

인공심폐기 분리시 우심실과 좌심실 총만압의 상호작용에 관한 연구*

계명대학교 의과대학 홍부의과학교실

박 이 태 · 유 영 선

=Abstract=

Studies on the relationship of right and left ventricular filling pressures during the period of cardiopulmonary bypass weaning

Yee Tae Park, MD; Young Sun Yoo, MD

*Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Keimyung University
School of Medicine, Taegu, Korea*

The period of terminating cardiopulmonary bypass is one of the high-risk periods because it possesses a great deal of hemodynamic changes. This transition must be carefully controlled because a poorly performed transition can injure the patient. We inserted balloon-tipped thermodilution catheter in 12 patients who underwent valve replacement for evaluation of the hemodynamic changes and defining the reliable hemodynamic criteria of cardiopulmonary bypass weaning with the aid of cardiac output computer.

In 7 patients, cardiopulmonary bypass weaning was uneventful at first attempt. The mean cardiac index was $2.73 \pm 0.32/\text{min}/\text{M}^2$ and the mean CVP/PCWP ratio was 0.59 ± 0.15 .

In 5 patients, at the first attempt of cardiopulmonary bypass weaning, the mean cardiac index was $1.74 \pm 0.20/\text{min}/\text{M}^2$ and the amen CVP/PCWP ratio was 1.33 ± 0.36 . So cardiopulmonary bypass was resumed and the abnormal hemodynamic findings were corrected, then the cardiac index was $2.62 \pm 0.36/\text{min}/\text{M}^2$ and the CVP/PCWP ratio was 0.83 ± 0.05 .

These data suggest that the relationship between right and left ventricular filling pressures, the CVP/PCWP ratio, may be a more valuable guide during cardiopulmonary bypass weaning than the individual right and left ventricular filling pressures.

서 론

최근 개심술 성적의 팔목할 만한 향상에는 여러 인자가 복합적으로 작용하여 이루어졌으나 술중 및 술후 초기 환자관리의 발전이야말로 그 기여한 바가 크다고 하겠다¹⁾. 그러나 현재 우리나라 실정에는 아직도 술중 및 술후 환자관리에서 정확한 혈류역학적 검사에 따른 보편 타당성있는 처치보다는 경험론적인 면이 많이 개입되어 있는 편이다. 술중

및 술후 환자관리 과정 중에서도 개심술이 끝나 인공심폐기를 환자에서 분리해야 되는 시기는 가장 환자에게 위험한 순간이어서, 더욱 환자의 혈류역학적 상태에 따른 처치가 필요한 것이다. 이 시기는 혈류역학적으로 많은 변화가 있는 시기인 뿐 아니라, 환자의 심폐기능이 생리학적 손상을 입은 후 정상적인 기능을 회복해야 하는 시기이기도 한 것이다. 이러한 다양한 변경기 동안 환자의 상태를 나누어는 여러 척도들을 주의면밀하게 관찰하여야 하며, 모든 변화 들은 환자가 그 변화에 적응할 수

* 이 논문은 동·산의료원 특수과제연구비로 이루어졌다.

있는지의 여부에 맞추어서 침전적이고 주의 깊게 이루어져야 성공적인 심폐기분리가 가능하게 될 것이다. 심폐기분리시에 심근기능의 적도로 폐모세혈관압에서 산출된 좌심실총만압이 쓰여 왔으며, 중신성정맥압에서 산출된 우심실총만압은 우심실기능의 관정의 지표로 써왔고 용적부하시 그 양의 적정도에 대한 간접적인 지표로도 쓰여왔다. 본 연구에서는 thermodilution catheter²⁾와 Cardiac out-put computer를 이용하여 심폐기분리시에 중신성정맥압, 폐모세혈관압, 심박출량, 전신혈관저항 및 폐혈관저항 등을 구하여 심폐기분리의 가능성에 대한 관정을 하였으며, 분리가 힘든 경우 그 원인에 따

른 치치를 선속, 정확하게 하여 불필요한 체외순환 시간을 줄이고자 하였으며, 분리가 가능했을 때의 중신성정맥압과 폐모세혈관압의 비를 산출하여, 분리가 쉽게된 군과 분리가 어려워 다른 치치가 필요했던 군과 차이가 있는지 알아 보아 앞으로 심폐기분리시 그 가능성 여부에 대한 관정 기준을 삼는데 한 척도로 삼을 것에 대한 분석을 하였다.

대상 및 방법

본 동산의료원 흉부외과에서 1986년 3월부터 1986년 10월까지 판막치료를 받은 환자를 중, 삼첨

Table 1. Patients profile

Patients	Age/Sex	Wt/Ht/BSA (kg/cm/M ²)	Procedures	EF(%)	ACC(min)	PT (min)
1	45/M	63/178/1.79	MVR, AVR	67	102	124
2	48/F	37/143/1.22	MVR	60	77	92
3	25/F	50/162/1.52	MVR, AVR	58	111	120
4	27/F	47/160/1.46	MVR	62	72	88
5	52/F	39/150/1.29	MVR	56	60	85
6	42/M	59/165/1.64	MVR	59	56	74
7	47/M	44/150/1.36	MVR, AVR	62	108	122
8	37/F	50/158/1.49	MVR, AVR	68	115	130
9	46/F	52/159/1.52	MVR	61	63	90
10	16/M	45/162/1.42	MVR	69	60	82
11	23/F	50/160/1.50	MVR	65	67	92
12	46/F	51/157/1.48	MVR	61	58	81

Legend: Mitral valve replacement. AVR, Aortic valve replacement. EF, Ejection fraction. ACC, Aortic cross clamping time. PT, Pump time.

Table 2. Prebypass hemodynamic data

Patients	HR	SAP mmHg	PAP mmHg	CVP mmHg	PCWP mmHg	CVP/PCWP	CI L/min/ M ²	SVR dynes. sec/cm	PVR dyne. sec/cm
1	118	95	68	8	23	0.34	2.3	1430	388
2	92	112	52	13	18	0.72	2.7	1490	234
3	106	124	57	9	21	0.1	3.0	1120	249
4	125	94	45	10	19	0.53	2.7	1210	137
5	88	121	59	7	22	0.32	2.5	1933	289
6	108	105	43	10	17	0.59	2.4	1617	156
7	133	88	68	15	24	0.64	2.1	1310	435
8	94	121	54	14	22	0.64	2.6	1140	176
9	110	118	64	7	18	0.39	2.2	1478	509
10	72	92	63	8	21	0.38	2.6	1670	353
11	121	102	72	12	22	0.55	2.3	1388	442
12	82	118	59	9	21	0.43	2.4	1307	340

Legend: HR, heart rate. SAP, systolic arterial pressure. PAP, pulmonary arterial systolic pressure. CVP, central venous pressure. PCWP, pulmonary capillary wedge pressure. CI, cardiac index. SVR, systemic vascular resistance. PVR, pulmonary vascular resistance.

Table 3. Postbypass hemodynamic data

	SAP(mmHg)	PAP(mmHg)	CVP(mmHg)	PCWP(mmHg)	CI(L/min/m ²)	CVP/PCWP
5 patients	79.6±8.3	56.6±9.1	13.2±2.6	10.4±2.5	1.74±0.20	1.33±0.36
	105.8±9.7*	53.7±8.4*	14.0±1.0*	16.8±0.8*	2.62±0.36*	0.83±0.05*
	p<0.05	NS	NS	p<0.05	p<0.005	p<0.05
7 patients	112.2±4.2#	54.3±1.1#	11.3±2.1#	19.4±3.1#	2.73±0.2#	0.59±0.15#
	p<0.001	NS	NS	p<0.005	p<0.001	p<0.001

*=compared with failed cardiopulmonary bypass weaning within the 5 patients.

#=compared with the 5 patients at the time of failed cardiopulmonary bypass weaning.

판폐쇄부전증의 증거가 없고 좌심실기능이 비교적 정상인 12례를 대상으로 하였다(표 1).

수술 전날에 좌측 상지의 기지정맥을 혈관절개하여 balloon-tipped thermodilution catheter를 넣었으며, 그 끝의 위치는 암력곡선의 모양으로 판정하였고 단순 흥부 활영으로 다시 확인하였다. 이것을 Gould Model SP 1475 Cardiac Output Computer에 연결하여 심박출량을 비롯한 여러 혈류·의학적 검사치를 구하였다. 환자가 마취된 후 정준·흉골절개가 끝난 뒤 측정하여 심폐기분리 후 측정치와 비교하였으며 분리 가능성이 여부에 기준으로 삼기로 하였다(표 2). 심장내 조작이 끝나고 환자의 체온이 충분히 오르면 인공심폐기를 서서히 환자에서 분리시켰다. 분리 직후에 신계수, 혈압, 전신 및 폐혈관저항 등을 측정하여 혈류역학적으로 안정된 상태라고 판정이 되면 대동맥 및 정맥 cannula를 제거하였고, 신계수가 2.2보다 적거나 다른 측정치들이 이 정상범위에 있지 않은 경우에는 체외순환을 재개하여 적절한 용적부하 또는 혈관화장제 및 신근수축제를 사용하여 부적합 혈류역학적 상태를 교정한 후 재차 심폐기분리를 시도하여 교정한 후 다시 측정하였다. 1차시도에 심폐기분리가 번복될 수 없이 가능했던 군과 다시 체외순환을 재개해야 했던 군을 unpaired t test로 비교하였으며, 체외순환을 재개하였던 군내의 변화는 paired t test로 비교 분석하였다. 또한 심폐기분리시에 중심성정맥압과 폐모세혈관압의 비를 산출하여 이 비로서 심폐기분리 가능성이 여부를 판정할 수 있는지에 대해서도 조사하였다.

성 적

12례 중 7례에서는 인공심폐기분리시에 첫 시도로 별 문제 없이 분리가 되었으며 신근수축제나 혈관화장제의 도움이 필요없었다. 평균신계수는 2.73

±0.32L/min/m² 있고, 평균 중심성정맥압과 폐모세혈관압의 비는 0.59±0.15였으며, 평균 수축기 혈압은 112±4mmHg, 평균폐동맥수축기압은 54±3 mmHg, 평균전신혈관저항치는 1459±12dynes·sec/cm⁵, 평균폐혈관저항치는 247±22dynes·sec/cm⁵ 이었다.

5례의 환자들은 심폐기분리 첫 시도후에 측정하였을 때, 평균신계수가 1.74±0.20L/min/m², 평균 중심성정맥압과 폐모세혈관압의 비는 1.33±0.36였었으며, 평균수축기 혈압은 79.6±4.7mmHg, 평균 폐동맥수축기압은 54.2±3.4mmHg였다. 이 환자들은 다시 체외순환을 재개하여 적절한 용적부하를 가하였고, 필요한 경우 후부하감소 및 신근수축제를 써서 이상 혈류역학적 소견을 교정하면서 다시 심폐기분리를 시행하였다. 이 때에 측정한 값은 평균신계수가 2.62±0.36L/min/m², 평균 중심성정맥압과 폐모세혈관압의 비는 0.83±0.05가 되었다. 1차시도로 심폐기분리가 가능했던 군과 불가능했던 군을 비교했을 때 신계수는 2.73±0.32L/min/m² 와 1.74±0.20L/min/m²로 유의한 차이를 보였으며(p<0.001), 중심성정맥압과 폐모세혈관압의 비도 0.59±0.15와 1.33±0.36으로 유의한 차가 있었다.(p<0.01) 1차시도로 심폐기분리가 불가능했던 5례는 적절한 치치 후 심폐기분리가 가능하였을 때에는 신계수가 2.62±0.36L/min/m²로 증가하였고(p<0.005), 중심성정맥압과 폐모세혈관압의 비는 0.83±0.05로 감소하였다(p<0.05).

고 칠

개심출에서 인공심폐기분리를 시도하는 시기는 체외순환에서 환자 자신의 순환으로 이행되는 시기로 가장 위험한 순간중의 하나이다. 혈류역학적으로 다양한 변화가 있는 시간이며, 심장 및 전신 판류에 미친 체외순환의 영향으로 생긴 심폐기능의

생리학적 손상이 회복되어야 하고, 외과 의사의 환자에게 가한 처치의 성공 여부가 평가되는 순간이기도 한 것이다. 이러한 시기에 잘못된 처치는 곧 환자의 생명과 직접 연관이 있게 되는 것이다. 따라서 주의 면밀하게 혈류역학적 변화 상태를 관찰하여야 하며 어떤 변화이든지 환자가 그 변화에 적응할 수 있는지의 능력에 맞게 점진적이고 주의 깊게 이루어져야 할 것이다. 채외순환은 그 자체의 혈액손상 등과 같은 나쁜 합병증을 지니고 있으므로, 또한 환자 자신의 심박동에 의한 더 나은 판류를 얻기 위해서도 가능한 빠른 시간내에 끝내야 한다. 이를 위해서는 환자의 혈류역학적 상태에 관한 수치를 정확, 신속하게 알아서 그 결과에 따라 적절한 처치를 가할 수 있어야 할 것이다.

개심술 후 심기능의 장애는 술 후 조기성격에 심각한 영향을 미친다³⁻⁵⁾. 채외 순환 말기에는 대체로 체온이 정상보다 낮으며 심장 자체의 온도도 낮아져 있어서 심근수축력이 감소되어 있다. 때에 따라서는 시행된 외과적 조작에 의해서 심기능이 장애를 받는 경우도 있다. 수술로 인해 심전도 캐에 손상이 있을 수 있으며 관상동맥에 공기나 입자에 의한 전색증이 생길 수도 있다. 최근에는 심근보호 방법의 개선으로 심근제사로 인한 심기능장애의 범도는 많이 줄어든 편이나 아직도 술 후 조기 심기능 장애의 가장 큰 원인이 되고 있다⁶⁾. 술중에 일어난 수 있는 심근제사는 관상동맥질환에서 불완전한 심근 혈관재통(revascularization), 관상동맥의 전색증, 급작스러운 저혈압 및 고혈압 또는 부적절한 심근수축제의 사용에 따른 심근의 산소공급과 요구비의 급격한 감소⁷⁾등이 그 원인이 된다. 술전의 심근기능장애의 정도는 술후 심기능의 주요 결정인자로 작용하며 만성 대동맥판폐쇄부전증례⁸⁾, 광범위한 관상동맥질환으로 좌심실기능장애가 있는 환자^{9,10)} 또는 긴급하게 심장수술을 요하는 유아환자들에서는 특히 그리하다. 따라서 세심한 심근보호와 함께 정확하고 완전한 수술이 되도록 해야하며, 그외에 심근의 산소공급과 수요비에 관계되는 여러 요소들에 세밀한 배려를 하여야 할 것이다. 일단 심박출이 부족할 때는 치료개시와 동시에 심혈관계의 기능을 평가할 수 있는 기준처도들을 측정하여 그 원인을 찾아야 한다. 혈류역학적 상태에 대한 척도로 중심성정맥압이 많이 쓰여오고 있으나, 이것은 술후의 심박출량이나 혈액량의 부족, 또는 수혈에 따른 반응 등과 일관성이 보여주지 못한다¹¹⁾. 좌심방암 또는 폐모세혈관암에서 쟈출된

좌심실충만압은 좌심실기능의 유용한 척도가 되나¹²⁻¹⁴⁾, 우심실기능장애가 있는 경우 일관성 있는 척도가 되지 못한다¹⁵⁾. 따라서 심계수, 좌우심실의 충만압 및 이 둘 사이의 상호 연관성을 다 고려해야 할 것이다¹⁶⁾. 여러 조사에 의하면 술후 심계수는 술후조기사망률과 깊은 연관이 있다고 알려져 있다^{4,5)}. Dietzman 등은 정상 술후 상태가 되기 위해서는 심계수가 적어도 $2.0\text{L}/\text{min}/\text{m}^2$ 에서 $2.5\text{L}/\text{min}/\text{m}^2$ 가 되어야 한다고 하였으며³⁾, Kirklin 등도 술후 심계수가 술후조기사망률과 깊은 연관이 있음을 보고하면서⁵⁾, 승모판침환술을 받은 데에서는 심계수가 $2.0\text{L}/\text{min}/\text{m}^2$ 이상이 되어야 정상 술후 과정을 밟는 것으로 보고하였다⁵⁾. 본 연구에서도 심계수가 $2.0\text{L}/\text{min}/\text{m}^2$ 보다 많은 데에서는 심폐기분리가 용이하였으나, 심폐기분리가 용이하지 않았던 5례의 당시 심계수는 평균이 $1.74\text{L}/\text{min}/\text{m}^2$ 로 낮아있었으며 적절한 처치 후에 심폐기분리가 가능하였을 때 심계수는 평균이 $2.62\text{L}/\text{min}/\text{m}^2$ 로 증가되었다.

정상 심기능을 지닌 환자에서는 중심성정맥압이 항상 폐모세혈관암보다 낮아서 그 비는 항상 1보다 작다. 그러나 급격한 우심실부하는 좌심실충만을 제한 시킬 뿐 아니라¹⁷⁾, 좌심실의 형태 및 기능에 변화를 가져온다는 보고^{18,19)}들이 있으며 또 좌심실의 용적은 우심실의 확장정도 및 심실중격의 형태에 달려있다는 보고도 있다. 급격한 우심실부하시 중심성정맥압과 폐모세혈관암의 비가 1보다 커지며 이러한 경우 심폐기분리가 어려운 것을 보고하기도 하였다¹⁵⁾. 본 연구에서도 1차 시도에 심폐기분리가 가능했던 데에서는 중심성정맥압과 폐모세혈관암의 비가 모두 1보다 작았으며 평균은 0.59 ± 0.15 였으나, 1차 시도에 분리가 어려웠던 데에서는 1.33 ± 0.36 으로 그 비가 역전되어 있었다. 이 5례에 적절한 처치를 가하여 심폐기분리가 가능하였을 때는 0.83 ± 0.05 로 1보다 낮아졌다.

이 연구로 비록 중례수가 작아 통계적으로 의미를 두기에는 미흡하지만, 심폐기분리시에 혈류역학적 상태를 파악하여 이상 소견을 적절하고 신속하게 처리함으로서 안전하게 분리가 가능하며, 중심성정맥압과 폐모세혈관암이 비록 정상이라도 상호 연관성을 생각하지 않고 각각으로 혈류역학적인 기준척도로 삼는 것보다 그 비로서 심실 기능의 척도로 삼아야 할 것으로 사료된다. 또 심폐기분리시에 중심성정맥압과 폐모세혈관암의 비가 정상범위내에 유지하면서 적절한 용적부하를 가하여야 하

고²⁰⁾, 정상이 되지 않는 경우 혈관확장제, 심근수축제 등의 약제를 사용하거나 기계적 보조수단을 쓸 것을 고려해야 할 것으로 생각된다.

요 약

혈류학적으로 가장 변동이 심하고 위험한 순간인 심폐기분리시에 thermodilution catheter와 Cardiac Output Computer를 이용하여, 심폐기분리 가능성 여부에 대한 혈류학적 기준제도를 정하고 분리가 험든 경우 혈류학적 상태에 따른 적절한 치치를 선속, 정확하게 가할 수 있게 되었다.

판막치료술을 받은 12례의 환자들에서 1차 시도로 심폐기분리가 가능했던 7례에서는 평균심계수가 $2.73 \pm 0.32 \text{L}/\text{min}/\text{m}^2$, 평균 중심성정맥압과 폐보세혈관압의 비는 0.59 ± 0.15 로 정상 범위였으나, 1차 시도에 실패한 5례에서는 평균심계수가 $1.74 \pm 0.20 \text{L}/\text{min}/\text{m}^2$, 평균 중심성정맥압과 폐보세혈관압의 비는 1.33 ± 0.36 으로 분리 기준에 벗어나 있었다. 이들에게 용적부하, 후부하감소 및 심근수축제 등의 치치로 심폐기분리가 가능했으며, 이 때의 평균심계수는 $2.62 \pm 0.36 \text{L}/\text{min}/\text{m}^2$ 가 되었고, 평균 중심성정맥압과 폐보세혈관압의 비는 0.83 ± 0.05 가 되었다.

참 고 문 헌

- Lappas DG, Powell WMJ, Daggett WM: Cardiac dysfunction in the perioperative period: pathophysiology, diagnosis, and treatment. *Anesthesiology* 1977; 47: 117-137.
- Weisel RD, Berger RL, Hechman HB: Measurement of cardiac output by thermodilution. *N Engl J Med* 1975; 292: 682-684.
- Dietzman RH, Ersek RA, Lillehei CW, Castaneda AR, Lillehei RA: Low output syndrome: Recognition and treatment. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1969; 57: 138.
- Parr GVS, Blackstone EH, Kirklin JW: Cardiac performance and mortality early after intracardiac surgery in infants and young children. *Circulation* 1985; 51: 867.
- Appelbaum A, Kouchoukos NT, Blackstone EH, Kirklin JW: The early risks of open mitral valve surgery. *Am J Cardiol* 1976; 37: 201.
- Kirklin JK, Kirklin JW: Management of the cardiovascular subsystem after cardiac surgery. *Ann Thorac Surg* 1981; 32: 311.
- Lazar HE, Foglia R, Manganaro A, Bubkberg GD: Detrimental effects of premature use of inotropic drugs to discontinue cardiopulmonary bypass. *Surg Forum* 1978; 29: 276.
- Gault JH, Covell JW, Braunwald E, Ross J Jr: Left ventricular performance following correction of free aortic regurgitation. *Circulation* 1970; 42: 773.
- Kouchoukos NT, Doty DB, Buettner LE, Kirklin JW: Treatment of postinfarction cardiac failure by myocardial excision and revascularization. *Circulation* 1972; 45, 46: Suppl 1: I-72.
- Spencer FC, Green GE, Tice DA, et al: coronary artery bypass grafts for congestive heart failure: a report of experiences with 40 patients. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1971; 62: 529.
- Kloster FE, Brsitow JD, Starr A, McCord C, Griswold HE: Serial cardiac output and blood volume studies following cardiac valve replacement. *Circulation* 1966; 33: 528.
- Bouchard RJ, Gault JH, Ross J Jr: Evaluation of pulmonary arterial end-diastolic pressure as an estimate of left ventricular end-diastolic pressure in patients with normal and abnormal left ventricular performance. *Circulation* 1971; 44: 1072.
- Sharefkin JB, MacArthur JD: Pulmonary arterial pressure as a guide to the hemodynamic status of surgical patients. *Arch Surg* 1972; 105: 699.
- MacLaren Tousaint GP, Burgess JH, Hampson LG: Central venous pressure and pulmonary wedge pressure in critical surgical illness. *Arch Surg* 1974; 109: 265.
- Kopman EA, Ferguson TB: Interaction of

- right and left ventricular filling pressures at the termination of cardiopulmonary bypass. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1985; 89: 706.
16. Rastelli GC, Kirklin JW: Hemodynamic state early after prosthetic replacement of mitral valve. *Circulation* 1966; 34: 448.
 17. Brinker JA, Weiss JL, Lappe DL, Rabson JL, Summer WR, Permutt S, Weisfeldt ML: Leftward septal displacement during right ventricular loading in man. *Circulation* 1980; 61: 626.
 18. Weyman AE, Feigenbaum H, Dillon JC: Mechanism of abnormal septal motion in patients with right ventricular volume-overload. A cross-sectional echocardiographic study. *Circulation* 1976; 54: 179.
 19. Jardin F, Farcot J, Boisante L, Curien N, Margairaz A, Bourdarias J: Influence of positive end-expiratory pressure on left ventricular performance. *N Engl J Med* 1981; 304: 387.
 20. Mangano DR, VanDyke DC, Ellis RJ: The effect on increasing preload on ventricular output and ejection in man. *Circulation* 1980; 62: 535.