

폐쇄용적(Closing volume)증가가 일측성 폐질환자의 체위에 따른 동맥혈 산소분압 변동에 미치는 영향

울산대학교 의과대학 서울중앙병원 내과학교실

김 용 태 · 임 채 만 · 진 재 용 · 고 윤 석 · 김 우 성 · 김 원 동

=Abstract=

Effect of Closing Volume on Positional Hypoxia in Unilateral Lung Disease

Yong Tae Kim, Chae Man Lim, Jae Yong Chin,
Younsuck Koh, Woo Sung Kim, Won Dong Kim

Department of Internal Medicine, University of Ulsan College of Medicine, Asan Medical Center

In unilateral lung disease, it is well known that good lung dependent position has higher Pa_{O_2} than bad lung dependent lateral decubitus position. Usually the lung base is more perfused and more ventilated than the apex because of gravity and lung weight. But infants have the floppier chest wall than adults and the resting pleural pressure in infants is more positive than that of adult. In infants, peripheral airways on dependent lung regions may be easily closed and therefore infants have large closing volume. In fact, it is well known that infants have higher Pa_{O_2} at bad lung dependent position than at good lung dependent position in unilateral lung disease.

We assumed that in adult if closing volume is increased, bad lung dependent position could have higher Pa_{O_2} than good lung dependent position.

In 39 patients with unilateral parenchymal lung disease, we analysed changes of blood gas status in various body position(supine, right and left decubitus). Spirometry and closing volume were measured in 18 patients.

The results are as follows.

1) In patients with higher Pa_{O_2} at good lung dependent position, mean Pa_{O_2} was 88.5 ± 15.1 mmHg at good lung dependent position and 78.6 ± 13.3 mmHg at bad lung dependent position ($P < 0.001$).

2) In patients with higher Pa_{O_2} at bad lung dependent position, mean Pa_{O_2} was 79.4 ± 5.3 mmHg at good lung dependent position and 87.9 ± 6.2 mmHg at bad lung dependent position ($P < 0.01$).

3) Closing volumes were significantly different between patients with higher Pa_{O_2} at

폐쇄용적(Closing volume)증가가 일측성 폐질환자의 체위에 따른 동맥혈 산소분압 변동에 미치는 영향

good lung dependent position and patients with higher PaO₂ at bad lung dependent position(87.8±13.6% vs, 121±18.8%, p<0.05).

From these results, we observed that patients with increased closing volume could have higher PaO₂ at bad lung dependent position than at good lung dependent position.

Key Words : Unilateral lung disease, Closing volume, Positional hypoxia

I. 서 론

정상 성인에서도 폐환기의 분포는 균등하지 않아서 기립시 폐상부 보다 하부에서 환기가 더 많이 일어나는 것으로 알려져 있다.^{1,2} 이는 정상 호흡시 중력에 의해 폐하부 흉막강의 음압·정도가 감소 되어 상대적으로 폐하부 폐포가 위축되어서, 기능성잔기용량(functional residual capacity)에서 총폐용량까지의 흡입시 하부 폐의 용적 변화가 상부 폐보다 더 크기 때문이다.¹⁻³ 폐관류 역시 중력에 따른 수압차에 의해서 폐상부보다 폐하부에 더 많으므로, 정상 호흡시 폐상부 보다 폐하부에 환기와 관류가 더 많은 것으로 알려져 있다.¹⁻⁴ 한편 일측성 폐질환 환자에서 환측 폐(bad lung) 하위 와위시 보다 건측 폐(good lung) 하위시 동맥혈 산소분압이 더 높은 것으로 알려져 있으며, 이는 상대적으로 환기와 관류가 많은 폐하부에 건측 폐가 위치하여 환측 폐 하위시 보다 환기와 관류의 균형이 좋기 때문이다.⁵⁻¹¹

한편 유아에서는 흉곽벽이 단단하지 못하고 폐에 대한 견인력이 약하여 유아의 흉막강압은 음압이 약화되어 대기압에 가까운 것으로 알려져 있다.¹²⁻¹⁴ 따라서 정상 호흡시에도 하부폐의 기도 폐쇄가 일어나며 결과적으로 정상 호흡시 상부 폐의 환기가 하부 폐보다 오히려 더 많은 것으로 알려져 있다.^{15,16} 따라서 유아에서는 일측성 폐질환시 성인과는 반대로 환측 폐 하위시 환기가 많은 상부에 건측 폐가 위치하게 되어 전체적으로 환기가 더 많이 일어나고 동맥혈 산소분압이 더 높은 것으로 보고되어 있다.^{15,16}

성인에서는 만성폐쇄성기관지염과 같이 기도 내경이 좁아지거나, 폐기종 환자에서와 같이 탄성반도압(elastic recoil pressure)이 감소하여 기도에 대한 견인력이 감소한 경우 기능성잔기용량보다 기도폐쇄용적이 증가하게 되며, 이러한 경우 정상 호흡시 폐하부에서 기도폐쇄가 일어나게 된다.^{1,17-19} 따라서

기도폐쇄 용적이 증가된 성인에서 일측성 폐질환을 가진 경우 건측 폐를 상부로 하여 와위를 취하였을 때에 건측 폐가 환기가 많은 상부에 위치하게 되어 건측 폐를 하부로 하였을 때 보다 환기가 더 많을 수 있을 것으로 가정할 수 있으며 또한 동맥혈 산소분압도 개선될 수 있을 것으로 예측할 수 있다. 이에 저자들은 일측성 폐질환을 가진 환자들을 대상으로 건측 폐 하위의 와위(good lung dependent lateral decubitus position)와 환측 폐 하위의 와위(bad lung dependent lateral decubitus position)에서 동맥혈 산소분압을 측정하여 동맥혈 산소분압이 건측 폐 하위시 높은 군과 환측 폐 하위시 높은 군으로 구분하고, 양군간에 폐활량 및 기도폐쇄용적에 차이가 있는지를 알아보고자 본 연구를 시행하였다.

II. 연구대상 및 방법

1. 연구대상

연구대상은 일측성으로 1개 폐엽이상의 폐실질질환을 가진 환자 39명으로서, 폐렴 12명, 폐암 13명, 폐결핵 14명 이었다. 연령은 평균 49±16세로서 20세에서 78세까지 분포하였으며, 남자 19명, 여자 20명이었다.

전후방 및 측면으로 촬영한 흉부방사선 소견상 일측성으로 1개 폐엽 이상의 폐질환을 가진 환자를 선택하였으며 이중 흉막삼출액을 동반한 질환은 제외 하였다.

2. 연구방법

각 대상에서 동일한 흡기 산소분압(FiO₂)을 유지하면서 좌,우 와위 및 양와위 자세를 무작위의 순서로 취한뒤, 각각의 자세에서 15분이 경과한 후 헤파린 처리된 2ml 주사기를 사용하여 동맥혈을 채혈하였으며, 채혈후 즉시 동맥혈 가스검사를 시행하였다. 동맥혈 가스분석기는 Corning 288 기기를 사용

하였고 매일 표준용액에 의해 검도(calibration)를 시행하였다. 이들 39명의 환자중 폐기능검사가 가능했던 환자 18명에서 미국 Sensor Medics System 2800 기기를 사용하여 폐활량 및 폐쇄용적을 측정하였다. 폐활량측정법에 의해 노력성폐활량(FVC), 1초간 노력성폐활량(FEV₁) 및 노력성호기중간유량(FEF₂₅₋₇₅%)등을 측정하였고 결과는 미국 흉부학회 기준에 따랐다.²⁰ 폐쇄용적은 Sensor Medics System 2100 기기를 사용하여 단회호흡질소세척법(single breath nitrogen washout test)으로 측정하였으며, 3-4회 심호흡 후 100% 산소를 총폐용량까지 흡입후 천천히 고르게 잔기량까지 호기를 하면서 구강에서의 질소농도를 측정하여, 용적변화에 대한 호기가스의 질소농도 변화의 그래프(Graph)에서 곡선 후반에 질소농도가

갑자기 증가하는 점에서 잔기량까지의(Phase IV)용적을 폐쇄용적으로 하여 비흡연 한국인 추정정상치 공식²¹을 이용하여 폐활량에 대한 백분율로 표시하였다. 상기 동맥가스 분석 결과에 따라 건축폐 하위의 와위시 동맥혈 산소분압이 더 높은군과 환측폐 하위시 동맥혈 산소분압이 더 높은 군으로 분류하였으며, 이 두군간의 평균 산소분압 및 폐기능상의 차이를 비교하였다. 양군간의 비교는 unpaired t-test로 하였으며 P<0.05를 유의 수준으로 하였다.

III. 결 과

동맥혈 가스검사를 시행한 39명의 환자중 25명의 환자에서 건축 폐 하위의 와위에서 산소분압이 높

Table 1. Result of pulmonary function tests and arterial blood oxygen tension at different position in subjects of both groups.

Age/Sex	FVC (% pred)	FEV ₁ (% pred)	FEF ₂₅₋₇₅ (% pred)	CV (% pred)	PaO ₂ (mmHg)	
					GLD	BLD
Group A						
38/M	60.9	60.0	72.4	71.0	76.8	72.2
69/M	65.9	34.3	33.9	94.0	62.6	54.2
56/M	79.4	60.2	43.9	106.0	99.2	84.0
56/M	61.0	28.9	20.1	71.0	91.0	78.9
66/M	80.6	54.5	58.7	75.0	98.4	80.5
30/F	90.5	76.1	100.1	96.0	86.9	82.9
71/F	80.0	94.9	66.0	84.0	78.4	71.5
46/M	107.3	82.7	68.0	105.0	114.7	104.7
Mean 54.0	78.2	61.5	57.9	87.8	88.5	78.6*
±SD 14.0	14.8	21.3	23.4	13.6	15.1	13.3
Group B						
76/M	43.8	34.8	58.7	110.0	83.6	90.0
78/F	61.8	60.6	63.5	109.0	81.7	85.7
59/F	40.1	40.2	66.4	100.0	83.4	96.4
31/F	110.9	92.3	107.0	156.0	83.3	89.5
69/F	92.2	95.4	58.8	117.0	73.9	90.1
31/F	33.7	31.7	50.4	134.0	70.4	75.9
Mean 57.3	63.7	59.2	67.5	121.0	79.4	87.9**
±SD 19.6	28.6	26.2	26.2	18.8	5.3	6.2

Group A : Patients with higher PaO₂ at good lung dependent lateral decubitus position.
 Group B : Patients with higher PaO₂ at bad lung dependent lateral decubitus position.
 GLD : good lung dependent lateral decubitus position.
 BLD : bad lung dependent lateral decubitus position.
 * : P<0.001 Significantly different from good lung dependent lateral decubitus position.
 ** : P<0.01 Significantly different from good lung dependent lateral decubitus position.

았으며, 14명의 환자에서 환측 폐 하위의 와위에서 산소분압이 높았다. 이들중 18명의 환자에서 폐활량 측정법 및 폐쇄용적을 측정하였으며, 이중 동맥혈 산소분압이 건측 폐 하위시 환측 폐 하위시 보다 높으며 그 차이가 5% 이상인 경우가 8예였으며, 환측 폐 하위시 건측 폐 하위시 보다 동맥혈 산소분압이 높으며 그 차이가 5% 이상인 경우가 6예였다.

이들 총 14예 환자의 좌,우 와위에서의 동맥혈 산소분압과 이들 환자들의 폐활량 및 폐쇄용적을 비교하면(table 1), 건측 폐 하위시 동맥혈 산소분압이 높았던 군(이하 A군)의 평균 노력성폐활량은 78.2 ± 14.8%, 1초간노력성호기량은 61.5 ± 21.3%, 노력성호기중간유량은 57.9 ± 23.4%, 폐쇄용적은 87.8 ± 13.6% 이었으며, 이군에서 건측 폐 하위시 평균 동맥혈 산소분압은 88.5 ± 15.1 mmHg, 환측 폐 하위시 평균 동맥혈 산소분압은 78.6 ± 13.1 mmHg로써 건측 폐 하위시 동맥혈 산소분압이 유의하게 더 높았다(P < 0.001)(Fig. 1).

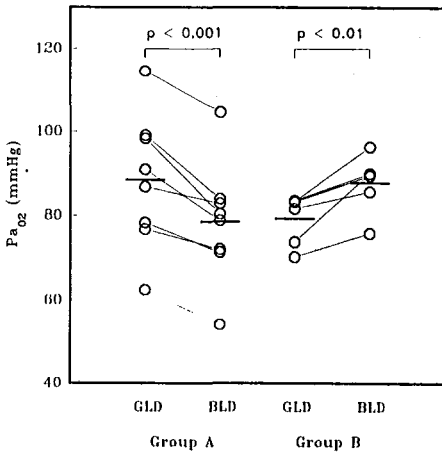


Figure 1. Arterial blood oxygen tension(open circles are individual values and short horizontal lines are group means) at good lung dependent lateral decubitus(GLD) and bad lung dependent lateral decubitus(BLD) position in both groups.

한편 환측 폐 하위시 동맥혈 산소분압이 높았던 군(이하 B군)의 평균 노력성폐활량은 63.7 ± 28.6%, 1초간 노력성호기량은 59.2 ± 26.2%, 노력성호기중간유량은 67.5 ± 26.2%, 폐쇄용적은 121.0 ± 18.8%이

었으며, 이군에서 건측 폐 하위시 평균 동맥혈 산소분압은 79.4 ± 5.3 mmHg, 환측 폐 하위시 동맥혈 산소분압은 87.9 ± 6.2 mmHg로써 환측 폐 하위시 동맥혈 산소분압이 유의하게 높았다(P < 0.01)(Fig 1). 이 두군의 폐기능검사서 폐활량측정법상 각 지수는 유의한 차이를 보이지 않았으나 폐쇄용적은 A군(87.8 ± 13.6%)에서 보다 B군(121 ± 18.8%)에서 유의하게 높은 결과를 보였다(P < 0.05)(Fig. 2).

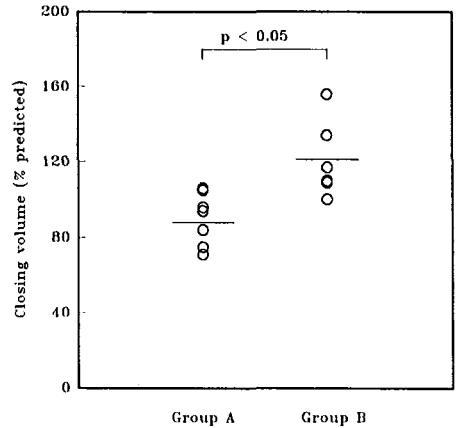


Figure 2. Closing volume(open circles are individual values and horizontal lines are group means) in both groups.

IV. 고 찰

일측성 폐질환을 가진 성인환자의 경우 건측 폐를 하위로 하였을때 환측 폐를 하위로 하였을때 보다, 동맥혈 산소분압이 더 높으며 이는 정상 호흡시 하부폐에서 환기와 관류가 더 많이 일어나기 때문으로 알려져 있다.⁶⁻⁹ 정상 성인에서 폐관류는 중력차에 의해 폐첨부보다 폐기저부에서 더 많이 일어나는 것으로 알려져 있으며,¹⁻⁴ 폐환기 역시 폐 자체의 중력 효과에 의해 폐첨부 보다 폐기저부에 덜 음압이 가해져 폐포가 위축되어, 폐기저부의 용적변화가 폐첨부보다 더 커서 환기가 더 많이 일어나는 것으로 알려져 있다.¹⁻³ 한편 유아에서는 흉곽벽이 약하여 늑막강압이 덜 음압이며 대기압과 가까워 하부폐의 기도폐쇄가 잘 일어나는 것으로 알려져 있다.^{15, 16} 따라서 유아에서는 일측성 폐질환시 환측 폐 하위의 와위를 취하였을때 건측폐가 환기가

많은 상위에 위치하게 되어, 환측 폐를 상위로 하였을 때 보다 동맥혈 산소분압이 더 높으며 이는 하부 폐의 기도폐쇄에 기인하는 것으로 알려져 있다.^{15, 16}

1979년 Seaton등은 한쪽 폐 수술후 수술한 부위를 하위로 하였을 때 동맥혈 산소분압이 가장 낮았으나, 일부에서 그 반대로 환측 폐를 하위로 하였을 때 동맥혈 산소분압이 더 높게 나왔으며, 이들에게 폐기능검사상 기도폐쇄의 소견을 보여 하부폐의 기도폐쇄가 일어나기 때문일 것이라고 추측하였다.²² 폐쇄용적은 유아시기에는 기능성 잔기용량보다 높으나, 청,장년기에는 기능성잔기용량보다 낮다.²³⁻²⁵ 평생 호흡시 기도폐쇄 여부는 기능성잔기용량과 폐쇄용적과의 관계에 의해 결정되며,¹⁷⁻²⁶ 정상인에서는 거의 항상 기능성잔기용량이 폐쇄용적보다 높으며 폐쇄용적은 폐활량의 25% 미만으로 유지된다.²⁷⁻²⁹ 그러나 나이가 들면서 기능성잔기용량보다 폐쇄용적이 증가하기 시작하여 비흡연 성인에서 좌위(erect position)에서는 약 73세때 폐쇄용적이 기능성잔기용량보다 커지며, 와위(supine position)에서는 약 46세때 폐쇄용적이 기능성잔기용량보다 커져서 호흡시 하부폐의 기도폐쇄가 일어나는 것으로 알려져 있다.^{25, 27} 좌위와 와위에서의 차이는 와위시 기능성잔기용량은 감소하지만 폐쇄용적은 변하지 않기때문에 상대적으로 폐쇄용적이 기능성잔기용량보다 커져서 기도폐쇄가 일어나기 때문이다.³⁰ 성인에서 만성폐쇄성폐질환의 경우 기능성잔기용량에 비해 기도 폐쇄용적이 증가되며 특히 하부폐의 폐쇄용적이 유의하게 증가되는 것으로 알려져 있다.¹

저자들은 본 연구에서 일측성 폐질환시 체위변화에 따른 동맥혈 산소분압을 측정하였으며 동시에 폐활량측정법의 측정 및 폐쇄용적을 측정하여 이들 사이의 관계를 분석하였다. 이 검사에서 건측 폐를 하위로 하였을 때 동맥혈 산소분압이 높았던 군은 이미 이제까지 알려져 왔던 사실과 일치하며, 폐쇄용적이 정상인 환자들이 대부분이었으나, 환측 폐를 하위로 하였을 때 동맥혈 산소분압이 높았던 군은 폐기능상의 장애가 있었으며 특히 폐쇄용적이 유의하게 증가되어 있음을 관찰하였다. 본 연구의 결과로서 폐쇄용적이 증가한 환자에서 일측성 폐질환의 경우 동맥혈 산소분압이 환측 폐 하위시 건측 폐 하위시 보다 높을 수 있음을 관찰하였다. 한편

동맥혈 이산화탄소 분압(P_{aCO_2})은 체위나, 폐쇄용적에 상관없이 거의 일정하게 유지 되었는데, 이는 지금까지의 보고된 결과들과 일치하였다.⁹

일측성 폐질환에서 저산소증이 심한 경우 지금까지의 연구 결과에 따라 건측폐를 하위로 할 경우 동맥혈산소분압이 증가할 수 있다고 알려져 심한 저산소증을 보이는 호흡부전 환자들에서는 동맥혈 산소분압의 개선을 위하여 회전침대(rotating bed)를 이용하는 등 이러한 사실이 임상에 응용되어 왔다. 그러나 저자들의 결과에 의하면 과거의 정설이 모든 사람에게 적용되지 않을 수도 있으므로 일측성 폐질환을 가진 저산소증 환자의 경우 환자의 자세 변동에 따른 환기 및 관류비를 개선시키고자 할 때 체위에 따른 동맥혈 가스 분석을 실제로 시행하여 결과를 얻은 후 동맥혈 산소분압이 높은 쪽으로 체위를 취하도록하여야 할 것으로 사려된다.

V. 요약

일측성 폐질환자에서 건측 폐 하위시 환측 폐 하위시 보다 동맥혈 산소량이 높게 유지 된다는 것은 잘 알려져 있다. 이는 일반적으로 중력에 의해 하부 폐에 환기, 관류가 더 많이 일어나기 때문이다. 한편 유아에서는 흉곽벽이 단단하지 못하고 폐에 대한 견인력이 약하여 흉막강 압력이 덜 음압인 것으로 알려져 있다. 따라서 유아에서는 하부폐의 기도폐쇄가 쉽게 일어나며 일측성 폐질환에서, 건측폐 하위시 보다 오히려 환측폐 하위시 동맥혈 산소분압이 더 높다고 알려져 있다. 이에 저자들은 일측성 폐질환을 가진 성인에서도 폐쇄용적이 증가된 경우 건측 폐를 상부로 하였을 때에 건측 폐를 하부로 하였을 때 보다 동맥혈 산소분압이 더 높을 수 있다고 가정하였다.

39명의 일측성 폐질환 환자를 대상으로 즉, 체위별, 정와위, 좌와위, 우와위에서 동맥혈 가스분석을 시행하였으며 이중 18명의 환자에서 폐활량 측정법의 측정치 및 폐쇄용적을 측정비교하였다.

1. 건측 폐 하위시 동맥혈 산소분압이 높았던 군(A군)에서 건측 폐 하위 와위시 평균 P_{aO_2} 는 88.5 ± 15.1 mmHg, 환측 하위 와위시 평균 P_{aO_2} 는 78.6 ± 13.3 이었다.($P < 0.001$)

2. 환측 폐 하위시 동맥혈 산소분압이 높았던 군(B군)에서 건측 폐 하위 와위시 평균 P_{aO_2} 는 79.4 ± 5.3 , 환측 하위 와위시 평균 P_{aO_2} 는 87.9 ± 6.2 이었다. ($P < 0.001$)

3. A군에서 평균 FVC는 $78.2 \pm 14.8\%$, FEV1은 $61.5 \pm 21.3\%$, FEF_{25-75%}는 $57.9 \pm 23.4\%$ 이었고 B군에서는 평균 FVC는 $63.7 \pm 28.6\%$, FEV1은 $59.2 \pm 26.2\%$, FEF_{25-75%}는 $67.5 \pm 26.2\%$ 이었다.

4. A군에서 CV은 $87.8 \pm 13.6\%$, B군에서는 CV은 $121 \pm 18.8\%$ 으로서 양군 사이에 유의한 차이가 있었다 ($P < 0.05$).

이상의 결과로서 폐쇄용적이 증가한 환자에서 일측성 폐질환의 경우 동맥혈 산소분압이 환측 폐 하위시 건측 폐 하위시 보다 높을 수 있음을 관찰하였다.

참 고 문 헌

1. King KC: Pulmonary gas exchange. In Textbook of pulmonary disease(ed. Baum GL), 4th Ed. Boston, Little and Brown 1989; 1299-146.
2. Kaneko K, Milic-Emili J, Dolovich MB, Dawson A, Bates DV: Regional distribution of ventilation and perfusion as a function of body position. J Appl Physiol 1966; 21:767-777.
3. 김원동: 폐기능검사. In 임상호흡기학, (ed. 한용철), 1st Ed. 서울, 일조각, 1990; 70-83.
4. Buist AS, Ross BB: Predicted values for closing volumes using a modified single breath nitrogen test. Am Rev Respir Dis 1975; 107:744-752.
5. Zack MB, Pontoppidan H, Lazemi H: The effect of lateral positions on gas exchange in pulmonary disease: Am Rev Respir Dis 1974; 110:49-55.
6. Dhainaut JF, Bons J, Bricard C, Monsallier JF: Improved oxygenation in patients with extensive unilateral pneumonia using the lateral decubitus position. Thorax 1980; 35:792-793.
7. Remolina C, Khan AU, Santiago TV, Edelman NH: Positional hypoxemia in unilateral lung disease. N Eng J Med 1981; 304:523-525.
8. Sonneblick M, Melzer E, Rosin AJ: Body positional effect on gas exchange in unilateral pleural effusion. Chest 1983; 83:60-63.
9. 한동철, 어수택, 안병수, 김태준, 박춘석: 편측성 늑막 삼출환자에서 체위 변동에 따른 동맥혈 가스분압 변화와 늑막압과의 상관관계에 관한 연구. 결핵 및 호흡기질환 1984; 31: 176-182.
10. Norton LC, Confort CG: The effect of body position on oxygenation. Heart and lung 1985;14:45-51.
11. Shi-Chuan Chang, Guang-Ming Shiao, Reury-Perng Perng: Postural effect on gas exchange in patients with unilateral pleural effusion. Chest 1989;96:784-786.
12. Agostoni E: Volume-pressure relationship of the thorax and lung in the newborn. J Appl Physiol 1959; 14:909-913.
13. Avery ME, Cook CD: Volume-pressure relationships of lung and thorax in fetal, newborn, and adult goats. J Appl Physiol 1961; 16:1034-1038.
14. Helms P, Beardsmore CS, Stocks J: Absolute intraesophageal pressure at functional residual capacity in infancy. J Appl Physiol 1981; 51:270-275.
15. Heaf DP, helms P, Gordon I, Turner HM: Postural effect on gas exchange in infants. N Engl J Med 1981; 308:1505-1508.
16. Davies K, Kitchman R, Gordon I, Helms P: Regional ventilation in infancy. N Engl J Med 1985; 313:1626-1636.
17. Buist AS, Ross BB: Quantitative analysis of the alveolar plateau in the diagnosis of early airway obstruction. Am Rev Respir Dis 1973; 108:1078-1087.
18. Rehder K, Marsh HM, Rodate JR, Hyatt RE: Airway closure. Anesthesiology 1977; 47:40-52.
19. Seaton A, Seaton D, Leith AG: Function of the respiratory tract. Crofton and Douglas's Respiratory Disease (ed. Seaton A), 4th Ed. Boston, Blackwell, 1989; 28-75.
20. Crapo RO, Morris AH, Gardner RM: Reference spirometric values using techniques and equipment that meet ATS recommendation. Am Rev Respir Dis 1981; 123:659-663.
21. 이증기, 정태훈, 박희명: 비흡연 남어의 closing volume의 추정정상치에 관한 연구. 대한내과학회잡지 1981; 24:653-663.
22. Seaton D, Lapp NL, Morgan WKC: Effect of body position on gas exchange after thoracotomy. Thorax 1979; 34:518-522.
23. Leblanc P, Ruff F, Milic-Emili J: Effect of age and body position on airway closure in man. J Appl Physiol 1970; 28:448-451.
24. 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* 1972; 52:747-753.
25. Buist AS : New tests to assess lung function. *N Engl J Med* 1975; 293:438-442.
26. Crawford ABH, Cotton DJ, Pavia M, Engel LA: Effect of airway closure on ventilation distribution. *Am Physiol Soc* 1989; 89:2511-1827.
27. Holland J, mitic-Emiti J, macklem PT, Bates DV : Regional distribution of pulmonary ventilation and perfusion in elderly subjects. *J Clinic Inverst* 47 : 81-1968.
28. Anthonisen NR, Danson J, Robertson PC, Ross WR : Airway closure as a function of age. *Respir Physiol* 1969; 8:58-65.
29. Jenkinjson SG : Interpretation of pulmonary function test. In *pulmonary function testing*(ed. Conasrd SA), 1st Ed. New York, Churchill Livingstone, 1984; 205-224.
30. Craig DB, Wahba WM, Don MF, Couter JG, Becklake MR: Closing volume and its relationship to gas exchange in seated and supine position. *J Appl Physiol* 1971; 31:717-721.