편측성 늑막삼출환자에서 체위 변동에 따른 동맥혈 가스분압 변화와 늑막압과의 상관관계에 관한 연구

순천향대학 의학부 내과학교실

한동철 · 어수택 · 안병수 · 김태준 · 박춘식

=Abstract=

Role of Intrapleural Pressure in the Positional Effect on Gas Exchange in Unilateral Pleural Effusion

Dong Cheol Han, M.D., Soo Taek Uh, M.D., Byung Soo Ahn, M.D.,
Taek Jun Kim, M.D., Choon Sik Park M.D.

Department of Internal Medicine, College of Medicine, SoonChun Hyang University

The positional effect on gas exchange is diminished in a large unilateral pleural effusion presumable because of decrease in perfusion and decreased changes in ventilation-perfusion mismatching.

We measured intrapleural pressure(PIp) and estimated the volume of effusion(PHt) by measuring height of meniscus on chest P-A in 24 patients with unilateral tuberculous pleural effusion and one patient with nephrotic syndrome to study the relative role of PIp and PHt in the positional effect of effusion on gas exchange.

	N	Down with Normal lung PaO ₂ (mmHg)	Supine PaO ₂	Down with sick lung PaO ₂	Initial pressure cmH ₂ O	Height of meniscus cm.
Large	6	77.8±7.6	73.0±10.4	75.5±8.7	5.33±3.01	19.2±1.1
Medium	6	84.5±10.2	77.2±10.2	75.3±9.7	2.55±2.49	15.5±2.4
Small	8	92.0±10.1	91.4±27.2	82.5±8.4	1.86±0.47	5.9±9.2

PIp and PHt were positively correlated($r=0.66$, $p<0.005$). Positional PaO₂ difference(Δ PaO₂) was inversely correlated to PHt($r=-0.50$, $p<0.05$). Δ PaO₂ was also inversely correlated to PIp but the correlation was not statistically significant($r=-0.4$, $p>0.05$).

The results of this study suggest that intrapleural pressure may be important but that other factors may also be responsible for the positional effect on gas exchange in unilateral effusion.

서 론

정상적인 폐에서도 국소적으로 혈류, 환기, 가스교환, 폐포의 크기, 늑막내압등이 각각 다르며¹⁾, 체위변

* 본 논문의 요지는 제59차 대한결핵학회 추계학술대회(1984년) 석상에서 발표되었음.

동은 이러한 국소적인 차이점에 영향을 미쳐서 전체적인 폐기능에까지 영향을 미친다²⁾. 또한 체위변동은 폐내 환기관류균형을 변화시켜 가스교환에 영향을 미치게 하며^{3~5)}, 건강한 사람에서는 각 양쪽 측와위에서 동맥혈 산소분압의 차이가 없으나⁶⁾ 편측 폐실질병변이 있는 성인환자에서는 전측하위서 환측하위보다 동맥혈 산소분압의 감소가 적은 것은 잘 알려져 있는 사실이

다^{6,7)}. 이 경우 폐실질병변이 venous shunt로 작용하여 환측하위시 shunt 부위에 폐관류가 증가함으로 환기관류불균형이 증가하고, 저산소증이 심화된다고 하나 이를 결정하는 요인은 다양하다⁸⁾.

편측늑막삼출환자의 경우에는 폐환기관류의 변화를 결정하는 요인이 비교적 단순하여 늑막삼출액에 의한 폐용적감소에 따른 국소적 폐환기장애가 저산소증의 주원인이 되며, 폐순환계는 체순환계에 비하여 낮은 혈압상태이므로 늑막강내 압력의 변화에 비교적 예민하게 영향을 받아 늑막강내 압력이 높은 부위일수록 그 부위에 폐관류량은 적어지게 되어 국소적으로 폐환기장애가 있는 부위에 늑막강내 압력이 상승되면 그 부위는 venous shunt 로써의 역할이 감소되리라고 생각된다. 이에 저자들은 편측성 늑막삼출환자에서 늑막액압 및 양을 측정하여 늑막액의 양에 따른 동맥혈 산소분압의 감소정도와 체위변동에 따른 동맥혈 산소분압의 변화정도를 비교하고, 동맥혈 산소분압의 변화정도와 늑막액압 및 양과의 상관관계를 파악하여 늑막삼출액이 폐환기관류에 미치는 영향을 간접적으로 관찰하고 그 결과를 보고하는 바이다.

연구대상 및 방법

1983년 7월부터 1984년 8월까지 순천향대학교 부속 병원에 입원하여 병력, 이학적소견 및 검사소견상 폐실질병변이 없는 늑막삼출로 진단되었던 24명과 1명의 신증후군에 의한 편측늑막삼출환자를 대상으로(Table 1), 15분동안 각각 양와위와 양쪽 측와위상태를 취한 후 동맥혈 가스분석과 폐기능검사를 동시에 시행하였다. 동맥혈 가스분석은 코닝사의 automatic pH, blood gas system, Conning 175를 사용하였고, 폐기능검사는 AS-1000, AS-1800 P, Mimato company를 사용하였다. 늑막내압은 후외와선상 8번째 늑막골사이에 17 gauge needle로 늑막천자를 시행하여 측정하였고(Fig. 1), 측정은 IV set에 증류수를 채워서 양쪽 수면높이의 차이로 압력을 구하였으며 호흡에 의해 변동할 수 있는 늑막내압측정시의 오차를 줄이기 위하여 호기시와 흡기시의 늑막압을 재서 평균값으로 처리하였다. 늑막내압이 음성으로 된 경우에는 연구대상에서 제외되었고 폐실질병변이 있는 환자도 제외하였다. 늑막액의 양은 늑막천자 시행부위에서 흉부 X선사진상 높이에 따라 대량, 중등도, 소량으로 나누어 비교하고, 소량은 늑막액이 costophrenic angle 바로 상부에만 존재할 때로 정하고 대량은 환측 폐의 반이상을 차

Table 1. Patients data of pleural effusion*

Age range	Male	Female	Total
10~20	3	0	3
21~30	4	4	8
31~40	2	1	3
41~50	3	2	5
51~60	2	2	4
61~	1	1	2
Total	15	10	25

* 24 Tbc pleurisy, 1 nephrotic syndrome

Fig. 1. Diagram of measuring pleural pressure

지한 때, 중등도는 그 중간일 경우로 하였다. 늑막면의 높이는 흉부 X선사진상 늑막천자를 시행한 부위로 추정되는 곳에서 측정하여 meniscus의 가장 높은 부위와 낮은 부위의 평균값으로 하였다.

결 과

1. 체위변동에 따른 폐기능검사

양와위, 환측하위 및 건측하위의 체위변동에서 FEV₁, FEV₁/VC, FVCpred.등은 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 2).

2. 체위변동에 따른 동맥혈 가스분석

건측하위시 동맥혈 산소분압은 소량 92.0 ± 10.1 mmHg(평균±표준편차), 중등도 84.5 ± 10.2 mmHg 대량 77.8 ± 7.6 mmHg로 소량과 대량사이에 유의한 차이를 보였다. 전체 늑막삼출환자에서 동맥혈 산소분압은 건측하위에서 86.1 ± 10.4 mmHg로 측하환위 78.4 ± 9.1 mmHg 보다 현저하게 높았고, 각각의 늑막삼출 환자중에서는 소량에서만 건측하위 92.0 ± 10.1 mmHg로 환측하위 82.5 ± 8.4 mmHg 보다 현저하게 높았다.

Table 2. The results of pulmonary function tests* according to body position change

	Down with good lung	Supine	Down with bad lung
FEV ₁ (L/sec)	2.12±0.83	2.12±0.70	2.20±0.93
FEV ₁ /VC(%)	86.0±14.6	88.2±8.50	85.6±15.0
FVCpred(%)	62.6±18.9	59.5±16.5	58.1±17.1

* n=20

Table 3. PaO₂ in patients with unilateral pleural effusion

n	Down with good lung		Supine		Down with bad lung	
	PaCO ₂	PO ₂	PaCO ₂	PaO ₂	PaO ₂	PaO ₂
Large(6)	34.0±1.8	77.8± 7.6*	33.8±2.4	73.0±10.4	33.3±3.7	75.8±8.7
Medium(6)	34.8±4.2	84.5±10.2	37.8±4.8	77.2±10.2	35.5±5.7	75.3±9.7
Small(8)	34.1±4.6	92.0±10.1*	32.6±8.5	91.4±27.2	31.8±5.8	82.5±8.4
Total(20)	34.3±3.6	86.1±10.4**	34.6±6.3	81.6±20.0	33.4±5.2	78.4±9.1

*: p<0.05 vs PaO₂ in Down with bad lung, Small pleural effusion

*: p<0.005 vs PaO₂ in Down with good lung, Small pleural effusion

** : p<0.01 vs PaO₂ in Down with bad lung, Total pleural effusion

Fig. 2. PaO₂ difference with body position change in pleural effusion

전체 또는 각각의 늑막삼출환자에서 건축하위 또는 환측하위시 동맥혈 산소분압은 양위위시와는 유의한 차이를 보이지 않았고, 체위변동에 따른 PaCO₂는 유의한 변화를 보이지 않았다(Table 3).

3. 체위변동에 따른 동맥혈 가스분압의 차이와 최초늑막내압 및 늑막면의 높이에 대한 상관관계

최초늑막내압은 소량에서 1.86±0.47 cmH₂O 로 대량

Fig. 3. Relationship of fluid amount and PaO₂ difference

5.33±3.01 cmH₂O 보다 유의하게 낮았으나 중등도와는 차이가 없었다.

각 늑막액의 높이는 소량 5.9±1.2 cm, 중등도 15.5±2.4 cm, 대량 19.2±1.1 cm 로 각각 유의한 차이를 보였다. 체위변동에 따른 동맥혈 산소분압의 차이(건축하위시 PaO₂/환측하위시 PaO₂)는 소량 9.5±3.1 mmHg, 중등도 9.2±1.9 mmHg, 대량 4.0±3.1 mmHg 로 소량과 대량, 중등도와 대량의 늑막삼출사이에 각각 유의한 차이를 보였다(Table 4, Fig. 2,3).

전체늑막삼출환자에서 동맥혈 산소분압의 차이와 늑

Table 4. The results of initial pressure and the height of meniscus of pleural effusion with PaO₂ difference

n	Initial pressure (cm H ₂ O)	Height of meniscus (cm)	PaO ₂ difference (mmHg)
Small(8)	1.86±0.47**	5.9±1.2*	9.5±3.1*
Medium(6)	2.55±2.49	15.5±2.4**	9.2±1.9*
Large(5)	5.33±3.01	19.2±1.1	4.0±3.1

*: p<0.005 vs large pleural effusion

** : p<0.05 vs large pleural effusion

: p<0.005 vs small pleural effusion

Fig. 4. Correlation of PaO₂ difference and height of meniscus

Fig. 5. Correlation of PaO₂ difference and initial pressure

막면의 높이는 역비례관계를 보였고($r = -0.50$, $p < 0.025$)(Fig. 4), 최초 늑막내압은 동맥혈 산소분압의 차이와 역비례관계의 경향을 보였다($r = -0.41$, $p > 0.05$)(Fig. 5).

최초늑막내압과 늑막액의 높이는 정비례관계를 보였는데, 이 graph의 기울기가 0.43으로 늑막액높이가 1 cm 변함에 따라 늑막내압은 0.43 cmH₂O의 변화가 오리라 예상할 수 있겠다(Fig. 6).

Fig. 6. Correlation of initial pressure and height of meniscus of pleural effusion

고 찰

건강인에서 안정시 좌위에 폐내 환기 및 관류의 극소적인 차이가 심하며, 어느 체위에서도 폐상부보다 폐하부에서 환기 및 관류가 더 잘된다는 것은 잘 알려진 사실이다^{5,7,9}). 이런 폐환기 및 관류가 대부분 중력에 의존하지만^{1~9}), 폐용적이 중요한 조절 역할을 하는데 폐용적이 작아질수록 즉 residual volume 쪽으로 갈수록 폐환기량은 폐상부에 비해 폐하부에서 더 많이 감소하게 된다^{2,10}). 그러나 건강인에서는 전체적인 폐환기관류의 균형을 유지하여 체위변동에도 동맥혈산소분압의 변화가 발견되지 않으나⁶), 편측폐실절변이 있는 환자^{6,7,11}), 개흉술을 시행한 환자¹²), 편측늑막삼출 환자¹³)에서는 건축하위시 환측하위보다 높은 동맥혈산소분압을 보인다.

Remolina⁷⁾ 등에 의하면 편측폐실절변을 보인 환자에서 환측하위시 가스교환이 가장 나빠지고 저산소증이 심하게 나타나는 것이 상례인데 편측성병변이 좋아

지면 체위변동에 의한 저산소증도 좋아지는 것으로 보고하였다. 이의 병인으로는 중력의 영향으로 폐관류가 병변부위에 증가하는 반면에 국소적인 폐환기는 증가하지 못하여 환기관류 불균형이 심화되어 저산소증이 초래된다고 하며⁷⁾, 건축하위시는 환기가 보다 잘 되는 건축부위에 혈류량이 증가하고 환기가 불량한 폐실질 병변이 상부에 위치하여 그 부위에 국소적 폐관류가 상대적으로 감소하므로 폐전체의 환기관류의 불균형을 호전시켜 동맥혈 산소분압이 높아진다고 하였다⁸⁾. 환측부위에 환기가 저하되는 이유로는 폐실질병변(폐포 내 분비물)자체에 의하거나 폐포주위의 폐용적 감소에 의한 것으로 생각되나¹⁴⁾, 폐실질병변자체가 폐의 해부학적 재배열을 일으켜 늑막내압-폐용적의 관계에 변화를 줄 수 있어, 실제로 폐낭종인 경우에는 폐환기 및 관류가 동시에 저하되므로 체위변동에 따른 저산소증의 해석에 어려움이 있겠다^{8,15)}.

반면 Sonnenblick¹³⁾등에 의하면 편측늑막삼출환자에서 환측하위시 저산소증이 심화되고 늑막액이 적을수록 체위변동에 따른 산소분압의 차이가 심해진다고 하여, 이 이유로 늑막액이 폐용적을 감소시키고, 늑막내압이 보다 양성으로 변하여 환측부위에 환기가 감소되고 closing volume의 증가를 초래할 수 있다고 하였다. 이런 폐용적 감소가 국소적 폐환기량에 미치는 변화는 폐관류에도 영향을 미칠 수 있다고 하였으나, 체위변동에 따른 PaCO_2 의 변화가 없는 점으로 보아 전체적인 폐포내 환기량은 체위변동에 따라 변화가 없다고 생각되며 이때 관찰되는 저산소증은 늑막액에 의한 폐실질내의 폐환기관류의 불균형이 증가한 결과라고 하였다. 또한 늑막액이 많을수록 환측하위시 병변부위의 폐관류를 저하시켜 환기관류 불균형의 정도가 저해되고 체위변동에 따른 산소분압의 차이가 작아진다고 하였다.

최초로 늑막압을 잰 것은 Setnikar¹⁶⁾로 개의 늑막사이 에 식염수를 넣고 늑막압을 측정하여 늑막액압은 늑막표면압에 비해 낮고, 늑막액의 수직압차이는 $1 \text{ cm H}_2\text{O}/\text{cm Height}$ 라고 보고한 바 있다. 또 Neff¹⁶⁾등에 의하면 폐결핵을 폐기흉치료법으로 치료했던 환자 2명에서 최초늑막내압이 $+20, +76 \text{ cmH}_2\text{O}$ 로 늑막액을 뽑을수록 점차 음성쪽으로 변하였다 하였고, Bernstein¹⁷⁾등은 여러원인에 의한 17명의 늑막삼출 환자에서 최초늑막내압을 재어 어느 환자도 음성인 늑막내압을 보이지 않았다 하였고, Light등¹⁸⁾은 52명의 늑막환자에서 최초 늑막내압이 $+8 \sim -21 \text{ cmH}_2\text{O}$ 로 다양하였고 늑막내압측정의 진단적 가치에 대하여 기술

하고 최초늑막내압이 음성이거나 늑막내압측정시변동이 심하면 악성늑막삼출이거나 trapped lung을 의심한다고 하였다.

Agstoni¹⁹⁾등은 인위적인 늑막삼출을 유발시킨 동물 실험을 통해 늑막액압 및 늑막표면압의 측정시 호흡기를 상, 중, 하로 나누고 폐중간 및 하부는 늑막액압이 늑막표면압과 동일하거나 증가되어 있어 이 부위에서 늑막내압을 측정하여야 한다고 하였다¹⁹⁾.

늑막내압 측정시 오차로는 첫째 늑막천자침이 수평을 유지하지 않으면 침내의 늑막액이 늑막액압에 변화를 초래하고, 둘째 동물실험에서 늑막액압이 $1 \text{ cm-H}_2\text{O}/\text{cm.Height}$ 의 수직압차이를 보이므로 늑막천자 시행부위에 따라 최초늑막내압이 달라질 수 있고, 셋째 늑막액압은 호흡의 영향을 받을 수 있고, 넷째 늑막천자침의 길이가 늑막액압의 변화를 초래할지도 모른다고 하였다¹⁸⁾.

저자들은 이러한 오차들을 줄이기 위하여 늑막천자시 천자침을 수평으로 유지하고, 후액와선상 8번째 늑간골사이에서만 늑막천자를 시행하였고, 측정도중 심호흡을 시키거나 기침을 시켰고, 천자침의 길이에는 늑막액압이 영향을 받지 않는 것을 관찰하였다.

저자들의 결과를 보면 체위변동에도 PaCO_2 및 폐기능검사의 변화가 없어 체위변동에 따른 전체적인 폐환기에 변화를 주지 않는 것으로 보았다. 체위변동에 의한 저산소증은 늑막액에 의하여 국소적으로 폐환기가 감소된 환측폐실질에 지속적으로 폐관류가 유지되어 환기관류의 불균형이 증가한 결과였고, 늑막액의 양이 많아질수록 점차 폐관류의 저하가 동반되어²⁰⁾ 환기류불균형이 감소되고 체위변동시 동맥혈 산소분압의 차이가 적은 것으로 사료된다.

체위변동에 따른 동맥혈 산소분압의 변화와 늑막내압과는 뚜렷한 역상관계는 없으나 본 실험에서 측정한 좌위시 늑막내압이 환측하위나 건축하위시의 늑막내압과 반드시 일치한다고 단정할 수 없고, 늑막면의 높이가 늑막내압과 상관관계가 있고 체위변동에 따른 동맥혈 산소분압의 차이가 늑막면의 높이에 역상관계를 보여 늑막내압의 정도가 폐관류에 영향을 미쳐 환기관류불균형을 감소시키고 체위변동에 따른 동맥혈 산소분압의 변화에 영향을 미치는 한 요인으로 작용한다고 사료된다. 그러나 흉부 X선상 늑막면의 높이를 측정하는 것이 정확한 늑막액의 fluid column 높이를 반영 못할 가능성도 고려하여야 하며 이외에도 늑막삼출량에 의한 환측의 국소적 폐환기장애가 폐포저산소증을 초래하고 이에 따른 국소적 폐혈관수축으로 폐관

류가 저하하여, 늑막삼출량이 많을수록 체위에 따른 폐환기관류불균형이 적어질 가능성도 배제할 수는 없겠다.

결 론

저자들은 폐질환병변이 없는 24명의 결핵성 편측늑막삼출환자와 신증후군에 의한 1명의 편측늑막삼출환자를 대상으로 체위변동에 따라 폐기능검사와 동맥혈가스분석을 실시하고 늑막액압 및 양을 측정하여 다음과 같은 성적을 얻었다.

1) 폐기능검사와 PaCO_2 는 각각의 체위변동에도 유의한 차이를 보이지 않았고 동맥혈 산소분압은 건측하위시 환측하위보다 소량의 늑막삼출환자에서 대량의 환자보다 높았으며 체위변동시 동맥혈 산소분압의 차이는 소량일수록 심하였다.

2) 체위변동시 동맥혈 산소분압의 차이는 늑막면의 높이에 역상관관계를 보였고 최초늑막내압과 동맥혈 산소분압의 차이는 역상관관계의 경향을 보였다.

이상으로 편측늑막삼출환자에서 건측하위시 동맥혈 산소분압의 호전이 예상되고, 늑막삼출액의 양이 많을수록 저산소증은 심화되나 국소적 폐관류 및 환기를 저하시켜 체위에 따른 환기관류의 불균형 변화정도를 감소시킨다고 생각되며 늑막장내압이 한 기전으로 작용하나 다른 기전에 의한 변화도 배제할 수 없다고 생각된다.

REFERENCES

- 1) West JB: Regional difference in the lung. *Chest* 74:426, 1978
- 2) Kaneco 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* 21:767, 1966
- 3) West JB, Dollery CT: Distribution of blood flow ventilation perfusion ratio in the lung, measured with radioactive CO_2 . *J Appl Physiol* 15:405, 1960
- 4) Blair E, Hickman JB: The effect of change on body position on lung volume and intrapulmonary gas mixing in normal subjects. *J Clin Invest* 34:383, 1955
- 5) Bryan AC, Bentivoglio LG, Beerel F, Mac Leish H, Ziduika A, Bates DV: Factors affecting regional distribution of ventilation and perfusion in the lung. *J Appl Physiol* 19:395, 1964
- 6) Zack MB, Pontoppidan H, Kazemi H: The effect of lateral positions of gas exchange in pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis* 110:49, 1974
- 7) Remolina C, Khan AU, Santiago TV, Edelman NH: Positional hypoxemia in unilateral lung disease. *N Engl J Med* 304:523, 1981
- 8) Fishman AP: Down with the good lung(Editorial). *N Engl J Med* 304:537, 1981
- 9) Ball WC, Stewart PB, Newshan LG, Bates DV: Regional pulmonary function studied with xenon 133. *J Clin Invest* 41:519, 1962
- 10) Katori R, Amorim D, Theye RA, Wood EH: Influence of body position on regional pulmonary arterial-venous shunts in intact dogs. *J Appl Physiol* 29:288, 1970
- 11) 김교선, 이국희, 이원식, 정태훈, 박희명: 편측성 폐질환에서 체위변동에 따른 호흡성 gas의 변화(초록). *대한내과학회잡지* 26:1130, 1983
- 12) Seaton D, Lapp NL, Morgan WKL: Effect of body position on gas exchange after thoracotomy. *Thorax* 34:518, 1979
- 13) Sonnenblick M, Melzer E, Rosin AJ: Body position effect on gas exchange in unilateral pleural effusion. *Chest* 83:784, 1983
- 14) 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
- 15) Agostoni E: Mechanics of the pleural space. *Physiol Rev* 52:57, 1972
- 16) Neff TA, Buchanan BD: Tension pleural effusion: a delayed complication of pneumothorax therapy in tuberculosis. *Am Rev Respir Dis* 111:543, 1973
- 17) Bernstein A, White FZ: Unusual findings in pleural effusion: intrathoracic manometric studies. *Ann Intern Med* 37:733, 1952
- 18) Light RW, Jenkinson SG, Minh VD, George

- RB: Observation on pleural fluid pressures as fluid is withdrawn during thoracentesis. Am Rev Respir Dis 121: 799, 1980
- 19) Agostoni E, D'Angelo E: Thickness and pressure of the pleural fluid at various heights and with various hydrothoraces. Respir Physiol 6:330, 1969
- 20) Baum S, Vincent NR, Kenneth PL, Wu SY, Gurkin SC: Atlas of nuclear medicine imaging p85, New York. Appleton-Century-Crofts 1981
-