일측성 폐환기시 환기 방법에 따른 동맥혈 산소화 개선의 차이

경희대학교 의과대학 마취과학교실

양현정 · 김동욱 · 최영규 · 신옥영 · 권무일

-Abstract-

The Arterial Oxygenation Effects According to Different Ventilatory Modes during One Lung Ventilation

Hyeon Jeong Yang, M.D., Dong Ok Kim, M.D., Young Kyoo Choi, M.D.
Ok Young Shin, M.D. and Moo Il Kwon, M.D.

Department of Anesthesiology, College of Medicine, Kyung Hee University, Seoul, Korea

Among patients scheduled for elective surgery at the Kyung Hee University Hospital, 15 patients undergoing open thoracotomy were selected. Two different ventilatory modes were employed and compared to the one-lung ventilation(control). First, 10 cmH₂O of continuous positive airway pressure was applied to the unventilated lung while patients were under one lung ventilation with 50% oxygen(CPAP 10 cmH₂O). Second, 10 cmH₂O of positive end expiratory pressure to the ventilated lung and 10 cmH₂O of continuous positive airway pressure to the unventilated lung were applied while patients were under one lung ventilation with 50% oxygen(CPAP/PEEP). Arterial oxygen tension, alveolar-arterial oxygen difference (A-aDO₂) and intrapulmonary shunt fraction of two different ventilatory modes were observed and compared to control group, and CPAP/PEEP group to CPAP 10 cmH₂O group.

The results were as followed:

1) Mean PaO₂ in CPAP 10 cmH₂O and CPAP/PEEP were 138 ± 42 mmHg and 177 ± 44 mmHg, respectively, and were significantly increased as compared to 100 ± 29 mmHg of control group($P < 0.05$). Comparing the PaO₂ of CPAP 10 cmH₂O and CPAP/PEEP, there was statistically significant increase in CPAP/PEEP($P < 0.05$).

2) A-aDO₂ in CPAP 10 cmH₂O and CPAP/PEEP were 175 ± 43 mmHg and 131 ± 42 mmHg, respectively, and were significantly decreased as compared to 213 ± 32 mmHg of control group($P < 0.05$). Shunt percentages(Qsp/Q_T) were measured as $23.7 \pm 5.8\%$ in control group, $18.3 \pm 6.0\%$ in CPAP 10 cmH₂O, $13.0 \pm 4.3\%$ in CPAP/PEEP. Shunt percentages of CPAP 10 cmH₂O and CPAP/PEEP were decreased significantly as compared to the control group($P < 0.05$).

Comparing the A-a DO₂ and the shunt percentages of CPAP 10 cmH₂O and CPAP/PEEP, there was statistically significant decrease in CPAP/PEEP($P < 0.05$).

Based on the above results, the application of appropriate continuous positive airway pressure to the unventilated lung and 10 cmH₂O of positive end expiratory pressure to the ventilated lung during one lung ventilation is thought to be more effective than only continuous positive airway pressure to the unventilated lung in preventing hypoxemia. (Korean J Anesthesiol 1995; 29: 414 ~ 422)

Key Words: Thoracic anesthesia, One lung ventilation, Continuous positive airway pressure(CPAP), Positive end expiratory pressure(PEEP)

서 론

측와위로 폐수술을 하는 환자에서^{1,2)} 일측폐 환기법은 수술부위 흉곽의 폐를 허탈시켜 수술시야를 좋게 하고 수술조작을 용이하게 한다는 점으로 인해 널리 사용되고 있으나 이때 동반되는 환기-관류 부적합과 폐내 섀트량의 현저한 증가로 인하여 폐포-동맥혈 산소 분압차가 커지고 동맥혈 산소 분압이 감소하게 된다^{3~7)}. 그러므로 일측폐 환기를 하는 동안에는 산소 흡입 농도를 증가시키고 일회 호흡량 및 분당 호흡 횟수를 적절히 조절하여 저산소혈증의 발현을 방지해야 하며^{7~10)} 심한 저산소혈증이 나타나는 경우에는 비환기폐를 주기적으로 환기시키거나 환기폐에 호기말 양압(positive end expiratory pressure: PEEP)을 가하거나^{11,12)}, 비환기폐에 산소를 공급하여 지속적 기도 양압(continuous positive airway pressure: CPAP)을 가해주는 방법¹³⁾, 또한 환기폐에는 호기말 양압을 가함과 동시에 비환기폐에는 지속적 기도 양압을 가하는 방법^{14,15)} 등이 사용되고 있다. 그리고 가능하면 빨리 수술 부위의 폐동맥을 절찰하는 것이 저산소혈증을 개선하는 근본적인 방법이다¹⁶⁾.

저자들은 앞서의 관찰에서 비환기폐에 가해진 10 cmH₂O의 지속적 기도 양압법이 일측성 폐환기시의 산소화 개선에 유익함을 보고한 바 있으며¹⁷⁾, 본 연구에서는 일측성 폐환기시 비환기폐에 지속적 기도 양압 만을 가해주는 방법과 비환기폐에 지속적 기도 양압을 가함과 동시에 환기폐에 호기말 양압을 가하는 방법이 동맥혈 산소화 개선에 미치는 영향의 차이를 알아보고자 환자의 동맥혈 산소 분압, 폐포 동맥혈 산소 분압차 및 폐 섀트율을 각각 측정하여 서로간에 비교 분석하였다.

대상 및 방법

1) 대 상

경희의대 부속병원 중앙수술실에서 폐질환 및 흉곽내 주요 장기의 질환(종격내 종양, 식도암)으로 수술을 받기로 예정된 환자 15명을 대상으로 하였다. 환자들은 미국 마취과학회 신체분류상 제2급으로서

폐기능 검사상 경미한 정도에서 중등도까지의 폐쇄성 폐질환 양상을 보였으나 심혈관계나 내분비계통의 다른 전신 질환을 동반하지는 않았다. 환자들의 연령은 38세에서 64세, 체중은 61.7 ± 9.2 kg, 남녀비는 11:4이었다. 환자들의 성별, 연령 및 체중 분포는 Table 1과 같다.

2) 방 법

대상 환자들은 모두 마취 유도 1시간 전에 droperidol(0.05 mg/kg, IM)과 glycopyrrolate(0.004 mg/kg, IM)을 전투약 하였다. 환자들은 수술실 도착 직후 상박에 2개의 정맥로를 확보하고 Cardiocap (Datex, Helsinki, Finland) 환자 감시 장치를 이용하여 수축기혈압, 확장기혈압, 평균 동맥혈압을 간접 측정하고 심전도와 맥박 산소측정기를 연결하여 환자의 심전도, 심박동수 및 맥박 산소 포화도의 변화를 관찰하였다.

마취 유도는 마스크로 100% 산소를 투여하면서 2.5% thiopental sodium 5 mg/kg과 succinylcholine chloride 1 mg/kg를 정주하여 의식 소실 및 근이완을 유도하였다. 환자의 의식 소실과 충분한 근이완을 확인한 후 일측성 폐환기를 위해 Univent tube(Fuji system corporation, Tokyo, Japan)를 삽관하고 수술 예정 부위에 따라 각각 좌측 혹은 우측 기관지 내로 bronchial blocker(이하 blocker)를 밀어넣은 후 blocker의 풍선(balloon)을 팽창시킨 다음 호흡음을 청진하여 blocker가 정상 위치에 있음을 확인하였다. 호흡음의 청진만으로 확인이 불확실한 경우엔 굴곡성 기관지경(Olympus LF-1, Olympus, Japan)을 이용하여 blocker의 기관지내 위치를 확인하였다. Univent tube의 삽관이 끝난 후 튜브의 입구에 Cardiocap 감시장치의 capnometer를 연결하여 환자의 호기 가스 내 이산화탄소 농도 변화를 측정하고, 좌측 혹은 우측 요골동맥에 Allen씨 검사를 시행한 후 18 G 도관

Table 1. Demographic Data

Age (years)	51.2 ± 13.1
Weight (kg)	61.7 ± 9.2
Sex (M: F)	11 : 4

n=15, Values are mean ± S.D., M: male, F: female

을 삽입하고 변환기를 통해 Cardiocap 감시 장치에 연결하여 수축기혈압, 확장기혈압, 평균 동맥혈압 등을 직접 측정하였다. 그리고 동맥로를 통해 혈액을 채취하여 전해질과 일반 혈액 검사 및 동맥혈 가스 분석을 시행하였다. 또 중심 정맥압 측정을 위하여 우측 쇄골하 정맥으로 도관을 우심방까지 삽입하였다.

마취 유지는 isoflurane을 1.0~1.5 vol%의 농도로, 아산화 질소와 산소는 각각 분당 2L로 투여하였으며 근이완을 위해 pancuronium bromide 0.08 mg/kg를 정주하였고 필요에 따라 추가량을 투여하였다. 수술을 위해 환자의 자세를 측와위로 바꾼 후 다시 blocker의 위치를 호흡음의 청진과 굴곡성 기관지경을 이용하여 확인하였다. 환자의 환기는 호흡 횟수는 11~12회/분, 1회 호흡량은 12 ml/kg로 하여 PaCO_2 가 35 ± 5 mmHg를 유지하도록 인공호흡기(Royal-88, Royal Co., Seoul, Korea)를 사용하여 조절하였다. 수술 시작 후 처음에는 $\text{O}_2\text{-N}_2\text{O}(2\text{L} : 2\text{L})$ -isoflurane(1.0~1.5 vol%)로 환자의 양측 폐를 환기시키다가 수술이 진행되면서 수술자의 요구에 따라 일측성 폐환기를 위해 수술 부위 쪽의 폐(비환기폐)에 거치한 blocker의 풍선을 팽창시킴으로 기관지를 폐쇄시켜 폐환기를 중지시켰다. 이 때 의존폐(환기폐)의 1회 호흡량은 10 ml/kg를 유지하였으며 호흡 횟수는 PaCO_2 가 40 mmHg 정도를 유지하도록 분

당 13~14회로 증가시켰다. 일측성 폐환기 중 처음 30분간은 환기폐는 $\text{O}_2\text{-N}_2\text{O}(2\text{L} : 2\text{L})$ -isoflurane(1.0~1.5 vol%)로 환기시키고 비환기폐는 허탈되어 있는 상태에서 환자의 심박동수, 혈압 및 중심 정맥압을 측정하고 동맥혈 가스 분석을 시행하여 이로부터 공식 I을 이용하여 폐포-동맥혈 산소 분압차(alveolar-arterial oxygen tension difference, A-aDO₂)와 공식 II를 이용하여 폐선트율($\text{Qsp}/\text{Q}_\text{T}$)을 계산하여 이를 대조치로 삼았다. 이후 30분간은 환기폐에는 $\text{O}_2\text{-N}_2\text{O}(2\text{L} : 2\text{L})$ -isoflurane(1.0~1.5 vol%)를 투여하고 비환기폐에는 변형된 소아용 Mapleson E형의 마취 회로와 PEEP 밸브(Fig. 1)를 사용하여 blocker의 구경(lumen)을 통해 분당 6L의 산소로 10 cmH₂O의 지속적 기도양압을 가해진 후 대조군과 마찬가지로 혈압, 심박동수 측정 및 혈액 가스 분석을 시행하여 A-aDO₂와 폐

Fig. 1a. This figure demonstrates modified Mapleson E type anesthetic circuit with PEEP valve.

Fig. 1b. This figure demonstrates 10 cmH₂O continuous positive airway pressure to the unventilated lung.

Fig. 2. This figure demonstrates 10 cmH₂O positive end expiratory pressure to the ventilated lung and 10 cmH₂O continuous positive airway pressure to the unventilated lung.

선트율을 구하였고(관찰치 1 : CPAP 10 cmH₂O), 다음 30분 간은 환기폐에 O₂-N₂O(2L : 2L)-isoflurane(1.0 ~ 1.5 vol%)를 투여하면서 PEEP 밸브를 사용하여 10 cmH₂O의 호기말 양압을 가하고, 비환기폐에는 CPAP 10 cmH₂O와 같은 방법으로 10 cmH₂O의 지속적 기도 양압을 가해준 후(Fig. 2), 역시 같은 방법으로 A-aDO₂와 폐 선트율을 구하여(관찰치 2: CPAP/PEEP) 각각을 대조치 및 관찰치 1과 비교하였다.

이들에 대한 통계학적 분석은 대조치와의 비교는 paired Student's t-test를 이용하였으며 관찰치 서로 간의 비교는 unpaired t-test를 이용하였고 P 값이 0.05 이하인 경우를 통계적으로 의미가 있는 것으로 간주하였다.

$$\begin{aligned} \text{공식 I: } AaDO_2 \text{ (torr)} &= PAO_2 - PaO_2 \\ &= FiO_2(PB - PH_2O) \times PaCO_2/0.8 - PaO_2 \end{aligned}$$

$$\text{공식 II: } Q_{sp}/Q_t = \frac{CcO_2 - CaO_2}{3.5 + CcO_2 - CaO_2}$$

PAO₂: 폐포 산소 분압 (alveolar oxygen tension)

PaO₂: 동맥혈 산소 분압 (arterial oxygen tension)

PaCO₂: 동맥혈 탄산가스 분압(arterial carbon dioxide tension)

FiO₂: 흡입 산소비 (fraction of inspired oxygen)

PB: 대기압 (barometric pressure; 760 torr)

PH₂O: 수증기압 (vapor pressure of water; 47 torr)

Q_{sp}/Q_t: 폐 선트율 (intrapulmonary shunt fraction)

Q_t: 심박출량 (cardiac output)

CaO₂: 동맥혈 산소 함량 (arterial O₂ content)

CcO₂: 폐모세혈관 산소 함량 (end pulmonary capillary blood O₂ content)

결 과

1) 동맥혈 산소 분압

대조치 100±29 mmHg에 비해 관찰치 1에서는 138±42 mmHg, 관찰치 2에서는 177±44 mmHg로 현저한 증가(P<0.05)를 보였으며, 관찰치 1, 2 간의 비교에서는 관찰치 2에서 유의한 증가(P<0.05)를 보였다(Table 3, Fig. 3).

2) 폐포-동맥혈 산소 분압차

대조치 213±32 mmHg에 비해 관찰치 1에서는 175±43 mmHg, 관찰치 2에서는 131±42 mmHg로 현저한 감소(P<0.05)를 보였으며, 관찰치 1, 2 간의 비교에서는 관찰치 2에서 유의한 감소(P<0.05)를 보였다(Table 4, Fig. 4).

Fig. 3. This figure compares PaO₂ between 10 cmH₂O of continuous positive airway pressure to the unventilated lung (CPAP 10 cmH₂O) and differential lung CPAP/PEEP (CPAP/PEEP) during one-lung ventilation. PaO₂ increased from 138 ± 42 mmHg (CPAP 10 cmH₂O) to 177 ± 44 mmHg (CPAP/PEEP), showing significant improvement (P < 0.05) in PaO₂ with application of differential lung CPAP/PEEP during one-lung ventilation. *P < 0.05 as compared with CPAP 10 cmH₂O.

Table 2. Changes of MAP, HR, and CVP during Different Ventilatory Modes

	Control	CPAP 10 cmH ₂ O	CPAP/PEEP
MAP (mmHg)	97 ± 14	96 ± 9	94 ± 11
HR (beats/min)	95 ± 12	91 ± 11	90 ± 10
CVP (cmH ₂ O)	8.6 ± 3.3	9.0 ± 3.0	9.9 ± 2.8

measured in 15 patients, Values are mean ± S.D., MAP: mean arterial pressure, HR: heart rate, CVP: central venous pressure, CPAP: continuous positive airway pressure, PEEP: positive end expiratory pressure, Control: One-lung ventilation with 50% oxygen and deflation of unventilated lung, CPAP 10 cmH₂O: One-lung ventilation with 50% oxygen and 10cmH₂O CPAP to unventilated lung, CPAP/PEEP: One-lung ventilation with 50% oxygen and 10cmH₂O PEEP to ventilated lung and 10cmH₂O CPAP to unventilated lung.

3) 폐 섹트를

대조치 23.7 ± 5.8 %에 비해 관찰치 1에서는 18.3 ± 6.0 %, 관찰치 2에서는 13.0 ± 4.3 %로 현저히 감소(P < 0.05)하였으며, 관찰치 1, 2 간의 비교에서는 관찰치 2에서 유의한 감소(P < 0.05)를 보였다(Table 4,

Fig. 4. This figure compares A-aDO₂ between 10 cmH₂O of continuous positive airway pressure to the unventilated lung and differential lung CPAP/PEEP during one-lung ventilation. It shows definite diminution in A-aDO₂ from 175 ± 43 mmHg (CPAP 10 cmH₂O) to 131 ± 42 mmHg (CPAP/PEEP). *P < 0.05 as compared with CPAP 10 cmH₂O.

Fig. 5. This figure compares changes of pulmonary shunt (Qsp/Qt) between 10 cmH₂O of continuous positive airway pressure to the unventilated lung and differential lung CPAP/PEEP during one-lung ventilation. It shows definite diminution in shunt from 18.3 ± 6.0% (CPAP 10 cmH₂O) to 13.0 ± 4.3% (CPAP/PEEP). *P < 0.05 as compared with CPAP 10 cmH₂O.

Fig. 5).

4) 평균 동맥압, 심박동수 및 중심 정맥압은 대조치와 비교시 및 관찰치 1, 2 간의 비교시 통계적으로 유의한 변화를 보이지 않았다(Table 2).

5) PaCO₂는 관찰치 모두에서 대조치와 비교시 및 관찰치 1, 2 간의 비교시 통계적으로 유의한 변화를 보이지 않았다 (Table 3).

Table 3. Arterial Blood Gas Analysis during Different Ventilatory Modes

	Control	CPAP 10cmH ₂ O	CPAP/PEEP
PaO ₂ (mmHg)	100±29	138±42*	177±44**
PaCO ₂ (mmHg)	34.4±5.5	35.2±5.7	37.5±6.9

measured in 15 patients, Values are mean ± S.D. * p<0.05 as compared with control value, # P<0.05 as compared with CPAP 10 cmH₂O value.

Table 4. Changes of A-a DO₂ and Qsp/Q_T during Different Ventilatory Modes

	Control	CPAP 10 cmH ₂ O	CPAP/PEEP
A-a DO ₂ (mmHg)	213±32	175±43*	131±42**
Qsp/Q _T (%)	23.7±5.8	18.3±6.0*	13.0±4.3**

measured in 15 patients, Values are mean ± S.D., *p<0.05 as compared with control value, # p<0.05 as compared with CPAP 10 cmH₂O value.

고 찰

흉부 외과 수술 중 측와위에서 개흉술 시 양측폐 환기시에도 근이완된 환자는 여러 가지 원인으로 환기-관류 분포 이상이 올 수 있으며 결과적으로 폐포-동맥혈 산소 분압차를 증가시켜 저산소혈증이 발생할 수 있다^{1,2,18}. 또한 측와위로 수술시 양쪽폐를 환기시키는 경우 상측의 환부폐로부터 건강한 하측 폐로 혈액, 농 또는 분비물이 유입될 위험이 있고 수술 시야가 좋지 않은 단점이 있으므로 이를 방지하고 수술부위 흉곽의 폐를 허탈시켜 수술조작과 시야를 좋게 하는 목적으로 일측폐를 환기시키는 방법을 이용하고 있으며, 이 방법은 폐 및 폐엽 절제술 등의 폐 수술과 식도, 대동맥과 같은 흉곽내 주요 장기의 수술 시에도 널리 사용되고 있다^{3,4}. 그러나 동일한 조건의 흡입 산소 농도에서, 양측폐 환기와는 달리 일측폐 환기시에는 환기가 이루어지지 않는 상측폐에서 혈액의 대량 섀트가 일어남으로

동맥혈 산소 분압차가 더 커지고 동맥혈 산소 분압도 더 낮아진다^{5~7,19}. 만약 비환기폐에서 저산소성 폐혈관 수축(hypoxic pulmonary vasoconstriction, HPV) 현상이 없다면 심박출량의 40~50%가 섀트를 일으키나 일측성 폐환기시 비환기폐의 허탈로 인한 무기폐가 발생하면 폐혈관의 저항이 증가하여 혈류를 무기폐에서 정상폐로 이동시키는 HPV 현상이 일어나서 비환기폐의 실재 섀트율은 심박출량의 20~30%로 감소한다고 보고되고 있다^{8,9,20~23}. 따라서 HPV는 자동 조절 기전으로서 비환기 폐에서 일어날 수 있는 섀트를 감소시켜 동맥혈 산소 분압을 더 높고 안전한 범위로 이동시킨다. 일측폐 환기시 하측폐는 수동적으로 중력의 영향과 능동적으로 비환기폐의 혈관 수축 작용으로 혈류가 증가되어 있으나 전신 마취 및 주위 장기의 압박으로 폐용적이 감소되고 흡수 무기폐가 발생할 수 있으며 분비물 제거가 어렵고 장시간의 측와위시 의존폐로 수액의 유출이 일어나서 저산소 영역 즉 무기폐 영역이 커짐으로 저산소혈증 발현 가능성이 높다. 따라서 일측성 폐환기중 동맥혈 산소 분압을 안전한 수준으로 유지하기 위해 일측성 폐환기의 병태 생리에 기초하여 몇 가지 방법들이 시도되고 있다.

Benumof^{19,24} 및 Dantzker 등²⁵에 의하면 환기측 폐에 100% 산소를 계속 투여하는 방법은 환기측 폐의 동맥혈 산소 분압을 증가시키는 물론 혈관 확장을 일으켜서 HPV로 인해 비의존폐로부터 하측폐로 이동하는 혈류를 받아들이는 능력을 증가시킴으로 상대적으로 저산소혈증을 감소시킬 수 있으나 드물게 흡수 무기폐나 산소 독성 발현의 가능성이 있다고 하며 수술을 잠시 중단하고 양쪽폐를 일정 기간 환기시키는 방법은 저산소혈증은 개선시키나 수술을 잠시 중단해야 하는 문제점이 있다. 선택적으로 의존폐에 호기말 양압을 가하는 방법은 환기폐의 폐용적이 감소되어 있는 경우 환기폐의 기능적 잔기용량(functional residual capacity, FRC)과 환기-관류비를 개선시킨다^{23,26~29}. 그러나 호기말 양압을 가하는 방법은 환기폐의 폐혈관 저항을 증가시키고 비환기 폐로 혈류를 이동시켜 섀트를 증가시킴으로 산소 분압의 감소를 가져온다³⁰. Khanam 등¹⁰에 의하면 호기말 양압은 의존폐에 병변이 있어 폐용적이 감소되어 있고 환기-관류비가 감소되어 있는 환자에서

는 저산소증을 개선시킬 수 있는 좋은 방법이나 의 존폐가 정상인 환자에서는 오히려 섀트 효과가 우 세하기 때문에 호기말 양압의 사용은 환자 상태에 따라 적용하는 범위가 제한적이며 그 효과를 예측 하기 어렵다고 하였다. 비환기폐에 5~10 cmH₂O의 지속적 기도 양압을 가하는 방법은 비의존폐의 기 도를 유지시키고 폐혈관 저항을 증가시키지 않으면서 가스 교환하는 폐포를 확장시켜 산소화를 개선시킨 다. 이때 폐포의 확장은 100~200 ml 정도이므로 수 술 시야를 방해하지 않으므로 수술에 지장을 주지 않 으면서 산소화를 개선시켜 주는 방법이다^{14,31~33}. 저 자들도 앞서의 관찰에서 일측성 폐환기시 비환기폐 에 가한 10 cmH₂O의 지속적 기도 양압이 폐포를 확장시킴으로 가스 교환을 증가시켜 섀트량을 감소 시키고 동맥혈 산소 분압을 증가시키는 반면 수술 에 지장을 주지는 않음을 보고하였다¹⁷). 그러나 저 산소혈증의 개선이 없을 경우 15 cmH₂O이상의 지 속적 기도 양압은 동맥혈 산소화 개선에는 효과적 인 반면 폐포 확장으로 인해 수술에 장애를 줄 뿐 아니라 심혈관계 억제 등의 혈역학적 장애를 줄 수 있다. 따라서 지속적 기도 양압만으로는 일측폐 환 기시 저산소혈증을 개선하는데 있어서 제한적이다.

일측성 폐환기시 저산소혈증을 방지하기 위해서 는 비환기폐에 지속적 기도 양압을 가함과 동시에 환기폐에 10 cmH₂O의 호기말 양압을 가해 주는 방 법이 더욱 효과적이라는 보고가 있다^{23,26,27,32,34}). 이 방법은 환기폐에는 호기말 양압을 가해 줌으로 폐 용적과 환기-관류비를 개선시키고, 비환기폐에는 지 속적 기도 양압을 가해 줌으로 산소화 개선뿐 아니 라 환기폐에 가한 호기말 양압의 영향으로 비환기 폐로 이동하는 혈류의 산소화에도 기여하여 전체적 으로 동맥혈 산소 분압의 개선과 섀트의 감소에 가 장 효과적이라는 주장에 근거하였다. 따라서 일측성 폐환기시 비환기폐에 적정 수준의 지속적 기도 양 압을 가함과 동시에 환기폐에 5~10 cmH₂O의 호기 말 양압을 가할 경우 비환기폐에 관류되는 혈액의 산소화가 개선되면서 환기폐의 폐용적과 환기-관류 비 이상이 개선되며 환기폐의 호기말 양압에 의한 섀트증가 효과가 비환기폐측의 지속적 기도 양압호 흡에 의해 상쇄되므로 혈류의 방향에 관계없이 양 쪽폐에서 혈액이 산소로 확장된 폐포와의 가스교환

에 참여하게 되어 최대의 폐 탄성과 최소의 폐내 섀트로 산소화를 극대화시킬 수 있는 방법으로 평 가된다.

이에 저자들은 일측성 폐환기시 저산소혈증 발현 을 예방하기 위한 방법 중, 비환기폐에 지속적 기도 양압을 가한 방법과 양측폐에 각각 PEEP/CPAP를 가한 방법이 동맥혈 산소화에 미치는 영향을 비교 해 보고자 하였다. 저자들은 앞서의 관찰에서와 마 찬가지로 Benumof¹⁹⁾의 주장에 근거하여 우선 흉막 이 열릴 때까지는 가능하면 양측폐환기를 유지하고 일측폐환기가 시작되면 일회 환기량은 10 ml/Kg, 호 흡 횟수는 PaCO₂가 40 mmHg를 유지하도록 13~14 회로 조절하였으며, 이 때 환기와 동맥혈 산소 포화 도는 동맥혈 산소 분석, 호기말 이산화탄소 농도, 맥박 산소 측정기를 사용하여 지속적으로 감시하였 다. 일측성 폐환기중 환기폐에 투여하는 산소 농도 는 산-염기 평형 및 심장 기능과 혈색소가 정상 범 위인 경우 20~28% 정도의 섀트가 있을 때 50% 산 소 농도 하에서의 PaO₂는 70~100 mmHg 정도를 유 지한다는 Nunn 등^{34,35)}의 주장에 근거하여 50% 산소 를 택하였다. 대조군과 비환기폐에 10 cmH₂O의 지 속적 기도 양압을 가한 군(관찰치 1), 그리고 비환기 폐에 지속적 기도 양압을 가하고 환기폐에 10 cmH₂O의 호기말 양압을 가한 군(관찰치 2)을 비교 해 볼 때, 동맥혈 산소 분압은 대조군에 비해 관찰 치 1 및 관찰치 2에서 각각 유의한 증가를 보였으 며(P<0.05), 관찰치 1, 2 간의 비교 시에도 관찰치 2 에서 유의한 증가를 나타내었다. 따라서 양측폐에 각각 CPAP/PEEP을 가한 경우가 동맥혈 산소화 개 선에 더욱 크게 기여하였음을 알 수 있으며 이는 Alfery 등²³⁾ 및 Benumof²⁴⁾의 보고와 일치하였다. 대 상 환자 중 비환기폐를 허탈 상태에 두었을때 동맥 혈 산소 분압이 60 mmHg 이하(또는 동맥혈 산소 포화도: 90% 이하)를 나타낸 환자는 없었으나 80 mmHg 이하인 경우가 5명이었고, 지속적 양압호흡 을 가했을 때는 동맥혈 산소 분압이 80 mmHg 이하 인 경우가 1명이었으며, 양측폐에 각각 CPAP/PEEP 를 가했을 때는 모든 환자에서 동맥혈 산소 분압은 100 mmHg 이상을 나타내었다. 비교적 낮은 산소 분압을 나타낸 환자들은 고령의 환자들로 정상폐 측에도 환기-관류에 상당한 불균형이 있었던 것으로

생각된다. A-aDO₂ 및 폐선틀율은 양측폐에 각각 CPAP/PEEP를 가했을 때가 비환기폐에 지속적 기도 양압 만을 가했을 때에 비해 유의하게 감소하였으며 동맥혈 산소 분압의 증가는 A-aDO₂와 폐 선틀율의 감소에 따른 것으로 추정되었다.

이와 같은 관찰 결과를 볼때 일측성 폐환기시에 는 비환기폐에 적정 수준의 지속적 기도 양압을 가 함과 동시에 환기폐에 적정 수준의 호기말 양압을 가해 주는 것이 환자의 저산소혈증 발현의 방지에 도움이 될것으로 생각된다. 그럼에도 불구하고 발생 하는 상대적인 저산소혈증의 개선은 비환기폐를 간 혈적으로 환기시키거나 환기폐측을 100% 산소로 계 속하여 환기시키거나 가능한 빨리 폐절제술을 시행 함으로써 비환기폐를 통한 선틀를 제거하는 것이 필요할 것으로 생각되며 저산소혈증의 신속한 발견 을 위해서는 맥박 산소 측정기, 호기말 탄산가스 분 압 측정기등을 이용한 계속적인 환자 감시가 요구 된다.

결 론

경희대학교 의과대학 부속병원에서 측와위로 폐 수술을 하는 환자에서 일측폐 환기시 가장 심각한 합병증 중 하나인 저산소혈증을 개선하고자 비환기 폐에 10 cmH₂O의 지속적 기도양압을 가함과 동시 에 환기폐에 10 cmH₂O의 호기말양압을 가해준 방 법(관찰치 2)을 비환기폐를 허탈상태에 두었을때(대 조치) 및 비환기폐에 산소로 10 cmH₂O의 지속적 기 도양압을 가해준 경우(관찰치 1)와 비교하였다. 이때 관찰치 2에서 대조치 및 관찰치 1에 비해 동맥혈산 소분압의 증가를 보였고 폐포-동맥혈산소분압차 및 폐선틀율의 감소를 보였다. 이는 환기폐에 PEEP를 가함으로써 폐용적을 크게 하고 환기-관류비를 증진 시키며, 비환기폐에 CPAP를 가함으로써 이곳을 흐 르는 혈액의 산소화가 개선되기 때문이다.

따라서 일측성 폐환기시 비환기폐측에 적정도의 지속적 양압호흡을 가함과 동시에 환기폐 측에 10 cmH₂O의 호기말 양압을 가해주는 것이 환자의 저 산소혈증 발생을 방지하는 데 도움을 줄 것으로 생 각된다.

참 고 문 헌

- 1) Wulff KE, Aulin I. The regional lung function in the lateral decubitus position during anesthesia and operation. *Acta Anaesthesiol Scand* 1972; 16: 195-205.
- 2) Werner O, Malmkvist G, Beckman A. Gas exchange and haemodynamics during thoracotomy. *Br J Anaesth* 1984; 56: 1343-9.
- 3) Wood RE, Campbell D, Razzuk MA. Surgical advantages of selective unilateral ventilation. *Ann Thorac Surg* 1972; 14: 173-80.
- 4) Benumof JL, Alfery DD. *Anesthesia for Thoracic Surgery*. 3rd ed. New York: Churchill-Livingstone. 1990; 1517-603.
- 5) Edwards EM, Hatch DJ. Experiences with double-lumen tubes. *Anaesthesia* 1965; 20: 461-7.
- 6) Tarhan S, Lundborg RO. Blood gas and pH studies during use of the Carlens catheter. *Can Anaesth Soc J* 1968; 15: 458-67.
- 7) Khanam T, Branthwaite A. Arterial oxygenation during one lung anaesthesia: A study in man. *Anaesthesia* 1973; 28: 132-8.
- 8) Torda TA, McCulloch CH, O'Brien HD. Pulmonary venous admixture during one-lung anaesthesia: The effect of inhaled oxygen tension and respiration rate. *Anaesthesia* 1974; 29: 272-9.
- 9) Kerr JH, Crampton-Smith A, Prys-Roberts C. Observation during endobronchial anaesthesia. II. Oxygenation. *Br J Anaesth* 1974; 46: 84-92.
- 10) Khanam T, Branthwaite MA. Arterial oxygenation during one lung anaesthesia(2). *Anaesthesia* 1973; 28: 280-90.
- 11) Aalto-Setälä M, Heinonen J, Salorinne Y. Cardio-respiratory function during thoracic anaesthesia: A comparison of two-lung ventilation and one-lung ventilation with and without PEEP. *Acta Anaesthesiol Scand* 1975; 19: 287-95.
- 12) Tarhan S, Lundborg RO. Effects of increased expiratory pressure on blood gas tensions and pulmonary shunting during thoracotomy with use of the Carlens catheter. *Can Anaesth Soc J* 1970; 17: 4-11.
- 13) Capan LM, Turndorf HT, Patel C, Romanathan S, Acinapura A, Chalon J. Optimization of arterial oxygenation during one lung anesthesia. *Anesth Analg* 1980; 59: 847-51.
- 14) Cohen E, Eisencraft JB, Thys DM, Kaplan JA.

- Oxygenation and hemodynamic changes during one-lung ventilation: Effects of CPAP₁₀, PEEP₁₀ and CPAP₁₀/PEEP₁₀. *J Cardiothorac Anesth* 1988; 2: 34-40.
- 15) Cohen E, Thys DM, Eisenkraft JB, Kirschner PA, Kaplan JA. Effect of CPAP and PEEP during one-lung anesthesia: Left versus right thoracotomies. *Anesthesiology* 1985; 63: A564.
- 16) Nilsson E, Slater EM, Greenberg J. The cost of the quiet lung: Fluctuation in PaO₂ when the Carlens tube is used in pulmonary surgery. *Acta Anaesthesiol Scand* 1965; 9: 49-55.
- 17) 김용주, 김건식, 강화자, 신옥영, 권무일. 일측성 폐환기시 비환기폐에 가한 지속적 기도양압이 동맥혈 산소화 개선에 미치는 효과. *대한마취과학회지* 1994; 27: 1155-64.
- 18) Benumof JL. Mechanism of decreased blood flow to atelectatic lung. *J Appl Physiol* 1978; 46: 1047-8.
- 19) Benumof JL. Management of the respiratory system during pulmonary surgery. *Refresher Courses in Anesthesiology* 1992; 20: 1-14.
- 20) Benumof JL. *Anesthesia for Thoracic Surgery*. 1st ed. Philadelphia: WB Saunders. 1987; 104-24.
- 21) Benumof JL. *Anesthesia for Thoracic Surgery*. 1st ed. Philadelphia: WB Saunders. 1987; 202-22.
- 22) 권무일, 김광우. 일측성 저산소환기가 폐혈역학 및 설파에 미치는 영향. *대한마취과학회지* 1983; 16: 284-94.
- 23) Alfery DD, Benumof JL, Trousdale FR. Improving oxygenation during one-lung ventilation in dogs: The effects of positive end-expiratory pressure and blood flow restriction to the nonventilated lung. *Anesthesiology* 1981; 55: 381-5.
- 24) Benumof J. *Anesthesia for Thoracic Surgery*. 1st ed. Philadelphia: WB Saunders. 1987; 39-103.
- 25) Dantzker DR, Wagner PD, West JB. Instability of lung units with low V/Q ratios during O₂ breathing. *J Appl Physiol* 1975; 38: 886-95.
- 26) Rees DI, Wansbrough SR. One-lung anesthesia: Percent shunt and arterial oxygen tension during continuous insufflation of oxygen to the nonventilated lung. *Anesth Analg* 1982; 61: 507-12.
- 27) Cohen E, Thys DM, Eisenkraft JB, Kaplan JA. PEEP during one-lung anesthesia improves oxygenation in patients with low arterial PaO₂. *Anesth Analg* 1985; 64: 201.
- 28) 임승운, 김성덕. 일측폐 허탈시 반대측 폐의 호기말 양압 호흡법이 폐혈류의 재분포에 미치는 영향. *대한마취과학회지* 1994; 27: 1139-54.
- 29) 최락민, 오용석, 황정원, 손종찬, 박일용. 일측폐 환기시 환기측폐의 호기말양압이 동맥혈산소화에 미치는 영향. *대한마취과학회지* 1995; 28: 124-8.
- 30) Katz JA, Laverne RG, Fairley HB, Thomas AN. Pulmonary oxygen exchange during endobronchial anesthesia: Effects of tidal volume and PEEP. *Anesthesiology* 1982; 56: 164-71.
- 31) Benumof J. *Anesthesia for Thoracic Surgery*. 1st ed. Philadelphia: WB Saunders. 1987; 271-87.
- 32) Eisenkraft JB, Thys DM, Cohen E, Kaplan JA. Hemodynamic effects of CPAP and PEEP during one-lung anesthesia with isoflurane. *Anesthesiology* 1984; 61: A520.
- 33) 오용석, 박남훈, 강훈. 일측폐환기시 비환기폐의 지속적기도양압이 동맥혈산소분압에 미치는 영향. *대한마취과학회지* 1993; 26: 93-8.
- 34) Nunn JF, Benatar SR, Hewlett AM. The use of iso-shunt lines for control of oxygen therapy. *Br J Anaesth* 1973; 45: 711-3.
- 35) Nunn JF. *Nunn's Applied Physiology*. 4th ed. London: Butterworth-Heinemann Ltd. 1993; 156-97.