

자동 경계 탐지(Automated Border Detection)

심초음파도를 이용한 좌심실 기능의 평가

- Gated Cardiac Blood Pool Scintigraphy와의 비교 -

고신대학교 의과대학 내과학교실

김대현 · 김용수 · 김동욱 · 차태준 · 주승재 · 이재우

= Abstract =

On-Line Assessment of Left Ventricular Function by Automated Border Detection Echocardiography

- Comparison with Gated Cardiac Blood Pool Scintigraphy -

Dae Hyun Kim, M.D., Yong Soo Kim, M.D., Dong Ock Kim, M.D.,
Tae Jun Cha, M.D., Seung Jae Joo, M.D., Jae Woo Lee, M.D.

Department of Internal Medicine, Kosin Medical College, Pusan, Korea

Background : Automated border detection(ABD) is a new echocardiographic modality providing continuous on-line measurements of left ventricular(LV) cavity area, volume, and ejection fraction(EF) throughout the cardiac cycle. Previous study showed that LV volume and EF measurements with ABD system approximate manually traced LV volume and EF obtained with conventional 2-dimensional echocardiography. But further clinical validation needs a comparison of LV function between the ABD system and established methods. The purpose of this study is to compare EF, peak ejection rate(PER) and peak filling rate(PFR) between on-line ABD system and the gated cardiac blood pool scintigraphy.

Method : 27 patients with an apical 4 chamber view of LV in which at least 75% of the endocardium was clearly seen were selected for this study. They had a normal sinus rhythm and underwent echocardiographic study on the same day of or one day before gated cardiac blood pool scintigraphic study. The off-line estimation of LV volume was performed by the method of disc, after manually tracing the endocardial border on the apical 4 chamber view and EF_{off} was calculated. Also on that view the ABD system was turned on, and EF_{ABD} , PER_{ABD} , PFR_{ABD} were calculated automatically from LV volume curve. They were compared with EF_{RI} , PER_{RI} , and PFR_{RI} obtained by the gated cardiac blood pool scintigraphy.

Results :

1) EF_{off} and EF_{ABD} were highly correlated with EF_{RI} ($r=0.78, 0.90$ respectively ; $p<0.001$). The mean difference between EF_{RI} and EF_{off} was $4\pm 9\%$, and the limits of agreement between EF_{RI} and EF_{off} were $-16\sim +22\%$. EF_{off} were less than EF_{RI} ($p<0.05$). The mean difference between EF_{RI} and EF_{ABD} was $5\pm 7\%$, and the limits of agreement between EF_{RI} and EF_{off} were

-9~+19%. EF_{ABD} were also less than EF_{RI} ($p<0.05$).

2) PER_{ABD} and PFR_{ABD} were highly correlated with PER_{RI} and PFR_{RI} ($r=0.74, 0.60$, respectively; $p<0.001$). The mean difference between PER_{RI} and PER_{ABD} was $-0.1 \pm 0.7EDV$ (enddiastolic volume)/sec, and the limits of agreement were $-1.5 \sim +1.3EDV/sec$. PER_{ABD} was slightly greater than PER_{RI} ($p>0.05$). The mean difference between PFR_{RI} and PFR_{ABD} was $-0.8 \pm 0.8EDV/sec$, and the limits of agreement were $-2.4 \sim +0.8EDV/sec$. PFR_{ABD} were greater than PFR_{RI} ($p<0.01$).

Conclusion : EF, PER, PFR measurements by the ABD system and the gated cardiac blood pool scintigraphy have significant correlations. Thus ABD echocardiography is a useful method for assesment of LV function.

KEY WORDS : Automated border detection(ABD) echocardiography · Left ventricular function · Gated cardiac blood pool scintigraphy.

서 론

각종 심질환 환자에서 좌심실 구혈율(EF: ejection fraction)은 향후 예후의 예측에 중요한 정보를 제공하여 임상에서 널리 사용되고 있다¹⁻³⁾. 좌심실 구혈율은 좌심실 조영술에서 구하는 관혈적 방법과 심초음파도나, 방사성 동위 원소를 이용한 심실 조영술에서 구하는 비관혈적인 방법이 있으나, 반복 검사가 용이한 심초음파도가 좌심실 구혈율 측정에 가장 흔히 사용되고 있다. 이면성 심초음파도로 구한 구혈율은 좌심실 혈관 조영술이나 방사성 핵종 심실 조영술로 측정한 구혈율과 일치하나^{4,5)}, 심초음파도로 심실 기능을 측정하기 위해서는, 이면성 심초음파도 정지 화면(off-line)에서 심내막과 혈액과의 경계를 수동으로 그린 후, 컴퓨터 프로그램 등을 이용하여 정량화하는 과정이 필요하다. 최근 개발된 자동 경계 탐지 심초음파도(automated border detection (ABD) echocardiography)는 이면성 심초음파도의 연속 화면(on-line)에서 자동으로 심내막과 혈액의 경계를 구분하고, 컴퓨터 분석을 시행하여 각 심주기마다 좌심실강 면적, 좌심실강 면적 변화율, 좌심실 용적, 좌심실 구혈율 등을 측정할 수 있다⁶⁻¹³⁾. 자동 경계 탐지 심초음파도를 이용하여 구한, 이러한 좌심실 기능 지표들의 유용성에 관한 연구들은 주로 off-line 시스템에서 구한 좌심실강 면적, 면적 변화율, 좌심실 용적, 구혈율 등과의 비교 연구들로서 다른 영상 기술과의 비교를 통한 정확성에 관한 연구는 거의 없다. 이에 저자들은 자동 경계 탐지 심초음파도를 이용하여 좌심실 구혈율, 최대 박출

율(PER: peak ejection rate), 최대 이완율(PFR: peak filling rate) 등을 구한 후 gated cardiac blood pool scintigraphy로 구한 각각의 지표들과 서로 비교하여 보았다.

연구 대상 및 방법

1. 연구 대상

이면성 심초음파도로 얻은 심첨 4방 단면도에서 좌심실 심내막의 경계가 75% 이상 구분되고, 심박동이 동조율이며, gated cardiac blood pool scintigraphy 검사와 같은 날 혹은 1일 전에 자동 경계 탐지 심초음파도를 시행받은 27명을 대상으로 하였다. 평균 연령은 56 ± 13 세였으며, 남자는 12예, 여자는 15예였다. 대상 환자 27예는 건강인 3예, 고혈압 9예, 각종 심질환 15예였다.

2. 방 법

Hewlett-Packard사의 SONOS 1500 초음파기, 2.5MHZ 탐촉자를 이용하여 심첨 4방 단면도에서 좌심실 수축기말 및 확장기말 정지 화면을 얻은 후, 육안으로 좌심실 심내막의 경계가 75% 이상 구분되는 환자에서 좌심실 심내막을 trackball을 이용하여 수동으로 그린 후, 초음파기에 내장된 프로그램을 이용하여, disc 방법으로 좌심실 확장기말 용적과 좌심실 수축기말 용적을 구해서 좌심실 구혈율(EF_{off})을 계산하였다. 또한 심첨 4방 단면도에서 자동 경계 탐지 시스템을 작동시켜 심내막과 혈액 경계면이 붉은 선으로 나타나도록 하고, 이때 경계면을 이면성 심초음파도상에서 육안으로 확인 가능한 심내

막의 경계와 일치시키기 위해서, transmit power와 time gain compensation을 조절하고, 필요시 lateral gain control을 사용하였다. 이 상태에서 승모판을 기준으로 관심 영역(region of interest)을 설정하면, SONOS 1500에 내장된 프로그램에 의해서, disc 방법으로 좌심실 확장기말 용적, 좌심실 수축기말 용적, 좌심실 구혈율(EF_{ABD}), 최대 박출율(PER_{ABD}), 최대 이완율(PFR_{ABD}) 등이 매 심박동마다 연속적으로 계산 되었으며(Fig. 1), 이를 video tape에 녹화하였다. off-line 시스템에서는 3cycles 이상, on-line 시스템에서는 5cycles 이상의 평균치를 취하였다.

한편 gated cardiac blood pool scintigraphy는 변형된 생체내 red blood cell-labeling technique을 사용하여 시행되었다. 5.1mg의 stannous pyrophosphate를 먼저 정주한 후, 20mCi의 technetium-99m pertechnetate를 정주하였고, Sophy DS7(Sopha Medical)을 좌전사위 위치에 놓고 500초 동안 RR 간격당 32frame을 이용한 frame mode로 영상을 얻었다. 자료는 Sophy computer system을 이용하여 기록 분석 후 좌심실 구혈율(EF_{RI}), 최대 박출율(PER_{RI}), 최대 이완율(PFR_{RI})을 구하였다.

통계 처리는 SPSS/PC+를 이용하여, 각 방법간의 제측치의 비교에는 paired t-test를 시행하였고, 각 방법간의 일치 한계와 상관 계수는 각각 Bland-Altman의 분석¹¹⁾과 상관 관계 분석을 시행하여 구하였으며, 모든 통계치는 평균±표준 편차로 나타내었다.

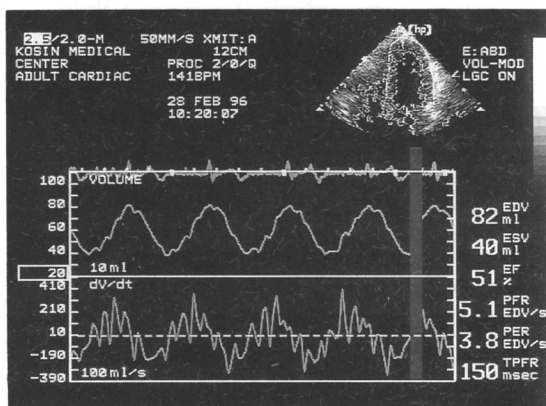


Fig. 1. Waveform display of left ventricular volumes, ejection fractions, peak filling rates, and peak ejection rates within the region of interest measured by the automated border detection system.

결 과

좌심실 구혈율의 평균값은 off-line 방법으로 구한 경우 $57 \pm 13\%$, 자동 경계 탐지 심초음파로 구한 경우 $56 \pm 11\%$, gated cardiac blood pool scintigraphy로 측정한 경우는 $61 \pm 15\%$ 였다(Table 1). Off-line 방법과 gated cardiac blood pool scintigraphy로 구한 구혈율 사이에는 상관 계수 0.78로 유의한 양의 상관 관계($p < 0.001$)가 있었고(Fig. 2), 두 방법 간의 구혈율 차이의 평균은 $4 \pm 9\%$, 일치 한계(limits of agreement)는 $-16 \sim +12\%$ 로(Fig. 3), off-line 방법으로 구한 구혈율이 gated cardiac blood pool scintigraphy로 구한 구혈율보다 작게 측정되었다($p < 0.05$). 또한 자동 경계 탐지 심초음파도 및 gated cardiac blood pool

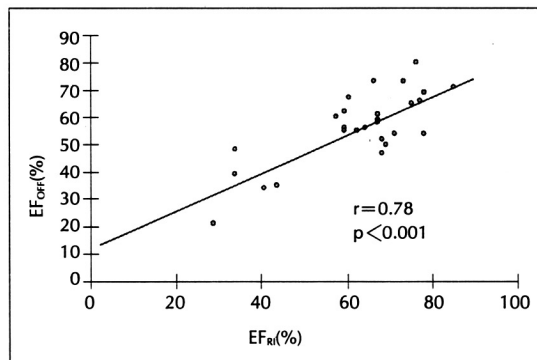


Fig. 2. Plots of ejection fraction(EF) as measured with the off-line trackball operator-traced method(EF_{off}) versus the gated cardiac blood pool scintigraphy (EF_{RI}).

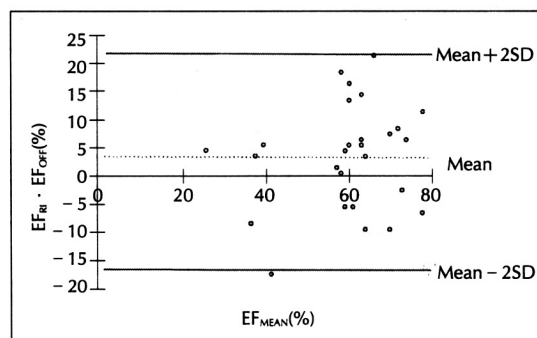


Fig. 3. Limits of agreement of ejection fraction(EF) determined by the off-line trackball operator-traced method(EF_{off}) and the gated cardiac blood pool scintigraphy(EF_{RI}).

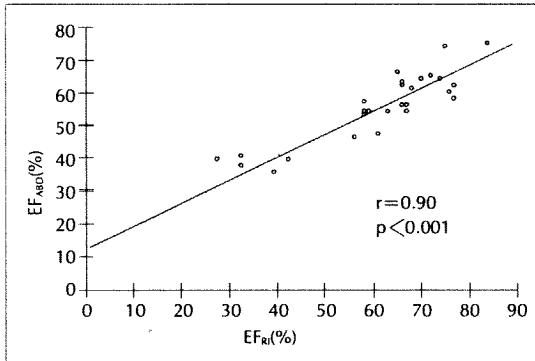


Fig. 4. Plots of ejection fraction(EF) as measured with the automated border detection system(EF_{ABD}) versus the gated cardiac blood pool scintigraphy(EF_{RI}).

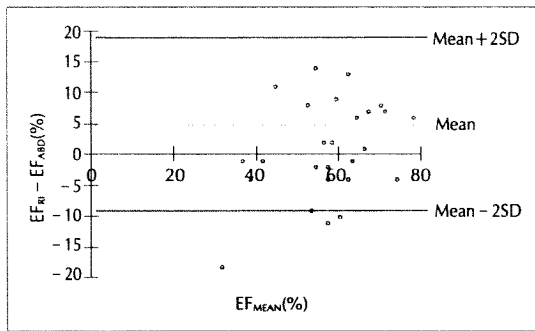


Fig. 5. Limits of agreement of ejection fraction(EF) determined by the automated border detection system (EF_{ABD}) and the gated cardiac blood pool scintigraphy(EF_{RI}).

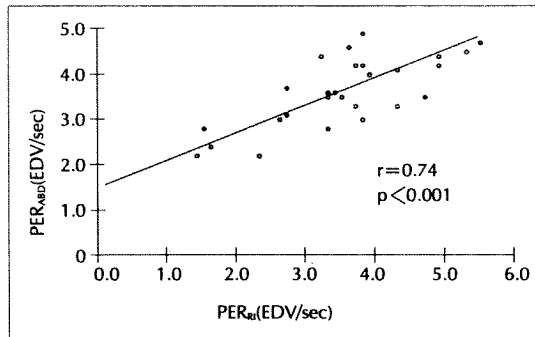


Fig. 6. Plots of peak ejection rate(PER) as measured with the automated border detection system(PER_{ABD}) versus the gated cardiac blood pool scintigraphy (PER_{RI}).

scintigraphy로 구한 구혈율 사이에도 상관 계수 0.90으로 매우 높은 양의 상관 관계($p < 0.001$)가 있었고 (Fig. 4), 두 방법 간의 구혈율의 차이의 평균은 $5 \pm 7\%$, 일치 한계는 $-9 \sim +19\%$ 로 (Fig. 5), 자동 경계 탐지 심

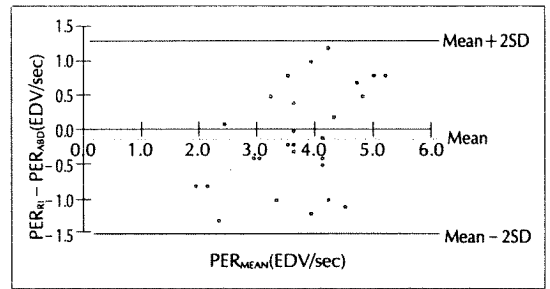


Fig. 7. Limits of agreement of peak ejection rate(PER) as measured with the automated border detection system(PER_{ABD}) and the gated cardiac blood pool scintigraphy(PER_{RI}).

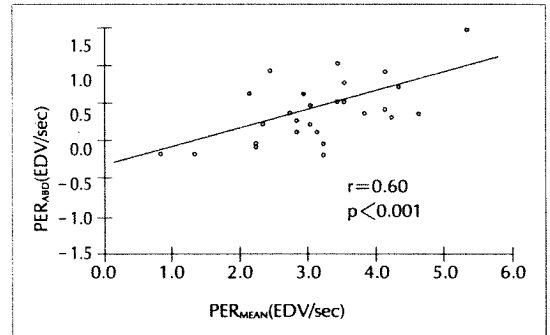


Fig. 8. Plots of peak filling rate(PFR) as measured with the automated border detection system(PFR_{ABD}) versus the gated cardiac blood pool scintigraphy(PFR_{RI}).

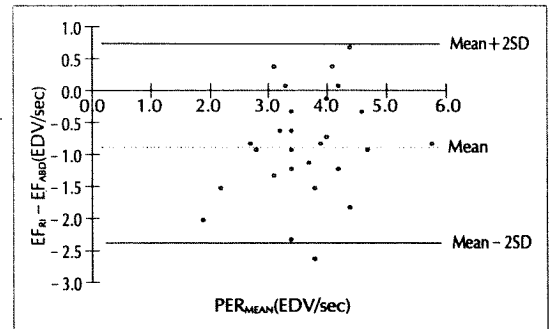


Fig. 9. Limits of agreement of peak filling rate(PFR) as measured with the automated border detection system(PFR_{ABD}) and the gated cardiac blood pool scintigraphy(PFR_{RI}).

초음파도로 구한 구혈율도 gated cardiac blood pool scintigraphy로 구한 구혈율보다 작게 측정되었다($p < 0.01$).

자동 경계 탐지 심초음파 및 gated cardiac blood pool scintigraphy를 이용한 최대 박출율(PER)은 각각 3.6 ± 0.7 EDV(enddiastolic volume)/sec 및 3.5 ± 1.0 EDV/sec이고, 최대 이완율(PER)은 각각 $3.9 \pm 0.$

Table 1. Ejection fraction(EF), peak ejection rate(PER), peak filling rate(PFR) by different methods

	Manual Tracing	ABD	RI
EF(%)	57±13 [*]	56±11 [*]	61±14
PER(EDV/sec)	—	3.6±0.7	3.5±1.0
PFR(EDV/sec)	—	3.9±0.8 [*]	3.0±0.9

* p<0.05 vs RI Values are mean±SD

ABD : automated border detection

RI : radionuclide gated cardiac blood pool scintigraphy

8EDV/sec 및 3.0±0.9EDV/sec였다. 자동 경계 탐지 심초음파도 및 gated cardiac blood pool scintigraphy를 이용한 최대 박출율 사이의 상관 계수는 0.74로, 유의한 양의 상관 관계(p<0.001)가 있었고(Fig. 6), 양 방법간의 최대 박출율 차이의 평균은 -0.1±0.7EDV/sec, 일치 한계는 -1.5~+1.3EDV/sec으로(Fig. 7), 자동 경계 탐지 심초음파도로 측정한 최대 박출율 값이 gated cardiac blood pool scintigraphy로 구한 값 보다 큰 경향이 있었다(p>0.05). 또한 두 방법 간의 최대 이완율 사이의 상관 관계는, 상관 계수 0.60으로 유의한 양의 상관 관계(p<0.001)가 있었고(Fig. 8), 양 방법간의 최대 이완율 차이의 평균은 -0.8±0.8EDV/sec이고 일치 한계는 -2.4~+0.8EDV/sec로(Fig. 9), 자동 경계 탐지 심초음파도로 측정한 값이 gated cardiac blood pool scintigraphy로 구한 값보다 크게 측정되었다(p<0.01).

고 안

자동 경계 탐지 심초음파도의 기본 원리는 심내막과 혈액의 후방 산란 차이를 이용한 합성 후방 산란 영상(integrated backscatter image)으로, 조직과 혈액에서 생긴 각각의 power signal이 역치 한계와 비교하여 구분되면, 각각의 주사선(scan line)에서 조직과 혈액의 경계가 결정되고, 이 경계 신호가 움직이는 화면에 연속된 선으로 그려진다^{6,7)}. 이러한 자동 경계 탐지 심초음파도는 기존의 이면성 심초음파도에 비해서 좌심실 기능을 정량적으로 평가할 수 있는 보다 간편하고, 객관적인 방법이 될 수 있다. 좌심실 구혈율을 구하기 위해서는 좌심실 확장기말 및 수축기말 용적을 측정해야 하나, 기존의 보고들에서는 주로 유두근 위치에서 좌심실의 이면성 단축 단면도를 얻고, 여기에서 최대 및 최소 좌심실강 면적을 자동 경계 탐지 심초음파도로 측정한 후, 좌심실

강 면적 변화율을 계산하여, 좌심실 구혈율에 대신하였다⁷⁻⁹⁾. Lindower 등¹²⁾은 ABD 시스템을 이용하여 구한 좌심실강 면적 변화율이 방사성 핵종 좌심실 조영술을 시행하여 얻은 좌심실 구혈율과 일치한다고 보고하였으며, 일회 심박출 면적(stroke area=maximum area-minimum area)은 일회 심박출량(stroke volume)과 매우 높은 상관 관계가 있음이 동물 실험¹³⁾과 관동맥 우회술¹⁴⁾을 시행받은 환자에서 보고 되었다. 그러나, 국소적인 심실벽 운동 장애가 있을 때는 좌심실강 면적 변화율이 좌심실 구혈율을 반영하지 못하므로, 좌심실 용적으로부터 좌심실 구혈율을 구해야 한다.

ABD 시스템으로 구한 좌심실 용적 및 구혈율이 off-line 시스템으로 측정된 수치와 일치한다는 보고는 있으나¹⁰⁾, ABD 시스템으로 구한 좌심실 구혈율의 정확성을 평가하기 위해서는 이면성 심초음파 정지 화면에서 구한 수치와의 비교 보다는 더 믿을 만한 다른 영상 매체와의 비교가 필요하다. 저자들은 본 연구에서 gated cardiac blood pool scintigraphy를 참고 방법으로 하였는데, gated cardiac blood pool scintigraphy로 측정된 좌심실 구혈율은 해상력의 제한, 좌심실과 배후 방사능 영역 설정, 좌심실 용적 곡선의 시간적 평편화 등에 의하여 오차가 생길 수 있는 제한점이 있으나¹⁵⁾, 좌심실 혈관 조영술에서 구한 좌심실 구혈율과 일치하며^{16,17)}, 비관혈적인 검사여서 혈액학적 변화가 적고 반복 검사가 용이한 장점이 있고, 환자 예후 결정에 도움을 준다¹⁻³⁾.

이면성 심초음파도로 좌심실 용적을 측정하는 방법에는 여러 가지가 있으나, American Society of Echocardiography(ASE)에서 disc 방법(modified Simpson's rule)을 권장하고 있으며¹⁸⁾, 이 방법으로 구한 좌심실 용적 및 구혈율이 좌심실 혈관 조영술로 구한 수치와 가장 잘 일치한다고 하여⁵⁾, 본 연구에서는 disc 방법으로 좌심실 용적 및 구혈율을 구하였다. 그러나, ASE에서는 심첨 4방 단면도 뿐만 아니라, 심첨에서 이와 수직이 되는 단면도, 즉 심첨 2방 단면도를 같이 얻은 후 좌심실 용적을 구하는 것을 권장하고 있으나, ABD 시스템에서는 좌심실 용적 측정시 하나의 단면도만을 이용하여 용적을 구해야 하기 때문에, 심첨 4방 단면도만을 이용하여 좌심실 용적을 구하였다.

본 연구에서 ABD 시스템으로 구한 좌심실 구혈율은 gated cardiac blood pool scintigraphy로 구한 수치와 매우 높은 양의 상관 관계(r값 0.90)가 있어서, ABD 시

스탬이 비관혈적으로 좌심실 구혈율을 측정할 수 있는 객관적인 방법이 될 수 있음이 입증되었다. 그러나, ABD 시스템으로 구한 좌심실 구혈율이 gated cardiac blood pool scintigraphy로 구한 수치보다 작게 측정되었고, 두 방법 간의 일치 한계는 $-9\sim+19\%$ 로 넓었다. 최대 박출율과 최대 이완율 측정에 있어서도, 두 방법 간에 유의한 양의 상관 관계(r 값 0.74, 0.60)가 있었으나, 일치 한계의 범위가 넓었다. gated cardiac blood pool scintigraphy로 좌심실 기능 평가 지표를 구할 때는 좌심실 시간 용적 곡선 및 이의 1차 미분 곡선을 이용하는데, 좌심실과 배후 방사능 영역 설정, 좌심실 용적 곡선의 시간적 평편화 등에 의해서 영상 처리시 오차가 생길 수 있으며, 좌심실 전벽이 카메라에 가까이 위치하여, 전벽 운동이 계수치에 영향을 더 많이 주게 되므로, 전벽 운동 저하는 실제치보다 작게, 후벽이나 기저부 운동 저하는 실제치보다 높게 측정될 수 있다¹⁵⁾. ABD 시스템에서는 화면 영상의 질, 초음파와 평행하게 놓였을 때 심내막의 영상이 감소되거나 소실되는 측벽의 echo drop out¹⁹⁾, gain 조절에 따른 심내막의 위치 변화, 확장기 때 승모판의 좌심실로의 이동, 호흡 등에 의해서 오차가 생길 수 있다^{10,20)}. 본 연구에서 좌심실 심내막의 경계가 75% 이상 구분되는 환자만을 대상으로 하고, echo drop out을 극복하기 위해서 lateral gain control을 사용했습에도 불구하고, 약간의 gain 조절에 의해서 심내막의 경계, 좌심실 용적 및 각종 지표들이 변화였다. 따라서 ABD 시스템을 썼다, 썼다 하기를 반복하여, ABD 시스템에서 정한 심내막이 실제 심내막과 일치하는가를 반복 확인하여야 한다. 본 연구 대상에서는 없었으나, 만약 국소벽 운동 장애가 있을 때는, ABD 시스템에서 사용한 단면도에 국소벽 운동 장애의 포함 여부에 따라서 좌심실 구혈율이 과소 혹은 과대 평가 될 수 있으므로, 심첨 4방 단면도 및 2방 단면도에서 구한 구혈율의 평균치를 취해야 한다²⁰⁾. 또한 ABD 시스템으로 구한 좌심실 구혈율, 최대 박출율, 최대 이완율은 그 절대치보다는 추적 검사시 상대적 변화를 측정하는 방법으로 더 유용하리라 생각된다.

결론적으로 ABD 시스템 사용시 여러 제한점들이 있으나, 손쉽고 비교적 객관적인 방법으로 좌심실 기능 평가에 사용될 수 있으며, 향후 많은 임상적 유용성이 기대된다.

요 약

연구 배경 :

자동 경계 탐지 심초음파도(automated border detection(ABD) echocardiography)는 각 심주기마다 좌심실강 면적, 좌심실 용적, 구혈율 등을 자동적으로 측정할 수 있는 새로운 심초음파 기술이다. 이전의 연구에서는 이면성 심초음파도 정지 화면에서 수동으로 그린 좌심실 기능 평가 지표와 자동 경계 탐지 심초음파도로 구한 지표와의 비교만 보여 주어, ABD 시스템의 정확성을 평가 하기 위해서는 다른 방법과의 비교가 필요하다. 본 연구에서는 자동 경계 탐지 심초음파도를 이용하여 구한 좌심실 구혈율(EF : ejection fraction), 최대 박출율(PER : peak ejection rate), 최대 이완율(PFR : peak filling rate)을 gated cardiac blood pool scintigraphy로 구한 각각의 지표와 비교하여 보았다.

방 법 :

이면성 심초음파도로 얻은 심첨 4방 단면도에서 좌심실 심내막의 경계가 75% 이상 구분되고, 심박동이 동조율이며, 자동 경계 탐지 심초음파도를 gated cardiac blood pool scintigraphy와 같은 날 혹은 1일전에 시행받은 27예(남 12예, 여 15예 ; 평균 연령 56 ± 13 세)를 대상으로 하였다. 심첨 4방 단면도에서 좌심실 심내막의 경계를 수동으로 그려서 disc 방법으로 좌심실 확장기말 용적과 좌심실 수축기말 용적을 구해서 EF_{off} 를 측정 후, 자동 경계 탐지 시스템을 작동 시켜서 disc 방법으로 좌심실 확장기말 용적, 좌심실 수축기말 용적, EF_{ABD} , PER_{ABD} , PFR_{ABD} 등을 구하고, gated cardiac blood pool scintigraphy에서 얻은 EF_{RI} , PER_{RI} , PFR_{RI} 등과 비교하였다.

결 과 :

1) EF_{off} 와 EF_{RI} , EF_{ABD} 와 EF_{RI} 사이에는 상관계수가 각각 0.78, 0.90으로 유의한 양의 상관 관계($p<0.001$)가 있었다. EF_{RI} 와 EF_{off} 의 차이의 평균은 $4\pm9\%$, 일치 한계(limits of agreement)는 $-16\sim+22\%$ 로 EF_{off} 가 EF_{RI} 보다 작게 측정 되었고($p<0.05$), EF_{RI} 와 EF_{ABD} 의 차이의 평균은 $5\pm7\%$, 일치 한계는 $-9\sim+19\%$ 로 EF_{ABD} 도 EF_{RI} 보다 작게 측정 되었다($p<0.01$).

2) PER_{ABD} 와 PER_{RI} , PFR_{ABD} 와 PFR_{RI} 사이에 상관 계수가 각각 0.74, 0.60으로 유의한 양의 상관 관계 ($p < 0.001$)가 있었다. PER_{RI} 와 PER_{ABD} 의 차이의 평균은 -0.1 ± 0.7 EDV(enddiastolic volume)/sec, 일치 한계는 $-1.5 \sim +1.3$ EDV/sec으로 PER_{ABD} 가 PER_{RI} 보다 큰 경향이 있었고($p > 0.05$), PFR_{RI} 와 PFR_{ABD} 의 차이의 평균은 -0.8 ± 0.8 EDV/sec, 일치 한계는 $-2.4 \sim +0.8$ EDV/sec로, PFR_{ABD} 도 PFR_{RI} 보다 크게 측정 되었다($p < 0.01$).

결 론 :

자동 경계 탐지 심초음파도와 gated cardiac blood pool scintigraphy로 구한 EF, PER, PFR 사이에 유의한 양의 상관 관계가 있어서, 자동 경계 탐지 심초음파도가 좌심실 기능 평가에 이용될 수 있을 것으로 생각 된다.

References

- 1) The Multicenter Postinfarction Research Group : Risk stratification and survival after myocardial infarction. *The Multicenter Postinfarction Research Group. N Engl J Med* 309 : 331, 1983
- 2) Mukharji J, Rude RE, Poole WK, Gustafson N, Thomas LJ, Strauss HW, Jaffe AS, Muller JE, Roberts R, Raabe DS, Croft CH, Passamani E, Braunwald E, Willerson JT : Risk factors for sudden death after acute myocardial infarction: two year follow-up. *Am J Cardiol* 54 : 31, 1984
- 3) Ritchie JL, Hallstrom AP, Troubaugh GB, Caldwell JH, Cobb LA : Out-of-hospital sudden coronary death : Rest and exercise radionuclide left ventricular function in survivors. *Am J Cardiol* 55 : 645, 1985
- 4) Quinones MA, Waggoner AD, Reduto LA, Nelson JG, Young JB, Winters WL, Ribeiro LG, Miller RR : A new simplified and accurate method for determining ejection fraction with two-dimensional echocardiography. *Circulation* 64 : 744, 1981
- 5) Folland ED, Parisi AF, Moynihan PF, Jones DR, Feldman CL, Tow DE : Assessment of left ventricular ejection fraction and volumes by real-time, two-dimensional echocardiography. A comparison of cineangiographic and radionuclide techniques. *Circulation* 60 : 760, 1979
- 6) Perez JE, Waggoner AD, Barzilai B, Melton HE, Miller JG, Sobel BE : On-line assessment of ventricular function by automated boundary detection and ultrasonic backscatter imaging. *J Am Coll Cardiol* 19 : 313, 1992
- 7) Vandenberg BF, Rath LS, Stuhlmuller P, Melton HE, Skorton DJ : Estimation of left ventricular cavity area with an on-line, semiautomated echocardiographic edge detection system. *Circulation* 86 : 159, 1992
- 8) Perez JE, Klein SC, Prater DM, Fraser CE, Cardona H, Waggoner AD, Holland MR, Miller JG, Sobel BE : Automated on-line quantification of left ventricular dimensions and function by echocardiography with backscatter imaging and lateral gain compensation. *Am J Cardiol* 70 : 1200, 1992
- 9) 이봉렬 · 정의룡 · 류재근 · 황종현 · 임현주 · 박현식 · 김신우 · 채성철 · 전재은 · 박의현 : 자동 경계 탐지(Automatic Border Detection)심초음파술을 이용한 좌 심실 단면적 및 기능의 평가. *순환기* 24 : 380, 1994
- 10) 최현묵 · 김영우 · 이금희 · 지상근 · 박능화 · 이신화 · 차태준 · 주승재 · 이재우 : 자동 경계 탐지(Automatic Border Detection) 심초음파술을 이용한 좌 심실 용적 및 구혈율의 측정. *순환기* 35 : 614, 1995
- 11) Bland JM, Altman DG : Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* i : 307, 1986
- 12) Lindower PD, Rath L, Preslar J, Burns TL, Rezaei K, Vandenberg BF : Quantification of left ventricular function with an automated border detection system and comparison with radionuclide ventriculography. *Am J Cardiol* 73 : 195, 1994
- 13) Gorcsan J III, Lazar JM, Romand J, Pinsky MR : On-line estimation of stroke volume by means of echocardiographic automated border detection in the canine left ventricle. *Am Heart J* 125 : 13, 1993
- 14) Gorcsan J III, Gasior TA, Mandarino WA, Deneault LG, Hattler BG, Pinsky MR : On-line estimation of changes in left ventricular stroke volume by transesophageal echocardiographic automated border detection in patients undergoing coronary artery bypass grafting. *Am J Cardiol* 72 : 721, 1993
- 15) 고창순 : 핵의학. p320, 서울, 고려의학 1992
- 16) Wackers FJTh, Berger HJ, Johnstone DE, Goldman L, Reduto LA, Langou RA, Goaschalk A,

- Zaret BL : *Multiple gated cardiac blood pool imaging for left ventricular ejection fraction : Validation of the technique and assessment of variability.* *Am J Cardiol* 43 : 12, 1979
- 17) Burow RD, Strauss HW, Singleton R, Pond M, Rehn T, Bailey IK, Griffith LC, Nickoloff E, Pitt B : *Analysis of left ventricular function from multiple gated acquisition cardiac blood pool imaging. Comparison to contrast angiography.* *Circulation* 56 : 1024, 1977
- 18) Schiller NB, Shah PM, Crawford M, DeMaria A, Devereux R, Feigenbaum H, Gergesell H, Reichel N, Sahn D, Schnittger I, Silverman NH, Tajik AJ : *Recommendations for quantification of the left ventricle by two-dimensional echocardiography.* *J Am Soc Echocardiogr* 2 : 358, 1989
- 19) Cahalan MK, Ionescu P, Melton HE, Adler S, Kee LL, Schiller NB : *Automated real-time analysis of intraoperative transesophageal echocardiograms.* *Anesthesiology* 78 : 477, 1993
- 20) Bednarz JE, Marcus RH, Lang RM : *Technical guidelines for performing automated border detection study.* *J Am Soc Echocardiogr* 8 : 293, 1995