

호기말양압호흡이 혈류역학 및 심기능에 미치는 영향*

장병철** · 조범구*** · 강면식*** · 김은기***

—Abstract—

Hemodynamic Influences of Positive End-Expiratory Pressure Ventilation in Patients with Pulmonary Insufficiency*

Byung-Chul Chang, M.D.** , Bum-Koo Cho, M.D.*** , Meyun-Shick Kang, M.D.*** ,
Eun-Ki Kim, M.D.***

The effect of graded increments in positive end-expiratory pressure (EEP) on hemodynamics required to ventilate 8 critically ill patients is reported.

Acute respiratory insufficiency was a cause of death in only one patient of drug intoxication among the 8 patients studied.

The cardiac output was not changed significantly after the increment of PEEP to the level of 20 cm H₂O. The heart rate was increased significantly from 15 cm H₂O PEEP (P<0.01) as compared to 0 cm H₂O PEEP; and the stroke volume was decreased significantly from 15 cm H₂O PEEP (P<0.05). The blood pressure was not affected at any level of PEEP, but the pulmonary artery pressure was elevated significantly at 10 cm H₂O PEEP (P<0.01). The right ventricular transmural filling pressure was not affected at the level of 10 cm H₂O PEEP, but from 15 cm H₂O PEEP it was increased significantly. With the increment of PEEP, the left ventricular stroke work index was decreased slightly; and at 20 cm H₂O PEEP, it was decreased significantly. The right ventricular stroke work index was increased only at 10 cm H₂O PEEP. The systemic vascular resistance was decreased significantly from 15 cm H₂O PEEP (P<0.01).

서 론

호기말양압호흡 (Positive end expiratory pressure)

* 이 논문은 국방부 군진의학연구사업보조금에 의해 이루어졌음.

* Supported by a grant from the Medicinal Bureau, Ministry of National Defense, Korea.

** 국군수도병원 흉부외과

** Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Capital Armed Forces General Hospital

*** 연세대학교 의과대학 흉부외과학교실

*** Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, College of Medicine, Yonsei University.

re 이하 PEEP으로 약함)요법은 기능성 잔여용량 (Functional residual capacity)을 증가시킴으로써, 급성 폐부전증에 따른 저산소증이 심한 환자에서 동맥혈 산소분압을 증가시키는 중요한 치료방법의 하나다^{1,6)}.

그러나 호기말양압호흡요법을 시도할 때 PEEP이 심박출량의 감소등 혈류역학에 원치않는 영향을 미치기 때문에 혈류역학에 미치는 PEEP의 역할을 미리 염두에 두어야 할 것이다. 즉 PEEP은 심장으로 유입되는 정맥혈량을 감소시킬 뿐 아니라⁷⁾, 신경액 인자 (Neurohumoral factor)⁸⁾나 기계적 인자등에^{9~11)} 영향을 주어 심박출량을 감소시킬 수 있다.

저자는 호흡요법이 필요한 환자들에서 PEEP이 심기능과 혈류역학에 어떤 영향을 미치는지 알아보기 위하

Table 1. Diagnosis and course of patients.

No.	Patient		Patient status and diagnosis	Courses
	Sex	Age		
1	M	21	Pulmonary edema after CPR	Recovered
2	M	47	Multiple rib fracture with flail chest	Recovered
3	M	20	Hemorrhagic shock (carotid a. injury)	Recovered
4	M	21	Penetrating thoracoabdominal injury	Recovered
5	M	35	Multiple rib fracture with flail chest	Recovered
6	M	21	Pulmonary edema after CPR	Recovered
7	M	28	Pulmonary edema after CPR	Recovered
8	M	22	Drug intoxication (Paraquat)	Died

CPR: Cardiopulmonary Resuscitation

여 연구를 하였다.

실험방법 및 대상

실험방법

1984년 1월부터 1984년 11월까지 국군수도병원 및 연세대학교 의과대학 부속 세브란스병원에 입원한 환자 중 인공호흡기에 의한 호흡요법 및 호기말양압호흡요법이 필요했던 환자 8명을 대상으로 하였다(Table 1).

대상환자는 모두 남자로서 21세에서 47세 사이의 성인이었다. 증례 1은 정형외과에서 수술중 심장마비 발생하여 심폐소생술을 하면서 후송된 환자로 심폐소생술에 따른 폐부종이 발생되어 치료했던 환자이고, 증례 2 및 증례 5는 교통사고에 따른 양측 다발성 늑골골절, 혈흉 및 폐좌상이 있었던 환자이다. 증례 3은 파편창에 따른 좌측경동맥 및 경정맥파열로 출혈성 쇼크에 빠졌던 환자이다. 증례 4는 흉복부 관통총창 환자로 출혈성 쇼크가 있었으며 증례 6은 흉부외상후에 심정지가 발생하여 심폐소생술을 했던 환자이며, 증례 7은 열사병에 따른 급성신부전증 환자로 심호흡마비가 발생하여 심폐소생술을 시행한 환자이다. 상기한 환자는 모두 회복되었다. 증례 8은 제초제인 Paraquat(1-1-dimethyl, 4-4 bipyridilium dichloride)를 자살 목적으로 복용했던 환자로 폐의 섬유화를 동반한 호흡부전으로 적극적인 치료에도 불구하고 사망하였다.

실험대상

대상환자들은 양좌위 또는 Semi-Fowler's posit-

ion하에 실험되었다. 치료에 사용된 인공호흡기는 양주기형 (Volume-cycled)의 Bennet MA-1 또는 MA-2였다.

8명의 대상환자중 7명에서 요골동맥에 카테타를 삽입하여 혈압을 감시하였고, 급성신부전증이 있던 1례에서는 혈액투석을 위하여 양측 요골동맥을 모두 사용했기 때문에 족배동맥에 카테타를 삽입하여 혈압을 감시하였다. 폐동맥압, 폐동맥쇄기압 및 우심방압을 측정하기 위하여 7Fr. Swan-Ganz 열회석 심도자를 우측 쇄골하정맥 또는 척측피정맥을 통하여 삽입하였다. 압력감시에 사용된 변환기는 Bently Trantec transducer였다. 심박출량의 측정은 Swan-Ganz 열회석 심도자와 Cardiac Output Computer (Edwards Laboratories, Model 9520 A)를 이용하여 열회석법에 따라 측정하였다.

흉곽내압은 식도내압을 측정하여 대치하였고, 이것은 Constantly infused system을 이용하였다¹²⁾. 즉 16 Fr. 120 cm의 Sump tube가 하부식도에 위치되도록 하고 Sump tube의 한쪽 끝으로 증류수를 1.0 ~ 1.2 ml/분 속도로 주입하면서 다른 한쪽 끝을 U-자형의 수압계에 연결하여 압력을 측정하였다.

PEEP의 변화에 따른 자료측정시 호흡량을 변화시키지 않았으며 가능한 한 처치방법에 따른 자료수집이 20분 이내에 끝나도록 하였고, 한 환자에서 실험이 2시간 이내에 종결되도록 하였다. 또한 혈액가스분석을 하여 농맥혈의 이산화탄소분압(PaCO₂)이 0 cmH₂O PEEP (이하 0 PEEP으로 약함)에서 보다 10mmHg 이상 변화하는 경우는 통계자료에서 제외하였다.

대조군 즉 0 PEEP에서 얻은 자료를 다른 정도의

PEEP(5,10,15,20 cmH₂O PEEP, cmH₂O는 약함)에서 얻은 자료와 비교하기 위하여 이중분류의 분산분석(2-Way Analysis of Variance)을 하여 PEEP의 변화에 따른 F-test를 하였으며, PEEP의 변화에 따라 대조군에 비해 유의한 차이가 있는 경우 추후검정(Follow up t-test)을 하였다.

결 과

PEEP을 0 cm H₂O에서 20 cmH₂O까지 변화시키면서 심박출량의 변화를 관찰하였던 바, 심박출계수는 0 PEEP에서 4.35 l/min/M²였던 것이 PEEP을 증가시킴으로 다소 감소되어, 20 PEEP에서 4.10 l/min/M²로 감소되었다. 그러나 통계적으로 유의성은 없었다(Fig.1).

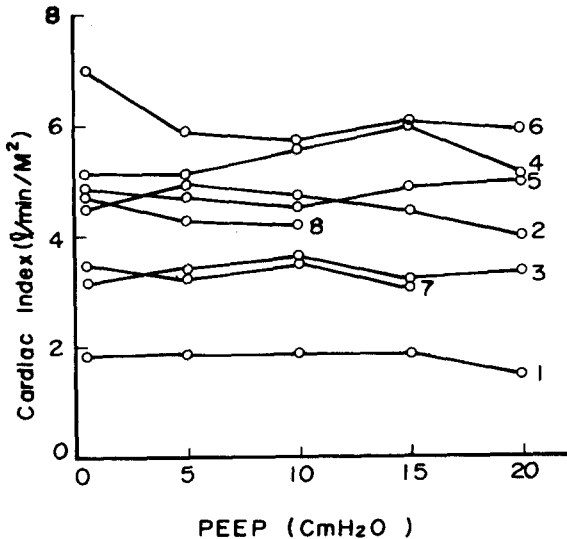


Fig. 1. Changes of cardiac index with the increment of PEEP.

심박동수는 0 PEEP에서 93.75/min이었으나 15 PEEP에서 상승되기 시작하여 20 PEEP에서는 107.50/min($P < 0.01$)으로 매우 증가되었다. 따라서 심박출계수(Stroke volume index)의 변화는 0 PEEP의 48.61 ml/beat/M²이 15 PEEP에서 42.22 ml/beat/M²($P < 0.05$)로 감소되었고, 20 PEEP에서 39.44 ml/beat/M²($P < 0.01$)로 매우 감소되었다(Fig.2).

PEEP의 변화에 따른 평균혈압의 변화는 0 PEEP에서 92.50 mm Hg였던 것이 20 PEEP에서 95.50 mmHg으로 통계적으로 유의한 변화는 없었다. 평균폐

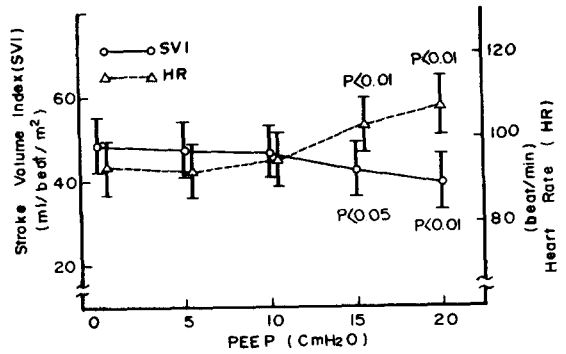


Fig. 2. Changes of stroke volume index and heart rate with the increment of PEEP.

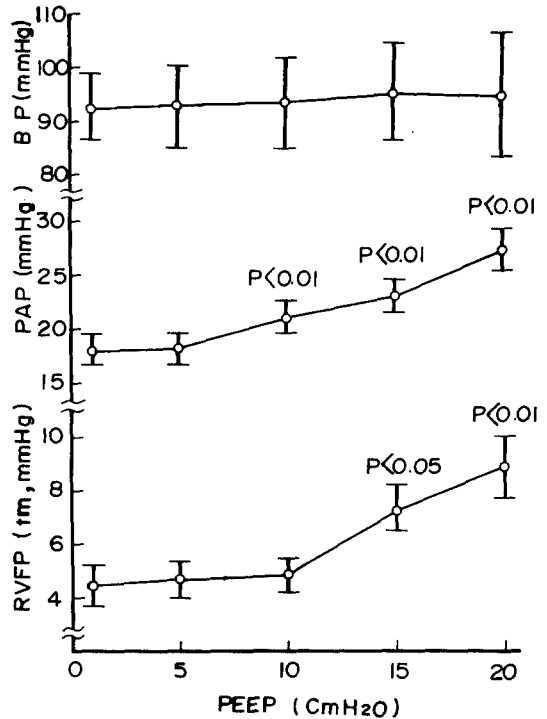


Fig. 3. Changes of blood pressure, pulmonary artery pressure and right ventricular filling pressure with the increment of PEEP.

동맥압은 0 PEEP에서 18.00 mmHg였던 것이 10 PEEP에서 21.00 mmHg($P < 0.01$)로 매우 증가되었고, PEEP의 증가에 따라 계속 증가되어 20 PEEP에서는 27.17 mmHg($P < 0.01$)로 증가되었다. 우심실충진압(Filling Pressure)은 우심방압에서 흉곽내압을 제하여 얻었다. 우심실충진압의 변화는 0 PEEP(4.53 mmHg)에서 10 PEEP(4.83 mmHg)까지는 별 변화가 없었으나, 15 PEEP에서 7.83 mmHg($P < 0.05$)으로 증가되고 20 PEEP에서는 8.83 mmHg($P < 0.01$)로

Table 2. Hemodynamic Data (Mean±SEM) at different levels of positive end-expiratory pressure

Hemodynamic variable	Positive end-expiratory pressure (cm H ₂ O)				
	0	5	10	15	20
CI(liter/min/M ³)	4.35±0.54	4.19±0.46	4.22±0.44	4.18±0.59	4.10±0.64
HR (beats/min)	93.75±6.40	92.50±6.39	95.13±6.49	102.86±6.57*	107.50±7.13**
BP (Mean, mmHg)	92.50±6.34	92.75±7.54	93.50±8.50	95.71±8.95	95.50±11.66
PAP (Mean, mmHg)	18.00±1.40	18.13±1.38	21.00±1.40**	23.00±1.41**	27.17±1.89**
RVFP (tm [@] , mmHg)	4.53±0.76	4.65±0.62	4.83±0.57	7.38±0.83*	8.83±1.16
LVSWI (gm-m/M ²)	57.69±10.18	55.53±9.73	55.93±9.90	52.66±11.37	50.62±12.03**
RVSWI (gm-m/M ²)	8.95±1.56	8.45±1.31	10.48±1.64**	8.88±1.64	9.77±2.15
SVR (dyne. sec. cm ⁻⁵)	1059±128	1071±109	1050±90	1074±103	1095±160
TPR(dyne. sec. cm ⁻⁵)	221.89±32.65	231.24±36.21	259.10±33.95*	285.23±45.31	372.81±82.38**

Legend; CI: Cardiac Index, HR: Heart Rate, BP: Blood Pressure, PAP: Pulmonary Artery Pressure, RVFP: Right Ventricular Filling Pressure, LVSWI: Left Ventricular Stroke Work Index, RVSWI: Right Ventricular Stroke Work Index, TPR: Total Pulmonary Resistance.

@ Transmural Pressure (tm) is measured pressure minus pleural pressure.

*P < 0.05 for comparison with PEEP=0 cm H₂O.

**P < 0.01 for comparison with PEEP=0 cm H₂O.

매우 증가되었다 (Fig.3).

PEEP의 변화에 따른 좌심실박동일계수 (Left ventricular stroke work index)의 변화는 15 PEEP까지는 통계적으로 유의한 변화가 없으나, 20 PEEP에서 대조군의 57.69 gm-m/M² 보다 50.62 gm-m/M² (P < 0.01)로 감소되었다. 우심실박동일계수는 10 PEEP에서 대조군에 비하여 증가 되었으나 (P < 0.01), 15 PEEP 이상에서는 심박동계수의 감소에 따라 다시 감소되어 대조군과 유의한 차이는 없었다 (도표. 2).

PEEP의 변화에 따른 심박출량 및 혈압의 변화가 거의 없었기 때문에 전신 혈관저항도 통계적으로 유의하게 변하지 않았다. 전체혈관저항은 0 PEEP의 221.89 dyne·sec cm⁻⁵가 10 PEEP에서 259.10 dyne·cm sec⁻⁵ (P < 0.01)로 증가 되었으며 20 PEEP에서도 372.81 dyne·sec cm⁻⁵로 계속 증가되었다.

우심실의 기능을 알아보기 위하여 우심실충전압의 변화에 따른 심박출계수의 변화를 PEEP의 정도에 따라 관찰한 결과 (Fig.4), 0 PEEP에서 10 PEEP까지는 변화가 미약하다가 15 PEEP이상에서 우심실기능이 감소되는 것을 알 수 있었다.

합병증

호기말양압호흡법에 따른 합병증으로 우측기흉이 약물중독에 따른 성인형 호흡부전증후군 환자 1례에서 발생하여 폐쇄식 흉강삽관술을 시행하였다. 환자는 기도지

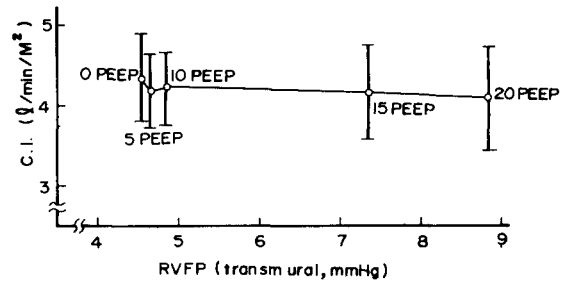


Fig. 4. Right ventricular function curve following the increment of PEEP.

항이 매우 높던 환자로 10 ml/kg의 호흡량 투여에도 기도내압이 60 cmH₂O이상으로 상승되었다.

고 안

급성폐부전증이 있는 환자의 치료중 PEEP요법의 사용은 심혈관계에 원치않는 영향이 있기는 하지만 아직 가장 효과적인 치료방법중의 하나다^{1~7, 13~18}.

급성폐부전증에 따른 저산소혈증 치료의 주 목적은 혈중산소함량을 증가시키고 혈류역학을 증진시켜 산소배급 (Oxygen delivery)을 증가시키는 데 있다. 즉 PEEP을 증가시켜 혈중산소함량을 증가시키고, 순환계에 미치는 PEEP의 영향을 극소화시켜 조직으로 가는 산소량을 가장 좋게 하는 것이다.

PEEP이 폐장 및 심장에 직접 혹은 간접적인 기계적, 신경생리학적, 생화학적 작용에 의해 많은 영향을 미친다는 사실은 여러사람들에 의해 연구되어 왔다^{1, 3-11}. PEEP이 순환계에 미치는 요인은 정맥혈유입 (Venous return)의 감소^{7, 9}, 폐의 과팽창 (lung hyperventilation)에 따른 근변력작용음성제 (negative inotropic agent)의 유리 및 심내막하 부위 (Regional subendocardial) 혈류의 감소에 따른 심기능의 저하⁸, 일차적 혹은 반사적 심기능 저하¹⁰, 우심실부하 (loading)에 의한 심실중격의 평편화와 좌심실이완기말기량 (Left ventricular end diastolic volume)의 감소⁸⁻¹¹, 또는 폐동맥의 후부하 (after-load) 효과에 따른 진부하한계 (pre-load limitation) 등으로 설명되어왔다¹⁰.

일반적으로 PEEP을 이용한 호흡요법이 필요한 환자에서 낮은 PEEP하에서는 흉곽내압의 증가로 인하여 정맥혈 유입 (Venous return)이 감소되며⁷, 10 cm H₂O PEEP이상에서 격벽 (transmural) 좌·우심실 충전압은 서서히 감소된다고 한다¹¹. 저자의 실험결과 10 cm H₂O PEEP까지 우심실 격벽충전압이 증가되지 않고 대조군과 비슷하지만, 15 cmH₂O PEEP이상에서는 우심실격벽충전압이 급격히 증가되는 것을 관찰하였다. 물론 호기말양압을 투여하기전 환자의 기능적잔류용적 (Functional residual capacity)이 정상인과는 다르기 때문에 정상인의 혈동학에 미치는 영향과 다를 수 있으리라 생각되지만, 10 cmH₂O PEEP미만에서는 정맥혈 유입이 감소됨에 따라 심박출량이 감소된다는 것은 설명되기 어려울것 같다. 그러나 15 cmH₂O PEEP 이상에서는 우심실충전압이 급격히 증가되는 것을 관찰할 수 있어서 우심실충전압의 증가에 따라 정맥혈 유입이 감소될 수 있으리라 생각된다. 혈동학적인 면에서 볼때 심실충전압이 일정하여도 심박출량이 감소된다면 후부하 (after-load)의 증가 또는 심근수축력의 감소등으로 설명되어야 할 것이다.

폐혈관쇄기압과 좌심방압과의 상관관계는 보조호흡 또는 조절호흡으로 치료하는 환자에서 호기말양압을 투여하지 않는 경우는 매우 밀접하다^{13, 19}. 그러나 호기말양압을 증가시키면 폐포내압이 증가되고, 폐혈관저항이 증가되기 때문에 10 cmH₂O PEEP 이상에서는 폐혈관쇄기압과 좌심방압사이의 상관성은 없다고 한다¹⁹. 오히려 심장에 기질적인 병변이 없는 환자에서는 10 cm H₂O PEEP 이상일때 좌심실이완기말기압이 우심방압과 매우 밀접한 상관관계가 있다고 한다¹¹. 저자의 연구는 좌심실이완기말기압, 좌심실이완기말기량 및 좌심방압

을 직접 측정하지 않았기 때문에 좌심장에 미치는 호기말양압호흡의 영향은 알 수 없었다.

Frank-Starling의 법칙에 따르면 우심실충전압의 증가에 따라 심박출량이 증가하여야 한다. 저자의 실험결과 15 cmH₂O PEEP이상에서는 우심실충전압이 높아 지는데도 심박출량이 오히려 감소하여 우심실부진증이 나타날 수 있음이 관찰되었다. Fewell 등⁹의 실험결과 호기말양압을 투여하는 경우에 전체적 또는 국소적 심근혈류와 심내막하혈류의 감소가 일어나지 않음을 감안하면 후부하 (after-load)의 증가가 심박출량의 감소에 매우 중요한 역할을 하리라 생각된다. 실험결과 우심실격벽충전압은 15 cmH₂O PEEP이상에서 유의한 상승이 있었고, 전폐혈관저항이 10 cmH₂O PEEP에서 증가하는 것을 보면 10 cmH₂O PEEP이상에서 심박출량이 감소되는 이유는 정맥혈유입의 감소 및 후부하 (after-load)의 증가가 매우 중요한 원인이라 생각된다. 또한 우심실충전압의 증가뿐 아니라 우심실 후부하의 증가에 따른 좌심실의 진부하의 감소가 심실중격의 평편화를 일으킬 수 있는 원인이 될 수 있고, 결과적으로 좌심실이완기말기량의 감소가 일어날 수 있을 것이다.

좌심실부전에 따른 폐부종 및 저산소혈증이 있는 환자나, 어떤 원인에 의해서 급성폐부전이 있는 환자를 적절히 치료하기 위하여 산소배급 (Oxygen delivery)이나 폐내단락률 (QS/QT)을 측정하여 가장 적절한 PEEP을 투여하여야 할 것이다. 최적 호기말양압 (Best PEEP)의 정도는 환자의 치료전 상태에 따라 5 cmH₂O에서 20 cmH₂O로 매우 다양하다^{2, 6, 7, 17}. 일반적으로 PEEP의 안전한 상한선은 확립되어 있지 않지만 15 cmH₂O이상이면 좋지 않다고 한다^{2, 7, 11}. 그러나 폐부전증이 심한 경우나, 재발되는 경우 심폐기능을 감시하면서 25 cmH₂O 이상의 PEEP을 투여하여도 좋은 결과를 가져올 수 있다¹⁷. 저자의 실험결과 환자에 따라 다소 차이는 있지만 전체적으로 볼때 10 cmH₂O PEEP까지는 안전한 영역이라고 생각된다. 즉 10 cmH₂O PEEP 하에서도 산소배급 (Oxygen delivery)이 부족한 경우는 PEEP을 더욱 증가시키면서 혈역학을 측정하여 각 환자의 가장 이상적인 PEEP을 투여하는 것이 바람직하리라 생각된다.

결 론

저자는 호흡기에 의한 인공호흡이 필요했던 8명의 중환자에서 호기말양압을 0 cmH₂O에서 20 cmH₂O 까

지 변화시키면서 혈류역학의 변화를 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 호기말양압 (PEEP)을 0 cmH₂O (대조군)에서 5 cmH₂O 간격으로 20 cmH₂O까지 증가시켜도 심박출량은 통계적으로 유의하게 감소하지 않았다.

2. 심박동수는 15 cmH₂O 이상의 PEEP에서 매우 증가되었다 (P<0.01). 따라서 심박동량 (Stroke volume)은 15 cmH₂O PEEP 이상에서 감소되었다 (P<0.05).

3. PEEP의 증가에도 평균혈압은 통계적으로 유의하게 변화하지 않았으나, 평균폐동맥압은 10 cmH₂O PEEP에서부터 매우 증가되었다 (p<0.01). 우심실총전압은 10 cm H₂O PEEP까지는 대조군에 비해 통계적으로 유의한 변화가 없었으나, 15 cmH₂O PEEP에서 급격히 증가되었다 (P<0.05)

4. PEEP을 증가시키에 따라 좌심실박동일계수 (Stroke work index)는 약간씩 감소되어 20 cmH₂O PEEP에서 매우 감소되었으나 (P<0.01), 우심실박동일계수는 10 cmH₂O PEEP에서만 증가되었다가 (P<0.01) 다시 감소되었다.

5. PEEP을 증가시켜도 전신혈관저항의 변화는 없었으나, 전체혈관저항은 15 cmH₂O PEEP에서 매우 증가되기 시작하였다 (P<0.01).

REFERENCES

- Ashbaugh DG, Petty TL, Bigelow DG, Harris TM : *Continuous positive-pressure breathing (CPPB) in adult respiratory distress syndrome. J Thorac Cardiovasc Surg, 57:31-41, 1969.*
- Sabiston DC, Spencer FC : *Gibbon's Surgery of the Chest, vol. 1, ed 4, Philadelphia, 1983, The W.B. Saunders Company, p.206-207.*
- 정준기, 오용석, 송명근, 강신광, 이수일, 최정수 : 호흡부전증에서 방사성동위원소를 이용한 심폐기능 측정에 관한 연구, 대한군건의학하술지, 15(1):19-29, 1984.
- Falke KJ, Pontoppidan H, Kumar A, Leith DE, Geffin B, Laver MB : *Ventilation with End-Expiratory Pressure in Acute Lung Disease. J Clin Invest, 57:2315-2323, 1972.*
- Hammon JW, Wolfe WG, Moran JF, Jones RH, Sabiston DC : *The effect of positive end-expiratory pressure on regional ventilation and perfusion in the normal and injured primate lung. J. Thorac Cardiovasc Surg, 72(5):680-689, 1976.*
- Harken AH, Brennan MF, Smith B, Barsamian EM : *The hemodynamic response to positive end-expiratory ventilation in hypovolemic patients. Surgery 76(5):786-793, 1974.*
- Suter PM, Fairley HB, Isenberg MD : *Optimum end-expiratory airway pressure in patients with acute pulmonary failure. N Engl J Med 292(6):284-289, 1975.*
- Manny J, Grindlinger G, Mathe AA, Hechtman HB : *Positive end-expiratory pressure, lung stretch, and decreased myocardial contractility, Surgery 84:127-133, 1978.*
- Fewell JE, Abendschein DR, Carlson CJ, Murray JF, Rapaport E : *Continuous positive-pressure ventilation decreases right and left ventricular end-diastolic volumes in the dog. Circ Res, 46(1):125-132, 1980.*
- Brinker JA, Weiss JL, Lappé DL, Rabson JL, Summer WR, Permutt S, Weisfeldt ML : *Leftward septal displacement during right ventricular loading in man. Circulation 61(3):626-633, 1980.*
- Jardin F, Farcot JC, Boisante L, Curien N, Margairaz A, Bourdarias JP : *Influence of positive end-expiratory pressure on left ventricular performance. N Engl J Med 304(7):387-392, 1981.*
- Pope C, II : *A dynamic test of sphincter strength: its application to the lower esophageal sphincter. Gastroenterology 52(5):779-786, 1967.*
- Cassidy SS, Robertson CH, Pierce AK, Johnson RL : *Cardiovascular effect of positive end-expiratory pressure in dogs. J Appl Physiol 44:743-750, 1978.*
- Smith PK, Tyson GS, Hammon JW, Olsen CO, Hopkins RA, Maier GW, Sabiston DC, Rankin JS : *Cardiovascular effects of ventilation with positive expiratory airway pressure. Ann Surg 195(2):121-130, 1982.*
- Hobelmann CF, Smith DE, Virgilio RW, Peters RM : *Mechanics of ventilation with positive end-expiratory pressure. Ann Thorac Surg 24(1):68-76, 1977.*
- Robotham JL, Lixfeld W, Holland L, MacGregor D, Bromberger-Barnea B, Permutt S, Rabson JL : *The effect of positive end-expiratory pressure on right and left ventricular performance. Am Rev Resp Dis, 121:677-683, 1980.*
- Kirby RR, Downs JB, Civetta JM, Modell JH, Dannemiller FJ, Klein EF, Hodges M : *High level positive end expiratory pressure (PEEP) in acute*

- Respiratory insufficiency. Chest 67(2):156-163, 1975.*
18. Philbin DM, Patterson RW, Baratz RA.: *Continuous positive pressure ventilation and oxygen delivery. Brit J Anesth, 44:667-670, 1972.*
19. Lozman J, Powers SR, Older T, Dutton RE, Roy RJ : *Correlation of pulmonary wedge and left atrial pressures. Arch Surg 109:270-277, 1974.*
-