

서울지역 대기오염이 호흡기계질환에 미치는 단기영향에 관한 환자교차연구

이영주, 이종태¹⁾, 주영수²⁾, 신동천³⁾, 임형준, 조수현

서울대학교 의과대학 예방의학교실 및 의학연구원 환경의학연구소, 한양대학교 환경 및 산업의학연구소¹⁾,
한림대학교 성심병원 산업의학과²⁾, 연세대학교 의과대학 예방의학교실³⁾

Short-term Effect of Air Pollution on Respiratory Disease in Seoul : A Case-Crossover Study

Young-Ju Lee, Jong-Tae Lee¹⁾, Young-Su Ju²⁾, Dong-Chun Shin³⁾, Hyoung-June Im, Soo-Hun Cho

Department of Preventive Medicine, Seoul National University College of Medicine and Institute of Environmental Medicine, SNUMRC ; Institute of Environmental and Industrial Medicine, Hanyang University¹⁾;
Department of Occupational and Environmental Medicine, Hallym University Sacred Heart Hospital²⁾
Department of Preventive Medicine & Public Health, Yonsei University College of Medicine³⁾

Objectives : To evaluate the hypothesis that air pollution could increase emergency room visits for respiratory diseases, and if so, to quantify the strength of association between those.

Methods : We compiled daily records of hospital emergency room visits for respiratory diseases in Seoul, from November 1, 1995 to October 31, 1996, by using medical utilization data of unscheduled visits. In addition, air quality and weather data for the same period was collected. And a case-crossover design was applied by adopting conditional logistic regression analysis to determine the relationship between air pollutants and emergency room visits for respiratory diseases. In particular, the control periods were chosen by a bidirectional paired matching technique 7, 14, and 21 days before and

after the case periods.

Results : Only ozone was associated with the increased number of emergency room visits for respiratory diseases. The relative risk according to a 30ppb increase of ozone concentration (24hr mean, lagged 1day) was 1.91(95% confidence interval = 1.78-2.05).

Conclusion : There was a statistically significant association between the ambient ozone and daily emergency room visits for respiratory diseases.

Korean J Prev Med 2001;34(3):253-261

Key Words: Air pollution, Ozone, Conditional logistic regression, Case-crossover design, Emergency room visit

서 론

대기오염 문제가 심각하게 인간 생활에 대두된 것은 산업혁명 이후 중화학공업의 급격한 발달과 매우 밀접한 관련이 있다. 1930년 12월의 벨기에 Meuse valley 사건, 1948년 10월의 미국 Donora 사건, 1952년 12월의 영국 London 사건, 그리고 1955년 8월의 미국 Los Angeles 사건 등 일련의 대기오염 사건들은 불리한 기상조건과 더불어 화석연료가 연소되면서 나오는 황화산화물과 먼지 등 일

차오염물질과 오존 등 이차오염물질의 정체로 인해 기존에 심혈관계질환이나 호흡기계질환을 지니고 있었던 생물학적 약자 집단의 초과사망 발생과 같은 사람에서의 건강피해를 유발하였으며, 이는 그 이후 실험실적 연구와 인구집단을 대상으로 한 체계적인 역학조사를 통해서도 상당 부분 확인되었다 [1-2]. 대기오염에 의해 건강피해가 발생하는데는 오염물질, 오염조건, 인간의 감수성, 인구 밀도, 생활환경 및 직업, 기후인자, 지리적 특성 등이 주요하게 기여하는 것으로 알

려져 있으며, 특히 고령자, 연소자, 건강상태가 좋지 않은 사람, 흡연자, 오염된 작업환경에서 일하는 근로자, 기관지염, 관상동맥, 심장 질환이나 천식의 기왕력이 있는 사람들의 피해는 그렇지 않은 사람들에 비하여 더 클 수 있는 것으로 추정되고 있다 [2].

그러나, 그 동안의 광범위한 연구들도 불구하고 각 오염물질이 호흡기계질환의 발생에 어느 정도 기여하는지 그리고 어느 수준의 오염물질에 얼마만큼 노출되어야 질병이 발생하는지에 대해서는 아직도 밝혀져 있지 않은 부분이 있으며, 흔히 사회적으로 합의된 환경기준농도

이하 수준으로 노출되어도 일반인구집단에서 건강장해가 나타날 수도 있다는 우려도 있다.

이에, 본 연구는 환자 자신이 대조군이 되는 양방향성 교차연구설계를 적용하여 호흡기계질환으로 인한 응급실 방문 환례들과 대기오염수준을 비교·분석함으로써 다소 논란이 있는 대기오염과 호흡기계질환과의 관련성 여부를 확인하고 이를 통해 환경기준 등 일반인구집단의 건강과 관련된 각종 제도의 개선에 활용될 수 있는 자료를 제공하고자 한다.

연구방법

1. 분석자료

1) 대기오염 자료

서울시에서는 20개의 대기오염 자동측정소에서 먼지, 이산화황, 이산화질소, 오존, 일산화탄소 등 5개 항목을 연속적으로 측정하고 있으며, 측정된 자료는 자동감시체계(telemetry system, 이하 TMS)를 통해 관할 환경관리청 및 환경부로 실시간(real time)으로 전송되고 있다. 본 연구에 사용된 자료는 1995년부터 1996년까지의 서울시 대기질 자료로서, 해당 일 해당 시간의 20개 측정소의 측정치를 평균하여 대표값으로 삼았으며 이 대표값을 이용하여 각 오염물질별로 노출지표를 구했다. 24시간 동안의 대표값 중 최고치를 이용해서는 24시간 최고치를, 실외활동이 활발하게 이루어지는 오전 9시부터 오후 5시까지의 결과만을 이용해서는 8시간 평균치를 구하였다.

2) 기상 자료

기상자료는 서울시의 종로구 송월동 1번지에 위치하고 있는 기상청의 지상관측점에서 측정된 자료 중 기온과 상대습도에 대한 자료를 이용하였다. 기온과 상대습도는 3시간에 한번씩 시간 평균치가 측정되는데 시간 평균치의 평균을 구하여 그 날의 평균기온과 상대습도로 삼았다.

3) 건강영향 평가자료

호흡기계 질환과 같은 건강영향에 관해서는 의료보험연합회의 의료보험 청구자료를 이용하였다. 이 자료는 전국의 지

역, 직장, 공무원 및 사립학교 교직원 의료보험 요양급여 청구자료를 전산화한 것으로 원 자료는 의료보험 조합기호, 요양기관 번호, 입원/외래 여부, 내원일수, 진료일수, 진료개시일, 진료비, 주민등록번호로 구성되어 있다.

이 중 본 연구의 대상인구는 서울시내 병원과 종합병원에서 호흡기계질환으로 인하여 응급진료를 포함한 비정규적 진료를 받은 사람들(medical utilization data of unscheduled visit for respiratory diseases)로서, 1996년도 청구자료 중 응급진료, 야간진료, 또는 공휴일진료로 인해서 추가비용이 청구된 환례 전체를 대상으로 하였다. 이와 같이, 연구대상을 응급진료나 야간진료 또는 공휴일진료로 청구된 경우로 국한할 경우, 실제 질병의 발생과는 무관한 정기적인 외래 방문례들을 제외할 수 있고, 급성 호흡기 질환의 악화 또는 만성 호흡기 질환의 급성적인 악화 환례만을 분석 대상에 포함시켜 건강영향을 민감하게 평가할 수 있을 것으로 생각하였다.

분석 대상 상병의 범위는 ICD-10 code 중에서 J20(급성기관지염), J21(급성 세기관지염), J40(기타 기관지염), J41(단순 기관지염), J42(만성 기관지염), J43(폐기종), J44(기타 만성폐색성질환), J45(천식), J46(계속성 천식 발작), J96(기타 호흡부전), J99(기타 호흡기 질환)으로 정하였다.

청구일 기준으로 그 시기에 대한 정보

를 가지고 있는 1996년의 자료의 경우, 실제로는 1995년 후반에서부터 1996년 후반까지의 기간을 포괄하고 있어, 본 연구에서는 연구대상기간을 1995년 11월 1일에서부터 1996년 10월 31일까지로 한정하였는데, 1996년도 전체 의료이용자료 중 분석 대상 질병으로 응급실을 이용한 환례는 30,898건이었고, 1995년 11월 1일에서 1996년 10월 31일까지의 기간에 응급실을 이용한 환례는 모두 27,952건이었다.

2. 분석방법

통계적 분석은 환자 개개인이 바로 자신의 대조군이 되는 연구형태인 환자교차연구설계를 이용하였다. 이 방법은 개개인이 바로 자신의 대조군이 되는 연구형태로서 연령, 성별, 육체적 상태와 시간에 따라 변하지 않는 개인의 특성들에 의한 혼란효과가 제거되는 장점이 있어 환경역학연구에 이용되고 있다 [6].

더불어 대기오염물질 노출의 시정향성에 의한 효과를 보정하기 위하여 대조시기 선정에는 Navidi [4]가 제안한 환자시기 이전뿐만 아니라 환자시기 이후 시점에서도 대조시기를 선정하는 양방향성 대조시기 선택법(bidirectional control period selection)을 이용하였는데, 구체적으로는 진료 개시일을 기준으로 7일, 14일, 21일 전후로 총 6개의 시기를 선정하였다 (Figure 1). 대조시기의 선정에 7일과 14일, 21일을 이용한 이유는 한 주 중

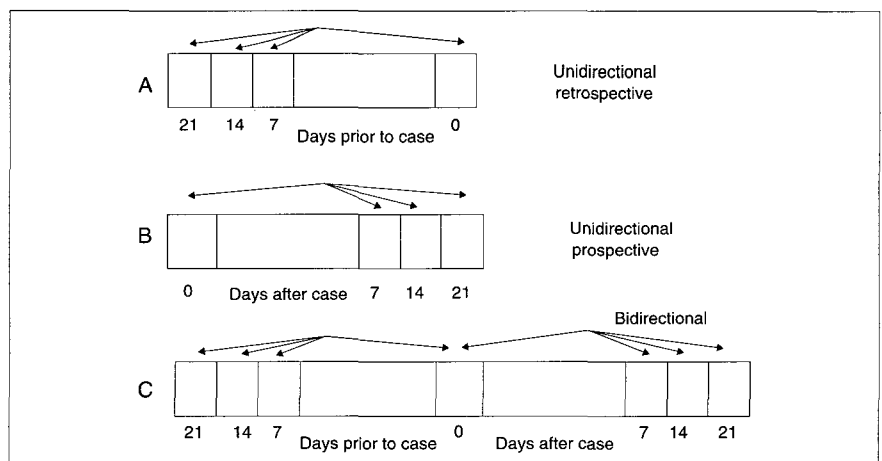


Figure 1. Control selection method.

요일에 대한 영향을 보정하고 또한 계절의 영향을 보정하여 대조군을 같은 계절 내의 시기에서 얻기 위함이었다.

통계적 분석은 짝지은 형태의 환자-대조군 연구에 적합한 조건부 로지스틱 회귀 분석법을 이용하였는데, 각각의 통계적 모형에는 대기오염물질 노출 정보 외에 평균기온과 평균습도의 정보를 포함하여 이에 의한 영향을 보정하였다. 구체적으로는 24시간 평균치, 24시간 최대치, 8시간 평균치의 세 가지의 대표치를 이용하여 각각의 6가지 대기오염물질 중 하나씩만 모형에 넣고 돌리는 1개 대기오염물질모형(one pollutant model)과 6가지 대기오염물질 중 두 개씩을 조합한 2개 대기오염물질모형(two pollutants model)으로 구성하였다. 또한 대기오염에 노출되어 건강에 영향을 미치는데까지는 어느 정도 적당한 시간이 걸린다는 기존의 연구를 바탕으로 대기오염물질에 대한 지연기간을 설정하였다. 즉, 24시간 평균치, 24시간 최대치, 8시간 평균치 각각에 대하여 공히 1일, 2일, 3일의 지연기간을 가정하여 분석하였다.

대기오염 물질 중 오존, 아황산가스, 일산화탄소, 질소산화물은 30ppb 증가할 때, 총분진, 미세먼지는 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가할 때를 기준으로 모든 모형에서 기온과 상대습도를 보정한 상태에서 상대위험도를 추정하였다.

연구결과

1. 일별 호흡기계질환 수진건수와 대기오염물질의 변이

연구대상기간(1995년 11월 1일~1996년 10월 31일) 동안 호흡기계질환으로 인한 응급실 방문건수는 하루 평균 81건이었고, 서울지역 오존, 아황산가스, 질소산화물, 일산화탄소, 총분진, 미세먼지의 일일 평균값은 15.6ppb, 13.9ppb, 32.9ppb, 12.6ppb, 86.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 76.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었으며, 기온은 12.7 $^{\circ}\text{C}$, 상대습도는 64.5%이었다 (Table 1).

대기오염물질과 기온, 그리고 상대습도에 상관분석을 시행한 결과, 오존은 다

Table 1. Distribution of emergency respiratory disease visits, 24hr means of air pollutants, temperature and relative humidity

Variable	Mean	Standard deviation	Min ¹⁾	Percentile			Max ²⁾
				25th	50th	75th	
Emergency visits	81.4	71.6	9	36	58	100	536
O ₃ (ppb)	15.6	7.2	3.7	9.5	14.8	20.8	41.1
SO ₂ (ppb)	13.9	7.3	3.7	8.1	12.0	18.0	36.9
NO ₂ (ppb)	32.9	9.4	12.1	25.9	31.8	39.5	57.0
CO (ppb)	12.6	4.6	6.3	9.6	11.2	13.9	33.8
TSP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	86.4	38.5	20.3	58.3	82.6	109.4	265.2
PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	73.4	31.7	22.3	50.4	70.0	90.0	236.9
Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	12.7	6.7	-13.6	5.3	14.6	22.7	31.3
Relative humidity (%)	64.5	20.8	30.3	54.8	65.9	74.3	93.2

¹⁾ Min. : minimum ²⁾ Max. : maximum

Table 2. Pearson correlation coefficients for 24hr means of air pollutants

Variable	O ₃	SO ₂	NO ₂	CO	TSP	PM ₁₀	Temperature	Humidity
O ₃	1	-0.508*	-0.282*	-0.563*	-0.137	-0.168*	0.489*	-0.004
SO ₂		1	0.755*	0.850*	0.639*	0.681*	-0.504*	-0.236*
NO ₂			1	0.742*	0.776*	0.773*	-0.054	0.009
CO				1	0.727*	0.742*	-0.315*	0.010
TSP					1	0.972*	0.006	0.149*
PM ₁₀						1	-0.057	0.128
Temperature							1	0.583*
Humidity								1

* P-value < 0.05

른 대기오염물질과는 음의 상관관계를 보였고, 기온과는 비교적 높은 양의 상관관계를 보였으며, 총분진과 미세먼지는 아황산가스와 이산화질소, 일산화탄소에 대하여 높은 상관관계를 보였다 (Table 2).

응급실 내원자수의 1년간 변화양상을 보면 10월~12월과 3월~5월 사이에 주로 증가하는 뚜렷한 계절변화가 확인되었고, 대기오염물질 중 오존은 11월~2월 사이에는 낮다가 3월부터 점점 상승하기 시작하여 5월~7월 사이에 최고치에 달한 이후 서서히 줄어드는 양상을 보였다. 이산화황과 일산화탄소의 경우는 오존과는 반대로 11월~1월 사이에 최고치를 보이다가 이후 점점 감소하여 오존이 가장 높은 7월~8월경에는 최저치를 보였으며, 이산화질소, 총분진과 미세먼지는 위의 세 물질처럼 뚜렷한 경향성을 보이지는 않았다.

2. 대기오염 물질의 영향

6가지 대기오염 물질 중 하나와 평균기

온, 평균습도로 이루어진 모델에서는 오존만이 유의한 위험요인(risk factor)이었다. 상대위험도의 크기는 24시간 평균치, 8시간 평균치, 24시간 최대치의 순서로 작아졌다. 지연기는 1일을 사용하였을 때 상대위험도의 크기가 최대였고 이후 감소하는 양상을 보였다 (Table 3).

두 개의 대기오염물질로 이루어진 모델에서는 오존의 경우 다른 대기오염물질에의 영향을 보정한 이후에도 유의한 위험요인이었다. 오존은 one pollutant model 이나 two pollutants model에서 각 대표치에 대하여 각각의 지연기간에 대하여 일관성 있는 결과가 나왔는데, 특히 24시간 평균치에 대하여 1일의 지연기간을 두었을 때 상대위험도는 one pollutant model에서는 1.008~1.910로 나타났으며, 나머지 대기오염 물질(SO₂, NO₂, CO, TSP, PM₁₀)에서는 각 대표치에 대하여 유의한 위험성은 없었다 (Table 3).

Two pollutants model에서는 24시간 평균치에서는 O₃과 SO₂, O₃과 NO₂, O₃

Table 3. Relative risk at one pollutant model of O₃, SO₂, NO₂, CO, TSP, PM₁₀ with various lag times - bidirectional -

Pollutant		RR ³⁾ (95% CI ⁴⁾)		
		lag 1 day	lag 2 day	lag 3 day
O ₃ ¹⁾	24hr mean	1.910 (1.778-2.053)	1.327 (1.237-1.423)	1.634 (1.522-1.754)
	24hr max ⁵⁾	1.008 (0.987-1.029)	0.922 (0.903-0.941)	0.922 (0.903-0.941)
	8hr mean	1.387 (1.328-1.449)	0.985 (0.944-1.029)	1.082 (1.036-1.130)
SO ₂ ¹⁾	24hr mean	0.777 (0.728-0.830)	0.617 (0.578-0.659)	0.590 (0.554-0.629)
	24hr max ⁵⁾	0.935 (0.924-0.946)	0.931 (0.920-0.942)	0.909 (0.899-0.918)
	8hr mean	0.822 (0.775-0.872)	0.781 (0.737-0.828)	0.719 (0.679-0.760)
NO ₂ ¹⁾	24hr mean	0.764 (0.733-0.796)	0.706 (0.678-0.736)	0.687 (0.661-0.715)
	24hr max ⁵⁾	0.927 (0.913-0.940)	0.905 (0.891-0.918)	0.908 (0.895-0.922)
	8hr mean	0.779 (0.752-0.808)	0.783 (0.756-0.811)	0.767 (0.741-0.793)
CO ¹⁾	24hr mean	0.605 (0.550-0.667)	0.504 (0.459-0.554)	0.536 (0.490-0.586)
	24hr max ⁵⁾	0.957 (0.934-0.980)	0.934 (0.912-0.957)	0.975 (0.952-0.997)
	8hr mean	0.619 (0.555-0.690)	0.667 (0.601-0.740)	0.589 (0.534-0.649)
TSP ²⁾	24hr mean	0.944 (0.934-0.954)	0.937 (0.927-0.946)	0.952 (0.943-0.962)
	24hr max ⁵⁾	0.994 (0.991-0.996)	0.985 (0.982-0.987)	0.989 (0.986-0.991)
	8hr mean	0.957 (0.948-0.966)	0.953 (0.944-0.961)	0.959 (0.951-0.967)
PM ₁₀ ²⁾	24hr mean	0.944 (0.932-0.956)	0.943 (0.931-0.955)	0.962 (0.951-0.973)
	24hr max ⁵⁾	0.995 (0.992-0.998)	0.993 (0.991-0.996)	0.992 (0.989-0.995)
	8hr mean	0.963 (0.953-0.974)	0.964 (0.954-0.974)	0.971 (0.961-0.980)

¹⁾ O₃, SO₂, NO₂, CO : RR for the increase of 30 ppb ²⁾ TSP, PM₁₀ : RR for the increase of 30 µg/m³
³⁾ RR : Relative Risk ⁴⁾ CI : Confidence Interval ⁵⁾ max : Maximum

Table 4. Relative risk at two pollutants model of O₃, SO₂, NO₂, CO, TSP, PM₁₀ with various lag times using 24hr mean values - bidirectional -

Pollutant (24hr mean)	RR ³⁾ (95% CI ⁴⁾)		
	lag 1 day	lag 2 day	lag 3 day
O ₃	1.879 (1.739-2.031)	1.127 (1.045-1.214)	1.365 (1.265-1.474)
SO ₂	0.961 (0.895-1.031)	0.640 (0.598-0.686)	0.653 (0.611-0.699)
O ₃	1.737 (1.610-1.875)	1.117 (1.038-1.203)	1.327 (1.230-1.433)
NO ₂	0.846 (0.810-0.884)	0.720 (0.690-0.752)	0.729 (0.698-0.760)
O ₃	1.806 (1.669-1.954)	1.105 (1.024-1.193)	1.413 (1.307-1.527)
CO	0.830 (0.748-0.922)	0.530 (0.479-0.587)	0.639 (0.579-0.704)
O ₃	1.844 (1.715-1.983)	1.260 (1.173-1.352)	1.550 (1.442-1.667)
TSP	0.953 (0.943-0.963)	0.941 (0.931-0.950)	0.963 (0.954-0.973)
O ₃	1.857 (1.727-1.997)	1.277 (1.190-1.371)	1.588 (1.477-1.707)
PM ₁₀	0.955 (0.943-0.968)	0.948 (0.936-0.960)	0.976 (0.965-0.988)
SO ₂	1.504 (1.327-1.704)	0.990 (0.869-1.127)	0.955 (0.839-1.086)
NO ₂	0.613 (0.566-0.663)	0.710 (0.654-0.771)	0.705 (0.650-0.766)
SO ₂	1.141 (1.009-1.289)	0.750 (0.662-0.849)	0.570 (0.506-0.642)
CO	0.515 (0.430-0.616)	0.720 (0.601-0.862)	1.061 (0.896-1.256)
SO ₂	1.010 (0.921-1.108)	0.681 (0.620-0.748)	0.537 (0.491-0.588)
TSP	0.943 (0.929-0.957)	0.979 (0.965-0.993)	1.020 (1.006-1.034)
SO ₂	0.921 (0.839-1.010)	0.574 (0.522-0.631)	0.450 (0.411-0.493)
PM ₁₀	0.954 (0.937-0.972)	1.019 (1.001-1.038)	1.072 (1.054-1.090)
NO ₂	0.765 (0.714-0.820)	0.736 (0.687-0.788)	0.644 (0.601-0.690)
CO	0.994 (0.847-1.165)	0.890 (0.761-1.042)	1.195 (1.026-1.392)
NO ₂	0.800 (0.751-0.852)	0.699 (0.656-0.744)	0.594 (0.559-0.631)
TSP	0.985 (0.969-1.000)	1.003 (0.988-1.019)	1.048 (1.033-1.063)
NO ₂	0.747 (0.702-0.794)	0.624 (0.587-0.664)	0.536 (0.506-0.569)
PM ₁₀	1.009 (0.990-1.029)	1.051 (1.032-1.071)	1.103 (1.084-1.122)
CO	0.804 (0.690-0.938)	0.568 (0.487-0.662)	0.471 (0.404-0.548)
TSP	0.961 (0.945-0.977)	0.984 (0.967-1.000)	1.018 (1.001-1.034)
CO	0.664 (0.570-0.772)	0.409 (0.351-0.476)	0.325 (0.279-0.378)
PM ₁₀	0.984 (0.965-1.004)	1.036 (1.015-1.057)	1.086 (1.064-1.108)

¹⁾ O₃, SO₂, NO₂, CO : RR for the increase of 30 ppb ²⁾ TSP, PM₁₀ : RR for the increase of 30 µg/m³
³⁾ RR : Relative Risk ⁴⁾ CI : Confidence Interval

과 CO, O₃과 TSP 그리고 O₃과 PM₁₀의 모형에서 오존은 유의하게 위험한 것으로 나타났으며, 1일의 지연기를 두었을 때 오존과 아황산가스 모형에서 가장 큰 상대위험도 1.879 (95% CI=1.739-2.031)를 나타내었다 (Table 4).

24시간 최대치에서는 O₃과 SO₂, O₃과 NO₂, O₃과 CO, O₃과 TSP 그리고 O₃과 PM₁₀ 모형에서 1일의 지연기간을 두었을 때 상대위험비는 1.007~1.027로 나타났으나 유의한 신뢰구간을 가지지 못하므로 관련성을 확인할 수 없었고, 지연기간 2일과 3일에 대해서도 유의하지 않았다. 그러나 SO₂와 CO 모형에서는 CO가 각 지연기간에 대하여 유의하게 나왔다(상대위험비 1.003~1.118). 또 NO₂와 CO 모형에서도 3일의 지연기간을 두고 분석하였을 때 CO의 상대위험비는 1.060 (95% CI=1.033-1.087)로 유의하게 나왔다 (Table 5).

8시간 평균치에서는 O₃과 SO₂, O₃과 NO₂, O₃과 CO, O₃과 TSP 그리고 O₃과 PM₁₀ 모형에서 1일의 지연기간을 두고 분석하였을 때 O₃은 유의하게 위험한 요인으로 확인되었다 (Table 6).

고찰

1. 연구설계에 대한 고찰

본 연구는 대기오염과 호흡기계질환으로 인해 응급실을 방문한 환자수와의 관련성을 환자-교차연구방법으로 분석한 연구이다. 환자-교차연구설계는 Maclure [3]가 최초로 소개하였으며 이 연구설계는 일시적인 위험요소에 노출 후에 사라지는 요인이나 특징적인 행위(예컨대 감정적 분노나 커피섭취 등으로 인한 심근경색증 유발 등)에 주로 쓰여져 왔으며, 이 연구설계의 장점은 대조군을 따로 수집하지 않아도 되기 때문에 대조군 선정 시 야기될 수 있는 비뮴의 요소를 제거할 수 있고, 비용과 노력을 절감할 수 있으며, 또한, 대상 인구집단의 개인적 감수성 요인을 통제함으로써 대상자간의 비교를 가능하게 해준다는 데 있다 [4]. 이 연구설계는 환자-대조군 연구형태의 한

Table 5. Relative risk at two pollutants model of O₃, SO₂, NO₂, CO, TSP, PM₁₀ with various lag times using 24hr maximum values - bidirectional -

Pollutant (24hr max ³⁾)	RR ²⁾ (95% CI ⁴⁾)		
	lag 1 day	lag 2 day	lag 3 day
O ₃	1.010 (0.989-1.031)	0.921 (0.902-0.941)	0.916 (0.897-0.935)
SO ₂	0.935 (0.924-0.946)	0.931 (0.920-0.942)	0.907 (0.898-0.917)
O ₃	1.027 (1.006-1.049)	0.941 (0.921-0.961)	0.934 (0.914-0.954)
NO ₂	0.924 (0.910-0.938)	0.911 (0.897-0.925)	0.912 (0.899-0.926)
O ₃	1.007 (0.986-1.028)	0.918 (0.898-0.937)	0.920 (0.901-0.940)
CO	0.957 (0.934-0.981)	0.928 (0.906-0.951)	0.970 (0.948-0.993)
O ₃	1.013 (0.992-1.034)	0.931 (0.911-0.951)	0.925 (0.905-0.945)
TSP	0.994 (0.991-0.996)	0.986 (0.983-0.988)	0.989 (0.986-0.991)
O ₃	1.010 (0.989-1.031)	0.924 (0.905-0.944)	0.921 (0.902-0.941)
PM ₁₀	0.995 (0.992-0.997)	0.994 (0.991-0.997)	0.992 (0.989-0.995)
SO ₂	0.952 (0.939-0.965)	0.959 (0.946-0.973)	0.921 (0.909-0.933)
NO ₂	0.958 (0.942-0.975)	0.930 (0.914-0.947)	0.966 (0.949-0.983)
SO ₂	0.931 (0.920-0.943)	0.930 (0.918-0.943)	0.885 (0.874-0.896)
CO	1.018 (0.991-1.046)	1.003 (0.976-1.031)	1.118 (1.088-1.148)
SO ₂	0.936 (0.924-0.947)	0.949 (0.937-0.961)	0.913 (0.902-0.924)
TSP	0.999 (0.997-1.002)	0.989 (0.987-0.992)	0.997 (0.995-1.000)
SO ₂	0.936 (0.925-0.948)	0.934 (0.922-0.945)	0.907 (0.897-0.918)
PM ₁₀	0.998 (0.995-1.001)	0.998 (0.995-1.000)	1.001 (0.998-1.004)
NO ₂	0.921 (0.906-0.937)	0.901 (0.886-0.917)	0.892 (0.877-0.907)
CO	1.020 (0.993-1.048)	1.011 (0.985-1.039)	1.060 (1.033-1.087)
NO ₂	0.920 (0.903-0.936)	0.928 (0.911-0.946)	0.918 (0.902-0.935)
TSP	1.002 (0.999-1.006)	0.992 (0.989-0.995)	0.997 (0.994-1.000)
NO ₂	0.928 (0.914-0.942)	0.906 (0.892-0.921)	0.910 (0.895-0.925)
PM ₁₀	0.999 (0.996-1.002)	0.999 (0.996-1.002)	0.999 (0.996-1.002)
CO	0.978 (0.952-1.005)	1.000 (0.973-1.027)	1.032 (1.006-1.059)
TSP	0.995 (0.992-0.998)	0.985 (0.982-0.988)	0.987 (0.984-0.990)
CO	0.965 (0.941-0.989)	0.944 (0.921-0.968)	0.994 (0.970-1.019)
PM ₁₀	0.996 (0.993-0.998)	0.995 (0.992-0.998)	0.992 (0.989-0.995)

¹⁾ O₃, SO₂, NO₂, CO : RR for the increase of 30 ppb ²⁾ TSP, PM₁₀ : RR for the increase of 30 µg/m³
³⁾ RR : Relative Risk ⁴⁾ CI : Confidence Interval ⁵⁾ max : maximum

변형으로 어떤 대상에게 특정한 건강위해 영향이 발생했을 때(환자군)의 위험요인에의 노출 정도와 똑같은 대상이 건강위해 영향이 발생하지 않은 다른 시점에 있었을 때(대조군)의 노출 정도를 비교하게 되므로 대상이 고유하게 가지고 있는 장기간에 걸쳐 변하지 않는 요인들에 의한 영향을 배제할 수 있다는 장점이 있다. 일반적으로 환자-교차연구설계에서는 연구대상 또는 면접조사원이 어느 정도의 사전정보를 가지게 되므로 정보오류가 발생할 수 있으나, 본 연구에서는 의료보험의 상병자료를 사용하였기 때문에 연구대상이나 면접조사원의 기억력의 차이 또는 설문문항을 물어보는데 있어서의 차이에서 연유하는 정보오류는 없을

것으로 판단되며, 또한 호흡기계 질환으로 인한 응급실 방문 건수 전체를 대상으로 하였기 때문에 이런 종류의 정보오류는 적을 것으로 본다. 환자-교차연구설계는 개인내에서 변하지 않고 항상 일정한 특징의 경우 완벽하게 보정할 수 있으나 시간에 따라서 변화하는 개인의 특징은 여전히 교란을 일으킬 수 있다. 본 연구에서도 개인내에서 변하지 않는 특징에 대해서는 완벽하게 보정되었다고 판단되지만 시간에 따라 변하는 개인의 특징은 본 연구결과에 어떤 영향을 미쳤을 것으로 생각된다. 이러한 환자-교차 연구설계가 대기오염 역학연구에 쓰여지기 시작한 것은 최근의 일이다. Navidi [4]는 학교결석 모니

터링 연구의 예비연구를 시행하여, 결석 전날의 대기중 PM₁₀ 농도와 학교에서의 결석 사이의 관계를 연구하기 위하여 양방향성 환자교차연구설계를 적용하였으나 상관성을 확인하지는 못하였다. Neas 등 [5]은 포아송 회귀모델과 환자-교차연구 설계를 비교 분석하였는데 환자-교차연구설계의 표준오차가 0.014로 포아송 회귀분석 0.012보다 더 높게 나오므로 환자-교차연구설계가 포아송 회귀분석에 비해 통계적 검정력이 낮음을 지적하였다. Lee 등 [6]은 서울시의 사망자료와 서울시 대기오염 자동측정망을 통하여 얻어진 대기오염물질에 대한 자료를 이용하여 양방향성 환자-교차연구설계방법을 적용하여 이산화황과 사망 사이에 통계적으로 유의한 상관관계를 확인하였으며, 이 결과는 이전 시계열적 연구와 비교할 때 일관성이 있음을 확인하였다. Im 등 [7]은 대기오염과 천식증상에 의한 응급실 내원과의 연관성에 관한 양방향성 환자-교차연구를 시행하였으며 오존, 총분진, 이산화질소, 일산화탄소에 대해 유의한 관련성을 확인하였다. 이러한 연구결과로 미루어 볼 때 환자-교차연구설계는 대기오염 역학분야에 유용하게 쓰여질 수 있음을 보여주고 있다.

본 연구에서는 또 연구의 타당성을 보기 위하여 한 개 대기오염물질 모델을 선정하여 대조시기를 양방향성 대조시기 (Table 3)뿐만 아니라 후향적 대조시기 (Table 7, 9, 11)와 전향적 대조시기 (Table 8, 10, 12)를 선택하여 상대위험비를 같이 구하였다. 대조시기 선정은 후향적 대조시기를 예로 들자면, 환자가 되기 이전 1주일전, 2주일전, 3주일전의 주중의 같은 요일로 선택하는 방식을 택하였다. 여기서 후향적 대조시기를 선택했을 때, 오존은 24시간 평균치에서 1일의 지연기간을 두었을 때 상대위험비는 각각 7일전 2.263 (95% CI=2.036-2.516), 14일전 2.962 (95% CI=2.683-3.271), 21일전 2.416 (95% CI=2.187-2.668)이었고, 전향적 대조시기를 선택하면, 7일후 1.343 (95% CI=1.208-1.493), 14일후 2.063 (95% CI=1.870-2.277), 21일후 1.567

Table 6. Relative risk at two pollutants model of O₃, SO₂, NO₂, CO, TSP, PM₁₀ with various lag times using 8hr mean values - bidirectional -

Pollutant (8hr mean)	RR ³⁾ (95% CI ⁴⁾)		
	lag 1 day	lag 2 day	lag 3 day
O ₃	1.369 (1.310-1.430)	0.964 (0.923-1.006)	1.042 (0.998-1.089)
SO ₂	0.867 (0.817-0.920)	0.777 (0.733-0.824)	0.724 (0.684-0.767)
O ₃	1.339 (1.281-1.400)	0.940 (0.900-0.982)	1.004 (0.960-1.050)
NO ₂	0.806 (0.777-0.836)	0.777 (0.750-0.805)	0.767 (0.741-0.794)
O ₃	1.346 (1.286-1.408)	0.939 (0.898-0.981)	1.010 (0.965-1.057)
CO	0.749 (0.670-0.838)	0.641 (0.575-0.714)	0.593 (0.535-0.656)
O ₃	1.404 (1.344-1.467)	0.990 (0.948-1.033)	1.071 (1.025-1.118)
TSP	0.953 (0.945-0.962)	0.953 (0.944-0.961)	0.960 (0.951-0.968)
O ₃	1.396 (1.336-1.458)	0.988 (0.946-1.031)	1.073 (1.028-1.121)
PM ₁₀	0.960 (0.950-0.971)	0.964 (0.954-0.974)	0.972 (0.962-0.981)
SO ₂	1.531 (1.381-1.697)	1.363 (1.226-1.516)	1.158 (1.043-1.285)
NO ₂	0.628 (0.589-0.669)	0.669 (0.627-0.714)	0.712 (0.668-0.758)
SO ₂	1.048 (0.948-1.159)	0.830 (0.749-0.920)	0.784 (0.709-0.867)
CO	0.577 (0.479-0.694)	0.877 (0.731-1.053)	0.835 (0.701-0.993)
SO ₂	1.027 (0.939-1.122)	0.968 (0.886-1.058)	0.751 (0.690-0.817)
TSP	0.954 (0.941-0.968)	0.956 (0.943-0.970)	0.991 (0.978-1.004)
SO ₂	0.897 (0.819-0.982)	0.799 (0.730-0.875)	0.612 (0.561-0.668)
PM ₁₀	0.979 (0.962-0.996)	0.995 (0.978-1.011)	1.038 (1.022-1.054)
NO ₂	0.713 (0.670-0.757)	0.679 (0.640-0.721)	0.708 (0.668-0.751)
CO	1.395 (1.164-1.670)	1.674 (1.406-1.992)	1.319 (1.116-1.557)
NO ₂	0.755 (0.715-0.797)	0.787 (0.746-0.830)	0.727 (0.692-0.764)
TSP	1.011 (0.997-1.025)	0.998 (0.985-1.012)	1.018 (1.006-1.031)
NO ₂	0.683 (0.646-0.722)	0.698 (0.662-0.736)	0.645 (0.613-0.678)
PM ₁₀	1.054 (1.036-1.072)	1.047 (1.030-1.064)	1.070 (1.054-1.086)
CO	0.809 (0.680-0.963)	1.086 (0.917-1.287)	0.652 (0.554-0.768)
TSP	0.971 (0.956-0.986)	0.947 (0.933-0.961)	0.989 (0.975-1.003)
CO	0.604 (0.509-0.718)	0.725 (0.612-0.858)	0.425 (0.361-0.501)
PM ₁₀	1.003 (0.986-1.021)	0.989 (0.972-1.007)	1.043 (1.025-1.061)

¹⁾ O₃, SO₂, NO₂, CO : RR for the increase of 30 ppb ²⁾ TSP, PM₁₀ : RR for the increase of 30 µg/m³
³⁾ RR : Relative Risk ⁴⁾ CI : Confidence Interval

Table 7. Relative risk at one pollutants model of retrospective selection with various lag times using 24hr mean values

Pollutant		RR ³⁾ (95% CI ⁴⁾)		
		lag 1 day	lag 2 day	lag 3 day
O ₃ ¹⁾	7days before	2.263 (2.036-2.516)	1.121 (1.016-1.237)	1.805 (1.630-1.998)
	14days before	2.962 (2.683-3.271)	1.692 (1.542-1.856)	1.842 (1.674-2.025)
	21days before	2.416 (2.187-2.668)	1.517 (1.384-1.663)	1.785 (1.626-1.959)
SO ₂ ¹⁾	7days before	0.719 (0.659-0.785)	0.608 (0.560-0.661)	0.574 (0.530-0.622)
	14days before	0.532 (0.488-0.579)	0.485 (0.444-0.529)	0.550 (0.507-0.597)
	21days before	0.374 (0.342-0.409)	0.326 (0.300-0.355)	0.513 (0.474-0.555)
NO ₂ ¹⁾	7days before	0.727 (0.688-0.768)	0.721 (0.684-0.760)	0.681 (0.647-0.717)
	14days before	0.692 (0.656-0.730)	0.663 (0.628-0.699)	0.728 (0.691-0.766)
	21days before	0.665 (0.631-0.701)	0.637 (0.605-0.671)	0.750 (0.713-0.788)
CO ¹⁾	7days before	0.552 (0.486-0.626)	0.583 (0.517-0.658)	0.492 (0.439-0.552)
	14days before	0.354 (0.312-0.401)	0.369 (0.326-0.417)	0.561 (0.501-0.629)
	21days before	0.310 (0.274-0.350)	0.273 (0.242-0.306)	0.525 (0.470-0.587)
TSP ²⁾	7days before	0.951 (0.939-0.964)	0.956 (0.944-0.969)	0.975 (0.962-0.987)
	14days before	0.951 (0.938-0.964)	0.923 (0.910-0.935)	0.963 (0.951-0.976)
	21days before	0.927 (0.915-0.939)	0.915 (0.904-0.927)	0.977 (0.966-0.988)
PM ₁₀ ²⁾	7days before	0.943 (0.929-0.958)	0.955 (0.940-0.970)	0.971 (0.956-0.986)
	14days before	0.958 (0.942-0.975)	0.925 (0.910-0.940)	0.977 (0.962-0.993)
	21days before	0.917 (0.903-0.932)	0.912 (0.898-0.927)	0.999 (0.978-1.007)

¹⁾ O₃, SO₂, NO₂, CO : RR for the increase of 30 ppb ²⁾ TSP, PM₁₀ : RR for the increase of 30 µg/m³
³⁾ RR : Relative Risk ⁴⁾ CI : Confidence Interval

(95% CI=1.424-1.724)로 분석되었다. 그 결과는 양방향성 대조시기 선택법에 비해 과소평가 되어지거나 과대평가 되어 짐을 보여주고 있다. 또한 본 연구에서는 거의 모든 연구가 연구대상 인구집단이 살고 있는 지역에 대기질 측정망 자료로부터 얻어지는 대기오염 물질의 평균치 또는 최대값 중 하나를 대표 노출값으로 이용하는 방식을 사용하고 있는데, 이 경우 관심 대상 지역의 인구집단 모두는 공통적인 노출수준을 가지게 되므로 노출 평가에서 정보 비틀림이 야기될 수 있다는 지적 [9]에 따라, 비록 같은 한계를 가지고는 있으나 생물학적으로 다양하게 해석할 수 있도록 24시간 평균치, 24시간 최대치, 8시간 평균치 등 가능한 대표값을 모두 분석해 보았다. 사실, 장기간 동안 큰 인구집단을 대상으로 개인별로 노출을 평가하는 것은 현실적으로 불가능하므로 대기오염 자동측정망 자료를 이용하는 연구가 꾸준히 진행되고 있음은 어떻게 보면 불가피한 측면이 있으며, 여기에서 인구분포나 지리적 혹은 사회·문화적 차이를 보이는 여러 지역에서의 연구들이 일관되게 유사한 결과를 보인다면 오히려 개별 연구가 갖는 제한점에도 불구하고 대기오염물질과 건강 영향의 원인적 연관성이 실제로 존재한다고 평가할 수 있다고 생각한다.

2. 연구대상 및 연구자료에 대한 고찰

본 연구에서 사용한 의료보험 청구자료는 그 특성상 상병자료로서의 신뢰성에 한계가 있음은 주지의 사실이다. 상병명의 타당도에 대해서는 그동안 여러 차례 문제를 제기하는 연구 결과 [10-11]가 있었고, 이에 따르면 진단명의 정확성은 연구대상 질환별로 10.1%에서 85.0%까지 변이가 매우 큰 것으로 나타났다. 이에, 본 연구에서는 이러한 오분류의 가능성을 최소화 하고자, 가능한 한 유사계통의 많은 호흡기계 상병코드(11개)를 환례로 정의하고자 하였다.

또한, 우리나라 대기오염자료도 아직 그 타당도에 대하여 약간의 이견들이 있

Table 8. Relative risk at one pollutants model of prospective selection with various lag times using 24hr mean values

Pollutant		RR ³⁾ (95% CI ⁴⁾)		
		lag 1 day	lag 2 day	lag 3 day
O ₃ ¹⁾	7days after	1.343 (1.208-1.493)	1.238 (1.119-1.369)	1.805 (1.630-1.998)
	14days after	2.063 (1.870-2.277)	1.536 (1.395-1.690)	1.842 (1.674-2.025)
	21days after	1.567 (1.424-1.724)	1.105 (1.008-1.210)	1.785 (1.626-1.959)
SO ₂ ¹⁾	7days after	1.144 (1.045-1.251)	0.718 (0.660-0.782)	0.574 (0.530-0.622)
	14days after	1.013 (0.929-1.104)	0.690 (0.634-0.751)	0.550 (0.507-0.597)
	21days after	1.354 (1.238-1.482)	1.196 (1.093-1.309)	0.513 (0.474-0.555)
NO ₂ ¹⁾	7days after	0.966 (0.912-1.024)	0.721 (0.684-0.760)	0.681 (0.647-0.717)
	14days after	0.746 (0.708-0.787)	0.663 (0.628-0.699)	0.728 (0.691-0.766)
	21days after	0.850 (0.806-0.897)	0.637 (0.605-0.671)	0.750 (0.713-0.788)
CO ¹⁾	7days after	1.050 (0.921-1.196)	0.583 (0.517-0.658)	0.492 (0.439-0.552)
	14days after	0.744 (0.653-0.848)	0.369 (0.326-0.417)	0.561 (0.501-0.629)
	21days after	1.134 (0.995-1.293)	0.273 (0.242-0.306)	0.525 (0.470-0.587)
TSP ²⁾	7days after	0.937 (0.924-0.950)	0.956 (0.944-0.969)	0.975 (0.962-0.987)
	14days after	0.933 (0.920-0.946)	0.923 (0.910-0.935)	0.963 (0.951-0.976)
	21days after	0.963 (0.950-0.977)	0.915 (0.904-0.927)	0.977 (0.966-0.988)
PM ₁₀ ²⁾	7days after	0.941 (0.926-0.956)	0.955 (0.940-0.970)	0.971 (0.956-0.986)
	14days after	0.929 (0.914-0.946)	0.925 (0.910-0.940)	0.977 (0.962-0.993)
	21days after	0.982 (0.965-1.000)	0.912 (0.898-0.927)	0.9992(0.978-1.007)

¹⁾ O₃, SO₂, NO₂, CO : RR for the increase of 30 ppb ²⁾ TSP, PM₁₀ : RR for the increase of 30 μg/m³
³⁾ RR : Relative Risk ⁴⁾ CI : Confidence Interval

Table 9. Relative risk at one pollutants model of retrospective selection with various lag times using 24hr maximum values

Pollutant		RR ³⁾ (95% CI ⁴⁾)		
		lag 1 day	lag 2 day	lag 3 day
O ₃ ¹⁾	7days before	1.044 (1.014-1.076)	0.895 (0.871-0.921)	0.990 (0.962-1.019)
	14days before	1.113 (1.080-1.147)	0.961 (0.932-0.991)	1.021 (0.989-1.054)
	21days before	1.059 (1.033-1.087)	0.989 (0.965-1.015)	0.966 (0.941-0.991)
SO ₂ ¹⁾	7days before	0.925 (0.912-0.939)	0.955 (0.941-0.970)	0.903 (0.890-0.916)
	14days before	0.868 (0.856-0.881)	0.896 (0.882-0.910)	0.894 (0.881-0.906)
	21days before	0.829 (0.816-0.842)	0.861 (0.849-0.874)	0.865 (0.854-0.877)
NO ₂ ¹⁾	7days before	0.884 (0.867-0.901)	0.901 (0.883-0.919)	0.902 (0.884-0.920)
	14days before	0.842 (0.826-0.859)	0.845 (0.827-0.862)	0.898 (0.881-0.916)
	21days before	0.876 (0.860-0.892)	0.848 (0.832-0.864)	0.898 (0.881-0.915)
CO ¹⁾	7days before	0.804 (0.778-0.830)	0.848 (0.822-0.875)	0.861 (0.836-0.888)
	14days before	0.852 (0.825-0.880)	0.864 (0.837-0.892)	0.958 (0.929-0.988)
	21days before	0.858 (0.831-0.885)	0.836 (0.812-0.861)	0.938 (0.912-0.965)
TSP ²⁾	7days before	0.990 (0.987-0.993)	0.986 (0.983-0.989)	0.996 (0.993-0.999)
	14days before	1.001 (0.997-1.005)	0.981 (0.978-0.984)	0.994 (0.991-0.997)
	21days before	0.989 (0.985-0.992)	0.983 (0.980-0.986)	0.997 (0.994-1.000)
PM ₁₀ ²⁾	7days before	0.983 (0.980-0.986)	0.985 (0.982-0.988)	0.995 (0.992-0.999)
	14days before	0.999 (0.996-1.003)	0.997 (0.993-1.000)	0.998 (0.994-1.002)
	21days before	0.993 (0.990-0.997)	0.991 (0.988-0.995)	0.987 (0.984-0.990)

¹⁾ O₃, SO₂, NO₂, CO : RR for the increase of 30 ppb ²⁾ TSP, PM₁₀ : RR for the increase of 30 μg/m³
³⁾ RR : Relative Risk ⁴⁾ CI : Confidence Interval

음이 사실이지만, 현실적인 한계를 충분히 고찰할 수만 있다면 자료의 지속성과 광역성 측면의 장점으로 인하여 매우 높은 활용가치가 있다고 판단되고 있다. 향

후, 대기오염 측정단위가 지역별로 더욱 세분화된다면 여러 노출자료들을 개인단위로 연결할 수 있을 것이고 그렇다면 생태학적인 연구에서 개인단위의 연구로

보다 수준 높은 연구를 수행할 수 있을 것으로 기대하고 있다.

본 연구는 비록 관찰기간은 짧지만, 연구대상자 수가 비교적 많고, 사망이 아닌 상병자료를 사용하였으며, 새로운 연구설계를 통하여 개인의 장기간에 걸쳐 변하지 않는 요인들에 의한 영향을 배제함으로써 환경역학연구가 갖는 비뚤림을 어느 정도 통제할 수 있었다는 데 일정한 의의가 있다고 본다.

3. 연구결과에 대한 고찰

연구결과를 보면 오존을 제외한 나머지 오염물질의 경우, 위험도의 방향이 기존에 알려진 것과는 반대의 방향, 즉 보호 효과가 있는 것처럼 확인되고 있다.

본 연구에서 사용한 자료원의 끝부분 1개월 자료가 포함되지 않았을 뿐, 동일한 자료원을 활용하여 General Additive Model로 분석하였던 조수현 [8]의 보고서에서도 이와 유사한 결과가 확인되고 있는데, 건강영향을 '천식, 만성폐쇄성 호흡기 질환, 기관지염으로 내원한 환자의 합'으로 하였을 경우, 오존의 영향은 100ppb 증가당 2.18배 증가로 유의한 경향을 보였으나, 미세먼진의 영향은 100μg 증가당 0.88배로 오히려 유의하게 감소하는 양상을 보이고 있으며, 또한, 건강영향을 '소아의 호흡기 질환에 대한 영향'으로 보았을 경우, 오존의 영향은 100ppb 증가당 2.46배로 증가하는 경향을 보였으나, 미세먼진의 영향은 100μg 증가당 0.74배로 오히려 감소하는 양상을 보인다. 이에 기상조건과 대기오염, 건강영향을 3차원으로 재구성하여 다양한 조건으로 나누어 분석해 본 결과, 기상조건에 따라서 대기오염의 건강영향 관련성이 변화하는 것을 알 수 있었는데, 특히 평균기온이 >10℃, 평균기습>63% 이상(각각 중위값)일 때의 건강영향은 대기오염과 유의한 관련성이 있음을 확인할 수 있었으나, 그 반대의 경우에는 대기오염물질과 건강영향간에 유의한 관련성이 없음이 확인되었다.

앞에서 기술한 한정된 조건에서 시행된 분석결과를 대기오염물질별로 자세히

Table 10. Relative risk at one pollutants model of prospective selection with various lag times using 24hr maximum values

Pollutant		RR ³⁾ (95% CI ⁴⁾)		
		lag 1 day	lag 2 day	lag 3 day
O ₃ ¹⁾	7days after	0.898 (0.872-0.926)	0.845 (0.821-0.869)	0.796 (0.773-0.819)
	14days after	0.950 (0.922-0.979)	0.919 (0.891-0.947)	0.861 (0.934-0.888)
	21days after	0.993 (0.968-1.018)	0.916 (0.892-0.939)	0.906 (0.882-0.929)
SO ₂ ¹⁾	7days after	0.992 (0.978-1.007)	0.960 (0.946-0.975)	0.922 (0.910-0.935)
	14days after	1.009 (0.994-1.025)	0.950 (0.935-0.965)	0.923 (0.910-0.936)
	21days after	1.000 (0.985-1.015)	0.973 (0.959-0.988)	0.964 (0.951-0.977)
NO ₂ ¹⁾	7days after	0.985 (0.965-1.005)	0.907 (0.889-0.925)	0.876 (0.860-0.893)
	14days after	0.985 (0.966-1.004)	0.942 (0.924-0.961)	0.908 (0.891-0.926)
	21days after	0.998 (0.979-1.017)	0.991 (0.972-1.010)	1.001 (0.982-1.022)
CO ¹⁾	7days after	1.031 (0.996-1.067)	0.925 (0.896-0.954)	0.970 (0.941-1.001)
	14days after	1.063 (1.027-1.100)	1.011 (0.978-1.045)	1.001 (0.981-1.042)
	21days after	1.241 (1.199-1.285)	1.194 (1.155-1.233)	1.128 (1.094-1.163)
TSP ²⁾	7days after	0.999 (0.995-1.003)	0.985 (0.981-0.988)	0.985 (0.982-0.989)
	14days after	0.998 (0.995-1.002)	0.982 (0.978-0.985)	0.978 (0.975-0.981)
	21days after	0.987 (0.984-0.990)	0.992 (0.989-0.995)	0.983 (0.980-0.986)
PM ₁₀ ²⁾	7days after	0.996 (0.993-0.999)	0.997 (0.994-1.000)	0.995 (0.991-0.998)
	14days after	1.000 (0.996-1.003)	0.993 (0.990-0.997)	0.984 (0.980-0.988)
	21days after	1.004 (1.001-1.008)	1.000 (0.997-1.004)	0.992 (0.988-0.995)

¹⁾ O₃, SO₂, NO₂, CO : RR for the increase of 30 ppb ²⁾ TSP, PM₁₀ : RR for the increase of 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

³⁾ RR : Relative Risk ⁴⁾ CI : Confidence Interval

Table 11. Relative risk at one pollutants model of retrospective selection with various lag times using 8hr mean values

Pollutant		RR ³⁾ (95% CI ⁴⁾)		
		lag 1 day	lag 2 day	lag 3 day
O ₃ ¹⁾	7days before	1.433 (1.344-1.527)	0.844 (0.794-0.897)	1.102 (1.036-1.172)
	14days before	1.734 (1.632-1.844)	1.076 (1.015-1.141)	1.166 (1.096-1.240)
	21days before	1.516 (1.431-1.605)	1.046 (0.991-1.103)	1.168 (1.106-1.233)
SO ₂ ¹⁾	7days before	0.809 (0.746-0.876)	0.745 (0.692-0.802)	0.674 (0.627-0.725)
	14days before	0.627 (0.582-0.676)	0.644 (0.596-0.696)	0.690 (0.642-0.742)
	21days before	0.529 (0.489-0.571)	0.480 (0.446-0.517)	0.695 (0.648-0.745)
NO ₂ ¹⁾	7days before	0.783 (0.747-0.822)	0.802 (0.766-0.839)	0.742 (0.710-0.775)
	14days before	0.699 (0.668-0.731)	0.723 (0.690-0.757)	0.793 (0.758-0.828)
	21days before	0.733 (0.700-0.768)	0.712 (0.681-0.744)	0.791 (0.759-0.825)
CO ¹⁾	7days before	0.633 (0.545-0.734)	0.706 (0.615-0.811)	0.467 (0.410-0.532)
	14days before	0.367 (0.320-0.421)	0.475 (0.416-0.542)	0.601 (0.533-0.679)
	21days before	0.517 (0.449-0.595)	0.448 (0.393-0.510)	0.755 (0.670-0.852)
TSP ²⁾	7days before	0.965 (0.953-0.977)	0.964 (0.952-0.976)	0.971 (0.960-0.983)
	14days before	0.958 (0.947-0.970)	0.926 (0.915-0.937)	0.969 (0.958-0.980)
	21days before	0.951 (0.940-0.962)	0.935 (0.925-0.946)	0.983 (0.973-0.994)
PM ₁₀ ²⁾	7days before	0.960 (0.946-0.974)	0.966 (0.953-0.980)	0.965 (0.952-0.977)
	14days before	0.962 (0.948-0.976)	0.929 (0.916-0.942)	0.985 (0.972-0.998)
	21days before	0.951 (0.938-0.964)	0.935 (0.923-0.948)	0.993 (0.981-1.005)

¹⁾ O₃, SO₂, NO₂, CO : RR for the increase of 30 ppb ²⁾ TSP, PM₁₀ : RR for the increase of 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

³⁾ RR : Relative Risk ⁴⁾ CI : Confidence Interval

보면, 오존은 비록 유의성에는 변동이 있지만 전체의 계절을 통해 일관되게 호흡기 질환을 증가시키는 경향을 보이고 있었는데, 특히 전체 대상 질환자의 응급실

내원과 유의한 관련성을 보였으며, 그 크기는 전체 대상질환의 경우는 100ppb 증가당 2배 정도로 추정되었고, 천식의 경우는 100ppb 증가당 2.5배, 소아의 호흡

기 질환은 50ppb 증가당 5배 정도의 크기로 호흡기 질환의 발작 혹은 악화에 기여하는 것으로 확인되었다. 물론, 미세먼진도 대상 호흡기질환 전체(천식, 기관지염 및 만성폐색성 폐질환)에 대해서 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가당 1.11배 정도의 위험도가 산출되었고, 천식, 소아의 호흡기 질환 등에 대해서도 비록 통계적으로 유의하지는 않았지만 관련성의 강도는 이보다 높은 수준으로 1.7배 정도까지 있는 것으로 평가되었다.

결론적으로, 호흡기질환 중에서도 천식, 기관지염, 만성폐색성 폐질환의 발작 혹은 악화에 의해서 응급실을 방문하는 환자의 수는, 특히 기상조건에 따라서 결정요인이 변화하는 시기, 즉 기상조건이 호흡기 질환과 별로 관계없는 시기인 기온이 높은 여름에는 대기오염이 중요한 결정요인으로 작용하는 것으로 추정된다. 그러므로, Table 2의 상관성 분석에서 보이는 바와 같이, 본 연구에서처럼 대개 기온과 역상관성을 갖고 있는 다른 대기오염물질들의 1년치 자료 전체를 이용하여 분석하였을 경우엔, 그 관련성의 방향이 충분히 반대로 산출될 수 있을 것으로 판단된다.

또한, Levy 등 [12]의 연구에 따르면, 먼지와 같은 오염물질들은 지형학적으로 일부 지역에 국소적으로 높게 분포할 수 있으므로 결과에 일관되지 않은 영향을 줄 수도 있고, 대기오염물질들이 건강영향을 일으키기에 너무 낮은 농도로 존재할 경우도 그럴 수 있으며, 또한 선정된 환자가 전체 환자를 대표하지 못하고 어떤 특성으로 선택되었을 경우도 그런 결과가 산출될 수 있을 것이라고 언급하고 있다.

요약 및 결론

1995년 11월 1일부터 1996년 10월 31일까지의 1년간 서울시 대기오염자료와 의료보험연합회의 의료보험 청구자료를 사용하여, 대기오염과 호흡기질환으로 인하여 응급실을 내원한 환자와의 관련성에 관하여 환자교차연구설계를 적용하

Table 12. Relative risk at one pollutants model of prospective selection with various lag times using 8hr mean values

Pollutant		RR ³⁾ (95% CI ⁴⁾)		
		lag 1 day	lag 2 day	lag 3 day
O ₃ ¹⁾	7days after	1.297 (1.215-1.385)	0.938 (0.881-0.998)	0.925 (0.870-0.984)
	14days after	1.427 (1.341-1.518)	1.064 (1.003-1.128)	1.200 (1.129-1.276)
	21days after	1.248 (1.181-1.318)	0.963 (0.913-1.016)	1.052 (0.996-1.111)
SO ₂ ¹⁾	7days after	1.018 (0.938-1.106)	0.809 (0.749-0.874)	0.709 (0.659-0.763)
	14days after	0.957 (0.884-1.035)	0.879 (0.814-0.949)	0.689 (0.640-0.741)
	21days after	1.233 (1.137-1.337)	1.478 (1.362-1.605)	0.869 (0.805-0.938)
NO ₂ ¹⁾	7days after	0.919 (0.874-0.967)	0.789 (0.752-0.829)	0.760 (0.727-0.794)
	14days after	0.747 (0.712-0.784)	0.768 (0.733-0.805)	0.713 (0.682-0.745)
	21days after	0.822 (0.783-0.862)	0.892 (0.851-0.935)	0.779 (0.744-0.815)
CO ¹⁾	7days after	0.891 (0.761-1.043)	0.692 (0.600-0.799)	0.604 (0.532-0.685)
	14days after	0.587 (0.505-0.681)	0.690 (0.598-0.795)	0.464 (0.408-0.528)
	21days after	0.858 (0.741-0.994)	1.234 (1.072-1.421)	0.662 (0.584-0.750)
TSP ²⁾	7days after	0.953 (0.941-0.965)	0.934 (0.923-0.946)	0.946 (0.935-0.957)
	14days after	0.943 (0.931-0.955)	0.959 (0.947-0.971)	0.924 (0.913-0.935)
	21days after	0.968 (0.956-0.980)	0.997 (0.985-1.010)	0.946 (0.936-0.957)
PM ₁₀ ²⁾	7days after	0.962 (0.948-0.976)	0.954 (0.940-0.967)	0.960 (0.948-0.973)
	14days after	0.953 (0.939-0.968)	0.979 (0.964-0.994)	0.937 (0.923-0.950)
	21days after	0.994 (0.979-1.009)	1.023 (1.009-1.039)	0.965 (0.952-0.977)

¹⁾ O₃, SO₂, NO₂, CO : RR for the increase of 30 ppb ²⁾ TSP, PM₁₀ : RR for the increase of 30 µg/m³

³⁾ RR : Relative Risk ⁴⁾ CI : Confidence Interval

였다. 조건부 로지스틱 회귀분석을 이용하여 통계분석을 시행하였을 때, 온도와 상대습도를 보정한 상태에서 한 개의 대기오염물질 모델과 두 개의 대기오염물질 모델 모두에서 오존만이 일관되게 유의한 위험성이 있는 대기오염 물질로 확인되었다. 한 개의 대기오염물질 모델에서 오존의 24시간 평균치에 1일의 지연기간을 두었을 때 상대위험비는 1.910 (95% CI=1.778-2.553)으로서, 오존농도가 30ppb 증가할 때마다 호흡기질환으로 인한 응급실 내원수준은 1.91배 증가하는 것으로 평가되었고, 두 개의 대기오염물

질 모형에서는 24시간 평균치에서 O₃과 SO₂, O₃과 NO₂, O₃과 CO, O₃과 TSP, O₃과 PM₁₀ 모형에서 오존이 일관되게 유의하게 나왔으며 1일의 지연기를 두었을 때 오존과 아황산가스 모형에서 오존의 상대위험비가 1.879 (95% CI=1.739-2.031)로 가장 큰 값을 보였다.

참고문헌

1. Logan WPD. Mortality in London fog incident. *Lancet* 1953; 1: 336-338
2. Cho SH. The effects of air pollution on health. *J Korean Med Assoc* 1989; 22(12):

- 1272-1278 (Korean)
3. Maclure M. The case-crossover design a method for studying transient effects on the risk of acute events. *Am J Epidemiol* 1991; 133: 144-153
4. Navidi W. Bidirectional case-crossover design for exposure with time trends. *Biometrics* 1998; 54: 596-605
5. Neas LM, Schwartz J, Dockery D. A case-crossover analysis of air pollution and mortality in Philadelphia. *Environ Health Perspect* 1999; 107(8): 629-631
6. Lee JT, Schwartz J. Reanalysis of air pollution on daily mortality in Seoul, Korea: A case-crossover design. *Environ Health Perspect* 1999; 107(8): 633-636
7. Im HJ, Lee SY, Yun KJ, Ju YS, Kang DH et al. A case-crossover study between air pollution and hospital emergency room visits by asthma attack. *Korean J Occup Environ Med* 2000; 12(2): 249-257 (Korean)
8. 조수현. 대기중 오존과 미세먼지에 의한 건강영향 평가. 서울대학교 의학연구원 환경의학연구소 1998
9. Ju YS, Cho SH. Effect of air pollution on emergency room visits for asthma : a time series analysis. *Korean J Prev Med* 2001; 34(1): 61-72 (Korean)
10. Shin EC, Park YM, Park YG, Kim BS, Park KD et al. Estimation of disease code accuracy of national medical insurance data and the related factors. *Korean J Prev Med* 1998; 31(3): 460-470 (Korean)
11. Park JK, Kim KS, Kim CB, Lee TY, Lee KS et al. The accuracy of ICD codes for cerebrovascular disease in medical insurance claims. *Korean J Prev Med* 2000; 33(1): 76-82 (Korean)
12. Levy D, Sheppard L, Checkoway H, Kaufman J, Lumley T et al. A case-crossover analysis of particulate matter air pollution and out-of-hospital primary cardiac arrest. *Epidemiology* 2001; 12(2): 193-199