

## 대동맥판 역류질환 진단시 이면성심초음파와 박출계수의 보정을 통한 오진율 개선에 관한 연구

최관우<sup>1</sup>, 손순룡<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>서울아산병원 영상의학과

### A study on improvement of misdiagnosis rate in aortic regurgitation disease by physically correcting EF in 2D echo cardiography

Kwan-Woo Choi<sup>1</sup> and Soon-Yong Son<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Radiology, Asan Medical Center

**요약** 본 연구는 좌심실의 박출계수가 주된 예후인자인 대동맥판 역류환자를 대상으로 cine MRI와 이면성심초음파의 물리적인 시간해상도 차이를 분석하여 이면성심초음파의 박출계수에 보정함으로써 오진율을 감소시키고자 하였다. 연구대상은 2010년 2월부터 2011년 12월까지 이면성심초음파와 cine MRI를 병행한 환자 110명 중 대동맥판 역류환자 37명을 대상으로 하였다. 각 검사 장비별로 이완기말 면적, 수축기말 면적, 일회 심박출 면적을 측정하였으며, 측정된 값을 이용하여 박출계수를 구하고, 이면성심초음파와 cine MRI의 정상 수치 범위를 비교하여 보정 전 오진율을 평가하였다. 이면성심초음파와 cine MRI의 물리적인 시간해상도 차이는 두 측정치간의 상관관계를 알아본 후 선형회귀분석을 이용하여 회귀계수를 도출하고 도출된 회귀계수를 이용하여 이면성심초음파의 박출계수에 보정하였다. 보정된 이면성심초음파 박출계수의 신뢰도를 평가하기 위해 Bland-Altman plot를 통해 측정치간 오차를 분석하였고, 이 수치를 cine MRI의 정상 수치 범위와 비교하여 보정 후 오진율을 재평가하였다. 연구결과, 이면성심초음파 박출계수의 물리적 시간해상도 보정 전 오진율은 32.4%(12명)로 높게 나왔고, 보정 후 오진율은 18.9%(7명)로 13.5% 감소하였다. 또한 Bland-Altman plot에서 확인한 보정된 이면성심초음파 박출계수는 cine MRI의 박출계수와 일치도가 상당히 높다는 것을 알 수 있다. 결론적으로 대동맥판 역류질환 진단시 단순한 이면성심초음파의 박출계수로만 감별하는 것은 오진율을 높일 수 있으므로 오진율이 낮은 cine MRI장비의 물리적 특성을 고려한 시간해상도의 차이를 보정함이 중요하며, 본 연구를 통하여 오진율 감소를 확인할 수 있었으므로 임상 적용의 유용성이 높다고 사료된다.

**Abstract** This study is aimed at decreasing wrong diagnosis with corrected EF(Ejection Fraction) of 2D echo cardiography by analysing the physical time-resolution difference between Cine MRI and 2D echo cardiography and applying the corrected EF in 2D echocardiography. From February 2010 to December 2011, among the 110 patients who had undergone both 2D echo cardiography and cine MRI only 37 patient were selected suffering aortic valve regurgitation. ED,ES and SV were measured and EF was calculated in each system while normal ranges of Cine MRI and 2D echocardiography were compared to evaluate misdiagnosis rate. The correlation of physical time resolution between 2D echocardiography and MRI was evaluated and the differences were corrected with linear regression coefficient which is derived from linear regression analysis. Blandt-Altman plot was used to evaluate the reliability of corrected 2D echo cardiography EF and compare the error among measured values. The values were compared with MRI normal range and misdiagnosis rate was measured again. As a result, misdiagnosis rates of physical time resolution were measured to be 32.4%(12people) before the correction of EF and 18.9%(7people) after the correction. Also, EF confirmed in Blandt-Altman plot were almost the same with MRI EF. In conclusion, when diagnosing aortic regurgitation disease, simply using 2D echocardiography can easily raise the misdiagnosis rates, therefore considering the MRI machine's physical merits, correcting the time resolution difference is important by calculating time resolution wrong diagnosis would decrease and it is considered to be useful in clinical circumstances

**Key Words** : Cine MRI, 2D echo cardiography, ejection fraction, aortic valve regurgitation, time resolution

\*Corresponding Author : Soon-Yong Son

Tel: +82-10-3230-6281 email: son6392@hanmail.net

접수일 12년 03월 05일

수정일 (1차 12년 04월 25일, 2차 12년 05월 03일)

게재확정일 12년 05월 10일

## 1. 서론

좌심실 용적과 심박출량의 측정은 심장 기능을 평가하는 중요한 기준이 된다. 특히 심장질환 환자의 수술전후 심박출량을 측정하는 것은 환자의 예후판단과 치료방법의 결정에 대단히 유용하다고 널리 알려져 있다[1]. 그러나 심박출량과 박출계수(ejection fraction, EF)는 정상범위가 넓고 측정방법에 따라 많은 차이가 있다. 과거에는 심박출량을 측정하는데 주로 심도자 및 심혈관조영술이 이용되었다. 그러나 심도자에 의한 부정맥, 안정제 투여로 인한 무호흡, 심혈관 파열 및 혈전에 의한 고동맥 폐쇄의 위험성, 조영제에 의한 과민 반응, 방사선에 의한 부작용 등 심각한 합병증이 문제가 되었다[2]. 이러한 문제로 인해 최근에는 비침습적 방법인 초음파를 이용한 심초음파와 자기공명을 이용한 심장영화자기공명영상(cardiac cine magnetic resonance imaging, 이하 cine MRI)이 심박출량을 측정하는데 주로 이용되고 있다[3].

심초음파의 좌심실 용적 측정은 M-mode을 이용한 방법과[4] 이면성심초음파를 이용한 방법이 있다[5]. 그러나 M-mode는 정확성에 문제가 있어 현재는 이면성심초음파를 이용한 방법이 주로 적용되고 있다.

이면성심초음파는 우수한 시간해상도로 해부학적 진단과 기능적 분석이 가능하며, 저렴한 비용으로 심장질환의 기본적인 검사법으로 이용되고 있다. 그러나 낮은 공간해상도에 의해 심장 기형의 형태를 정확히 알 수 없고 심장 주위의 구조물로 인하여 정확한 영상 측정이 어려우며, 기하학적 가정에 의한 복잡한 계산식으로 진단율이 저하되는 단점을 내포하고 있다.

이에 반해 cine MRI는 공간 해상도가 높고 기하학적인 가정 없이 직접 기능 분석이 가능하여 정확한 진단을 할 수 있다. 또한 심장질환에 동반된 관류의 감소와 수축기능의 저하, 심근 생존능을 동시에 평가할 수 있는 장점이 있다[6].

그러나 진단율이 높음에도 불구하고 고비용으로 인하여 이면성심초음파 시행 후 심박출량이 정상수치를 벗어날 경우 확진을 위해 cine MRI를 시행함에 따라 오진율이 높고, 재증상 호소로 추가적인 검사가 시행되며, 비용의 증가와 적절한 치료의 시기를 놓치는 등 문제점이 노출되고 있다. 확실한 해결 방법은 이면성심초음파를 시행한 환자 전부를 cine MRI로 확진하는 방법이지만, 비용의 과도한 증가와 시간적 제약으로 현실성이 없다고 하겠다. 이에 본 연구에서는 가장 효율적인 방법으로 대동맥판 역류환자를 대상으로 두 검사간 물리적인 시간해상도 차이를 분석하여 나타는 박출계수를 이면성심초음파에 보정함으로써 정상소견의 환자일지라도 일정 범위의

계수를 나타내면 cine MRI 검사를 시행하여 오진율을 감소시키고자 하였다.

## 2. 연구대상 및 방법

### 2.1 연구대상

2010년 2월부터 2011년 12월까지 이면성심초음파와 cine MRI를 병행한 환자 110명(대동맥판 역류 질환 37명, 심부전 34명, 만성관상동맥 질환 24명, 기타 15명) 중 박출계수가 주된 예후 인자인 대동맥판 역류 질환자 37명을 연구의 대상으로 하였다. 환자 선정 시 각 검사간 약물사용이나 시술 등에 의한 차이를 줄이기 위해 동일 날짜 또는 2일내에 검사가 이루어진 환자를 대상으로 하였으며, 남성 24명, 여성 13명이었다(표 1). 대동맥판 역류 질환의 진단은 영상의학과 전문의가 이면성심초음파와 cine MRI의 박출계수 수치를 정상 수치 범위를 비교한 후, 정상 수치 범위를 벗어난 환자를 대상으로 cine MRI 영상을 확인하여 최종진단 하였다.

[표 1] 성별에 따른 연구대상자의 특성

[Table 1] Characteristics of the individuals studied stratified by gender

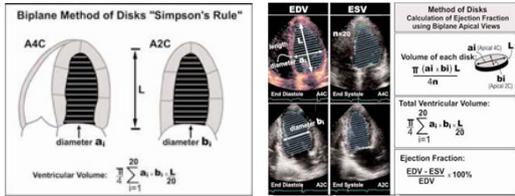
구분	Male	Female
N	24	13
Age	56.25±11.35	53.08±15.48
Weight(kg)	63.13±12.24	60.69±8.52
Height(cm)	164.54±5.27	154.54±5.46
BSA(m <sup>2</sup> )	1.69±0.16	1.58±0.12

BSA : body surface area

### 2.2 영상획득 및 후처리

#### 1) 이면성심초음파

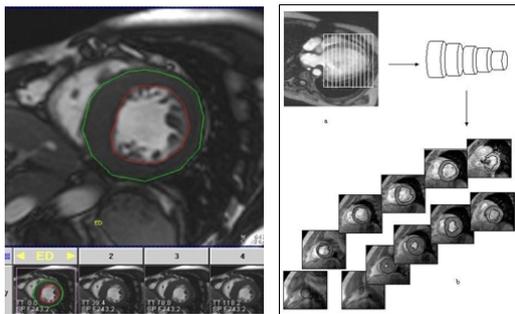
이면성심초음파는 Philips CX 50 system과 초당 90frame을 얻는 1-5MHz 변환기를 이용하여 검사를 시행하였다. 좌심실의 이완기와 수축기에서 parasternal long axis, short axis와 apical 4chamber, long axis, 2chamber 영상을 얻었다. 이를 심실 내에 여러 개의 원판이 겹쳐있다고 가정하고 적분하여 용적을 얻는 modified Simpson's method를 이용하여 이완기말 면적(end diastolic area, EDA), 수축기말 면적(end systolic area, ESA), 일회 심박출 면적(stroke area, SA)을 측정하였다(그림 1).



[그림 1] Modified Simpson' method  
[Fig. 1] Modified Simpson' method

2) Cine MRI

MRI는 1.5T 초전도 자기공명영상장치(Siemens Magnetom Avanto)를 이용하여 영상을 획득하였다. 각 환자마다 심장 축에 맞추어 검사하기 위해 true FISP 영상기법으로 long axis, short axis의 scout영상을 얻었다. cine MRI는 경사회복에코영상기법(gradient-recalled echo cine sequence)으로, 영상변수는 TR/TE : 38.85/1.1ms, thickness : 8mm, matrix : 113x192, slice : 14, segment : 15, calculated phase : 35로 하여 심장 전체를 포함해 연속적인 slice로 short axis 영상을 얻었다. 획득한 영상은 Argus software (Siemens medical system)을 이용해 이완기말과 수축기말 심외막과 심내막 border를 따라 그려 이완기말 면적, 수축기말 면적, 일회 심박출 면적을 측정 하였다(그림 2).



[그림 2] Argus software (cine MRI의 좌심실 기능평가)  
[Fig. 2] Argus software (cine MRI LV function measurement)

2.3 분석방법

이면성심초음파와 cine MRI로 측정된 이완기말 면적, 수축기말 면적, 일회 심박출 면적을 이용하여 좌심실의 박출계수를 각각 구하였다(식 1).

$$E_f = \frac{SV}{EDV} = \frac{EDV - ESV}{EDV} \quad (1)$$

구해진 박출계수를 이용하여 이면성심초음파와 cine MRI의 정상 수치 범위를 비교하여 물리적 시간해상도 차이의 보정 전 오진율을 평가하였다(식 2). 이 연구에서 오진이란 각 검사방법에 따른 진단결과가 최종진단과 불일치하는 경우를 말한다.

$$\text{오진율} = \frac{\text{최종진단과 불일치된 환자수}}{\text{전체 검사 환자수}} \times 100 \quad (2)$$

이면성심초음파와 cine MRI의 물리적인 시간해상도 차이는 두 측정시간의 상관관계를 알아본 후 선형회귀분석(SPSS 버전 18)을 이용하여 회귀계수를 도출하고, 도출된 회귀계수를 이용하여 보정하였다. 보정된 이면성심초음파 박출계수의 신뢰도를 평가하기 위해 Bland-Altman plot (MedCalc 버전 12)를 통해 측정치 간 오차를 분석하였고, 이 수치를 cine MRI의 정상 수치 범위와 직접 비교하여 물리적 시간해상도 차이의 보정 후 오진율을 재평가하였다(표 2, 표 3)(식 2).

[표 2] 이면성심초음파의 정상수치범위

[Table 2] Normal value range of echocardiography

구분	Male	Female
EDV(ml)	56~104	67~155
ESV(ml)	19~49	22~58
SV(ml)	37~55	45~97
EF(%)	53~76	58~76

[표 3] cine MRI의 정상수치범위

[Table 3] Normal value range of cine MRI

구분	Male	Female
EDV(ml)	77~195	77~195
ESV(ml)	19~72	19~72
SV(ml)	51~133	51~133
EF(%)	56~78	56~78

3. 연구결과

3.1 물리적 시간해상도의 보정 전 오진율

이면성심초음파와 cine MRI의 좌심실 박출계수를 각각의 정상 수치 범위와 비교하여 오진율을 평가해 본 결과, 37명 환자 중 이면성심초음파가 32.4%(12명)로 cine MRI 18.9%(7명) 보다 높게 나타냈다(표 4).

[표 4] 물리적 시간해상도의 보정 전 오진율

[Table 4] Misdiagnosis rate of physical time resolution before correction

구분	2D	Cine MRI
	Echocardiography	
일치	25명	30명
불일치	12명	7명
오진율	32.4%	18.9%

### 3.2 이면성심초음파와 cine MRI의 측정치

이완기말 좌심실용적은 이면성심초음파가 145.92±76.64ml, cine MRI가 221.62±103.03ml 였고(p<0.05), 수축기말 좌심실용적은 이면성심초음파가 87.32±63.05ml, cine MRI가 138.81±88.64ml 였다(p<0.05). 이 측정치들을 바탕으로 구한 심박출량은 이면성심초음파가 58.59±20.97ml, cine MRI가 82.84±35.10ml 이었으며(p<0.05), 최종 박출계수는 각각 44.78±14.54ml와 41.13±17.04ml 였다(p<0.05) (표 5).

[표 5] 이면성심초음파와 cine MRI의 비교

[Table 5] Comparison between 2D echo and cine MRI

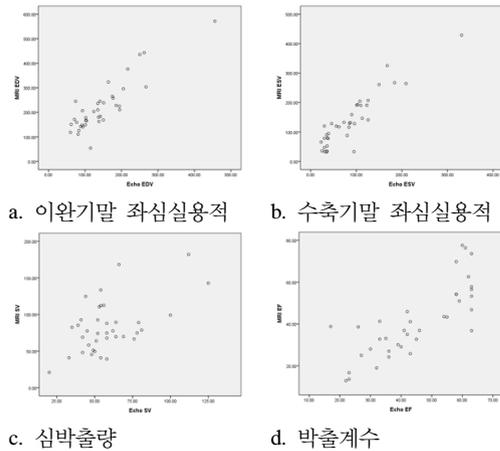
구분	2D	Cine MRI
	Echocardiography (mean±SD)	(mean±SD)
EDV	145.92±76.64ml	221.62±103.03ml
ESV	87.32±63.05ml	138.81±88.64ml
SV	58.59±20.97ml	82.84±35.10ml
EF	44.78±14.54ml	41.13±17.04ml

### 3.3 이면성심초음파와 cine MRI의 연관성

이완기말 좌심실용적은 이면성심초음파와 cine MRI로 측정된 측정치 사이에 강한 양의 상관관계를 보였고 (r=0.880, p<0.01)(그림 3-a), 수축기말 좌심실용적도 두 측정치 사이에 강한 양의 상관관계를 보였다(r=0.915, p<0.01)(그림 3-b). 심박출량은 유의한 상관관계가 있었으나 상관계수는 다른 측정치에 비해 낮았고(r=0.550, p<0.01)(그림 3-c), 박출계수는 두 측정치간에 유의한 양의 상관관계를 보였다(r=0.795, p<0.01)(그림 3-d). 이는 위 측정치 모두 직선형태의 강한 양의 상관관계를 가지므로 선형회귀분석에 적합함을 의미한다.

두 측정치간의 상관관계를 알아본 후 이면성심초음파의 박출계수와 cine MRI의 박출계수가 어떤 관계가 있는지 선형회귀분석을 해본 결과, R제곱 통계량이 0.632로 회귀모형이 높은 설명력을 가지고 있음을 알 수 있다. 오차의 독립성을 체크한 결과 Durbin-Watson값이 2.405로

오차의 독립성이 만족되며, 분산분석결과 F검정 통계량이 60.008로(p<0.05) 이면성심초음파의 박출계수가 유의한 설명변수인 것을 예측할 수 있다. 회귀계수의 경우 회귀절편이 -0.571이고 기울기가 0.931로 이면성심초음파의 박출계수가 1단계 증가할 때마다 평균적으로 cine MRI의 박출계수는 0.931로 유의하게 증가함을 알 수 있다.



[그림 3] 이면성심초음파와 cine MRI의 산점도

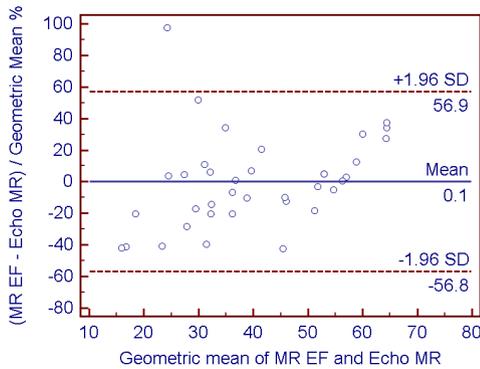
[Fig. 3] Scatter diagram of echo cardiography and cine MRI

### 3.4 보정된 이면성심초음파 박출계수의 신뢰도 평가

이면성심초음파의 박출계수에 대한 기울기가 0.931임을 이용하여 이면성심초음파 박출계수를 보정한 후, 보정된 이면성심초음파 박출계수가 cine MRI 박출계수와 일치하는지를 평가하기 위해 Bland-Altman plot을 한 결과, 이면성심초음파 박출계수와 cine MRI의 박출계수는 일치도가 상당히 높다는 것을 육안적으로 확인할 수 있다. 또한 Bland-Altman plot에서 관찰치의 차이와 평균 간에 어떤 관련성이 없고 random하게 분포하고 있다. 이는 두 방법 간의 불일치의 크기가 환자 수와 관련이 없다는 것을 의미한다(그림 4).

### 3.5 물리적 시간해상도 보정 후 오진율

물리적 시간해상도 차이를 보정한 이면성심초음파의 박출계수를 cine MRI의 정상 수치 범위와 비교하여 오진율을 평가한 결과, 보정 전 32.4%(12명)의 오진율이 보정 후 18.9%(7명)로 13.5% 감소하였다(표 6).



[그림 4] Bland-Altman plot  
[Fig. 4] Bland-Altman plot

[표 6] 물리적 시간해상도의 보정 후 오진율  
[Table 6] misdiagnosis rate of physical time resolution after correction

구분	2D Echocardiography	Cine MRI
일치	30명	30명
불일치	7명	7명
오진율	18.9%	18.9%

#### 4. 고찰 및 결론

Dodge 등[7]이 처음으로 양면 영화심혈관조영술로 좌심실용적을 측정한 이후 Dehmer 등[8]과 Slutsky 등[9]이 동위원소를 이용한 gate scintigraphy를 고안하였다. 그러나 이러한 침습적인 방법들은 방사선 장애와 부작용으로 인해 비침습적 방법인 심초음파나 자기공명영상으로 전환되어 가고 있는 실정이다. Buser 등[10]은 cine MRI로 측정한 이완기말 좌심실 용적은 90.4±7.2ml, 수축기말 용적은 34±3.8ml라고 하였으나, 본 연구에서는 221.62±103.03ml와 138.81±88.64ml로 높게 나타났다. 이는 Buser 등이 정상인을 대상으로 한 반면, 본 연구는 유질환자(대동맥판 역류환자)를 대상으로 하였기 때문이며, 임상적인 가치는 매우 높다고 할 수 있다.

연구 결과, cine MRI로 측정한 좌심실용적은 심초음파와 매우 밀접한 상관관계를 나타내었는데, MRI로 측정한 이완기말 좌심실 용적지수는 심초음파의 결과와 유사하다는 Byrd 등[11]과, 두 결과가 매우 밀접한 상관관계가 있음을 보고한 Haase 등[12]의 연구와 일치하였다. 또한 cine MRI와 심초음파의 측정치는 이완기말용적 0.78, 수축기말용적 0.71, 심박출량 0.77, 박출계수 0.48로 유의한

상관관계를 보인다고 주장한 홍 등[1]의 연구보다, 본 연구는 이완기말용적 0.88, 수축기말용적 0.915, 심박출량 0.55, 박출계수 0.795로 매우 강한 양의 상관관계를 가지는 차이를 보였다.

이면성심초음파와 cine MRI의 좌심실 박출계수를 각각의 정상 수치 범위와 비교하여 오진율을 평가해 본 결과, 37명의 환자 중 이면성심초음파는 12명(32.4%)으로 cine MRI의 7명(18.9%)에 비해 이면성심초음파가 오진율이 매우 높은 것을 알 수 있었다. 이는 초음파 자체의 acoustic window와 흉부의 deformity, 폐질환 등에 의한 해상력이 문제로 심장 기형의 형태를 정확히 알 수 없으며[6], 심장 주위의 구조물을 피해 영상을 얻어야 하므로 심장의 정확한 영상 측정을 얻을 수 없고, 심혈관 조영술과 마찬가지로 기하학적 가정에 의한 복잡한 계산식으로 분석을 해야 하는 단점에서 기인한다. Hsu 등[13]은 심초음파에 비해 심장자기공명영상술이 비관혈적인 가장 좋은 방법이라 하였고, Marino 등[14]은 해부학적 구조를 확인하는 방법으로 심장자기공명영상술의 효능이 98%, 심초음파는 71-77%로 보고하였다.

오진율을 개선을 위해 두 검사간 물리적인 시간해상도 차이를 분석하여 나타난 계수를 이면성심초음파에 보정한 결과, 이면성심초음파의 오진율이 32.4%(13명)에서 13.5%(7명)로 감소하였다. 이는 Bland-Altman plot에서도 확인할 수 있듯이 보정된 이면성심초음파 박출계수와 cine MRI의 박출계수의 일치도가 상당히 높다는 것을 의미하며, cine MRI와 동등한 수치로 이면성심초음파 박출계수가 보정되어 진단력의 향상과 오진율의 감소를 가져왔음을 알 수 있다.

심장질환의 종류에 따라 검사별로 적용성이 상이하므로 심초음파와 심장자기공명영상의 효능을 비교하여 특정 검사가 더 적용성이 뛰어나다고 단정하기는 어렵다. 질환에 따른 상호 보완적 검사로 진단율을 높이는 것이 무엇보다 중요하나 특정질환에 대하여 기본검사와 그 결과를 토대로 추가적인 검사를 시행하는 질환의 경우 오진을 유발할 수 있는 개연성이 있다. 그러므로 검사장비의 물리적 특성을 고려한 보정이 필요하리라 본다.

결론적으로 대동맥판 역류질환 진단시 단순한 이면성심초음파의 박출계수로만 감별하는 것은 오진율을 높일 수 있으므로 cine MRI장비의 물리적 특성을 고려한 시간해상도의 차이를 보정함이 중요하며, 본 연구를 통하여 오진율 감소를 확인할 수 있었으므로 임상 적용의 유용성이 높다고 사료된다.

본 연구는 좌심실의 박출계수가 주된 영향을 미치는 대동맥판 역류질환에 국한된 제한점이 있다. 향후 상대적으로 미치는 영향이 다소 미약하지만, 심장계에 빈번히

발생하는 질환인 심부전증이나 만성관상동맥질환을 대상으로 한 연구도 필요할 것으로 판단된다.

## References

- [1] YoungMi Hong, et al., "Comparison between Echocardiography and Cardiac Cine-MR: Left Ventricular Volume and Cardiac Output", Ewha Med J, 15, 4, pp. 327-336, 1992.
- [2] Leung MP, et al., "The management of symptomatic neonates with suspected congenital heart disease using combined cross-sectional echocardiography and pulsed doppler flow study as the definitive investigation", Int J Cardiol, 24, pp. 41-40, 1989.
- [3] Bozio A, et al., "Cardiac surgery without catheterization: Influence of color doppler flow mapping", Pediatr cardiol, 11, pp. 245, 1990.
- [4] Meyer RH, et al., "Ventricular septum in right ventricular volume overload", Am J Cardiol, 30, pp. 349-353, 1972.
- [5] Levine RA, et al., "Echo cardiographic measurement of right ventricular volume", Circulation, 69, pp. 497-505, 1984.
- [6] van der Wall EE, et al., "Magnetic resonance imaging: A new approach for evaluating coronary artery disease", Am Heart J, 121, pp. 1203-1220, 1991.
- [7] Dodge HT, et al., "The use of the biplane angiography for the measurement of left ventricular volume in man", Am Heart, 60, pp. 762-776, 1960.
- [8] Dehmer GI, et al., "Non geometric determination of left ventricular volumes from equilibrium blood pool scans", Am J Cardiol, 45, pp. 293-300, 1980.
- [9] Slutsky R, et al., "Left ventricular volumes by gated equilibrium radionuclide angiography: A new method", Circulation, 60, pp. 556-564, 1979.
- [10] Buser PT, et al., "Noninvasive evaluation of global left ventricular function with use of cine nuclear magnetic resonance", J Am Coll Cardiol, 13, pp. 1294-1300, 1989.
- [11] Byrd BF, et al., "Normal cardiac dimensions by magnetic resonance imaging", Am J Cardiol, 55, pp. 1440-1442, 1985.
- [12] Haase A, et al., "Flash imaging: rapid NMR imaging using low flipangle pulses", J Magn Reson, 67, pp. 258-266, 1986.
- [13] Hsu YH, et al., "Magnetic resonance imaging of total

anomalous pulmonary venous drainage", Am Heart J, 121, pp. 1560-1565, 1991.

- [14] Marino B, et al., "Pulmonary atresia with ventricular septal defect. Selection of patients for systemic to pulmonary arterial shunt based on echocardiography", Chest, 99, pp. 158-161, 1991.

---

### 최 관 우(Kwan-Woo Choi)

[정회원]



- 2010년 7월 : 고려대학교 의용과학대학원 의료영상공학과 (공학 석사)
- 2001년 2월 ~ 현재 : 서울아산병원 영상의학과

<관심분야>

방사선영상학, 디지털영상학, 의용영상공학

---

### 손 순 룡(Soon-Yong Son)

[정회원]



- 1999년 2월 : 단국대학교 보건행정학과 석사졸업
- 2011년 3월 : 한양대학교 보건학과 박사과정
- 1990년 6월 ~ 현재 : 서울아산병원 영상의학과

<관심분야>

방사선영상학, 디지털영상학, 보건행정학, 보건학