

## 체외순환 없는 관상동맥우회술 중 지속적 우심실용적 감시가 가능한 폐동맥카테터로 측정된 전부하 지표들은 일회박출량지수를 반영하는가?

연세대학교 의과대학 마취통증의학교실

이지연 · 방서욱 · 심재광 · 이종화 · 원영주 · 곽영란

### Does Predictors of Preload Measured from Continuous Right Ventricular End-diastolic Volume Index Monitored Pulmonary Artery Catheter Reflect Stroke Volume Index in Off Pump Coronary Artery Bypass?

Ji Yeon Lee, M.D., Sou Ouk Bang, M.D., Jae Kwang Shim, M.D., Jong Hwa Lee, M.D., Young Ju Won, M.D., and Young-Lan Kwak, M.D.

Department of Anesthesiology and Pain Medicine, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

**Background:** It is important to assess cardiac preload for management of patients undergoing off pump coronary artery bypass surgery (OPCAB). Recently, several studies have documented the good correlation between right ventricular end-diastolic volume index (RVEDVI) and stroke volume index (SVI), compared with cardiac filling pressures. However, none of these studies have evaluated relationship between predictors of preload and SVI measured with volumetric pulmonary artery catheter during OPCAB. The correlation of continuous RVEDVI and SVI measured with volumetric pulmonary artery catheter during OPCAB was evaluated in this study.

**Methods:** Fifty three patients undergoing OPCAB were included. Hemodynamic parameters were measured 10 min after induction (T1), 10 min after Y-graft formation started (T2) and 10 min after sternum closure (T3). The correlation of parameters were assessed by simple linear regression.

**Results:** Central venous pressure (CVP) and pulmonary artery occlusion pressure (PAOP) did not correlate with SVI during OPCAB. On the other hand, a statistically significant result was found between RVEDVI and SVI at T2 ( $r^2 = 0.133$ ,  $P = 0.007$ ) and T3 ( $r^2 = 0.380$ ,  $P < 0.000$ ). But RVEDVI and SVI were weakly correlated. And at T1, RVEDVI and SVI did not correlate.

**Conclusions:** RVEDVI is a more reliable predictor of preload compared to CVP and PAOP during OPCAB. But in post-induction period (T2), RVEDVI did not correlate with SVI. (**Korean J Anesthesiol 2007; 53: 206~11**)

**Key Words:** off-pump coronary artery bypass surgery, right ventricular end-diastolic volume index, stroke volume index, volumetric pulmonary artery catheter.

## 서 론

체외순환 없는 관상동맥우회술(off pump coronary artery bypass graft surgery, OPCAB)에서는 원위부 문합 동안 관상동맥을 노출시키기 위해 박동하고 있는 심장의 위치를 이동시키며, 수술 부위의 움직임을 제한하기 위해 심장고정기를 사용함으로써 인해 심각한 혈액학 변화를 초래할 수 있다.<sup>1)</sup>

이런 혈액학적 변화를 유발하는 기전들 중에서도 우심실 압박에 의한 이완기 장애가 중요한 역할을 하며,<sup>2,3)</sup> 이에 따른 심박출량의 감소를 최소화하기 위한 적절한 전부하 유지가 필수적이다.<sup>4)</sup> 그러므로 OPCAB 중 안정적인 혈액학 유지를 위해서는 일회심박출량지수(stroke volume index, SVI)를 적절하게 반영하는 전부하 지표(predictors of preload)의 지속적인 감시가 매우 중요하다.

여러 전부하 지표들 중 폐모세혈관쇄기압이나 중심정맥압과 같은 심장충만압(cardiac filling pressure)은 전부하 평가에 가장 흔히 사용되는 지표이다. 그러나, 실제로는 이러한 심장충만압이 중환자 뿐만 아니라 정상인에서도 SVI나 심박출지수를 거의 반영하지 못하며,<sup>5)</sup> 전부하 상태를 예상할 수 있는 믿음만한 지표가 되지 못한다고 알려져 있다.<sup>6)</sup> 이

논문접수일 : 2007년 4월 10일

책임저자 : 곽영란, 서울시 서대문구 신촌동 134

연세의료원 심장혈관병원 마취통증의학과

우편번호: 120-752

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

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

에 비해 폐동맥카테터(pulmonary arterial catheter, PAC)를 이용하여 열희석법으로 측정된 확장기말 우심실용적지수(right ventricular end-diastolic volume index, RVEDVI)는 심근기능(cardiac performance)을 나타낸다고 알려진 SVI나 심박출지수를 비교적 잘 반영한다고 한다.<sup>7,8)</sup> 하지만 전부하 지표들과 SVI 간의 상관관계를 살펴본 이전의 연구들은 일회정주에 의한 열희석법(intermittent bolus themodilution technique)으로 측정된 SVI 또는 심박출계수와 상관관계를 살펴본 것들이며,<sup>7-10)</sup> 새로이 개발된 지속적으로 혼합정맥혈산소포화도 및 심박출량과 우심실용적을 측정하는 폐동맥카테터(Swan-Ganz CCombo V model 774HF75, Edwards Lifesciences, Irvine, CA, USA, volumetric PAC)로 측정된 변수들 간의 상관관계를 살펴본 연구는 없었다. 또한 선행연구들은 대부분이 중환자실에서 행해졌으며<sup>7,9,11)</sup> 심장 수술 중에 이를 살펴본 연구가 없었다. 역동적 혈액학 변화가 예상되는 심장 수술 중에는 더욱 집중적인 혈액학 감시가 요구되므로 심근기능의 변화, 즉 SVI의 변화를 잘 반영할 수 있는 전부하 지표를 감시하면서 마취 관리를 실행하는 것이 필요하다고 생각한다. 이에 본 연구에서는 OPCAB에서 volumetric PAC를 이용하여 심장의 전부하를 반영한다고 알려진 지표들과 SVI 사이의 연관성을 살펴보고자 하였다.

**대상 및 방법**

본원에서 2006년 11월과 12월에 OPCAB을 시행 받은 환자 53명을 대상으로 연구를 진행하였다. 사전에 병원 윤리위원회의 허락을 얻었으며 수술 전 환자를 방문하여 본 연구에 대한 설명 후에 서면 동의를 구하였다. 관상동맥 질환 이외의 심장 질환을 지닌 환자 및 심장기능이 심하게 저하된 환자(좌심실 심박출계수 40% 미만)와 응급 수술 환자는 대상에서 제외하였다.

환자들은 마취전처치로 수술실 도착 1시간 전에 morphine 0.05 mg/kg를 근주반았고, digoxin과 이노제를 제외한 모든 약은 수술 당일 아침에도 정상시대로 투여하였다. 수술실에 도착한 후 5개 전극을 이용해 심전도를 부착한 후 lead II 및 V5를 감시하였다. 지속적 동맥압 감시와 동맥혈 채취를 위하여 요골 동맥에 도관을 삽입하였고, 우측 내경정맥에 volumetric PAC를 9F의 유도자(AVA HF, Edwards Lifesciences, CA, USA)를 통해 삽입하고 컴퓨터 모니터 시스템(Vigilance tm CCO/SvO<sub>2</sub>/CEDV Monitor, Edwards Lifesciences, CA, USA)을 이용하여 감시하였다. Midazolam 0.5 mg/kg, sufentanil 1.5-2.0µg/kg, rocuronium 0.9 mg/kg을 정주 후 기관내삽관을 시행하였고 이산화탄소 분압은 35-40 mmHg로 유지되도록 조절 호흡을 시행하였다.

마취유지는 sufentanil 0.5-1.5µg/kg/h과 vecuronium 1-2

µg/kg/min 지속정주 및 sevoflurane 1-2%으로 하였으며 마취유도 후부터 isosorbide dinitrate 0.5µg/kg/min를 지속정주하였다. 가온 매트리스, forced air blanket, 수액가온기 등을 이용하여 비인두 및 직장 온도가 36°C 이상으로 유지되도록 하였고, 수술 중 심장을 거상하는 동안 또는 문합 중 수축기 동맥압이 90 mmHg 이하 또는 평균 동맥압이 60 mmHg 이하로 감소하면 norepinephrine (8µg/ml)을 점적주입하여 조절하였다.

마취유도 10분 후(T1), Y자 이식편을 만들기 시작한 10분 후(T2), 흉골 봉합 10분 후(T3)에 혈액학 변수를 기록하였다. 이 때 심박출지수, 우심실박출계수(right ventricular ejection fraction, RVEF), RVEDVI 및 수축기말 우심실용적지수는 심박출량 측정 컴퓨터 모니터 상에 평균값을 기록하였으며, SVI는 모니터 상의 값이 아닌 심박출지수를 심박수로 나누어 구하였다. 심박동수, 전신동맥압, 폐동맥압, 폐모세혈관폐기압, 중심정맥압과 혼합정맥혈산소포화도를 동시에 기록하였다.

통계분석은 SPSS 12.0 (SPSS Inc., IL, USA)을 사용하였으며 모든 값은 평균 ± 표준편차 또는 수(%)로 표시하였다. 시간대 별 혈액학 변수 간의 비교는 t-test를 이용하여 비교한 후 Bonferroni correction을 시행하였다. 단순회귀분석을 통해 중심정맥압, 폐모세혈관폐기압 및 RVEDVI와 SVI 간의 상관관계를 살펴보았다. 이후에 우심실 기능에 따른 상관관계의 차이를 보기 위해서 T1에서 측정된 RVEF가 35% 미만인 군(L-RVEF, 30명)과 이상인 군(N-RVEF, 23명)으로 나누어 각각 중심정맥압, 폐모세혈관폐기압 및 RVEDVI와 SVI 간의 상관관계를 비교하였다.<sup>12)</sup> 또한 우관상동맥 협착 유무 및 우관상동맥 우회술 시행이 상관관계에 미치는 영향을 보기 위해서 우관상동맥 협착이 없는 군(RCA-NS, 17명)과 협착이 있고, 우관상동맥에 우회술을 시행 받은 군(RCA-S, 23명)에서 각 변수들과 SVI 간의 상관관계를 살펴보았다. 모든 통계결과는 P값이 0.05 미만일 때 의미 있는

**Table 1. Demographic Data**

Parameters	n = 53
Age (yr)	62.5 ± 7.4
Gender (M/F)	41/12
BSA (m <sup>2</sup> )	1.72 ± 0.17
RCA stenosis >70%	23 (43%)
LVEF (%)	63.5 ± 6.9

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

것으로 간주하였다.

**결 과**

환자의 나이, 성별, 체표면적, 우관상동맥 협착빈도, 수술

**Table 2.** Changes in Hemodynamic Data

Time	T1	T2	T3
HR (beats/min)	60 ± 8	63 ± 10	70 ± 9* <sup>†</sup>
MAP (mmHg)	78 ± 11	74 ± 10* <sup>†</sup>	79 ± 9
MPAP (mmHg)	17 ± 4	19 ± 5	18 ± 3
CVP (mmHg)	8 ± 3	8 ± 3	8 ± 2
PCWP (mmHg)	12 ± 3	13 ± 4	13 ± 3
CI (L/min/m <sup>2</sup> )	2.9 ± 0.5	2.8 ± 0.5	2.7 ± 0.6
SVI (ml/m <sup>2</sup> /beat)	48.6 ± 10.5	45.5 ± 7.5	38.6 ± 8.7
RVEDVI (ml)	134 ± 19	133 ± 20	123 ± 23* <sup>†</sup>
RVESVI (ml)	91 ± 20	90 ± 17	84 ± 19
RVEF (%)	34 ± 7	32 ± 7	32 ± 7
SvO <sub>2</sub> (%)	79 ± 7	79 ± 7	73 ± 7* <sup>†</sup>

All values are mean ± SD. HR: heart rate, MAP: mean arterial pressure, MPAP: mean pulmonary artery pressure, CVP: central venous pressure, PCWP: pulmonary capillary wedge pressure, CI: cardiac index, SVI: stroke volume index, RVEDVI: right ventricular end diastolic volume index, RVESVI: right ventricular end systolic volume index, RVEF: right ventricular ejection fraction, SvO<sub>2</sub>: mixed venous saturation. T1: 10 min after anesthesia induction, T2: 10 min after Y-graft formation started, T3: 10 min after sternum closure, \*: P < 0.05 compared with Time 1, <sup>†</sup>: P < 0.05 compared with Time 2, <sup>‡</sup>: P < 0.05 compared with Time 3.

전 좌심실박출계수는 Table 1과 같았다. 측정 시기별 혈액학 변수를 비교한 결과 심박수는 T3시기에 T1, T2 시기에 비해서 증가했고, 평균동맥압은 T2 시기에서 T1, T3 시기에 비해서 낮았으며, RVEDVI와 혼합정맥혈산소포화도는 T3시기에 T1, T2 시기에 비해서 감소하였다(Table 2).

모든 시점에서 중심정맥압 및 폐모세혈관쇄기압과 SVI 간에는 유의한 상관관계가 없었다. RVEDVI는 T2와 T3에 SVI와 통계적으로 유의하나 낮은 상관관계를 보였다(Table 3).

우심실 기능에 따른 상관관계의 차이를 비교한 결과, L-RVEF 군에서는 T2와 T3시기에 RVEDVI가 SVI와 유의한

**Table 3.** Correlations between Predictors of Preload and Stroke Volume Index

		SVI		
		T1	T2	T3
CVP	r <sup>2</sup>	0.030	0.057	0.019
	P	0.214	0.084	0.330
PCWP	r <sup>2</sup>	0.005	0.005	0.043
	P	0.618	0.606	0.142
RVEDVI	r <sup>2</sup>	0.034	0.133	0.380
	P	0.193	0.007*	0.000*

r<sup>2</sup>: coefficient of determination, SVI: stroke volume index, CVP: central venous pressure, PCWP: pulmonary capillary wedge pressure, RVEDVI: right ventricular end diastolic volume index, T1: 10 min after anesthesia induction, T2: 10 min after Y-graft formation started, T3: 10 min after sternum closure. \*: P < 0.05.

**Table 4.** Correlations between Variables according to Right Ventricular Function

		SVI					
		T1		T2		T3	
		L-RVEF	N-RVEF	L-RVEF	N-RVEF	L-RVEF	N-RVEF
CVP	r <sup>2</sup>	0.039	0.000	0.156	0.013	0.004	0.053
	P	0.295	0.966	0.031	0.599	0.742	0.291
PCWP	r <sup>2</sup>	0.051	0.029	0.008	0.075	0.002	0.168
	P	0.231	0.435	0.646	0.206	0.806	0.052
RVEDVI	r <sup>2</sup>	0.069	0.173	0.212	0.046	0.220	0.600
	P	0.170	0.048*	0.010*	0.325	0.010*	<0.000*

r<sup>2</sup>: coefficient of determination, L-RVEF: RVEF at post-induction 10 min (T1) < 35%, N-RVEF: RVEF at post-induction 10 min (T1) ≥ 35%, SVI: stroke volume index, CVP: central venous pressure, PCWP: pulmonary capillary wedge pressure, RVEDVI: right ventricular end diastolic volume index, T1: 10 min after anesthesia induction, T2: 10 min after Y-graft formation started, T3: 10 min after sternum closure. \*: P < 0.05.

**Table 5.** Correlations between Variables according to Right Coronary Lesion

		SVI					
		T1		T2		T3	
		RCA-S	RCA-NS	RCA-S	RCA-NS	RCA-S	RCA-NS
CVP	r <sup>2</sup>	0.007	0.138	0.085	0.350	0.000	0.074
	P	0.640	0.142	0.106	0.012	0.917	0.307
PCWP	r <sup>2</sup>	0.019	0.003	0.016	0.073	0.003	0.002
	P	0.456	0.848	0.487	0.294	0.784	0.882
RVEDVI	r <sup>2</sup>	0.002	0.218	0.160	0.354	0.330	0.432
	P	0.813	0.079	0.026*	0.015*	0.001*	0.008*

r<sup>2</sup>: coefficient of determination, RCA-S: right coronary artery (RCA) stenosis > 70% and RCA graft, RCA-NS: no RCA stenosis, SVI: stroke volume index, CVP: central venous pressure, PCWP: pulmonary capillary wedge pressure, RVEDVI: right ventricular end diastolic volume index, T1: 10 min after anesthesia induction, T2: 10 min after Y-graft formation started, T3: 10 min after sternum closure. \*: P < 0.05.

상관관계를 보였으며, N-RVEF 군에서는 T1과 T3 시기에 RVEDVI가 SVI와 유의한 상관관계를 보였다(Table 4). 우관상동맥 협착과 우회술 시행에 따른 상관관계의 변화를 살펴본 결과, RCA-NS 군과 RCA-S 군 모두 T2와 T3에 RVEDVI와 SVI 간에 유의한 연관성을 보였으며, RCA-NS 군에서 상관계수 값이 더 컸다(Table 5).

**고 찰**

본 연구에서는 OPCAB을 시행 받는 환자에서 volumetric PAC를 이용하여 측정된 SVI와 전부하 지표들 간의 상관관계를 살펴본 결과 중심정맥압 및 폐모세혈관쇄기압은 SVI를 전혀 반영하지 못하였으며, RVEDVI는 SVI와 마취 유도 후를 제외하고는 유의한 상관관계를 가지지는 하나 결정계수(coefficient of determination, r<sup>2</sup>) 값이 매우 낮았다. 이는 일회정주 열회색법을 이용해 RVEDVI와 SVI 간의 상관관계를 비교한 연구 결과나<sup>7,9)</sup> 중환자실에서 volumetric PAC를 통해 RVEDVI와 SVI 간의 상관관계를 살펴본 연구 결과에<sup>11)</sup> 비해 매우 낮은 값으로 OPCAB 중에 volumetric PAC로 측정된 RVEDVI에 의존하여 전부하를 유지하는 것은 부적절할 수도 있다고 생각한다.

심장수술을 시행 받는 환자의 마취 관리에서 심장기능을 적절하게 반영하는 전부하의 감시는 매우 중요하다. 여러 전부하 지표들 중 폐모세혈관쇄기압이나 중심정맥압과 같은 심장충만압은 침습적인 혈액학적 감시하에 있는 환자들의 전부하 평가에 가장 흔히 사용되는 지표이다. 그러나, 실제로는 이러한 폐동맥쇄기압이나 중심정맥압은 많은 경우에 SVI나 심박출지수를 제대로 반영하지 못하며,<sup>5,6)</sup> 이보

다는 우심실용적 측정이 가능한 PAC를 이용하여 측정된 RVEDVI가 SVI나 심박출지수와 비교적 높은 상관관계를 갖는다고 알려져 있다.<sup>7,8)</sup> RVEDVI는 기계환기나 호기말양압 시에도 SVI나 심박출지수와 좋은 상관관계를 나타낸다.<sup>6)</sup> 그러나 이러한 연구들은 주로 외상이나 패혈증으로 중환자실에 입원해있는 환자들을 대상으로 일회정주법으로 측정된 변수들 간의 상관관계를 살펴본 결과들이었다. 최근 지속적으로 심박출량과 우심실용적의 측정이 가능한 volumetric PAC가 심장 수술에서 많이 사용되고 있으나, 이를 이용하여 측정된 RVEDVI가 SVI를 어느 정도 반영할 수 있는가에 대해서는 알려진 바가 없으며, 특히 OPCAB 수술 중에 이들 간의 상관관계를 살펴본 연구는 본 연구가 처음이다.

본 연구에서는 이전의 연구 결과들과 비교하여, RVEDVI는 중심정맥압 및 폐모세혈관 쇄기압과 달리 SVI와 통계적으로 유의한 상관관계를 보였다는 점에서는 유사하나, 결정계수가 선행연구에 비해 매우 낮았으며 마취 유도 직후 시기에 이러한 연관성조차 보이지 않았다는 점에서는 다른 결과를 관찰할 수 있었다. 본 연구에서 이러한 결과가 관찰되었던 원인으로는 우심실기능이 RVEDVI와 SVI간의 상관관계에 영향을 미친다는 연구 결과를 고려할 때<sup>7)</sup> 본 연구에 다양한 범위의 RVEF를 갖는 환자(21-48%)를 포함하고 있으며, 우관상동맥질환이 동반된 환자가 포함되어 있다는 점을 생각할 수 있다. 이에 따라 저자들은 환자를 마취 유도 후에 측정된 RVEF를 기준으로 L-RVEF 군과 N-RVEF 군으로 나누어 다시 비교하였으나 다른 결과를 얻지 못하였다. 또한 우관상동맥에 협착과 우회술을 시행여부에 따라 RCA-NS 군과 RCA-S 군으로 나누어 수술 전의 두 군에서의 상관관계를 살펴보고, 이러한 상관관계가 수술 시행 후

에 개선되는가를 보았으나 역시 전체 상관분석 결과와 크게 다르지 않았으며, 우회술 전후로 의미 있는 상관관계의 개선을 관찰할 수 없었다. 둘째로는 volumetric PAC 자체의 문제를 고려해볼 수 있다. 지속적 심박출량 측정은 열선이 내장되어 있는 카테터를 이용하여 저열에너지가 혈액에 전달하고, 원위부의 열감지소자에서 혈액온도 변화를 감지하여 심박출량을 측정한다. 모니터상에는 매 30-60초마다 지속적으로 갱신되는 최근 심박출량(STAT CCO)과 3-6분에 걸친 평균 심박출량(Trend CCO)을 표시한다.<sup>13,14)</sup> 한편 RVEDVI는 환자 감시 모니터를 통해 전달된 심전도 정보를 통해 매 박동시기의 이완기말 온도를 감지하며 수 번의 심장박동 시의 온도변화 값을 이용하여 RVEF를 계산하고 측정된 심박출량을 이용하여 RVEDVI를 계산하며 컴퓨터 화면 상의 평균값은 6-10분 동안의 측정값의 평균값을 나타낸다.<sup>15)</sup> 따라서 심박출량 측정 컴퓨터 화면상의 RVEDVI나 심박출지수(본 연구에서는 심박출지수를 심박동수로 나누어 SVI를 구하였기 때문에 SVI는 심박출지수를 나타낸다)의 평균값은 서로 다른 기간 동안 측정된 심박출량과 SVI의 수분 동안의 측정값들의 평균을 보여주기 때문에 두 변수간의 상관관계가 낮아졌다고 생각된다. 마지막으로 이전의 RVEDVI 연구들이 주로 중환자실의 안정된 환자를 대상으로 하였던 것과 달리 본 연구는 OPCAB 중에 시행되었는데 이러한 조건과 관계된 혈액학적 불안정성이 결정계수 값을 낮추는 원인이 되었다고 생각한다. 실제로 마취 유도 직후는 마취 유도제와 마약성 진통제 등의 투약으로 인해 교감 신경계가 억제되어 있으면서 외과적 자극은 없어 쉽게 저혈압이나 서맥이 초래될 수 있고, 때때로 빠른 수액부하가 요구되는 시기이며, 이때에 RVEDVI와 SVI 간의 상관관계는 통계적 유의성을 보이지 않았다. 이러한 혈액학적 불안정 시기에 지속측정법에 의한 평균 심박출량의 제한점은 여러 선행연구에서 지적된바 있다. 심초음파와 volumetric PAC를 통한 지속측정법으로 측정된 평균 심박출량을 비교한 연구에 따르면 빠른 수액부하 후 심박출량이 20%의 변화를 보이는데 걸리는 시간이 심초음파는 1분 이내였으나, volumetric PAC의 경우에는 7분 이상이었으며, 80% 이상의 변화는 심초음파 상에서는 1-3분만에 관찰되는데 비하여, volumetric PAC는 10-19분이 지난 후 변화가 관찰되었다.<sup>16)</sup> 최근에는 OPCAB 중 심장고정기(octopus) 사용 전후에 지속측정법으로 측정된 평균 심박출량은 일회정주법으로 구한 심박출량을 반영하지 못할 뿐만 아니라, 혼합혈정맥포화도나 평균 동맥압과도 연관성이 없었다.<sup>17)</sup> 이를 보완하고자 개발된 지속측정법의 최근 심박출량을 평균 심박출량과 비교한 연구에 따르면 수술 후 심장박동조율기를 이용하여 심박수 증가를 유도하였을 때 최근 심박출량은 의미 있는 변화를 보이기까지 270초가 걸렸으나, 평균 심박출량은 이

론상으로는 3-6분에 걸친 심박출량의 평균을 반영해야 하지만 실제로는 6분 후에도 이러한 변화가 반영되지 않았다.<sup>18)</sup> 따라서 급격한 혈액학 변화가 있는 시기에는 평균 심박출량보다는 최근 심박출량을 관찰하는 것이 적절하나 이 또한 수분간의 지체가 있으며, 이전 값들이 반영되어 있다는 것을 유의하여야 한다. 따라서 혈액학 변화가 심한 시기에 volumetric PAC로 측정된 RVEDVI의 평균값을 전부하의 정확한 지표로 사용하기에는 제한이 있으며, RVEDVI의 최근값이 평균값보다 SVI를 잘 반영할 수 있는가에 대해서는 추가적인 연구가 필요하다고 생각한다.

결론적으로 OPCAB 중에 volumetric PAC를 이용하여 측정된 SVI와 RVEDVI 및 중심정맥압과 폐모세혈관쇄기압 간의 상관관계를 살펴본 결과, RVEDVI는 중심정맥압 및 폐모세혈관쇄기압이 SVI를 전혀 반영하지 못하는 것과 달리 마취 유도 직후를 제외하고는 SVI와 결정계수는 낮으나 유의한 상관관계를 가지며, 따라서 volumetric PAC로 측정된 RVEDVI는 심실충만압보다는 우수한 전부하의 지표이나 OPCAB 수술 중에 정확한 전부하 지표로 이용되기에는 제한이 있다고 생각한다.

### 참 고 문 헌

1. Han SH, Kim JH, Sim SE, Ham BM: Hemodynamic changes during off pump coronary artery bypass surgery. *Korean J Anesthesiology* 2002; 43: 44-8.
2. Grundeman PF, Borst C, Verlaan CW, Meijburg H, Moues CM, Jansen EW: Exposure of circumflex branches in the tilted, beating porcine heart: echocardiographic evidence of right ventricular deformation and the effect of right or left heart bypass. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1999; 118: 316-23.
3. Nierich AP, Diephuis J, Jansen EW, Borst C, Knappe JT: Heart displacement during off-pump CABG: how well is it tolerated? *Ann Thorac Surg* 2000; 70: 466-72.
4. Grundeman PF, Borst C, van Herwaarden JA, Verlaan CW, Jansen EW: Vertical displacement of the beating heart by the octopus tissue stabilizer: influence on coronary flow. *Ann Thorac Surg* 1998; 65: 1348-52.
5. Kumar A, Anel R, Bunnell E, Habet K, Zanotti S, Marshall S, et al: Pulmonary artery occlusion pressure and central venous pressure fail to predict ventricular filling volume, cardiac performance, or the response to volume infusion in normal subjects. *Crit Care Med* 2004; 32: 691-9.
6. Osman D, Ridet C, Ray P, Monnet X, Anguel N, Richard C, et al: Cardiac filling pressures are not appropriate to predict hemodynamic response to volume challenge. *Crit Care Med* 2007; 35: 64-8.
7. Cheatham ML, Nelson LD, Chang MC, Safcsak K: Right ventricular end-diastolic volume index as a predictor of preload status in patients on positive end-expiratory pressure. *Crit Care Med*

- 
- 1998; 26: 1801-6.
8. Reuse C, Vincent JL, Pinsky MR: Measurements of right ventricular volumes during fluid challenge. *Chest* 1990; 98: 1450-4.
  9. Nelson LD, Safcsak K, Cheatham ML, Block EF: Mathematical coupling does not explain the relationship between right ventricular end-diastolic volume and cardiac output. *Crit Care Med* 2001; 29: 940-3.
  10. Wiesenack C, Fiegl C, Keyser A, Laule S, Prasser C, Keyl C: Continuously assessed right ventricular end-diastolic volume as a marker of cardiac preload and fluid responsiveness in mechanically ventilated cardiac surgical patients. *Crit Care* 2005; 9: R226-33.
  11. Ishida T, Lee T, Shimabukuro T, Niinami H: Right ventricular end-diastolic volume monitoring after cardiac surgery. *Ann Thorac Cardiovasc Surg* 2004; 10: 167-70.
  12. Lee JH, Oh YJ, Shim YH, Hong YW, Yi G, Kwak YL: The effect of milrinone on the right ventricular function in patients with reduced right ventricular function undergoing off-pump coronary artery bypass graft surgery. *Korean Med Sci* 2006; 21: 854-8.
  13. Yelderman M: Continuous measurement of cardiac output with the use of stochastic system identification techniques. *J Clin Monit* 1990; 6: 322-32.
  14. Jacquet L, Hanique G, Glorieux D, Matte P, Goenen M: Analysis of the accuracy of continuous thermodilution cardiac output measurement. Comparison with intermittent thermodilution and fick cardiac output measurement. *Intensive Care Med* 1996; 22: 1125-9.
  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. Siegel LC, Hennessy MM, Pearl RG: Delayed time response of the continuous cardiac output pulmonary artery catheter. *Anesth Analg* 1996; 83: 1173-7.
  17. Grow MP, Singh A, Fleming NW, Young N, Watnik M: Cardiac output monitoring during off-pump coronary artery bypass grafting. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2004; 18: 43-6.
  18. Lazor MA, Pierce ET, Stanley GD, Cass JL, Halpern EF, Bode RH: Evaluation of the accuracy and response time of STAT-mode continuous cardiac output. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1997; 11: 432-6.
-