

전폐절제술중 우심실기능의 변화

연세대학교 의과대학 마취과 및 심장혈관센터 연구소
¹노원 을지병원 마취과

김명옥¹ · 서규석¹ · 방서욱 · 홍용우 · 곽영란 · 남상범

= Abstract =

The Effect of Pneumonectomy on Right Ventricular Function

Myoung-Ok Kim, M.D.¹, Kuy-Suk Suh, M.D.¹, Seo-Ouk Bang, M.D.
Yong-Woo Hong, M.D., Young-Lan Kwak, M.D. and Sang-Bum Nam, M.D.

Department of Anesthesiology, Yonsei Cardiovascular Center
and Research Institute, Yonsei University College of Medicine

¹Department of Anesthesiology, Nowon Eulgi General Hospital, Seoul, Korea

Background: The pneumonectomy may depress the right ventricular (RV) function transiently. The thermodilution ejection/volumetric catheter is known to be most useful method assessing the changes in RV performance during pulmonary resection. The purpose of this study was to examine the RV function during and immediately after pneumonectomy using thermodilution methods.

Methods: 16 patients undergoing pneumonectomy were studied. After induction of anesthesia, a multilumen thermodilution catheter mounted with a rapid response thermister was inserted. Using computer system, RV ejection fraction (RVEF), cardiac output, and RV end-diastolic volume (RVEDV) were measured when the patient was in lateral position (control), after one lung ventilation (OLV) and the main pulmonary artery ligated, and at the completion of resection. Arterial blood gases were analyzed and pulmonary vascular resistance (PVR) was calculated.

Results: Systolic pulmonary blood pressure (SPAP)(28.3 ± 6.2 mmHg) increased compared to the control (24.6 ± 5.9) without a significant change of PVR. No statistically significant difference was found in either RVEF or RVEDV at each times.

Conclusions: Our study demonstrate the pneumonectomy do not depress the RV function immediately and RVEF do not show any correlation with PVR or RVEDV. (Korean J Anesthesiol 1998; 35: 716~721)

Key Words: Lung: pneumonectomy. Monitoring: hemodynamics.

서 론

폐압, 폐결핵 및 각종 선천성, 염증성 폐질환에 광

논문접수일 : 1998년 5월 13일

책임저자 : 김명옥, 서울 특별시 노원구 하계1동 280-1,
노원 을지병원 마취과, 우편번호: 139-231

Tel: 970-8086, Fax: 970-8350

범위하게 시행되고 있는 전폐절제술(Pneumonectomy)은 수술자체가 환자의 심폐기능에 급격한 영향을 줄 뿐 아니라 폐절제술을 받는 환자의 대부분이 전신상태가 쇠약한 까닭에 세심한 수술전 검사와 수술중 감시, 수술후의 적절한 처치가 필요하다. 폐절제술은 폐혈관의 직경을 감소하므로 우심실 후부하를 증가시켜 급성 우심실부전을 초래하는데 정상적으로는 남아있는 폐조직이 폐동맥고혈압을 유발하

지 않고서도 적당한 운동에 대해 폐혈류를 증가시켜 적응을 하기 마련이다.^{1,2)} 그러나 술전 만성폐질환이 있던 환자에서는 심한 정도의 폐동맥고혈압과 우심실부전이 잘 발생하게되는데 이의 발생은 환자의 예후에 결정적 역할을 한다.³⁾ 상대적으로 적은 폐혈관조직을 지닌 만성폐질환환자들은 폐혈류증가시 반드시 폐혈관압력이 증가하게되는데 이는 모든 범위의 생리적 심박출량에서 일어나며 폐절제술후 야기되는 폐부종의 발생에 중요한 역할을 한다.⁴⁾ 물론 우심실부전 발생이 높을 것으로 생각되는 환자들은 대개 술전 폐기능검사 및 일측 폐동맥결찰시험 등을 통해 알 수 있으나 그 위험도가 낮은 환자에서도 수술 도중 감염, 폐혈류 증가 등의 스트레스 증가와 저산소증, 산중 등에 의한 폐혈관수축이 새로이 발생하게 되어 우심실기능이 일시적으로 저하될 수 있다. 이러한 우심실기능의 평가를 위한 여러 방법이 제시되고 있으나 현재까지 가장 유용한 방법으로 폐동맥카테터를 이용, 열 회석법에 의한 심박출계수 측정이 있다.⁵⁾ 따라서 술중 혹은 술후 우심실 기능을 적절히 평가함으로써 우심실 부전을 조기 발견 및 치료하여 전폐절제술후의 사망률 및 이환율을 감소시킬 것으로 사료되어진다.

이에 저자들은 전폐절제술후 열 회석법에 의한 우심박출계수의 측정이 우심실기능의 변화를 잘 반영하여 전폐절제술후 우심실 기능의 변화를 평가하는데 있어 이의 측정이 심각한 합병증을 예방할 수 있는 좋은 지표가 될 수 있는가를 알아보고자 본 연구를 시행하였다.

대상 및 방법

연세대학교 심혈관센터에서 전폐절제술이 예정된 미국 마취과학회 환자상태 분류 상 II급에 해당하는 16명의 환자를 대상으로 하였다. 과거력과 술전 검사상 심장질환이 있는 경우는 제외하였으며 술전 방문시 실험방법 및 목적에 대하여 충분히 설명을 하여 동의를 구하였다.

마취전 투약제로는 glycopyrrolate 0.2 mg을 수술실 도착 1시간전 근주하고 수술실 도착후 심전도를 부착하여 Lead II를 지속적으로 감시하였다. 요골동맥 천자후 지속적 혈압감시하에 fentanyl 100 ug, thio-pental sodium 4~5 mg/kg, succinylcholine 1~1.5 mg/kg

을 정주후 이중관기관지튜브를 사용하여 기관내삽관을 하였으며 정확한 위치여부는 청진을 통해 확인하였다. 마취유지는 산소와 enflurane으로 하였으며 pancuronium 0.08~0.12 mg/kg으로 근이완을 유지하였다. 일회 호흡량은 10 ml/kg, 호흡수는 10회/분으로 조절호흡을 시행하고 호기말 이산화탄소분압이 30~40 mmHg로 유지되도록 일회호흡량을 조절하였다. 마취유도후 열 탐지기가 부착되어 있는 다중관 열회석폐동맥카테터(Swan-Ganz Thermodilution Ejection Fraction/Volumetric Catheter, 93A-431H-7.5Fr, Baxter, American Edwards Laboratories, USA)를 우측 내경정맥을 통해 삽입하여 폐동맥압 및 중심정맥압을 지속적으로 관찰하였다. 카테터 끝과 근위구 주입구의 위치는 혈관압의 압력곡선을 보면서 거치하였다. 심박수의 감지를 위한 전극을 오른쪽 상체에 붙이고 근위구, 원위구 전극을 연결한 다음 측와위를 취한 후 10분 경과시 3°C 5% 포도당 용액 10 ml를 2회 근위구에 신속히 투여하여 심박출량을 심박출량 측정 및 박출계수 계산 컴퓨터(Explorer, Baxter Healthcare Corp., USA)에 의해 산출되도록 하였다. 이때의 혈액학적 변화(평균동맥압, 맥박, 폐동맥압, 중심정맥압)들을 기록하고 동맥혈 가스분석을 시행하였다. 컴퓨터에 의해 심박출계수가 계산되면 박출계수와 박동량지수로(RVEDVI-SI/RVEF) 우심실 이완기말용적과, 이완기말용적에서 일회박동량을 감한(RVESVI=RVEDVI-SI) 수축기말 용적을 측정하였다. 폐혈관저항지수는 표준공식을 사용하였다. 일측 폐환기후, 폐동맥결찰후, 전폐절제술후 역시 동일한 방법으로 측정한 후 모든 결과를 각 시기별로 student's t-test를 적용하여 분석하였으며 p값이 0.05 미만일 때를 유의한 것으로 간주하였다.

결 과

1) 환자의 연령 및 체중

대상 환자의 평균 연령, 평균 체중은 각각 58.4 ± 9.2세, 59.5 ± 12.1 kg이었으며 성별 분포는 남자 12명, 여자 4명이었다(Table 1).

2) 혈액학적 변화

심박동 수는 전폐절제술후 대조치 84.2 ± 13.5회/분에 비해 88.4 ± 11.7회/분으로 유의하게(p < 0.05) 증가

하는 소견을 보였으나 평균동맥압의 유의한 변화는 관찰되지 않았다. 심박출지수는 일측폐환기시 3.9 ± 1.3 L/min/m²로 대조치 2.9 ± 0.9 L/min/m²에 비해 유의하게 증가하였으며 폐동맥결찰후에는 3.6 ± 1.5 L/min/m²로 유의하게 감소하였다($p < 0.05$). 대조군, 일측폐환기후, 폐동맥결찰후, 전폐절제후 우심박출계수는 각각 35.2 ± 10.4 , 38.4 ± 8.9 , 40.3 ± 7.3 , 39.8

$\pm 6.6\%$ 였으며 수축기말용적은 77.8 ± 34.3 , 67.2 ± 38.8 , 62.8 ± 25.9 , 84.2 ± 13.5 ml/m²으로 시기별로 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았으나 우심실이완기말용적은 폐절제술후 대조치 111.3 ± 45.9 ml/m²에 비해 102.6 ± 37.0 ml/m²로 약간의 감소하는 소견을 보였다($p < 0.05$). 중심정맥압은 대조군, 일측폐환기후, 폐동맥결찰후, 전폐절제후 각각 6.1 ± 3.8 , 7.3 ± 4.5 , 6.9 ± 3.0 , 6.1 ± 3.4 cmH₂O로 유의한 변화는 볼 수 없었다(Table 2).

Table 1. Patient's Characteristics

Variables	
Age(yr)	58.4 ± 9.2
Weight(kg)	59.5 ± 12.1
BSA(m ²)	1.6 ± 0.2
Sex ratio(M : F)	12 : 4

Values are mean \pm SD, BSA: body surface area

3) 동맥혈가스분석 및 폐동맥압의 변화

수축기폐동맥압은 전폐절제후 대조치 24.4 ± 5.9 mmHg에 비해 28.3 ± 6.2 mmHg로 유의하게 증가하였으며 확장기폐동맥압은 일측폐환기시 14.6 ± 4.0 mmHg였으나 폐동맥결찰후 13.3 ± 4.1 mmHg, 폐절제술후 12.1 ± 4.2 mmHg으로 감소하였다($p < 0.05$). 그러나 이때

Table 2. Hemodynamic Variables

	HR (beats/min)	MAP (mmHg)	CVP (cmH ₂ O)	CI (L/min/m ²)	RVESVI (mlm ²)	RVEDVI (ml/m ²)	RVEF (%)
Control	84.2 ± 13.5	97.1 ± 13.8	6.1 ± 3.8	2.9 ± 0.9	77.8 ± 34.3	111.3 ± 45.9	35.2 ± 10.4
OLV	85.6 ± 13.1	92.3 ± 15.4	7.3 ± 4.5	$3.9 \pm 1.3^\dagger$	67.2 ± 38.8	124.6 ± 47.1	38.4 ± 8.9
PA	91.7 ± 12.3	83.3 ± 12.4	6.9 ± 3.0	$3.6 \pm 1.5^\dagger$	62.8 ± 25.9	113.5 ± 54.3	40.3 ± 7.3
PN	$88.4 \pm 11.7^*$	86.2 ± 7.4	6.1 ± 3.4	3.5 ± 1.3	84.2 ± 13.5	$102.6 \pm 37.0^\ddagger$	39.8 ± 6.6

Values are mean \pm SD, *, †, ‡: $p < 0.05$ compared with control, †, ‡: $p < 0.05$ compared with OLV, OLV: one lung ventilation, PA: pulmonary artery ligation, PN: pneumonectomy, HR= heart rate, MAP= mean arterial pressure, CVP= central venous pressure, CI= cardiac index, RVESVI= right ventricular end systolic volume index, RVEDVI= right ventricular end diastolic volume index, RVEF= right ventricular ejection fraction

Table 3. Blood Gas Analyses & Changes of PAP, PVR

	pH	PO ₂ (mmHg)	PCO ₂ (mmHg)	PAPs(mmHg)	PAPd(mmHg)	PVR(dyne · sec · cm ⁻⁵)
Control	7.5 ± 5.0	439.0 ± 79.1	32.8 ± 6.0	24.6 ± 5.9	13.3 ± 4.7	127.1 ± 97.3
OLV	7.4 ± 6.1	331.1 ± 144.5	38.8 ± 8.7	28.0 ± 5.3	14.6 ± 4.0	88.6 ± 50.8
PA	7.4 ± 6.1	374.5 ± 126.2	38.5 ± 8.1	28.6 ± 6.7	$13.3 \pm 4.1^\dagger$	83.4 ± 59.2
PN	7.4 ± 5.9	395.4 ± 113.4	35.7 ± 7.4	$28.3 \pm 6.2^*$	$12.1 \pm 4.2^\ddagger$	110.4 ± 73.1

Values are mean \pm SD, *, †, ‡: $p < 0.05$ compared with control, †, ‡: $p < 0.05$ compared with OLV, OLV: one lung ventilation, PA: pulmonary artery ligation, PN: pneumonectomy, PAPs= systolic pulmonary artery pressure, PAPd= diastolic pulmonary artery pressure, PVR= pulmonary vascular resistance

폐혈관저항은 대조치에 $127.1 \pm 97.3 \text{ dyne} \cdot \text{sec} \cdot \text{cm}^{-5}$ 에 비해 각각 88.6 ± 50.8 , 83.4 ± 59.2 , $110.4 \pm 73.1 \text{ dyne} \cdot \text{sec} \cdot \text{cm}^{-5}$ 으로 감소하였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다(Table 3).

고 찰

일반적으로 우심실기능은 중심정맥압을 감시함으로써 잘 알 수 있다고 하였으나, 최근에는 우심실박출계수의 현저한 저하와 이완기말우심실압의 증가가 있음에도 중심정맥압의 변화가 없음이 보고되고 있어 이러한 전통적인 방법으로는 우심실기능의 평가가 적절히 이루어 질 수 없다. 그 외 혈관조영술이나⁹⁾ 심초음파는⁷⁾ 복잡한 영상을 매개로 하고 방사능의 측정 및 반복적인 조영제의 투여가 요구되어지기 때문에 계속적인 측정이 불가능하며, 실제 혈관조영술과⁸⁾ 핵영상기술에⁹⁾ 의해 측정된 우심실박출계수가 열 회석법으로 측정한 수치와 잘 일치하는 것으로 나타났다. 따라서 폐절제후 우심실부전발생 위험이 높은 환자들에게 폐동맥카테터를 삽입하여 술후 우심실부전을 조기진단 할 수 있으리라 생각되어 본 연구를 시행하였다. 폐모세혈관쇄기압이 정상조건을 보이면서 높은 우심방압과 낮은 심박출량이 나타날 때 우심실부전의 진단이 가능하며, 그 외 좌심실부전의 전신 증후(빈뇨, 정신력저하, 말초부종)와 함께 폐동맥고혈압이 동반될 수 있다. 그러나 수술할 부위에 카테터가 유입될 수 있고 술후 카테터 전진시 폐동맥끝부분이 파열될 위험이 있어 금기시되기도 하나 이는 술중 흉부외과의의 조작에 의해 방지될 수 있어 아직까지 폐동맥카테터를 이용, 열 회석법에 의한 우심실박출계수의 측정이 가장 유용한 술중 감시법으로 보고 되고 있다.¹⁰⁾

우심방 내로 3초동안 3°C 정도의 수액을 주입하여 폐동맥내의 온도변화가 인지되면 기계의 컴퓨터 시스템에 의해 우심박출계수의 측정이 가능하며 열 회석법에 의해 측정된 심박출계수가 실제 수치와 상당히 유사한 것으로 알려져 있으나 심장내 순환하고 있는 혈류와 잘 섞이지 않으면 지수곡선의 변화를 초래하여 심박출계수가 실제보다 높게 인지된다고 한다.¹¹⁾ 본 연구에서도 우심실이완기용적의 증가에 따른 우심실계수의 변화양상이 일치하지 않은 원인이 이러한 혼합이 잘 일어나지 않은 결과로 생

각된다. 열 회석법에 의해 심박출계수를 산출시에는 1) 관류액과 지표액의 균등한 분포 2) 지표액의 소실이 없어야 하며 3) 박출량 및 이완기말 용적이 측정동안 변화되지 않아야 되고 4) 기존의 온도가 측정동안 변하지 않아야 하는 전제조건을 필요로 한다. Thermister의 위치는 보통 폐동맥 판에서 3~4 cm 떨어진 곳에, 지표액 삽입구는 삼첨판근처 2 cm에 거치 하도록 하는데 이는 카테터가 너무 멀어지면 결과가 정확하지 않다고 믿기 때문이다.¹²⁾ 만족스러운 결과를 얻기 위해서는 열회석선이 지수곡선이어야 하며 측정시 심전도신호가 적절히 전달되어야 한다. 그러나 심부정맥이 발생하거나 심한 삼첨판부전이 있는 경우에는 그 정확성이 떨어진다고 한다. 본 연구에서의 카테터의 위치는 기존의 방법인 각 위치에서의 압력곡선 모양의 변화를 보면서 거치 하였으며 대개 마취유도직후 심한 심박수 변화와 시술자의 익숙치 못한 수기로 인해 심전도신호가 제대로 전달되지 않아 여러 번 측정해야 하는 번거로움이 있었다. 술전 금식으로 거의 모든 환자에서 약간의 탈수소전이 있어 마취유도직후의 심박출계수가 낮게 나타났으며 또한 전폐절제술시 술후 폐부종의 발생을 우려하여 상당한 수액제한을 하여 수술초기보다 심박수가 빠르게 나타났다. 1990년 Spinal등은⁸⁾ 저혈량증이 있을 경우 열 회석법에 의한 우심박출계수의 측정이 정확하지 않았다고 보고한 바 있다. 본 연구에서도 수술종료시 즉 전폐절제후 대조치 보다는 높으나 일측폐환기후나 폐동맥결찰후보다는 심박출계수가 낮게 나타났는데 이 시기의 열 회석법에 의한 심박출계수의 측정결과는 정확하지 않을 수 있다. 1991년, Imai등이¹³⁾ 사람에서 변형된 Swan-Ganz catheter를 이용하여 RVEF(right ventricular ejection fraction)를 연속 3회 측정한 결과 세 번째 측정된 EF가 실제치보다 낮게 측정된다고 하였다. 이는 지표구(cold indicator)가 우심방에서 우심실로 천천히 이동한 결과 혹은 심장자체와 카테터가 여러 번 측정으로 식혀져서 나타나는 현상이라고 하였는데 본 연구에서도 이에 근거하여 3번씩 측정하는 번거로움을 피하고자 하였다.

1994년 Jensen등은¹⁴⁾ 열 회석법에 의한 RVEF 측정이 항상 정확하지 않다고 보고하였는데 이는 환자들이 호흡수 10~14회로 기계적 환기를 하고 있어 양압에 의한 우심실용적이 변화할 수 있기 때

문이라고 하였다. 이에 본 연구에서도 호기 말시 측정하여 양압에 의한 영향을 배제하고자 하였다.

근육조직이 적은 우심실은 후부하의 변화에 민감하여 후부하가 증가하면 우심박출계수가 감소하게 되는데 이는 후부하의 증가시 심박출량을 유지하기 위해 이완기말우심실 용적의 증가에 기인한다고 하며 이때의 폐동맥압은 약간 증가하나 폐혈관저항은 낮거나 변화가 없는 것으로 나타났다고 하였다.¹⁵⁾ Reed등은 술중 우심실후부하의 급격한 변화가 있더라도 심박출계수나 이완기말압력에 별 영향을 미치지 않는다고 하였는데¹⁶⁾ 즉 후부하의 두 지표인 폐혈관저항과 폐동맥압의 감소에도 불구하고 술후 의의 있게 심박출계수가 감소하였다고 한다. 따라서 심박출계수의 변화는 후부하의 어떠한 변화와도 관련이 없다고 하였다. 1993년 Uno등의¹⁷⁾ 연구에서는 전폐절제술직후 폐혈관저항계수가 상당히 증가함에도 불구하고 우심실 작업량을 증가시켜 CI(cardiac index)와 RVEF가 잘 유지되었으며 증가된 우심실후부하는 우심방압의 감소에 의해 상쇄된다고 하였다. 그러나 본 연구에서는 폐동맥결찰 및 폐절제후 폐혈관저항이 오히려 떨어졌으며 이에 따른 RVEF의 변화는 서로 일치하지 않았다. 또한 수축기폐동맥압이 전폐절제후 약간 증가하였으나 폐혈관저항의 유의한 변화는 볼 수 없었다. Reed등의 연구에서는 RVEDV(right ventricular end diastolic volume)와 RVEF의 역비례관계가 잘 일치되었으나 1998년 최규택등은¹⁸⁾ 간 이식술을 시행 받은 환자에서 폐동맥 카테터를 삽입하여 연구한 결과 RVEF와 RVESVI(right ventricular end systolic volume index)와는 음의 선형비례관계가 성립되었으나 RVEDVI와는 상관관계가 없다고 하였으며 우심실의 용적변화는 박출계수에 영향을 결국 미치지 않는다고 하였다. 또한 우심방압과 폐쇄기압이 이완기말용적과 비례관계가 뚜렷하지 않았다고 하였으나 본 연구에서는 우심방압의 증감에 따른 이완기말용적의 변화가 일치되는 소견을 보여 전 부하를 평가하는 지표로 우심방압도 유용한 것으로 나타났다. 전폐절제후 RVEDV가 오히려 감소하였으며 이에 상응하는 RVEF의 유의한 증가는 볼 수 없었으며 수술초기보다는 대체적으로 RVEF가 증가하는 소견을 보였다. 이는 술중 수액투여의 결과로 생각해 볼 수도 있으며 또한 전폐절제직후에는 RVEF의 변화가 심하지 않았던 위

의 연구결과를 고려해 볼 때 보다 긴 시간간격을 두고 이의 관찰이 필요할 것으로 사료된다. 실제 1992년 Reed등이¹⁶⁾ 전폐절제술후 1~2일째 RVEF가 감소함을 보고한 바 있다.

이러한 폐절제술후 우심실기능부전의 가능한 원인들로서는 후부하의 증가 외에도 심근 억제요소의 존재와 심근수축력저하 등이 있으므로 반드시 위의 요소들로만 우심실부전을 설명할 수는 없을 것 같다.¹⁹⁾

이와 같이 열 회석법에 의한 우심실기능의 평가는 술중 용이하게 측정할 수 있는 장점은 있으나 이전의 연구들에서 우심실 용적과 RVEF의 상호 비례관계가 잘 일치한 것과는 달리 본 연구에서는 각 시기 별로 이완기말 우심실 용적의 증가에 따른 EF의 감소를 관찰할 수 없었다. 이러한 열 회석법에 의한 심박출계수측정은 관상동맥이식술, 폐동맥 고혈압, 패혈증, 속, 열 손상 등의 여러 질환에서 우심실기능을 평가하는데도 유용하게 쓰여져 왔으며 이 연구를 통해 보다 광범위하게 사용되어져 객관성 있는 데이터의 수집이 향후 이루어 져야 될 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Crouch JD, Lucas CL, Keagy BA: The Acute effects of pneumonectomy on pulmonary vascular impedance in the dog. *Ann Thorac Surg* 1987; 43: 613-6.
2. Sibbald WJ, Driedger AA: Right ventricular function in acute disease states: pathophysiologic considerations. *Critical Care Medicine* 1983; 11(5): 339-45.
3. Biornacki W, Flenley DC, Muir AL, MacNee W: Pulmonary hypertension and right ventricular function in patients with COPD. *Chest* 1988; 94: 1169-75.
4. Zeldin RA, Normandin D, Landtwing D: Postpneumonectomy pulmonary edema. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1984; 87: 359-65.
5. Kay HR, Afshari M, Barash P, Webler W, Iskandrian A, Bemis C, et al: Measurement of ejection fraction by thermal dilution techniques. *J Surg Res* 1983; 34: 337-46.
6. Berger HJ, Matthey RA, Loke J: Assessment of cardiac performance with quantitative radionuclide angiography: right ventricular ejection fraction with reference to findings in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Cardiol* 1978; 41: 897-905.
7. Jardin F, Gueret P, Dubourg O, Farcot JC, Margairaz

- A, Bourdarias JP, et al: Right ventricular volumes by thermodilution in the adult respiratory distress syndrome. A comparative study using two-dimensional echocardiography as a reference method. *Chest* 1985; 88: 34-9.
8. Spinale FG, Smith AC, Carabello BA: Right ventricular function computed by thermodilution and ventriculography: A comparison of methods. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1990; 99: 141-52.
 9. Brent BN, Berger HJ, Matthay RA, Mahler D, Pytlik L, Zaret B, et al: Physiologic correlates of right ventricular ejection fraction in chronic obstructive pulmonary disease: A combined radionuclide and hemodynamic study. *Am J Cardiol* 1982; 50: 255-62.
 10. Barash PG(ed): *Cardiac monitoring*. Philadelphia, WB Saunders. 1987, p851.
 11. Wessel HU, Paul MH, James GW, Grahn AR: Limitations of thermal dilution curves for cardiac output determinations. *J Appl Physiol* 1971; 30: 643-52.
 12. Spinale F, Zellner J: Thermodilution right ventricular ejection fraction. catheter positioning effects. *Chest* 1990; 98: 1259-65.
 13. Imai T, Katoh K, Kani H, Miyano H, Fujita T: Effects of injection site on the accuracy of thermal washout right ventricular ejection fraction measurements in clinical and model investigations. *Chest* 1991; 99(2): 436-43.
 14. Jensen PJ, Andersen PK, Thogersen C: The reproducibility of measurement of right ventricular ejection fraction and cardiac output by the thermodilution technique in patients on mechanical ventilation. *Acta Anaesth Scand* 1994; 38(5): 486-9.
 15. Gruse R, Strain HJ, Yipintosoi T: Right ventricular function in valvular heart disease: relation to pulmonary artery pressure. *J Am Coll Cardiol* 1983; 2: 225-32.
 16. Reed CE, Spinale FG, Crawford FA: Effect of pulmonary resection on right ventricular function. *Ann Thorac Surg* 1992; 53: 578-82.
 17. Uno T, Kitano T, Noguchi T, Honda N, Chikama H, Tanaka K, et al: The alteration of right ventricular performance in patients with pneumonectomy and pulmonary lobectomy. *Masui* 1993; 42(10): 1459-63.
 18. 최규택, 조명원, 이종현: 간이식시 우심실의 압력-용적 관계 및 수축력 분석. *대한마취과학회지* 1998; 34: 150-59.
 19. Lefer AM: Properties of cardioinhibitory factors produced in shock. *Fed Proc* 1978; 37: 734-40.
-