개심술을 시행하는 환자에서 경식도 심초음파의 이용*

조규도**·김치경**

=Abstract=

The Usefulness of Transesophageal Echocardiography During Heart Surgery *

Kyu Do Cho, M.D.**, Chi Kyung Kim, M.D.**

This study reviewed useful aspects of the intraoperative transesophageal echocardiography among the patients in whom heart surgery were undertaken between January 1996 and July 1996 at St.Pauls hospital, Medical College of Catholic University, Seoul, Korea. During that period, 61 patients were operated on because of valvular heart disease(25 patients), coronary artery disease(22 patients), congenital heart disease(13 patients), and combined coronary artery disease and valvular heart disease(1 patient). Two patients(1 redo-VSD and 1 valvular heart diease) needed repeated aortic cross clamping and complementary procedures because of incomplete initial procedures. There was no incidence of air embolism. We could observe significant relationship of cardiac output monitoring methods either by thermodilution technique and transesophageal echocardiography by linear regression analysis($p<0.001$). We tested myocardial response(percentage of systolic wall thickness, PSWT) with low dose dobutamine challenge to predict post-CABG myocardial perfusion. And the test showed statistically significant response(sensitivity 76%, specificity 94.7%, positive predictive value 95%, negative predictive value 75%). These results suggest that cardiac surgeon could draw more benefits by intraoperative transesophageal echocardiography.

(Korean J Thorac Cardiovasc Surg 1997;30:1205-13)

Kew word: 1. Echocardiography
2. Heart Surgery
3. Coronary artery bypass

서 론

지난 20여년간에 걸쳐 발전한 심초음파도는 진단 목적뿐 아니라 수술 중 감시의 목적으로도 널리 이용되게 되었다. 특히 Ungerleider 등[1]이 주장한 바와 같이 선천성 및 후천성 심장 질환의 수술을 하는 심장외과의들이야말로 심초음파도에 의한 정보를 가장 잘 이용할 수 있는 위치에 있어야 한다. 이차원적 경식도 심초음파는 선천성 심질환 및 판막수술 후의 성공 여부의 판단, 대동맥 차단의 제거시 공기 색전의 예방, 관상동맥우회술 후 심실 벽운동의 이상 유무를 통한

* 가톨릭대학교 의과대학 흉부외과학교실
** Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, The Catholic University of Korea, College of Medicine, Seoul
* 본 논문은 1997년도 가톨릭중앙의료원 임상연구비의 일부 보조로 이루어졌음.
* 본 논문은 1996년 제28차 대한흉부외과학회 추계학술대회에서 발표되었음.
논문접수일 : 97년 5월 24일 심사통과일 : 97년 6월 25일
책임저자 : 조규도, (132-022) 서울특별시 동대문구 전농동 620-56, 가톨릭대학교 흉부외과학 교실. Tel. (02) 958-2138, Fax. (02) 960-4568

Table 1. Patients Profile

Congenital heart disease(mean age 16.4 years, 8~32 years)	
Atrial septal defect	5 (redo 1 case)
Ventricular septal defect	4 (redo 2 cases)
Ebsteins anomaly	2
Tetralogy of Fallot	1 (redo case)
Rupture of Sinus Valsalva aneurysm	1
Total	13(redo 4 cases)
Acquired heart disease(mean age 53.2 years, 37~74 years)	
AVR	5
AVR & mitral valve repair	2
Aortic valve repair	1
DVR	4
MVR	4
Mitral valve repair	4
Mitral & tricuspid valve repair	2
MVR & tricuspid valve repair	1
Tricuspid valve repair	2
CABG	22
CABG & MVR	1
Total	48

AVR, aortic valve replacement; DVR, double valve replacement; MVR, mitral valve replacement; CABG, coronary artery bypass graft surgery.

수술의 평가 등에 유용하게 이용되고 있으며 또 초음파에 의한 심박출 양을 측정함으로써 수술 중 환자 관리를 용이하게 한다.

저자들은 경식도 심초음파를 여러 종류의 심질환 환자의 개심술에서 이용한 결과를 후향적으로 분석하여 그 유용성을 평가하였다.

대상 및 방법

가톨릭대학교 성바오로병원 흉부외과에서 1996년 1월부터 7월까지 개심술을 받은 환자 61명을 대상으로 하였으며 모든 환자에게 본 연구에 대한 동의를 받았다. 환자의 성별 분포는 남자 30명, 여자 31명이었으며 평균 연령은 45.4세(선천성 심질환 16.4세, 후천성 심질환 53.2세)였다. 전체 환자 중 질환별 분포를 보면 선천성 심질환 13명, 심관상동맥질환 22명, 판막 질환 25명, 판막질환과 관상동맥질환이 병발한 경우가 1명이었다(Table 1).

모든 환자에서 마취 유도 전에 폐동맥도관(Swan-Gantz Catheter, Arrow Co., USA)을 우측 경정맥 내에 삽입하여 방사선 투시기 감시하에 폐동맥에 위치시키고 요골동맥에 도관을 삽입하여 변환기(Model MS860, Medex Inc., USA)에 연결하였다.

마취 유도는 midazolam, phenyarmine malate, fentanyl citrate, vecuronium bromide와 thiopental Sodium 투여 후 기관내 삽관을 시행하였고 fentanyl(50~70mcg/kg), vecuronium, midazolam으로 마취 유지를 하였다. 수술 중 환자감시장치(Surgical 7000, Marquett Co., USA)를 이용하여 모든 혈역학 변화를 지속적으로 관찰하였고 또한 다른 환자감시장치(Patient Monitor, Model PM8014, Drager Co., Germany)를 이용하여 호기말 이산화탄소 분압, 맥박 및 산소포화도가 정상 범위 내에 있도록 조절호흡을 하였다.

1) 마취유도 및 기관내 삽관 20분 후 활력상태가 안정되었을 때 5MHz, 양면성 경식도 심초음파기(Model 128XP, Acuson Co., USA)의 소식자를 식도로 삽입하여 모든 예(61명)에서 수술 전 심장 질환 상태(선천성 심질환 상태, 판막 질환 상태, 심관상동맥 질환의 심벽운동이상) 을 확인 하였다. 전 예 모두에서 개심술 후 대동맥 차단을 제거 후 수술의 성공 여부를 경식도 심초음파에 의해 평가하였다.

2) 심박출량 측정을 위해 61예 중 22명(관상동맥 우회로술 13예, 승모판막 성형 및 치환술 9예, 평균 58.4±10.8세)에서 횡단면에서 좌심실 유출로의 장축상이 나타나도록 위치를 조절 후 좌심실 유출로의 직경은 2차원 영상에서 최대로 나올 수 있도록 조정하여 대동맥 판막륜 기시부에서 Inner edge to inner edge 방법을 이용해 심장 조기 수축기에 측정하였고 좌심실 유출로의 면적은 $3.14\times$직경^{2}으로 계산하였다. 선천성 심질환, 색도플러 경식도심초음파에 관찰된 삼첨판 역류 및 대동맥 판막 부전, 이차원 경식도 초음파에 관찰되는 심한 대동맥 판막 협착 환자는 제외하였다. 도플러에 의한 심박출량은 대동맥 판막 아래에서 좌심실 유출로의 최대 혈류속도 부분에 간헐파형 도플러의 sample volume cursor를 위치시키고 색도플러 심초음파를 추가하였고 좌심실 유출로 혈류속도의 spectral display는 수축기와 이완기 동안 비디오에 기록하였다. 좌심실 유출로의 Time velocity integral(TVI)은 spectral display의 외부 경계선을 그려 면적으로 계산하였고 5회 측정하여 평균값으로 TVI를 정하였다. 도플러에 의한 심박출량은 좌심실 유출로 면적, 좌심실 유출로 TVI, 분당 심박수를 모두 곱하여 계산하였다. 도플러에 의한 심박출량 측정 후 곧 온도희석법에 의한 심박출량을 측정하였으며 측정방법은 폐동맥 카테터 근위부에서 저온의 생리 식염수 10ml를 우심실에 주사하여 Marquett monitor를 통해 측정하였으며 이를 5번 측정한 후 최고치와 최저치를 제외한

후 3회 평균하여 정하였다. 도플러에 의한 심박출량과 온도 희석법에 의한 심박출량의 측정은 가능한 한 도부타민 투여 전에 하였고 두 가지 방법에 의한 심박출량의 측정은 반드시 동일 시점에서 연속해서 측정하였다.

3) 관상동맥 우회로술을 시행한 23명의 환자(남자 14명, 여자 9명, 평균 연령 62.9±8.1세)에서는 마취 유도 20분 후, dobutamine 4mcg/kg/min 점적 투여 후 5분, 심폐기 이탈 30분 후에 각각 수축기 심근 두께 변화 백분율을 측정하였다.

a) 수축기 심근 두께 변화 백분율(Percentage of systolic wall thickness, PSWT)의 평가

경식도 초음파기의 소식자를 절치로부터 35~40cm 삽입한 후 전방 굴곡시켜 유두근 수준에서 transgastric short axis view가 나타나도록 고정시켰으며 이때 좌심실은 원형에 가깝게, 전측 유두근과 후내측 유두근은 크기가 같게 유지시켰다. 2차원적 초음파도를 통해 좌심실을 술 전과 술 후에 관찰하였으며 비디오에는 마취유도 20분 후, dobutamine 4 mcg/kg/min. 점적 투여 5분 후, 심폐기 이탈 30분 후에 녹화하였다. 심초음파도의 분석은 transgastric short axis view에서 좌심실을 5개 분절로 나누어 총 68분절을 분석하였다(평균 일인당 3분절). 수축기 심근두께 변화 백분율은 심전도에 의해서 결정한 수축기 말과 이완기 말에 심근두께를 측정하여 도부타민 투여 전에 30%이하이면 이상 벽 운동을 보이는 분절로 판정하였고 이상 벽 운동을 보이던 분절 중 도부타민 투여 후와 수술 후에 PSWT가 10% 이상 증가되면 반응군으로 하였다.

$$PSWT(\%) = \frac{End\ systolic\ wall\ thickness - End\ diastolic\ wall\ thickness}{End\ diastolic\ wall\ thickness} \times 100$$

b) 박출계수의 평가

경식도 초음파의 횡축상에서 삼첨판과 승모판이 잘 나타나도록 4 chamber view로 위치시킨 후 심전도에 의해 결정한 수축기 말과 이완기 말에 좌심실 내의 심내막 경계를 따라 선을 그어 수축기 말과 이완기 말의 좌심실 용적(A)과 길이(L)를 측정한 다음 초음파를 종축상으로 바꾸어 2 chamber view가 나타나도록 위치시킨 후 같은 방법으로 좌심실 용적(B)을 측정하여 Simpson씨의 수정방법에 의해 박출계수를 측정하였다.

Modified Simpsons rule

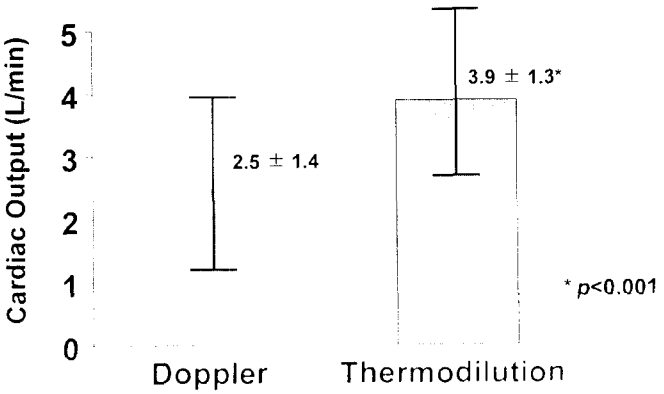

Fig. 1. Doppler vs Thermodilution cardiac output(n=22).

$$Volume = \frac{\pi}{4} \sum_{i=1}^{20} A \cdot B \frac{L}{20}$$

{Ejection} {Fraction} =

$$\frac{End\ diastolic\ volume - End\ systolic\ volume}{End\ diastolic\ volume} \times 100$$

c) 혈역학적 평가

혈역학적 평가는 온도희석법으로 심박출량을 5회 측정하여 최고치와 최저치를 제외한 후 3회 평균치로 구하였다. 그 외의 혈역학 지수는 폐동맥 카테터와 요골동맥 카테터로 측정한 값을 계산하여 구하였다.

모든 성적은 평균 표준편차로 표시하였으며 경식도 초음파를 이용한 심박출량과 온도희석법에 의한 심박출량의 비교와 PSWT, 박출계수와 혈역학적 변화의 비교는 paired Students t-test를 사용하였고, 이상벽운동을 보이는 분절군과 이상벽 운동을 보이지 않는 분절군의 비교는 unpaired t-test를 사용하였다. 상관관계는 first order linear regression analysis를 이용하여 통계 검증하였다. 모든 통계는 $p<0.05$일 때 유의한 것으로 하였다. 또한 도부타민 투여 후와 관상동맥 우회술 후에는 반응군과 비반응군의 분절수로 임상적 정확도를 평가하였다.

결 과

1) 대동맥 차단 전후의 경식도 초음파 소견에 따라 교정술을 다시 시행했던 경우는 선천성 심질환 13예 중 redo-VSD 1예 였고 판막질환 26 예 중1 예의 대동맥 판막 치환 환자에서 21mm St. Jude판막을 치환했다가 판막 주위 누출의

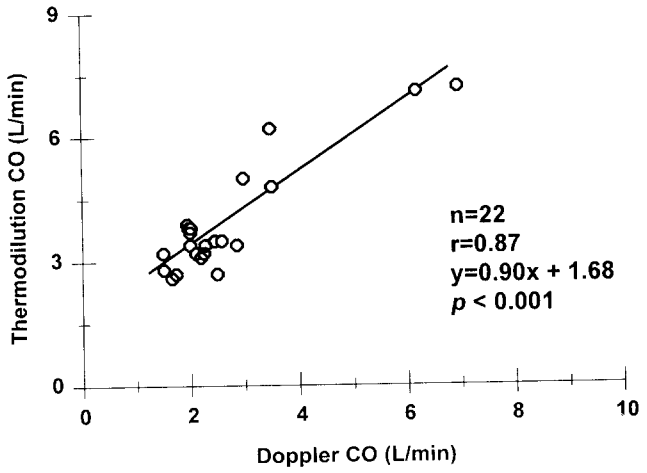

Fig. 2. Correlation between Doppler vs Thermodilution cardiac output(n=22).

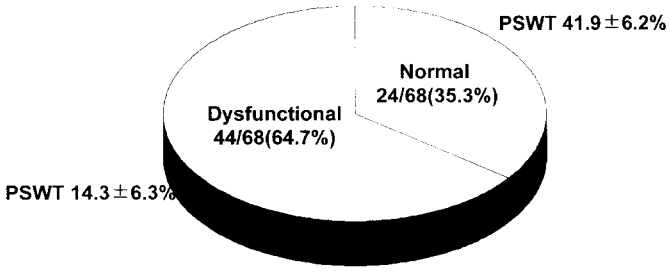

Fig. 3. Distribution of normal & dysfunctional segments (n=68).

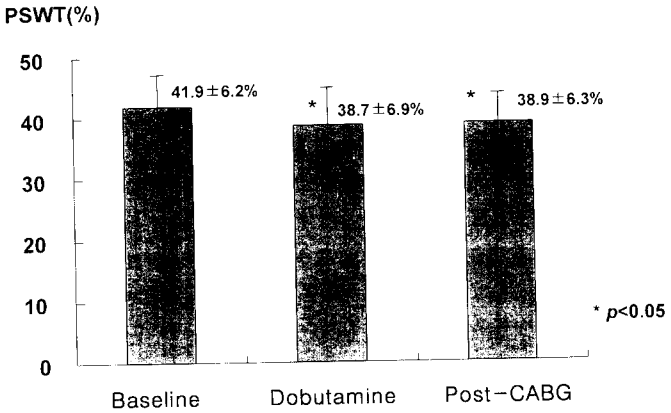

Fig. 4. Changes of PSWT in normal segments during dobutamine infusion and after CABG(n=24).

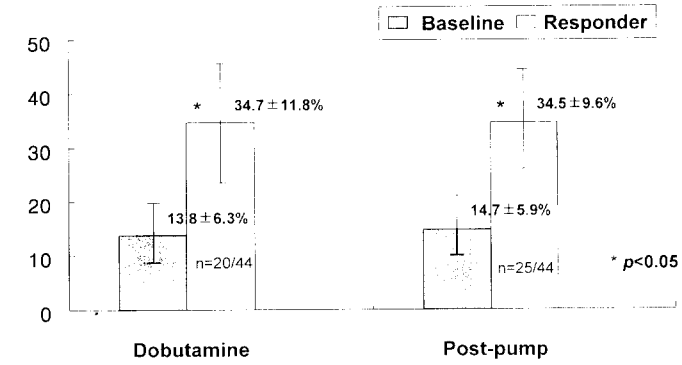

Fig. 5. Changes of PSWT in responders among dysfunctional segments during dobutamine infusion(n=20) and after CABG(n=25).

소견으로 인해 23mm의 St. Jude 판막으로 대치하였다.

2) 경식도 초음파로 측정한 심박출량은 2.5±1.4L/min(분당심박수, 63±14)였고 온도희석법으로 측정한 심박출량은 3.9±1.3L/min(분당심박수, 66±12)로 온도희석법에 의한 심박출량이 통계적으로 유의하게 높았으나($p<0.05$, Fig. 1) linear regression analysis로 분석한 결과 좌심실 유출로에서 간헐파형 도플러로 측정한 심박출량과 온도희석법으로 측정한 심박출량은 높은 상관관계를 보였다(r = 0.87, SEE = 0.89, y=0.90x + 1.68($p<0.001$, Fig. 2).

3) 수축기 심근 두께 변화 백분율(Percentage of systolic wall thickness, PSWT)의 평가

a) 관상동맥 우회로술을 시행한 23명의 환자(환자 1인 당 2.8개의 우회로술 시행)에서 관찰된 총 68분절(환자 1인 당 평균 3분절을 관찰) 중 24개 정상 분절(35.3%)에서 정상 벽운동을 보였고 44개 분절(64.7%)이 허혈성 변화인 이상 벽운동을 보였다(Fig. 3). 정상 분절들에서 PSWT는 체외순환 전, 도부타민 투여 전(41.9±6.2%, $p<0.05$)이 도부타민 투여 후(38.7±6.9%)나 관상동맥우회로술 후(38.9±6.3%)에 비해 의미 있게 높았으나 임상적으로 모두 정상 범위를 보였다(Fig. 4). 이상 벽운동을 보인 44분절 중 45.4%(20개 분절)에서 도부타민 투여 후 양성 반응을 보였고(20/44, 13.8±6.3% → 34.7±11.8%, $p<0.05$), 관상동맥 우회로술 시행 후에는 56.8%(25개 분절)에서 양성 반응을 보였다(14.7±5.9% → 34.5±9.6%, $p<0.01$, Fig. 5). 같은 44개 분절 중 비반응군은 도부타민 투여 후 54.6%(24개 분절)에서 음성 반응(14.8±6.4% → 16.9±7.6%, p=NS)을 보였고 관상동맥 우회로술 시행 후 43.2%(19개 분절)에서 음성 반응(13.8±6.9% → 15.3±8.1%, p=NS)을 보였다(Fig. 6). 이러한 결과의 임상적 정확도를 측정하면 저 용량 도부타민 투여 후 반응과 관상동맥 우회로술 후 반응의 상관 관계의 민감도는 76%, 특이도 94.7%, 양성 예측치 95%, 음성 예측치 75%였고 전체 정확도는 84.1%였다. PSWT측정 시 reproducibility(n=15)는 평균 intraobserver variability가 5.6±3.5%였고 interobserver variability(2인)는 6.8±4.2%였다.

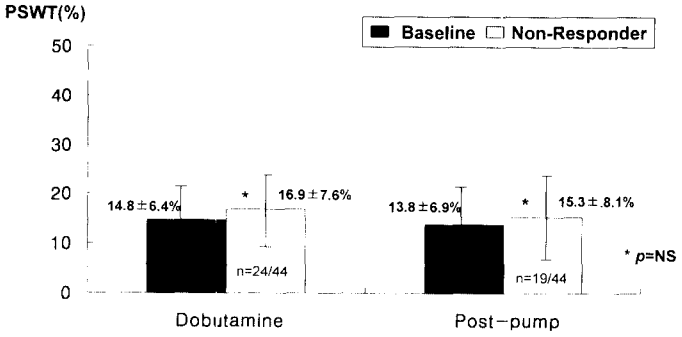

Fig. 6. Changes of PSWT in non-responders among functional segments during dobutamine infusion(n=24) and after CABG(n=19).

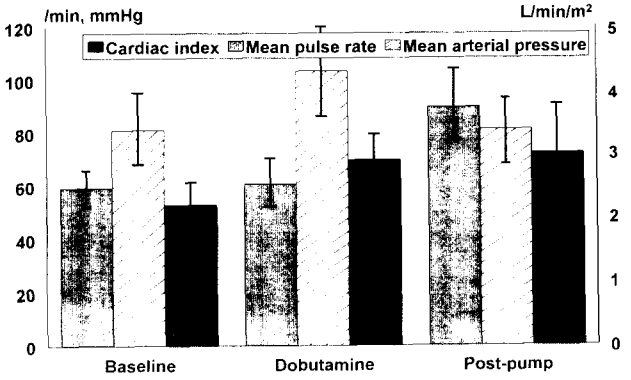

Fig. 8. Hemodynamic changes(n=23).

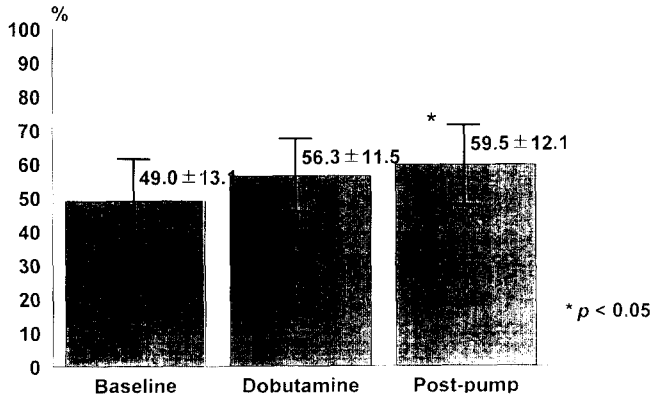

Fig. 7. Changes of ejection fraction(n=23)

b) 박출계수의 변화

관상동맥 우회로술을 시행한 23명의 환자 전체를 보았을 때 박출계수의 변화는 도부타민 투여 전에는 49.0±13.1%, 도부타민 투여 후에는 56.3±11.5%, 심폐기 이탈 후에는 59.5±12.1%로 도부타민 투여 후와 심폐기 이탈 후에 통계적으로 의미있는 증가를 보였다($p<0.05$, Fig. 7).

c) 혈역학적 변화

23명의 환자 전체에서 도부타민 투여 전, 투여 후, 심폐기 이탈 후의 평균 심박수는 59.3±7.7회/분, 60.6±9.8회/분, 89.6±13.0회/분($p<0.01$)이었고 평균 동맥압은 81.0±13.1 mmHg, 103.2±18.2 mmHg($p<0.01$), 81.0±12.0 mmHg였으며 심장지수(cardiac index)는 2.2±0.4L/min/m^2, 2.7±0.6L/min/m^2($p<0.01$), 3.0±1.1L/min/m^2($p<0.01$)이었다(Fig. 8).

수술 후 사망 예는 3예로서 선천성 심질환 환자 중 1명이 활롯씨4증후군 재수술 후의 저심박출증으로, 관상동맥우회로술 후 뇌출혈과 상부 위장관 출혈로 각각 1예 이었다.

고 찰

심장 수술을 받는 환자의 수술 중 감시 장치로 여러 방법이 쓰이고 있지만 경식도 초음파의 발달로 인해 심정지 기간을 포함한 전 수술 과정의 평가기 가능하게 되었다[2]. 선천성 심장 기형, 판막 질환의 수술장에서 즉시 평가를 비롯하여 심관상 동맥 질환에서 관상동맥 우회로술 전 후의 좌심실 운동을 측정하여 수술의 완성도 여부를 평가할 뿐 아니라 hibernating myocardium과 stunned myocardium을 감별하여 관상동맥 우회로술이 필요한 부위를 수술실 내에서 선택할 수도 있다[3, 4]. 본 연구에서는 동일 인에 의해서 측정한 후 서로 다른 두 사람에 의해 판독된 자료를 가지고 선천성 심기형 질환, 후천성 판막 질환, 관상동맥 질환의 수술에서 경식도 초음파도의 사용 범위와 그 유용성에 대한 평가를 시도 하였다.

Stevenson 등[5]은 경식도 초음파도를 이용해 개심술시 감시한 선천성 심질환 환자 중 수술 후 잔존 결함은 230명 중 17명으로써 7.4%에 달했으며 이들을 진단별로 보면 좌심실 유출로 협착 질환에서 32%(28명 중 9명), 심실중격 결손 질환에서 6.4%(78명 중 5명), Arterial Switch operation에서 6%(16명 중 1명), 대동맥 판막 질환에서 3%(32명 중 1명), 그리고 DORV의 경우 33%(3명중 1명)이었다고 보고하였다. 이러한 잔존 결손을 즉시 보완 교정 해주지 않았던 경우를 즉시 보완 교정해 주었던 경우와 비교해보면 임상적으로 만족할만한 결과가 후자에서는 83%였던 데 반해 전자의 경우 21%에 불과했다는 보고도 있다[1]. 또한 이차원적 경식도 초음파도는 판막수술 환자에서 남아있는 잔존 협착 및 판막 역류의 평

가와 역류량의 정도를 평가할 수 있어 유용하게 쓰인다[6]. 판막 수술 특히 판막 교정술(valve repair)을 시행한 경우에는 혈역학 수치를 안정시키는 것이 중요하다. 심정지액 및 저체온의 효과가 없어야 하며 승모판막의 경우 수축기 동맥압을[7], 삼첨판 교정 시에는 폐동맥 수축기압을 특히 안정시켜야 하는데[8] 그러기 위해서는 체외 순환의 종료 후 10 내지 20분이 지난 후에 측정하는 것이 적당하다. 인공 판막, 특히 기계식의 판막을 쓰는 경우 Jet flow 모양의 grade I 정도의 판막주위 역류가 경식도 초음파도에 의해 흔히 관찰된다[9]. 본 연구에서는 단락을 가지는 선천성 심기형 질환 13예 중 1예(심실중격결손 재수술)에서 첨포봉합 후 잔존 단락이 발견되었고 판막 질환 26예(1예는 심관상동맥 질환 동반) 중 1예의 대동맥판막치환 환자에서 21 mm St. Jude 판막치환술 후 grade II의 판막주위 역류 소견으로 두 례 모두 두 번째의 심정지 후 심실중격결손 재수술에서는 보완 봉합에 의해, 대동맥판막치환 환자에서는 23 mm St. Jude 판막의 재치환술로 수술을 마쳤다.

개심술을 시행하였을 때 심장 내 공기를 확인하는 데 가장 예민한 것은 경식도 초음파도로서 직경 5μm의 공기 방울까지 포착할 수 있다 하며 심폐 체외순환을 할 때 14 내지 79%의 환자에서 심장 내 공기가 발견된다고 한다[10,11]. Cicek 등[12]은 개심술 후 고식적인 방법으로 공기 제거를 하였을 때 69.2%의 환자에서 심장 내 공기가 발견되었고 주로 우상 폐정맥과 좌심실 첨부에 위치하고 있었다고 보고했다. 저자들은 경식도 초음파로 발견된 공기의 위치나 그 빈도를 특별히 기록하지는 않았으나 공기 방울이 발견되면 환자의 머리를 충분히 낮춘 후 심정지액 주입구를 통해 경식도 초음파도 상 공기 방울이 안보일 때까지 누출시켜 수술 후 다량의 공기 색전에 의한 것으로 보이는 뇌증상을 전 례에서 방지할 수 있었다.

경식도 초음파도는 또한 수술 시야와 상관없이 지속적으로 좌심실 기능이나 심박출량, 심박계수 등을 측정할 수 있고 이러한 측정치는 신뢰도가 높은 것으로 나타났다[13,14]. 심박출량 측정에는 지속파형과 간헐파형 모두 쓰일 수 있다. 지속파형 도플러는 정확한 일정 부위에서의 측정은 불가능하지만 혈류 속도가 높은 곳에서 측정이 가능한 반면에 간헐파형 도플러는 혈류 속도가 높은 곳에서는 측정이 부정확하지만 정확한 부위에서의 혈류 속도 측정이 가능하다[15]. Evangelista 등[16]은 aortic vena contracta의 불안정과 대동맥 판막 면적의 변화에 의해 심박출량에 영향을 미치기 때문에 간헐파형 도플러를 이용한 좌심실 유출로에서의 심박출량 측정이 온도희석법을 이용한 심박출량과 더 좋은 일치를 보여주었다. 본 연구에서는 대동맥 판막륜 바로 아래 부분에서 간헐파형 도플러로 심박출량을 측정하여 온도희석법으로 측정한 심박출량과 비교하였다. 측정 결과 상관 관계는 r=0.87 (SEE=0.89, y=0.90x+1.68, p<0.001)로 높았으나 좌심실 유출로에서 경식도 초음파도에 의한 심박출량이 통계학적으로 의의 있게 낮았다(2.5±1.4L/min 대 3.9±1.3L/min, p<0.05). 경식도 초음파도로 측정한 심박출량이 더 적게 측정된 이유로는 온도희석법에서의 주입용량, 카테터 위치의 변화, 혈액과 주입용액 사이의 부적절한 온도 차이 등으로 인한 10%의 내인성 오차가 관여한 것으로 추정된다.

심근 허혈의 진단은 다발 유도 심전도의 ST분절의 변화나 폐동맥 쐐기압의 변화보다 이차원적 영상의 심초음파도에 의한 이상 벽운동 분절의 관찰이 더 예민하고 특이성이 높으며[17, 18] 경식도 초음파도는 경흉부 초음파도에 비해 심내막과 심외막 경계선이 보다 더 명확해서 관상동맥 질환에서 감시 장치로 더욱 장점이 있다[19]. 심근 허혈 상태에서 심초음파도에 의한 평가 방법은 수축기 벽운동 이상을 평가하거나 수축기 심근 두께의 변화 백분율을 측정해서 평가할 수 있다. 심근은 관상동맥 혈류의 감소 시 요구량에 비한 에너지 공급의 불균형을 초래해서 혈류 감소에 비례하여 심근 수축력의 저하를 유발해서 경증 운동 저하증에서, 중증 운동 저하증, 무운동증, 이상 운동증으로 진행된다[20]. 심근의 정상 수축 시 PSWT나 심실 중앙에서 심내막까지의 반경 수축 변화가 30% 이상일 때이며, 경증 운동 저하증은 10~30%의 반경 수축 변화나 PSWT의 변화를 보인다. 중증 운동 저하증은 10% 이하의 반경 수축 변화나 PSWT의 변화를 보이고, 무운동증은 수축기 때 심실 벽 두께의 변화가 없거나 벽운동이 없는 상태를 의미하고 이상 운동증은 수축기 때 벽이 얇아지며 역행성 벽운동 및 심실 벽의 동맥류 변화가 일어난다[15, 21]. 그 외의 다른 평가 방법으로 미국 심초음파 학회에서 추천한 바와 같이 심실을 16분절로 나누어 각 분절을 정상분절(1점), 운동저하(2점), 무운동증(3점), 이상운동증(4점), 동맥류성 변화(5점), 심근반흔이 없는 무운동증(6점), 심근반흔이 있는 무운동증(7점)으로 나누어 산정한 후 분절 수로 나누어 평가하여 1 점이면 정상, 2점 이상일 때 비정상으로 판단하기도 한다[22]. 또한 심근 허혈시 심초음파도에 의해 좌심실 용적과 박출계수를 측정하여 심실 기능을 평가할 수 있다. 수축기 때의 심실 반경의 변화는 심장 축이 변할 때마다 교정을 해야 하며, 분절의 점수에 의한 평가는 모든 분절의 심초음파 영상이 잘 나타나야만 하는 요구 조건이 필요한데 본 연구에서는 후향적인 조사인 관계로 모든 분절을 동일 심장축에서 조사하지 못했기 때문에 심첨부와 기저부 분절 기능은 간과할 우려는 있지만 대신 3개의 관상동맥에 의해 관류되는 심근 분절을 관찰하기 위해 임상적으로 유용한 유두근 부위의 transgastric short axis view에서 좌심실은 원형에 가깝게, 유두근의 크기는 같게 영상을 유지하여 수축

기 심근두께 변화(PSWT)의 변화를 보아 분절의 이상 벽운동을 평가하였다[23]. 다만 transgastric short axis view에서 심실용적 변화의 측정으로 박출계수를 측정 할 때는 심첨 부위와 심기저부위에서의 이상 벽운동 분절에 의한 용적이 간과될 수 있기 때문에 Simpson씨의 수정 방법으로 2 chamber view와 4 chamber view에서 심실 용적을 측정하여 박출계수를 평가하여 심실 기능을 조사하였다.

Barilla들[24]과 Smart들[25]은 급성 심근허혈 후 심근의 혈가 회복되더라도 어느 기간 동안 지속적인 생화학적 심기능 이상을 보이는 stunned myocardium과 심근 수축력의 예비량을 가지고 있어 관상동맥의 재관류로 심근 산소 공급과 산소 소비 관계가 정상화 될 수 있는 hibernating myocardium[4]을 술 전에 감별할 수 있다고 보고하였다. 그 감별 방법으로 ^{201}Thallium의 심근 흡수와 배출에 따라 심근의 생존 능력을 관찰하는 ^{201}Thallium scanning[26], [^{18}F] fluorodeoxyglucose를 이용하여 대사 작용에 의한 심근의 생존 가능성을 알 수 있는 Positron emission tomography(PET)[27], 강심제나 혈관 확장제를 이용한 방법이나 post-extra systolic potentiation을 이용한 방법[28, 29]들이 있다. 심근의 생존 능력을 평가하는데 PET가 가장 좋다는 보고도 있지만 Pierard들[27]은 심근의 대사작용과 수축력의 회복이 항상 일치하는 것은 아니며 저 용량 도부타민 투여 시 심초음파도로 심근 생존 능력을 평가하였을 때 좋은 상관관계를 보였다고 하였다. 저자들은 Pierard들[27]과, Movahed들[30]의 방법과 같이 저용량(4 mcg/kg/min.)의 dobuta- mine을 투여하여 심근 수축력의 회복을 평가하였다. 관상동맥 우회로술을 시행한 환자 23명을 전체로 보아 박출계수의 변화는 도부타민 투여 전과, 도부타민 투여 후를 비교하였을 때 49.0±13.1%에서 56.3±11.5%로 증가하였으며 ($p<0.05$) 관상동맥 우회로술 후, 심폐기 이탈 후에도 이러한 변화는 유지되었다(49.0±13.1%에서 59.5±12.1%, $p<0.05$). 또한 심장지수(cardiac index)의 변화는 도부타민 투여 전에 2.2±0.4L/min/m^2, 도부타민 투여 후 2.7±0.6L/min/m^2($p<0.01$), 관상동맥 우회로술 후 3.0±1.1L/min/m^2($p<0.01$)이었다. 각 분절의 PSWT를 조사하였을 때 총 68분절 중 도부타민 투여 전, 투여 후, 심폐기 이탈 후 모두 30%이상의 PSWT를 보인 24개의 정상분절(35.3%)을 제외한 나머지 비정상 분절(64.7%) 중에서 도부타민 투여 전의 PSWT와 비교했을 때 도부타민 반응군은 45.4%에서 평균 20.9%의 PSWT 변화(20/44, 13.8±6.3% → 34.7±11.8%, $p<0.05$) 었는데 비해 관상동맥 우회로술 후 반응군은 56.8%에서 평균 19.8%의 PSWT변화를(14.7±5.9% → 34.5±9.6%, $p<0.05$) 보여 상관 관계의 민감도는 76%, 특이도 94.7%, 양성 예측치 95%, 음성 예측치 75%의 상관 관계를 보였다. 이러한 결과는 비록 본 연구가 후향성 방법으로 이루어 져서 각 환자에서 심첨부와 심 기저부를 포함한 모든 분절을 세분하여 분석하지는 못했지만 가역적인 심근 수축 이상을 보이는 분절 중 저 용량 도부타민으로 예측한 이상의 hibernating myocardium의 충분한 관상동맥 혈류의 공급이 재개되었음을 시사한다고 생각된다. 다만 비정상 분절 중 비반응 군을 가지는 환자들은 수술 후 일정 시간 후에 다시 경식도 심초음파도로 PSWT를 포함한 심벽 운동의 관찰과 심혈관 조영술등의 방법으로 stunned myocardium과 충분치 못한 관상동맥 우회로술 완성도를 감별할 필요가 있을 것이다.

결 론

저자들은 가톨릭 대학교 의과대학 부속 성바오로 병원에서 1996년 1월부터 7월까지 심장 수술시 경식도 심초음파도를 이용하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 선천성 심질환 1예, 판막질환 1예에서 1차 심정지에 의한 수술 후 잔존 결손을 발견하여 2차 심정지에 의한 수술로 불완전한 수술을 예방할 수 있었다.
2. 전 예에서 공기 색전에 의한 합병증을 예방할 수 있었다.
3. 경식도 심초음파로 측정한 심박출량이 의미 있음을 확인하였다.
4. 관상동맥 우회로술을 시행하는 환자에서 저 용량 도부타민 반응의 방법으로 수술장에서 수술의 평가가 의의있음을 시사하였다.

참 고 문 헌

1. Ungerleider RM, Greely WJ, Kanter RJ, et al. *The learning curve for intraoperative echocardiography during congenital heart surgery.* Ann Thorac Surg 1992;54:691-8
2. Missiri J. *Transesophageal Echocardiography: Clinical and intraoperative applications.* Churchill Livingstone, New York, 1993
3. Cigarroa CG, deFilippi CR, Brickner ME, Alvarez LG, Wait MA, Grayburn PA. *Dobutamine stress echocardio0 graphy identifies hibernating myocardium and predicts recovery of left ventricular function after coronary revascularization.* Circulation 1993;88:430-6
4. Braunwald E, Rutherford JD. *Reversible ischemic left ventricular dysfunction: Evidence for the Hibernating myocardium.* J Am Coll Cardiol 1986;8:1467-70
5. Stevenson JG, Sorensen GK, Gartman DM, Hall DG, Rittenhouse EA. *Transesophageal echocardiography during repair of congenital cardiac defects: Identification of residual problems necessitating reoperation.* J Am Soc Echocar 1993;6(4):356-64
6. Sheikh KH, Bengson JR, Rankin JS, de Bruijin NP, Kisslo. J. *Intraoperative transesophageal doppler color*

flow imaging used to guide patient selection and operative treatment of ischemic mitral regurgitation. Circulation 1991;84:594-604

7. Maurer G, Czer LS, Chaux A, et al. *Intraoperative Doppler color flow mapping for assessment of valve repair for mitral regurgitation.* Am J Cardiol 1987;60: 333-7
8. Czer L, Maurer G, Kleinman J, et al. *Tricuspid valve repair: Operative and follow-up evaluation by Doppler color flow mapping.* J Thorac Cardiovasc Surg 1989;98: 101-11
9. Rokowski RJ, Niles NW, Nugent WC, et al. *Transesophageal color Doppler evaluation of mitral regurgitation: comparison with left ventriculography.* Circulation 1989;80(suppl. II):169-74
10. Furuya H, Suzuki T, Okumura F, et al. *Detection of air embolism by transesophageal echocardiography.* Anesthesiology 1983;58:124-9
11. Rodigas PC, Meyer FS, Hausier GB, et al. *Intraoperative two-dimensional echocardiography: Ejection of microbubbles from the left ventricle after cardiac surgery.* Am J Cardiol 1982;50:1130-2
12. Cicek S, Demirkilic U, Tatar H. *Intracardiac Echocardiography: Techniques and Current Applications.* J Card Surg 1993;8:678-92
13. Labovitz AJ, Buckinghuam TA, Habermehlk K, Nelson J, Kennedy HL, Williams GA. *The effects of sampling site on the two dimensional echo-Doppler determination of cardiac output.* Am Heart J 1985;109:327-32
14. Pu M, Griffin BP, Vandervoort PM, Leung DY, Cosgrove III DM, Thomas JD. *Intraoperative validation of mitral inflow determination by transesophageal echocardiography: Comparison of single-plane, biplane and thermodilution techniques.* J Am Coll Cardiol 1995;26:1047-53
15. Kaplan JA. *Cardiac anesthesia.* 3rd ed. Philadelphia, W.B. Saunders Company. 1993, 342-85
16. Evangelista A, Garcia-Dorado D, Castillo HG, Gonzalez-Alujas T, Soler-Soler J. *Cardiac index quantification by Doppler ultrasound in patients without left ventricular outflow tract abnormalities.* J Am Coll Cardiol 1995;25: 710-6
17. Smith JS, Cahalan MK, Benefiel DJ, et al. *Intraoperative detection of myocardial ischemia in high risk patient: electrocardiography versus two dimensional transesophageal echocardiography.* Circulation 1985;72:1015-21
18. van Daele ME, Sutherland GR, Mitchell MM, et al. *Do changes in pulmonary capillary wedge pressure adequately reflect myocardial ischemia during anesthesia?* Circulation 1990;81:865-71
19. Aronson S, Lee BK, Wiencek JG, et al. *Assessment of myocardial perfusion during CABG surgery with two dimensional transesophageal contrast echocardiography.* Anesthesiology 1991;75:433-40
20. Gallagher KP, Kumada T, Koziol JA, McKown MD, Kemper WS, Ross J Jr. *Significance of regional wall thickening abnormalities relative to transmural myocardial perfusion in anesthetized dogs.* Circulation 1980;62:1266-74
21. Voci P, Bilotta F, Caretta Q, Mercanti C. Marino B. *Low-dose dobutamine echocardiography predicts the early response of dysfunctioning myocardial segments to coronary bypass grafting.* Am Heart J 1995;129:521-6
22. Feigenbaum H. *Echocardiography.* 5th ed. Philadelphia, A Waverly Co. 1994, 447-510
23. Abel MD, Nishimura RA, Callahan MJ, Rehder K, Ilstrup DM, Tajik AJ. *Evaluation of intraoperative transesophageal two dimension echocardiography.* Anesthesiology 1987;66:64-8
24. Barilla F, Gheorghiade M, Alam M, Khaja F, Goldstein S. *Low dose dobutamine in patients with acute myocardial infarction identifies viable but not contractile myocardium and predicts the magnitude of improvement in wall motion abnormalities in response to coronary revascularization.* Am Heart J 1991;122:1522-31
25. Smart SC, Sawada S, Ryan T, et al. *Low dose dobutamine echocardiography detects reversible dysfunction after thrombolytic therapy of acute myocardial infarction.* Circulation 1993;88:105-15
26. Dilsizian V, Rocco TP, Freedman NMT, Leon MB, Bonow RO. *Enhanced detection of ischemic but viable myocardium by the reinjection of Thallium after stress redistribution imaging.* N Engl J Med 1990;323:141-6
27. Pierard LA, de Landsheere CM, Berthe C, Rigo P, Kulbertus HE. *Identification of viable myocardium by electrocardiography during dobutamine infusion in patients with myocardial infarction after thrombolytic therapy: Comparison with positron emission tomography.* J Am Coll Cardiol 1990;15:1021-31
28. Sawada SG, Seger DS, Ryan T, et al. *Echocardiographic detection of coronary artery disease during dobutamine infusion.* Circulation 1991;83:1605-14
29. Nesto RW, Cohn LH, Collins JJ, Wynne J, Holman L, Cohn PF. *Inotropic contractile reserve: a useful predictor of increased 5 year survival and improved postoperative left ventricular function in patients with coronary artery disease and reduced ejection fraction.* Am J Cardiol 1982;50:39-44
30. Movahed A, Reeves WC, Rose GC, Wheeler WS, Jolly SR. *Dobutamine and improvement of regional and global left ventricular function in coronary artery disease.* Am J Cardiol 1990;66:375-7

=국문초록=

가톨릭대학교 의과대학 부속 성바오로 병원에서 1996년 1월부터 7월까지 개심술시 경식도심초음파를 이용하여 수술 중 관찰한 61명의 증례를 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다. 61명의 환자 중 질병 분류는 심장 판막 질환 25명, 관상동맥 질환 22명, 선천성 심질환 13명, 심장 판막 질환과 관상동맥 질환이 병발한 경우가 1명이었다.

1. 경식도심초음파를 이용하여 선천성 심질환 1예(심실중격결손증 재수술)와 대동맥 판막 치환술을 시행한 환자 1에에서 일차 심정지에 의한 수술 후 잔존 단락과 판막 주위 누출이 확인 되어 재심정지를 유도하여 수술을 완료하였다.
2. 공기색전증의 발생을 전 예에서 방지할 수 있었다.
3. 경식도심초음파로 측정한 심박출량과 온도희석법으로 측정한 심박출량은 통계학적으로 의미있는 상관관계를 보여 경식도 초음파를 이용한 심박출량 감시가 의미 있음을 시사하였다(Linear regression analysis, $p<0.001$).
4. 관상동맥우회로술을 시행한 23명의 환자에서 수술 중 경식도 초음파도상 이상 벽운동을 보이는 분절의 도부타민 투여 전후와 관상동맥우회로술 후의 반응을 비교 관찰하였다. 저 용량 도부타민 검사는 통계적으로 유의하였다(민감도 76%, 특이도 94.7%, 양성예측율 95%, 음성예측율 75%).

중심단어: 1. 경식도 심초음파도
2. 심장수술
3. 관상동맥우회로술
4. 수축기 심근 두께 변화