

서울지역 대기오염이 호흡기계질환 수진전수에 미치는 단기영향에 관한 연구

연세대학교 의과대학 산업보건연구소*
예방의학교실**, 의학통계학과***

임종한* · 이종태** · 김동기*** · 신동천** · 노재훈*

— Abstract —

Short-term Effects of Air Pollution on Hospital Visits for Respiratory Diseases in Seoul

Jong-Han Leem*, Jong-Tae Lee**,
Dong-Gi Kim***, Dong-Chun Shin**, Jae-Hoon Roh*

*Institute for Occupational Health, College of Medicine, Yonsei University **
*Department of Preventive Medicine**, Department of Biostatistics****

Several studies have reported the associations between airborne particles and/or ozone and respiratory diseases. This study examined whether such an association could be seen in Seoul, one of the greatest city in Korea. We compiled daily records of hospital visits in Seoul from November 1, 1995 to October 31, 1996. The daily averages of ozone and particle matter whose diameter is 10 μm or less (PM_{10}) from all monitoring stations were computed. Daily respiratory hospital visits were regressed on temperature, humidity, day of week indicators, seasonal variation indicators, and air pollution. Each pollutant was first examined individually and then two pollutant models were fitted.

Results : Both PM_{10} and Ozone were associated with increased risk of respiratory hospital visits. The relative risk of respiratory hospital visits for 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ increase in PM_{10} (lagged 2 days) was 1.11 (95% confidence interval: 1.05-1.18). The PM_{10} associations was insensitive to alternative methods of control for weather, including exclusion of extreme temperature days and control for temperature on another day. The ozone results were more sensitive to the approach for weather control. The relative risk of respiratory hospital visits for 0.01 ppm increase in O_3 was 1.08 (95 % confidence interval 1.00-1.17). The magnitude of the PM_{10} effect in Seoul, where SO_2 was essential present, was similar to that reported in the Europe and United states.

In conclusion, The consistency of investigations of the health effects of air pollution suggest that attention should be paid to the control of air pollution.

Key Words : Air pollution in seoul, Respiratory disease

서 론

대기오염과 연관된 대표적인 급성 피해 사례로 1952년 런던에서는 3주간 4000여명이 초과사망하였다. 대기오염으로 다른 급성 피해 사례는 1948년 펜실바니아주 도노라, 1953년 뉴욕시, 1962년대 로스앤젤레스시 사례를 들 수 있다. 이런 대기오염의 피해 사례를 경험한 이후 대기오염이 건강에 미치는 영향에 관한 논란이 계속되어왔으며, 대기오염이 인체에 미치는 영향에 관한 여러 연구가 진행되었다(CEOHAATS, 1996).

대기오염에 만성 폭로로 인한 사망률의 증가는 비교 집단사이의 연령, 흡연, 유전적인 결함, 사회경제적인 상태, 거주기간, 인종배경, 기존의 호흡기계 질환 등의 혼란변수등으로 인하여 그 영향을 입증하기 어렵다(Higgins, 1990). 하지만 다른 대기오염 수준에 폭로된 두 집단의 사망률을 비교하여 혼란변수들을 통제하여 볼 때, 오염된 지역 사회에 거주기간과 사망률 증가와의 일관된 연관성(consistent association)을 입증할 수 있었다(Lave와 Seskin, 1970; Pope 등, 1992). 또한 대기오염이 낮은 지역과 높은 지역에 거주하는 지역주민들 사이에 호흡기계증상의 유병률의 차이, 즉 도시인자(urban factor)가 관찰되었다(Saric 등, 1981; Wares 등, 1986).

오염물질의 증가와 더불어 만성호흡기계질환(Chronic Pulmonary Obstructive Disease: 국제질병분류 J40-J44) 유병률의 증가도 관찰되었고(Euler 등, 1987; Ponka와 Virtanen, 1994), 만성호흡기계질환의 악화도 관찰되었다.(Cederlof, 1966; Cohen 등, 1972)

또한 여러 연구들에서 대기오염시에 천식환자의 호흡기증상, 응급실 방문, 입원 등의 증가를 보고하고 있다(Rao 등, 1973; Bates 등, 1990). 급성호흡기계질환으로 인한 입원율과 더불어 외래수진율 역시 대기오염과 연관되었다(Delfino 등, 1994; Samet 등, 1981; Sunyer 등, 1993).

Seattle에서 실시한 조사에서 TSP가 $30\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가하면 천식으로 인한 응급수진율이 1.12배 증가된다고 보고되었으며(Schwarz 등, 1993), TSP가 다른 가스상의 대기오염물질보다 만성호흡기계질환 및

천식에 더욱 높은 상관성이 있는 것으로 조사되었다(Dockery 등, 1992; Schwarz, 1993).

오염물질과 관련지어 보면, 이산화황과 분진 복합체의 농도가 높아질수록 환자가 호소하는 호흡기증상 호소율은 높아졌다는 보고가 있다(Cederlof, 1966). 그러나 유럽이나 미국 동부지역보다 아황산가스농도가 낮은 지역에서 아황산가스와 호흡기계질환으로 인한 입원과의 상관성은 없었다. 이로 미루어 아황산가스와 미세분진이 상관성이 높은 지역에서 아황산가스의 상관성 평가시에 아황산가스와 부유분진사이에 혼란(confounding)이 발생했을 가능성이 높은 것으로 보인다(Schwarz, 1996).

국내에서는 설문조사 연구방법을 통하여 도시가 농촌에 비해 호흡기증상률이 높았고, 특히 가래, 천식증상이 유의하게 높았으며(윤정숙 등, 1985), 저항력이 약한 소아군과 60세이상의 고연령군에게서 대기오염으로 인한 호흡기계질환의 영향이 더 크게 나타났다(차철환 등, 1981). 또한 호흡기계질환 설문조사와 대기오염도 조사를 통하여 대기오염이 심한 지역에서 호흡기증상호소율이 높게 나타났다(권숙표 등, 1969; 신영수 등, 1972). 황사현상으로 먼지 농도가 높아짐에 따라 호흡기계질환 수진건수가 증가하고 있고(이석, 1991), 분진오염이 심한 지역일수록 만성호흡기계질환 유소견자율이 높다고 보고되었다(조태웅 등, 1993). 또한 의료보험의 상병 자료를 이용한 연구에 의하면 우리나라 대기오염이 호흡기계질환 발생에 영향을 미치고 있고 있으며(차철환 등, 1988), 일상 생활의 대기오염이 천식환자의 급성 발작을 증가시키며(최기운, 1995), 오존과 부유분진오염이 일별 사망률에도 영향을 미친다고 보고되고 있다(권호장, 1998; 이종태, 1998).

우리나라에서는 1960년대 이후 급격한 산업화, 경제성장, 인구의 도시 집중으로 대기오염이 좀처럼 개선되고 있지 못하며 특히 대도시와 공단지역의 대기오염은 큰 사회문제로 대두되고 있다. 하지만 국내의 환경성 질환에 관한 연구중 상당수가 환경오염과 질병과의 상관성을 밝혀내지 못하고 있다(조수현, 1995). 20대분류별 질병 수진 현황을 살펴볼 때 호흡기계질환은 최근들어 전체질병의 34.5%로 가장 많은 비중을 차지하고 있다(의료보험관리공단, 1995). 호흡기계질환의 증가와 더불어 대기오염으로 인한 호흡기계질환자 발생증가가 우려됨에도, 이에

대한 연구는 아직 단편적이고 아주 미흡한 실정이다. 특별히 1995년부터 미세먼지(입자의 직경이 10 μm 이하인 먼지)가 측정되고 있으나, 미세먼지가 건강에 미치는 영향에 대해서는 아직 연구가 이루어지고 있지 못하다. 또한 호흡기계질환 이환율과 대기오염의 상관성에 관련한 연구에서도 혼란변수가 통제되지 않은 채 단면적인 조사가 이루어지고 있고, 단순 상관관계를 구한 연구외에 통계 모형 구축을 통해 대기온도, 습도 등 기후변수, 타오염물질과의 영향을 통제한 후의 개별 오염물질의 영향을 정확히 분석한 연구는 아직 국내에서 시도되고 있지 못한 실정이다.

본 연구의 목적은 여러 혼란변수를 통제하여 서울지역 대기오염과 호흡기계질환 수진 건수와의 상관성을 정확히 추정하고자 했으며 세부적인 연구목적은 다음과 같다.

첫째, 대기오염물질중에서 특별히 미세분진과 서울지역 호흡기계질환 수진 건수와의 관계를 정량적으로 평가하며; 둘째로 아황산가스, 미세분진, 오존과 대기온도, 습도등과 호흡기계질환 수진건수와의 관계를 동시에 평가하며 이들 공변수로부터의 영향을 최소화하여 타당성있는 미세분진의 영향을 측정하고자 하였다.

연구 자료 및 방법

1. 연구 자료

상병 자료

본 연구의 상병 자료는 공무원 및 사립교직원 의료보험을 취급하는 의료보험관리공단의 진료실적에 관한 전산자료에서 얻었다. 이 자료는 최초 내원 일자, 국제질병 분류기호(ICD-10: International Classification Disease-10)가 포함되어 있었다. 대기오염과 관련된 호흡기계질환으로 서울에 소재하는 의료기관에서 진료를 받은 수진 건수를 자료로 사용하였다. 대기오염과 관련된 호흡기계질환은 Shy 등(1978)에 의하여 정의된 것을 사용하였다(Table 1).

수진 실적 건수는 최초 내원 일자를 기준으로 하였으며, 1995년 11월 1일부터 1996년 10월 31일 사이의 상병자료를 사용하였다.

본 연구에서의 연구대상자들은 공무원 및 사립교직원의료보험 피보험자 및 피부양자중 일반공무원

과, 환경오염 노출군(교통순경, 청소부직종)을 대상으로 삼았다. 이들의 경제적인 수입, 연령분포가 의료보험공단 피보험자와 피부양자 전체의 분포 및 구성과 크게 다르지 않아 이들을 대상으로 삼았다. 실제 연구에 쓰인 자료는 이들 연구대상자들중 서울지역에 거주하는 이들이 서울소재 의료기관에 호흡기계질환으로 진료를 받은 환자실적 655,066건이었다.

대기오염, 기상 자료

대기오염 자료는 대기오염 환경기준 5개 항목(아황산가스, 이산화질소, 일산화탄소, 오존, 먼지)을 선정하였으며, 환경부와 서울시에서 설치한 대기자동 측정소 20개소에서 1995년 11월 1일 이후 96년 10월 31일까지 1년동안 측정된 오염도를 일별로 정리하여 자료로 사용하였다. 환경부와 서울시에서 설치한 대기자동측정소 20개소의 위치는 다음과 같다: 광화문, 면목동, 신설동, 불광동, 마포, 문래동, 관악산, 대치동, 잠실동, 길음동, 한남동, 구의동, 성수동, 쌍문동, 남가좌동, 구로동, 오류동, 반포동, 화곡동, 방이동.

오염물질 측정에서 먼지는 입자의 직경이 10 μm 이하인 먼지를 미세먼지로 분류하여 high volume sampler로 24시간 측정된다. 미세먼지는 호흡기를 침투할 정도로 작다. 미세먼지는 서울 대기측정소에서 95년 1월1일부터 측정되기 시작하였는데, 이 측정자료에서 1995년 11월 1일 이후 96년 10월 31일

Table 1. Respiratory diseases related with air pollution

| ICD-10 code | Disease |
|----------------|----------------------------------------------------------------|
| J02-J03 | Acute pharyngitis, Acute tonsillitis |
| J04 | Laryngitis and bronchitis |
| J00-01, J05-06 | Acute nasopharyngitis |
| J12-J18 | Pneumonia |
| J20-J21 | Acute bronchitis, bronchiolitis |
| J36-39 | Other upper respiratory disease |
| J40-44 | Bronchitis, emphysema Chronic obstructive pulmonary disease |
| J45-46 | Asthma |
| J22, J66-J99 | Other respiratory disease |

Source : Shy CM(1978)

까지의 자료를 얻었으며, 총면지는 9개소, 미세먼지는 10개소 측정소에서 측정된 오염자료를 일별 평균 농도를 구하여 사용하였다. 총면지 자동측정소가 설치된 곳은 문래동, 대치동, 잠실동, 길음동, 한남동, 구의동, 남가좌동, 오류동 성수동 9군데이고, 미세먼지 자동 측정소가 설치된 곳은 광화문, 면목동, 신설동, 불광동, 마포, 쌍문동, 구로동, 반포동, 화곡동, 방이동 10군데이다.

이산화질소, 아황산가스, 오존, 일산화탄소는 대기자동 측정소 20개소에서 얻어진 자료에서 일별 평균 농도를 구하여 사용하였다.

기상자료는 1995년 11월 1일부터 96년 10월 31일까지 서울지점에서 측정된 자료를 기상청을 통하여 얻었다. 측정 기상항목은 평균기온, 최고기온, 최저기온, 상대습도, 일별 최대기온차 등이다.

2. 연구방법

의료기관 호흡기계질환 수진 건수에 영향을 미치는 변수는 그 지역의 일별 대기오염 정도(미세먼지, 아황산가스, 이산화질소, 일산화탄소, 오존)와 일별 기상요인(일별 평균기온, 최고기온, 최저기온, 풍속, 강수량, 상대습도, 기압, 운량, 일사량), 의료기관의 특성(1, 2, 3차 의료기관, 전문과목), 의료보험 수진자의 인적 특성과 건강습관(나이, 성별, 사회경제적인 요인, 흡연력) 등이 있다.

본 연구에서는 의료기관 수진 건수에 영향을 미치는 변수중 의료기관의 특성, 의료보험 수진자의 인적 특성과 건강습관은 조사기간 1995년 11월 1일부터 1996년 10월 31일까지 단기간 변화가 없다고 가정하고, 기상요인, 의료기관 내원환자수의 계절패턴, 기타 장기간 패턴등의 요인이 통제되었을 때 대기오염에 의하여 의료기관의 호흡기계질환 수진 건수가 영향을 받는 지 분석하고자 하였다. 각 오염변수는 개별적으로 그리고 다른 하나의 오염변수와 함께 호흡기계질환 수진 건수에 미치는 영향이 분석되어졌다.

정의된 상병자료는 정규분포 혹은 포아슨 분포를 보이지 않았으며, log 변환된 상병자료는 정규분포에 근접하였다. 본 연구에서는 상병자료의 특성에 따라서 통계적 모형은 log-linear regression을 이용하였으며 종속변수는 일별 호흡기계질환 내원 건수로, 독립변수는 오염물질 변수와 기온, 상대습도,

그리고 계절패턴, 주중일 가변수로 구성되었다. 오염물질변수는 개별 오염물질 혹은 두 개의 오염물질이 사용되었으며, 오염물질이 미치는 시간 지연효과(time lag)를 고려하여 내원 당일, 내원 1일전, 2일전, 3일전 오염농도를 사용하여 그중 stepwise method로 적합한 모델을 찾았다. 이는 당일, 혹은 1-3일전 대기오염물질의 단기 변동이 호흡기계질환 발생에 미치는 영향을 분석하기 위해서이다.

의료기관에 내원한 일별 호흡기계질환 수진 건수는 계절 패턴, 주중 일(the day of week) 패턴을 보이므로 계절은 봄, 여름, 가을, 겨울로 나누어 가변수를 설정하고, 주중일은 월요일, 월요일이 아닌 경우의 가변수를 설정하고, 기타 휴일(holiday)은 분석에서 제외하여 계절패턴, 주중일, 휴일의 영향을 최소화하고자 하였다. 기상요인이 의료기관 내원 환자 수에 미치는 영향을 최소화하기 위하여 극단적인 기상치를 보이는 날(전체 분포중 온도, 상대습도 수치가 상, 하단 5%에 해당되는 경우)은 제외한 채, 또 내원 1, 2, 3일전 혹은 내원 당일 온도, 내원 2일전 온도 등 보다 많은 온도 변수를 사용하여 분석을 다시 하여 온도가 의료기관 내원에 미치는 영향을 최소화하고자 하였다.

선정된 log-linear regression모델에서 오염물질 변수에 의한 상대위험도(relative risk)는 추정된 β 회귀계수의 진수화(antilogarithm)로써 산출되었다.

연구결과

Table 2는 서울의 건강과 환경 자료 분석을 나타내고 있다. 1년동안 655,066건의 의료기관 호흡기계질환 수진건수가 있었다. 일별로 보면 호흡기계수진수는 평균 2075명 폐렴은 43명 천식은 91명이었다. Table 3은 환경변수사이에 피어슨 상관계수를 보여주고 있다. 미세먼지와 아황산가스사이에 상관계수는 비교적 높다. 미세먼지가 호흡기계질환 수진 건수에 미치는 영향을 평가할때에 아황산가스가 혼란변수로 작용할 가능성이 있다. 서울에서 아황산가스에 의한 혼란은 실질적인 문제일 수 있다. 그와 다른 환경오염물질 변수들간에 상관관계는 낮다. 미세먼지는 본래 온도와 상관성이 없으며, 오존과 온도의 상관성은 높다.

조사기간동안 서울지역 평균기온은 12.0°C이었으

Table 2. Percentile Points of the Distributions of daily means of hospital visits and Environmental Variables in Seoul, 1995. 11-1996. 10

| Variable | 10% | 25% | 50% | 75% | 90% | Mean |
|---------------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Temperature(°C) | -3.0 | 2.9 | 13.8 | 21.3 | 24.6 | 12.0 |
| Humidity(%) | 37.3 | 45.8 | 60.5 | 73.3 | 81.8 | 59.9 |
| Respiratory disease | 1226 | 1564 | 1929 | 2269 | 3034 | 2075 |
| Pneumonia | 18 | 26 | 36 | 53 | 73 | 43 |
| Asthma | 47 | 64 | 81 | 102 | 148 | 91 |
| SO ₂ (10 ³ PPM) | 6 | 8 | 12 | 18 | 24 | 14 |
| Ozone(10 ³ PPM) | 7 | 10 | 15 | 21 | 25 | 15 |
| PM ₁₀ (µg/m ³) | 39 | 51 | 66 | 89 | 115 | 72 |

Table 3. Pearson Correlation Coefficients among the Environmental Variables in Seoul, 1995.11-1996.10

| Variable | PM ₁₀ | Ozone | SO ₂ | Temperature | Humidity |
|-----------------|------------------|--------|-----------------|-------------|----------|
| PM10 | 1 | 0.036* | 0.691* | -0.212* | 0.116* |
| Ozone | | 1 | -0.299* | 0.469* | -0.020* |
| SO ₂ | | | 1 | -0.591* | 0.288* |
| Temperature | | | | 1 | 0.580* |
| Humidity | | | | | 1 |

* p < .01

며, 상대습도는 평균 59.9%이었다. 일별기온차는 평균 8.0°C이다. 5월과 11월 환절기에 기온차가 심하였다.

인체에 흡입되어 건강장애를 유발하기 쉬운 PM₁₀ 농도는 조사기간동안 연간 평균 기준치 80 µg/m³를 초과하는 일수가 년중 128일, 24시간 평균기준치 150 µg/m³를 초과하는 일수가 년중 9일에 달하고 있다. 조사기간동안 서울지역에서 오존은 연간 24시간 기준치 농도가하였으나, 22일에 걸쳐 66차례 1시간 평균기준치 0.1 ppm을 상회하였다.

서울지역 아황산가스 오염도를 살펴보면 1990년 이전까지는 연간 환경기준치(0.03 ppm)를 초과하였으나, 조사기간동안 아황산가스는 17일동안 연 평균치 기준치 0.03 ppm을 초과하였다. 서울의 이산화질소, 일산화탄소 오염도를 보면 전반적으로 환경 기준을 유지하였다.

Fig. 1은 미세먼지 증가에 따라 호흡기계질환 일별 수진 건수의 변화를 Loess plot으로 보여주고 있다.

Table 4는 서울시 대기오염이 의료기관에 내원한 호흡기계질환 수진 건수에 미치는 영향에 관한 결과이다. 호흡기계질환으로 의료기관에 내원하기전 1, 2, 3일전, 당일의 대기오염의 영향을 분석하였다.

상대위험도는 PM₁₀ 50 µg/m³, SO₂ 0.01 ppm, Ozone 0.01 ppm 증가를 기준으로 작성되었다.

2일전의 미세먼지는 호흡기계질환 내원환자수에 가장 중요한 변수였다(RR=1.11; 95% CI=1.05-1.08) 이것은 one pollutant model에서나 two pollutant model에서나 일관성있게 나타났다. 미세먼지는 다른 오염 변수에 관련없이 독립적으로 호흡기계질환 수진건수에 영향을 미쳤다. 3일전의 아황산가스는 호흡기계질환 내원환자수에 중요한 변수이다(RR=1.08; 95% CI=1.01-1.16). 하지만 아황산가스와 미세먼지간의 상관관계가 높았으며, 미세먼지와 two pollutant model의 경우 아황산가스는 유의한 95% 신뢰 구간을 보이지 못하였다.

하루 전의 24시간 평균오존농도는 호흡기계질환 내원환자수의 중요한 변수이다. 아황산가스와의 two pollutant Model에서는 비교위험도가 1.08(95% CI: 1.00-1.17)이었다. 하지만 PM₁₀과의 two pollutant Model에서 비교위험도가 1.08(95% CI: 0.98-1.15)이었다. 오존은 호흡기계질환 수진 건수 증가에 약한 위험 인자로 작용하는 것으로 보인다.

미세먼지가 호흡기계질환 수진 건수에 미치는 영

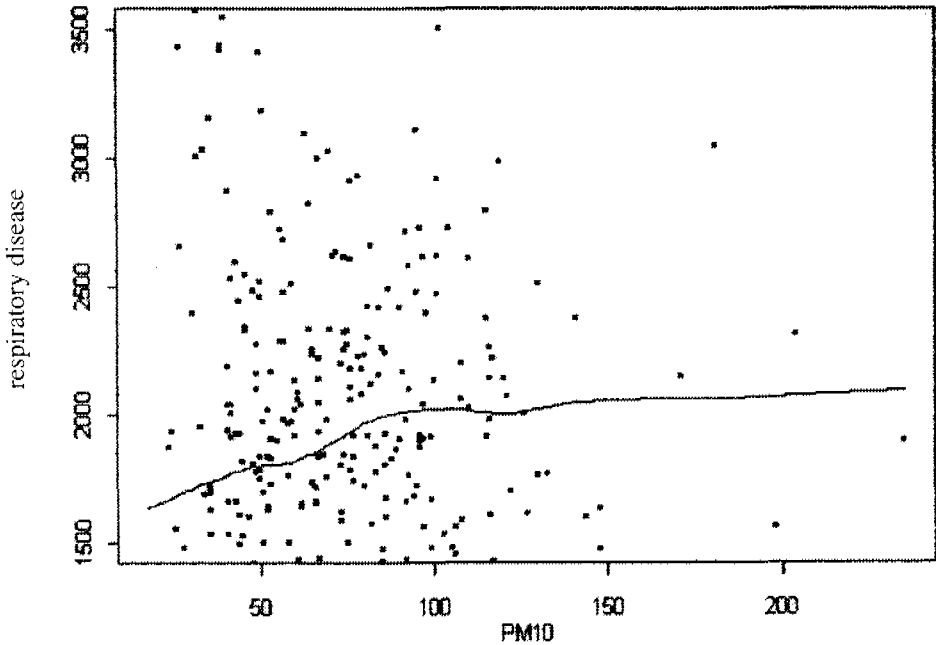


Fig. 1. Scatter plot of PM₁₀ and hospital visits for respiratory disease

항 크기는 당일 온도변수를 사용할 경우, 미세먼지가 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 인 경우, 극단적인 기온을 보이는 날을 제외할 경우에도 유사하였다. 그러므로 미세먼지는 기상조건에 관계없이 호흡기계질환 수진 건수에 미치는 영향이 일관된다고 할 수 있다.

Table 4에서 표시된 미세먼진, 아황산가스, 오존 외의 오염물질중 일산화탄소, 이산화질소는 호흡기계질환 수진 건수와 유의한 상관성을 보이지 않았다.

고 찰

본 연구는 대기중 SO₂, Ozone, PM₁₀의 일별 변화량과 호흡기계질환 수진 건수와의 상관성을 분석하였다. 그러나 서울지역에서의 SO₂와 PM₁₀사이의 상관성은 0.691로 높기 때문에, 유럽이나 미 동부지역에서와 같이 SO₂와 호흡기계질환 수진건수와의 상관성을 평가할 때 PM₁₀가 혼란변수로 작용할 가능성이 있다. PM₁₀은 호흡기계질환으로 인한 의료기관 내원에 상관성이 있는 것으로 나타났다. 유럽 등 아황산가스가 높은 지역의 연구에서는 대기중에 먼지와 황산화물 수준과 호흡기 증상 유병률사이에 특별히 강한 상관관계가 있었고, 이산화황과 먼지 복합체의 농도가 높아질수록 환자가 호소하는 호흡

Table 4. Relative risk of hospital visits due to respiratory disease and 95% confidence intervals in air pollution in Seoul

| Pollutant | Relative risk | 95% CI |
|---------------------------------------------------|---------------|-----------|
| PM ₁₀ | 1.11 | 1.05-1.18 |
| SO ₂ | 1.08 | 1.01-1.16 |
| Ozone | 1.08 | 0.99-1.17 |
| Two pollutants | | |
| PM ₁₀ | 1.11 | 1.02-1.22 |
| SO ₂ | 1.00 | 0.91-1.11 |
| PM ₁₀ | 1.11 | 1.04-1.17 |
| Ozone | 1.07 | 0.98-1.15 |
| SO ₂ | 1.08 | 1.01-1.17 |
| Ozone | 1.08 | 1.00-1.17 |
| Concurrent temperature variable | | |
| PM ₁₀ | 1.10 | 1.04-1.17 |
| Ozone | 1.07 | 0.99-1.15 |
| PM ₁₀ < 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. | | |
| PM ₁₀ | 1.13 | 1.05-1.21 |
| Ozone | 1.08 | 0.99-1.17 |
| No extreme temperature days | | |
| PM ₁₀ | 1.15 | 1.07-1.23 |
| Ozone | 1.09 | 1.00-1.19 |

*Time lag: PM₁₀ 2 days, SO₂ 3 days, Ozone 1 day

Table 5. Relative risk of respiratory hospital admissions for 50 g/m³ increase in air pollution from selected recent studies

| Location | Outcome | Pollutant | Relative risk | 95% CI |
|-------------------|-----------------|--------------------------------|---------------|--------------|
| New Haven | All Respiratory | PM ₁₀ | 1.06 | 1.13 to 1.00 |
| Tacoma | All Respiratory | PM ₁₀ | 1.1 | 1.17 to 1.03 |
| Birmingham, AL | COPD | PM ₁₀ | 1.13 | 1.22 to 1.04 |
| Birmingham, AL | Pneumonia | PM ₁₀ | 1.09 | 1.15 to 1.03 |
| Barcelona(winter) | COPD | PM ₁₀ * | 1.11 | 1.15 to 1.06 |
| Barcelona(summer) | COPD | PM ₁₀ * | 1.08 | 1.19 to 0.79 |
| Ontario | All Respiratory | PM ₁₀ ⁺ | 1.09 | NC |
| New York | All Respiratory | PM ₁₀ ⁺⁺ | 1.07 | NC |
| New Haven | All Respiratory | Ozone | 1.06 | 1.13 to 0.99 |
| Tacoma | All Respiratory | Ozone | 1.21 | 1.37 to 1.06 |
| Birmingham | Pneumonia | Ozone | 1.07 | 1.18 to 0.99 |
| Onatario | All Respiratory | Ozone [^] | 1.17 | NC |
| New York | All respiratory | Ozone [^] | 1.26 | NC |
| Barcelona(winter) | COPD | SO ₂ | 1.13 | 1.21 to 1.06 |
| Barcelona(summer) | COPD | SO ₂ | 1.19 | 1.34 to 1.06 |
| New haven | All Respiratory | SO ₂ | 1.03 | 1.05 to 1.02 |
| Tacoma | All Respiratory | SO ₂ | 1.06 | 1.12 to 1.01 |

*Converted from black smoke assuming a ratio of 1: 1

+Converted from SO₄ assuming a ratio of 2.5: 1 based on data from Ontario

++Converted from SO₄ assuming a ratio of 4: 1 based on data from Eastern US cities.

[^] Maximum ozone converted to a mean ozone assuming a ratio of 2.5:1

NC=not computed

Source : Thorax 1995;50:p 536

기증상 호소율은 높아진다고 보고하였다(Cederlof, 1966). SO₂는 가스나 입자 상태로 변화되어 황산화물과 질소산화물 등에 의한 산 오염이 인체의 건강에 위해한 작용을 하는 것으로 보고되고 있다 (Speizer, 1989). SO₂가 염증반응이나 천식에서처럼 기관지협착에 의하여 만성기관지계질환의 증상을 악화시킬 수 있다는 생물학적 연구 결과도 보고되었다(Wolff, 1986; Sheppard 등, 1981; Balmes 등, 1987). 그러나 유럽이나 미국 동부지역보다 SO₂농도가 낮은 지역에서 호흡기계질환으로 인한 입원과의 상관성은 나타나지 않았다(Schwarz, 1996). PM₁₀은 여러 지역에서 호흡기계질환과의 상관성이 일관성있게 나타나고 있는 반면, 지역에서 따라서 SO₂와 호흡기계질환과의 상관성이 다르게 보고되고 있으므로, 아황산가스가 호흡기계질환에 영향을 미칠 때는 역치가 있을 가능성이 높은 것으로 보인다.

호흡기계질환으로 인한 의료기관 내원과 관련한

PM₁₀은 기상조건을 통제한 민감도 검사에 제일 덜 민감하였다. 극단적인 기온과 습도를 보이는 날을 제외하고, 또 보다 많은 온도 변수를 사용할 때에도 PM₁₀ 결과는 크게 변함이 없었다. 또한 기상 조건, 다른 오염원 등 혼란변수가 존재하는 다른 여러 나라에서의 연구에서도 PM₁₀은 일관된 연구 결과를 보이고 있다(Table 5).

이러한 연구를 종합해 볼 때, PM₁₀과 호흡기계질환 건강장애와의 상관성이 SO₂, O₃, 기상조건에 의해 왜곡되게 평가되었을 가능성은 적어 보인다.

O₃의 평균 농도가 높은 New Jersey, 남부 Ontario주에서 천식과 상관성이 있었고(Cody 등, 1992; Bates와 Sizto, 1987), 호흡기계질환 입원 과도 상관성을 보였다(Burnett 등, 1994). 하지만 또다른 연구에서 O₃는 만성호흡기계질환으로 전체 입원율과 상관성을 나타내지 않았고(Sunyer 등, 1993), 천식으로 인한 응급실 내원과도 상관성을 보이지 않았다(Schwarz 등, 1993). 본 연구에서 O₃

은 호흡기계질환으로 인한 의료기관 내원과는 상관성을 보였다. 서울에서의 오존과 온도와의 상관성이 미 동부 지역보다는 낮지만(0.46, 디트로이트시에서는 0.67), 하지만 이것은 기상 조건 통계와 관련없이 일정한 결과를 가져올 만큼 낮은 것은 아니다. 오존 형성이 기상 조건에 좌우되기 때문에, 오존과 기상 조건과의 문제는 뿌리깊은 문제이다. 본 연구결과와 여러 연구를 종합하여 볼 때, 오존은 그 상관성의 크기가 약하기는 하지만, 현 오존 농도하에서도 호흡기계질환의 악화를 가져다 주는 것으로 보인다. 본 의료보험 상병자료를 이용하여 일별 대기오염 변화가 호흡기계질환 수진 건수에 미치는 영향을 분석하였는데, 특성상 보험청구자료가 가지는 한계 때문에 상병자료로서의 신뢰성에 문제를 가질 수 있다. 우선 서울 대기오염의 건강 평가를 시행하면서 대상자를 공무원 및 사립 교직원 의료보험 피보험자, 피부양자로 한정해서 분석했기에 선택오류가 발생했을 가능성도 있다. 하지만 대상자의 수입과 나이, 성이 비교적 고른 분포를 보이는 집단구성으로 보아 대상자가 서울 시민들을 대표하는 대리인(proxy)이 될 수 있다. 대상자를 거주지역이 서울인 자료 한정했기 때문에, 다른 지역사람들이 서울 의료기관을 이용하여 발생하는 오류는 발생하지 않았다. 또한 보험청구자료의 특성상 보험청구시기는 환자의 내원시기보다 1-6개월 지연되어진다. 본 연구에서는 이러한 자료의 특성을 고려하여 조사기간보다 6개월이후까지 자료를 얻어 자료를 재분류하였다. 시민의 건강호흡기계질환 상병자료 자체가 호흡기계질환 발생에 대한 유의한 자료를 제공하는지 우선 검토해 볼 필요가 있다. 상병자료의 진단명이 최종진단으로 확인이 안된 상태이기 때문에 분류오류를 가져올 수 있다. 대기오염이 호흡기계질환에 미치는 영향을 분석할 때에도 상병자료를 이용한 분석은 한계를 보일 수 있으며, 단지 간접적인 영향을 분석할 수 있기도 하다. 그러나 본 연구에서는 개별 질환이 아닌, 대기오염과 관련된 호흡기계질환 전체를 분석했기 때문에 이러한 오류가 개입될 가능성은 적다. 앞으로 상병자료를 역학 연구에 사용할 경우, 보험청구용이 아닌 연구 목적의 상병 자료를 별도로 수집, 관리할 필요성이 있으며, 또 자료 수집을 3차 의료기관 입원환자, 혹은 응급실 내원환자에 제한하고 최종진단을 확인하는 등 자료의 신뢰도를 높이는

방안이 필요할 것으로 보인다. 또 통계 분석에서 자료의 특성상 자기상관성(autocorrelation)을 지닐 수 있다. 본 연구에서는 본 연구에서 적용한 모델에서 호흡기계질환의 자기상관성을 계산하여 볼 때, 같은 요일이 아닌 경우 상관계수가 0.1로 매우 상관성이 적게 나왔지만, 같은 요일의 경우는 0.5로 높게 나왔다. 이는 특정요일별로 환자 내원이 집중되는 경향을 반영한 것으로 분석시에 요일을 더미변수 처리하여 이러한 영향을 통제해주고자 하였다. 요일이 통제된 후에도 유의한 상관성을 보이므로, 전체적으로 자기상관성 때문에 본 연구 결과가 훼손되는 것은 아니라고 생각한다. 앞으로 대기오염이 건강에 미치는 영향을 추적 관찰함에 있어서 대기오염자료의 질 향상과 별도의 자료관리방안, 혼란변수 통제와 더불어 시계열 자료의 특성을 고려한 보다 정교한 분석 방법이 마련되어야 할 것으로 여겨진다.

본 연구를 종합하여 볼 때, 서울지역 대기오염 수치가 우리나라의 대기환경기준치를 거의 상회하지 않다고 해도, 서울지역의 미세먼지, 오존오염은 호흡기계질환의 수진 건수 증가에 영향을 미치고 있다.

결 론

서울의 미세먼지, 오존 오염이 대기환경기준치이하에서도 호흡기계질환 수진 건수 증가에 영향을 준다는 것을 확인하였다. 미세먼지가 그리고 오존은 호흡기계질환 수진 건수에 영향을 미치는 다른 혼란변수들을 통제하고서도 유의한 위험요인들이었다. 이들 결과는 여러나라의 다른 연구결과에도 일관되게 나타나는 것으로, 대기오염도를 낮추는 것이 시민건강을 위해 필요함을 의미한다.

인용문헌

- 강인구, 장준기, 김대선, 안영수, 권명희, 신원임, 이정섭, 남해선, 이인석, 정성용, 조태용, 황경섭, 조수현, 윤임중, 김정순. 대기오염 유발 호흡기계질환의 발생 예측기법 개발에 관한 연구(Ⅲ), 국립환경연구원보 1994; 16:13-22.
- 권숙표, 윤명조, 정용, 채일석, 정태천, 권숙정. 산업장 및 공장배기가스가 도시민의 건강에 미치는 영향에 관한 연구. 최신의학 1969;12(1):85-102

- 권호장. 서울시의 대기오염과 일별 사망의 관련성에 대한 시계열적 연구. 서울대학교 대학원 박사학위논문. 1998년 2월.
- 윤정숙, 김두희. 도시주민과 농촌주민의 호흡기증상. 예방학회지 1985;18(1):113-127.
- 의료보험공단. 의료보험통계연보, 1995.
- 이석, 임영옥, 정용. 황사현상이 호흡기계질환에 미치는 영향. 연세대학교 보건대학원, 1991.
- 이종태, 이성임, 신동천, 정용. 울산시의 대기중 분진과 일별 사망에 대한 연구(1991년-1994년). 예방의학회지 1998;31(1):82-90.
- 신영수, 이영일, 조광수, 차철환. 대기오염이 시민건강에 미치는 영향에 관한 연구. 대한의학협회지 1972; 15:339-350.
- 조태웅, 정성웅, 최덕일, 강인구, 최광수, 황경섭, 신원임, 이정섭, 조수현, 윤임중. 대기오염 유발 호흡기계질환의 발생 예측기법 개발에 관한 연구(II). 국립환경연구원보 1993;15:17-24
- 차철환, 고응린, 안윤옥. 대기오염이 상병양상에 미치는 영향에 관한 연구. 고려대학교의대논문집 1981;18(2): 377-88.
- 차철환, 고응린, 송동빈. 대기오염이 건강에 미치는 영향에 관한 연구-의료보험환자에서의 호흡기계질환 발생 양상 분석을 중심으로-. 대기보전학회지, 1988;4(1):65-76.
- 조수현. 환경오염에 의한 건강피해-우리나라의 실태와 문제점-. 예방의학회지 1995;28:245-258.
- 최기운, 백도명. 우리나라에서의 친식과 대기오염에 관한 연구. 한국역학회지 1995;17(1):64-75.
- Balmes J, Fine J, Shepad D. symptomatic bronchoconstriction after short-term inhalation of sulfur dioxide. Am Rev Respir Dis 1987;136: 1117-1121.
- Bates DV, Baker-Anderson M, Sizto R. Asthma attack periodicity: A study of hospital emergency visits in Vencouver. Environ Res 1990; 51:51-70.
- Bates DV, Sizto R. Hospital admissions and air pollution in southern Ontario: The summer acid haze effect. Environ Res 1987;43:317-331.
- Burnett RT, Cakmak S, Brook JR, Krewski D. The Role of Particulate Size and Chemistry in the Association between Summertime Ambient Air Pollution and Hospitalization for Cardiorespiratory Diseases. Environmetal Health Perspective 1997;105(6):614-619.
- Cederlof R. Urban factor and respiratory symptoms and angina pectoris. A study on 9,168 twin pairs with the aid of mailed questionnaires. Arch Environ Health 1966;13:743-748.
- Cody RP, Weisel CP. The effects of ozone associated with summertime photochemical smog on the frequency of asthma visits to hospital emergency departments. Environ Res 1992;58:184-194.
- Cohen CA, Hudson AR, Clausen JL, Knelson JH. Respiratory symptoms, spirometry and oxidant air pollution in non-smoking adults. Am Rev Respir Dis 1972;105:251-261.
- COMMITTEE OF THE ENVIRONMENT AND OCCUPATIONAL HEALTH ASSEMBLY OF AMERICAN THORACIC SOCIETY. Am J Respir Crit Care Med 1996;153:3-50.
- Delfino RJ, Becklake MR, Hanley JA. The relationship of urgent hospital admissions for respiratory illness to photochemical air pollution levels in Montreal. Environ Res 1994; 67: 1-19
- Dockery DW, Schwartz J, Spengler JD. Air pollution and daily mortality: Association with particulates and acid aerosols. Environ Res 1992; 59:362-373.
- Euler GL, Abbey DE, Magie AR, Hodgkin JE. Chronic obstructive pulmonary disease symptom effects of long-term cumulative exposure to ambient levels of total suspended particulates and sulfur dioxide in California seventh-day adventist resident. Arch Environ Health 1987; 42(4):213-222.
- Glasser M, Greenburg L. Air pollution, mortality, and weather. New York city, 1960-1964. Arch Environ Health 1971;22:334-343.
- Goldstein IF, Block G. Asthma and air pollution in two city areas in New York City. J Air Pollut Control Assoc 1974;24:665-670.
- Higgins M. Risk factors associated chronic obstructive lung disease. Annals New York Academy of Sciences 1990;7-17.
- Lave LB, Seskin EP. Air pollution and human health. Science 1970;169:723-8.
- Ponka A, Virtanen M. Chronic bronchitis, emphysema, and low-level air pollution in Helsinki. 1987-1989. Environ Res 1994;65:207-217.
- Pope CA, Schwartz J, Ransom MR. Daily mortality and PM10 pollution in Utah valley. Arch Environ Health 1992;47(3):211-217.
- Rao M, Steiner P, Qazi Q, Padre R, Allen JE, Steiner M. Relationship of air pollution to attack rate of asthma in children. J Asthma

- Res 1973;11:23-26.
- Samet JM, Bishop Y, Speizer FE, Spengler JD, Ferris BG. The relationship between air pollution and emergency room visits in an industrial community. *J Air Pollut Control Assoc* 1981; 31(3):236-240.
- Saric M, Fugas M, Hrustic O. Effects of urban air pollution on school-age children. *Arch Environ Health* 1981;36(3):101-108.
- Schwarz J. What are people dying of on high air pollution days. *Environ Res* 1993;64:26-35.
- Schwarz J, Slater D, Larson TV, Pierson WE, Koenig JQ. Particulate air pollution and hospital emergency visits for asthma in Seattle. *Am Rev Respir Dis* 1993;147:826-831.
- Schwarz J. Air pollution and Hospital admissions for Respiratory Disease. *Epidemiology* 1996; 7(1):20-28.
- Schwarz J. Short term fluctuations in air pollution and hospital admissions of the elderly for respiratory disease. *Thorax* 1995;50:531-538.
- Sheppard D, Wong WS. Lower threshold and greater bronchomotor responsiveness of asthmatic subjects to sulfur dioxide. *Am Rev Respir Dis* 1981;123:476-491.
- Shy CM, Goldsmith JR, Hackney JD. Health effects of air pollution. New York, American Thoracic Society Medical Section of American Lung Association. 1978 *ATS News* 6:1-63.
- Speizer FE. Studies of acid aerosols in six cities and in a new multi-city investigation: Design issues. *Environ Health Perspect* 1989;79:61-67.
- Sunyer J, Saez M, Murillo C, Castellsague J, Martinez F, Anto JM. Air pollution and emergency room admissions for chronic obstructive pulmonary disease: A 5-year study. *Am J Epidemiol* 1993;137(7):701-705.
- Sultz HA, Feldman JG, Schlesinger ER, Mosher WE. An effect of continued exposure to air pollution on the incidence of chronic allergic disease. *Am J Public Health* 1970;60:891.
- Ware JH, Ferris BG, Dockery DW, Spengler JD, Stram DO, Speizer FE. Effects of ambient sulfur dioxides and suspended particles on respiratory health of preadolescent children. *Am Rev Respir Dis* 1986;133:834-842.
- Wolff RK. Effects of airborne pollutions on mucociliary clearance. *Environ Health Perspect* 1986;66:223-237.