

□ 원 저 □

흉수의 pH 측정에서 혈액가스분석기계, pH meter, pH Strip 방법의 비교

중앙대학교 의과대학 내과학교실

지현석*, 박용범, 최재철, 안창혁, 유지훈, 김재열, 박인원, 최병휘

= Abstract =

Comparision of Blood Gas Analyser, pH Meter and pH Strip Methods in the Measurement of Pleural Fluid pH

Hyun-Suk Jee, M.D., Yong-Bum Park, M.D., Jae-Choi Choi, M.D.,
Chang-Hyuk Ahn, M.D., Ji-Hoon Yoo, M.D., Jae-Yeol Kim, M.D.,
In-Won Park, M.D., Byoung-Whui Choi, M.D.

Depatment of Medicine, Chung-Ang University College of Medicine, Seoul, Korea

Background : pH measurement is an important test in assessing the etiology of pleurisy and in identifying complicated parapneumonic effusion. Although the blood gas analyzer is the 'gold standard method' for pleural pH measurement, pH meter & pH strip methods are also used for this purpose interchangeably. However, the correlation among the pH data measured by the three different methods needs to be evaluated. In this study, we measured the pH of pleural fluid with the three different methods respectively and evaluated the correlation among the measured data.

Methods : From August 1999 to March 2000, we measured the pleural fluid pH in 34 clinical samples with three methods-blood gas analyzer, pH meter, and pH strip. In the blood gas analyzer and pH meter methods, the temperature of pleural fluid was maintained around 0°C in air-tight condition before analysis and measurement was performed within 30 minutes after collection. As for the pH strip method, the pleural fluid pH was checked in the ward immediately after tapping and in the clinical laboratory of our hospital. This part is un-

Address for correspondence :

Jae-Yeol Kim, M.D.

Chung Ang University Yong San Hospital

140-013, Yong San Gu, Hangangro 3 Ga 65-207

Phone : 02-748-9812 Fax : 02-790-2068 E-mail : keeler@persmail.com

clear.

Results : The causes of pleural effusion were tuberculosis pleurisy in 16 cases, malignant pleural effusion 5 cases, parapneumonic effusion 9 cases, empyema 3 cases, and congestive heart failure 1 case. The pH of pleural fluid (mean \pm SD) was 7.34 ± 0.12 with blood gas analyser, 7.52 ± 0.25 with pH meter, 7.37 ± 0.16 with pH strip of immediate measurement and 6.93 ± 0.201 with pH strip of delayed measurement. The pH measured by delayed pH strip measurement was lower than those of other methods ($p<0.05$). The correlation of the results between the blood gas analyzer and pH meter($p=0.002$, $r=0.518$) and the blood gas analyzer and pH strip of immediate measurement($p<0.001$, $r=0.607$).

Conclusion : In the determination of pH of pleural fluid, pH strip method could be a simple and reliable method under immediate measurement conditions after pleural fluid tapping. (Tuberculosis and Respiratory Diseases 2000, 48 : 773-780)

Key words : Pleural fluid pH, pH strip, pH meter, Blood gas analyser.

서 론

흉수의 pH 측정은 흉막천자시 흉수의 원인 진단을 위해 시행되는 중요한 검사항목이며, 부폐렴흉막염이 농흉화되는지를 확인할 수 있는 지표 중 하나이다^{1,2}. 부폐렴흉막염이 농흉화되는지를 알아보는 지표들로는 흉수의 pH 이외에도 LDH, 흉수의 당 농도 등이 있으나 흉수 pH가 가장 정확도(accuracy)가 높은 검사로 보고된 바 있다³. 이외에도 흉수의 pH는 악성 흉수에서 흉막유착술의 성공 여부를 판단하거나, 환자의 예후를 결정하는 인자로도 이용되고 있다⁴⁻⁷.

흉수의 pH는 혈액가스분석기계를 이용하여 측정하는 것이 표준 방법이지만^{8,9}, 상황에 따라서는 pH meter나 pH strip을 이용하기도 한다. 특히 pH strip 법은 혈액가스분석기계 방법에 비하여 비용이 저렴하고, 점도가 높은 흉수의 경우에도 pH 측정이 가능하다는 장점이 있어서, 임상에서 많이 이용되고 있다¹⁰. 실제로 미국에서 흉수의 pH 측정에 이용되는 방법을 살펴보면 혈액가스분석기계 방법을 이용하는 경우가 32%, pH strip을 이용한 방법이 58% 그리고 pH meter에 의한 방법이 12%로 조사된 바 있어서 pH strip이 흉수의 pH 측정에 가장 널리 사용되

는 방법임을 알 수 있다¹¹. 하지만 각 방법에 따라서 측정된 pH 값에 차이가 있을 수 있으며¹², 또한 흉막천자에서부터 측정시기까지의 시간경과에 따라서, 그리고 측정되는 흉수의 보관 방법에 따라서 흉수의 pH 측정치는 실제치에 비해 넓은 변이를 보일수 있다. 임상에서 pH strip으로 흉수의 pH를 측정하는 경우에는 채취 즉시 측정하지 않으면 혈액가스분석기계 방법으로 측정되는 경우에 비해서 흉수의 적절한 보존이 소홀이 되는 경향이 있다. 따라서 임상에서 pH strip 법으로 측정한 흉수의 pH 값이 농흉의 기준에 해당할 경우에도 이 결과를 그대로 받아들여야 할지, 아니면 검사방법 자체 또는 검체의 보존에 의해 오차가 발생한 것인지를 판단하는 것이 쉽지가 않다. 따라서 본 연구에서는 세 가지 방법 즉, 혈액가스분석기계 방법, pH meter 그리고 pH strip 방법을 통해 흉수의 pH를 측정하고 각 방법에 의한 측정치들의 일치도를 비교하여 보고자 하였다. 또한 pH strip 법을 이용하여 흉수의 pH를 측정하는 경우에는 흉수 채취 직후에 병실에서 측정하는 경우와 냉동시키지 않은 상태에서 검사실로 내려서 다른 화학 검사 지표들-혈당, LDH, amylase 등-과 함께 측정하도록 하는 방법을 모두 이용하여 보았다.

대상 및 방법

1. 대 상

1999년 8월부터 2000년 3월까지 중앙대학교 부속 용산의료원에 입원하여 흉부 전후면 및 측와위 X-선 촬영으로 흉수가 확인되고, 삼출성 흉수로 의심되어 흉막천자를 시행한 34례를 대상으로 하였다. 다만 초음파 유도하에서 흉수를 채취한 경우는 흉수의 채취량이 적어서 대상에서 제외하였고, 흉수의 pH 측정 전에 이미 흉관이 삽입된 경우는 대기 노출로 인한 오차의 가능성을 고려하여 제외하였다.

2. 방 법

검사에 사용된 혈액가스분석기기는 Ciba Corning사의 model 288이었다. pH meter는 Beckman사의 045 model이었고, pH strip은 Advantec사의 pH Test Paper였다. ABGA 기기는 자동 보정기능을 가지고 있었으며, pH meter는 pH 측정전에 표준 pH 용액(pH 4.0, pH 7.0 pH 10.0)으로 보정을 실시하였다. pH strip의 측정 범위는 pH 5.8에서 8.2 사이였다.

흉수 천자는 18 gauge angio catheter를 이용하여 50cc syringe에 흉수를 채취하였다. 흉수 천자 직후에 pH strip을 이용해서 흉수의 pH를 측정하였으며, 또한 상온에 방치한 상태로 실험실로 내려서 같은 pH strip으로 다시 한 번 측정하였다. 혈액가스분석기기와 pH meter를 이용하여 pH를 측정하는 경우에는 검체를 얼음통에 채워서 온도를 0 °C로 유지하였으며 채취 후 30분 이내에 측정하였다.

3. 흉수 원인 질환의 진단

흉수의 여출액과 삼출액 사이의 감별기준은 Light의 criteria를 기준으로 하였다¹⁾. 결핵성 흉막염의 기준은 흉수의 항산균 도말 또는 배양검사에서 결핵균이

배양되거나, 늑막조직검사상 결핵에 합당한 병리조직학적 소견이 관찰된 경우 그리고 림프구 우위의 삼출액이면서 흉수 ADA 수치가 70 U/L 이상인 경우로 정하였다. 암성 흉막액의 진단은 늑막조직검사에서 전이성 암이 병리학적으로 확인되거나, 폐에서 악성 종양이 조직학적으로 확인되고 흉수 내 백혈구 감별 상 림프구 우위의 삼출액이면서 흉수의 CEA가 10ng/ml 이상인 경우로 정하였다. 농흉의 진단기준은 Light의 진단기준에 따라 흉수내 백혈구의 감별에서 다형백혈구 우위를 보이면서 육안으로 농이 관찰되거나, 흉수 도말 검사상 균이 관찰되거나, glucose가 40 mg/dl 이하이거나 또는 혈액가스분석 기기로 시행한 흉수의 pH가 7.0 이하인 경우로 정하였다. 심에코 검사상 심부전으로 진단되고, 다른 원인 질환이 발견되지 않으며, 심부전 치료로 흉수가 소실된 경우에는 심부전에 의한 흉막액으로 판단하였다.

4. 결과 분석 및 통계

측정된 결과의 분석은 윈도우용 SPSS(version 8.0)를 이용, 평균치의 비교는 ANOVA를, 상관관계는 Pearson's correlation을 적용하였고, 유의성 검정은 p값이 0.05 미만인 경우로 하였다.

결 과

1. 대상 환자의 특징

대상 환자는 총 34명으로 남녀비는 1 : 1.2 였고 평균 나이는 54.1 ± 19.8세 였다.

2. 흉수의 원인 질환

흉수의 원인 질환으로는 결핵성 흉막염 22례, 부폐렴성 흉막염 10례, 암성 흉막염 5례, 농흉 3례, 심부전에 동반된 흉막액 1례였다(Table 1).

Table 1. Etiology of 34 pleural effusion

Etiology	Number(총 34)
Tuberculosis pleurisy	16
Parapneumonic effusion	9
Malignant pleural effusion	5
Empyema	3
Congestive heart failure	1

3. 흉수의 검사실 수치

흉수의 검사 수치를 원인 질환별로 살펴보면 결핵성 흉수의 백혈구수(평균 \pm 표준편차)는 $4974 \pm 5035/\text{mm}^3$, 림프구 비율은 $87 \pm 20.4\%$, LDH 값은 $71.9 \pm 29.4 \text{ IU/L}$, protein $4.91 \pm 0.54 \text{ g/dL}$, glucose는 $115 \pm 30.5 \text{ mg/dL}$, ADA는 $71.9 \pm 29.4 \text{ U/L}$ 였다. 암성 흉막염의 경우는 위 순서대로 $2146 \pm 839/\text{mm}^3$, $65.2 \pm 7.9\%$, $750.6 \pm 379.6 \text{ IU/L}$, $3.9 \pm 1.55 \text{ g/dL}$, $122.6 \pm 61.1 \text{ mg/dL}$, $15 \pm 4.4 \text{ U/L}$ 였으며, CEA는 $835.73 \pm 560.4 \text{ ng/ml}$ 였다. 농흉의 경우에는 $695 \pm 799/\text{mm}^3$, 다형핵백혈구 비율은 $43 \pm 52.3\%$, LDH 값은 $1324 \pm 726.9 \text{ IU/L}$, protein 5.3 g/dL , glucose $114 \pm 111.7 \text{ mg/dL}$, ADA 58 U/L 였다. 원인 질환별로 살펴 본 pH의 평균치는 혈액가스 분석법으로 결핵성 흉수는 7.35 ± 0.05 였고, 암성 흉수는 7.38 ± 0.10 , 농흉은 7.17 ± 0.22 였다(Table 2).

4. 측정 방법에 따른 흉수의 pH 값

혈액가스분석기계로 측정한 pH 값의 평균은 7.34 ± 0.12 , pH meter는 7.52 ± 0.25 , pH strip으로 즉시 측정한 경우는 7.37 ± 0.16 , 그리고, 상온 상태에서 검사실에 내려서 pH를 측정한 경우는 6.93 ± 0.20 였으며(Table 3), 상온 상태에서 pH strip으로 측정한 pH값의 평균은 다른 값들과 통계적으로 의미있는 차이를 보였다.($p < 0.05$).

혈액가스분석기계로 측정한 pH 값을 표준으로 하여 상관관계를 살펴보았을 때, 혈액가스분석기계와 pH meter 법 사이는 p value는 0.002, γ 값이 0.518로 상호 유의한 상관관계를 보였다. 혈액가스분석기계와 pH strip으로 즉시 측정한 경우 사이는 p value < 0.001 , γ 값이 0.607로 통계적으로 유의한 상관관계를 보였다. 하지만 혈액가스분석기계와 검사실로 내려서 pH strip으로 측정한 경우 사이는 p value가 0.423, γ 값이 -0.142로 통계적으로 유의한 상관관계를 보이지 않았다(Fig. 1).

고 안

흉수의 pH 측정은 흉수의 성상, 즉, 부패렴성 흉막염의 농흉화 여부의 진단에 이용될 뿐 아니라 악성흉수를 가진 환자의 흉막유착술의 시행시 성공할 확률의 예측이나, 악성흉수 자체의 예후를 예측하는데 유용한

Table 2. Results of pleural fluid analysis

	WBC count (mm ³)	lymphocyte percentage (%)	glucose (mg/dl)	protein (g/dl)	LDH (IU/L)	ADA (U/L)	CEA (ng/ml)	pH*
TB pleurisy	4974 ± 5035	87 ± 20.4	115 ± 30.5	4.91 ± 0.54	572.3 ± 421.3	71.9 ± 29.4		7.35 ± 0.05
Malignant pleural effusion	2146 ± 339	65.2 ± 7.9	122.6 ± 61.0	3.9 ± 1.55	750.6 ± 379.6	15 ± 4.4	835.73 ± 560.4	7.38 ± 0.10
Empyema	695 ± 799	43 ± 52.3	114 ± 111.7	5.3	1324 ± 726.9	58		7.17 ± 0.22

*pH measured by blood gas analyzer.

Table 3. Comparison of pH values(mean±SD)

Methods	pH values (mean±SD)
blood gas analyser	7.34±0.12
pH Meter	7.52±0.25
pH Strip	
soon after tapping	7.37±0.16
delayed at laboratories	6.93±0.20

지표로 이용되고 있다. 본 연구는 흉수의 pH 측정에 현재 이용되고 있는 3가지 방법들, pH strip, blood gas analyser, pH meter 방법들을 이용하여 측정된 결과를 비교하고자 하였다.

기존의 연구에 따르면, blood gas analyser 방법에 비해서 pH strip법은 간편하고 경제적이라는 장점이 있으나, 표준으로 사용하는 blood gas analyser 방법에 비해서 측정치의 유의한 차이를 보일수 있다는 것이 알려져 있다.

흉수의 pH는 여러 인자들에 의해 변화할 수 있다. 흉막내의 흉수는 주로 CO₂의 변화에 의해 pH가 변화하게 되는데, 흉막염이 동반된 경우, 흉수내에 녹아있던 CO₂가 염증성 흉막비후로 인해 외부로의 확산이 차단되고, 흉수 자체의 혐기성 해당작용에 의해 CO₂가 생성되면서 흉수내의 CO₂의 농도가 높아지게 되므로, 흉수의 pH가 낮아지게 된다¹²⁻¹⁴.

또한, 약물의 사용으로 흉수내의 pH를 변화시킬수 있는데, Jimenes등에 의하면, 흉수 천자시 국소마취에 사용되는 mepivacaine의 점적전과 점적후의 흉수의 pH가 의미있는 차이를 보였다는 보고를 하였다¹⁵.

한편, 흉막천자 후의 흉수는 다음의 조건에 영향을 받는다. 첫째, 보관기간으로, 시간이 길어질수록 흉수의 대사작용 및 흉수 내의 세포의 파괴로 흉수의 pH를 변화시킬 것으로 사료된다. Srodia등의 연구에 의하면 실온에서 1시간까지 보관했던 흉수의 pH는 천자후 즉시 시행한 pH와 유의한 차이를 보이지 않았다고 보고하였으나¹⁶, Richard등의 연구에 따르면 37℃의 온도에서 보관한 흉수의 pH를 각각 30분, 1시

간, 2시간, 4시간, 8시간에서 측정된 결과에서 pCO₂와 [H⁺]의 증가를 관찰할 수 있었다고 하여¹² 제한적인 시간동안은 pH의 변화가 일어나지 않을 수 있으나, 보관시간이 길어질수록 정확한 pH를 얻는데 불리한 요소임을 추측할 수 있다. 둘째, 보관온도로, 0℃에서는 흉수내의 대사가 정지되고, 세포의 파괴가 저하되어 12시간까지 pH의 변화가 일어나지 않지만, 상온에서는 흉수내의 대사 및 세포의 파괴가 0℃의 상태와 비교할 때 항진되어 pH값이 떨어진다. 셋째, 대기와의 노출여부로, 흉수와 대기와의 O₂와 CO₂의 교환이 이루어져 흉수의 pH의 변화가 일어난다. Hill에 의하면, 이러한 이유로, 흉막천자 및 흉수의 채취시에 valve가 있는 용기를 사용하여 대기와의 노출을 차단할 것을 권하였다¹⁷. 넷째, 혈액가스분석기기를 이용할 경우, heparinized syringe의 사용여부에 따른 pH의 변화이다. Rodenstein등에 의하면, blood gas analyser를 사용할 때, heparinized syringe를 사용한 군과 non-heparinized syringe를 사용한 군간의 흉수의 pH는 유의한 차이가 없음을 보고하였으며¹⁸, 실제로 점도가 높은 흉수, 즉, 단백질이나 세포들이 기기내에서 응고되는 것이 우려되는 상황이 아니라면, 경제적으로 저렴한 non-heparinized syringe의 사용도 고려할 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구의 결과에서는 검사실에서 pH strip법에 천자 직후의 pH를 pH strip법으로 측정하는 방법을 추가하였고, blood gas analyser법과 비교하여 유의한 상관관계를 가지는 결과를 보였다. 그러나, 검사실에서 시행한 pH strip법과 blood gas analyser 방법 사이에는 통계적인 유의성을 찾지 못했는데, 이는 유사한 다른 연구와 동일한 결과를 나타내는 것이다. 검사실에서 pH strip법을 시행한 경우와 천자 직후에 pH strip법을 시행한 경우와 비교해서 흉수의 pH를 변화시킬 요소로 생각되어지는 것은 검사시기까지의 보관시간의 경과, 상온에서의 흉수보관 및 대기와의 노출을 고려할 수 있다. 한편, pH meter법은 blood analyser방법과 비교하여 측정치가 유의한 상관관계를 가지나, 매 측정시마다 표준 시약(pH 4.0, pH 7.0,

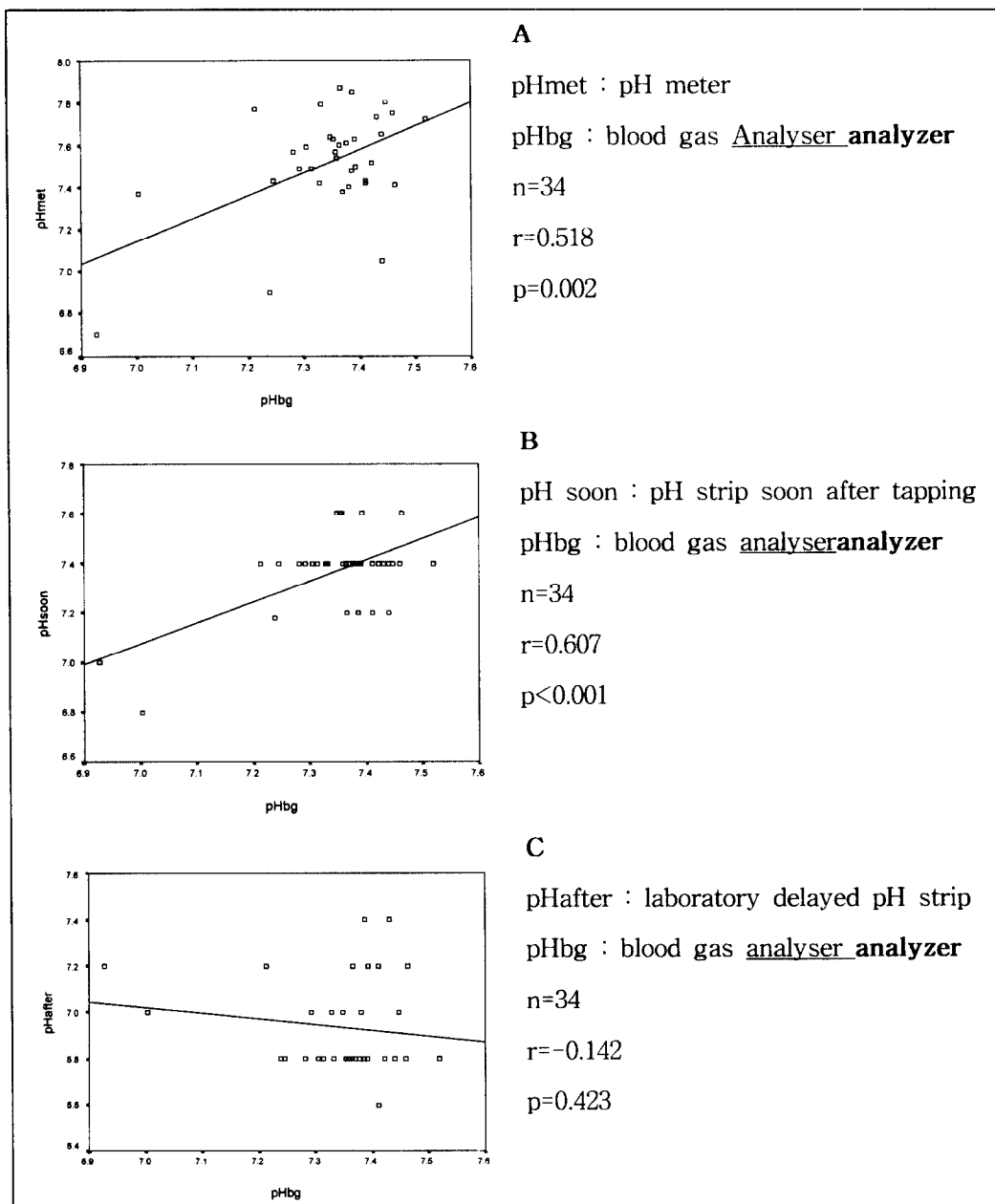


Fig. 1. Correlation between the measured methods.

A. between blood gas analyser analyzer(pHbg) and pH meter(pHmet) : $r=0.514$, $p=0.002$. B. between blood gas analyser analyzer(pHbg) and pH strip soon after tapping (pHsoon) : $r=0.607$, $p<0.001$. C. between blood gas analyser analyzer(pHbg) and pH strip delayed in laboratory(pH after) : $r=-0.142$, $p=0.423$

pH 10.0)으로 보정을 해야 하는 번거로움이 있었다.

본 연구에서 혈액가스 분석법의 결과와 천자 직후의 pH strip법 사이에는 의미있는 차이는 없었으나 혈액가스 분석법의 결과치의 평균이 0.2정도 높게 측정되었는데, 본 연구에서 부폐렴성 흉막염의 농흉화의 진단에는 영향을 미치지 않았으며, 본 연구에 사용한 pH strip의 최소단위가 0.2로, 혈액가스 분석법에 비교하여 차이를 보이는 것으로 사료되며, 더욱 민감한 pH strip를 사용한다면, blood gas analyser와의 차이를 줄일수 있을 것으로 보인다. 따라서 pH strip법은 경제적이고 간편한 검사로, 흉수천자 직후에 pH strip법으로 흉수의 pH를 측정한다면 정확한 흉수의 pH를 측정할 수 있을 것으로 사료된다.

요 약

연구배경 :

흉수의 pH 측정은 흉막천자시 흉수의 원인 진단을 위해 시행되는 중요한 검사항목이며, 특히 부폐렴성 흉막염이 농흉화되는지를 확인할 수 있는 지표중 하나이다. 흉수의 pH 측정은 혈액가스분석기계를 이용하는 것이 표준이나, 상황에 따라서는 pH meter나 pH strip을 이용하기도 한다. 본 연구에서는 흉수중 삼출액을 대상으로 위의 세가지 방법으로 pH를 측정하고 측정치들을 비교하여 보았다.

방 법 :

1999년 8월부터 2000년 3월까지 중앙대학교 부속 용산의료원에 입원하여 삼출성 흉수로 의심되어 흉막천자를 시행한 34례 (결핵성 흉막염 16명, 부폐렴성 흉수 9명, 폐암 5명, 농흉 3명, 심부전 1명)의 흉수에서 혈액가스분석기계, pH meter, pH strip의 세가지 방법으로 pH를 측정하였다. 혈액가스분석기계와 pH meter에 의한 측정은 천자후 0℃로 유지하면서 30분 내에 시행하였으며, pH strip 측정은 흉막천자 직후에 pH strip으로 pH를 측정하고, 상온 상태로 검사실에 내려서 보고되는 결과를 이용하였다.

결 과 :

34례 흉수의 pH 값 (평균값±표준편차)은 혈액가스 분석법 7.34 ± 0.12 , pH meter 법 7.52 ± 0.25 , pH strip 법 중, 흉막천자후 즉시검사의 경우에는 7.37 ± 0.16 였으며, 검사실에서 측정한 pH strip법은 6.93 ± 0.20 으로, 혈액가스분석법을 기준으로 한 평균치 분석에서 검사실에서 측정한 pH strip 법은 의미있는 차이를 보였다($p < 0.05$). 혈액가스분석법과 pH meter방법, 그리고 혈액가스 분석법과 천자직후 pH strip법의 사이에는 의미있는 상관관계가 있었고, 혈액가스분석법과 pH strip 법 사이에는 의미있는 상관관계가 없었다.

결 론 :

흉수천자 직후에 측정한 pH strip 법은 비교적 간단하고 정확하게 흉수의 pH를 측정할 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. Light RW. Chapter 9 Parapneumonic Effusions and Empyema : Light RW. Pleural disease. 3rd ed. Baltimore : William & Wilkins;1995. p. 129-53.
2. Sahn SA. State of the art. The pleura. Am Rev Respir Dis 1988;138:184-234
3. Heffner JE, Neitert PJ, Barbieri C. Pleural fluid pH as a predictor of pleurodesis failure : analysis of primary data. Chest 2000;117(1):87-95
4. Heffner JE, Neitert PJ, Barbieri C. Pleural fluid pH as a predictor of survival for patients with malignant pleural effusions. Chest 2000;117(1): 79-86
5. Burrow CM, Mathews WC, Colt HG. Predicting survival in patients with recurrent symptomatic malignant pleural effusions : an assessment of the prognostic values of physiologic, morphologic, and quality of life measures of extent of disease.

- Chest 2000;117(1):73-8
6. Martinez-Moragon E, Aparicio J, Sanchis J, Menendez R, Cruz Rogado M, Sanchis F. Malignant pleural effusion : prognostic factors for survival and response to chemical pleurodesis in a series of 120 cases. *Respiration* 1998;65(2):108-13
 7. Potts DE, Levin DC, Sahn SA. : Pleural fluid pH in parapneumonic effusions. *Chest* 1976;70:328-31
 8. Rodriguez-Panadero F, Mejias JL. : Low glucose and pH levels in malignant pleural effusion : diagnostic significance and prognostic value in respect to pleurodesis. *Am Rev Respir Dis* 1989; 139:663-7
 9. Lesho EP, Roth BJ. : Is pH paper an acceptable, low-cost alternative to the blood gas analyser for determining pleural pH? *Chest* 1997;112(5): 1291-2
 10. Chandler TM, McCoskey EH, Byrd RP, Roy TM. : Comparison of methods for determining pleural pH. *South Med J* 1999;92(2):214-7
 11. Cheng DS, Rodriguez RM, Rogers J, Wagster M, Starnes DL, Light RW. : Comparison of pleural fluid pH values obtained using blood gas machine, pH meter, and pH indicator strip. *Chest* 1998;114 (5);1368-72
 12. Light RW, Luchsinger PC. : Metabolic activity of pleural fluid. *J Appl Physiol* 1973;34(1):97-101
 13. Light RW. Chapter 4 Clinical Manifestations and Useful Tests : Light RW. *Pleural disease*. 3rd ed. Baltimore : William & Wilkins;1995. p. 36-74.
 14. Venkatesh B, Boots RJ, Wallis SC. : Accuracy of pleural fluid pH and PCO₂ measurement in a blood gas analyser. Analysis of bias and precision. *Scand J Clin Lab Invest* 1999;59(8):619-26
 15. Jimenez Castro D, Diaz G, Perez-Rodriguez E, Prieto E, Yusen RD. : Modification of pleural fluid pH by local anesthesia. *Chest* 1999;116(2): 399-402
 16. Sarodia BD, Goldstein LS, Laskowski DM, Mehta AC, Arroliga AC. : Does pleural fluid pH change significantly at room temperature during the first hour following thoracentesis? *Chest* 2000;117(4):1043-8
 17. Hill AR. : Avoiding air in pleural fluid pH samples. *Chest* 1998;113(6):1729-30
 18. Pieters T, Rodenstein DO. Use of nonheparinized syringes for collecting pleural fluid samples. *Chest* 1998;114(2):656-7
-