grade가 일치하였고 17명에서 심에코도와 MRI 사이에 Grade 1의 차이가 있었다.

Aurigemma등^{13,14)}에 의한 승모판 역류시 심에코도와 MRI의 역류면적에 의한 평가는 경증은 최대 jet 면적에 대한 좌심방면적비가 경증인 경우 20%이하, 중증도는 20~40%, 중증은 40%이상으로 하였다. Cine MRI와 심에코도 사이에 Grade 1 이상의 오차는 없다고 하였다. Cine MRI는 pulsed Doppler나 color Doppler에 의한 측정치보다 더 작게 측정됐지만 양적인 상관성은 좋았다.

본 연구에서도 삼첨판역류시 Aurigemma등^{13,14)}에 의한 역류면적의 정도 평가를 적용할 때 대상자 전

부에서 심에코도와 MRI로 20% 이하의 경증의 삼첨판역류를 보였다. 본 연구 결과에 의하면 삼첨판 역류 평가시 역류면적은 두가지 검사방법으로 측정시 측정치가 거의 유사하였으므로 역류면적으로 비교하는 것이 오차가 적음을 알 수 있었다.

Aurigemma등¹³⁾은 대동맥 역류면적비가 cine MRI와 심에코도 사이에 상관계수 0.88로 매우 유의함을 보여 주었다. Helmcke등²⁶⁾도 cine MRI로 측정한 승모판 역류 jet 면적비는 pulsed Doppler 심에코도(상관계수 0.78), color doppler(상관계수 0.74)와 유의한 상관관계가 있음을 보고하였다. 본 연구에서도 cine MRI와 심에코도로 동시에 측정한 삼첨판 역류 정도는 역류거리보다 역류면적이나 역류면적의 백분율로 비교할 때 두 측정치 사이에 상관성이 높음을 알 수 있었다.

역류의 측정치는 검사방법에 따라 약간씩 다르다^{10, 13,14)}. Cine MRI와 심에코도의 측정치의 차이는 mapping의 temporal resolution이 두 방법 사이에 다르기 때문이다. 둘째로 영상면의 차이가 결과에 영향을 미칠 수 있다. Apical Doppler window는 jet의 장축면에 더 가까운 반면에 axial cine MRI는 판막역류의 단축에 더 가깝기 때문이다. 저자들은 cine MRI와 Doppler 심에코도 사이에 loading 조건을 같게 하기 위해 같은 날 연속해서 검사를 실시하였다. Sechtem등¹⁰⁾은 승모판 역류를 가진 환자에서 심에코도와 cine MRI 사이에 좋은 상관관계를 보였으나 cine MRI로 측정한 역류용적이 심에코도보다 약간 크다고 하였다.

MRI에서 신호 소실의 기전은 완전히 밝혀지지 않았지만 Evans등²⁷⁾은 와류로 인한 phase cancellation 때문이라고 하였다. Cine MRI에 의한 이점은 심장 용적을 절편으로 잘라서 얻을 수 있고 혈류와 관련된 신호 void를 삼차원적으로 나타낼 수 있다. Holmvang등²⁸⁾에 의하면 cine MRI에 의한 신호 void 크기는 방향, 시간에 따라 다르고 신호 void 면적은 window와 threshold setting에 따라 달라질 수 있다. 이에 비해 color Doppler 혈류 장에 면적은 gain, filter setting²⁹⁾과 같은 기술적 요소에 따라 다르다¹⁴⁾. Cine MRI의 장점이 많이 보고됐지만 사용에 있어서 제한점은 아직 전체 영상기간이 길고 심에코도에 비해 비용이 비싸다. 또한 motion artifact가 MRI의 질을 나쁘게 하고 혈류의 양적 측정을 어렵게 한다^{10,25)}. 호흡의 호흡 운동, 심장 박동, 심장 안에 있는 혈류를 포함한 여러

움직임이 phase 방향과 신호 강도의 감소에 따라 ghost streak를 일으킨다. 짧은 반향시간(echo time)은 motion artifact를 제거하고 역류의 양적인 평가를 가능하게 한다³⁰⁾. Shechtem 등¹⁰⁾은 cine MRI는 경정도의 역류를 가진 환자를 건강인과 구별은 못하지만 의양성은 없다고 하였다.

Cine MRI를 시행할 때 주의점은 사용되는 gradient의 field strength, flip angle, 반향시간(echo time), image voxel 등이 역류의 신호 void의 크기에 따라 달라질 수 있다. Cine MRI의 영상시간이 길고 비용이 비싸서 아직 보편화되지 못했으나 판막역류를 가진 환자에서 흉식 심에코도 영상이 부적절하거나 심도자술을 시행하기 어려운 환자에서 cine MRI는 해부학적 구조와 더불어 판막역류의 양적 측정에 유용하게 이용될 수 있다.

요 약

연구배경 :

Cine MRI는 심질환에서 심장 해부와 심혈관 기능을 평가하는데 비관혈적인 기술로 알려져 있다. 역류의 정도를 양적으로 평가하는데 있어서 이 검사법의 유용성은 신생아에서는 아직 평가되지 않았다.

이 연구의 목적은 삼첨판 역류의 정도를 심에코도와 cine MRI와 비교하고 삼첨판 역류를 평가하는데 있어서 MRI의 유용성을 알아 보기 위해서이다.

방 법 :

삼첨판 역류를 갖고 있는 신생아 51명에서 심에코도와 cine MRI를 같은 날 시행하였다. 역류의 거리와 면적을 four chamber view로 두가지 검사 방법으로 측정하였다.

결 과 :

삼첨판 역류의 면적은 두가지 방법에 의해 유사하게 측정되었다. 심에코도와 cine MRI로 측정된 삼첨판 역류의 면적($r=0.66$, $p<0.025$)과 역류면적 백분율($r=0.647$, $p<0.025$)은 상관성이 좋았다.

결 론 :

Cine MRI는 신생아에서 삼첨판 역류의 양적 평가를 하는데 이용될 수 있다.

References

1) Higgins CB, Byrd BFR, Framer DW, Osaki L, Silver-

man NH, Cheitlin MD : *Magnetic resonance imaging in patients with congenital heart disease. Circulation* 70 : 851-860, 1984

2) Higgins CB : *MR of the heart : Anatomy, physiology and metabolism. Am J Radiol* 151 : 239-248, 1988

3) Smith MA, Baker EJ, Ayton VT, Parsons JM, Ladusans EJ, Maisey MN : *Magnetic resonance imaging in infant heart at 1.5T. Br J Radiol* 62 : 367-370, 1989

4) Bittner V, Cranney GB, Lotan CS : *Overview of cardiovascular nuclear magnetic resonance imaging. Cardiol Clinics* 7 : 631-649, 1989

5) Wagner S, Auffermann W, Buser P, Lim TH, Kircher B, Pflugfelder P, Higgins CB : *Diagnostic accuracy and estimation of the severity of valvular regurgitation from the signal void on cine magnetic resonance images. Am Heart J* 118 : 760-767, 1989

6) Sechtem U, Pflugfelder P, Higgins CB : *Quantification of cardiac function by conventional and cine magnetic resonance imaging. Cardiovasc Intervent Radiol* 10 : 365-373, 1987

7) Sechtem U, Pflugfelder PW, White RD, Gould RG, Holt W, Lipton MJ, Higgins CB : *Cine MR imaging : Potential for the evaluation of cardiovascular function. Am J Roentgenol* 148 : 239-246, 1987

8) Schiebeler M, Axel L, Reichel N, Aurigemma G, Yeager B, Douglas P, Bogin K, Kressel M : *Correlation of cine MR imaging with two-dimensional pulsed Doppler echocardiography in valvular insufficiency. J Comput Assist Tomography* 11 : 627-632, 1987

9) Utz JA, Herfkens RI, Heinsinger JA, Shimakawa A, Glover G, Pelc N : *Valvular regurgitation. Radiology* 168 : 91-94, 1988

10) Sechtem U, Pflugfelder PW, Cassidy MM, White RD, Cheitlin MD, Schiller NB, Higgins CB : *Mitral or aortic regurgitation : Quantification of regurgitant volumes with cine MR imaging. Radiology* 167 : 425-430, 1988

11) Pflugfelder PW, Sechtem UP, White RD, Cassidy MM, Schiller NB, Higgins CB : *Non-invasive evaluation of mitral regurgitation by analysis of left atrial signal loss in cine magnetic resonance. Am Heart J* 117 : 1113-1139, 1989

12) Mitchell L, Jenkins JPR, Watson Y, Rowlands DJ : *Diagnosis and assessment of mitral and aortic valve disease by cine-flow magnetic resonance imaging. Magnetic Resonance Med* 12 : 181-197, 1989

- 13) Aurigemma G, Reichek N, Schiebler M, Axel L : *Evaluation of aortic regurgitation by cardiac cine magnetic resonance imaging : Planner analysis and comparison to Doppler echocardiography. Cardiology* 78 : 340-347, 1991
- 14) Aurigemma G, Reichek N, Schiebler M, Axel L : *Evaluation of mitral regurgitation by cine magnetic resonance imaging. Am J cardiol* 66 : 621-625, 1990
- 15) Nichols WW, Pepine CJ, Conti CR, Christic LG, Feldman RL : *Quantification of aortic insufficiency using a catheter-tip velocity transducer. Circulation* 64 : 375-380, 1981
- 16) Croft CH, Lipscomb K, Mathis K, Firth BG, Nicod P, Tilton G, Winniford MD, Hillis L : *Limitations of qualitative angiographic grading in aortic or mitral regurgitation. Am J Cardiol* 53 : 1593-1598, 1984
- 17) Spain MG, Smith MD, Grayburn PA : *Quantitative assessment of mitral regurgitation by Doppler color flow imaging : Angiographic and hemodynamic correlations. J Am Coll Cardiol* 13 : 585-590, 1989
- 18) Simpson LA, Valdez-Cruz LM, Sahn DJ : *Doppler color flow mapping of simulated in vitro regurgitant jets : Evaluation of the effect of orifice size and hemodynamic variables. J Am Coll Cardiol* 13 : 1195-1207, 1989
- 19) Thomas JD, Liu CM, Flachskampf FA : *Quantification of jet flow by momentum analysis. An in vitro color Doppler flow study. Circulation* 81 : 247-259, 1990
- 20) Sahn DJ : *Instrumentation and physical factors related to visualization of stenotic and regurgitant jets by Doppler color flow mapping. J Am Coll cardiol* 12 : 1354-1365, 1988
- 21) Rokey R, Sterling LL, Zoghbi WA, Sartori MP, Lima-cher MC, Kuo LC, Quinones MA : *Determination of regurgitant fraction in isolated mitral or aortic regurgitation by pulsed Doppler two-dimensional echocardiography. J Am Coll Cardiol* 7 : 1273-1278, 1986
- 22) Shiota T, Jones M, Teien D, Yamada I, Passafini A, Knudson O, Sahn DJ : *Color Doppler regurgitant jet area for evaluating eccentric mitral regurgitation : an animal study with quantified mitral regurgitation. J Am Coll Cardiol* 24 : 813-819, 1994
- 23) Quinones M, Young JB, Waggoner AD, Ostojic MC, Riceiro GT, Miller RR : *Assessment of pulsed Doppler echocardiography in detection and quantification of aortic and mitral regurgitation. Br Heart J* 44 : 612-620, 1980
- 24) Sellers RD, Levy MJ, Amplatz K : *Left retrograde cardioangiography in acquired cardiac disease. Am J Cardiol* 14 : 437-447, 1964
- 25) Pflugfelder PW, Landzberg JS, Cassidy MM, Cheitlin MD, Schiller NB, Auffermam W, Higgins CB : *Comparison of cine MR imaging with Doppler echocardiography for the evaluation of aortic regurgitation. AJR* 152 : 729-735, 1989
- 26) Helmcke F, Nanda NC, Hsiung MC, Soto B, Adey C, Goyale R, Gatewood R : *Color Doppler assessment of mitral regurgitation with orthogonal planes. Circulation* 75 : 175-183, 1987
- 27) Evans A, Blinder R, Herfkens R, Spritzer C, Kuethe D, Fram E, Hedlund L : *Effects of turbulence on signal intensity in gradient echo images. Invest Radiol* 23 : 512-518, 1988
- 28) Holmvang G, Edelman R, Pearlman JD, Marshall JE, Brady TJ, Kantor HL : *Study of valvular regurgitation by cine MRI : Comparison to color Doppler flow maps (abstract). Circulation* 76 : 30, 1987
- 29) Perry GJ, Helmcke MD, Nanda NG, Byard C, Soto B : *Evaluation of aortic insufficiency by Doppler color flow mapping. J Am Coll Cardiol* 9 : 952-959, 1987
- 30) Ohnishi S, Fukui S, Kusuoka H, Kitabatake A, Inoue M, Kamada T : *Assessment of valvular regurgitation using cine magnetic resonance imaging coupled with phase compensation technique : Comparison with Doppler color flow mapping. Angiology* 42 : 913-924, 1992