

흉관 삽관을 시행한 자발성 대량기흉 환자에서 재팽창성 폐부종의 예측인자

울지대학교 의과대학 응급의학교실, 가톨릭대학교 의과대학 응급의학교실¹

김기영 · 박경남 · 이장영 · 양영모 · 이원석 · 홍성엽¹

Predictive Factors of Re-expansion Pulmonary Edema of Patients with Large Spontaneous Pneumothorax after Chest Tube Insertion

Gi Young Kim, M.D., Gyeong Nam Park, M.D., Jang Young Lee, M.D. Ph.D., Young Mo Yang, M.D. Ph.D., Won Suk Lee, M.D., Sung Youp Hong, M.D. Ph.D.¹

Purpose: Reexpansion pulmonary edema (REPE) is rare but sometimes fatal complications can follow chest tube insertion for treatment of pneumothorax. The study assessed the medical records of patients who developed large pneumothorax and searched for the predictive factors and prediction equation for REPE.

Methods: The medical records of patients treated at an emergency department for pneumothorax from January 1, 2008 to December 31, 2009 were reviewed retrospectively. We compared the group that developed REPE with the group that did not develop REPE for clinical and demographic factors. Logistic regression analysis was used to identify predictive factors and prediction equation. We used receiver operator characteristic (ROC) curve analysis to identify optimal cut-off value and assessed the validity of the prediction equation.

Results: We screened out 92 large pneumothorax patients among 578 pneumothorax patients. Twenty two cases developed REPE. The calculated prediction equation was $28.955 + 0.147 \times \text{symptom duration before chest tube insertion (days)} + 0.048 \times \text{size of pneumothorax (\%)} - 0.359 \times \text{SaO}_2 (\%)$. The results of assessment of the prediction equation

using ROC curve analysis were Area under the ROC curve=0.834 and sensitivity 90.9% and specificity 70.0% at the cut-off value 0.210.

Conclusion: In patients with large pneumothorax, time interval between symptom development and chest tube insertion, size of pneumothorax, and oxygen saturation rate of peripheral artery blood were identified as predictive factors. The prediction equation that we developed for REPE showed good predictability.

Key Words: Pulmonary edema, Pneumothorax, Chest tube

Department of Emergency Medicine, College of Medicine, Eulji University, Daejeon, Korea, Department of Emergency Medicine, The Catholic University of Korea, Daejeon, Korea¹

서론

자연 기흉은 외상 등의 유발요인 없이 발생하여 흉강 내로 공기의 누출, 저류로 폐가 허탈되는 상태로 대부분의 환자가 응급실을 거쳐 입원하게 된다¹⁾. 응급실에 방문한 대부분의 기흉 환자는 흉관 삽관 후 호흡곤란, 가슴통증 등의 증상이 호전되지만 그렇지 않은 경우 의사를 당황하게 하는 경우도 있다. 이 경우 추가 단순 흉부 X-ray이나 흉부 CT (Computed Tomography)를 촬영하였을 때 재팽창성 폐부종이 보이는 경우가 있다.

재팽창성 폐부종은 다량의 기흉 또는 흉수를 단기간에 과량 배출시 만성적으로 허탈되었던 폐의 급격한 재팽창에 의해 발생할 수 있는 폐부종으로 1853년 흉수 제거 후에 발생한 재팽창성 폐부종이 처음 보고된 것으로 알려져 있다^{2,4)}. 기흉의 치료 중에 발생한 재팽창성 폐부종은 1958년 처음 보고된 후 여러 사람들에 의해 확인되었고 국내에서는 1991년 최초로 보고되었다^{3,4)}. 재팽창성 폐부종의 발생율은 0.9~29.8%로 알려져 있다⁵⁻⁷⁾. 이의 임상증상은 특이한 증상 없이 단지 방사선학적 소견이 있는 경우에서부터 기침, 호흡곤란, 흉부압박감, 빈맥 등의 다양한 증상이 있을 수 있다. 하지만 Mahfood 등⁸⁾은 급속도로 악화되

책임저자: 박 경 남
대전광역시 서구 둔산동 1306
울지대학교 의과대학 응급의학교실
Tel: 042) 611-3264, Fax: 042) 611-3889
E-mail: shinyak@eulji.ac.kr

접수일: 2011년 3월 31일, 1차 교정일: 2011년 4월 14일
게재승인일: 2011년 5월 14일

어 사망에까지 이를 수 있으며 전체 환자 중 약 20%가 사망한다고 보고하였다.

재팽창성 폐부종은 대부분 흉관 삽관 후 수시간 내에 발생하기 때문에 예측인자를 찾아 초기에 적극적으로 대처하는 것이 재팽창성 폐부종의 발생 및 사망률을 감소시키는 데 매우 중요할 것이라 생각한다. 최근까지의 연구에 의하면 폐 허탈의 기간이 3일 이상되고, 폐 허탈의 정도가 심할수록, 재팽창의 시간이 빠를수록 재팽창성 폐부종이 걸릴 위험도가 증가한다고 보고되었다⁸⁻¹⁰.

그러나 기흉 환자의 치료과정에서 중대한 합병증인 재팽창성 폐부종의 위험도에 대한 정확한 평가기준은 없는 것이 현실이다. 이에 저자들은 이번 연구에서 응급실에 내원하여 흉관 삽관을 시행한 자발성 대량기흉 환자를 후향적으로 조사하여 재팽창성 폐부종의 발생을 예측할 수 있는 인자를 찾아보고 그 위험도를 예측할 수 있는 예측모형을 만들어 보고자 하였다.

대상과 방법

2008년 1월부터 2009년 12월까지의 2년간 일개 대학 병원 응급실을 방문한 자발성 대량기흉으로 흉관 삽입을 시술 받은 환자들을 대상으로 의무기록 분석을 통한 후향적 연구를 실시하였다. 대량기흉은 영국 흉부학회의 지침에 따라 내원 시 최초 시행한 단순 흉부방사선 사진상 폐문의 높이에서 폐와 흉벽 사이의 거리를 측정하여 2 cm 이상인 경우로 정의하였다¹¹.

의무기록을 이용하여 선별된 환자의 연령, 성별, 내원시 활력 징후, 기저 질환 여부, 내원 당시의 말초동맥 산소 포화도, 재발 여부, 기흉의 크기 및 위치, 증상 발현 시부터 흉관 삽입까지의 걸린 시간, 흉관 삽입 후 폐가 완전히 퍼질 때까지 걸린 시간 등을 조사하였다. 기흉의 크기는 단순 흉부사진 상 폐첨부에서의 흉막간 거리(A), 흉곽 상부 중간부위(B) 및 흉곽 하부 중간부위(C)에서의 흉막간 거리를 측정한 후 다음의 공식을 이용하여 기흉 용적의 백분율을 구하는 Collins 방법을 사용하였다¹².

$$\text{기흉의 크기(\%)} = 4.2 + (4.7 \times [A+B+C])$$

심한 호흡곤란이나 통증으로 누운 자세에서 단순 흉부 사진만을 촬영하였을 경우에는 다음과 같은 공식을 이용하여 백분율을 구하였다¹³.

$$\text{기흉의 크기(\%)} = 8.73 + 10.03 \times ([A+B+C] \div 3)$$

증상 발생 시부터 흉관 삽관까지의 기간은 24시간을 단위로 하여, 증상 발생 후 24시간 안에 흉관 삽관시에는 0

으로 하였고, 24시간 이후에 삽관된 경우는 일 단위로 측정하였다.

재팽창성 폐부종은 흉관 삽관 후 응급실 또는 입원 후 촬영한 CT를 판독하여 진단하였으며 CT판독은 1명의 영상의학과 전문의에 의해 이루어졌다. 폐가 완전히 퍼지는 시간은 흉관 삽관 후 촬영한 X-ray 또는 CT로 판단하였으며 흉관삽입 시각과 삽관 후 재팽창이 확인된 X-ray 또는 CT의 촬영시각과의 차를 계산하여 구하였다. 재팽창 시간은 폐부종 발생군과 비발생군에서 삽관 후 2시간 이내에 재팽창이 확인된 경우의 비율을 비교하였다. 기흉 외 다른 질병이 동반된 경우, 외상 환자, 촬영된 흉부 CT상 재팽창이 확인되지 않거나 흉부 CT를 촬영하지 않은 경우, 의무정보기록에서 환자의 필수 정보가 누락되어 있는 경우, 초기 단순 흉부 사진상 폐문의 높이에서 폐와 흉벽 사이의 거리가 2 cm 미만인 경우는 제외하였다.

재팽창성 폐부종이 발생한 군과 발생하지 않은 군 사이의 일반적 특성의 차이를 비교하기 위하여 정규분포를 따르는 연속형 변수는 Student's *t*-test를, 정규분포를 따르지 않는 변수는 Mann-Whitney U test를 이용하였으며, 범주형 변수는 chi-square test 와 Fisher's exact test를 이용하여 차이를 비교하였다. 또한 Shapiro-Wilk method를 이용하여 각 변수들의 정규성을 검정하였다.

재팽창성 폐부종의 예측 인자로 유의한 것들을 찾아보기 위해 폐부종 발생여부를 종속변수로 하여 각각의 변수들에 대하여 로지스틱 회귀분석을 이용한 단순분석을 시행하여 유의한 변수들을 선별하였고, 선별된 변수들을 독립변수로 재팽창성 폐부종의 발생여부를 종속변수로 하여 단계적 선택법을 적용한 로지스틱 회귀분석을 시행하여 폐부종을 예측할 수 있는 예측인자 및 예측식을 구하였다. 회귀모형의 적합성은 우도비와 카이제곱값을 이용하여 평가하였고, 회귀계수의 유의성 검정은 Wald의 카이제곱 검정통계량을 이용하였다.

로지스틱 회귀분석에서 구해진 예측식의 유용성을 알아보기 위해 산출된 회귀식을 통해 예측확률치(predicted probability)를 구하여 검정변수로 하고, 재팽창성 폐부종 발생여부를 상태변수로 하여 receiver operator characteristic (ROC) curve analysis를 시행하여 cut-off value를 설정하고 분류적합성을 평가하였다.

모든 결과치는 평균±표준편차 또는 중위수와 사분위범위(interquartile range, IQR)로 표시하였고 중위수를 사용할 경우 사분위범위는 중위수 다음 괄호안에 표시하였다. 통계분석은 통계패키지 SPSS Ver.19.0(SPSS Inc., Chicago, USA)를 이용하였으며 ROC Curve는 MedCalc Ver.11.6(MedCalc Software, Mariakerke, Belgium)을 이용하여 작성하였다. 모든 통계는 *p*-value가 0.05미만인 경우 통계적인 유의성이 있다고 판정하였다.

결 과

1. 대상환자의 일반적 특성

본 연구 기간 동안 111,095명의 환자가 응급실에 내원하였고 578명이 기흉 환자였으며 이중 92명이 자발성 대량기흉으로 연구대상에 포함되었다(Fig. 1). 대상 환자의 평균 나이는 32.84 ± 17.52 세였으며 남자는 87명, 여자는 5명이었다. 92명 중 9명이 과거력상 폐질환을 가지고 있었으며 이중 폐결핵이 6명, 천식이 1명, 만성폐쇄성폐질환이 1명이었다. 기흉이 처음 발생한 경우는 62명이었고 두 번째 발생한 환자가 25명, 세 번이상 발생한 환자가 5명이었다. 평균 산소포화도는 $96.63 \pm 2.46\%$, 기흉의 위치는 오른쪽이 45명, 왼쪽이 46명, 양쪽이 1명이었다. 증상발현부터 흉관 삽관까지의 걸린 평균기간은 2.68 ± 5.01 일로 중위수는 1(2)일이었다. 폐가 완전히 퍼지기까지 걸린 평균 시간은 2.9 ± 4.04 시간으로 중위수는 1.5(1.5)시간이었다. 92명의 환자 중 22명의 환자에서 재팽창성 폐부종이 발생하였다. 재팽창성 폐부종이 발생한 군과 그렇지 않은 군의 임상적 특성의 차이는 다음과 같다(Table 1).

2. 개별변수들의 정규성 검증

여러가지 변수들 중 나이, 입원기간, 삽관까지의 시간, 기흉의 크기, 혈압, 심박수, 체온, 산소포화도 등의 연속형 변수들을 Shapiro-Wilk method를 이용하여 정규성을 검증하였다. 그 결과 수축기 혈압이 폐부종발생군과 비발생군에서 각각 유의확율이 0.062와 0.057, 내원시 체온이 폐부종발생군과 비발생군에서 각각 유의확율이 0.184와 0.424로 정규성을 만족하는 것으로 나왔다. 이완기 혈압은 발생군에서는 $p=0.076$ 으로 정규성을 만족하는 것으로 나왔으나, 비발생군은 $p=0.016$ 으로 만족하지 않는 것으로 나와 비정규분포 군에 포함하였다. 기타 변수들은 발생군과 비발생군 모두에서 유의확율 0.05 미만으로 정규성을 만족하지 않아 이완기혈압과 함께 비모수 분석을 시행하였다.

3. 재팽창성 폐부종의 위험인자

재팽창성 폐부종이 발생한 환자군은 기흉의 크기가 평균 $87.64 \pm 12.39\%$ 였고 대조군은 기흉의 크기가 평균 $79.26 \pm 14.19\%$ 로 두 구간에 유의한 차이를 보였다($p=0.018$). 증상 발생시 부터 흉관 삽입까지의 걸린 기간은 발생 환자와 대조군이 각각 평균 5.14 ± 4.57 일과 1.91 ± 4.93 일, 각

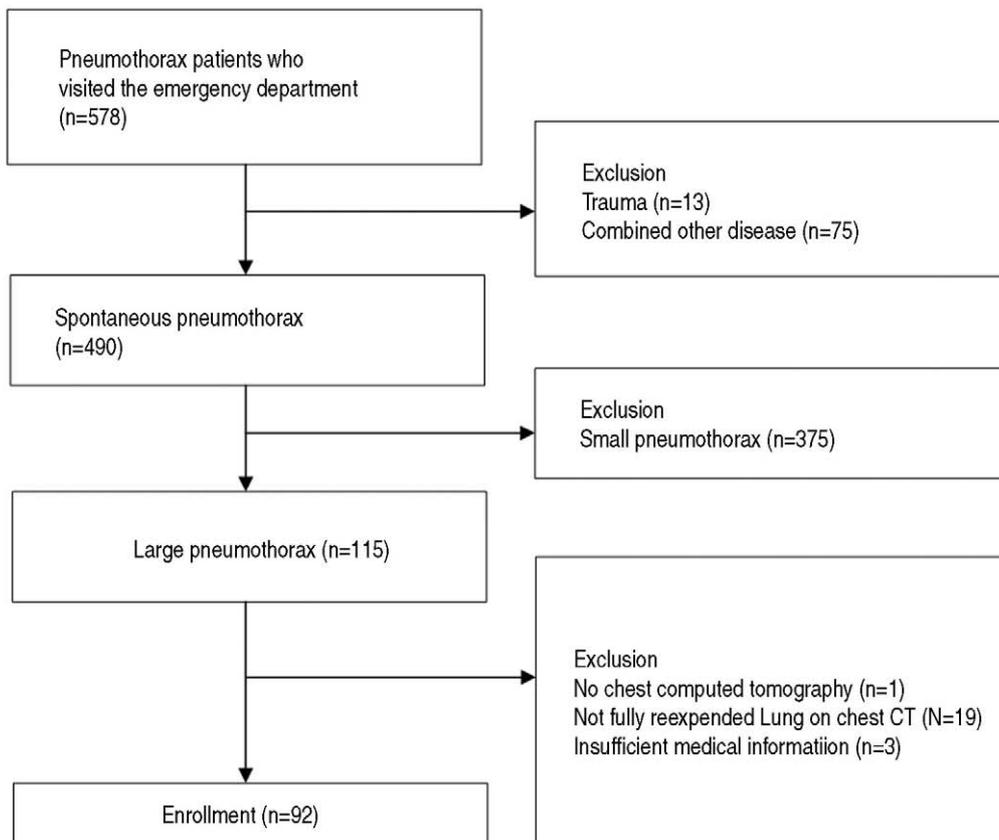


Fig. 1. Flow diagram of patient enrollment.

각의 중위수는 3.5(5)일과 1.0(2)일로 유의한 차이를 보였다($p < 0.001$). 말초동맥 산소포화도는 발생 환자와 대조군이 각각 $95.18 \pm 2.54\%$ 와 $97.09 \pm 2.26\%$ 로 유의한 차이를 보였다($p = 0.001$). 입원기간 또한 부종이 발생한 군이 10.32 ± 4.47 일, 대조군이 8.13 ± 3.72 일로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p = 0.014$). 나이, 원발성 여부, 이완기 혈압, 체온, 심박수, 호흡력, 재발 유무, 성별은 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 1).

4. 로지스틱 회귀분석을 통한 예측인자의 선택 및 모형 적합성 검증

예측인자를 선택하고 회귀모형을 구성하는데 있어 전체 변수의 수가 많고, 이에 비해 상대적으로 발병군의 표본수가 적어 각각의 독립변수에 대해 단변량 분석을 시행한 후 이 중 유의한 것들을 선별하여 단계적 선택법을 이용한 로지스

틱 회귀분석을 시행하여 예측인자를 선택하고 회귀식을 산출하였다. 입원기간을 제외한 개별변수에 대한 단변량 분석 결과 증상 발생시부터 흉관 삽입까지의 기간($p = 0.031$), 기흉의 크기($p = 0.018$), 산소 포화도($p = 0.003$), 원발성 여부($p = 0.048$) 등이 유의한 변수로 나타났다. 이 네 가지의 변수들로 전방선택법 및 후방제거법을 적용한 로지스틱 회귀분석을 이용하여 예측인자를 선택하고 회귀식을 구하였다. 그 결과 전방선택법 및 후방제거법 모두 최종단계에서 예측인자로 증상 발생 시부터 흉관 삽입까지의 기간($p = 0.009$, $\text{Exp}(B) = 1.158$), 기흉의 크기($p = 0.030$, $\text{Exp}(B) = 1.049$), 산소포화도($p = 0.003$, $\text{Exp}(B) = 0.698$) 등이 선택되었고, 회귀식은 $28.955 + 0.147 \times \text{흉관 삽입까지의 기간}(\text{day}) + 0.048 \times \text{기흉의 크기}(\%) - 0.359 \times \text{말초산소동맥 포화도}(\%)$ 으로 나타났다.

로지스틱 회귀모형의 적합성을 나타내는 카이제곱값은 22.853, 자유도는 3, 유의확률은 0.000($p < 0.05$)으로 통

Table 1. Baseline characteristics of patients with and without reexpansion pulmonary edema (mean \pm SD)

Variables	No REPE (n=90)	REPE (n=22)	p-value
Age (yr)	30.90 \pm 16.71	39.00 \pm 18.97	0.055
Male sex, n (%)	67 (95.7%)	20 (90.9%)	0.590
Length of hospital stay (day)	8.13 \pm 3.72	10.32 \pm 4.47	0.014
Symptom duration (day) [§]	1.0 (2)	3.5 (5)	<0.001
Reexpansion time (\leq 2 hour) [†] , n (%)	48 (68.6%)	17 (77.3%)	0.434
Size of pneumothorax (%)	79.26 \pm 14.19	87.64 \pm 12.39	0.018
Idiopathic (%) [*]	67 (95.7%)	18 (81.8%)	0.054
Recurrence (%)	23 (32.9%)	7 (31.8%)	0.928
Systolic BP (mmHg) [†]	125.86 \pm 15.06	118.86 \pm 13.45	0.055
Diastolic BP (mmHg)	78.14 \pm 10.29	77.73 \pm 10.20	0.842
Body temperature ($^{\circ}$ C) [†]	36.66 \pm 0.32	36.68 \pm 0.34	0.830
HR (bpm)	84.74 \pm 13.81	87.59 \pm 15.13	0.447
O ₂ saturation	97.09 \pm 2.26	95.18 \pm 2.54	0.001
Smoker [†]	25 (35.7%)	9 (40.0%)	0.660

REPE: reexpansion pulmonary edema, BP: blood pressure, HR: heart rate, SD: standard deviation

* Statistics were analyzed by Fisher's exact test.

† Variables were analyzed by chi-square test.

‡ Variables were analyzed by Student *t*-test. Other variables were analyzed by Mann-Whitney U test.

§ This variable means time interval between symptom development and chest tube insertion, and was represented by median (interquartile range).

Table 2. Variables in equation of multiple logistic regression model for predictive factors about REPE

variables	B	SE	Wald Chi-square	df	Sig.	Exp (B)	95% CI
Symptom duration [*]	0.147	0.057	6.748	1	0.009	1.158	1.037-1.294
Pneumothorax size	0.048	0.022	4.723	1	0.030	1.049	1.005-1.095
O ₂ saturation	-0.359	0.120	8.948	1	0.003	0.698	0.552-0.883
Constant	28.955	11.425	6.423	1	0.011	0.000	

SE: standard error, Sig.: significance, -2LL: -2Log likelihood, CI: confidence interval, REPE: Reexpansion pulmonary edema.

Overall model fit; -2LL=78.361, $\chi^2=22.853$, df=3, $p=0.000$

* This variable means time interval between symptom development and chest tube insertion.

계적으로 유의한 모형 적합성을 보여주었다. 예측인자로 선택된 변수들의 회귀계수 또한 Wald의 카이제곱값이 모두 $p < 0.05$ 로 통계적으로 유의함을 보여 주었다. 로지스틱 회귀분석을 통해 최종단계에서 선택된 변수들과 그 결과를 Table 2에 정리하였다.

5. ROC curve analysis 를 통한 cut-off value 설정 및 예측성 평가

이상의 분석을 통해 산출된 회귀식을 통하여 예측확율을 산출하고, ROC 곡선을 이용하여 재팽창성 폐부종의 발생 여부에 대한 로지스틱회귀모형의 예측능을 검증하였다. 분석한 결과, 곡선하면적 (area under the ROC curve, AUC)은 0.834이었으며 (95% 신뢰구간, 0.742-0.904), 유의확율은 0.000 ($p < 0.05$)으로 나타나, 이 모델은 재팽창성 폐부종을 예측하는데 유용한 것으로 나타났다.

회귀모형을 통해 산출되는 예측확율의 절단값 (cut-off value)은 0.210으로 하였을 때 판별식의 민감도는 90.9%, 특이도는 70.0%, 양성예측도는 51.2%, 음성예측도는 96.1%, 분류정확도는 75%로 나와 양호한 예측능을 보여주었다 (Fig. 2).

고찰

기흉 환자에서 흉관 삽관으로 감압 후 발생하는 재팽창

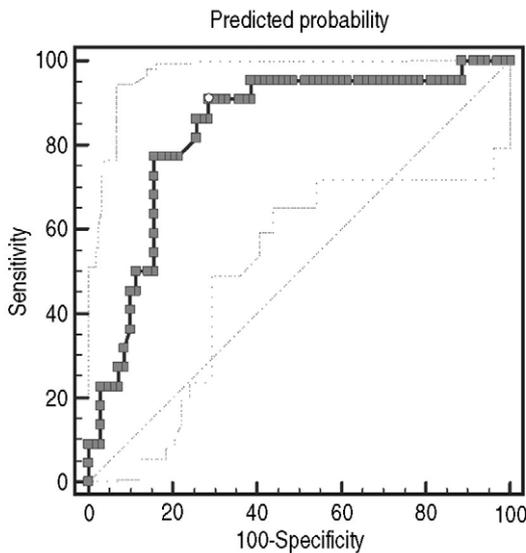


Fig. 2. The ROC (receiver operating characteristic) curves are generated by plotting the sensitivity against 1 minus the specificity for each value of a discriminant and pulmonary edema. The areas under the ROC curves was 0.834 (95% CI 0.742-0.904). CI, confidence interval

성 폐부종은 기흉 치료의 대표적인 합병증으로, 치명적일 수 있는 중요한 합병증이다. 이번 연구에서 기흉 환자의 치료과정에서 발생할 수 있는 폐부종을 예측할 수 있는 인자는 기흉발생에서 흉관 삽입까지의 기간, 기흉의 크기, 말초동맥 산소포화도 등으로 나타났으며 예측식을 이용한 폐부종 예측은 높은 민감도와 음성예측도를 나타내는 것으로 나타났다.

기흉 환자의 재팽창성 폐부종의 발생율은 여러 연구마다 차이가 있으며, 과거 1990년대까지의 연구에서는 발생율이 1%에서 14%까지 보고되었으나 이후 2000년대의 연구 중에서는 29.8%까지 발생하였다는 보고도 있다^{6,7,14}. 이는 초기 연구에서는 단순 흉부 사진과 증상만을 가지고 재팽창성 폐부종의 유무를 판단할 수 있었으나, 최근의 연구에서는 흉부 CT를 통해 단순 흉부 사진에서 보이지 않던 재팽창성 폐부종까지 확인할 수 있게 되었기 때문인 것으로 생각된다. 본 연구에서는 자발성 대량기흉 환자 92명 중 22명에게 재팽창성 폐부종이 발생하여 23.91%의 발생률을 보이고 있다.

재팽창성 폐부종의 발생 기전은 아직 분명하게 밝혀지지 않았으나 일반적으로 폐가 재팽창될 때 폐에 가해지는 기계적인 압박이 폐의 모세혈관에 손상을 주어 모세혈관의 투과성이 증가함에 따라 폐실질의 수분이 증가하거나, 산소 유리기에 기인하는 재관류 손상에 의한 모세혈관의 투과성이 증가하여 발생하는 것으로 보고 있다^{15,16}. Sutnick와 Soloff¹⁷는 허탈된 폐에서 폐의 계면활성제가 현저히 떨어져 있는 것을 확인하였으며 이것이 재팽창성 폐부종의 원인이 될 수 있다고 하였다.

Mahfood 등⁸)은 기흉과 연관된 재팽창성 폐부종환자들을 분석한 결과 83%의 환자에서 3일 이상의 폐허탈을 경험했음을 밝히고, 폐부종의 위험 인자로 3일 이상 장시간의 폐허탈 기간을 언급하였다. 본 연구에서는 폐허탈기간과 폐부종발생의 연관을 파악하기 위해 증상 발생 시부터 흉관삽입까지의 기간을 조사하였다. 이 기간이 3일 이상인 환자는 22명의 재팽창성 폐부종의 환자 중 16명으로 72%를, 70명의 폐부종 비발생군에서는 14명으로 20%를 차지하여 두 군 간에 큰차이를 보였으며, 통계적으로도 유의하였다. 또한 증상 발생 시부터 흉관 삽입까지의 걸린 기간은 별도의 절단값을 설정하지 않더라도 폐부종 발생군에서 평균 5.14±4.57일(중위수 3.5(5)일)로 비발생군의 평균 1.91±4.93일(중위수 1.0(2)일)에 비해 유의하게 길게 나왔으며, 로지스틱 회귀분석에서도 유의한 예측인자로 확인되었다.

Matsuura 등¹⁴)은 기흉의 크기가 재팽창성 폐부종의 위험인자이며 기흉의 크기가 33%보다 작은 경우에는 재팽창성 폐부종이 발생하지 않았다고 보고하였다. 본 연구에서는 흉관 삽관을 한 환자 중에서 대량기흉의 환자만으로 제한하여 분석하였음에도 불구하고 기흉의 크기는 재팽창

성 폐부종을 예측하는데 중요한 인자로 작용하는 것으로 나타났다^{8,18)}.

한편 기존의 여러 연구에서 삽관 후 음압흡인을 통한 폐의 빠른 재팽창을 폐부종 발생의 위험인자로 언급하고 폐부종의 예방을 위해 기흉의 크기가 큰 경우, 흉관을 삽입한 후 낮은 음압 또는 수면하 배액으로만 흉관을 연결하여 서서히 재팽창을 시도할 것을 권하고 있다⁸⁻¹⁰⁾. 본 연구에서는 삽관 후 통제가 가능한 음압흡인 여부보다는 허탈된 폐의 재팽창 시간을 삽관 후 촬영한 방사선사진을 통해 측정해 보았다. 모든 환자는 삽관 후 2시간 이내에 최초 단순흉부방사선사진이 촬영되었고, 이후 추가 방사선 검사까지의 시간은 입원 등의 영향으로 30여분부터 24시간까지 다양하였다. 따라서 정확한 재팽창 시간을 평가하는데 제한이 있어, 폐부종 발생군과 비발생군에서 삽관 후 2시간 이내에 재팽창이 확인된 경우의 비율을 비교하여 삽관 후 짧은 재팽창 시간과 재팽창성 폐부종 발생과의 관계를 평가하였다. 두 군 사이에 2시간 이내의 재팽창 시간은 통계적으로 유의한 결과는 나오지 않았는데, 이는 후향적 연구인 본 연구의 한계 상 삽관 후 재팽창 시간을 측정하는데 근본적인 제한이 있고, 음압흡인의 적용여부가 반영되지 않아 의미 있는 분석으로 보기에는 어려울 것 같다.

이번 연구에서는 이전의 연구에서 주요한 인자로 자주 언급되지 않았던 흉관 삽관 전에 측정된 말초동맥 산소포화도가 재팽창성 폐부종의 예측인자로 나타났다. 이는 기흉의 크기가 클수록 환기장애가 발생하여 이로 인한 저산소혈증이 발생하거나, 정맥환류장애와 심박출량 감소로 인한 이차적인 연관일 가능성이 있다. 그러나 다변량분석에서도 유의하게 나타난 것은 이러한 교호효과보다는 큰 연관관계가 있어 주요한 예측인자로 나타난 것으로 판단된다. 이에 대해서는 추가적인 연구가 필요할 것이다.

재팽창성 폐부종의 임상증상은 특이한 증상 없이 단지 방사선학적 소견이 있는 경우에서부터 기침, 호흡곤란, 흉부압박감, 빈맥 등의 다양한 증상과 심한 저산소혈증 및 호흡부전을 비롯하여 속 및 사망에 이르기까지 다양한 임상 경과를 보일 수 있다^{2-10,16,19)}. 본 연구에서도 다양한 증상과 경과를 보여주었다. 재팽창성 폐부종이 생긴 환자 중 7명은 증상이 없었다. 10명은 호흡곤란 및 기침을 호소하였으나 활력징후는 정상이었으며 저농도의 산소치료로 증상이 호전되었다. 1명은 가슴통증만을 호소하였고 특별한 치료없이 증상이 호전되었다. 3명은 산소포화도가 떨어지고 빈맥이 있어 중환자실에서 고농도의 산소 치료 및 보존적 치료 후 상태가 호전되었으며 인공 호흡기 부착이 필요한 환자는 없었다. 또한 폐부종이 발생한 경우는 입원기간이 평균 10.32 ± 4.47 일로 폐부종이 발생하지 않은 경우의 평균 8.13 ± 3.72 일에 비해 유의하게 길게 나타났다.

이전의 연구에 의하면 심부전, 신부전 등 기저 질환을 가지고 있는 환자가 재팽창성 폐부종이 발생할 경우에 사망

률이 증가하는 것으로 알려져 있다⁸⁾. 그러나 우리 연구에서는 단 한명의 사망자도 발생하지 않았다. 그 이유는 폐부종이 발생한 환자의 수가 22명으로 비교적 적었고, 2명의 당뇨환자와 2명의 고혈압 환자를 제외하고 심부전이나 신부전 환자가 없었던 것도 사망환자가 없는데 영향을 끼쳤을 것으로 사료된다.

재팽창성 폐부종은 대부분이 기흉이 발생한 동측에서 발생하나, 반대쪽에 생기거나 양측성으로 발생하는 경우도 있다^{5,8,20)}. 본 연구에서는 22명의 재팽창성 폐부종 환자 중 10명이 두 엽 이상에서 폐부종이 발생하였으며 12명은 한 개의 엽에서, 1명은 기흉이 발생한 폐의 반대편에서 폐부종이 발생하였다.

본 연구의 제한점으로는, 첫 번째로 일개 대학병원에서 이루어진 후향적 연구로 진행되어 균질한 데이터를 확보하는데 어려움이 있었다. 특히 삽관 후 재팽창 시간에 대한 평가를 제대로 할 수 없었다. 기존의 연구들에서 음압흡인을 통한 빠른 재팽창이 자주 언급됨을 고려해 볼 때 삽관 후 재팽창 시간 자체보다는 특정시점에서 허탈된 폐의 팽창속도가 실제로 더 중요한 요인이 아닐까 생각된다. 재팽창 시간과 폐부종과의 관계를 보다 온전하게 평가하기 위해서는 폐부종의 발생시점과 특정시점에서 재팽창 속도까지 함께 측정이 가능해야 할 것으로 생각되며, 이는 삽관 후 일정한 간격으로 재팽창을 확인할 수 있도록 하는 검사계획이 포함된 잘 계획된 전향적 연구가 필요할 것으로 생각된다. 두 번째로 기흉의 크기를 단순 흉부 사진만을 이용한 Collin's 방법으로 구하였기 때문에 정확한 기흉의 크기와 차이가 있을 수 있다고 판단된다. 또한 단순 흉부 사진과 임상증상을 배제하고 흉부 CT만을 가지고 재팽창성 폐부종을 진단하였기 때문에 발생율이 과대평가되었을 가능성이 있다. 마지막으로 모형의 적합성에 대한 내부적인 검정 이외에 연구표본과는 독립된 잘 수집된 검정표본을 이용한 예측모델의 판별력 검증을 시행하지 못하였다. 발생빈도가 낮은 질환인 만큼 향후 이상의 제한점들을 보완한 보다 나은 모델을 도출하기 위해서 다기관 연구를 통해 보다 많은 표본이 확보되는 전향적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

결 론

흉관 삽관을 시행한 자연 기흉 환자에서 증상 발생 시부터 흉관 삽입까지의 기간이 길수록, 기흉의 크기가 클수록, 산소 포화도가 낮을수록, 재팽창성 폐부종이 생길 위험도가 커진다. 이들 예측인자를 이용하여 구한 회귀식은 $28.955 + 0.147 \times \text{흉관 삽입까지의 기간(day)} + 0.048 \times \text{기흉의 크기(\%)} - 0.359 \times \text{말초산소동맥포화도(\%)}$ 로 나타났으며 그 예측성도 양호한 것으로 나타났다. 그러나 이번 연구는 일개 대학병원에 내원한 환자를 대상으로 한 후향적

인 연구로서 더 나은 모델을 산출하기 위해 다기관 연구를 통한 보다 폭넓고 전향적인 연구가 필요할 것이다.

참고문헌

- Lindskog GE, Halasz NA. Spontaneous pneumothorax. *Arch Surg* 1975;75:693-8.
- Yasunori S. Reexpansion Pulmonary Edema. *Ann Thorac Cardiovasc Surg* 2008;14:205-209.
- Carlson RI, Classen KL, Gollan F, Gobbel WG Jr., Sherman DE, Christensen RO. Pulmonary edema following the rapid expansion of a totally collapsed lung due to pneumothorax: a clinical and experimental study. *Surg Forum* 1958;9:367-71.
- Chi CH, Kim WG, Cho GS, Park JC, Yoo SY. Reexpansion pulmonary edema. *Korean J Thorac Cardiovasc Surg* 1991;8:797-801.
- Chee YC, Gill DS, Poh SC. Ipsilateral pulmonary edema after drainage of spontaneous pneumothorax. *Singapore Med J* 1979;20:283-9.
- Rozenman J, Yellin A, Simansky DA, Shiner RJ. Reexpansion pulmonary edema following spontaneous pneumothorax. *Respir Med* 1996;90:235-8.
- Kim YK, Kim H, Lee CC, Choi HJ, Lee KH, Hwang SO, et al. New classification and clinical characteristics of reexpansion pulmonary edema after treatment of spontaneous pneumothorax. *Am J Emerg Med* 2009;27:961-7.
- Mahfood S, Hix WR, Aaron BL, Blaes P, Watson DC. Reexpansion pulmonary edema. *Ann Thorac Surg* 1988;45:340-5.
- Sherman SC. Reexpansion pulmonary edema: a case report and review of the current literature. *J Emerg Med* 2003;24:23-7.
- Trapnell DH, Thurston JGB. Unilateral pulmonary edema after pleural aspiration. *Lancet* 1970;27:1307-9.
- MacDuff A, Arnold A, Harvey J: BTS pleural disease guideline group. Management of spontaneous pneumothorax: British thoracic society pleural disease guideline 2010. *Thorax* 2010;65:ii18-31.
- Collins CD, Lopez A, Mathie A, Wood V, Jackson JE, Roddie ME. Quantification of pneumothorax size on chest radiographs using interpleural distances: regression analysis based on volume measurements from helical CT. *AJR Am J Roentgenol* 1995;165:1127-30.
- Choi BG, Park SH, Yun EH, Chae KO, Shinn KS. Pneumothorax size: correlation of supine anteroposterior with erect posteroanterior chest radiographs. *Radiology* 1998;209:567-9.
- Matsuura Y, Nomimura T, Murakami H, Matsushima T, Kakehashi M, Kajihara H. Clinical analysis of reexpansion pulmonary edema. *Chest* 1991;100:1562-6.
- Light RW, Murray JF, Nadel JA. Textbook of respiratory medicine. 2nd ed. Philadelphia: W.B saunders Company; 1994. p. 2193-210.
- Kernodle DS, DiRaimondo CR, Fulkerson WJ. Reexpansion pulmonary edema after pneumothorax. *South Med J* 1984;77:318-22.
- Sutnick AI, Soloff LA. Surface tension reducing activity and atelectatic humen lung. *Am J Med* 1963;35:31-6.
- Tan HC, Mak KH, Johan A, Wang YT, Poh SC. Cardiac output increases prior to development of pulmonary edema after re-expansion of spontaneous pneumothorax. *Respir Med* 2002;96:461-5.
- Sherman SC. Reexpansion pulmonary edema: a case report and review of the current literature. *J Emerg Med* 2003;24:23-7.
- DuBose CJ, Perciballi J, Timmer S, Kujawaski E. Bilateral reexpansion pulmonary edema after treatment of spontaneous pneumothorax. *Curr Surg* 2004;61:376-9.