http://dx.doi.org/10.4046/trd.2011.71.6.431
ISSN: 1738-3536(Print)/2005-6184(Online)
Tuberc Respir Dis 2011;71:431-437
Copyright©2011. The Korean Academy of Tuberculosis and Respiratory Diseases. All rights reserved.

Original Article

# Impulse Oscillometry (IOS)를 이용한 무기분진 노출자에서의 기도폐쇄 연구

[1]근로복지공단 직업성폐질환연구소, [2]한국산업의학연구소
**이정오[1], 이유림[1], 최병순[1], 이홍기[2]**

# The Application of Impulse Oscillometry (IOS) in the Workers Who had been Exposed to Inorganic Dust Induced Early Airway Obstruction

**Joung Oh Lee, M.P.H.[1], You Lim Lee[1], Byung-Soon Choi, M.D., Ph.D.[1], Hong Ki Lee, M.D.[2]**
*[1]Occupational Lung Diseases Institute, Korea Workers' Compensation & Welfare Service (KCOMWEL), Ansan, [2]Korea Occupational Medicial Institute, Uijeongbu, Korea*

**Background:** We tried to examine the small airway diseases which can be found early, in workers exposed to inorganic dusts. This is measured in normal breath by using the impulse oscillometry (IOS).
**Methods:** The Pulmonary function test (forced vital capacit [FVC], forced expiratory volume in one second [$FEV_1$], forced expiratory flow between 25% and 75% of vital capacity [$FEF_{25-75}$]), IOS resistance (Rrs at 5, 10, 15, 20, 25, 35 Hz) and reactance (Xrs at 5, 10, 15, 20, 25, 35 Hz) were measured for 454 workers. The subjects were classified into 173 workers of normal (38.1%) and 281 patients with pneumoconiosis (61.9%).
**Results:** There were significant differences between normal and patients with FVC (3.82±0.61 vs. 3.53±0.56 L), $FEV_1$ (2.67±0.63 vs. 2.35±0.48 L), and $FEF_{25-75}$ (1.88±0.95 vs. 1.47±0.80 L/sec) between groups ($p<0.05$). And as for IOS, there was no significant difference in resistance (Rrs) ($p>0.05$), and there were significant differences between normal and patients with reactance (Xrs) 15 Hz (0.003±0.05 vs. −0.006±0.04 kPa/L/s), 20 Hz (0.043±0.05 vs. 0.031±0.04 kPa/L/s), and 35 Hz (0.141±0.05 vs. 0.131±0.05 kPa/L/s) between groups ($p<0.05$).
**Conclusion:** We could find out that 15 Hz, 20 Hz, and 35 Hz values of reactance were significantly influenced by pneumoconiosis. When usefulness and reproducibility to carry out the IOS are considered, it is thought that in future work will be required to draw the reference values for normal Korean persons.

**Key Words:** Respiratory Function Tests; Airway Obstruction

## 서 론

규폐증의 원인인 유리규산은 다른 분진들에 비하여 폐섬유화 등의 독성작용이 큰 것으로 알려져 있으며, 방사선학적으로 규폐증의 증거가 없고, 대기도 폐쇄가 없는 유리규산에 폭로된 근로자들에서 만성 기도폐쇄가 관찰되기 수 년 전에 이미 소기도폐쇄 등의 환기장해가 존재한다고 하였다[1]. 규산에 노출된 근로자중 흉부 방사선사진상 진폐 병형이 낮은 경우에는 폐기능 검사상 정상 소견으로 관찰된다고 한다[2]. 환기장해에 대한 일반적인 검사로는 폐기능 검사법이 있지만 피검자가 힘들어하고 협조(노력) 여부에 따라 검사결과의 변이성이 크기 때문에 해석에 어려움이 있다. 그리고 뇌졸중이나 심장질환 등 의학적 원인으로 폐기능 검사를 실시할 수 없거나 고령으로 인해 검사를 정확히 할 수 없는 피검자들 또한 증가하고 있는 실정이며, 폐기능 검사만으로 소기도폐쇄를 조기에 발견할 수 없는 단점이 있다[3]. 소기도폐쇄 질환을 알기 위한

Address for correspondence: **Joung Oh Lee, M.P.H.**
Occupational Lung Diseases Institute, Korea Workers' Compensation & Welfare Service (KCOMWEL), 95, Il-dong, Sangrok-gu, Ansan 426-858, Korea
Phone: 82-31-500-1805, Fax: 82-31-500-1811
E-mail: ljo9704@naver.com
Received: Aug. 26, 2011
Accepted: Nov. 3, 2011

검사방법으로는 단회 호흡질소세척법에 의한 폐쇄용적, 헬륨흡입후의 동유량폐용적, 동적 폐탄성 등이 있으나, 복잡하고 광범위한 준비가 필요하고, 다양한 결과와 부적절한 검사결과로 인하여 적절한 검사방법으로 추천되지 않고 있다[4]. 이러한 여러 가지 문제점으로 인하여 피검자의 협조에 관계없이 정확성과 재현성이 뛰어난 검사와 조기에 환기장해를 발견할 수 있는 검사방법의 도입이 필요한 실정이다.

1956년에 Dubois 등[5]에 의해서 도입된 Impulse oscillometry (IOS) 혹은 Forced oscillation technique (FOT)는 광범위한 주파수에 따른 호흡기계의 특징적인 기계적 성질을 알기 위해 고안되었다[6]. IOS는 노력성 호기방법이 필요하지 않고, 자발성 상시호흡을 통해 검사가 가능하여 흡연이나 직업성 재해로 인한 폐기능 손상 시 검사방법으로 민감하다고 하며[7], 반복적인 검사가 가능하다는 장점이 있다. 이러한 장점으로 인하여 근래에 IOS를 이용하여 기관지 유발 검사와 소기도질환을 조기에 발견하고자 하는 여러 연구가 있었다[8-13]. Hayes 등[14]은 주파수에 따른 저항이 흡연자와 비흡연자들을 감별하는데 민감한 지표가 된다고 하였고, Lándsér 등[15]과 Peslin 등[16]은 기도폐쇄나 소기도질환을 조기 발견하는데 도움이 되지 못한다고 하여 아직 여러 연구자들마다 결과가 대립되어 논란이 있다. 국내에서는 IOS를 이용한 연구가 활발하게 이뤄지지 않은 실정이라 과거 분진흡입으로 유발되는 소기도폐쇄 질환을 조기에 예측하는데 있어 의미가 있는 검사라고 하겠다.

이에 무기분진에 노출된 작업장에서 근무한 근로자들을 대상으로 흉부 방사선사진상 진폐 병형에서 정상과 진폐증자 사이에서 폐기능지표와 IOS 지표들의 의미 있는 차이가 있는지 여부를 확인하고자 하였으며, 만약 있다면 어떤 지표가 가장 관계가 있는지를 알아보고자 하였다.

## 대상 및 방법

### 1. 연구대상

2008년 1월부터 2009년 9월까지 일개 병원에서 진폐 정밀진단 수진자 454명의 남자를 대상으로 하였다. 흉부 방사선사진상 진폐 병형 정상자 173예(38.1%)는 0/0 혹은 0/1 판정에 해당되는 경우였고, 진폐증자 281예(61.9%)는 1/0 이상에 판정된 경우였다. 진폐 병형 판정은 근로복지공단 내 진폐심사의사 6명(2명 1조로 3조 운영)이 영상의학과 전문의와 합의 판독하에 이루어졌다.

### 2. 연구방법

**1) 폐기능 검사:** 연구대상자들에 대한 폐기능 검사를 시행하여 노력성 폐활량(forced vital capacit, FVC), 1초간 노력성 호기량($FEV_1$, forced expiratory volume in one second), 일초율($FEV_1$/FVC), 노력성 호기 중간유량($FEF_{25-75}$, forced expiratory flow between 25% and 75% of vital capacity) 지표를 측정하였다. 지표들은 미국흉부학회(ATS) 및 유럽호흡기학회(ERS)에서 제시하는 권고사항에 따라서 실시하였고, 측정기기는 Vmax-22 (SensorMedics, Yorba Linda, CA, USA)를 사용하였다.

**2) 강제진동법 검사:** 강제진동법은 IOS (Jaeger Master-Screen IOS, Germany)를 사용하여 측정하였는데 검사방법은 피검자를 의자에 앉혀(팔걸이가 있고, 바퀴가 없는 의자) 코마개를 하고 마우스피스를 입으로 가볍게 물고 구강 및 상기도의 유순도를 줄이기 위해 양손으로 양쪽 볼을 지지한 후 천천히 평상시 호흡을 하도록 유도하였다. 피검자가 안정된 호흡을 유지하면 시작버튼을 눌러 30초 동안의 호흡으로 IOS를 측정하였다. 검사 시 피검자의 의식적인 호흡, 침을 삼키는 것으로 성문의 개폐가 일어나거나 기침 등으로 인해 유량신호의 변화가 일어나면 인위적인 신호로 간주하고 다시 검사를 시행하였으며, 마우스피스를 혀로 막는 것, 마우스피스를 불완전하게 물어 생긴 갑작스러운 압력누출 등으로 인한 신호변화도 결과에 포함시키지 않고 재검사를 시행하였다. 이때의 측정으로 말초 기도저항(peripheral airway resistance), 중심 기도저항(central airway resistance) 그리고 주파수 5 Hz에서부터 35 Hz까지의 저항(resistance at 5, 10, 15, 20, 25, 35 Hz)과 유도저항(reactance at 5, 10, 15, 20, 25, 35 Hz)을 측정하였다.

### 3. 통계분석

자료의 입력과 정리는 Microsoft Excel 2000을 이용하였으며, 폐기능지표와 강제진동법지표 측정치는 평균과 표준편차로 표시하였고 흉부 방사선사진상 정상자와 진폐증자 사이의 t 검정(t-test)을 시행하였다. 모든 통계처리는 SPSS version 12.0 프로그램(Spss In.c, Chicago, IL, USA)을 이용하였고, p값이 0.05보다 작을 경우 의미 있는 것으로 판정하였다.

## 결 과

### 1. 연구대상자의 일반적 특성

흉부 방사선사진상 정상자와 진폐증자에서 평균나이는 각각 59.66±8.14와 64.08±7.46세이었고, 신장은 166.57±5.14, 165.56±5.13 cm, 체중은 66.88±8.84, 63.89±9.33 kg, 분진경력은 16.09±7.73년, 18.62±7.15년으로 양 군 간에 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p<0.05$). 흡연여부는 정상자그룹에서 비흡연자가 56.1%, 흡연자는 43.9%를 차지하였고, 진폐증자그룹에서는 비흡연자가 63.3%, 흡연자는 36.7%를 차지하였다(Table 1).

### 2. 폐기능 측정치

폐기능 검사에서 흉부 방사선사진상 정상자와 진폐증자의 FVC는 각각 3.82±0.61 L와 3.53±0.56 L이고, FVC% (FVC의 추정 정상치에 대한 백분율)는 각각 96.12±12.94%와 92.91±12.36%였다. $FEV_1$은 각각 2.68±0.63 L와 2.35±0.48 L, $FEV_1$%는 각각 93.09±18.47%와 87.65±15.08%였다. $FEV_1$/FVC는 각각 69.34±10.07%와 66.68±9.43%였다. $FEF_{25-75}$는 각각 1.88±0.95 L/sec와 1.47±0.80 L/sec, $FEF_{25-75}$% ($FEF_{25-75}$의 추정 정상치에 대한 백분율)는 63.54±28.66%와 54.22±28.70%로 두 집단 간에 통계적으로 유의한 차이($p<0.05$)가 있었다(Table 2).

### 3. IOS 주파수별 저항(Resistance, Rrs)과 유도저항(Reactance, Xrs)의 측정치

저항(Resistance, Rrs)의 주파수 5 Hz에서 35 Hz까지 흉부 방사선사진상 정상자 평균값들은 각각 0.333±0.12, 0.296±0.09, 0.278±0.08, 0.275±0.08, 0.283±0.08, 0.319±0.08 kPa/L/s이었고, 진폐증자에서 평균값은 각각 0.343±0.12, 0.298±0.09, 0.278±0.08, 0.272±0.08, 0.276±0.08, 0.309±0.09 kPa/L/s로 나타났다. 두 집단 간에 통계적으로 유의한 차이($p>0.05$)는 없었다(Figure 1).

Xrs의 주파수 15 Hz, 20 Hz, 35 Hz에서의 흉부 방사선사진상 정상자의 평균값들은 각각 0.003±0.05, 0.043±0.05, 0.141±0.05 kPa/L/s이며, 진폐증자의 평균값들은 각각 −0.006±0.04, 0.031±0.04, 0.131±0.05 kPa/L/s로 두 집단 간에 통계적으로 유의한 차이($p<0.05$)가 있었다. 그러나 주파수 5 Hz, 10 Hz, 25 Hz에서는 정상자의 평균값이 각각 −0.100±0.08, −0.029±0.06, 0.081±0.05 kPa/L/s이고, 진폐증자에서는 평균값이 각각 −0.107±0.06, −0.036±0.04, 0.095±0.43 kPa/L/s로 두 집단 간에 유의한 차이($p>0.05$)는 없었다(Figure 2).

Table 2. Comparison of spirometry parameters between the control and Pneumoconiosis group

| | Control (n=173) | Pneumoconiosis (n=281) | p-value* |
|---|---|---|---|
| FVC, L | 3.82±0.61 | 3.53±0.56 | 0.000 |
| FVC% | 96.1±12.94 | 92.9±12.36 | 0.009 |
| $FEV_1$, L | 2.67±0.63 | 2.35±0.48 | 0.000 |
| $FEV_1$% | 93.1±18.47 | 87.7±15.08 | 0.001 |
| $FEV_1$/FVC, % | 69.3±10.07 | 66.7±9.43 | 0.005 |
| $FEF_{25-75}$, L/sec | 1.88±0.95 | 1.47±0.80 | 0.000 |
| $FEF_{25-75}$% | 63.5±28.66 | 54.2±28.70 | 0.001 |

Data are expressed as mean±SD.
*Student t-test.
FVC: forced vital capacity; FVC%: percent of FVC; $FEV_1$: forced expiratory volume in one second; $FEV_1$%: percent of $FEV_1$; $FEV_1$/FVC%: percent of $FEV_1$/FVC; $FEF_{25-75}$: forced expiratory flow between 25% and 75%; $FEF_{25-75}$%: percent of $FEF_{25-75}$; SD: standard deviation.

Table 1. Characteristics of the subjects

| | Control (n=173) | Pneumoconiosis (n=281) | p-value |
|---|---|---|---|
| Age, yr | 59.66±8.14 | 64.08±7.46 | 0.001 |
| Height, cm | 166.57±5.14 | 165.56±5.13 | 0.042 |
| Weight, kg | 66.88±8.84 | 63.89±9.33 | 0.001 |
| Occupational period, yr | 16.09±7.73 | 18.62±7.15 | 0.001 |
| Smoking, n (%) | | | 0.123* |
| Non-smoker | 97 (56.1) | 178 (63.3) | |
| Smoker | 76 (43.9) | 103 (36.7) | |

*Pearson Chi-square test.

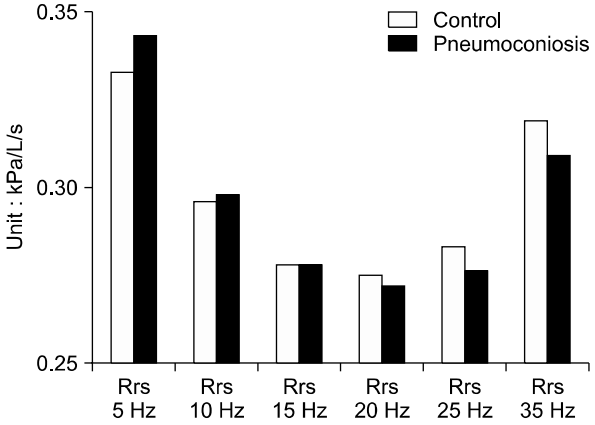


**Figure 1.** Comparison of resistance parameters between the control and Pneumoconiosis group ($p>0.05$). Rrs: resistance.

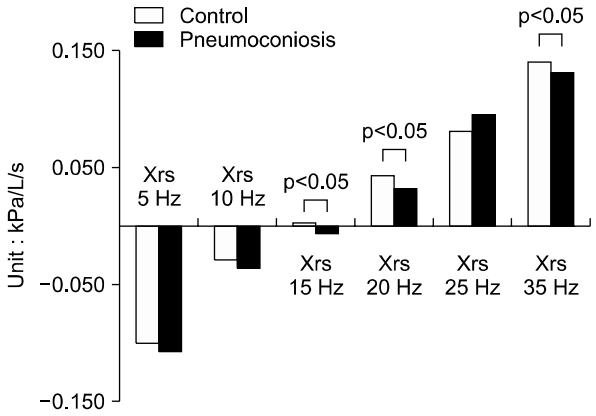


**Figure 2.** Comparison of reactance parameters between the control and Pneumoconiosis group. Xrs: reactance.

### 4. IOS의 기도저항 측정치

흉부 방사선사진상 정상자와 진폐증자의 총 기도저항과 중심 기도저항, 말초 기도저항은 모두 두 집단 간에 통계적으로 유의한 차이($p>0.05$)는 없었다(Table 3).

Table 3. Comparison of airway resistance parameters between the control and Pneumoconiosis group

| | Control (n=166) | Pneumoconiosis (n=264) | p-value* |
|---|---|---|---|
| Total resistance | 0.394±0.22 | 0.418±0.20 | 0.244 |
| Central resistance | 0.178±0.08 | 0.188±0.09 | 0.271 |
| Peripheral resistance | 0.216±0.15 | 0.230±0.13 | 0.285 |

Data are expressed as mean±SD. Unit is kPa/L/s.
*Student t-test.
SD: standard deviation.

## 고 찰

1980년대 후반부터 정부의 석탄산업합리화정책으로 탄광에 종사하는 근로자들 수는 급격히 감소하였다. 그러나 근래에는 상대적으로 각종 제조업체에서 유리규산에 노출되어 발생한 진폐증환자들이 차지하는 비율이 증가하고 있는 추세이다[17]. 진폐증의 원인인 유리규산은 다른 분진들에 비하여 폐섬유화 등의 독성작용이 큰 것으로 알려져 있다. 쥐를 대상으로 실시한 실험적 연구에서 결정형 유리규산을 노출시켜 기도폐쇄의 기능적 변화와 함께 폐기종과 소기도벽이 두꺼워지는 결과를 보고한 것처럼 폐기종과 기관지염 등의 합병증이 진폐증 환자의 폐기능 저하의 주된 요인으로 알려져 있다[18,19]. 진폐증의 경우 이러한 진행이 다른 질환에 비하여 빠른 것으로 알려져 있다. 일단 진폐증이 발생하면 현재까지 치료할 방법이 없고, 더 이상 분진에 노출되지 않더라도 진폐증은 진행된다고 알려져 있다[20]. 더구나 유리규산에 노출되는 근로자들에게서 방사선학적으로 진폐증의 증거가 없고, 대기도폐쇄가 없더라도 소기도폐쇄 등의 환기장해가 존재한다고 하였다[1]. 이러한 이유로 진폐증의 발생을 예방하는 것이 근로자의 보건관리에 가장 좋은 방법이지만, 일단 진폐증이 발생한 근로자에서 합병증으로 발생하는 호흡장해를 최소화하기 위해서는 호흡장해 여부를 조기에 발견하는 것이 중요하다. 진폐증이 진행된 경우는 FVC 등의 일반적인 폐기능 검사에서 이상 소견이 나타나지만, 흉부 방사선사진상 진폐 병형이 0형 혹은 1형인 경우는 정상 소견을 보인다고 한다[2,11]. 현재 환기장해에 대한 일반적인 검사로는 폐기능 검사가 있지만 피검자가 힘들어하고 피검자의 협조(노력) 여부에 따라 검사결과의 변이성이 크다. 그리고 소기도폐쇄를 조기에 발견할 수 없는 단점이 있다[3]. 소기도질환을 알기 위한 검사방법으로는 단회 호흡질소세척법에 의한 폐쇄용적, 헬륨흡입후의 동유량폐용적, 동적 폐탄성 등이 있으나, 복잡하고 광범위한 준비가 필요하고, 다양한 결과와 부적절한 검사결과로 인하여 적절한 검사방법으로 추천되지 않고 있다[4]. 이러한 문제점들로 인해 피검자의 협조에 관계없이 정확성과 재현성이 뛰어난 검사와 조기에 환기장해를 발견할 수 있는 검사 방법의 도입이 필요한 실정이다.

Dubois 등[5]에 의해서 도입된 IOS는 광범위한 주파수에 따른 호흡기계의 특징적인 기계적 성질을 알기 위해 고안

되었으며, 외부의 확성기에서 발생하는 기류의 진동을 자발호흡에 부가시켜 발생하는 압력의 변화를 분석하여 폐기능을 평가하는 방법이다. 1970년대에 컴퓨터 연산능력의 도입으로 Fourier 변환법에 의한 복잡한 신호의 분석이 가능해지면서 더 깊은 연구가 가능하게 되었다. 호흡기계의 임피던스는 저항(Resistance, Rrs)과 유도저항(Reactance, Xrs)으로 나눌 수 있으며, 유도저항은 기관지의 공기흐름의 관성(inertance)과 용량(capacitance)에 영향을 받았다[15]. 정상인에서 주파수에 따른 저항(Rrs)의 변화는 거의 없으며, 호흡기 질환자에서는 낮은 주파수에서 증가하는 경향이 있다. 유도저항(Xrs)의 경우는 낮은 주파수에서 용량이 더 많은 영향을 미쳐 음성값을 보이지만 주파수가 증가할수록 관성이 더 많은 영향을 미쳐 양성값을 보인다고 한다. 유도저항이 0인 경우의 주파수를 공명주파수(Rf)라고 하며, 정상인의 경우는 약 8 Hz 정도라고 한다[6].

기존의 폐기능 검사와는 달리 IOS는 폐쇄부위가 중심부위인지 말초부위인지 감별하는데 도움이 된다. 중심기도폐쇄인 경우는 주파수의 변화에 따른 차이가 없으면서 Rrs이 증가하는 경향이 있고, 유도저항은 정상소견을 보인다[21]. 말초기도폐쇄의 경우는 낮은 주파수 5 Hz에서 Rrs이 높게 나타나지만 높은 주파수 20 Hz에서는 상대적으로 낮은 수치를 보이며 Xrs은 낮은 주파수에서 정상보다 훨씬 낮은 수치를 보여 Rf가 증가하게 된다[22].

IOS는 노력성 호기방법이 필요하지 않고, 자발성 상시호흡을 통해 검사가 가능하고, 반복적인 검사가 가능하다는 장점이 있다. 이러한 장점으로 인해 흡연자와 작업장에서 유해물질에 노출된 근로자를 대상으로 IOS를 이용하여 소기도질환을 조기에 발견하고자 하는 여러 시도들이 있었다[8-11].

Peslin 등[16]이 10명의 건강한 사람과 8명의 만성 폐쇄성 폐질환(chronic obstructive pulmonary disease, COPD) 환자군을 대상으로 하여 시행한 연구에서 주파수 4～30 Hz의 평균저항값이 각각 0.182±0.05 hPa/l/s와 0.541±0.11 hPa/l/s이었고, 공명주파수(Rf)는 각각 7.2±0.06 Hz와 16.6±11.6 Hz로써 만성 폐쇄성 폐질환(COPD) 환자군에서 유의하게 높았다. Peslin 등[23]이 시행한 다른 연구를 보면 건강한 47명의 비흡연자와 51명의 흡연자를 대상으로 주파수 5～20 Hz의 임피던스를 측정하였는데 흡연자에서 Rrs이 비흡연자보다 약간의 증가소견을 보였고, Xrs은 차이가 없었다.

Hayes 등[14]은 건강한 비흡연자, 흡연자와 COPD환자군을 각각 12, 15, 8명을 대상으로 주파수 5～30 Hz에서 여러 가지 측정값을 구하였다. 이 결과에 의하면 평균저항값이 각각 0.294±0.44, 0.242± 0.48, 0.314±0.82 hPa/l/s이었고, 비흡연자와 흡연자간에는 차이가 없었지만, 흡연자와 COPD환자군 간에는 유의한 차이가 있었다. 공명주파수는 각각 9.3±2.35, 13.6± 4.7, 26.5±3.5Hz이었고, 비흡연자와 흡연자간과 흡연자와 만성 폐쇄성 폐질환환자군 간에 유의한 차이를 보였다.

국내에서 Kim 등[4]에 따르면 노력성 폐활량 측정치가 정상인 건강한 122명의 비흡연자와 234명의 흡연자를 대상으로 한 연구에서는 총 기도저항과 말초 기도저항이 흡연자군에서 유의하게 높았고, 주파수 5 Hz에서부터 35 Hz까지의 Rrs값들은 흡연자와 비흡연자 간에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았고, 기관지 유순도 및 주파수 5 Hz와 10 Hz의 Xrs는 흡연자군에서 유의하게 적었다.

Park 등[24]은 운동이 폐기능에 미치는 영향에서 호흡기 증상이 없는 59명의 건강한 젊은 성인을 대상으로 일주일에 3시간 이상 운동을 하는 사람이 일주일에 30분 이내 운동하는 사람보다 주파수 5 Hz에서 Xrs이 유의하게 낮았다.

Keman 등[25]이 화학공장근로자들을 대상으로 하여 5년 간격으로 검사를 실시하였는데 1초간 $FEV_1$의 감소와 연관되어 8 Hz의 유도저항(Xrs)은 감소하고 Rf는 유의하게 증가되었다. Pham 등[11]은 석탄광부들을 대상으로 흉부 방사선사진상 진폐 병형이 0/1과 1/0인 군과 근무경력이 2년 이하인 건강한 광부군과 비교하였을 때 총 기도저항과 Rrs의 평균값과 Rf에 차이가 없다고 하였다.

이번 연구결과에서 주파수별 Hz에서 흉부 방사선사진상 정상자와 진폐증자에 있어서의 Rrs값은 두 집단 간에 차이가 없었다. 공명주파수를 측정하지 않았지만 흉부 방사선사진상 정상자의 주파수 10 Hz와 15 Hz- Xrs이 −0.029 kPa/L/s와 0.003 kPa/L/s인 것을 감안하였을 때 공명주파수가 10 Hz 이상인 것으로 예상되며, 진폐증자는 15 Hz와 20 Hz- Xrs이 −0.006 kPa/L/s과 0.031 kPa/L/s인 것을 감안할 때 공명주파수가 15 Hz 이상인 것으로 예상된다. 즉 정상자와 진폐증자의 공명주파수가 정상인의 8 Hz보다 클 것으로 예상된다. 총 기도저항과 중심, 말초 기도저항 값들은 두 집단 간에 차이가 없었다. 이러한 결과를 해석하기에는 말초 기도저항과 중심 기도저항의 구분이 모호하고, 말초 기도저항이 총 기도저항에서 차지하는 부분 또한 낮고 이에 대한 연구는 미흡하여 제한점이 따른다. Xrs에서 15 Hz, 20 Hz, 35 Hz에서만 정상자보다 진폐증자에서 유의하게 낮은 결과를 보였지만 기존

의 다른 연구결과에서는 낮은 주파수라고 할 수 있는 5 Hz에서 20 Hz까지의 Xrs값이 정상자보다 유의하게 낮아 결과 간에 상이한 면이 있었다. 현재까지 연구자마다 IOS를 이용할 때 각기 다른 측정단위와 측정종목을 사용하고 있고 완전히 정립된 것은 없다. 그리고 건강한 사람들을 대상으로 한 많은 집단으로부터 얻은 정상치가 부족하기에 개개인의 분석보다는 집단 간의 비교분석이 대부분인 실정으로 기존의 연구결과만으로 이번 연구에 대하여 평가하기에는 어려움이 있다. 본 연구는 기존의 다른 연구보다 대상자가 많고 기존과 다른 특정집단을 대상으로 실시한 장점이 있지만 특정집단을 대상으로 하였기에 대상자들이 과거 분진에 노출되었던 고령자로 다양한 연령의 정상인을 대변하지 못하는 제한점이 있다. 아직까지 IOS 검사를 적용하기에는 많은 제한점이 따르지만 IOS의 검사 수행의 용이성과 높은 재현성을 감안하였을 때, 앞으로 우리나라 정상인들을 대상으로 참고치를 구하는 작업과 소기도폐쇄를 알 수 있는 기존의 폐쇄용적과 호흡횟수, 의존성 폐탄성과의 연관성을 알아보는 연구가 필요할 것으로 생각된다.

## 참 고 문 헌


1. Chia KS, Ng TP, Jeyaratnam J. Small airways function of silica-exposed workers. Am J Ind Med 1992;22:155-62.
2. Bégin R, Ostiguy G, Cantin A, Bergeron D. Lung function in silica-exposed workers. A relationship to disease severity assessed by CT scan. Chest 1988;94:539-45.
3. Park IN, Hue SH. Bronchial hyperreactivity in subjects with smail airway disease using methacholine bronchial provocation test. Tuberc Respir Dis 1990;37:151-9.
4. Kim YS, Kweon SH, Song MY, Yoo SM, Park JS, Jee YK, et al. The application of impulse oscillometry (IOS) in the detection of smoking induced early airway obstruction. Tuberc Respir Dis 1997;44:1030-9.
5. Dubois AB, Brody AW, Lewis DH, Burgess BR Jr. Oscillation mechanics of lungs and chest in man. J Appl Physiol 1956;8:587-94.
6. Demedts M, Van Noord JA, Van De Woestijne KP. Clinical applications of forced oscillation technique. Chest 1991;99:795-7.
7. Oostveen E, MacLeod D, Lorino H, Farré R, Hantos Z, Desager K, et al. The forced oscillation technique in clinical practice: methodology, recommendations and future developments. Eur Respir J 2003;22:1026-41.
8. Wouters EF. Total respiratory impedance measurement by forced oscillations: a noninvasive method to assess bronchial response in occupational medicine. Exp Lung Res 1990;16:25-40.
9. Jorna T, Koiter N, Slangen J, Henderson P, Wouters E, Borm P. Effects of inorganic dust exposure on lung function measured by spirometry and forced oscillation technique (FOT). Am Rev Respir Dis 1992;145:A539 (Abstract).
10. Pairon JC, Iwatsubo Y, Hubert C, Lorino H, Nouaigui H, Gharbi R. Measurement of bronchial responsiveness by forced oscillation technique in occupational epidemiology. Eur Respir J 1994;7:484-9.
11. Pham QT, Bourgkard E, Chau N, Willim G, Megherbi SE, Teculescu D, et al. Forced oscillation technique (FOT): a new tool for epidemiology of occupational lung diseases? Eur Respir J 1995;8:1307-13.
12. Kim JS, Kim CW, Park JY, Chung HW, Park JW, Hong CS. Clinical usefulness of impulse oscillometry (IOS) in bronchial asthma. Korean J Med 2000;59:522-8.
13. Park JY, Kim CW, Lee JH, Park YS, Park BG, Park JW, et al. Usefulness of impulse oscillometry in patients with asymptomatic bronchial asthma. J Asthma Allergy Clin Immunol 2001;21:491-9.
14. Hayes DA, Pimmel RL, Fullton JM, Bromberg PA. Detection of respiratory mechanical dysfunction by forced random noise impedance parameters. Am Rev Respir Dis 1979;120:1095-100.
15. Lándsér FJ, Nagles J, Demedts M, Billiet L, van de Woestijne KP. A new method to determine frequency characteristics of the respiratory system. J Appl Physiol 1976;41:101-6.
16. Peslin R, Duvivier C, Gallina C, Cervantes P. Upper airway artifact in respiratory impedance measurements. Am Rev Respir Dis 1985;132:712-4.
17. Choi BS, Kim JH, Lee JO, Shin JH. Logical propulsion plan research of pneumoconiosis worker protection business by pneumoconiosis worker graying back. Gwacheon: Ministry of Labor; 2006.
18. Wright JL, Harrison N, Wiggs B, Churg A. Quartz but not iron oxide causes air-flow obstruction, emphysema, and small airways lesions in the rat. Am Rev Respir Dis 1988;138:129-35.
19. Churg A, Hobson J, Wright J. Functional and morphologic comparison of silica- and elastase-induced airflow obstruction. Exp Lung Res 1989;15:813-22.
20. Choi BS. A study on the development of coalworkers' pneumoconiosis in Korea. Seoul: Graduate School of

Health, Seoul National University; 1995.
21. van Noord JA, Wellens W, Clarysse I, Cauberghs M, Van de Woestijne KP, Demedts M. Total respiratory resistance and reactance in patients with upper airway obstruction. Chest 1987;92:475-80.
22. Severinghaus JW. Blood gas calculator. J Appl Physiol 1966;21:1108-16.
23. Peslin R, Marchal F, Duvivier C, Ying Y, Gallina C. Evaluation of a modified head generator for respiratory impedance measurements. Eur Respir Rev 1991;1:140-5.
24. Park JS, Kim YS, Choi EK, Jee YK, Lee KY, Kim KY, et al. Effect of exercise on pulmonary function. Tuberc Respir Dis 1998;45:351-9.
25. Keman S, Willemse B, Wesseling GJ, Kusters E, Borm PJ. A five year follow-up of lung function among chemical workers using flow-volume and impedance measurements. Eur Respir J 1996;9:2109-15.