Tuberculosis and Respiratory Disease 결핵 및 호흡기질환, Vol. 40, No. 6, December, 1993

□ 원 저 □

폐쇄용적(Closing Volume)이 증가된 만성 폐질환 환자에서 체위에 따른 폐환기량의 변화

울산의대 서울중앙병원 내과, 핵의학과*

김용태 · 김미경 · 임채만 · 고윤석
김우성 · 류진숙* · 이명혜* · 김원동

= **Abstract** =

Effect of Posture on the Distribution of Pulmonary Ventilation in Patients with Increased Closing volume

Young Tae Kim, M.D., Mee Kyung Kim, M.D., Chae Man Lim, M.D., Youn Suck Koh, M.D., Woo Sung Kim, M.D., Jin Sook Ryu, M.D.*, Myung Hae Lee, M.D.* and Won Dong Kim, M.D.

Department of Internal Medicine and Nuclear Medicine, College of Medicine, University of Ulsan, Asan Medical Center, Seoul, Korea

Background: In normal adults, ventilation is uneven and greater in the base than the apex of the lung in tidal volume breathing. However infants have fragile chest wall and reduced elastic recoil, resulting in easy closure of peripheral airways especially in the dependent portion of the lung. So ventilation in infants is greater in the apex than the base of the lung. We assumed that in adults whose closing volume is increased, dependent portion could be easily collapsed during tidal breathing and ventilation could be greater in the uppear than than the lower portion of the lung.

Methods: We measured spirometry and closing volume (CV) in normal controls and in patients with chronic lung disease. Also we measured fractional distribution of ventilation at supine, left lateral and right lateral decubitus with ^{133}Xe ventilation scan in normal controls, patients with normal closing volume and patients with increased closing volume.

Results: The subjects consisted of 7 normal controls (mean age±SD, 62.9±6.1 years). 6 patients with normal CV (62.8±8.2 years) and 7 patients with increased CV (63.0±15.3 years).

1) Normal controls have mean (±SD) FVC 104±11% of predicted value, FEV_1 120±16%, FEV_1/FVC 112±5% and CV 86.9±12.5%. Patients with normal CV have FVC 62±11%, FEV_1 54±17%, FEV_1/FVC 84±23% and CV 92.6±15.5%. Patients with increased CV, have FVC 53±9%, FEV_1 38±13, FEV_1/FVC 69±16% and CV 176.1±36.6%, CV was significantly different between two patient groups ($p<0.02$).

2) In normal controls mean fractional ventilation to left lung was 48.1±5.3% at supine, 54.1±9.8% at dependent and 40.9±6.5% at left uppermost position. In patients with normal CV mean fractional ventilation to left lung was 44.6±2.1% at supine, 59.7±5.6% at left dependent and 31.7±8.3% at left uppermost position. In patients with increased CV mean fractional ventilation to left lung was 48.7±4.5% at supine, 41.7±6.6% at left dependent and 60.9±15.7% at left uppermost position.

In normal controls and patients with normal CV, ventilation to left lung at left dependent position tends to be higher than that at supine position but without statisitical significance and it was significantly lower at left uppermost than at left lung dependent position.

In patients with increased CV, ventilation to left at left dependent position tends to be higher than that at supine position but without significance and it was significantly higher at left uppermost than

that at left dependent position.

Conclusion: These data suggest that in patients with increased CV ventilation to one side of lung could be higher at uppermost than at dependent position on lateral decubitus during tidal breathing and this fact should be taken into account in positioning of patients with unilateral lung disease.

Key Words: Closing volume, ^{133}Xe ventilation scan, Position, Chronic lung disease

서 론

정상 성인에서 폐환기는 균등하지 않아서, 평상호흡(tidal volume breathing)시 폐상부보다 하부에서 환기가 더 많이 일어나는 것으로 알려져 있다[1,2]. 이는 중력에 의해 흉막강수직거리에 따른 흉막강 압력에 차이가 있어서 폐 하부 흉막강의 음압정도가 폐 상부 흉막강에서 보다 상대적으로 덜 음압이어서 평상 폐용적에서 하부폐가 상부폐보다 상대적으로 더 위축되어 있어, 기능성잔기용량(*functional residual capacity*)에서부터 총폐용량까지의 흡입시 하부폐의 용적 변화가 상부폐보다 더 크기 때문이다[1~3]. 한편 유아에서는 흉곽벽이 단단하지 못하여 폐에 대한 견인력이 약하므로, 유아의 흉막강압은 상대적으로 덜 음압인 것으로 알려져 있다[4~6]. 따라서 평상호흡시에도 하부폐에서 기도폐쇄가 쉽게 일어날 수 있으므로 평상호흡시 오히려 상부폐의 환기가 더 많이 일어나는 것으로 알려져 있다[7~8].

성인에서도 만성 기관지염과 같이 소기도 질환이 있거나 폐기종환자에서 볼 수 있듯이 기도에 대한 견인력이 감소한 경우 평상 호흡시 하부폐의 기도폐쇄가 일어나는 것으로 알려져 있으며[1,9~11], 이들에서 폐하부보다 폐상부의 환기가 더 많을 것으로 예상할 수 있다. 한편 폐쇄용적이 증가된 환자에서 체위에 따른 좌우 폐환기량의 변화에 대한 보고는 아직 없었다.

이에 저자들은 폐쇄용적 증가 여부의 환기에 대한 영향을 알아보기 위하여 만성 폐질환 환자들에서 폐쇄용적을 측정하여 이들을 폐쇄용적 정상군과 폐쇄용적 증가군으로 구분하고 이들에서 체위에 따른 폐환기량을 측정 비교하였다.

대상 및 방법

1. 대 상

연구대상은 폐질환이 없으면서 흉부 X선 촬영 및 폐기능검사상 이상이 없는 정상대조군 7명과 만성 폐질환 환자중 폐쇄용적 정상인 군 6명(연령±표준 편차, 62.8±8.2세)(폐쇄용적 92.6±15.5%)과 폐쇄용적 92.6±15.5%)과 폐쇄용적 증가군 7명(63.0±15.3세)(폐쇄용적 176.1±36.6%)이었다.

2. 방 법

각 연구대상에서 SensorMedics System 2100(U.S.A.)을 이용하여 폐활량 측정법(spirometry)을 실시하여 추정정상치는 Morris 등[12]의 공식을 사용하였으며 또한 단회질소세척법을 이용하여 폐쇄용적을 측정하고 추정정상치는 Buist 등[13]의 공식을 사용하여 구하였다. 그리고 방사능 동위원소 ^{133}Xe을 이용하여 폐환기 주사를 시행하였다. 폐환기 주사는 폐쇄식 환기시스템(Pumonex Xenon System®, Atomic Products Co, U.S.A.)을 사용하여 ^{133}Xenon 가스 1.5 m Ci(55.5 MBq)를 기능성잔기용량(functional residual capacity [FRC])에서 총 폐용량(total lung capacity[TCL])까지 흡입시킨 후 10~20초간 호흡을 멈추게 하고 저에너지 다목적 collimator를 장착한 감마카메라(Diacam, Siemens, U.S.A.)를 이용하여 후면상으로 아날로그 영상을 얻고 동시에 부착된 computer를 통해 방사능 수치를 수록하여 한쪽 폐의 환기분율은 양측폐 방사능 수치의 백분율로 표시하였다. 상기 검사를 정와위에서 실시 후 충분히 배기시킨 후 좌우와위에서 반복시행하였다.

결 과

1. 폐기능검사

대상 환자들의 폐활량 측정법 및 폐쇄용적을 비교하면 정상대조군의 평균 노력성 폐활량(FVC)은 평균 추정정상치의 104±11%, 1초간노력성호기량(FEV_1) 120±16%, FEV_1/FVC 112±5%, 폐쇄용적(CV) 87±12%로 모두 정상 범위였으며, 만성 폐질환환자중 폐쇄용적 정상군은 FVC 62±11%, FEV_1 54±17%, FEV_1/

FVC 84±23%로 제한성 환기 장애의 소견을 보였고 폐쇄용적 92±15%이었으며, 폐쇄용적 증가군은 FVC 53±9%, FEV_1 38±13%, FEV_1/FVC 69±16%로 폐쇄성 환기 장애의 소견을 보였고, 폐쇄용적 176±36%로 폐쇄용적 증가군에서 폐쇄용적이 유의하게 높았다 ($p<0.02$) (Table 1).

Table 1. The Result of Spirometry and Closing Volume in the Subjects

Subjects	FVC (% pred)	FEV_1 (% pred)	FEV_1/FVC (%)	CV (% pred)
Normal control (N=7)	104±11	120±16	112± 5	87±12
Normal CV Patients (N=6)	62±11	54±17	84±23	92±15
Increased CV Patients (N=7)	53± 9	38±13	69±16	176±36*

CV: Closing volume

*P value<0.02 compare to normal CV patients

Table 2. Effect of Posture on Fractional Distribution of Ventilation to Left Lung

Subjects	Supine (%)	Lt. dependent (%)	Lt. uppermost (%)
Normal Control (N=7)	48.1±5.3	54.1±9.8	40.9± 6.5
Normal CV Patients (N=6)	44.6±2.1	58.7±5.6	31.7± 8.3*
Increased CV Patients (N=7)	48.7±4.5	41.9±9.4	60.9±15.7*

Lt: left

*P value<0.05 compare to left dependent

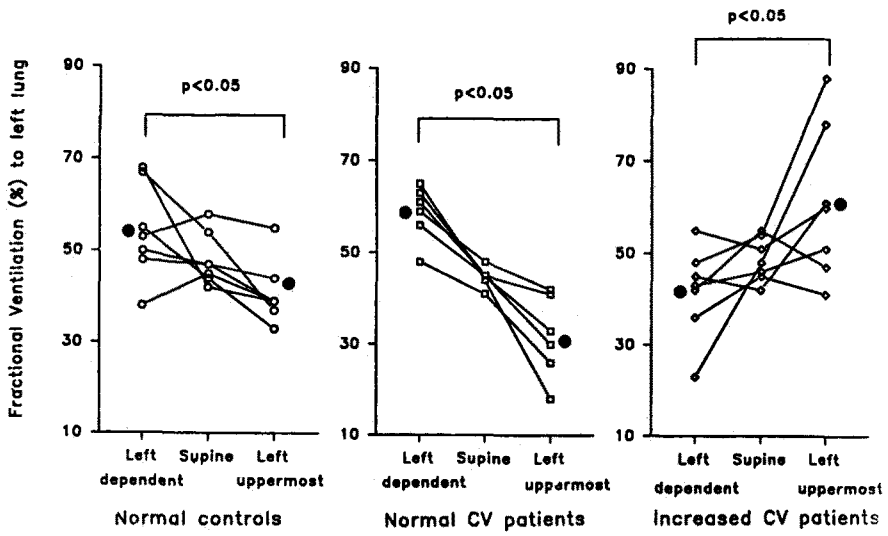

Fig. 1. Effect of posture on the distribution of ventilation to left lung.
●: mean.

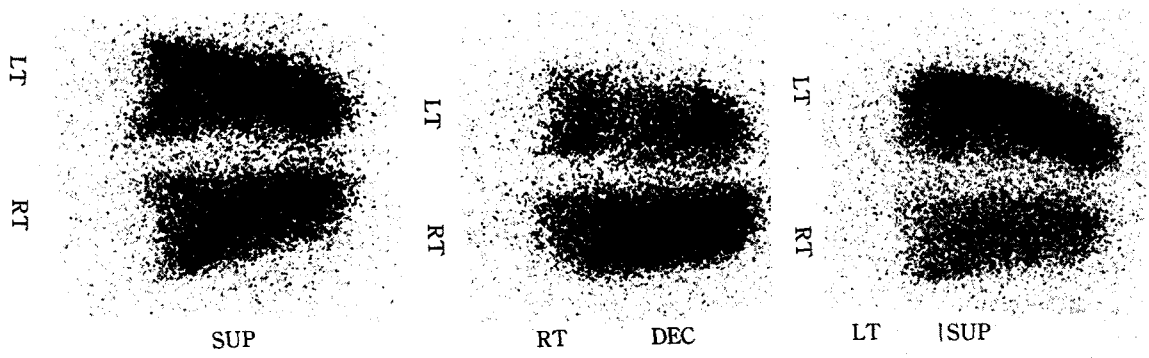

Fig. 2-A. Posterior ^{133}Xe ventilation lung scan in a normal control. Ventilation is preferentially distributed to the dependent lung. RT=right, LT=left, Sup=supine, DEC=decubitus.

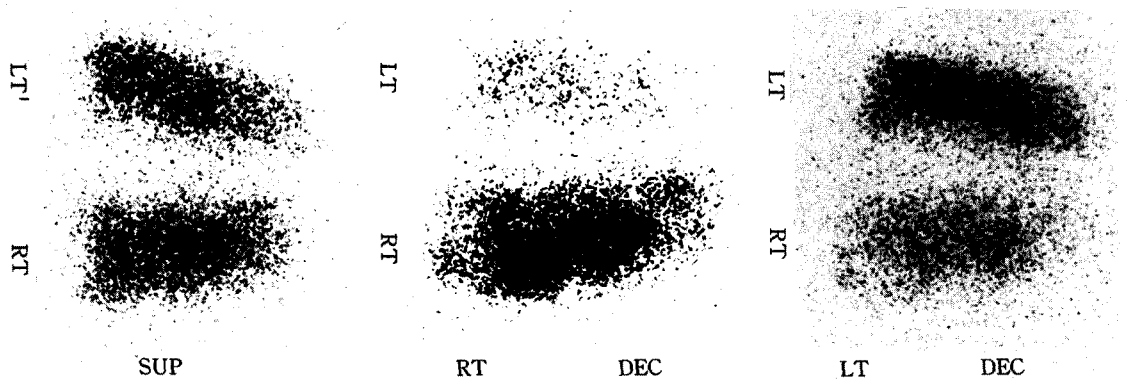

Fig. 2-B. Posterior ^{133}Xe ventilation lung scan in a normal CV patient. Ventilation is preferentially distributed to the dependent lung. RT=right, LT=left, Sup=supine, DEC=decubitus.

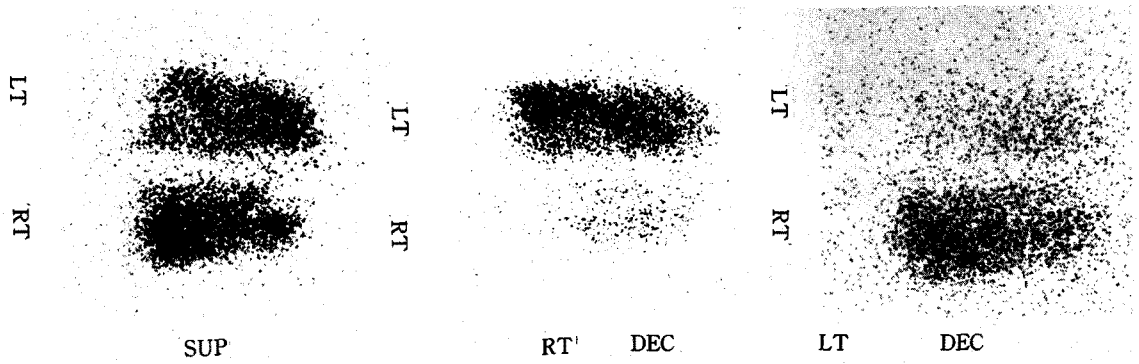

Fig. 2-C. Posterior ^{133}Xe ventilation lung scan in a increased CV patient. Ventilation is preferentially distributed to the uppermost lung. RT=right, LT=left, Sup=supine, DEC=decubitus.

2. 폐환기 주사에 의한 좌우 폐 환기분율

이들 대상 환자들의 폐환기 주사(^{133}Xe ventilation scan)에서, 체위에 따른 좌측폐의 평균 환기 분율이 정상대조군에서는 정와위시 48.1±5.3%, 좌측하위시 54.1±9.8%,, 좌측상위시 40.9±6.5%, 만성 폐질환

환자중 폐쇄용적 정상군에서는 정와위시 44.6±2.1%, 좌측하위시 58.7±5.6%, 좌측상위시 31.7±8.3%로써 모두 좌측폐 하위시 좌측 환기량이 정와위시 보다 유의하지는 않으나 증가하였고, 좌측 폐 상위시 좌측 환기량이 좌측 하위시보다 유의하게 감소하였다($p<0.05$). 폐쇄용적 증가군에서는 정와위시 48.7±4.5%, 좌측하위시 41.7±6.6%, 좌측상위시 60.9±15.7%로써 폐쇄용적 증가군에서는 좌측 폐하위시 좌측폐의 환기량이 정와위보다 유의하지는 않으나 감소하였고, 좌측폐 상위시 좌측폐의 환기량이 좌측하위 보다 유의하게 증가하여 ($p<0.05$) 양환자군 사이에 상반된 소견을 보였다 (Table 2) (Fig. 1).

Fig. 2에서는 정상대조군, 폐쇄용적 정상군 및 폐쇄용적 증가군중 대표적인 예들의 ^{133}Xe 환기주사 소견을 보여주고 있다. 정상인 (Fig. 2-A) 및 폐쇄용적 정상 환자 (Fig. 2-B)에서는 좌우 와위시 하위 폐의 환기량이 상위폐보다 더 많은 것을 시각적으로 보여주며, 폐쇄용적 증가환자(Fig. 2-C)에서는 상위폐의 환기량이 하위 폐보다 많은 것을 보여주고 있다.

고 찰

본 연구에서 정상대조군과 만성 폐질환군에서 폐활량 측정법 및 폐쇄용적을 측정하였으며, 만성 폐질환군에서 폐쇄용적에 따라, 폐쇄용적 정상군과 폐쇄용적 증가군으로 분류하고, 이들에서 ^{133}Xe 방사성동위원소를 이용하여 폐환기 주사를 시행하였다. 만성 폐질환군 중에서 폐쇄용적 정상인군은 정상대조군과 유사한 폐환기주사 소견 즉 하부폐의 환기가 상부폐보다 더 많은 환기 형태를 보였으나, 폐쇄용적 증가군에서는 반대 형태 즉 하부폐보다 상부폐의 환기가 더 많은 형태를 나타내었다.

정상 성인에서 나이가 들수록 말초기도의 폐쇄용적은 증가하며 특히 폐기종 같이 폐실질 손상에 의한 탄성반도(elastic recoil)가 감소되거나, 만성기관지염에서 볼 수 있듯이 소기도질환이 있는 경우 그리고 정상인에서도 폐용적이 낮은 경우 기도 폐쇄가 쉽게 일어나는 것으로 알려져 있다[14~16]. 그리고 이러한 기도폐쇄는 하부폐에서 주로 일어나며[17] 그 이유는 폐 중력에 의해 하부폐의 늑막강압이 덜 음압이 되고 따라서 기도에 대한 견인력이 약해져 하부폐의 기도폐쇄가 쉽게 일어나기 때문이다[14]. 이러한 현상은 과거 ^{133}Xe을 이용한 폐환기주사에서 증명되었다. Holland 등[14]은 65세~75세 노인에서 ^{133}Xe 동위원소를 이용하여 폐환기 주사를 시행하였으며, 직립 착석시 잔기량에서 총 폐용적까지의 폐활량 흡입시 젊은 사람과 유사한 폐환기 형태 즉, 하부폐의 환기가 더 많이 되는 것으로 나타났으나, 상시 호흡량 범위의 흡입시 오히려 상부폐의 환기가 더 많이 일어나며 이는 노인에서 폐의 탄성반도(elastic recoil)가 감소하여 기도폐쇄가 증가하기 때문으로 발표하였다.

한편 유아에서는 흉곽벽이 단단하지 못하고 폐에 대한 견인력이 약하여 흉막강압은 상대적으로 음압이 약화되어 대기압에 가까워지며 따라서 평상호흡시에도 하부폐의 기도폐쇄가 일어날 수 있는 것으로 알려져 있다[7,8]. 성인에서도 기능성잔기용량(FRC)이 감소하는 상태 즉 비만이나 와위에서 평상호흡시 폐쇄용적이 기능성잔기용량을 초과하여 하부폐의 기도폐쇄가 일어나는 것으로 알려져 있다[18~22]. 성인에서도 기능성잔기용량(FRC)이 감소하는 상태 즉 만성기관지염이나 탄성 반도압이 감소하는 폐기종에서도 역시 하부폐의 기도폐쇄가 쉽게 일어나며, 따라서 상부폐의 환기량이 더 많이 일어나는 것으로 예측할 수 있겠다.

이에 저자들은 만성 폐질환 환자들에서 폐쇄용적에 따라 폐쇄용적 정상군가 폐쇄용적 증가군으로 분류하여 본 연구를 시행하였다. 폐쇄용적 정상군은 제한성 환기장애나 혼합성 환기 장애 환자들이 대부분이었으며 이들의 평균 폐쇄용적은 추정정상치로 92±15%이었고, 이는 정상대조군의 평균폐쇄용적 87±12%와 유의한 치이가 없었다. 그러나 폐쇄용적 증가군에서는 대부분의 환자들이 폐쇄성 환기장애의 소견을 보였으며 이들의 평균 폐쇄용적은 176±36%로 앞의 두군에 비해 유의하게 높았다.

이들 환자들을 대상으로 ^{133}Xe 방사성동위원소를 기능성 잔기용량(FRC)에서 총폐용량(TLC)까지 흡입하도록 하여 폐주사를 시행하였다. 기능성 잔기용량에서 총 폐용적까지의 흡입은 정상성인에서 하부폐의 용적 변화가 더 크게 일어나며 따라서 하부폐의 폐환기량이 더 많이 일어날 수 있는 호흡 범위이므로 이를 양군에서 비교하였다. 본 연구에서도 정상대조군과 폐쇄용적 정상군에서 역시 하부폐의 환기량이 더 많은 것으로 관찰되었으나 폐쇄용적이 증가하는 병적상태 즉 폐쇄용적 증가군에서는 반대로 상부폐의 환기량이 더 많은 것으로 결과가 나타났다. 이로써 저자들은 폐쇄용적이 증가하는

만성폐쇄성 폐질환에서 하부폐의 기도폐쇄가 쉽게 일어나며, 오히려 상부폐의 환기량이 상대적으로 증가할 수 있다는 것을 관찰할 수 있었다.

나아가 이들 환자들에서 과거의 보고[23]와 달리 일측성 폐질환 발생시 정상폐를 하부로 취할때보다 상부로 취할 때 정상폐에 환기량이 증가하여 동맥혈산소 분압이 개선될 수 있을 것으로 보이며, 따라서 만성 폐질환자에서 일측성 폐질환시 동맥혈산소 분압을 유리하게 유지하기 위해서는 체위별 동맥혈가스 검사를 미리 시행하여야 할 것으로 사료되었다.

요 약

연구배경 : 정상 성인에서 폐환기는 균등하지 않아서, 평상호흡(tidal volume breathing)시 폐상부 보다 하부에서 환기가 더 많이 일어나는 것으로 알려져 있다. 한편 유아에서는 흉곽벽이 단단하지 못하여 폐에 대한 견인력이 부족하므로 평상호흡시 폐저부에 기도폐쇄가 일어나, 폐상부의 환기가 하부보다 더 많은 것으로 보고되었다.

또한 성인에서도 폐쇄용적이 증가하면 평상호흡시 폐하부에 기도폐쇄가 일어나 폐하부보다 폐상부에 환기가 더 많이 일어날 수 있을 것으로 예상할 수 있겠다.

방법 : 이에 연구자들은 이를 증명하기 위하여 정상대조군 및 만성 폐질환 환자군을 대상으로 폐활량측정법(spirometry) 및 폐쇄용적(closing volume)을 측정하고 환기의 불균형은 체위에 따르므로 ^{133}Xe 폐환기주사(^{133}Xe ventilation scan)를 정와위(supine), 좌와위(left lateral decubitus) 및 우와위(right lateral decubitus)에서 시행하여 좌우 폐의 환기비를 측정하였다.

결 과 : 1) 대상 환자는 정상 대조군 7명(평균 연령 62.9±6.1세), 환자군중 폐쇄용적 정상인 6명(폐쇄용적 정상군)(연령 62.8±8.2세), 폐쇄용적 증가된 7명(폐쇄용적 증가군)(연령 63.0±15.3세)이었다.

2) 정상대조군에서 FVC는 평균(±표준편차) 추정정상치의 104±11%, FEV_1 120±16%, FEV_1/FVC 112±5%, 폐쇄용적 86.9±12.5%으로 모두 정상범위이었으며, 만성 폐질환 환자중 폐쇄용적 정상군에서는 FVC 62±11%, FEV_1 54±17% 및 FEV_1/FVC 84±23%로서 제한성 환기 장애 소견을 보였고 폐쇄용적 92.6±15.5%이었으며, 폐쇄용적 증가군에서는 FVC 53±9%, FEV_1 38±13%, FEV_1/FVC 69±16%로 서 폐쇄성 환기장애의 소견을 보였고, 폐쇄용적 176.1±36.6%로 환기용적 증가군에서 폐쇄용적이 유의하게 높았다($p<0.02$).

3) ^{133}Xe 폐환기 주사상 좌측폐의 환기량이 정상대조군에서는 정와위시 총 환기량의 48.1±5.3%, 좌측 하위시 54.1±9.8%, 좌측 상위시 40.9±6.5%, 폐쇄용적 정상 폐질환군에서는 정와위시 44.6±2.1%, 좌측 하위시 58.7±5.6%, 좌측 상위시 31.7±8.3%, 폐쇄용적 증가 만성 폐질환군에서는 정와위시 48.7±4.5%, 좌측 하위시 41.7±9.4%, 좌측상위시 60.9±15.7%로서 정상대조군과 폐쇄용적 정상 만성폐질환 군에서는 좌측하위시 좌측환기량이 정와위시보다 유의하지는 않으나 증가하였고, 좌측상위시 좌측 환기량이 좌측 하위시보다 유의하게 감소하였으며, 폐쇄용적 증가군에서는 좌측하위시 좌측의 환기량이 정와위시보다 유의하지는 않으나 감소하였고 좌측 상위시 좌측의 환기량이 좌측 하위시보다 유의하게 증가하여 양환자군 사이에 상반된 소견을 보였다.

결 론 : 이상의 결과로서 폐쇄용적이 증가한 성인 만성 폐 질환 환자에서 평상호흡시 폐상부의 환기가 폐하부보다 더 많이 일어나는 것을 관찰할 수 있었다.

REFERENCES

1) King KC: Pulmonary gas exhange, In Baum GL (Ed) Textbook of pulmonary disease, 4th Ed, p 129, Boston, Little and Brown, 1989
2) Kaneko K, Milic-Emili J, Dolovigh MB, Dawson A, Bates DV: Regional distribution of ventilation and perfusion as a function of body position. J Appl Physiol 21:767, 1966
3) 김원동 : 폐기능검사, In 한용철(Ed), 임상호흡기학, 1st Ed, p70, 서울, 일조각, 1990
4) Agostoni E: Volume-pressure relationship of the thrax and lung in the newborn. J Appl Physiol 14: 909, 1959
5) Avery ME, Cook CD: Volume-pressure relationships of lung and thorax in fetal, newborm, and adult goats. J Appl Physiol 16:1034, 1961
6) Helms P, Beardsomore CS, Stocks J: Absolute intraesophageal pressure at functional residual

capacity in infancy. J Appl Physiol **51**:270, 1981
7) Heaf DP, Helms P, Gordon I, Turner HM: Postural effect on gas exchange in infants. N Engl J Med **308**: 1505, 1983
8) Davies H, Kitchman R, Gordon I, Helms P: Regional ventilation in infancy. N Engl J Med **313**: 26, 1985
9) Buist AS, Ross BB: Quantitative analysis of the alveolar plateau in the diagnosis of early airway obstruction. Am Rev Respir Dis **108**:1078, 1973
10) Rehder K, Marsh HM, Rodarte JR, Hyatt RE: Airway closure. Anesthesiology **47**:40, 1977
11) Seaton A, Seaton D, Leith AG: Function of the respiratory tract, In Seaton A (Ed.) Crofton and Douglas's Respiratory Disease, 4th Ed, p 28, Boston, Black Well, 1989
12) Morris JF, Koski A, Johnson LC. Spirometric standard for healthy nonsmoking adults, Am Rev Respir Dis **103**:57, 1971
13) Buist AS, Ross BB: Predicted values for volumes using a modified single breath nitrogen test. Am Rev Respir Dis **107**:744, 1973
14) Holland J, Milic-Emili J, Macklem PT, Bates DV: Regional distribution of pulmonary ventilation and perfusion in elderly subjects. J Clinic Invest **47**:81, 1968
15) Anthonisen NR, Danson J, Robertson PC, Ross WR: Airway closure as a function of age. Respir Physiol **8**:58, 1968
16) Dollfuss RE, Milic-Emili J, Bates DV: Regional ventilation of the lung, studied with boluses of ^{133} Xenon. Respir Physiol **2**:234, 1967
17) Milic-Emili J, Henderson JAM, Dolovich MB, Trop D, Kaneko K: Regional distribution of inspired gas in the lung. J Appl Physiol **21**:749, 1966
18) McCarthy DS, Spencer R, Greene R, Milic-Emili J: Measurement of closing volume as a simple and sensitive test for early detection of small airway disease. Am J Med **52**:747, 1972
19) Carwford ABH, Cotton DJ, Paiva M, Engel LA: Effect of airway closure on ventilation distribution. J Apply Physiol **66**:2511, 1989
20) Craig DB, Wahba WM, Don HF, Couture JG, Becklake MR: Closing volume and its relationship to gas exchange in seated and supine position. J Appl Physiol **31**:717, 1971
21) Léblanc P, Ruff F, Milic-Emili J: Effects of age and body position on airway closure in man. J Appl Physiol **28**:448, 1970
22) Hyatt RE, Rodarte JR: Closing volume, one man's noise-other men's experiment. Mayo Clin Proc **50**:17, 1975
23) Remolina C, Khan Au, Santiago TV, Edelman NH: Positional hypoxemia in unilateral luing disease. N Engl J Med **304**:523, 1981