

## 우심실기능평가에 있어서 경식도심초음파와 열희석법의 비교

연세대학교 의과대학 <sup>1</sup>마취통증의학교실, <sup>2</sup>마취통증의학연구소 및 <sup>3</sup>심혈관연구소

나성원<sup>1</sup> · 권태동<sup>1</sup> · 오영준<sup>1,2,3</sup> · 홍용우<sup>1,2,3</sup> · 김지호<sup>1</sup> · 곽영란<sup>1,2,3</sup>

### Comparison of Transesophageal Echocardiography versus Thermodilution Method for the Assessments of Right Ventricular Function

Sungwon Na, M.D.<sup>1</sup>, Tae Dong Kweon, M.D.<sup>1</sup>, Young Jun Oh, M.D.<sup>1,2,3</sup>, Yong Woo Hong, M.D.<sup>1,2,3</sup>, Ji Ho Kim, M.D.<sup>1</sup>, and Young Lan Kwak, M.D.<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup>Department of Anesthesiology and Pain Medicine, <sup>2</sup>Anesthesia and Pain Research Institute, <sup>3</sup>Yonsei Cardiovascular Research Institute, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

**Background:** It is important to evaluate the right ventricular (RV) function intraoperatively for optimal management of patients undergoing cardiac surgery. The clinical relevance of thermodilution method to transesophageal echocardiography (TEE) for the measurements of RV function during off-pump coronary artery bypass surgery (OPCAB) was evaluated in this study.

**Methods:** Fifty patients undergoing OPCAB were included. RV function was assessed with both thermodilution method and TEE after anesthesia induction (T1), 10 min after leg elevation (T2), 10 min after returning to the supine position (T3), 10 min after Y-graft formation started (T4), 10 min after sternum closure (T5) and 10 min after applying 5 cmH<sub>2</sub>O of positive end expiratory pressure (T6). Fractional area change (FAC) and tricuspid annular plane systolic excursion ratio (TAPSE) were measured by TEE and compared to RV ejection fraction (RVEF) measured by thermodilution technique. RV end diastolic area (EDA) derived from TEE was compared to RV end diastolic volume index (EDVI) derived from thermodilution technique.

**Results:** There was no significant correlation between echocardiographic data and thermodilution data by linear regression analysis. However, only in patients with right coronary artery stenosis less than 90%, TAPSE and FAC were significantly correlated with RVEF (P = 0.008 and 0.01, respectively) and EDA was significantly correlated with EDVI (P = 0.013) only at T4.

**Conclusions:** RV performance measured by thermodilution technique did not correlate well with TEE finding in severe coronary artery disease patients. The correlation was significant during hemodynamically stable period (during Y-graft formation) in patients without severe right coronary artery disease. (**Korean J Anesthesiol 2006; 51: 58~64**)

**Key Words:** off-pump coronary artery bypass surgery, right ventricular function, thermodilution, transesophageal echocardiography.

## 서 론

지금까지 좌심실기능에 비해 그 중요성이 저평가되어 왔으나 우심실기능은 심장 수술을 받는 환자나<sup>1)</sup> 심부전 환자<sup>2)</sup> 있어서 중요한 예후인자임이 밝혀지고 있다. 그러므로 수술 중 우심실기능의 감시는 심장수술환자를 비롯한 고위험 환자군의 마취관리 시 필수적이라 할 수 있다. 그러나 우심실은 좌심실에 비해 그 해부학적 구조가 복잡하여 심

초음파나 자기공명영상 등 영상학적인 진단방법으로도 평가가 쉽지 않으며<sup>3)</sup> 유순도가 커서 심실내의 압력변화가 용적변화를 잘 반영하지 못하는 등 그 기능을 평가하는데 어려움이 많다. 현재 수술실에서 우심실기능의 감시를 위해 가장 널리 사용되고 있는 감시장치로는 우심실박출계수와 용적을 측정할 수 있는 폐동맥카테터와 경식도심초음파가 있으나 이들을 이용하여 측정한 우심실기능이 유의한 연관성을 갖고 있는가는 아직 확립되지 않았다.

경식도심초음파는 폐동맥카테터에 비해 덜 침습적이고 삽입이 쉬우며 삼첨판 역류 등 판막이상의 진단이 가능하고 실시간으로 우심실기능을 감시할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 심초음파 소견을 판독하는데 오랜 훈련이 필요하고 우관상동맥협착이 있을 때는 정확한 평가가 어려우며<sup>4)</sup> 의식이 있는 환자에서 적용하기가 쉽지 않아서 제한된 경우

논문접수일 : 2006년 2월 6일

책임저자 : 곽영란, 서울시 서대문구 신촌동 134

연세의료원 마취통증의학과, 우편번호: 120-752

Tel: 02-2228-8513, Fax: 02-364-2951

E-mail: ylkwak@yumc.yonsei.ac.kr

에만 수술 후 감시장치로 사용되고 있다는 단점이 있다.

이에 본 연구에서는 관상동맥질환으로 체외순환 없는 관상동맥우회술을 시행 받는 환자에서 시기별로 경식도심초음파와 폐동맥카테터를 이용하여 평가한 우심실기능 간의 연관성을 살펴보고 체위변화 및 호기말양압 적용 등이 어떤 영향을 미치는지 알아보려고 하였다.

대상 및 방법

미국마취과학회 신체등급 분류 2-3의 체외순환 없는 관상동맥우회술을 시행받는 환자 50명을 대상으로 하였고 사전에 연세의료원 윤리위원회의 허락을 얻었으며 수술 전 환자를 방문하여 본 연구에 대한 설명 후에 서면 동의를 구하였다. 수술 전 좌심실박출계수 40% 미만, 간 또는 신장 질환, 혈액응고 이상질환, 혈소판 100,000/μl 미만, 헤모글로빈이 12 g/dl 미만인 환자는 제외하였다. 또 grade II 이상의 삼첨판역류를 가진 환자도 연구대상에서 제외하였다.

모든 환자는 수술실 도착 1시간 전에 morphine 0.05 mg/kg을 근주받았고 digoxin 및 이노제를 제외한 모든 약은 수술당일 아침에도 정상시대로 투여하였다. 수술실에 도착한 후 5개 전극을 이용해 심전도를 부착한 후 lead II 및 V<sub>5</sub>를 감시하였다. 지속적 혈역학 감시와 동맥혈채취를 위해 요골동맥에 도관을 삽입하였고, 우측 내경정맥에 지속적 심박출량과 혼합정맥혈산소포화도 감시가 가능한 폐동맥카테터 (Swan-Ganz CCombo V model 774HF75<sup>®</sup>, Baxter Healthcare Co., IL, USA)를 9F의 유도자(AVA HF<sup>®</sup>, Edwards Lifescience, CA, USA)를 통해 삽입하고 컴퓨터 모니터 시스템 (Vigilance<sup>™</sup> CCO/SvO<sub>2</sub>/CEDV Monitor, Edwards Lifescience, CA, USA)을 이용하여 감시하였다. Midazolam 2.5 mg, sufentanil 1.5-3.0μg/kg, rocuronium 50 mg을 정주 후 기도내 삽관을 시행하였고 이산화탄소분압은 산소-의료용 공기(산소분율 0.6) 흡입으로 35-40 mmHg로 유지되도록 조절호흡을 시행하였다.

마취유지는 sufentanil (0.5-1.5μg/kg/h) 및 vecuronium 지속정주 및 저농도의 sevoflurane (1-2%)으로 하였으며 마취 유도 후부터 isosorbide dinitrate를 0.5-1.5μg/kg/min의 속도로 지속정주하였다. 가온 매트리스, forced air blanket, 호흡회로의 가온가습기 등을 이용하여 직장온도가 35.5-36.0°C로 유지되도록 하였고, 수술 중 심장을 거상하는 동안 또는 문합 중 평균동맥압이 60 mmHg 이하, 또는 수축기동맥압이 90 mmHg로 감소하면 norepinephrine (8μg/ml)을 지속 주입하며 용량을 조절하여 수축기동맥압이 100 mmHg 이상으로 유지되도록 하였으며 평균동맥압이 100 mmHg 이상으로 증가하는 경우 sodium nitroprusside를 점적주입하여 혈압을 유지하였다. 환자들은 관상동맥문합 시작 직전까지 1,500-

2,000 ml의 수액을 투여받았고 그 이후로는 심초음파상의 좌심실이완기말 단면적을 관찰하면서 6-8 ml/kg/hr의 수액을 투여하였다.

마취유도 후 7.0 MHz 다평면경식도초음파소식자(Model V5M, Acuson Aspen, Siemens, Pennsylvania, USA)를 구강을 통해 삽입하여 우심실 기능을 평가하고 동시에 폐동맥카테터를 통해 얻어진 혈역학 수치와 다른 혈역학 변수들을 기록하였다. 이때 심초음파는 300에 이상의 경식도심초음파를 시행한 2명의 시술자에 의해 시행되었다. 측정시점은 수술 중 6회에 걸쳐 마취 유도 10분 후(T1), 소독을 위해 하지를 들어올리고 10분 후(T2), 하지를 수평으로 내리고 10분 후(T3), Y자 이식편을 만들기 시작한 지 10분 후(T4), 흉골बंध 10분 후(T5), 호기말양압 5 cmH<sub>2</sub>O를 적용한 10분 후(T6)였다. 이때 기록한 변수는 경식도4방도(midesophageal 4 chamber view)에서 확장기말과 수축기말에 측정된 우심실의 면적과 장축, 단축이며 Fractional Area Change (FAC)와 Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion (TAPSE) ratio<sup>4,5)</sup>는 위의 수치들로부터 계산하여 구하였는데, 그 공식은 다음과 같다.

$$FAC = (\text{확장기말우심실면적} - \text{수축기말우심실면적}) / \text{확장기말우심실면적}$$

$$TAPSE\ ratio = (\text{확장기말우심실장축} - \text{수축기말우심실장축}) / \text{확장기말우심실장축}$$

이에 상응하는 폐동맥카테터를 이용하여 구한 변수들은 우심실박출계수, 확장기말우심실용적지수, 수축기말우심실용적지수였으며, 그 외에 심박수, 전심동맥압, 폐동맥압, 폐모세혈관폐기압, 중심정맥압, 혼합정맥혈산소포화도 및 심박출량 등의 혈역학 변수들을 구하고, 이를 이용하여 심박출지수, 일회박출량지수 그리고 폐혈관저항지수를 계산하였다.

통계분석은 SPSS 12.0 (SPSS Inc., IL, USA)을 사용하였으며 모든 값은 평균 ± 표준편차 또는 수(%)의 형태로 나타났다. 시간대별 측정치의 비교는 T1을 기준으로 하여

Table 1. Demographic Data

Parameters	n = 50
Age (yr)	63 ± 7
Gender (M/F)	36/14
Height (cm)	164 ± 8
Weight (kg)	66 ± 9
BSA (m <sup>2</sup> )	1.71 ± 0.15
RCA stenosis > 80%	45
LVEF (%)	58 ± 15

All values are expressed as mean ± SD or number of patients. BSA: body surface area, RCA: right coronary artery, LVEF: left ventricular ejection fraction.

Dunnett's test를 이용하였다. 선형회귀분석을 통해 FAC와 TAPSE ratio를 폐동맥카테터를 통해 얻어진 우심실박출계수와 비교하고 확장기말우심실면적과 폐동맥카테터를 통해 얻어진 확장기말우심실용적지수를 비교하였다. 모든 통계 결과는 P값이 0.05 미만일 때 의미 있는 것으로 간주하였다.

결 과

환자의 성별, 나이, 키, 체중, 체표면적, 우관상동맥협착빈도, 수술 전 좌심실박출계수는 Table 1과 같았다.

**Table 2.** Changes in Hemodynamic Data

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
HR (beats/min)	63 ± 9	59 ± 8	58 ± 7*	61 ± 8	73 ± 11*	73 ± 12*
CVP (mmHg)	7 ± 2	8 ± 2	9 ± 2	8 ± 3	10 ± 3*	10 ± 3*
MAP (mmHg)	74 ± 10	76 ± 7	75 ± 12	77 ± 10	78 ± 9	74 ± 9
PCWP (mmHg)	11 ± 3	13 ± 3*	13 ± 3*	13 ± 3*	14 ± 3*	15 ± 3*
MPAP (mmHg)	16 ± 3	17 ± 3	18 ± 3	18 ± 4	19 ± 4*	20 ± 4*
PVRI (dynes · sec · m <sup>2</sup> /cm <sup>5</sup> )	146 ± 71	123 ± 48	137 ± 59	162 ± 83	161 ± 64	161 ± 74
CI (L/min/m <sup>2</sup> )	2.47 ± 1.26	2.79 ± 0.69	2.56 ± 0.87	2.45 ± 0.96	2.36 ± 0.82	2.27 ± 0.96

All values are expressed as mean ± SD. HR: heart rate, CVP: central venous pressure, MAP: mean arterial pressure, PCWP: pulmonary capillary wedge pressure, MPAP: mean pulmonary arterial pressure, PVRI: pulmonary vascular resistance index, CI: cardiac index, T1: 10 min after anesthesia induction, T2: 10 min after leg elevation, T3: 10 min after neutral position, T4: 10 min after Y-graft formation started, T5: 10 min after sternum closure, T6: 10 min after applying 5 cmH<sub>2</sub>O of positive end expiratory pressure. \*: P < 0.05 compared to values at T1.

**Table 3.** Changes in Right Ventricular Performance

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
RVEF (%)	34 ± 6	34 ± 7	34 ± 7	34 ± 6	31 ± 5	30 ± 5
FAC (%)	45 ± 12	46 ± 9	43 ± 10	44 ± 11	43 ± 10	45 ± 9
TAPSE	0.28 ± 0.10	0.29 ± 0.09	0.30 ± 0.09	0.27 ± 0.09	0.27 ± 0.10	0.28 ± 0.09
EDVI (cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	139 ± 29	136 ± 23	139 ± 22	141 ± 29	123 ± 29*	119 ± 26*
EDA (cm <sup>2</sup> )	18.2 ± 6.4	19.6 ± 6.3	18.7 ± 6.3	18.5 ± 5.9	16.6 ± 6.3	15.6 ± 4.8

All values are expressed as mean ± SD. RVEF: right ventricular ejection fraction measured with pulmonary artery catheter, FAC: fractional area change on TEE, TAPSE: tricuspid annular plane systolic excursion ratio on (TEE), EDVI: right ventricular end diastolic volume index measured with pulmonary artery catheter, EDA: right ventricular end diastolic area on transeophageal echocardiography (TEE), T1: 10 min after anesthesia induction, T2: 10 min after leg elevation, T3: 10 min after neutral position, T4: 10 min after Y-graft formation started, T5: 10 min after sternum closure, T6: 10 min after applying 5 cmH<sub>2</sub>O of positive end expiratory pressure. \*: P < 0.05 compared to values at T1.

**Table 4.** Correlations between TEE and Pulmonary Artery Catheter Derived Data

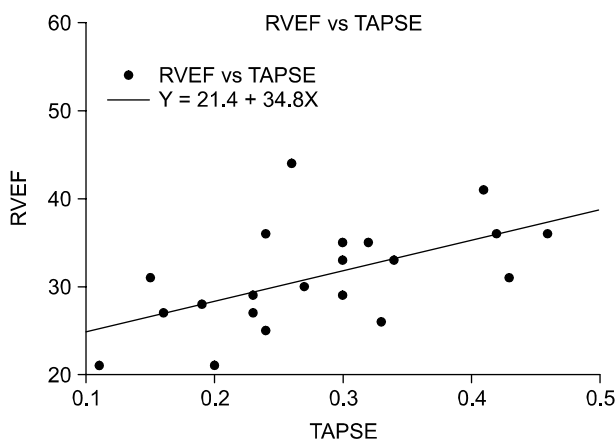
CC/P-value	T1	T2	T3	T4	T5	T6
RVEF vs TAPSE	0.155/0.345	0.081/0.591	0.008/0.959	0.209/0.173	0.211/0.168	0.158/0.319
RVEF vs FAC	0.220/0.179	0.023/0.881	0.122/0.415	0.044/0.784	0.089/0.560	0.049/0.761
EDVI vs EDA	0.182/0.281	0.257/0.100	0.197/0.201	0.109/0.496	0.239/0.127	0.172/0.301

CC: correlation coefficients, RVEF: right ventricular ejection fraction measured with pulmonary artery catheter, TAPSE: tricuspid annular plane systolic excursion ratio on (TEE), FAC: fractional area change on TEE, EDVI: right ventricular end diastolic volume index measured with pulmonary artery catheter, EDA: right ventricular end diastolic area on transeophageal echocardiography (TEE), T1: 10 min after anesthesia induction, T2: 10 min after leg elevation, T3: 10 min after neutral position, T4: 10 min after Y-graft formation started, T5: 10 min after sternum closure, T6: 10 min after applying 5 cmH<sub>2</sub>O of positive end expiratory pressure.

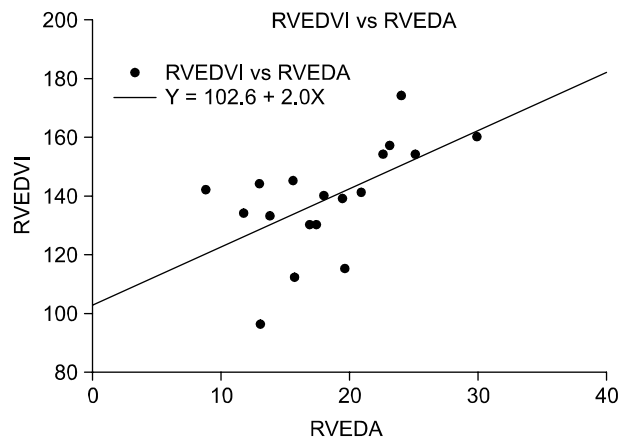
**Table 5.** Correlations between TEE and Pulmonary Artery Catheter Derived Data in Patients with Right Coronary Artery Stenosis Less than 90%

CC/P-value	T1	T2	T3	T4	T5	T6
RVEF vs TAPSE	0.447/0.055	0.225/0.313	0.065/0.773	0.561/0.008	0.120/0.584	0.150/0.518
RVEF vs FAC	0.017/0.946	0.324/0.141	0.115/0.610	0.576/0.010	0.047/0.831	0.060/0.803
EDVI vs EDA	0.410/0.091	0.207/0.395	0.257/0.288	0.573/0.013	0.011/0.962	0.277/0.282

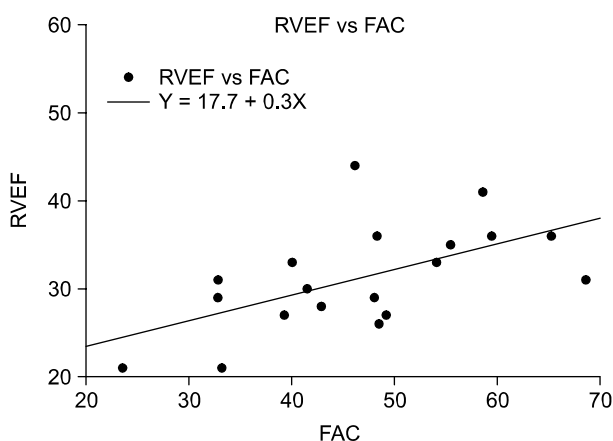
CC: correlation coefficients, RVEF: right ventricular ejection fraction measured with pulmonary artery catheter, TAPSE: tricuspid annular plane systolic excursion ratio on (TEE), FAC: fractional area change on TEE, EDVI: right ventricular end diastolic volume index measured with pulmonary artery catheter, EDA: right ventricular end diastolic area on transeophageal echocardiography (TEE), T1: 10 min after anesthesia induction, T2: 10 min after leg elevation, T3: 10 min after neutral position, T4: 10 min after Y-graft formation started, T5: 10 min after sternum closure, T6: 10 min after applying 5 cmH<sub>2</sub>O of positive end expiratory pressure.



**Fig. 1.** Regression analyses of right ventricular ejection fraction (RVEF) with tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE) 10 min after Y-graft formation started in patients with right coronary artery stenosis less than 90%.



**Fig. 3.** Regression analyses of right ventricular end diastolic volume index (RVEDVI) with right ventricular end diastolic area (RVEDA) 10 min after Y-graft formation started in patients with right coronary artery stenosis less than 90%.



**Fig. 2.** Regression analyses of right ventricular ejection fraction (RVEF) with fractional area change (FAC) 10 min after Y-graft formation started in patients with right coronary artery stenosis less than 90%.

혈역학적 변수는 심박수의 경우 T1에서의 측정치와 비교했을 때 T3에서 유의하게 낮았고 T5, T6에서는 유의하게 높았다. 중심정맥압은 T5, T6에서 유의하게 높았으며 평균동맥압과 심박출지수, 폐혈관저항지수는 시간대에 따른 차이가 없었다. 폐모세혈관폐기압은 T2에서 T6에 걸쳐 유의하게 높았으며 평균폐동맥압은 T5, T6에서 유의하게 높았다 (Table 2).

경식도심초음파를 통해 구한 FAC, TAPSE ratio, 확장기말 우심실면적과 폐동맥카테터를 통해 얻어진 우심실박출계수, 확장기말우심실용적지수를 시간대별로 비교한 결과 확장기말우심실용적지수가 T5, T6에서 T1에 비해 유의하게 낮았던 것을 제외하면 시간대에 따른 차이가 없었다(Table 3).

경식도심초음파를 통해 구한 측정치와 폐동맥카테터를 통해 구한 측정치 사이의 연관성은 모든 시점에서 나타나지 않았다(Table 4). 그러나 대상환자를 우관상동맥의 협착

이 90%미만인 환자로 한정했을 때 T4에서만 모든 경우에 통계학적으로 유의한 연관성을 나타냄을 볼 수 있었다 (Table 5, Fig. 1, 2, 3).

**고 찰**

오랫동안 우심실은 좌심실에 비해 그 중요성이 저평가되어 왔으나 최근 우심실기능부전이 심장질환자의 예후와 밀접한 연관이 있음이 밝혀지면서 이에 대한 연구가 점차 활발해지고 있다. Zehender 등에<sup>6)</sup> 의하면 하벽심근경색 환자의 1/3에서 우심실의 기능부전을 볼 수 있으며 이는 사망률과 밀접한 연관이 있다고 하였다. 또 심부전 환자에서 우심실기능은 예후와 밀접한 연관이 있으며<sup>7)</sup> 심부전 환자에서 우심실박출계수가 35% 이상인 것이 산소소모량보다도 운동능력과 생존율의 좋은 지표라고 보고된 바 있다.<sup>8)</sup> 그 외에 심장이식의 경우 증가된 폐혈관저항이 우심실 확장과 삼첨판역류를 일으켜 이식 후 초기사망의 원인이 되며<sup>9,10)</sup> 관상동맥우회술 환자에서도 우심실기능 이상이 있던 환자군에서 심폐회로로부터의 이탈이 어려웠고 중환자실 체제일수와 사망률이 높았다는 보고가 있다.<sup>11)</sup> 이러한 연구결과들에서 볼 때 우심실기능의 보존은 심장질환자의 관리에 매우 중요하며 이를 위해서는 우심실기능을 올바르게 평가하는 것이 필요하다.

좌심실이 타원체의 형태를 지니고 있어 크기를 평가하기 쉬운데 비하여 우심실은 구조가 복잡하여 여러 진단방법이 발달한 현재에도 평가가 쉽지 않다. 지금까지의 연구결과 자기공명영상에 비침습적 우심실기능 평가의 표준으로 인정 받고 있으나 수술실에서 적용하기엔 어려운 점이 많다. 경식도심초음파는 심장환자의 수술 중 심기능 평가에 널리 사용되고 있는데, Kaul 등이<sup>5)</sup> 우심실기능의 평가방법으로 제안한 TAPSE ratio는 방사선택중혈관조영술(radionuclide angiography)에서 얻어진 우심실박출계수와 유의한 연관성이 있었으며 그 후 여러 연구에서 그 유용성이 검증되었다.<sup>4,7)</sup> 폐동맥카테터를 이용하여 우심실박출계수와 용적을 측정하는 경우 열희석법을 이용하여 일회적으로 우심실박출계수를 측정할 수 있었던 과거의 폐동맥카테터(Baxter Swan-Ganz<sup>®</sup>, Baxter Healthcare Co., CA, USA)는 많은 비교 연구들을 통해 신뢰성이 입증되었다.<sup>12-14)</sup> 그러나 최근에 사용되고 있는 변수들의 연속 측정이 가능한 폐동맥카테터의 경우 측정값의 신뢰성(reliance)에 대한 연구가 진행된 바가 적다. 최근의 연구 결과에 따르면 2차원 또는 3차원 심초음파로 측정된 FAC 또는 TAPSE ratio와 새로운 폐동맥카테터의 측정값 간에는 유의한 상관관계가 있으며 폐동맥카테터의 측정값이 우심실기능을 저평가하는 경향이 있다고 한다.<sup>4,10,12)</sup> 그러나 이러한 연구들은 수술 전후 서너 시기의 측정값을 모두 합

쳐 상관관계를 살펴본 것으로 수술 중 우심실기능에 영향을 미칠 수 있는 환자 상태의 변화가 두 측정값 간의 상관관계에 미치는 영향에 대해서는 살펴보지 못하였다. Zink 등의<sup>15)</sup> 심박수가 분당 100회 미만이고 폐혈관저항이 정상이며 심장기능이 적절하게 유지되는 환자에서 두 측정값 간의 상관관계가 좋다는 보고나, Niimi 등의<sup>4)</sup> 우관상동맥 협착이 측정값 간의 상관관계에 영향을 미친다는 보고 등을 고려할 때 수술 중 체위변화나 호기말양압환기, 흉골절개 등 여러 요인들이 측정값 간의 상관관계에 영향을 미칠 수 있다고 생각되어 본 연구에서는 수술 중 측정시점을 여섯 시기로 나누어 시행하였다. 그 결과 경식도심초음파와 폐동맥카테터로 측정된 우심실의 기능이나 용적간에는 유의한 상관관계가 없는 것으로 관찰되었다. 다만 환자들을 우관상동맥협착이 90% 이상인 군과 미만인 군으로 나누어 상관관계를 살펴본 결과 우관상동맥협착이 90% 미만인 환자군에서 혈액학적으로 안정된 시기인 Y자 이식편 형성기 즉, 혈관문합 전 시기에 국한하여 폐동맥카테터에서 얻어진 우심실박출계수와 확장기말우심실용적지수가 경식도심초음파로 측정된 FAC, TAPSE ratio 및 확장기말우심실면적과 유의한 연관성을 나타내었다. 이는 75% 이상의 근위부 우관상동맥협착이 있을 경우 폐동맥카테터에서 얻어진 우심실박출계수와 경식도심초음파로 얻은 수치간의 연관성이 없어진다는 Niimi등의<sup>4)</sup> 연구 결과와 매우 유사한 것이다.

본 연구에서 우관상동맥의 협착정도를 90%를 기준으로 환자군을 나누었던 것은 대상환자의 절반에 가까운 24명의 환자가 90% 미만의 협착을 보여 두 환자군 간의 비교를 대등한 조건에서 할 수 있었기 때문이다.

본 연구에서 심초음파와 열희석법을 통해 얻은 우심실기능을 반영하는 수치간의 연관성이 없었던 원인에 대해서는 확실한 것이 없으나 대략 세 가지 정도를 생각해 볼 수 있는데 첫째로 두 측정 방법을 이용한 측정치가 의미하는 바가 다르다는 점이다. 열희석법을 통해 얻어지는 우심실기능을 반영하는 수치들은 지난 6-9분간의 측정값의 평균치를 반영하는 것으로 앞선 시간의 우심실기능을 주로 반영하는데 반하여 심초음파를 이용하여 측정된 우심실기능은 실시간의 변화를 반영하기 때문에 체위변화 등의 변화가 유발된 후 측정된 값들의 연관성이 감소하는 것으로 생각된다. 이러한 폐동맥카테터 측정값의 특징을 감안하여 본 연구에서는 변수를 변화가 유발된 10분 후에 측정하였음에도 두 측정값 간의 유의한 상관관계를 거의 발견할 수 없었다. 따라서 폐동맥카테터를 이용하여 측정된 우심실기능은 환자의 혈액학적 상태가 변화하는 시기에는 신뢰도가 감소되며 이에 전적으로 의존하여 환자를 치료하는 것은 부적절하다고 생각한다. 또한 흉골절개 상태와는 달리 흉골절개 전 또는 흉골봉합 후에는 상관관계가 소실된 것으로 미루어 폐

동맥카테터로 측정된 우심실기능은 양압환기의 영향을 받는 것으로 생각되며 그 결과 호기말양압환기 또한 상관관계를 감소시켰다고 생각된다. 둘째로 우관상동맥협착이 90% 미만인 환자군에서는 시기에 따라 상관관계가 유의하였던 것으로 미루어 우관상동맥의 질환이 결과에 영향을 미쳤다고 생각된다. 본 연구에 포함된 환자들은 앞서의 연구들과는<sup>4,11,16)</sup> 달리 우관상동맥에 심각한 질환을 가진 비율이 높았는데 우관상동맥협착이 있을 경우 우심실벽의 국소적 운동장애와 그로 인한 확장기말우심실 형태의 변화가 TAPSE ratio나 FAC 등 심초음파로부터 얻어지는 수치의 측정을 어렵게 하여 위와 같은 결과에 영향을 미쳤을 것으로 생각된다. 이와 관련하여 Sharpe 등은<sup>16)</sup> 우심실벽 운동장애가 있는 심근경색 환자에서 심초음파와 방사선핵종혈관조영술로 얻어진 우심실수축능력 간의 연관성이 없어진다고 보고한 바 있다. 셋째로 경식도심초음파를 이용하여 측정된 우심실기능을 나타내는 수치들의 정확도가 결과에 영향을 미칠 수 있다고 생각한다. 이차원초음파의 특성상 소식자의 위치나 각도에 따라 얻어지는 영상이 달라질 수 있으며 환자에 따라 매 시기에 4방도에서 명확한 우심실의 영상을 얻는 것은 매우 어려운 일이다. 이는 경식도심초음파를 이용하여 우심실기능을 평가하는데 있어 중요한 한계라고 생각된다. 본 연구는 1년 이상, 수술 중 경식도심초음파를 300에 이상 시행한 경험이 있는 2인의 시술자가 진행하여 측정값의 오차로 인한 오류를 줄이고자 하였으나 측정자가 결과에 미치는 영향을 완전히 배제하기는 어려우며 이는 본 연구의 한계라고 생각한다.

이상의 결과에서 심초음파와 폐동맥카테터를 통해 평가한 우심실기능이 제한된 조건하에서만 유의한 상관관계를 보였는데 심초음파가 폐동맥카테터보다 우심실기능을 반영하는 데 더 민감하다는 Jardin 등의<sup>17)</sup> 연구도 있으므로 두 감시방법에서 나타난 결과가 상충될 경우에는 심초음파에 더 무게를 두는 것이 타당하다고 생각된다.

결론적으로 폐동맥카테터를 이용하여 열희석법을 통해 구한 우심실박출계수와 경식도심초음파를 통해 얻은 FAC 및 TAPSE ratio 간에는 유의한 상관관계가 없었으며 우관상동맥의 협착정도가 낮은 환자에서 측정 조건이 비교적 오랜 시간 동안 변화가 없는 상태에서 측정값 간의 유의한 연관성을 보였으므로, 심초음파 혹은 폐동맥카테터 어느 하나를 이용하여 측정된 값에 전적으로 의존하여 매 시기의 우심실기능을 평가하는 것은 적절하지 않다고 생각된다.

## 참 고 문 헌

1. Maslow AD, Regan MM, Panzica P, Heindel S, Mashikian J, Comunale ME: Precardiopulmonary bypass right ventricular function is

associated with poor outcome after coronary artery bypass grafting in patients with severe left ventricular systolic dysfunction. *Anesth Analg* 2002; 95: 1507-18.

2. Karatasakis GT, Karagounis LA, Kalyvas PA, Manginas A, Athanassopoulos GD, Aggelakas SA, et al: Prognostic significance of echocardiographically estimated right ventricular shortening in advanced heart failure. *Am J Cardiol* 1998; 82: 329-34.

3. Kosiborod M, Wackers FJ: Assessment of right ventricular morphology and function. *Semin Respir Crit Care Med* 2003; 24: 245-62.

4. Niimi Y, Hiki M, Ishiguro Y, Goto T, Morita S: Determination of right ventricular function by transesophageal echocardiography: impact of proximal right coronary artery stenosis. *J Clin Anesth* 2004; 16: 104-10.

5. Kaul S, Tei C, Hopkins JM, Shah PM: Assessment of right ventricular function using two-dimensional echocardiography. *Am Heart J* 1984; 107: 526-31.

6. Zehender M, Kasper W, Kauder E, Schonthalder M, Geibel A, Olschewski M, et al: Right ventricular infarction as an independent predictor of prognosis after acute inferior myocardial infarction. *N Engl J Med* 1993; 328: 981-8.

7. Ghio S, Recusani F, Klersy C, Sebastiani R, Laudisa ML, Campana C, et al: Prognostic usefulness of the tricuspid annular plane systolic excursion in patients with congestive heart failure secondary to idiopathic or ischemic dilated cardiomyopathy. *Am J Cardiol* 2000; 85: 837-42.

8. Di Salvo TG, Mathier M, Semigran MJ, Dec GW: Preserved right ventricular ejection fraction predicts exercise capacity and survival in advanced heart failure. *J Am Coll Cardiol* 1995; 25: 1143-53.

9. Stobierska-Dzierzek B, Awad H, Michler RE: The evolving management of acute right-sided heart failure in cardiac transplant recipients. *J Am Coll Cardiol* 2001; 38: 923-31.

10. De Simone R, Lange R, Sack RU, Mehmanesh H, Hagl S: Atrioventricular valve insufficiency and atrial geometry after orthotopic heart transplantation. *Ann Thorac Surg* 1995; 60: 1686-93.

11. Minakata K, Konishi Y, Matsumoto M, Aota M, Sugimoto A, Nonaka M, et al: Evaluation of right ventricular function by intraoperative transesophageal echocardiography for patients with left ventricular dysfunction. *Kyobu Geka* 2000; 53: 1005-10.

12. Dhainaut JF, Brunet F, Monsallier JF, Villemant D, Devaux JY, Konno M, et al: Bedside evaluation of right ventricular performance using a rapid computerized thermodilution method. *Crit Care Med* 1987; 15: 148-52.

13. Voelker W, Gruber HP, Ickrath O, Unterberg R, Karsch KR: Determination of right ventricular ejection fraction by thermodilution technique- a comparison to biplane cineventriculography. *Intensive Care Med* 1988; 14(Suppl 2): 461-6.

14. Globits S, Pacher R, Frank H, Pacher B, Mayr H, Neuhold A, et al: Comparative assessment of right ventricular volumes and ejection fraction by thermodilution and magnetic resonance imaging in dilated cardiomyopathy. *Cardiology* 1995; 86: 67-72.

15. Zink W, Noll J, Rauch H, Bauer H, Desimone R, Martin E, et

- al: Continuous assessment of right ventricular ejection fraction: new pulmonary artery catheter versus transoesophageal echocardiography. *Anaesthesia* 2004; 59: 1126-32.
16. Sharpe DN, Botvinick EH, Shames DM, Schiller NB, Massie BM, Chatterjee K, et al: The noninvasive diagnosis of right ventricular infarction. *Circulation* 1978; 57: 483-90.
17. Jardin F, Brun-Ney D, Hardy A, Aegerter P, Beauchet A, Bourdarias JP: Combined thermodilution and two-dimensional echocardiographic evaluation of right ventricular function during respiratory support with PEEP. *Chest* 1991; 99: 162-8.
-