

## 흡입화상 환자에서의 폐기능검사 소견

한림대학교 의과대학 내과학교실

김종엽, 김철홍, 신현원, 채영제, 최철영, 신태림, 박용범, 이재영, 반준우, 박상면, 김동규, 이명구, 현인규, 정기석

### The Findings of Pulmonary Function Test in Patients with Inhalation Injury

Jong Yeop Kim, M.D., Cheol Hong Kim, M.D., Hyun Won Shin, M.D., Young Je Chae, M.D., Chul Young Choi, M.D., Tae Rim Shin, M.D., Yong Bum Park, M.D., Jae Young Lee, M.D., Joon-Woo Bahn, M.D., Sang Myeon Park, M.D., Dong-Gyu Kim, M.D., Myung Goo Lee, M.D., In-Gyu Hyun, M.D., Ki-Suck Jung, M.D.

Departments of Internal Medicine, Hallym University College of Medicine, Seoul, Korea

**Background:** The changes in the pulmonary function observed in burn patients with an inhalation injury are probably the result of a combination of airway inflammation, chest wall and muscular abnormalities, and scar formation. In addition, it appears that prolonged ventilatory support and an episode of pneumonia contribute to the findings. This study investigated the changes in the pulmonary function in patients with inhalation injury at the early and late post-burn periods.

**Methods:** From August 1, 2002, to August 30, 2005, surviving burn patients who had an inhalation injury were enrolled prospectively. An inhalation injury was identified by bronchoscopy within 48 hours after admission. Spirometry was performed at the early phase during admission and the recovery phase after discharge, and the changes in the pulmonary function were compared.

**Results:** 37 patients (M=28, F=9) with a total burn surface area (% TBSA), ranging from 0 to 18%, were included. The initial PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> ratio and COHb were 286.4±129.6 mmHg and 7.8±6.6 %. Nine cases (24.3%) underwent endotracheal intubation and 3 cases (8.1%) underwent mechanical ventilation. The initial X-ray findings revealed abnormalities in 18 cases (48.6%) with 15 (83.3%) of these being completely resolved. However, 3 (16.7%) of these had residual sequela. The initial pulmonary function test, showed an obstructive pattern in 9 (24.3%) with 4 (44.4%) of these showing a positive bronchodilator response. A restrictive pattern was also observed in 9 (24.3%) patients. A lower DLco was observed in only 4 (17.4%) patients of which 23 had undergone DLco. In the follow-up study, an obstructive and restrictive pattern was observed in only one (2.7%) case each. All the decreased DLco returned to normal.

**Conclusions:** Most surviving burn patients with an inhalation injury but with a small burn size showed initial derangements in the pulmonary function test that was restored to a normal lung function during the follow up period. (*Tuberc Respir Dis* 2006; 60: 653-662)

**Key words:** Burn, Inhalation, Pulmonary function test

## 서 론

최근 화상치료 방법의 발전으로 화상으로 인한 사망률이 감소하였지만, 여전히 미국에서는 연간 5,000명 이상의 사망자가 발생하고 있으며<sup>1</sup>, 우리나라에서

도 연간 500명 이상의 사망자와 약 2,000명 이상의 화상환자가 발생하고 있다<sup>2</sup>. 특히 2003년 192명의 사망자를 낸 대구지하철참사는 화재로 인한 인명피해가 얼마나 극심한가를 보여주는 단적인 예로 많은 사회적 파장을 일으킨 바 있다.

화상관련 급성 사망은 대부분 일산화탄소중독, 저산소증, 질식 및 직·간접적인 폐 손상에 기인한다<sup>3,4</sup>. 화재 현장에서의 고열과 연기 흡입은 정상적인 호흡생리에 영향을 주게 되는데 상·하기도에 광범위한 기도손상을 초래하게 된다. 호흡상피가 손상을 입어 괴사되는 정도에 따라 일부 기관지 점막은 탈락되고 casts를 형성하여 기도 폐쇄를 초래할 수 있다<sup>5,6</sup>. 또한 손상된 기도는 기관지 수축을 일으킬 수 있으며

Address for correspondence : In-Gyu Hyun, M.D.  
Department of Internal Medicine, Hallym University  
Hangang Sacred Heart Hospital, 94-200  
Yeoungdeungpo-dong, Yeoungdeungpo-gu, Seoul,  
150-020, Korea  
Phone : 02-2639-5001 Fax : 02-2677-9756  
E-mail : ighyun@hallym.ac.kr  
Received : Feb. 14. 2006  
Accepted : Jun. 5. 2006

심한 경우 출혈성 기관-기관지염을 일으키기도 한다<sup>7</sup>. 하기도에 올 수 있는 변화로는 폐포 대식세포가 손상을 입음에 따라 세균이 증식하기 쉬운 환경을 제공하게 되고<sup>8</sup>, 폐 안에 존재하는 표면활성제 및 제 2형 폐세포의 손상을 초래하여 급성호흡곤란증후군의 병인을 제공하기도 한다<sup>9</sup>. 결국, 흡입화상으로 인한 폐손상은 호흡기계 일부에 국한되지 않고 광범위하게 이루어지기 때문에 결정적인 예후인자로 작용하게 되는 것이다<sup>1,3,4,10,11</sup>.

흡입화상에 의한 기도손상이 실제적인 폐기능의 변화로 이어지는 지에 대한 연구로, Whitener 등은 연기 흡인에 의한 폐 기능 지표의 저하가 시간이 지남에 따라 서서히 회복됨을 보고하였다<sup>12</sup>. 하지만 이 연구는 대상 환자수가 적고 화상범위에 따른 폐기능의 차이를 본 것으로 환자의 특성상 기도 손상에 국한되었다고 볼 수 없다.

저자들은 피부화상범위가 비교적 경미한 흡입화상 환자들을 대상으로 초기 및 회복기의 실제적인 폐기능의 변화를 알아보고, 흡입화상에 대한 기관지내시경적 중증도<sup>13</sup> 실제 폐활량 검사에 어떻게 영향을 미치는 지 그리고 어떠한 호흡기적 치료가 도움이 될 수 있을지를 알아보려고 하였다.

## 대상 및 방법

### 1. 대상

2002년 8월부터 2005년 8월까지 한림의대 한강성심병원 호흡기 내과에 입원한 흡입화상 환자 중 기관지 내시경에 의해 기도 손상이 확인된 환자를 대상으로 하였다. 사망환자와 후유증으로 저산소성 뇌손상을 남긴 환자는 제외하였다. 또한, COPD, 기관지확장증 및 결핵과괴폐 등의 구조적 만성 폐질환이 있는 환자도 제외하였다.

### 2. 방법

#### 1) 기관지내시경검사

흡입화상 유무를 확인하기 위하여 입원 48시간 이내에 기관지내시경 검사를 시행하였다. 전처치로 atropine 0.5 mg과 pethidine (25-30) mg을 검사 30분 전에 근육주사하였으며, 국소마취는 4% lidocaine 5 ml(200 mg)을 분무기(Pulmo aide<sup>®</sup>)를 통해 10-15분 동안 흡입시킨 후 구강 혹은 비강을 통하여 기관지경

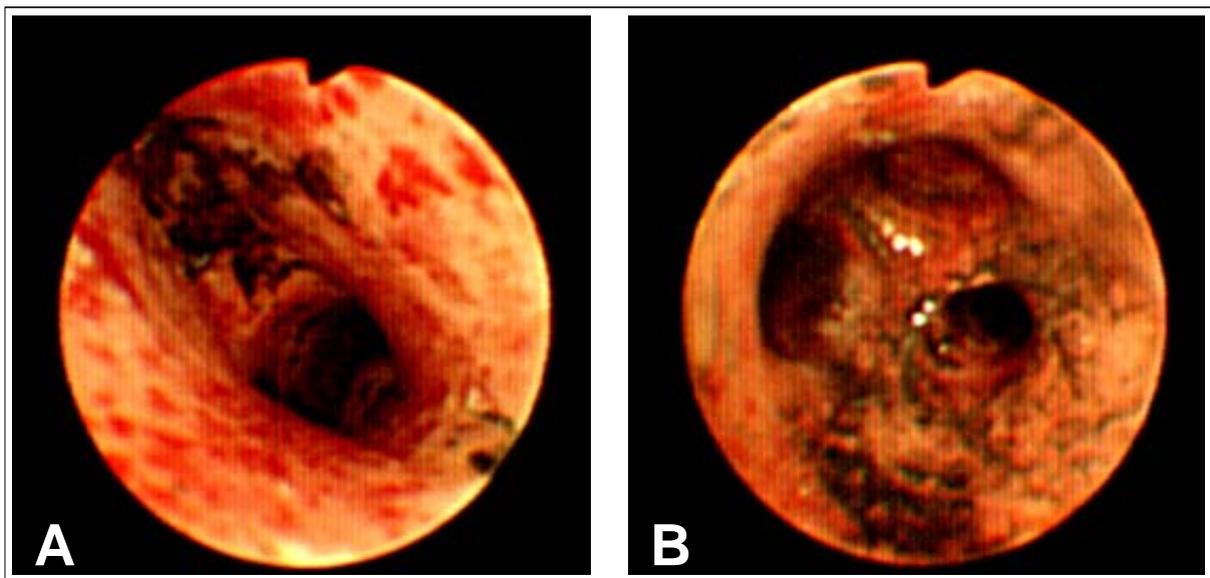


Figure 1. Bronchoscopy performed 1 day after inhalation injury showed some soots and hemorrhagic spots in trachea (A) and right upper lobes (B), in 54 years old female patient

**<부록 1> Bronchoscopic grades for inhalation injury<sup>13</sup>**

1. Edema
2. Blistering
3. Carbonaceous material
4. Soot
5. Hemorrhage
6. Inflammation
7. Ulceration
8. Necrosis of mucosa

The patients are graded bronchoscopically.

Mild	1-3 features present
Moderate	4-6 features present
Severe	7-8 features present

을 삽입하여 검사를 시행하였다(Figure 1). 흡입폐손상에 대한 기관지내시경적 중증도는 항목 수에 따라 경도(mild), 중등도(moderate) 및 중증(severe)으로 분류하였다<sup>13</sup><부록 1>.

**2) 폐기능 검사**

흡입화상 초기의 폐기능 검사는 급성기의 호흡기 증상이 호전된 후 안정상태에서 실시하였으며, 회복기의 검사는 대부분 흡입화상 후 2-3 개월째에 시행하였다. 폐활량측정법을 이용하여(Sensormedics, Vmax<sup>22</sup>, Yorba Linda, California, USA) 노력성 호기곡선에서 강제폐활량(FVC), 1초시 강제호기량(FEV1) 및 최대중간호기유량(FEF25-75%)를 구하였으며, 기류-용량 곡선에서 최대날숨유량(PEF)을 구하였다. 최대자발성호흡량(MVV)은 환자로 하여금 12-15 초간 최대한 빠르고 깊게 호흡을 시켜 호흡량을 1분간의 양으로 환산하였다. FVC는 제한성 장애, FEV1 은 기류 제한(airflow limitation) 및 폐쇄성 장애 중증도의 지표로 삼았으며, FEF25-75%는 말초 소기도의 유량에 장애가 있는지를 확인하고자 하였다. 그리고, 기류-용량 곡선과 PEF는 기류 제한 및 상기도 폐쇄의 지표로 삼았다. MVV는 안면부 및 흉곽의 화상 반흔 혹은 흡입화상으로 야기되는 호흡장애를 극복하고자

하는 환자의 노력 즉, 호흡근육의 기능을 접근하고자 하였다.

폐확산능은(diffusing capacity of the lung for carbon monoxide; DLco) 잔기량까지 호기를 한 상태에서 총폐용량까지 혼합기체(0.3% CO, 0.3% CH<sub>4</sub>, 0.3% C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, 21% O<sub>2</sub>, balance N<sub>2</sub>)를 빨리 흡입시킨 후 약 10초간 숨을 멈춘 후 호기를 하도록 하여 폐포내 기체가 나오는 호기시의 CO의 농도를 계속 측정하여 Krogh 공식을 이용하여 확산능을 계산하였다<sup>14</sup>.

모든 폐기능 성적은 실제 측정치와 추정 정상치의 백분율(%)을 같이 표시하였으며, FEV1/FVC가 70% 미만이고 FEV1이 추정 정상치의 80% 미만인 경우를 폐쇄성 장애로 판정하였으며 기류제한 정도는 Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD)<sup>15</sup>에 근거하여 정상, 경증, 중등증 및 중증으로 분류하였다. FEV1/FVC가 70% 이상이고 FVC가 추정 정상치의 80% 미만인 경우를 제한성 장애로 판정하였는데, FVC의 추정 정상치에 따라 정상(≥ 80%), 경증(60 - 79%), 중등증(51 - 59%) 및 중증(≤ 50%)으로 분류하였다. 그리고 FEV1/FVC가 70% 미만이고 FVC가 추정 정상치의 80% 미만이면 혼합성 장애로 판정하였다. DLco는 추정 정상치의 80 - 120%의 범위에 있으면 정상으로 판독하였다. 기관지 확장제 반응을 확인하기 위해 속효성 베타항진제인 살부타몰(salbutamol)을 사용하였으며, 흡입 15-30 분 뒤 폐기능 검사를 시행하여 FVC 혹은 FEV1이 기저치보다 200 ml 및 12% 이상 증가할 때 양성으로 판단하였다<sup>15</sup>.

**3) 흉부 방사선 검사**

흡입화상으로 내원한 모든 환자들에서 흉부 방사선 검사를 시행하였으며 일부환자는 폐실질의 방사선학적 변화를 접근하기 위하여 고해상도 흉부 전산화단층촬영(HRCT)을 시행하였다. 방사선학적 소견상, 기관지 주위의 간유리 음영, 경화, 기관지벽의 비후, 무기폐, 제2 폐소엽 중격의 비후 및 기관지확장증 등의 소견이 있으면 흡입화상에 의한 변화로 판단하였다.

### 3. 통계 처리

통계적 분석은 MS Window용® SPSS-PC® 10.0 (Statistical package for social science, SPSS Inc. Chicago, IL, USA)을 이용하였다. 측정치는 평균±표준편차로 표시하였으며, 기관지내시경적 중증도와 폐기능 측정치와의 관계는 Spearman 상관분석을 적용하였다. 급성기와 회복기의 폐기능검사 지표 비교는 paired t-test를 시행하였으며 P 값이 0.05 미만일 때 통계적 유의성을 두었다.

## 결 과

### 1. 기초 임상특성

연구기간 동안 총 40명이 등록되었으나, 3명은 각각 사망, 저산소성 뇌손상 및 COPD로 제외되어, 최종적으로 37명(남자 28, 여자 9)을 대상으로 분석하였다. 화상체표면적은 1.86±4.24%(0-18%)였으며 화상의 원인은 전부 화염화상에 의해서였다. 내원 당시의 일산화탄소 헤모글로빈(COHb) 농도는 7.8±6.64%, PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> 비는 286.4±129.6 mmHg, 신체질량지수(kg/m<sup>2</sup>)는 22.66±3.05 였다(Table 1).

**Table 1. Demographic characteristics in burn patients with inhalation injury (n=37)**

Variables	Values
Age, yr	41.62±16.43
Sex	
Male, n(%)	28(75.5)
Female, n(%)	9(24.3)
%TBSA burn(range)	1.86±4.24(0-18)
Flame burn, n(%)	37(100)
COHb, %	7.8±6.64
PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> at admission, (mmHg)	286.4±129.6
CRP (mg/L)	50.56±77.47
Body-mass index (kg/m <sup>2</sup> )	22.66±3.05

Values are means±standard deviation.

TBSA, total body surface area; COHb, carboxyhemoglobin

### 2. 초기, 회복기의 폐기능 검사 및 기관지내시경 소견

흡입화상 초기의 폐기능 검사는 급성 호흡기증상이 안정되고 환자와의 협조가 가능한 상태에서 화상 후 제 6병일(range; 2-56 days)에 시행되었다. FVC, FEV1, FEF25-75%, PEF, MVV 및 DLco(n=23)의 추정 정상치는 각각 82%, 84%, 75%, 73%, 75% 및 97% 였다(Table 2). 흡입화상에 대한 기관지내시경적 중증도는 정상 1예, 경도 21예, 중등도 11예 및 중증이 4예였다. 이들 소견과 초기 폐기능 검사와의 관련성을 살펴 보았을 때, FVC, FEV1, FEF25-75% 및 PEF의 정상 추정치 모두 통계적으로 유의한 상관성을 보여주지는 않았다. 한편, FEV1의 정상 추정치와 내시경적 중증도 사이에는 유의하지는 않으나 음의 상관성(R=-0.321, P=0.053)을 보여주는 경향을 보여주었다(Figure 2).

퇴원 후 회복기의 폐기능 검사는 화상 후 제 59병일(range; 31-264 days)에 시행하였는데 대부분 외래

**Table 2. Initial findings\* of pulmonary function test after inhalation injury**

Variables	Values
FVC, liter	3.56±1.13
% predicted	82.43±18.62
FEV1, liter	2.82±0.98
% predicted	83.91±19.05
FEF25-75, liter/sec	2.77±1.42
% predicted	75.29±30.00
PEF, L/sec	5.88±2.38
% predicted	73.48±25.26
MVV, liter/min	105.54±39.89
% predicted	74.80±21.83
DLco†, mL/mmHg/min	23.53±8.98
% predicted	96.84±28.68

Values are means±standard deviation.

\*: post-burn 6 day(2-56), † : 23 patients

FVC, forced vital capacity; FEV1, forced expiratory volume in 1 second; FEF25-75%, forced expiratory flow rate between 25% and 75%; PEF, peak expiratory flow; MVV, maximum voluntary ventilation; DLco, diffusing capacity of the lung for carbon monoxide,

에서 이루어졌다. FVC, FEV1, FEF25-75%, PEF, MVV 및 DLco(n=6)의 추정 정상치는 각각 89%, 92%, 87%, 84%, 80% 및 112% 였다(Table 3). 초기 폐기능 검사에서 이상을 보인 12명을 대상으로 추적 폐기능 지표들의 변화를 paired *t*-test를 통해 살펴본 결과 FVC, FEV1, FEF25-75%, PEF 및 MVV 값의 유의한 증가를 보여주었다(P<0.05).

한편, DLco는 초기 폐기능 검사에서 23명에서 시행되었는데 이 중 4명이 정상 추정치보다 감소되어 있었으며 추적 폐기능 검사에서는 모두 정상 추정치에 도달하였다.

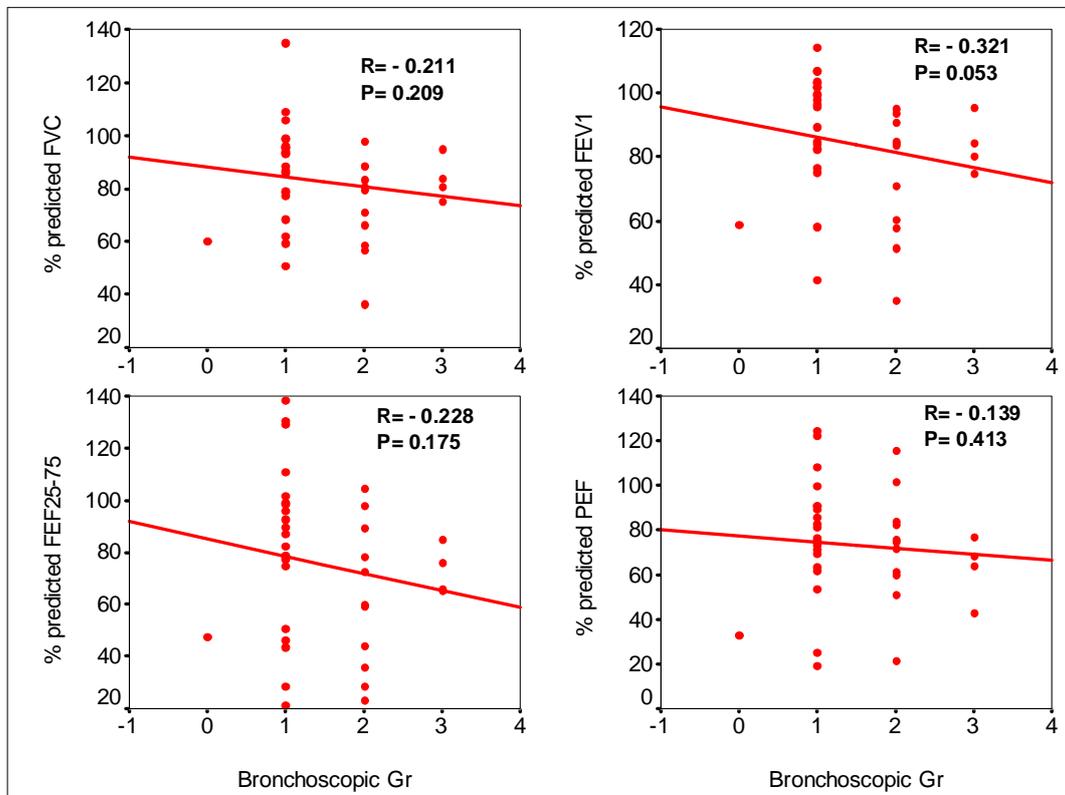
### 3. 폐쇄성 혹은 제한성 장애 및 기관지확장제에 대한 반응

초기 폐기능 검사소견 상 19예(51.4%)가 정상이었으며, 나머지 18예(48.6%)는 각각 9예씩 폐쇄성 및 제

한성 장애를 보여주었다. 폐쇄성 장애를 보인 9예 중 4예(44.4%)가 기관지확장제에 대한 반응이 양성이었다. 회복기 폐기능 검사소견을 살펴본 결과 35예(94.6%)에서 정상이었으며, 나머지 2예(5.4%)는 각각 1예씩 폐쇄성 및 제한성 장애를 보여주었다(Figure 3).

### 4. 임상경과 및 방사선학적 소견

입원 경과 중 9예(24.3%)에서 기도유지를 위해 기관내삽관이 필요하였으며 이 중 3예는 호흡부전으로 기계호흡치료가 필요하였다. 기관절개는 2예(5.4%)에서 시행되었으며 이 중 1예는 회복되어 기관절개 부위를 봉합할 수 있었으나 나머지 1예는 기관협착증으로 진행하였다. 폐렴이 7예(18.7%)에서 발생하였으며 bronchial toilet을 요할 정도의 무기폐가 9예(24.3%)에서 있었다. 한편 흡입화상 초기에 HRCT



**Figure 2.** Correlation between bronchoscopic grades for inhalation injury and initial pulmonary function tests: % predicted values of FVC, FEV1, FEF25-75% and PEF, FVC, forced vital capacity; FEV1, forced expiratory volume in 1 second; FEF25-75, forced expiratory flow rate between 25% and 75%; PEF, peak expiratory flow, Gr, grade.

**Table 3. Follow-up Findings\* of Pulmonary Function Test after Inhalation Injury**

Variables	Values
FVC, liter	4.16±1.21
% predicted	88.74±14.02
FEV1, liter	3.39±1.13
% predicted	91.75±15.62
FEF25-75, liter/sec	3.56±1.47
% predicted	88.67±27.36
PEF, L/sec	7.24±3.10
% predicted	84.40±27.11
MVV, liter/min	124.75±49.56
% predicted	80.17±23.09
DLco†, mL/mmHg/min	27.78±8.56
% predicted	111.64±29.62

Values are means±standard deviation.

\*: post-burn 59 day (31-264), † : 6 patients

FVC, forced vital capacity; FEV1, forced expiratory volume in 1 second; FEF25-75%, forced expiratory flow rate between 25% and 75%; PEF, peak expiratory flow; MVV, maximum voluntary ventilation; DLco, diffusing capacity of the lung for carbon monoxide.

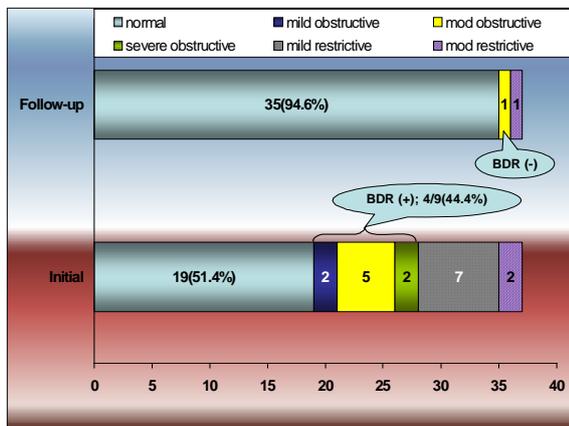
**Table 4. Clinical outcomes and Chest X-ray findings in patients with inhalation injury**

	Number(%)
Intubation	9(24.3)
Mechanical Ventilation	3(8.1)
Tracheostomy*	2(5.4)
Pneumonia	7(18.7)
Atelectasis	9(24.3)
Initial CXR findings	
Normal	19(51.4)
Any abnormalities†	18(48.6)
Follow-up CXR findings	
Normal	34(91.9)
Any abnormalities†	3(8.1)

\*: 1 closure after resolved and 1 tracheal stenosis, † : including ground glass appearance, bronchial attenuation, bronchial thickening, consolidation, atelectasis, edema, bronchiectasis.

### 고 찰

고열과 연기의 흡인 혹은 흡입에 의한 폐 손상은 화상 환자의 사망률을 결정하는 주요인자로 화상관련 사망률을 20-60%까지 증가시키는 것으로 알려져 있다<sup>3,4</sup>. 임상적으로는 일산화탄소 및 시안화물의 중독, 상기도 폐쇄, 폐부종 및 폐렴 등의 형태로 이어지게 된다. 상기도의 점막이 손상 받아 궤양, 기도 부종으로 인해 호흡곤란, 천명 및 청색증을 유발할 수 있으며 심한 경우 기관내삽관을 요하는 기도폐쇄가 일어날 수 있다. 또한 성문 아래 하기도로의 고열의 연기흡입은 기관-기관지염을 초래하고, 기도 상피세포의 손상 및 섬유소의 융합으로 casts를 형성하여 기도폐쇄 및 무기폐를 일으킬 수 있다. 폐실질에도 변화를 초래하여 폐포 및 폐혈관의 투과성의 증가로 인해 폐부종 및 급성호흡곤란 증후군의 병인을 제공하기도 한다<sup>4,6,10</sup>. 현재 흡입 폐손상에 대한 급성기의 치료는 보존적인 치료에 의존하고 있다. 즉, 기도유지, 적절한 산소농도 및 환기, 적극적인 기도 분비물 제거 및 혈액학적 안정 등이 치료에 있어서 중요한 요소이



**Figure 3.** The changes of obstructive and restrictive patterns according to initial and follow-up spirometric values. Mod, moderate; BDR, bronchodilator response.

혹은 흉부방사선 사진에서 이상소견을 보인 경우가 18예(48.6%)에서있었으며, 이 중 3예는 기관지 비후, 공동 및 기관지확장증 등의 반흔을 남기고 치유되었다(Table 4).

다<sup>16</sup>. 이는 환자를 소생시키는 것이 무엇보다도 중요하기 때문이다. 하지만 급성 호흡기 증상에서 회복된 일부 환자들에서 기침, 호흡곤란 혹은 운동시 호흡곤란 등의 폐쇄성 및 제한성 장애를 시사하는 호흡기 증상을 경험하게 된다. 본 연구는 흡입 화상 후의 폐기능의 변화를 폐활량검사를 통해 알아보려고 하였다. 즉, 흡입 폐 손상으로 인한 급성 호흡기증상으로부터 회복된 상태에서 초기 및 회복기에 폐기능 검사를 시행하여 실제적인 폐기능 지표들의 변화를 알아보았다.

흡입 화상 초기의 폐기능 검사 소견에서 전체적으로는 각 지표들의 실제 측정치 혹은 정상 추정치가 정상 범위에 있었으나 각각을 분석해 보면 약 절반에서는 정상 폐기능 소견을 보여주었으며 나머지는 여러 폐기능 지표들의 감소와 함께 폐쇄성 혹은 제한성 장애를 보여주고 있었다. 하지만 추적 검사에서는 초기 폐기능 검사에서 이상소견을 보였던 지표들이 대부분 정상범위로 회복되는 것을 확인할 수 있었다. 실제 초기 폐기능 검사에서 이상을 보인 환자들만 갖고서 초기 및 추적 폐기능 검사를 paired *t*-test 해본 결과 FVC, FEV1, FEF25-75%, PEF 및 MVV의 측정치 및 추정 정상치 모두 의미있게 증가하여 정상범위에 도달하는 것을 확인할 수 있었다.

화재현장에서의 연기흡입 이후의 폐기능에 대한 연구에 대해서는 많은 이론의 여지가 있을 것으로 사료된다. Kinsella 등은<sup>7</sup> 연기 흡입 3일 이내에 3개월 이후의 폐기능 및 기도과민성을 살펴 보았는데, FEV1과 기도저항은 큰 변화가 없었으며, 일부 환자에서 초기에 기도과민성을 확인할 수 있었는데 이 역시 시간이 지남에 따라 서서히 회복함을 관찰하였다. Whitener 등도<sup>12</sup> 흡입화상 환자들에서 초기에 폐기능 검사에서 심한 폐쇄성 장애가 관찰되었고 시간이 지남에 따라 서서히 회복됨을 보고하여 본 연구결과 비슷한 결과를 보여주었다. 하지만 Mlcak 등은 소아 중증화상 환자에서 초기의 폐기능 저하가 비가역적임을 보고하였고<sup>17</sup>, Tasaka 등은 흡입화상 환자에서 장기적인 합병증으로 기관지 확장증 및 폐쇄성 세기관지염(bronchiolitis obliterans)등이 올 수 있음을 보고한 바 있다<sup>18</sup>.

상기 연구 모두 소규모 연구로 진행되었기 때문에 흡입 폐 손상으로 인한 폐기능에 대한 경과를 정확히 예측하기 위해서는 향후 더 많은 연구가 뒤따라야 할 것으로 사료된다. 하지만 흡입화상 초기의 환자를 접근함에 있어서 기도 손상으로 인한 기도폐쇄 및 폐합병증을 인지하는 것은 매우 중요하다. 고열은 포함한 연기의 흡입은 처음에 기관 및 기관지에 국한되어 점막충혈, 혈관투과성의 증가, 상피세포의 탈락, 점액 분비 및 염증세포의 유입을 초래하여 결과적으로 호흡부전의 병인을 제공하기 때문이다. 흡입 화상환자에서 자주 관찰되는 기도 casts는 기관 및 기관지에 국한할 것으로 생각되었으나<sup>6,19</sup>, Hubbard 등은<sup>20</sup> 동물 실험을 통해 이보다 더 작은 세기관지까지 관여함을 보고하였다. 따라서 흡입 화상환자에서 기도의 casts를 제거하는 전략이 향후 예상되는 기관지 폐렴 및 폐포성 저산소증을 예방하는 데 도움을 될 것으로 사료된다. Cox 등은<sup>21</sup> 연기 흡입 초기의 기도 casts는 점액 성분이 주를 이루며, 세기관지의 폐쇄는 주로 호중구에 기인함을 확인하였다. 따라서 초기의 상기도 폐쇄를 제거하는 전략이 하기도의 호중구 침윤을 감소시키며 결과적으로는 호흡기 기능을 증진시킬 수 있다고 보았다<sup>21-23</sup>. 저자들 역시 흡입화상 초기에 기관지 내시경을 적극적으로 시행하여 하기도의 soots 혹은 염증성 분비물을 제거하는데 주력하고 있다. 기도폐쇄를 초래하는 casts는 잠재적으로 생명을 위협하는 상황을 초래할 수 있기 때문이다<sup>4,23</sup>.

이들 소기도의 casts는 폐기능 지표들에게도 영향을 미칠 것으로 사료된다. 본 연구에서도 초기 폐기능 검사에서 제한성 장애를 보인 경우가 9예 있었는데 이는 세기관지의 casts가 기류제한을 보이는 만성 기도질환의 경우처럼 공기 포획현상(air trapping) 혹은 기도저항 증가로 작용했을 것으로 생각된다.

한편, 흡입화상에 대한 기관지내시경적 중증도가 폐기능과의 연관성에 대해서는 아직 이루어진 바 없는데 저자들은 내시경적 중증도와 폐기능 지표간에 유의한 연관성을 확인하지는 못하였다. 다만 FEV1의 정상 추정치와 내시경적 중증도 사이에 비록 통계적으로는 유의하지 않지만 내시경적 중증도가 증가함에 따라 FEV1이 감소하는 경향을 확인할 수 있었다.

Bingham 등은 초기의 내시경적 지표가 기관내삽관의 기간 혹은 기계호흡 유무를 판단하는 지표로 사용하기에는 무리가 있을 것으로 보고한 바 있다<sup>24</sup>. 따라서 초기의 기관지내시경적 중증도와 향후 폐기능 지표에 미치는 영향에 대해서는 더 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다. 저자들은 초기에 진단적 목적으로 기관지내시경을 시행하였지만 결과적으로는 기도내의 soots 혹은 기도 폐쇄의 요소가 있는 기도 분비물들을 적극적으로 제거하였다. 실제로 이러한 적극적인 상·하기도 세정(toilet)를 통해서 불필요한 기관내삽관 및 기계호흡 기간을 줄일 수 있었다.

결과적으로 흡입화상으로 치료받아 생존한 성인 환자들에서 급성 호흡기 증상이 안정된 상태에서 시행한 폐기능 검사상 이상소견을 보인 환자들에서 처음에는 폐쇄성 장애가 많을 것으로 생각되었으나 실제로는 처음 예상과 달리 폐쇄성 및 제한성 장애 양상이 비슷한 분율로 나타났다. 폐쇄성 장애를 보이는 9명 중 4명(44.4%)이 기관지확장제에 대한 반응이 양성이었다. 따라서 기류제한을 시사하는 임상적 소견 및 중환자실 치료를 요하는 흡입화상 환자들에게는 적극적인 기관지확장제 사용이 도움이 될 것으로 판단하였다. 제한성 장애를 보이는 일부 환자는 초기에 적극적으로 기관지내시경적 기도 세정(toilet)이 이루어졌다 하더라도 일부는 자그마한 casts들이 세기도 폐쇄의 빌미를 제공했을 것으로 추정된다. 또한 연기 흡입으로 폐섬유화로 인한 제한성 장애의 가능성을 생각할 때<sup>25</sup>, 흡입화상으로 인한 폐 손상이 기도에 국한되지 않고 폐실질까지 이어질 수 있음을 염두에 두어야 할 것으로 사료된다. 본 연구에서도 폐쇄성 및 제한성 장애가 각각 1명씩 남아 있었는데 추적결과, 제한성 장애 환자는 흡입화상 후 6개월째에 정상으로 회복되었으나 폐쇄성 장애 환자는 12개월이 지났는데도 완전하게 회복되지 않고 있다. 이 환자는 62세 남자환자로 이미 선행 폐쇄성폐질환을 갖고 있었을 수도 있지만, 흡입화상 초기에 치료를 위해 기관절개가 불가피 했던 경우로 아마도 이로 인한 후유장애가 지속되는 것으로 사료되나 중등도에서 경도로 회복되고 있는 것을 고려할 때, 향후 정상으로 회복될 지 여부는 장기간의 추적 관찰을 통해 알아보아야 할 것

이다.

본 연구는 몇가지 제한점을 갖고 있는데 첫째, 대상 환자수가 많지 않다는 것이며, 둘째, 흡입화상 이전의 기초 폐기능 검사결과가 없다는 것이다. 비록 병력청취를 통해 만성 호흡기질환을 배제하였지만 일부 환자는 흡입화상 이외의 기저 호흡기 상태가 폐기능에 반영되었을 것으로 사료된다. 셋째로는 제한성 환기장애를 접근함에 있어 체적변동기록기에 의한 폐용적을 제시하지 않고 강제폐활량(FVC)에 의존했다는 것이다. 이는 극히 일부 환자를 제외하고는 거의 대부분의 환자가 정상 소견을 보여주었기 때문이기도 한데, 향후 폐기능 검사에서 이상 소견을 보이는 경우 선별적으로 적용하는 것에 대해서는 더 많은 고찰이 필요할 것으로 사료된다. 넷째로는 흡입 폐 손상에 대한 기도 및 폐실질에 대한 정량적 접근에 의해 이루어지지 않았다는 것이다. 현재, 흡입화상으로 기도 및 폐 실질에 오는 손상 정도를 정확하게 정량화해서 진단하는 것이 쉽지 않고, 호흡기계 손상에 대한 방어능력 및 회복능력이 개인차에 따라 매우 다양하다는 것을 고려할 때, 어느 한가지 기법으로 접근하기는 어려울 것으로 사료된다. 향후 정량화된 흡입화상 진단 기법이 개발된다면 이를 이용하여 많은 환자들을 대상으로 흡입폐 손상이 폐기능에 미치는 영향에 대한 장기적인 전향적 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## 요 약

### 연구배경 :

흡입화상은 폐렴, 호흡부전 등의 폐합병증으로 인해 이환율 및 사망률 증가에 기인하는 것으로 알려져 있다. 화기 흡입에 의한 기도 손상이 폐기능에 영향을 줄 것으로 예상되나 이에 대한 연구는 빈약한 실정이다. 흡입화상으로 인한 폐기능 검사소견의 변화를 알아보고자 하였다.

### 방 법 :

2002년 8월부터 2005년 8월까지 기관지내시경검사에 의해 흡입 폐 손상이 확인된 환자들을 대상으로 급성기 및 회복기에 폐기능 검사를 시행하여 비교 및

분석하였다. 초기 폐기능 검사에서 FVC, FEV1, FEV25-75% 및 PEF의 정상 추정치는 흡입화상에 대한 내시경적 중증도와의 상관성을 알아보았다. 사망 환자, 연기 흡입으로 뇌손상을 입은 환자 및 선행 만성 호흡기질환자는 제외하였다.

#### 결 과 :

화상체표면적이 0-18%의 범위에 있는 총 37명(남 28, 여 9)의 환자를 대상으로 하였다. 내원 당시의 PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> 비는 286.4±129.6 mmHg, COHb은 7.8±6.6% 였으며, 기관내 삽관은 9예(24.3%), 기계호흡은 3예(8.1%)에서 이루어졌다. 초기 방사선 소견에서 이상 소견을 보인 18예(48.6%) 중 15예(83.3%)는 정상화되었으나 3예(16.7%)는 잔흔을 남기고 치유되었다. 초기 폐기능 검사에서 19예(51.4%)가 정상 소견이었다. 폐쇄성 장애가 9예(24.3%) 있었으며 이 중 4예(44.4%)는 기관지 확장제에 양성반응을 보였다. 제한성 장애도 9예(24.3%) 관찰되었다. DLco를 시행한 23예 중 4예(17.4%)만이 감소된 소견을 보여 주었다. 추적 폐기능 검사에서 초기에 이상 폐기능 소견을 보인 대부분이 정상으로 회복되었으며, 폐쇄성 및 제한성 장애가 각각 1예(2.7%)씩 관찰되었다. DLco는 전부 정상화 되었다.

#### 결 론 :

흡입화상 이후 생존한 환자를 대상으로 급성 호흡기 증상이 안정된 상태에서 시행한 초기 폐기능 검사상 정상, 폐쇄성 및 제한성 장애로 나타나 특이적인 환기장애 양상은 관찰되지 않았다. 또한 초기에 이상 소견을 보여주었다 하더라도 추적검사서 대부분 정상으로 회복되는 것을 관찰할 수 있었다. 그리고, 기관지확장제 양성을 보이는 일부 환자는 기관지 확장제 치료를 적극적으로 시도해 볼 수 있을 것으로 사료된다.

### 참 고 문 헌

- Ryan CM, Schoenfeld DA, Thorpe WP, Sheridan RL, Cassem EH, Tompkins RG. Objective estimates of the probability of death from burn injuries. *N Engl J Med* 1998;338:362-6.
- <http://www.kfsa.or.kr/>.
- Thompson PB, Herndon DN, Traber DL, Abston S. Effect on mortality of inhalation injury. *J Trauma* 1986;26:163-5.
- Shirani KZ, Pruitt BA Jr, Mason AD Jr. The influence of inhalation injury and pneumonia on burn mortality. *Ann Surg* 1987;205:82-7.
- Trunkey DD. Inhalation injury. *Surg Clin North Am* 1978;58:1133-40.
- Herndon DN, Traber DL, Niehaus GD, Linares HA, Traber LD. The pathophysiology of smoke inhalation injury in a sheep model. *J Trauma* 1984;24:1044-51.
- Kinsella J, Carter R, Reid WH, Campbell D, Clark CJ. Increased airways reactivity after smoke inhalation. *Lancet* 1991;337:595-7.
- Demarest GB, Hudson LD, Altman LC. Impaired alveolar macrophage chemotaxis in patients with acute smoke inhalation. *Am Rev Respir Dis* 1979;119:279-86.
- Hallman M, Spragg R, Harrell JH, Moser KM, Gluck L. Evidence of lung surfactant abnormality in respiratory failure: study of bronchoalveolar lavage phospholipids, surface activity, phospholipase activity, and plasma myoinositol. *J Clin Invest* 1982;70:673-83.
- Large AA, Owens GR, Hoffman LA. The short-term effects of smoke exposure on the pulmonary function of firefighters. *Chest* 1990;97:806-9.
- Darling GE, Keresteci MA, Ibanez D, Pugash RA, Peters WJ, Neligan PC. Pulmonary complications in inhalation injuries with associated cutaneous burn. *J Trauma* 1996;40:83-9.
- Whitener DR, Whitener LM, Robertson KJ, Baxter CR, Pierce AK. Pulmonary function measurements in patients with thermal injury and smoke inhalation. *Am Rev Respir Dis* 1980;122:731-9.
- Khoo AK, Lee ST, Poh WT. Tracheobronchial cytology in inhalation injury. *J Trauma* 1997;42:81-5.
- American Thoracic Society. Single-breath carbon monoxide diffusing capacity (transfer factor): recommendations for a standard technique--1995 update. *Am J Respir Crit Care Med* 1995;152:2185-98.
- Pauwels RA, Buist AS, Calverley PM, Jenkins CR, Hurd SS. Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease: NHLBI/WHO Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD) Workshop summary. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;163:1256-76.
- Heimbach DM, Waeckerle JF. Inhalation injuries. *Ann Emerg Med* 1988;17:1316-20.
- Mlcak R, Desai MH, Robinson E, Nichols R, Herndon DN. Lung function following thermal injury in children: an 8-year follow up. *Burns* 1998;24:213-6.

18. Tasaka S, Kanazawa M, Mori M, Fujishima S, Ishizaka A, Yamasawa F, et al. Long-term course of bronchiectasis and bronchiolitis obliterans as late complication of smoke inhalation. *Respiration* 1995; 62:40-2.
  19. Herndon DN, Traber LD, Linares H, Flynn JD, Niehaus G, Kramer G, et al. Etiology of the pulmonary pathophysiology associated with inhalation injury. *Resuscitation* 1986;14:43-59.
  20. Hubbard GB, Langlinais PC, Shimazu T, Okerberg CV, Mason AD Jr, Pruitt BA Jr. The morphology of smoke inhalation injury in sheep. *J Trauma* 1991;31:1477-86.
  21. Cox RA, Burke AS, Soejima K, Murakami K, Katahira J, Traber LD, et al. Airway obstruction in sheep with burn and smoke inhalation injuries. *Am J Respir Cell Mol Biol* 2003;29:295-302.
  22. Pruitt BA Jr, Cioffi WG. Diagnosis and treatment of smoke inhalation. *J Intensive Care Med* 1995; 10:117-27.
  23. Nakae H, Tanaka H, Inaba H. Failure to clear casts and secretions following inhalation injury can be dangerous: report of a case. *Burns* 2001;27:189-91.
  24. Bingham HG, Gallagher TJ, Powell MD. Early bronchoscopy as a predictor of ventilatory support for burned patients. *J Trauma* 1987;27:1286-8.
  25. Herndon DN, Barrow RE, Linares HA, Rutan RL, Prien T, Traber LD, et al. Inhalation injury in burned patients: effects and treatment. *Burns Incl Therm Inj* 1988;14:349-56.
-