

관상동맥 질환을 가진 환자에서 폐동맥카테터로 측정하 전부하 지표들은 수액부하 반응을 예상할 수 있는가?

이지연* · 광영란* · 이종화* · 심재광* · 유경종** · 홍승범*

Assessment of Parameters Measured with Volumetric Pulmonary Artery Catheter as Predictors of Fluid Responsiveness in Patients with Coronary Artery Occlusive Disease

Ji Yeon Lee, M.D.*, Young Lan Kwak, M.D.*, Jong Hwa Lee, M.D.*, Jae Kwang Shim, M.D.*,
Kyung-Jong Yoo, M.D.**, Seung Bum Hong, M.D.*

Background: Accurate assessment of the preload and the fluid responsiveness is of great importance for optimizing cardiac output, especially in those patients with coronary artery occlusive disease (CAOD). In this study, we evaluated the relationship between the parameters of preload with the changes in the stroke volume index (SVI) after fluid loading in patients who were undergoing coronary artery bypass grafting (CABG). The purpose of this study was to find the predictors of fluid responsiveness in order to assess the feasibility of using certain parameters of preload as a guide to fluid therapy. **Material and Method:** We studied 96 patients who were undergoing CABG. After induction of anesthesia, the hemodynamic parameters were measured before (T1) and 10 min after volume replacement (T2) by an infusion of 6% hydroxyethyl starch 130/0.4 (10 mL/kg) over 20 min. **Result:** The right ventricular end-diastolic volume index (RVEDVI), as well as the central venous pressure (CVP) and pulmonary capillary wedge pressure (PCWP), failed to demonstrate significant correlation with the changes in the SVI (%). Only the right ventricular ejection fraction (RVEF) measured at T1 showed significant correlation with the changes of the SVI by linear regression ($r=0.272$, $p=0.017$). However, when the area under the curve of receiver operating characteristics (ROC) was evaluated, none of the parameters were over 0.7. The volume-induced increase in the SVI was 10% or greater in 31 patients (responders) and under 10% in 65 patients (non-responders). None of the parameters of preload measured at T1 showed a significant difference between the responders and non-responders, except for the RVEF. **Conclusion:** The conventional parameters measured with a volumetric pulmonary artery catheter failed to predict the response of SVI following fluid administration in patients suffering with CAOD.

(Korean J Thorac Cardiovasc Surg 2008;41:41-48)

Key words: 1. Coronary artery bypass surgery
2. Pulmonary artery
3. Cardiac output

서 론

수액요법을 통한 적절한 전부하 유지는 심박출량을 최

적화하는데 있어서 기본적인 치료 중 하나이다. Frank-Starling 원리에 따르면 심장수축력은 심근섬유의 이완기 말 길이에 비례하며, 이는 심실의 이완기말용적에 비례한

*연세대학교 의과대학 마취통증의학교실

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

**연세대학교 의과대학 세브란스병원 흉부외과학교실

Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Severance Hospital, Yonsei University College of Medicine

논문접수일 : 2007년 10월 4일, 심사통과일 : 2007년 11월 10일

책임저자 : 광영란 (120-752) 서울특별시 서대문구 신촌동 134번지, 연세의료원 심장혈관병원 마취통증의학과

(Tel) 02-2228-8500, (Fax) 02-364-2951, E-mail: ylkwak@yuhs.ac

본 논문의 저작권 및 전자매체의 지적소유권은 대한흉부외과학회에 있다.

다. 이러한 비례관계 때문에 수액부하 요법으로 전부하를 증가시키면 심근수축력 및 심박출량의 증가가 기대된다 [1]. 이 때 전부하의 증가로 심장용적이 변화해도 심장충만압(cardiac filling pressure)은 이에 정비례하여 변화하지는 않는데 이는 심장의 유순도에 따라 용적-압력 관계가 다르기 때문이다.

환자의 순환용적상태(circulatory volume status)는 주로 중심정맥압(central venous pressure, CVP)이나 폐모세혈관쇄기압(pulmonary capillary wedge pressure, PCWP) 등과 같은 심장충만압으로 평가되며, 임상에서는 이를 참고로 하여 수액치료를 시행하는 것이 일반적이다. 그러나 최근 연구들에 따르면 심장충만압은 수액부하에 대한 환자의 반응을 제대로 예측하지 못하며, 수액부하에 따른 심박출량의 변화도 반영하지 못한다고 한다[2,3]. 심장충만압 보다 좀더 전부하를 정확하게 반영한다고 알려진 열회석법을 이용하여 측정한 이완기말우심실용적(right ventricular end-diastolic volume, RVEDV)이나[4,5] 심초음파를 이용하여 측정한 이완기말 좌심실 면적(left ventricular end-diastolic area, LVEDA) 등[6,7]과 같은 혈액학지수들 또한 수액부하에 대한 환자의 반응을 정확하게 예측하지는 못한다는 보고들이 있다. 혈액학지수와 수액부하에 대한 환자의 반응 간의 상관관계를 살펴본 대부분의 연구들은 중환자실에 재원중인 다양한 질환을 가진 환자들을 대상으로 이루어졌으며 주로 심박출지수(cardiac index, CI)와 심장충만압이 낮은 상태의 환자들에서 시행되었다[2-7].

관상동맥질환으로 수술을 시행 받는 환자들은 금식, 이노제의 사용으로 수술 전에 저혈량증 상태에 있는 경우가 많다. 특히 마취유도 직후에는 마취유도제와 마약성 진통제 등의 투약으로 인해 교감신경계가 억제되어 있으면서 외과적 자극은 없어 쉽게 저혈압이나 서맥이 초래될 수 있어, 상당량의 수액부하와 함께 심근수축제나 혈관수축제의 사용이 요구되기도 하기 때문에 적절한 혈관내용적을 유지하는 것이 중요하다. 따라서 관상동맥질환을 가진 환자에서 적절한 전부하 지표로 전부하 상태를 평가하고 수액치료를 시행하는 것이 필수적이나 이러한 환자군에서 어떤 혈액학 지표가 이를 수액치료에 대한 반응을 가장 정확하게 예측할 수 있는가에 대한 연구는 시행된 바가 없다.

이에 본 연구는 관상동맥우회술을 시행 받는 환자에서 수액부하에 따른 일회박출량지수의 변화와 전부하 지표들 간의 상관관계를 살펴봄으로써, 이러한 전부하 지표

들이 수액부하 반응을 예측할 수 있으며 수액요법의 지침으로 유용한가를 평가하였다.

대상 및 방법

본원에서 2006년 8월부터 12월 사이에 관상동맥우회술을 시행 받은 환자 96명을 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 가진 환자 및 심장기능이 심하게 저하된 환자(심박출계수 40% 미만), 응급 수술 환자는 대상에서 제외하였다.

환자들은 마취전처치로 수술실 도착 1시간 전에 morphine 0.05 mg/kg를 근주받았고, digoxin과 이노제를 제외한 모든 약은 수술 당일 아침에도 평상시대로 투여하였다. 수술실에 도착한 후 5개 전극을 이용해 심전도를 부착한 후 전극 II 및 V5를 감시하였다. 요골동맥에 동맥도관을 삽입하였고, 우측 내경정맥에 폐동맥카테터(Swan-Ganz CCombo V model 774HF75[®], Edwards Lifesciences, CA, USA)를 삽입하고 컴퓨터 모니터 시스템(Vigilance tm CCO/SvO₂/CEDV Monitor, Edwards Lifesciences, CA, USA)을 이용하여 감시하였다. Midazolam 0.05 mg/kg, sufentanil 1.5~2.0 µg/kg, rocuronium 0.9 mg/kg을 정주 후 기관내삽관을 시행하였고 일회호흡량은 8~10 mL/kg로 이산화탄소 분압은 35~40 mmHg로 유지되도록 조절 호흡을 시행하였다. 마취유지는 sufentanil 0.5~1.5 µg/kg/h 과 vecuronium 1~2 µg/kg/min 지속정주 및 1~2%의 sevoflurane으로 하였으며 마취유도 후부터 isosorbide dinitrate 0.5 µg/kg/min를 지속정주 하였다.

마취유도 10분 후에 혈액학 변수들을 기록하고(기저치, T1), 수액부하(10 mL/kg)를 시작하였다. 수액부하를 위해 6% hydroethylstarch 130/0.4 (볼루벤[®], 프레지니우스 카비, Korea)를 체중 kg당 10 mL를 20분에 걸쳐 정주하였으며, 이후 10분 후에 혈액학 변수를 다시 기록하였다(T2). 이 기간 동안 혈액학에 영향을 줄 수 있는 약제의 투여를 제한하였으며, 수술은 그 이후에 시작되었다. 심박출지수(CI), 우심실박출계수(right ventricular ejection fraction, RVEF), 이완기말우심실 용적지수(RVEDVI) 및 수축기말우심실용적지수(RVESVI)는 컴퓨터 모니터 상의 평균값을 기록하였으며, 일회박출량지수(SVI)는 심박출지수(CI) 측정값을 심박동수로 나누어 계산하였다. 이와 함께 심박동수, 평균 동맥압, 평균 폐동맥압, 폐모세혈관쇄

Table 1. Demographic data

Parameters	All patients (n=96)	Group NR (n=65)	Group R (n=31)
Age (yr)	63.1±9.0	62.8±8.1	63.8±10.9
Gender (M/F)	67/29	49/16	18/13
Weight (kg)	65.8±10.1	66.0±9.6	65.5±11.3
Height (cm)	162.4±8.7	163.0±8.9	161.3±8.2
BSA (m ²)	1.70±0.17	1.70±0.18	1.71±0.17
DM	35 (36%)	25 (38%)	10 (32%)
HTN	58 (60%)	41 (63%)	17 (55%)
Medication			
Vasodilator	67 (59%)	47 (72%)	20 (65%)
β blocker	70 (73%)	49 (75%)	21 (68%)
CCB	53 (55%)	38 (58%)	15 (48%)
ACE inhibitor	48 (50%)	31 (48%)	17 (55%)
Diuretic	8 (8%)	7 (11%)	1 (3%)
Graft No.	3 (2~5)	3 (2~5)	3 (2~5)
LVEF (%)	60.2±10.7	59.5±11.6	61.4±8.8

All values are mean±SD (range) or number of patients (%); Group R=responder group; NR=non-responder group; BSA=body surface area; DM=diabetes mellitus; HTN=hypertension; CCB=calcium channel blocker; ACE=angiotension converting enzyme; LVEF=preoperative left ventricular ejection fraction.

기압, 중심정맥압을 동시에 기록하였다.

통계분석은 SPSS 12.0 (SPSS Inc., IL, USA)을 사용하였으며 모든 값은 평균±표준편차 또는 환자수(%)로 표시하였다. 우선 전체 환자에서 단순회귀분석을 통해 수액부하 전 전부하 지표들 즉, CVP, PCWP, RVEDVI 및 RVEF와 SVI 변화량(%) 간의 상관관계를 살펴보았다. 이후에 각 변수의 변화량(%)과 SVI 변화량(%) 사이의 상관관계를 살펴보았다. 각 전부하 지표들간의 수액부하 반응 예측도를 비교하기 위해서 area under a receiver operating characteristic curve (AUC of ROC)를 산출하였다[8]. ROC curve는 진단법의 다양한 기준값에 대해 false positive rate (1-specificity)에 대한 true positive rate (sensitivity)의 상관관계를 나타내는 그래프로, ROC curve의 곡선아래 영역(AUC)이 검사법의 정확도를 의미하며, 이 값이 1에 가까울수록 정확도가 높다고 할 수 있으며, 0.7이상일 때 임상적으로 유용하다고 할 수 있다. 수액부하 이후에 SVI가 부하 전에 비해 10% 이상 상승한 환자들을 ‘반응군(responder)’로 정의하고, 10% 미만인 환자들은 ‘비반응군(non-responder)’으로 정의하였다. 이후 두 군간 시간대별 혈액학 변수의 비교는 t-test를 이용하였으며, 모든 통계결과는 p값이 0.05 미만일 때 의미 있는 것으로 간주하였다.

Table 2. Correlations between predictors of preload and stroke volume index

	△ SVI (%)			△ SVI (%)		
CVP1(T1)	r	0.144	△ CVP	r	0.091	
	P	0.162		P	0.380	
PCWP(T1)	r	0.080	△ PCWP	r	0.086	
	P	0.440		P	0.405	
RVEF(T1)	r	0.272	△ RVEF	r	0.490	
	P	0.017*		P	0.000*	
RVEDVI(T1)	r	0.018	△ RVEDVI	r	0.228	
	P	0.873		P	0.040*	

R=coefficient of correlation; CVP=central venous pressure; PCWP=pulmonary capillary wedge pressure; RVEF=right ventricular ejection fraction; RVEDVI=right ventricular end diastolic volume index; SVI=stroke volume index; T1=before fluid loading; *p<0.05.

결 과

전체 환자들의 특성은 Table 1과 같으며, 이들 중 31명의 환자에서 수액부하에 따라 SVI가 10% 이상 증가하였다. 반응군(n=31)과 비반응군(n=65) 군간의 환자의 나이, 성별, 체중, 키와 고혈압, 당뇨 환자 비율, 투약정보, 이식편수 및 수술 전 심초음파를 이용하여 측정된 좌심실

Table 3. Changes in hemodynamic data after fluid loading

	T1		T2	
	Group NR (n=65)	Group R (n=31)	Group NR (n=65)	Group R (n=31)
HR (beats/min)	62±9	67±8*	61±10	58±9 [†]
MAP (mmHg)	76±12	77±11	76±13	75±9
CVP (mmHg)	7±3	7±3	10±3 [†]	10±3 [†]
MPAP (mmHg)	16±4	15±4	19±4 [†]	19±3 [†]
PCWP (mmHg)	12±4	11±4	14±3 [†]	14±3 [†]
RVEDVI (ml)	135±25	134±26	137±24	145±26
RVEF (%)	39±8	35±9*	34±7 [†]	35±8
CI (L/min/m ²)	3.2±0.7	2.7±0.5*	2.8±0.6 [†]	3.0±0.6
SVI (ml/m ² /beat)	51.6±10.4	41.0±7.6*	46.1±9.4 [†]	51.3±8.7* [†]

All values are mean±SD. Group NR=non-responder group; Group R=responder group; HR=heart rate; MAP=mean arterial pressure; MPAP=mean pulmonary pressure; CVP=central venous pressure; PCWP=pulmonary capillary wedge pressure; RVEDVI=right ventricular end diastolic volume index; RVEF=right ventricular ejection fraction; CI=cardiac index; SVI=stroke volume index; T1=before fluid loading; T2=10 min after fluid loading; *p<0.05 compared with Group NR; [†]p<0.05 compared with T1.

박출계수는 군간 차이가 없었다(Table 1).

전체 환자에서 수액부하에 따른 SVI 변화량(%)과 수액부하 전(T1)의 CVP, PCWP, RVEF, RVEDVI간의 상관관계를 비교한 결과, RVEF가 통계적으로 유의한 상관관계를 보였으며, CVP, PCWP, RVEDVI는 유의한 상관관계를 보이지 않았다(Table 2). 수액부하에 따른 SVI 변화량과 각 지표들의 변화량 사이의 상관관계를 비교한 결과, RVEF, RVEDVI가 SVI 변화량과 통계적으로 유의한 상관관계를 보였다(Table 2). 수액부하 전 각 변수들의 초기 값이 수액부하 반응을 예측할 수 있는지 여부를 다시 확인하기 위해 ROC를 분석한 결과, CVP, PCWP, RVEF, RVEDVI는 모두 AUC가 0.5를 넘지 않아서 수액부하 반응을 예측하는 데 도움이 되지 못하는 것으로 나타났다.

수액부하에 대한 반응군과 비반응군 군간의 측정 시기별 혈액학 변수를 비교한 결과, 수액부하 전 반응군의 심박동수가 비반응군에 비해 컸으며, RVEF, CI, SVI는 반응군에서 의미 있게 낮았다. 수액부하 후 반응군의 SVI가 비반응군에 비해 높았으며 그 외 변수들은 군간 차이가 없었다(Table 3). 수액부하에 따라 반응군에서 심박동수는 감소하였고 SVI가 증가하였으며(p<0.05), RVEDVI는 증가하는 추세를 보였으나 p값이 0.079로 통계학적으로 유의하지는 않았다(Table 3). 비반응군에서는 수액부하 후 RVEF, SVI, CI가 오히려 유의하게 감소하는 양상을 보였으며, 두 군 모두 CVP와 PCWP는 수액부하에 따

라 유의하게 증가하였다(Fig. 1).

고 찰

본 연구에서는 관상동맥 질환을 가진 환자를 대상으로 마취유도 후에 수액부하에 따른 전부하 지표들과 SVI 간의 상관관계를 폐동맥카테터를 이용하여 살펴보았다. 그 결과 수액부하 전의 여러 전부하 지표들 중 RVEF만이 수액부하 시 SVI의 증가를 예측할 수 있는 변수로 나타났으며, CVP, PCWP 및 RVEDVI와 같이 전부하를 반영한다 알려진 변수들은 수액부하에 따른 SVI의 변화와 유의한 상관관계를 보이지 않았다. 또한 이들 전부하 지표가 수액부하 시 SVI를 10% 이상 증가시킬 수 있는가를 예측하는데 도움이 되는지를 판단하기 위해서 ROC 분석을 해본 결과 의미 있는 예측인자를 발견할 수 없었다. 이러한 결과들은 관상동맥질환을 가진 환자들에서 마취유도 후 수액부하가 SVI에 미치는 영향을 전통적인 전부하 지표들을 가지고 예측하는 것은 정확하지 않으며 보다 역동적인 전부하 지표들을 이용한 수액요법이 필요하다는 것을 보여주는 것이라고 생각한다.

심장 유순도의 영향으로 심장내 용적의 변화에 따른 심장충만압의 변화는 매우 다양하게 나타나기 때문에 CVP나 PCWP 등과 같은 심장충만압 지표들이 전부하를 제대로 반영하는가에 대해서는 오래 전부터 의문이 제기되어 왔다. 이전의 여러 질환군의 환자들을 대상으로

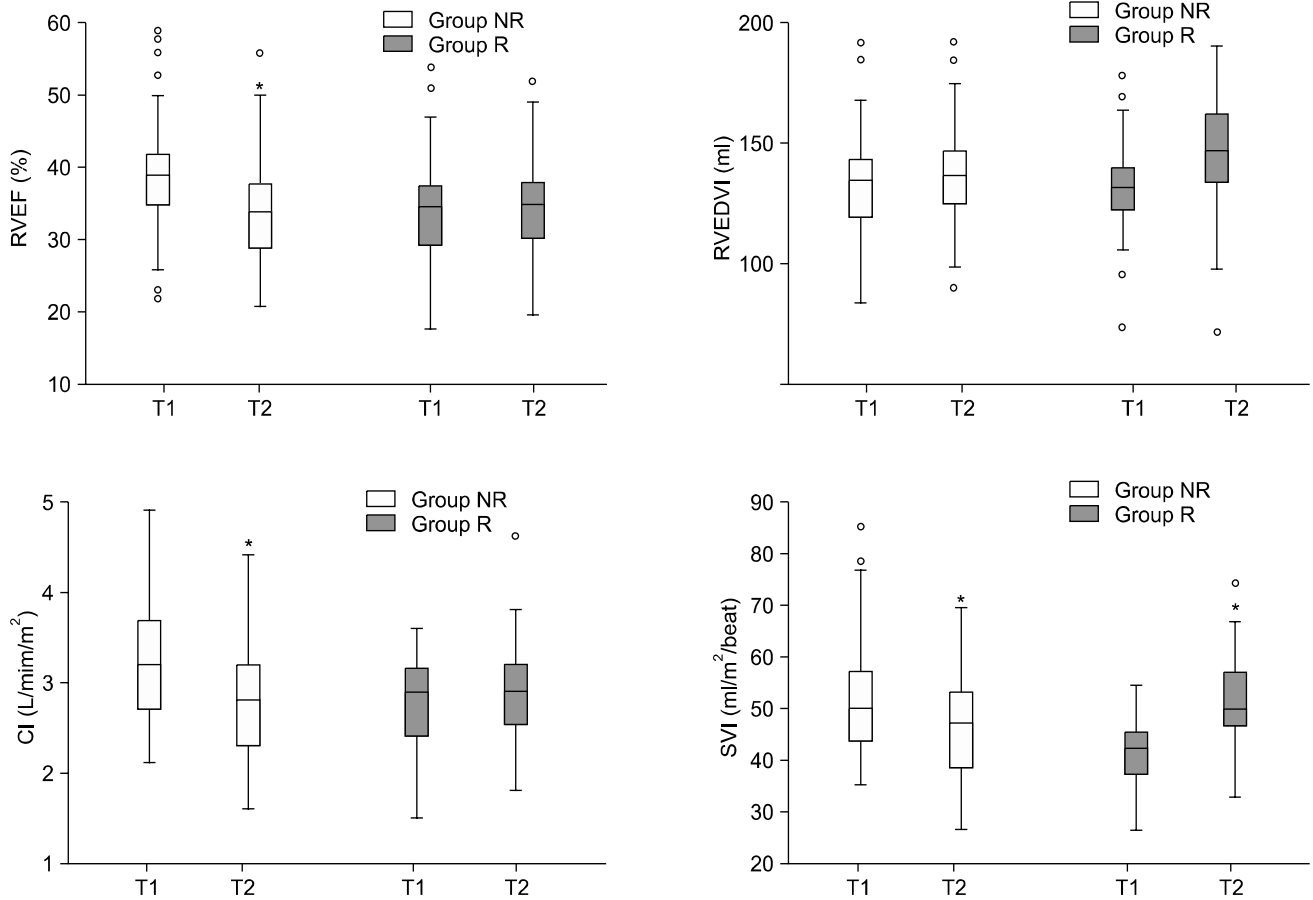


Fig. 1. Changes of RVEF, RVEDVI, CI and SVI after fluid loading. Group R=responder group; Group NR=non-responder group; RVEF=right ventricular ejection fraction; RVEDVI=right ventricular end diastolic volume index; CI=cardiac index; SVI=stroke volume index; T1=before fluid loading; T2=10 min after fluid loading; *p<0.05 compared with T1.

한 연구에서도 CVP이나 PCWP 등은 수액부하에 따라 심박출량이 증가한 군과 그렇지 않은 군 간에 초기값의 의미 있는 차이가 없었다[9-12]. 심지어는 중심정맥압이 15 mmHg인 일부 환자에서도 수액부하로 심박출량의 증가하는 등[13] 심장충만압이 수액부하에 따른 변화를 예측하는데 도움이 되지 못한다고 보고된 바가 있으며, 이는 선행질환이 균일한 관상동맥질환을 갖고 있는 환자들만을 대상으로 시행한 이번 연구 결과와 일치하는 것이다. 이러한 심장충만압에 비해서 폐동맥카테터를 이용하여 측정된 RVEDVI는 심박출량과 비교적 높은 상관관계를 갖는다고 알려져 있으나[4,5], RVEDVI가 수액반응 정도를 잘 예측하는가에 대해서도 아직 논쟁이 있다[4,14]. Diebel 등[12,15]은 두 차례의 연구를 통해서 RVEDVI가 낮은 환자에서 수액부하 시 심박출량의 증가되는 정도가 크다고 보고하면서 RVEDVI가 98 mL/m² 이

하일 때는 수액부하가 유용하며, 138 mL/m² 이상일 경우에는 수액부하에 따른 심박출량의 증가를 기대하기는 어렵다고 하였다. 하지만 이를 제외한 대다수의 RVEDVI를 평가한 연구들에서 수액부하에 따라 심박출량의 증가를 보인 군과 아닌 군 간의 수액부하 전 RVEDVI 값의 의미 있는 차이는 없었다[4,10,11]. 뿐만 아니라, Wagner와 Leatherman[4]은 RVEDVI가 심박출량 증가와 통계적으로 의미 있는 상관관계를 보이나 상관계수가 매우 낮으며 ($r^2=0.19$), 수액부하 전 RVEDVI가 90 mL/m² 이하인 환자도 수액부하 후에 심박출량이 증가하지 않기도 하고, 반대로 138 mL/m² 이상인 환자에서 심박출량이 증가하기도 하므로 RVEDVI는 수액반응의 예측인자가 되지 못한다고 하였다. 최근의 지속적인 우심실 용적 평가가 가능한 폐동맥카테터를 이용해서 심장 수술 환자를 대상으로 마취 유도 후에 수액부하반응을 평가한 연구에 따르

면, 이 경우에 지속 측정된 RVEDVI 변화량은 일회정주법으로 측정된 SVI의 변화량을 잘 반영하지만 수액부하 전의 RVEDVI 값이 이러한 반응 정도를 예상하는 데는 도움이 되지는 못했다[14]. 즉, RVEDVI는 수액부하 반응의 예측인자로 유용하진 않으나, 수액부하에 따른 SVI의 변화를 간접적으로 확인할 수 있다. 본 연구에서도 수액부하 전 RVEDVI 값은 SVI 변화량과 유의한 상관관계가 없고, 반응군과 비반응군 간의 수액부하 전 RVEDVI 값의 차이도 없어, RVEDVI가 수액부하 반응의 예측인자로 유용하진 않았다. 다만 수액부하에 따른 RVEDVI 변화량은 SVI 변화량과 유의한 상관관계를 보였다($r=0.228$, $p=0.04$). 따라서 관상동맥 질환 환자에 있어서 RVEDVI 값으로 수액부하가 효과가 있는 지를 예측하기는 어려우나, 수액부하 시 RVEDVI의 증가는 CVP 또는 PCWP와 달리 심박출량의 증가와 밀접한 연관관계를 갖는다는 것을 알 수 있었다. 본 연구에서 수액부하에 따른 SVI 변화량과 유의한 상관관계를 보인 수액부하 전 혈액역학적 지표는 RVEF가 유일하였으나 ROC 분석 결과가 의미 없이 나왔으며, 결국 마취상태의 관상동맥질환 환자에서 수액요법이 효과가 있을 것으로 예상되는 일정한 cut off value를 제시하는 전부하 지표는 없음을 알 수 있었다.

관상동맥우회술 중 특히 무체외순환관상동맥우회술(off-pump coronary bypass graft surgery, OPCAB)은 시술 전 적절한 전부하 상태를 유지하는 것이 문합 중 혈액학을 안정적으로 유지하는데 도움이 되므로 마취유도 후부터 심박을 열기 전까지 교질용액을 미리 투여하는 것이 권장되어 왔으며[16], 마취유도 후에 각각 7 mL/kg[14]와 10 mL/kg[17]의 교질용액을 투여한 결과 심박출량이 증가하고 수술 중 RVEF와 심박출량 유지하는데 도움이 되었다는 보고들이 있다. 본 연구에서 수액부하 전 CI가 비반응군에서는 3.2 ± 0.7 L/m²인데 비해, 반응군에서는 2.7 ± 0.5 L/m²로 수액부하 전에 상대적으로 낮은 CI를 갖는 환자에서 수액부하의 효과가 있었으며 반응군에서 수액부하 후 CI가 증가한 것과 달리, 비반응군에서는 CI가 오히려 감소하였다. 반응군과 달리 비반응군에서는 수액부하 후 RVEF가 감소했으며, RVEDVI와 심박동수의 의미 있는 변화는 없었던 것으로 미루어 비반응군에서의 CI의 감소는 RVEF의 감소와 연관이 있는 것으로 생각된다. 따라서 불필요한 수액부하는 우심실기능의 저하와 심박출량의 감소를 초래할 수 있을 것으로 생각되며, 반응군의 환자가 전체 대상환자의 32%에 지나지 않

음을 고려할 때, OPCAB을 시행 받는 환자들에서 마취유도 후 습관적으로 교질용액을 투여하는 것은 삼가하여야 할 것이다.

이전의 연구 결과들 및 본 연구의 결과를 볼 때 전부하 상태를 보여준다고 알려진 기존의 정적인 혈액학 지표들 보다는 수액요법에 대한 환자 반응을 예측하는데 도움이 되는 새로운 지표들이 필요하다. 최근 들어 기계호흡을 시행하고 있는 환자에서는 한 호흡주기 동안의 동맥파형의 변화를 분석하여 구한 stroke volume variation 또는 pulse pressure variation 등의 동적인 지표들이 수액부하 반응을 예측하는데 있어서 보다 적합하다는 연구들이[11,18] 나오고 있다. 혈관질환이 동반될 가능성이 높은 관상동맥 질환 환자에서 수술 중과 같이 혈액학 변화가 급격한 시기에 이들 지표들이 기존의 혈액학 지표에 비해 보다 정확하게 수액요법에 대한 반응을 예측할 수 있는가에 대한 추후 연구가 필요할 것으로 생각된다. 본 연구에는 몇 가지 제한점이 있다. 우선 모든 환자들이 관상동맥우회술이 예정된 관상동맥질환을 가진 환자들로, 심박출계수가 40% 미만인 심한 좌심실부전 환자를 제외하였으나 환자들의 이완기 기능을 고려하지 않았다는 점이다. 그 결과 수축기 기능은 보존되어 있으나 이완기 기능장애의 동반 및 심실유순도가 저하된 환자들이 포함되어 수액부하에 대한 반응과, 여러 가지 상관관계수 값에 영향을 미칠 수 있었을 것으로 생각된다. 또한 본 연구는 최근 개발되어 널리 상용화되어 있는 우심실 용적측정이 가능한 폐동맥카테터를 이용하여, CI, RVEF와 EVEDVI 값을 측정하여 비교하였다. 그러나 이 폐동맥카테터는 모니터상의 CI나 RVEDVI를 측정값이 각각 지난 3~6분[19]과 6~10분[20]의 평균값이라는 문제가 있다. 따라서 이러한 시스템의 문제가 낮은 상관관계의 원인이 될 수 있다. 본 연구에서는 이를 고려해 수액부하 후 10분 뒤의 값을 기록해 이러한 영향은 줄일 수 있었을 것으로 생각된다.

결 론

관상동맥 질환 환자의 수술 중 관리에 있어서 정확한 전부하 감시와 적절한 수액요법은 필수적이다. 본 연구 결과 마취상태의 관상동맥 질환 환자에서 폐동맥카테터로 얻을 수 있는 전부하 지표들 중 RVEF와 RVEDVI의 변화는 CVP와 PCWP의 변화와 달리 수액부하 시 SVI의 변화와 유의한 상관관계를 갖는 것으로 나타났지만, 수

액부하 전에 이들 지표를 이용하여 수액부하의 효과를 예측하기는 어려울 것으로 생각된다. 관상동맥 질환 환자에서 수술 중과 같이 혈액학 변화가 급격한 시기에는 이러한 기존의 정적인 지표들 외에 호흡주기에 따른 동적인 지표들이 수액요법에 대한 반응을 예측할 수 있는 대한 추후 연구가 필요할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Reich D, Mittnacht A, London M, Kaplan J. *Monitoring of the heart and vascular system*: In: Kaplan J, Reich D, Lake C, Konstadt S. *Kaplan's cardiac anesthesia*. 5th ed. Philadelphia: Saunders. 2006;412-3.
2. Osman D, Ridet C, Ray P, et al. *Cardiac filling pressures are not appropriate to predict hemodynamic response to volume challenge*. Crit Care Med 2007;35:64-8.
3. Kumar A, Anel R, Bunnell E, 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.
4. Wagner JG, Leatherman JW. *Right ventricular end-diastolic volume as a predictor of the hemodynamic response to a fluid challenge*. Chest 1998;113:1048-54.
5. 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.
6. Feissel M, Michard F, Mangin I, Ruyet O, Faller JP, Teboul JL. *Respiratory changes in aortic blood velocity as an indicator of fluid responsiveness in ventilated patients with septic shock*. Chest 2001;119:867-73.
7. Tousignant CP, Walsh F, Mazer CD. *The use of transesophageal echocardiography for preload assessment in critically ill patients*. Anesth Analg 2000;90:351-5.
8. Hanley JA, McNeil BJ. *The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve*. Radiology 1982;143:29-36.
9. Calvin JE, Driedger AA, Sibbald WJ. *The hemodynamic effect of rapid fluid infusion in critically ill patients*. Surgery 1981;90:61-76.
10. Reuse C, Vincent JL, Pinsky MR. *Measurements of right ventricular volumes during fluid challenge*. Chest 1990;98:1450-4.
11. Michard F, Teboul JL. *Predicting fluid responsiveness in ICU patients: a critical analysis of the evidence*. Chest 2002;121:2000-8.
12. Diebel L, Wilson RF, Heins J, Larky H, Warsow K, Wilson S. *End-diastolic volume versus pulmonary artery wedge pressure in evaluating cardiac preload in trauma patients*. J Trauma 1994;37:950-5.
13. Baek SM, Makabali GG, Bryan-Brown CW, Kusek JM, Shoemaker WC. *Plasma expansion in surgical patients with high central venous pressure (CVP); the relationship of blood volume to hematocrit, CVP, pulmonary wedge pressure, and cardiorespiratory changes*. Surgery 1975;78:304-15.
14. 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.
15. Diebel LN, Wilson RF, Tagett MG, Kline RA. *End-diastolic volume: a better indicator of preload in the critically ill*. Arch Surg 1992;127:817-22.
16. Chassot PG, van der Linden P, Zaugg M, Mueller XM, Spahn DR. *Off-pump coronary artery bypass surgery: physiology and anaesthetic management*. Br J Anaesth 2004; 92:400-13.
17. Na SW, Nam SB, Kim DH, Shim HK, Yang HG, Kwak YL. *Effect of preoperative volume loading with new hydroxyethyl starch (6% HES 130/0.4) in patients undergoing off-pump coronary artery bypass graft surgery*. Korean J Anesthesiology 2006;51:669-74.
18. Hofer CK, Muller SM, Furrer L, Klaghofer R, Genoni M, Zollinger A. *Stroke volume and pulse pressure variation for prediction of fluid responsiveness in patients undergoing off-pump coronary artery bypass grafting*. Chest 2005;128: 848-54.
19. 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.
20. Zink W, Noll J, Rauch H, et al. *Continuous assessment of right ventricular ejection fraction: new pulmonary artery catheter versus transoesophageal echocardiography*. Anaesthesia 2004;59:1126-32.

=국문 초록=

배경: 전부하의 정확한 평가와 수액요법을 통한 적절한 유지는 관상동맥질환자의 심박출량을 최적화 하는데 있어서 매우 중요하다. 본 연구는 수액부하에 따른 일회박출량지수의 변화와 전부하 지표들 간의 상관관계를 살펴봄으로써, 이러한 전부하 지표들이 수액부하 반응을 예측할 수 있으며 수액요법의 지침으로 유용한가를 평가하였다. **대상 및 방법:** 관상동맥우회술을 시행 받은 환자 96명을 대상으로 연구를 진행하였다. 마취유도 10분 후(T1)에 혈액학 변수들을 기록하고, 6% hydroethylstarch 130/0.4를 체중 kg당 10 mL를 20분에 걸쳐 정주하였으며, 이후 10분 후(T2)에 혈액학 변수를 다시 기록하였다. **결과:** 수액부하에 따른 일회박출량지수 변화량(%)과 수액부하 전(T1)의 우심실박출계수가 통계적으로 유의한 상관관계를 보였으며($r=0.272$, $p=0.017$), 중심정맥압, 폐모세혈관쇄기압, 이완기말우심실용적지수는 유의한 상관관계를 보이지 않았다. 이들 중 어떠한 지표도 ROC (receiver operating characteristics) 곡선아래 영역이 0.7을 넘지 않았다. 수액부하에 따라 일회박출량지수가 10% 이상 증가한 반응군으로, 증가하지 않은 군을 비반응군으로 정의하였을 때, 반응군은 31명, 비반응군은 65명이었으며, 우심실박출계수를 제외한 수액부하 전 지표들은 두 군간 차이를 보이지 않았다. **결론:** 관상동맥 질환 환자에서 폐동맥카테터로 얻을 수 있는 전부하 지표들을 이용하여 수액부하에 따르는 일회박출량지수의 반응을 예측할 수는 없었다.

중심 단어 : 1. 관상동맥우회술
2. 폐동맥
3. 심박출량