

관상동맥 질환 진단에 있어 실시간 3차원 심초음파와 이면성 심초음파를 이용한 도부타민 부하검사의 비교 연구

- 실시간 3차원 초음파를 이용한 도부타민 부하검사 -

인하대학교 의과대학 순환기내과학교실,¹ 인천 기독교병원 내과²

김기창¹ · 이창근¹ · 안인선¹ · 최웅길¹ · 최윤아¹

김영삼² · 김대혁¹ · 박금수¹ · 이우형¹ · 권 준¹

Comparison Study between Dobutamine Stress Echocardiography Using
Real-Time Three Dimensional and Two Dimensional Echocardiography
for Diagnosis of Coronary Artery Disease

- Dobutamine Stress Echocardiography Using Real-Time Three Dimensional Echocardiography -

Gi-Chang Kim, MD¹, Chang-Kun Lee, MD¹, In Sun Ahn, MD¹, Woong-Gil Choi, MD¹,
Yun Ah Choi, MD¹, Young Sam Kim, MD², Dae-Hyeok Kim, MD¹,
Keum-Soo Park, MD¹, Woo-Hyung Lee, MD¹ and Jun Kwan, MD¹

¹Division of Cardiology, Department of Internal Medicine, Inha University, Incheon, ²Department of Internal Medicine, Incheon Christian Hospital, Incheon, Korea

ABSTRACT

Background and Objectives : Dobutamine stress echocardiography (DSE) with 2D echocardiography (2DE) is one of the time-consuming procedures in the diagnosis of coronary artery disease (CAD). Moreover, the accuracy of DSE with 2DE depends on the operator's skill or bias during the image acquisition. This study was conducted to determine the feasibility and accuracy of DSE with real-time 3D echocardiography (RT3DE) for the diagnosis of CAD. **Subject and Methods :** 62 patients (RT3DE: 36, 2DE: 26), suspected of angina pectoris and post-revascularization ischemia, underwent DSE and coronary angiography (CAG). Image acquisition was performed at the baseline, and at 4 times during the dobutamine infusion and recovery stages. The procedure time (from the baseline to the end of the peak dose stage) was recorded. Off-line analyses of the volumetric images acquired with RT3DE were performed using 3D computer software (TomTec, Co.). Digitized quad-screen images acquired with 2DE were analyzed using the 2DE review system (ProSolv 4.0). >50% luminal diameter stenosis of any coronary artery on CAG was defined as significant coronary artery stenosis. **Results :** The procedure time of DSE with RT3DE was significantly shorter than that of DSE with 2DE (25 ± 4 vs. 37 ± 4 mins, $p < 0.001$). There was no significant difference in the sensitivity ($p > 0.05$) or specificity ($p > 0.05$) between the two procedures. **Conclusion :** DSE with RT3DE seems to be a feasible and less time consuming diagnostic procedure, probably providing comparable sensitivity and specificity for the detection of coronary artery stenosis, than DSE with 2DE. (Korean Circulation J 2006;36:737-743)

KEY WORDS : Dobutamine stress echocardiography ; Three dimensional echocardiography ; Coronary artery disease.

논문접수일 : 2006년 5월 8일

수정논문접수일 : 2006년 9월 18일

심사완료일 : 2006년 11월 14일

교신저자 : 권 준, 400-711 인천광역시 중구 신흥동 3가 인하대학교 의과대학 순환기내과학교실

전화 : (032) 890-2453 · 전송 : (032) 890-2447 · E-mail : kuonmd@inha.ac.kr

서론

도부타민 부하 심초음파검사는 심근관류에 대한 기능적 검사의 하나로 관상동맥 질환의 진단 및 예후평가에 널리 사용되어지고 있다.¹⁻⁸⁾ 하지만 기존의 이면성 심초음파를 이용한 도부타민 부하검사 방법은 영상 확보하는데 많은 시간이 소요될 뿐 아니라 시행자의 편견 및 영상 확보 능력에 따라 그 결과의 정확성이 달라질 수 있다는 제한점을 가지고 있다.⁹⁾

초기 실시간 3차원 심초음파검사는 단 한번의 영상 확보로 심장 전체 volumetric 영상을 얻을 수 있다는 장점에도 불구하고 이미지 해상도에 한계가 있어 실제 임상에 이용되지 못했다.¹⁵⁻¹⁸⁾ 최근 개발된 실시간 3차원 심초음파는 시간 및 공간 해상도가 많이 향상되었을 뿐 아니라 비교적 쉽고 빠르게 이미지를 획득할 수 있어 기존의 한계를 어느 정도 극복할 수 있게 되었다.^{19/20)}

저자들은 협심증이 의심되는 환자 및 관상동맥 혈관재형성 후 재협착이 의심되는 환자를 대상으로 이면성 심초음파를 이용한 도부타민 부하검사와 실시간 3차원 심초음파를 이용한 도부타민 부하검사를 시행하여, 관상동맥 폐쇄성 질환의 진단에 있어 실시간 3차원 심초음파를 이용한 도부타민 부하검사의 유용성을 평가하고자 하였다.

대상 및 방법

대 상

2003년 12월부터 2004년 8월까지 인하대학교 의과대학 순환기내과에 흉통을 주소로 방문한 협심증이 의심되는 환자와 관상동맥 혈관재형성 후 재협착이 의심되는 62명의 환자를 대상으로 무작위로 이면성 심초음파를 이용한 도부타민 부하검사와 실시간 3차원 심초음파를 이용한 도부타민 부하검사를 시행하였다. 환자 중 기저 상태의 국소벽 운동이 무운동이거나 심한 국소벽 운동 장애를 보인 환자, 심초음파 결과 영상 확보시 협조가 되지 않은 환자 그리고 심전

도에서 부정맥이 있는 환자는 연구대상에서 제외하였다.

도부타민 투여 방법

도부타민 투여 48시간 전에 베타 차단제, 칼슘 차단제, 혈관 확장제를 포함한 심혈관계에 영향을 미치는 모든 약물 투약을 중단하였고, 초기 $10 \mu\text{g/kg/min}$ 부터 20, 30, $40 \mu\text{g/kg/min}$ 까지 주사하고 매 용량 투여 3분 후에 심박수와 혈압을 측정하였다. 그리고 연령을 고려한 최대 심박수의 85%에 도달하지 못한 경우에는 atropine 0.25 mg을 정맥내로 정주하여 최대 1 mg까지 투여하였다.

도부타민 투여는 중증 고혈압(수축기혈압 ≥ 200 mmHg, 확장기혈압 ≥ 110 mmHg) 및 저혈압, 의미 있는 부정맥 발생, 전형적인 흉통의 발생 및 지속, 심초음파에서 새로운 국소벽 운동장애를 보이거나 악화되는 경우에 중단하였다.

이면성 심초음파를 이용한 도부타민 부하검사

휴식기에 이면성 심초음파(Sonos 7500, Phillips Medical systems, Andover, MA)로 심실벽 운동이상을 확인하고 도부타민을 정해진 용량으로 정주하면서 각 단계에서(baseline stage, low dose stage, peak dose stage, recovery stage) 심실벽 운동의 변화를 보기 위한 표준적인 영상 구도로 흉골 장축 단면도, 흉골 단축 단면도, 심첨 4방도 그리고 심첨 2방도를 기록하고 이를 디지털 영상으로 변환하여 한 화면에서 4단계의 동영상을 비교할 수 있도록 하였다. Quad-screen image를 이면성 Review system(ProSolve 4.0, Prosolv, Co. Pennsylvania)을 이용하여 오프라인에서 분석하였다.

실시간 3차원 심초음파를 이용한 도부타민 부하검사

3차원 심초음파 영상은 Live 3D 심초음파(Sonos 7500, Phillips Medical systems, Andover, MA)의 matrix-array transducer(X4, 2~4 MHz)를 사용하여 각 단계에서 흉골연과 심첨방 부위에서 4 심주기 동안 4개의 작은 volumetric 영상을 얻은 후 전체를 통합하여 1개의 전체 심장 volumetric 영상을 완성했다. 이렇게 얻어진 영상을 4D Cardio-View

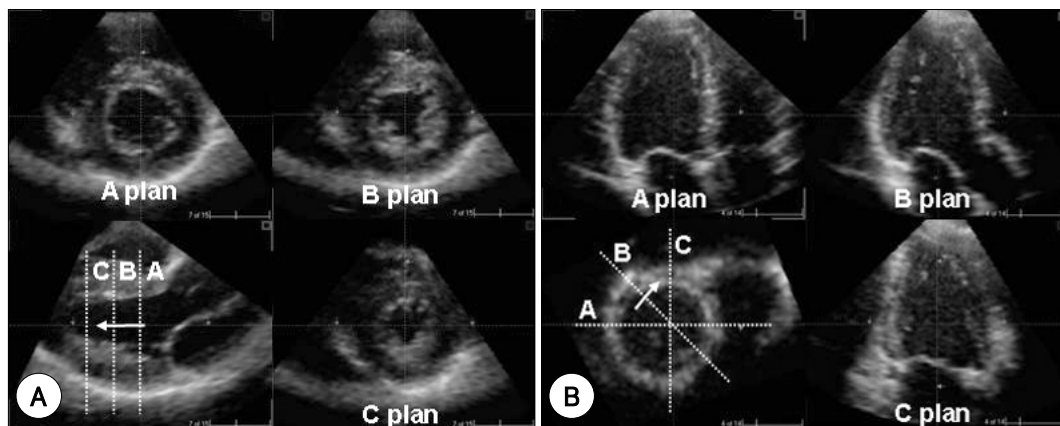


Fig. 1. Off-line regional wall motion analysis of acquired volumetric image with multiplanar reconstructive mode. All 16 segments can be assessable by moving (A) and rotating (B) the cutting plane.

(TomTec, Co. Munich, Germany)를 이용하여 multiplanar reconstructive(MPR) modes의 cropping 방법을 이용하여 오프라인에서 분석하였다(Fig. 1).

먼저 흉골연 영상에서 흉골 장축 단면도상의 단축 절단면(cut-plane)을 심저부에서 심첨부로 이동하면서 각 분절의 국소벽 운동장애를 분석하였다(Fig. 1A). 그리고 심첨방 영상에서 장축의 절단면인 흉골 단축 단면도에서 회전하면서 심첨 장축 단면도에서 나타나는 좌심실 각 분절의 국소벽 운동장애를 분석하였다(Fig. 1B).

심실벽 운동의 평가 및 도부타민 부하검사 시간

심실벽 운동에 대한 평가는 2명의 심초음파 전문의가 미국 심초음파학회에서 제시한 16개의 좌심실벽 분절을 기준으로 하여 정상 심실벽 운동, 경도 및 중등도의 저운동, 심한 저운동, 무운동, 수축기에 심근의 운동실조로 구분하였다. 검사의 양성 기준은 도부타민 주사 후 2개 이상의 연결한 분절에서 새로운 벽 운동이상이 관찰되거나, 도부타민 저용량에서 호전되다가 고용량에서 악화되는 경우를 포함하였고 변화가 없는 경우는 음성으로 하였다.

도부타민 부하 총 검사 시간은 기저상태(baseline stage)의 검사시작 시간으로부터 최대 용량 단계에 도달한 후 영상 확보를 마칠 때까지의 시간으로 정의하였다.

관상동맥 조영술

도부타민 부하검사를 시행한 모든 환자를 대상으로 관상동맥 조영술을 시행하였고, 표준 혈관 직경의 50% 이상의 내경 협착이 있는 경우를 유의한 협착 소견으로 정의하였다.

통 계

통계분석은 SPSS(Version 13.0)를 이용하여 통계처리 하였으며 연속 변수는 평균값±표준편차로 표시하였다. 두 군의 비교는 unpaired t-test, Fisher exact test, χ^2 검정을 이용하여 분석하였고 p값이 0.05 미만인 경우에 통계학적으로 유의한 것으로 판단하였다. 측정자 내(intraobserver)와 측정자 간(interobserver)의 신뢰도 평가를 위해 카파(κ) 검정을 이용하였다.

결 과

대상 환자의 임상적 특성

도부타민 부하검사를 시행 받은 환자는 총 62명으로 이중 36명은 실시간 3차원 심초음파를 이용한 도부타민 부하검사를, 26명은 이면성 심초음파를 이용한 도부타민 부하검사를 시행하였고, 환자군 중 협심증이 의심되어 도부타민 부하검사를 시행한 자는 각각 16명, 17명이었고 재협착이 의심되어 도부타민 부하검사를 시행한 자는 각각 20명, 9명이었다. 대상 환자군의 평균 연령은 실시간 3차원 심초음파와 이면

성 심초음파를 이용한 도부타민 부하검사 각각에서 59 ± 12 세, 60 ± 11 세였고, 남 녀 비는 각각 27 : 9, 17 : 9이었으며, 대상 환자의 임상적 특징에서 과거력 상 심근 경색이 있었던 환자의 수가 차이가 나는 것을 제외하고는 고혈압, 당뇨, 고지혈증 그리고 흡연의 위험인자나 투여 약물의 빈도에서 유의한 차이가 없었다(Table 1).

실시간 3차원 심초음파와 이면성 심초음파를 이용한 도부타민 부하검사에서 각 군의 기저상태 이미지는 큰 차이를 보이지 않았으며 조영제를 이용한 도부타민 부하검사는 시행하지 않았다.

도부타민 투여 용량 및 혈류역학 변화

도부타민 최대 투여 용량은 실시간 3차원 심초음파와 이면성 심초음파를 이용한 검사에서 $30 \mu\text{g/kg/min}$ 까지 주사된 경우는 각 각 1명이었고, $40 \mu\text{g/kg/min}$ 까지 주사된 경우는 24명, 17명이었으며, $40 \mu\text{g/kg/min} + \text{atropine}$ 까지 주사된 경우는 11명, 8명으로 두 군 사이에 유의한 차이가 없었다(Table 2). 그리고 두 군 모두에서 검사 중 각 각 1명에서 전형적인 흉통을 호소하며 심전도상 ST분절의 상승이 나타나 도부타민 $30 \mu\text{g/kg/min}$ 투여 중 검사를 중지하였으나, 이외 심실빈맥, 심한 저혈압, 급성심근경색증, 사망 등의 심각한 부작용이 있었던 환자는 없었고, 양 군에서 기저상태 및 최대 용량 단계에서 혈류역학적 데이터의 유의한 차이는 없었다(Table 2).

Table 1. Patients characteristics

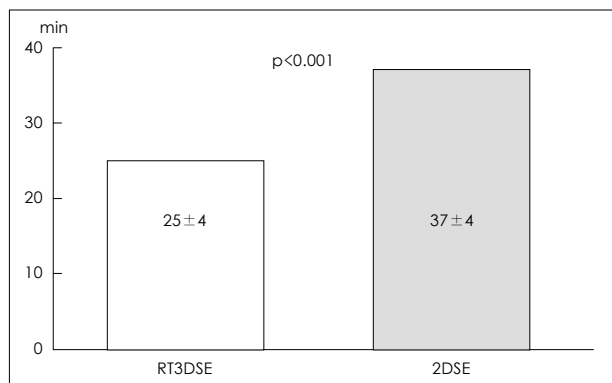
	RT3DSE	2DSE	p
No. of patients	36	26	
Age (years)	59 ± 12	60 ± 11	NS
Sex (M : F)	27 : 9	17 : 9	NS
Clinical diagnosis, n (%)			
Angina pectoris	16 (44)	17 (65)	NS
Postrevascularization ischemia	20 (56)	9 (35)	NS
Previous angina pectoris	8 (22)	5 (19)	NS
Previous myocardial infarction	11 (31)	2 (8)	0.03
Previous coronary bypass	1 (3)	2 (8)	NS
Risk factor, n (%)			NS
Hypertension	15 (42)	15 (58)	
Diabetes mellitus	9 (25)	4 (15)	
Hypercholesterolemia	22 (61)	11 (42)	
Smoking	17 (47)	13 (50)	
Medications, n (%)			NS
Nitrates	23 (64)	16 (62)	
Beta-blockers	11 (31)	6 (23)	
Calcium channel blockers	9 (25)	8 (31)	
ACE inhibitor	13 (36)	7 (27)	
Statin	22 (61)	10 (38)	

NS: $p > 0.05$, RT3DSE: real-time 3D dobutamine stress echocardiography, 2DSE: 2D dobutamine stress echocardiography, ACE: angiotensin converting enzyme

Table 2. Dobutamine stress echocardiographic data of 62 study patients

	RE3DSE	2DSE	p
Maximum infusion dose of dobutamine, n (%)			NS
30 μ g/kg per min	1 (3)	1 (4)	
40 μ g/kg per min	24 (67)	17 (65)	
40 μ g/kg per min plus atropine	11 (30)	8 (31)	
DES result, n(%)			NS
Baseline	Peak dose stage		
Normal	Normal	14 (39)	16 (62)
Mild or moderate hypokinesia	No worse RWMA	5 (14)	3 (12)
Normal	New RWMA	9 (25)	3 (12)
Mild or moderate hypokinesia	Worse RWMA	8 (22)	4 (16)
Baseline hemodynamic data			NS
Heart rate (bpm)	66 \pm 11	65 \pm 10	
Systolic blood pressure (mmHg)	132 \pm 19	133 \pm 24	
Diastolic blood pressure (mmHg)	77 \pm 11	73 \pm 9	
Peak stress hemodynamic data			NS
Heart rate (bpm)	114 \pm 16	113 \pm 15	
Systolic blood pressure (mmHg)	178 \pm 26	167 \pm 34	
Diastolic blood pressure (mmHg)	90 \pm 14	84 \pm 18	

NS: $p>0.05$. RT3DSE: real-time 3D dobutamine stress echocardiography, 2DSE: 2D dobutamine stress echocardiography, DES: dobutamine stress echocardiography, RWMA: regional wall motion abnormality

**Fig. 2.** Comparison of procedure time between two test. RT3DSE: real-time 3D dobutamine stress echocardiography, 2DSE: 2D dobutamine stress echocardiography.

도부타민 부하검사 및 관상동맥 조영술 결과

도부타민 부하검사 결과 양성은 실시간 3차원 심초음파와 이면성 심초음파를 이용한 검사에서 각각 17명과 7명이었는데 이중 새로운 벽 운동이상이 관찰된 경우는 9명과 3명이었고 저용량에서 호전되다가 고용량에서 악화되는 경우는 8명과 4명이었다(Table 2).

관상동맥 조영술을 시행한 62명의 환자 중 29명에서 협착 소견을 보였고 병변 혈관수에 따라 단일 혈관질환 13명, 두 혈관질환 7명 그리고 세 혈관질환 9명이었다. 이중 협심증이 의심되었던 환자에서 15명이 협착 소견을 보였고 병변 혈관수에 따라 각각 7명, 4명 그리고 4명이었다. 재협착

Table 3. Comparative sensitivity, specificity, predictive value and accuracy of real-time 3D and 2D dobutamine stress echocardiography for detecting angina pectoris and postrevascularization ischemia

	RT3DSE	2DSE	p
Sensitivity	80%	67%	NS
Specificity	93%	94%	NS
Positive predictive value	94%	86%	NS
Negative predictive value	79%	84%	NS
Accuracy	86%	85%	NS

NS: $p>0.05$, RT3DSE: real-time 3D dobutamine stress echocardiography, 2DSE: 2D dobutamine stress echocardiography

이 의심되었던 환자에서는 14명이 협착 소견을 보였고 병변 혈관수에 따라 각각 6명, 3명 그리고 5명이었다. 실시간 3차원 심초음파를 이용한 부하검사에서 20명이 이면성 심초음파를 이용한 부하검사에서 9명이 협착 소견을 보였다.

도부타민 부하검사의 검사 시간 및 진단율

도부타민 부하검사의 총 검사 시간은 실시간 3차원 심초음파를 이용한 도부타민 부하검사는 25 \pm 4분, 이면성 심초음파를 이용한 도부타민 부하검사는 37 \pm 4분으로 유의한 차이를 보였다($p<0.001$)(Fig. 2).

실시간 3차원 심초음파와 이면성 심초음파를 이용한 도부타민 부하검사의 민감도는 80% vs. 67%($p>0.05$), 특이도 93% vs. 94%($p>0.05$) 그리고 정확도는 86% vs. 85%($p>0.05$)로 두 군에서 유의한 차이는 보이지 않았다(Table 3).

측정자 내, 측정자 간 신뢰도의 평가

카파(κ) 검정을 이용하여 평가한 측정자 내와 측정자 간의 신뢰도 평가에서 측정자 내 신뢰도는 0.77이었고, 측정자 간의 신뢰도는 0.82로 모든 값의 일치도가 0.75 이상을 보여 우수한 일치도를 보였다.

고 찰

부하 심초음파검사는 최근에는 관상동맥 질환을 진단하는데 있어 심근 내 관류의 기능적 평가방법 중 하나로 부하 관류영상 방법보다 높은 특이도를 가지고 있어 많이 이용되고 있는 방법이다. 이중 도부타민 부하 심초음파검사는 운동 부하 심초음파검사와 비슷한 민감도를 가진 것으로 보고 되고 있으며,¹⁰⁻¹²⁾ 특히 육체적 제한 등 여러 가지 이유로 운동을 할 수 없는 환자에서 쉽게 이용될 수 있는 장점을 가지고 있다.¹³⁾ 그리고 도부타민 부하 심초음파검사는 관상동맥 혈관 재형성 후 재협착의 진단 및 급성심근경색환자의 평가와 심근의 생존 평가 등 관상동맥 질환의 예후 판정에 유용한 검사 방법으로 이용되고 있다.¹⁻⁸⁾

그러나 기존의 이면성 심초음파를 이용한 도부타민 부하검사는 16개의 좌심실 분절의 벽 운동을 평가하기 위해서 도부타민 부하 각 단계마다 표준화된 영상 단면을 모두 확보하

기 위해 많은 시간이 소요되는 제한점을 가지고 있다. 또한 시행자의 잘못된 편견 또는 영상 확보의 미숙함으로 인해 병변부위 분절이 작은 경우 이를 놓쳐 부정확한 진단이 나오는 경우가 발생할 수 있다.⁹⁾

초기 실시간 3차원 심초음파를 이용한 도부타민 부하검사는 한번의 영상 확보로 전체 심장의 volumetric 영상을 얻을 수 있으며 검사 시간도 단축시킬 수 있다고 보고 된 바 있으나,¹⁴⁾¹⁵⁾ 이면성 심초음파에 비해 상대적으로 낮은 공간 및 시간 해상력으로 인하여 임상에서 널리 이용되지 못하였다.¹⁶⁻¹⁸⁾ 그러나 최근 matrix-array transducer를 이용한 새로운 시스템의 실시간 3차원 심초음파기(Sonos 7500, Philips Medical systems, Andover, MA)의 개발로 공간 및 시간 해상력이 훨씬 향상되어¹⁹⁾²⁰⁾ 초기 실시간 3차원 심초음파의 제한점을 어느 정도 극복할 수 있게 되었다.

본 연구에서는 무작위로 이면성 심초음파와 새로운 시스템의 실시간 3차원 심초음파를 이용하여 도부타민 부하검사를 시행하였는데 실시간 3차원 심초음파를 이용한 도부타민 부하검사 군에서 검사 시간을 유의하게 줄일 수 있었다. 또한 본 연구에서는 실시간 3차원 심초음파와 이면성 심초음파를 이용한 도부타민 부하검사의 민감도는 80% vs. 67% 이고 특이도가 93% vs. 94%로 실시간 3차원 초음파를 이용한 도부타민 부하검사가 이면성 심초음파를 이용한 도부타민 부하검사와 유의한 차이를 보이지 않았으며 기존에 보고된 도부타민 부하검사 결과와도 비슷한 결과를 보였다.¹⁻⁴⁾¹⁹⁻²¹⁾

Matsumura 등²⁰⁾은 실시간 3차원 심초음파를 이용한 경우 심첨 영역의 이미지 획득 성공률이 더 높아 좌전하행지의 심근 허혈 진단의 정확성이 더욱 높은 경향을 보인다고 하였고, 작은 영역의 심근 허혈의 진단의 가능성이 높다고 언급한 바 있는데, 본 연구에서 관상동맥 분포에 따른 도부타민 부하검사의 정확성을 분석하지는 않았지만 이면성 심초음파를 이용한 도부타민 부하검사 예에서 심첨부 영상 확보과정에서 영상 축소(foreshorten)로 인해 심첨 분절의 영상 확보가 제대로 되지 않아 결과가 위음성으로 나온 경우를 경험한 바 있다. 반면 실시간 3차원 초음파를 이용한 도부타민 부하검사에서는 오프라인에서 MPR mode를 이용하여 심첨 분절을 제대로 찾아 정확하게 분석할 수 있기 때문에 위음성 발생을 낮출 수 있는 장점을 가지고 있다.

Ahmad 등¹⁵⁾은 volumetric 영상을 이용한 도부타민 부하검사 연구에서 기존의 도부타민 부하 심초음파에 비하여 실시간 3차원 심초음파를 이용한 도부타민 부하검사가 최대 용량 단계 스캐닝 시간이 각각 62초와 27초로 의미 있는 차이를 보이고 있다고 보고한 바 있고, Matsumura 등²⁰⁾도 심근 허혈의 진단에서 기존의 이면성 심초음파를 이용한 도부타민 부하검사와 실시간 3차원 심초음파를 이용한 도부타민 부하검사의 비교 연구에서 최대 용량 단계에서 평균 스캐닝 시간이 각각 68초와 29초로 실시간 3차원 도부타민 부하 심초음파검사가 빠르고 간편한 방법임을 보고한 바 있다.

본 연구 결과에서는 앞서 언급한 스캐닝 시간차를 감안할 때 예측되는 시간차보다 더 큰 시간차를 보였다. 실시간 3차원 심초음파를 이용한 도부타민 부하검사는 한번의 영상 확보로 좌심실 전체 영상이 얻어지므로 추가적인 영상 확보가 필요 없지만, 이면성 심초음파를 이용한 경우 실제 대부분의 검사실에서 quad-screen에 저장될 4개의 영상 외에 통상적으로 흉골단축단면도 기저부, 심첨부 그리고 심첨 5방도 또는 3방도 영상 등을 추가적으로 비디오에 저장하여 필요 시 검사의 정확도를 높이는데 이용하도록 장려되고 있다. 본 연구의 목적은 단순히 두 검사기의 이미지 스캐닝에 걸리는 시간차를 보는 것이 아닌 실제 임상에서 소요되는 두 검사에 소요되는 시간차를 비교해보고자 함이며, 본 연구 결과에서 보이는 더 큰 시간차는 앞서 언급한 이면성 심초음파 검사가 가지고 있는 한계점으로 인한 검사 시간 지연에 의한 것으로 사료된다.

본 연구의 제한점으로는 첫째 두 검사의 정확성을 비교하는데 있어 같은 환자를 대상으로 두 검사 방법에 대한 직접 비교 분석을 하지 않았다는 점이다. 본 연구의 목적이 두 검사의 정확성을 비교해 보는 동시에 두 검사의 스캐닝 시간이 아닌 총 검사 시간을 비교하는 것이기 때문에 한 환자에서 두 검사를 다 시행할 경우 두 검사를 처음부터 끝까지 두 번에 걸쳐 시행해야 하므로 너무 긴 검사 시간 및 고 비용 문제로 환자의 동의를 구하기 어려워 시행하지 못하였다. 그리고 환자군의 임상적 특징에서 실시간 3차원 심초음파를 이용한 도부타민 부하검사 군에서 심근 경색환자 수가 많아 두 검사의 민감도 및 양성 예측도에 영향을 줄 수 있을 것으로 사료된다. 그러나 기저상태에서 정상 벽운동 또는 중등도 이하 벽운동 장애를 보이는 환자만을 대상으로 하였기 때문에 결과에 미치는 영향은 그리 크지 않았을 것으로 사료되는 바이다.

둘째로 본 연구는 관상동맥 분포에 따른 도부타민 부하검사의 정확성을 분석하지는 않았다. 이는 두 검사 방법이 영상을 확보하는 방법에서 차이가 있지만, 영상을 분석하는 방법에 있어서는 실시간 3차원 심초음파를 이용한 검사도 MPR mode로 얻어지는 이면성 영상에서 벽 운동을 평가하기 때문에 결과에 크게 차이가 없을 것으로 생각된다. 마지막으로 비교적 적은 수의 환자를 대상으로 하였다는 제한점을 가지고 있다. 이를 극복하기 위해서 향후에 더욱 많은 환자를 대상으로 연구가 필요하겠다.

이상의 결과로 실시간 3차원 심초음파를 이용한 도부타민 부하검사는 검사 시간을 단축할 수 있어 환자에게 편리함을 줄 수 있을 뿐 아니라, 임상에서도 그동안 장시간 검사 시간 소요로 적은 환자에서 시행되었던 도부타민 부하검사 수를 더 늘릴 수 있다는 장점을 확인할 수 있었다. 그러나 현재까지는 오프라인에서만 국소벽 운동장애를 분석할 수 있다는 점과 과거에 비해 시간 및 공간 해상도에서 많은 향상이 있었다고는 하나 아직은 이면성 심초음파에 비해 상

대적으로 낮은 시간 및 공간 해상도를 가지고 있는 제한점이 있지만 이러한 문제점들도 향후 개발을 통해 극복될 수 있을 것으로 기대하는 바이다.

결론적으로 실시간 3차원 심초음파를 이용한 도부타민 부하검사는 기존의 이면성 심초음파를 이용한 도부타민 부하검사와 비교하여 관상동맥 질환을 진단하는데 있어 기존의 이면성 심초음파를 이용한 도부타민 부하검사와 비교하여 견줄만한 뿐 아니라, 총 검사 시간을 유의하게 단축시킬 수 있어 임상에서 쉽고 빠르게 사용될 수 있는 유용한 검사 방법으로 사료되며 따라서 향후 임상에서 널리 사용될 수 있을 것으로 기대되는 바이다.

요 약

배경 및 목적 :

관상동맥 질환을 진단하는데 실시간 3차원 심초음파와 이면성 심초음파를 이용한 도부타민 부하검사의 유용성과 정확성을 알아보고자 본 연구를 시행하였다.

방 법 :

대상 환자는 본원을 흉통을 주소로 내원한 협심증이 의심되는 환자와 관상동맥 혈관재형성 후 재협착이 의심되는 환자를 대상으로 하였다. 환자군을 무작위로 두 군으로 분류하여 이면성 심초음파와 실시간 3차원 심초음파를 이용한 도부타민 부하검사를 시행하였고, 도부타민은 초기 10 $\mu\text{g/kg/min}$ 부터 투여하여 약 3분 간격으로 최대 40 $\mu\text{g/kg/min}$ 까지 투여하였고 연령을 고려한 최대 심박수 85%에 도달하지 못하는 경우 atropine 0.25 mg을 정맥내로 정주하여 최대 1 mg까지 투여하였다.

결 과 :

전체 62명 중 36명은 실시간 3차원 도부타민 부하 심초음파검사를, 26명은 이면성 도부타민 부하 심초음파검사를 시행하였고, 평균 연령은 각각 59 ± 12 세, 60 ± 11 세였고 남녀 비는 각각 27 : 9, 17 : 9이었다.

총 검사 시간은 실시간 3차원 도부타민 부하 심초음파검사가 25 ± 4 분, 이면성 도부타민 부하 심초음파검사가 37 ± 4 분으로 의미 있는 차이를 보였다($p < 0.001$).

관상동맥 조영술에서 50% 이상의 협착 소견은 62명 중 29명으로, 단일 혈관질환 13명, 두 혈관질환 7명, 세 혈관질환 9명이었다.

실시간 3차원 도부타민 부하 심초음파검사와 이면성 도부타민 부하 심초음파검사 민감도는 80% vs. 67%($p > 0.05$), 특이도는 93% vs. 94%($p > 0.05$) 그리고 정확도는 86% vs. 85%($p > 0.05$)이었다.

검사 중 심실빈맥, 심한 저혈압, 급성심근경색증, 사망 등의 심각한 부작용이 있었던 환자는 없었다.

결 론 :

실시간 3차원 심초음파를 이용한 도부타민 부하검사는 이

면성 심초음파를 이용한 도부타민 부하검사와 견줄만한 뿐 아니라, 전체적인 좌심실 이미지를 쉽고 빠르게 획득하여 검사 시간을 기존의 도부타민 심초음파 검사 방법보다 단축할 수 있어 관상동맥 질환의 진단에 임상적으로 유용한 검사 방법으로 사료되는 바이다.

중심 단어 : 도부타민 부하검사 ; 실시간 3차원 심초음파 ; 관상동맥 질환.

■ 감사문

본 연구의 진행에 많은 도움을 주신 심초음파 검사실의 전민재, 채정 심초음파 기사 분들께 진심으로 감사드립니다.

REFERENCES

- 1) Sawada SG, Segar DS, Ryan T, et al. Echocardiographic detection of coronary artery disease during dobutamine infusion. *Circulation* 1991;83:1605-14.
- 2) Geleijnse ML, Fioretti PM, Roelandt JR. Methodology, feasibility, safety and diagnostic accuracy of dobutamine stress echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 1997;30:595-606.
- 3) Kim HC, Chae JK, Moon SK, Kim WH, Ko JK. Usefulness of dobutamine stress echocardiography for detecting restenosis after coronary artery stenting. *J Korean Soc Echocardiogr* 1998;6:123-30.
- 4) Goh CW, Rim SJ, Ha JW, et al. Prognostic value of dobutamine echocardiography in prediction of late recovery of regional myocardial dysfunction in patients with acute myocardial infarction. *Korean Circ J* 1998;28:1473-9.
- 5) Chung BY, Rim SJ, Choi SH, et al. Dobutamine echocardiography in chronic coronary artery disease with left ventricular dysfunction. *Korean Circ J* 1998;28:1237-43.
- 6) Jeong JW, Oh SK, Lim SB, et al. Usefulness of dobutamine stress echocardiography for identification of viable myocardium in acute myocardial infarction. *J Korean Soc Echocardiogr* 1997;5:94-102.
- 7) Chuah SC, Pellikka PA, Roger VL, McCully RB, Seward JB. Role of dobutamine stress echocardiography in predicting outcome in 860 patients with known or suspected coronary artery disease. *Circulation* 1998;97:1474-80.
- 8) Poldermans D, Fioretti PM, Boersma E, et al. Long-term prognostic value of dobutamine-atropine stress echocardiography in 1737 patients with known or suspected coronary artery disease: a single-center experience. *Circulation* 1999;99:757-62.
- 9) Popp R, Agatston A, Armstrong W, et al. Recommendations for training in performance and interpretation of stress echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 1998;11:95-6.
- 10) Dagianti A, Penco M, Agati L, Sciomer S, Rosanio S, Fedele F. Stress echocardiography: comparison of exercise, dipyridamole and dobutamine in detecting and predicting the extent of coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 1995;26:18-25.
- 11) Marwick T, Willemart B, D'hondt AM, et al. Selection of the optimal nonexercise stress for the evaluation of ischemic regional myocardial dysfunction and malperfusion: comparison of dobutamine and adenosine using echocardiography and 99mTc-MIBI single photon emission computed tomography. *Circulation* 1993;87:345-54.
- 12) Beleslin BD, Ostojic M, Stepanovic J, et al. Stress echocardiography in the detection of myocardial ischemia: head-to-head comparison of exercise, dobutamine, and dipyridamole tests. *Circulation* 1994;90:1168-76.
- 13) Kang HS. Stress echocardiography. *J Korean Soc Echocardiogr*

- 2001;9:93-6.
- 14) Takuma S, Zwas DR, Fard A, et al. *Real-time, 3-dimensional echocardiography acquires all standard 2-dimensional images from 2 volume sets: a clinical demonstration in 45 patients. J Am Soc Echocardiogr* 1999;12:1-6.
 - 15) Ahmad M, Xie T, McCulloch M, Abreo G, Runge M. *Real-time three-dimensional dobutamine stress echocardiography in assessment stress echocardiography in assessment of ischemia: comparison with two-dimensional dobutamine stress echocardiography. J Am Coll Cardiol* 2001;37:1303-9.
 - 16) Shiota T, McCarthy PM, White RD, et al. *Initial clinical experience of real-time three-dimensional echocardiography in patients with ischemic and idiopathic dilated cardiomyopathy. Am J Cardiol* 1999;84:1068-73.
 - 17) Kisslo J, Firek B, Ota T, et al. *Real-time volumetric echocardiography: the technology and the possibilities. Echocardiography* 2000;17:773-9.
 - 18) Takuma S, Ota T, Muro T, et al. *Assessment of left ventricular function by realtime 3-dimensional echocardiography compared with conventional noninvasive methods. J Am Soc Echocardiogr* 2001;14:275-84.
 - 19) Sugeng L, Weinert L, Thiele K, Lang RM. *Real-time three-dimensional echocardiography using a novel matrix array transducer. Echocardiography* 2003;20:623-35.
 - 20) Matsumura Y, Hozumi T, Arai K, et al. *Non-invasive assessment of myocardial ischaemia using new real-time three-dimensional dobutamine stress echocardiography: comparison with conventional two-dimensional methods. Eur Heart J* 2005;26:1625-32.
 - 21) Collins M, Hsieh A, Ohazama CJ, et al. *Assessment of regional wall motion abnormalities with real-time three-dimensional echocardiography. J Am Soc Echocardiogr* 1999;12:7-14.