

## 서울지역의 미세먼지가 호흡기계 질환으로 인한 병원입원에 미치는 영향

### The Effect of PM<sub>10</sub> on Respiratory-related Admission in Seoul

서주희 · 하은희\* · 이보은<sup>1)</sup> · 박혜숙 · 김 호<sup>2)</sup> · 홍윤철<sup>3)</sup> · 이옥희<sup>2)</sup>  
이화여자대학교 의과대학 예방의학교실, <sup>1)</sup>질병 관리본부 만성병조사팀,  
<sup>2)</sup>서울대학교 보건대학원, <sup>3)</sup>서울대학교 의과대학 예방의학교실  
(2006년 3월 21일 접수, 2006년 6월 27일 채택)

Ju-Hee Seo, Eun-Hee Ha\*, Bo-Eun Lee<sup>1)</sup>, Hye-Sook Park,  
Ho Kim<sup>2)</sup>, Yun-Chul Hong<sup>3)</sup> and Ok-Hee Yi<sup>2)</sup>  
*Department of Preventive Medicine, Ewha Womans University,*  
<sup>1)</sup>*Department of Investigation of Chronic Disease,*  
*Korean Centers for Disease Control & Prevention,*  
<sup>2)</sup>*Institute of Public Health, Seoul National University,*  
<sup>3)</sup>*Department of Preventive Medicine, Seoul National University*  
(Received 21 March 2006, accepted 27 June 2006)

#### Abstract

This study was performed to examine the effect of particulate matter less than 10  $\mu\text{m}$  in diameter (PM<sub>10</sub>) on respiratory-related admission in Seoul, 1999. Daily counts of respiratory-related admission were analyzed by generalized additive model with adjustment for effects of air temperature, humidity, and day of the week as confounders in a nonparametric approach.

The results follow associations between PM<sub>10</sub> and asthma, acute upper respiratory disease, acute lower respiratory disease, pneumonia, and chronic respiratory disease.

The relative risks were 1.30 (95% CI=1.14~1.50) for pneumonia, 1.18 (95% CI=1.01~1.37) for acute lower respiratory disease in less than 15 years, respectively.

The relative risks were 1.85 (95% CI=1.22~2.81) for acute lower respiratory disease, 1.28 (95% CI=1.04~1.57) for asthma, 1.25 (95% CI=1.01~1.54) for pneumonia and 1.19 (95% CI=1.01~1.41) for acute upper respiratory disease in 15 to 64 years, respectively.

The relative risks were 1.54 (95% CI=1.15~2.08) for asthma, 1.38 (95% CI=1.06~1.80) for chronic respiratory disease in more than 65 years, respectively.

The study showed that PM<sub>10</sub> was considerably affects daily counts of respiratory-related admission in Seoul,

\*Corresponding author.  
Tel : +82-(0)2-2650-5757, E-mail : eunheeha@ewha.ac.kr

1999. Statistically significant associations were mostly found in the adult group like 15 to 64 years. The highly relative risks come out in the elderly.

**Key words :** Air pollution, PM<sub>10</sub>, Respiratory disease, Respiratory admission

## 1. 서 론

환경부 국립환경연구원(2003)에서 발표한 대기환경 연보(2002)에 따르면 2002년의 서울지역 연평균 미세먼지 농도는 76 µg/m<sup>3</sup>로 2000년에 65 µg/m<sup>3</sup>, 2001년에 71 µg/m<sup>3</sup>보다 높아졌으며 매년 악화되고 있다. 이는 2002년 뉴욕의 미세먼지 농도 27.4 µg/m<sup>3</sup>보다 2.8배, 2001년 도쿄의 37 µg/m<sup>3</sup>보다 2.1배 높은 수치이다. 이처럼 우리나라의 대기질은 선진국에 비해 오염도가 높으며 특히 인구밀집지역인 서울과 수도권은 더 심할 것이다.

대기오염이 인체에 미치는 영향은 겉으로 확연히 드러나는 것도 아니고 암처럼 심각성이 널리 알려진 병도 아니어서 대기오염으로 인해 얼마만큼 피해를 입고 있는지 잘 모르고 있으나 WHO의 보고에 따르면 매년 약 300만 명이 대기오염으로 인해 사망하여 전 세계 사망 원인의 5%가 대기오염 때문이고, 보고되지 않은 경우까지 포함한다면 대기오염으로 인한 사망은 연간 최대 600만 명에 이를 것으로 추정된다고 서술하고 있다(조상현, 2004).

미세먼지(PM<sub>10</sub>)는 대기 먼지 입자 중 크기가 10 µm 이하인 미세 분진으로 산란 효과와 구름 응결핵 역할을 하는데 인체에 흡입되어 천식과 같은 호흡기계 질병을 악화시키고, 폐에 영향을 줄 우려가 높아 대기 환경 기준 항목으로 관리하고 있다(기상청 용어사전).

이처럼 대기오염으로 인한 건강피해는 점차 증가하고 있고 어떠한 다른 질병보다 호흡기에 미치는 영향은 직접적이라고 할 수 있다.

대기오염 노출과 호흡기계 질환과의 관련성에 관한 국외 연구는 매우 활발히 이루어져 왔다. 대기오염이 소아천식에 미치는 영향에 관한 연구에서 PM<sub>2.5</sub>가 10 µg/m<sup>3</sup> 증가함에 따라 기관지염의 위험도가 5% 증가하였고(Pino *et al.*, 2004), PM<sub>10</sub> 증가에 따라 천식아동들이 기관지염이나 가래 증상이 증가한다고 보고

된 연구(McConnell *et al.*, 1999)가 있었으며 분진노출이 천식으로 인한 소아의 병원 방문과(Norris, 1999) 응급실 방문을 증가시키는 것으로 나타났다(Tolbert, 2000). 천식 외의 다른 호흡기질환 즉 폐렴이나 기관지염에 관한 연구에서도 PM<sub>10</sub> 노출이 호흡기질환을 증가시키고(1.2배) 모든 호흡기질환에 관련된 입원에 영향을 미치는 것(Buckeridge *et al.*, 2002)으로 나타났다. 한편 PM<sub>10</sub> 노출로 인한 사망에 관한 연구는 PM<sub>10</sub>이 일별 사망률 증가와 관련이 있으며(Samet *et al.*, 2000; Katsouyanni *et al.*, 1997) 미세분진이 10 µg/m<sup>3</sup> 증가할 때 일별 사망률이 0.5~1.5% 정도 증가하는 것으로 나타났고(Pope *et al.*, 1995) 여러 사인 중 호흡기질환으로 인한 사망이 대기분진과 가장 강한 관련성을 보였다(Schwartz and Dockery, 1992). 그러나 미세먼지(PM) 연구에서 심장병환자 병원입원이나 사망이 PM<sub>10</sub>과 관련성이 없다고 한 연구도 있었고(Slaughter *et al.*, 2004) 어린이들의 호흡기입원에서도 PM<sub>10</sub>과 관련이 없다고 보고된 연구 결과들도 있었다(Fusco *et al.*, 2001).

국내 연구에서도 대기 오염 물질이 호흡기환자의 응급실 내원 건수와 통계적으로 유의한 상관성이 있는 것으로 보고되었으며(최 현 등, 2000) 서울지역에서 미세먼지가 증가할 때 급성호흡기질환 병원방문도 증가하는 것으로 나타났다(임종한 등, 1998). 또한 PM<sub>10</sub> 노출로 인한 소아 천식입원의 상대위험도는 1.07이었으며(Lee *et al.*, 2002), 호흡기증상에 의한 입원이나 응급실 방문은 1%, 천식에 의한 것은 2~3%, 기관지 확장제 사용은 12.2% 증가하였다(최인선, 2000). 서울지역 대기오염이 호흡기계질환에 미치는 단기영향에 관한 환자교차연구에서도 응급실 내원자수의 1년간 변화양상을 보면 10월~12월과 3월~5월 사이에 주로 증가하는 뚜렷한 계절변화가 확인되었다(이영주 등, 2001). 대기분진이 사망률 증가, 특히 호흡기계 사망률의 증가에 유의한 영향을 주는 것으로 나타났다(Lee *et al.*, 2000; 이미영 등, 2000; 권호장 등, 1999; Hong *et al.*, 1999; Lee *et al.*,

1999).

현재까지 미세먼지와 호흡기계 병원방문에 관한 연구가 국외에서는 천식, 폐기종, 폐렴, 하기도 호흡기 감염 등(Kappos *et al.*, 2004; Sinclair and Tolsma, 2004; Garshick *et al.*, 2003; Braga *et al.*, 2001; Fusco *et al.*, 2001)을 분석대상으로 삼았으나 국내에서는 천식과 같은 특정 질병을 주로 분석대상으로 하여 대부분 질병의 범위가 포괄적이지 못하고 폐렴, 상기도, 만성 호흡기계질환 등과 같은 연구는 전무하였다. 따라서 본 연구에서는 천식, 급성상기도, 급성하기도, 폐렴, 만성 호흡기계질환과 같은 다양한 호흡기계 질환을 분석대상으로 하고 이를 각각 연령별로 구분하여 대기오염이 호흡기계 질환에 미치는 영향을 분석하고자 하였다.

## 2. 연구 방법

본 연구는 1999년 1월 1일부터 12월 31일까지의 의료보험자료와 시간별 대기측정자료 및 기상자료를 입수하고 GAM (Generalized Additive Model) 분석방법을 이용하여 PM<sub>10</sub>이 호흡기질환으로 인한 병원입원에 미치는 영향을 추정하였다.

### 2.1 연구자료

#### 2.1.1 의료보험자료

본 연구에서는 1999년 1월 1일부터 12월 31일까지 진료개시일 중심으로 2,616,736명에 대한 의료보험자료 중에서 급성영향을 살펴보기 위해 예약입원 등을 제외하고 응급실을 경유하여 입원한 경우로 한정하였다. 그 중에서 분석대상 상병의 범위는 ICD (the International Code of Disease)-10th code 중에서 호흡기 질환에 해당하는 천식(J45~J46), 급성 상기도(J00~J06), 급성 하기도(J20~J22), 만성 호흡기(J41~J44), 폐렴(J12, J15~J18)으로 분류한 후 도시별 SITE를 이용하여 서울지역의 3,207명을 대상으로 호흡기질환으로 인한 병원방문자료를 분석하였다.

#### 2.1.2 대기자료

대기오염자동측정소에서는 대기중의 PM<sub>10</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> 등 대기환경기준물질로 선정된 5개 항

목을 대상으로, 측정된 모든 자료는 자동감시체계(TMS)를 통해 관할 환경관리청 및 환경부로 전송되고 있다.

본 연구에서 대기오염 물질자료는 PM<sub>10</sub>의 시간측정자료를 환경부로부터 확보하였고, 측정지점에서의 날짜에 따른 시간별 평균값을 구한 후에 일일평균값을 구하였다.

#### 2.1.3 기상자료

본 연구에서 기상자료는 기상청에서 측정된 자료 중 평균기온과 상대습도를 이용하였고 호흡기질환으로 인한 병원입원일과 동일한 날의 기상자료를 혼란변수로 적용하여 분석하였으며 이들 자료의 일일평균값을 이용하였다.

## 2.2 통계분석

### 2.2.1 변수선정

본 연구에서 반응변수는 서울시에서 호흡기질환으로 인한 병원입원건수이고 급성영향을 살펴보기 위해 예약입원 등을 제외한 응급실을 경유하여 입원한 경우로 한정하여 분석하였다. 예측변수는 대기오염물질농도(PM<sub>10</sub>), 평균기온, 상대습도 등의 기상 변수를 사용하였다.

호흡기질환으로 인한 병원방문에 영향을 미치는 독립변수들이 노출당일에 즉시 영향을 보일 수 있지만 지연효과를 보일 수 있으므로 노출당일 농도뿐 아니라 일주일 전까지의 대기오염 농도와 대기오염의 영향이 큰 날들에 대한 평균 오염농도로 구분하여 lag time을 주어 표준 오차가 작고 추정치가 크게 나타남으로써 병원입원 건수를 가장 잘 설명하는 변수를 선정하였다.

### 2.2.2 분석모형

일별 병원입원 건수는 발생 숫자이며 항상 양의 정수가 되므로 하루 동안 발생한 병원입원 건수에 대한 확률모형은 포아송분포(Poisson distribution)가 사용된다. 그리고 호흡기질환으로 인한 일일 병원입원 건수 변동은 기온과 습도에 영향을 받으므로 본 연구에서는 호흡기질환으로 인한 병원입원일과 동일한 날의 기상조건을 혼란변수로 적용하여 통계분석에 이용하였다. 또한 대기오염 노출이 호흡기계 질환에 미치는 영향은 대기오염 수준이 높은 당일에 영

향을 줄 수도 있지만 며칠 전부터 잠재적으로 누적되어온 대기오염의 영향이 호흡기계 질환 등으로 나타나기도 하므로 지연효과 (lag effect)도 고려하였다. 그리고 대기오염 농도와 기상요인 등에 의해 서로 연계되어진 일일 병원입원 건수간의 자기상관관계 (autocorrelation)를 보정하고, 예측변수에 대한 변환함수를 통해 비선형적 관계를 반영하기 위해 비모수적 평활 (nonparametric smoothing)에 의해 회귀분석을 적합시키는 Generalized Additive Model (GAM)을 이용하여 분석하였다 (S-PLUS Version. 4.0).

대기오염 역학 연구에 있어 오염 농도에 영향을 주는 기상 요인과 노출, 결과변수의 장기와 단기 추세, 계절성 등은 반드시 보정되어야 할 요소들인데, 이들은 결과변수와 비선형적인 관계를 가지는 것이 보통이다. 이러한 이유로 많은 대기오염 역학 연구에서는 비선형성을 평활함수를 통해 보정할 수 있는 일반화부가모형을 사용한다 (Kim *et al.*, 2004; 조용성, 등, 2003; Ha *et al.*, 2003; Kim *et al.*, 2003; Fischer *et al.*, 2003; 김윤상, 2002; Braga *et al.*, 2001; 김 호, 2000; Lee *et al.*, 2000).

본 연구에서는 기상변수에 비모수적 평활방법인 LOESS를 통해, 기온과 습도를 통제하였고 대기오염의 계절적 변동과 장기적인 추세를 통제하기 위해서 date의 평활 함수를 취하여 모형에 포함시켰다. 그리고 입원일을 기준으로 하여 7일 동안의 PM<sub>10</sub> 농도에 대한 변수를 모형에 포함시켰다. 자료 반응에 대한 평가를 위해 Akaike's Informaion Criterion (AIC)을 비교하였는데, AIC가 작을수록 자료를 잘 반영하는 모형이므로 AIC를 최소화하는 span을 적용하였다.

연령별로 구분하여 대기오염이 호흡기계 질환에 미치는 영향을 살펴보기 위해 일별 병원입원 건수를 4개의 군 즉, 전체연령, 소아 (0~14세), 성인 (15~64세), 노인 (65세 이상)으로 나누어 분석하였다.

### 3. 결과 및 고찰

Utell과 Samet은 분진이 사망을 증가시키는 기전에 대한 가설들을 크게 다섯 가지로 정리하였다. 첫 번째는 숙주방어기전 장애로 인하여 감염에 대한 감수성이 증가할 것이고, 두 번째로는 기도염증으로 인한 가스 교환에 장애가 생겨 저산소증에 이를 것, 세

번째로는 폐포 염증은 다시 염증반응을 유발하는 매개체를 분비하여 기존의 폐질환을 악화시키고 혈액의 응고성을 증가시킨다는 것, 네 번째는 폐의 투과력 증가로 인하여 폐부종이 생길 수 있다는 것, 다섯 번째로는 만성 심장질환을 앓고 있는 사람은 대기오염에 의한 급성 기관지세염 또는 폐렴에 의해 심부전이 초래되어 사망에 이를 수 있다는 것이다 (Utell and Samet, 1996).

분진이 사망을 증가시키는 기전으로 주목받고 있는 또 다른 가설은 대기오염이 심장에 대한 자율신경계의 조절에 영향을 미쳐 심박수를 증가시키거나 심박변동율을 저하시킨다는 것이다. 대기오염에 의해 혈액의 응고도가 변화되거나 심장에 대한 자율신경계의 조절 기능에 문제가 생기는 것은 일차적으로 호흡기 염증에 의한 것으로 생각되고 있다. 따라서 대기오염 수준이 높을때 기존의 폐질환, 또는 심장질환이 있는 사람들이 악화되는 것을 막기 위해서는 분진이 폐에 염증을 일으키는 기전을 이해하는 것이 필요하다. 분진의 성분 중 초미세입자 (ultrafine particle) 또는 금속 성분이 염증을 유발하는 것으로 알려져 있는데 이 둘 사이에 상승작용이 있는지의 여부는 아직까지는 밝혀져 있지 않으며 (Stone, 2000) 흔히 사회적으로 합의된 환경기준농도 이하 수준으로 노출되어도 일반인구집단에서 건강장해가 나타날 수도 있다는 우려도 있다 (이영주 등, 2001).

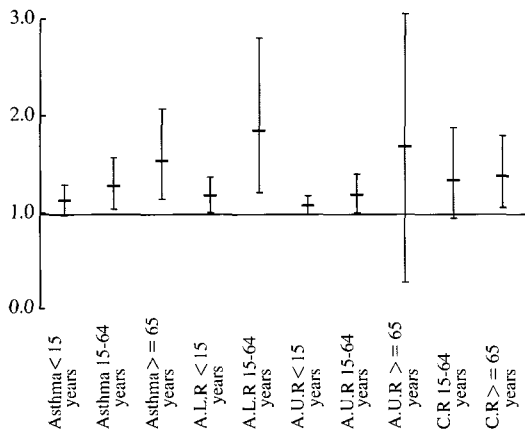
#### 3.1 연구기간동안 서울지역의 대기오염 농도 및 호흡기계 질환 현황

1999년 서울의 PM<sub>10</sub> 평균은 69.1 µg/m<sup>3</sup>으로 전국 55개 도시의 평균인 51 µg/m<sup>3</sup>보다 높게 나타났으므로 다른 지역에 비해 PM<sub>10</sub>에 훨씬 오염되어 있음을 알 수 있다. 환경부 국립환경연구원 (2003)의 대기환경연보 (2002)에 나타난 1999년 서울 지역의 PM<sub>10</sub>의 평균은 66 µg/m<sup>3</sup>로 본 연구의 농도와 조금 차이가 있으나 비슷하게 나타났다.

기상청의 기상연보 ([http://www.kma.go.kr/weather/climate/summ/sum\\_year\\_frame.html](http://www.kma.go.kr/weather/climate/summ/sum_year_frame.html)) 요약자료를 살펴보면 1999년 서울의 연평균 온도는 14도였고 상대습도는 65%로 보고되어 있는데 본 연구자료는 연평균 온도는 13.3도였고 상대습도는 65.2%로 거의 동일하다고 볼 수 있다. 전연령에서 급성상기도로 인한 일평균 입원 건수는 3건으로 가장 높았으며 폐렴

**Table 1. Distribution of daily data on air pollution, meteorology and health indicators, Seoul, 1999.**

	Mean	Minimum	25th	50th	75th	Maximum
<b>Air pollutants</b>						
PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	69.1	10.4	43.6	63.5	86.6	253.2
SO <sub>2</sub> (ppb)	7.1	3.2	4.9	6.5	8.8	20.5
NO <sub>2</sub> (ppb)	32.4	13.5	24.1	31.1	39.5	62.1
CO (100 ppb)	10.6	4.3	7.6	9.6	13.2	30.7
O <sub>3</sub> (ppb)	22.4	3.1	11.8	19.6	30.1	67.1
<b>Meteorological variable</b>						
Temperature (°C)	13.3	-9.3	4.9	14.7	22.9	29.9
Relative humidity (%)	65.2	29.0	56.6	65.1	75.0	91.3
<b>Respiratory disease-related hospital admission (All age)</b>						
Asthma	1.4	0	0	1	2	8
Acute lower respiratory	0.7	0	0	0	1	5
Acute upper respiratory	3.0	0	1	2	4	15
Chronic respiratory	0.4	0	0	0	1	3
Pneumonia	1.7	0	0	1	2	14



\*A.L.R=Acute Lower Respiratory, A.U.R=Acute Upper Respiratory, C.R=Chronic Respiratory

**Fig. 1. Relative risk and 95% confidence intervals in respiratory admission by age due to an interquartile range PM<sub>10</sub> increases in Seoul, 1999.**

과 천식으로 인한 일평균 입원 건수는 각각 1.7건, 1.4건이었다. 그리고 급성하기도로 인한 일평균 입원 건수는 0.7건이고 만성호흡기질환으로 인한 일평균 입원 건수는 0.4건으로 나타났다.

**3. 2 PM<sub>10</sub> 노출과 호흡기계 입원의 관련성에 대한 연령별 분석**

미세분진 노출과 호흡기계 질환 입원의 관련성을

분석한 결과 전연령층을 대상으로 하였을 때에는 통계적으로 유의한 결과를 나타내지 않았으나, 이를 연령별로 살펴보면 천식입원의 경우 연령이 증가할수록 미세분진 노출로 인한 위험비가 증가하는 것으로 나타났다. 그러나 폐렴입원의 경우는 15세 미만 어린이들이 가장 위험비가 크게 나타났고, 만성호흡기 질환은 65세 이상 연령군에서 가장 높게 나타났다(그림 1).

이를 연령별로 살펴보면 다음과 같다.

**3. 2. 1 15세미만**

15세 미만에서 PM<sub>10</sub>이 사분위범위수(42.98 µg/m<sup>3</sup>)만큼 증가할 때 3일 전의 PM<sub>10</sub> 노출로 인한 급성 하기도 질환 입원의 위험비는 1.18 (95% CI 1.01~1.37)이었고 폐렴 입원의 위험비는 당일 노출에 1.30 (95% CI 1.14~1.50)으로 나타났다(그림 2).

이는 대기오염과 급성 호흡기 방문과의 관련성 연구에서 3~5일 전 PM<sub>10</sub> 노출로 인한 하기도 호흡기 감염이 통계적으로 유의하고 분명한 관련성을 나타낸 바(Sinclair and Tolsma, 2004) 본 연구와 일치함을 알 수 있다. 또한 호주 어린이 코호트를 통한 대도시 대기오염의 급성영향에 관한 연구에서도 PM<sub>10</sub> 농도는 호흡기 증상, 천식 약물치료사용과 관련이 있고(RR=1.11, 95% CI=1.04~1.19), 가래가 있는 기침과도 관련이 있어(RR=1.05, 95% CI=1.003~1.10) 본 연구결과를 뒷받침 해주고 있다(Jalaludin et al., 2004).

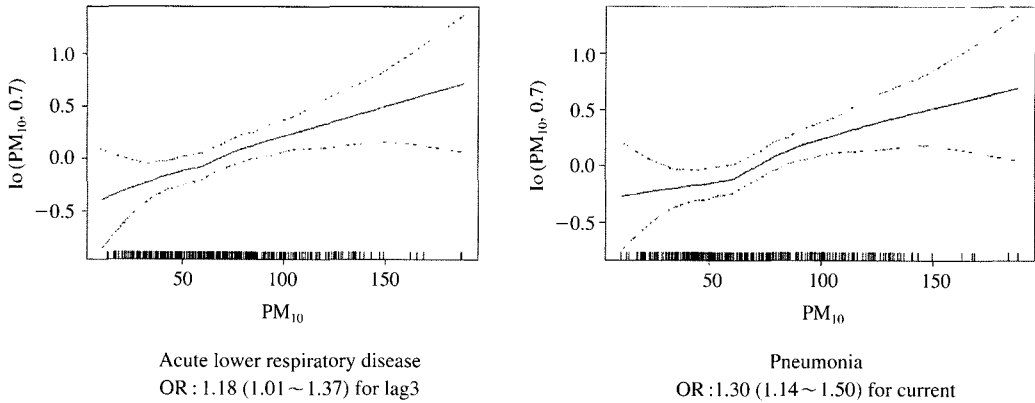


Fig. 2. Smoothed plots for relationship between respiratory related admission and concentration of PM<sub>10</sub> for less than 15 years.

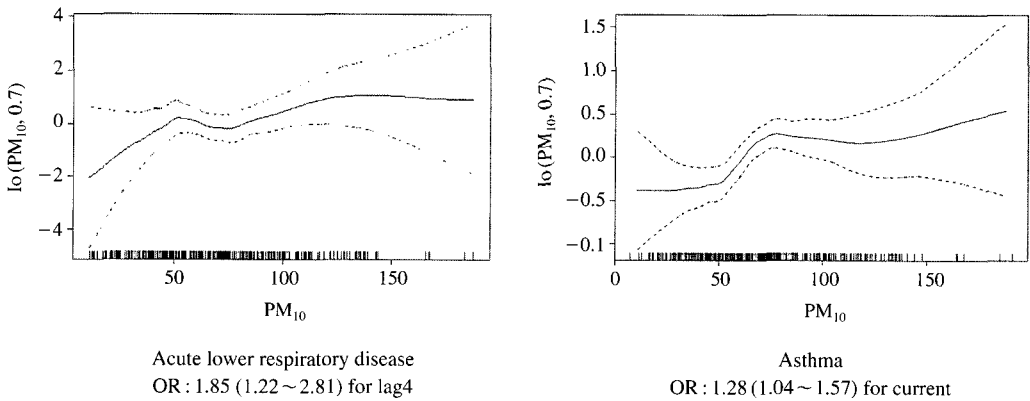


Fig. 3. Smoothed plots for relationship between respiratory related admission and concentration of PM<sub>10</sub> for 15 to 64 years.

한편 7일전 미세먼지 노출로 인해 천식으로 병원 입원할 위험이 통계적으로 유의하지는 않았으나 RR=1.13 (95% 신뢰구간=0.98~1.30)으로 나타났다. 이는 서울의 대기오염이 소아천식 환자들의 외래 방문에 미치는 연구에서 5일전부터 노출된 양의 평균치에 의해 가장 큰 영향을 받는 것으로 나타났던 것 (송호인, 2001)과 유사한 결과라 할 수 있다. 또한 서울지역의 15세 미만 아동을 대상으로 대기오염 노출과 천식으로 인한 병원입원과의 관련성을 분석한 연구 결과 (RR=1.07, 95% CI=1.04~1.11) (Lee *et al.*, 2002)와 워싱턴 지역에서 천식환자의 호흡기증상들과 매일의 대기오염과의 관련성을 분석한 연구에서

는 PM<sub>10</sub> 증가에 따른 영향이 성인보다 밖에서 더 많은 시간을 소비하는 어린이들에서 더 명확하게 나타나서 어린이들의 영향이 더 민감한 것으로 보고하였던 것 (Mar *et al.*, 2004)과도 일치한다.

### 3.2.2 15~64세

청·장년층 즉, 15세에서 64세 사이의 연령에서는 PM<sub>10</sub>이 사분위범위수 만큼 증가할 때 천식 입원의 위험비가 미세먼지 노출 당일날에 1.28 (95% CI 1.04~1.57)이었고 4일 전의 PM<sub>10</sub> 노출로 인한 급성하기도 질환 입원의 위험비는 1.85 (95% CI 1.22~2.81)로 나타났다(그림 3).

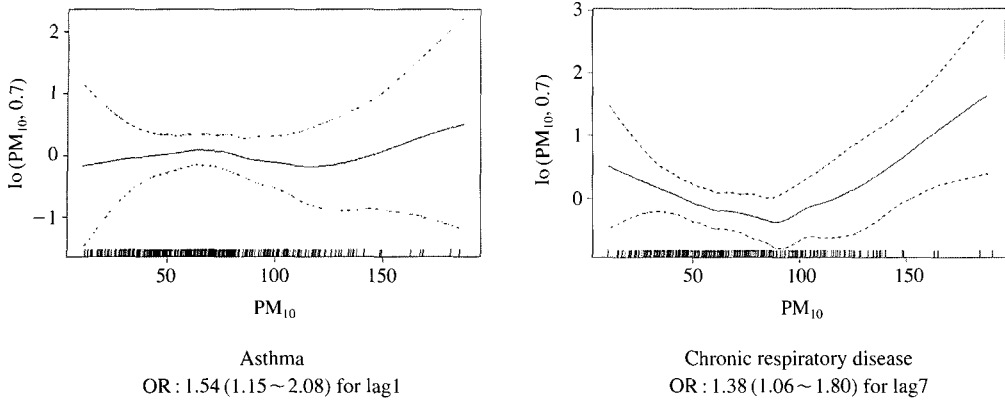


Fig. 4. Smoothed plots for relationship between respiratory related admission and concentration of PM<sub>10</sub> for more than 65 years.

미국의 Medicare 환자들을 대상으로 한 연구에서도 천식 환자의 경우 PM<sub>10</sub>과 관련된 병원 입원율이 2배 높은 것으로 나타나(Zanobetti *et al.*, 2000) 본 연구와 일치된 결과를 보였다. 본 연구에서 미세먼지 노출로 인한 천식 입원은 0~14세까지의 아동보다는 15세에서 64세 사이의 성인들과 65세 이상의 노인들에게서 위험비가 더 크고 유의한 관련성을 보였는데 Hajat 등의 연구에서도 천식으로 인해 의사를 찾는 빈도는 대기오염과 대체로 연관되어 있으며 PM<sub>10</sub>에 의한 영향은 15~64세 사이의 어른에게서 유의한 관계를 나타내어(Hajat *et al.*, 1999) 본 연구와 일치된 결과를 제시하였다.

3. 3. 3 65세 이상

65세 이상에서도 PM<sub>10</sub>이 사분위범위수 만큼 증가할 때 천식 입원에 있어 하루 전 PM<sub>10</sub> 노출로 인해 1.54 (95% CI 1.15~2.08)의 위험비를 보였고 만성 호흡기계질환 입원의 경우 7일전 PM<sub>10</sub> 노출에 대한 위험비가 1.38 (95% CI 1.06~1.80)로 유의한 관련성이 있는 것으로 나타났다. 즉 PM<sub>10</sub>이 호흡기계 질환으로 인한 입원에 미치는 영향력이 노인 집단에서도 큰 것을 관찰할 수 있었다(그림 4).

본 연구에서는 다른 연령에서보다 65세 이상의 노인들에게서 천식과 만성호흡기질환으로 인한 입원의 위험비가 가장 높게 나타났고, 15세에서 64세에서는 급성상기도의 위험비가 가장 높았으며 14세 미만의 어린이들에게서는 폐렴으로 인한 위험비가 가장 높게 나타났다. 이는 각 연령군별로 미세먼지에 대한

민감성이 다르고 신체 상태도 다르기 때문에 대기부진 노출로 인해 발생하는 호흡기질환도 상이할 수 있음을 시사해준다. 네덜란드의 연구에서는 65세 이상 노인들의 사망과 PM<sub>10</sub>이 통계적으로 유의한 관련성을 나타내었고 사망에 대해 훨씬 더 높은 상대 위험률이 추정되어 본 연구결과와 비슷하게 나타났다(Fischer *et al.*, 2003; Ha *et al.*, 2003).

4. 결 론

천식, 급성상기도, 급성하기도, 폐렴, 만성호흡기계 질환과 같은 다양한 호흡기계 질환을 대상으로 대기오염과의 관련성을 분석한 결과 미세먼지가 호흡기계 질환에 영향을 미치는 것으로 나타났으며 주요 결과는 다음과 같다.

1) 15세 미만에서는 PM<sub>10</sub>이 사분위범위수 (42.98 μg/m<sup>3</sup>)만큼 증가할 때 당일 PM<sub>10</sub> 노출로 인한 폐렴 입원의 위험비는 1.30 (1.14~1.50)으로 분석대상 호흡기계질환 중에서 가장 높고 3일 전의 PM<sub>10</sub> 노출로 인한 급성하기도 질환 입원의 위험비는 1.18 (1.01~1.37)로 나타났으며, 유의하진 않지만 7일 전의 PM<sub>10</sub> 노출로 인한 천식 입원 위험비는 1.13 (0.98~1.30), 1일 전의 PM<sub>10</sub> 노출로 인한 급성상기도 질환 입원의 위험비는 1.08 (0.99~1.18)로 나타났다.

2) 15세부터 64세 사이에서는 PM<sub>10</sub>이 사분위범위수 만큼 증가할 때 4일 전의 PM<sub>10</sub> 노출로 인한 급성하기도 질환 입원의 위험비는 1.85 (1.22~2.81)로 분

석대상 호흡기계 질환 중에서 가장 높고 당일 PM<sub>10</sub> 노출로 인한 천식 입원 위험비는 1.28(1.04~1.57), 2일 전의 PM<sub>10</sub> 노출로 인한 폐렴과 급성상기도 입원의 위험비는 각각 1.25(1.01~1.54), 1.19(1.01~1.41)로 나타났다. 유의하진 않지만 6일 전의 PM<sub>10</sub> 노출로 인한 만성호흡기질환 입원의 위험비는 1.34(0.96~1.89)로 나타났다.

3) 65세 이상에서는 PM<sub>10</sub>이 사분위범위수 만큼 증가할 때 1일 전 PM<sub>10</sub> 노출로 인한 천식 입원 위험비는 1.54(1.15~2.08)이고 7일 전의 PM<sub>10</sub> 노출로 인한 만성호흡기질환 입원의 위험비는 1.38(1.06~1.80)로 나타났으며, 유의하진 않지만 5일 전의 PM<sub>10</sub> 노출로 인한 급성상기도 질환 입원의 위험비는 1.69(0.28~10.15)로 분석대상 호흡기계 질환 중에서 가장 높고 2일 전의 PM<sub>10</sub> 노출로 인한 폐렴 입원의 위험비는 1.05(0.78~1.41)로 나타났다. 즉 PM<sub>10</sub>의 호흡기계 질환으로 인한 입원에 미치는 영향력이 노인 집단에서도 큰 것을 관찰할 수 있었다.

서울지역의 대기오염이 호흡기계 질환의 입원에 미치는 영향을 분석한 결과 PM<sub>10</sub>이 호흡기계 질환을 일으키는데 유의한 관련성이 있었다. 15세 미만과 65세 이상의 민감군과 15세부터 64세 사이인 일반 집단을 비교해보면 15세 미만에서는 PM<sub>10</sub> 노출로 인한 폐렴 입원의 위험비가 일반 집단에 비해 다소 높게 나타났고 65세 이상에서는 천식, 급성상기도, 만성호흡기질환 입원의 위험비가 일반 집단에 비해 높게 나타났다.

국내 연구에서는 서울이나 인천 등 한 지역을 범위로 잡아서 분석하는 경우가 대부분이었기 때문에 향후에는 분석 대상 지역을 다른 도시로 확대하고 도시별 분석을 시행하여 대기오염이 호흡기계 질병에 미치는 영향이 지역간에 차이가 있는지를 분석하는 연구가 필요하다.

### 감사의 글

이 연구는 보건복지부 중점연구(02-PJ1-PG1-CH03-0001)의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

### 참고 문헌

기상청 기상연보([http://www.kma.go.kr/weather/climate/summ/sum\\_year\\_frame.html](http://www.kma.go.kr/weather/climate/summ/sum_year_frame.html))

기상청 용어사전 ([http://www.kma.go.kr/kor/kmas/data/data\\_09\\_01.jsp](http://www.kma.go.kr/kor/kmas/data/data_09_01.jsp))

김윤상(2002) 시계열적 대기오염 역학연구에서 래그효과에 대한 연구, 서울대학교 보건대학원 석사 학위 논문.

김 호(2000) 대기중 총분진과 사망자수에 관한 분석, 응용통계연구, 13(2), 265-274.

권호장, 조수현(1999) 서울시의 대기오염과 일별 사망자 수의 관련성에 대한 시계열적 연구, 예방의학회지, 32(2), 191-199.

송호인(2001) 서울의 대기오염이 소아 천식 환자들의 외래 방문 빈도에 미치는 영향, 천식 및 알레르기학회지, 21(1), 28-39.

이미영, 이충원, 서석권(2000) 대구시의 대기오염이 일별 사망에 미치는 영향(1993-1997), 대한산업의학회지, 12(2), 235-248.

이영주, 이종태, 주영수, 신동천, 임형준, 조수현(2001) 서울 지역 대기오염이 호흡기계질환에 미치는 단기영향에 관한 환자교차연구, 예방의학회지, 34(3), 253-261.

임종한, 이종태, 김동기, 신동천, 노재훈(1998) 서울지역 대기오염이 호흡기계질환 수진 건수에 미치는 단기영향에 관한 연구, 대한산업의학회지, 10(3), 333-342.

조상현(2004) 대한천식·알레르기학회 공동기획(5) 호흡기 질환 지상연수강좌 -대기오염과 천식-, 디지털 보사(2004년 4월 22일자).

조용성, 이종태, 김윤신, 홍승철, 김 호, 하은희, 박혜숙, 이보은(2003) 서울시 대기오염과 일별 사망의 상관성에 관한 시계열적 연구(1998~2001년), 한국대기환경학회지, 19(6), 625-637.

최인선(2000) 대기오염과 천식, 천식 및 알레르기학회지, 20(2), 174-181.

최 현, 임대현, 김정희, 손병관, 임종한, 홍윤철(2000) 인천 지역의 대기 오염과 호흡기 질환으로 인하여대병원 응급실을 방문한 소아의 내원 건수와의 상호관계에 대한 연구, 소아과, 43(10), 1372-1379.

환경부 국립환경연구원(2003) 대기환경 연보(2002). p.30.

Braga, A.L., A. Zanobetti, and J. Schwartz(2001) The lag structure between particulate air pollution and respiratory and cardiovascular deaths in 10 US cities. Journal of Occupational and Environmental Medicine, 43(11), 927-933.



- Buckeridge, D.L., R. Glazier, B.J. Harvey, M. Escobar, C. Amrhein, and J. Frank (2002) Effect of motor vehicle emissions on respiratory health in an urban area, *Environmental Health Perspectives*, 110(3), 293-300.
- Fischer, P., G. Hoek, B. Brunekreef, A. Verhoeff, and J. van Wijnen (2003) Air pollution and mortality in The Netherlands: are the elderly more at risk? *The European Respiratory Journal Supplement*, 40, 34s-38s.
- Fusco, D., F. Forastiere, P. Michelozzi, T. Spadea, B. Ostro, M. Arca, and C.A. Perucci (2001) Air pollution and hospital admissions for respiratory conditions in Rome, Italy. *The European Respiratory Journal*, 17(6), 1143-1150.
- Garshick, E., F. Laden, J.E. Hart, and A. Caron (2003) Residence near a major road and respiratory symptoms in U.S. Veterans. *Epidemiology*, 14(6), 728-736.
- Ha, E.H., J.T. Lee, H. Kim, Y.C. Hong, B.E. Lee, H.S. Park, and D.C. Christiani (2003) Infant susceptibility of mortality to air pollution in Seoul, South Korea, *Pediatrics*, 111(2), 284-290.
- Hajat, S., A. Haines, S.A. Goubet, R.W. Atkinson, and H.R. Anderson (1999) Association of air pollution with daily GP consultations for asthma and other lower respiratory conditions in London, *Thorax*, 54(7), 597-605.
- Hong, Y.C., J.H. Leem, E.H. Ha, and D.C. Christiani (1999) PM (10) exposure, gaseous pollutants, and daily mortality in Incheon, South Korea. *Environmental Health Perspectives*, 107(11), 873-878.
- Jalaludin, B.B., B.I. O'Toole, and S.R. Leeder (2004) Acute effects of urban ambient air pollution on respiratory symptoms, asthma medication use, and doctor visits for asthma in a cohort of Australian children, *Environmental Research*, 95(1), 32-42.
- Kappos, A.D., P. Bruckmann, T. Eikmann, N. Englert, U. Heinrich, P. Hoppe, E. Koch, G.H. Krause, W.G. Kreyling, K. Rauchfuss, P. Rombout, V. Schulz-Klemp, W.R. Thiel, and H.E. Wichmann (2004) Health effects of particles in ambient air, *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 207(4), 399-407.
- Katsouyanni, K., G. Touloumi, C. Spix, J. Schwartz, F. Balducci, S. Medina, G. Rossi, B. Wojtyniak, J. Sunyer, L. Bacharova, J.P. Schouten, A. Ponka, and H.R. Anderson (1997) Short term effects of ambient sulphur dioxide and particulate matter on mortality in 12 European cities: results from time series data from the APHEA Project, *British Medicine Journal*, 314, 1658-1663.
- Kim, H., J.T. Lee, Y.C. Hong, S.M. Yi, and Y. Kim (2004) Evaluating the effect of daily PM<sub>10</sub> variation on mortality, *Inhalation Toxicology*, 16 (suppl 1), 55-58.
- Kim, H., Y.S. Kim, and Y.C. Hong (2003) The lag-effect pattern in the relationship of particulate air pollution to daily mortality in Seoul, Korea, *International Journal of Biometeorology*, 48, 25-30.
- Lee, J.T., H. Kim, H.I. Song, Y.C. Hong, Y.S. Cho, S.Y. Shin, Y.J. Hyun, and Y.S. Kim (2002) Air pollution and asthma among children in Seoul, Korea, *Epidemiology*, 13(4), 481-484.
- Lee, J.T., H. Kim, Y.C. Hong, H.J. Kwon, J. Schwartz, and D.C. Christiani (2000) Air pollution and daily mortality in seven major cities of Korea, 1991-1997, *Environmental Research*, 84(3), 247-254.
- Lee, J.T., D. Shin, and Y. Chung (1999) Air pollution and daily mortality in Seoul and Ulsan, Korea, *Environmental Health Perspectives*, 107(2), 149-154.
- Mar, T., T. Larson, R. Stier, C. Claiborn, and J. Koenig (2004) An analysis of the association between respiratory symptoms in subjects with asthma and daily air pollution in spokane, washington, *Inhalation Toxicology*, 16(13), 809-815.
- McConnell, R., K. Berhane, F. Gilliland, S.J. London, H. Vora, E. Avol, W.J. Gauderman, H.G. Margolis, F. Lurmann, D.C. Thomas, and J.M. Peters (1999) Air pollution and bronchitic symptoms in Southern California children with asthma, *Environmental Health Perspectives*, 107, 757-760.
- Norris, G. (1999) An association between fine particles and asthma emergency department visits for children in Seattle, *Environmental Health Perspectives*, 107, 489-493.
- Pino, P., T. Walter, M. Oyarzun, R. Villegas, and I. Romieu (2004) Fine particulate matter and wheezing illnesses in the first year of life, *Epidemiology*, 15(6), 702-708.
- Pope, C.A., D.V. Bates, and M.E. Raizenne (1995) Health effects of particulate air pollution: time for reassessment? *Environmental Health Perspectives*, 103, 472-480.
- Samet, J.M., F. Dominici, F.C. Currier, I. Coursac, and S.L. Zeger (2000) *Fine Particulate air pollution and*

- mortality in 20 U.S. cities, 1987-1994, *The New England Journal of Medicine*, 343, 1742-1749.
- Schwartz, J. and D.W. Dockery (1992) Increased mortality in Philadelphia associated with daily air pollution concentrations, *The American Review of Respiratory Disease*, 145, 600-604.
- Sinclair, A.H. and D. Tolsma (2004) Associations and lags between air pollution and acute respiratory visits in an ambulatory care setting: 25-month results from the aerosol research and inhalation epidemiological study, *Journal of the Air & Waste Management Association*, 54(9), 1212-1218.
- Slaughter, J.C., E. Kim, L. Sheppard, J.H. Sullivan, T.V. Larson, and C. Claiborn (2005) Association between particulate matter and emergency room visits, hospital admissions and mortality in Spokane, Washington, *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 15(2), 153-159.
- Stone, V. (2000) Environmental air pollution. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 162, s44-s47.
- Tolbert, P.E. (2000) Air quality and pediatric emergency room visits for asthma in Atlanta, Georgia, USA, *American Journal of Epidemiology*, 151, 798-810.
- Utell, M. and J. Samet (1996) Airborne particles and respiratory disease : clinical and pathogenetic considerations. In: Wilson R, Spengler JD. *Particles in our air : concentrations and health effects*, 1st ed. Boston : Harvard University Press, 169-188.
- Zanobetti, A., J. Schwartz, and D. Gold (2000) Are there sensitive subgroups for the effects of airborne particles?, *Environmental Health Perspectives*, 108(9), 841-845.