

## 대기오염과 건강영향의 관련성에 관한 연구

김윤신·신찬기\*·전준민

한양대학교 환경 및 산업의학연구소

\*한강환경관리청 시험분석실

## A Study on the Relationship of Air Pollution and It's Health Effect

Yoon-Shin Kim · Chan-Ki Shin\* · Jun-Min Jeon

*Institute of Environmental & Industrial Medicine, Hanyang University*

*\*Experimentation and Analysis Laboratory*

*Han River Environmental Management Office*

### Abstract

This study examines three different relation effects of air pollution on health in Seoul city during 1988-90 : an effect on respiratory disease mortality, the frequency of hospital in-patients for asthma, and jogging in the morning. The results seemed likely to show positive association between respiratory mortality and asthma in-patients and ozone concentration. It also suggested that jogging as morning exercise was not recommended in the morning because of the highest concentration of major pollutants in the morning(7 : 00-8 : 00 a.m.). The epidemiological and statistical investigation of air pollution on health effects to be studied in further detail since these findings have provided some limited conclusions.

### I. 서 론

대도시 지역의 대기오염이 날로 심각해지고 있는 가운데 대기오염의 보건학적 영향에 관

한 많은 관심이 집중되고 있으며, 외국에서는 이에 관련된 많은 연구 결과가 발표되고 있다 (Ferris, 1978 : Waldbott, 1978). 그러나 국내에서는 점차 대기오염의 정도가 개선되에도

불구하고 최근에는 스모그현상, 황사현상의 발생으로 인한 건강영향 문제가 심각히 대두되고 있으나 아직까지 이 분야에 대한 연구가 미비한 실정이다. 특히 국내의 기후 및 오염발생원의 특성이 외국의 그것과는 차이가 있어 주요 대기오염물질의 발생원 규명 및 건강영향과의 관련성에 관한 분석이 요구된다. 또한 대기오염물질의 기준치는 건강위해평가 연구결과를 기초로 설정되고 있으나, 국내의 기준치는 아직도 외국의 연구결과에 의존하여 보완되고 있는 실정이다.

일반적으로 대기오염의 인체영향은 고농도에서 급성으로 나타날 수 있고, 장기간 저농도에 노출됐을 경우에도 만성 호흡기성 질환을 초래할 수 있다(Lawrence *et al.*, 1983). 또한 폐질환, 심장질환, 순환기계질환, 기관지질환을 갖고 있는 환자, 노약자, 어린이들은 대기오염의 건강영향을 우선적으로 받을 수 있다.

대기오염이 인체에 미치는 영향을 파악하기 위해서는 역학적 조사연구, 실험적 연구, 임상 의학적 연구, 건강조사 및 통계분석연구 등이 시도되어 왔으나(Fishelson *et al.*, 1978: Mostardi *et al.*, 1981) 아직도 대기오염이 인체에 미치는 급성, 만성피해에 대하여 뚜렷한 인과관계를 규명하기는 매우 어려운 것으로 시사되고 있어 실내외 공기오염의 인체영향과 결부시켜 그 관계를 파악하는 연구가 시도되고 있다.

본 연구에서는 국내 대도시중 서울시의 대기오염이 건강에 미치는 영향을 파악하기 위하여 그 관련성의 통계적 분석을 시도하고 관련된 국내문헌을 고찰함으로써 서울시 대기오염으로 인한 건강위해평가에 관한 기초자료를 제공하고자 하였다.

## II. 연구자료 및 방법

### 2.1 연구자료

일반적으로 대기오염이 인체에 미치는 영향을 파악하기 위해서는 크게는 역학적 방법(Epidemiological Study)으로 건강질문조사(Health Questionnaire)를 병행할 수 있으며, 폐기능검사(Pulmonary Function Test)를 통한 호흡기관련 신체검사(Medical Examination)와 통계적 분석방법(Statistical Analysis)에 의한 기존의 대기오염 측정자료와 호흡기질환 관련 사망통계를 이용한 대기오염과 호흡기질환 사망률과의 관련성을 분석하거나 또는 병원에 입원, 내원한 호흡기질환 환자통계를 이용한 유병률 또는 발생률과의 관련성을 분석하는 방법이 현재까지 광범위하게 사용되고 있다(김운신, 1982).

본 연구에 이용된 대기오염자료는 1988. 1월~1990. 12월까지 3년간 서울시 및 환경처의 자동측정망에서 측정된 아황산가스(SO<sub>2</sub>), 총부유분진(TSP), 일산화탄소(CO), 이산화질소(NO<sub>2</sub>), 오존(O<sub>3</sub>) 및 총탄화수소(THC)의 시간 및 월평균 대기오염도를 이용하였으며, 사망통계 자료는 통계청에서 발표된 사망원인에 의한 총사망수와 호흡기질환에 의한 사망통계를 이용하였고, 기관지 천식환자수는 1990~1991년까지 H병원의 입원환자 자료가 이용되었다. 자동측정망으로부터 얻어진 대기오염 자료는 각 측정소별의 월평균 농도로서 자료의 신뢰성을 고려하여 일중 16시간 이상 한달중 20일 이상 측정된 자료만을 이용하였다. 대기오염물질의 농도와 사망수와의 상관성을 파악하기 위하여 상관관계분석 및 다중회귀분석을 실시하였다.

## 2.2 연구방법

본 연구의 방법은 크게 4가지로 나눌 수 있다. 첫째는 서울시 대기오염농도와 호흡기질환 사망과의 관련성, 둘째는 서울시 일부지역의 대기오염농도와 H대학병원에 입원한 기관지 천식환자수와 관련성, 셋째는 대기오염농도와 아침운동에 미치는 영향, 넷째는 최근까지 발표된 대기오염과 건강영향에 관한 국내의 연구결과(1969년 이후 발표)에 대한 고찰 분석이다.

이상의 분석을 위하여 이용된 자료는 다음과 같다.

(1) 대기오염과 호흡기질환 사망과의 관련성 : 대기오염자료는 환경처의 자동측정망에 의해 측정되고 있는 서울지역에서의 1988년 1월부터 1990년 12월까지 3년간의 월평균 대기오염자료를 이용하였고, 같은 기간동안의 서울시 사망원인 통계자료를 이용하였다.

(2) 대기오염과 기관지 천식과의 관련성 : 대기오염으로 인한 기관지 천식환자 발생에 미치는 영향을 파악하기 위하여 1990~1991년까지 서울시 성동구 H대학병원에 입원한 기관지 천식환자수와 동 병원에 인접한 대기오염측정망에 의한 같은 기간동안의 월평균 대기오염자료를 이용하였다.

(3) 대기오염과 아침운동과의 관련성 : 대기오염의 아침운동시에 미치는 영향을 파악하기 위하여 서울시 일부지역(광화문, 불광동, 방이동)의 1988~1990년까지 대기오염 측정 자료를 이용하여 아침시간대(05:00~08:00), 낮시간대(13:00~14:00), 밤시간대(21:00~22:00)로 구분하여 주요 대기오염물질의 농도를 비교하였다.

(4) 대기오염의 건강영향에 관한 문헌고찰

: 1969년 이후 국내의 전문학술지 또는 대학 학술지에 게재된 관련 논문을 요약 고찰하였다.

## III. 연구결과 및 고찰

### 3.1 대기오염과 호흡기질환과의 관련성

Table 1은 조사기간중 사망수를 나타낸 것으로 서울시의 월평균 총사망자수는 2,713명으로 남자 1,508명, 여자 1,205명으로 나타나 남성이 여성보다 약 1.3배 높게 나타났다. 또한 호흡기질환 사망자수는 138명중 상기도 질환에 의한 사망수를 제외한 호흡기질환 사망자수는 136명으로 남성이 여성보다 1.17배 이

Table 1. Monthly average deaths of total mortality and respiratory diseases in Seoul, 1988~1990.

Variable		Mean	S.D.	Range
Total mortality	Total	2713.50	326.68	1549~3189
	Male	1508.00	185.45	823~1737
	Female	1205.50	150.25	726~1452
Malignant neoplasm of respiratory and intrathoracic organs	Total	93.44	17.41	52~ 124
	Male	66.19	13.48	31~ 87
	Female	27.25	5.83	14~ 40
Malignant neoplasm of trachea, bronchus and lung	Total	84.17	16.58	44~ 114
	Male	59.19	12.46	25~ 78
	Female	25.53	7.59	12~ 58
Diseases of respiratory system	Total	138.44	24.38	95~ 204
	Male	74.75	15.02	50~ 116
	Female	63.69	12.67	41~ 95
Diseases of the upper respiratory tract	Total	1.58	1.27	0~ 4
	Male	0.72	0.78	0~ 2
	Female	0.92	1.13	0~ 5
Other diseases of the respiratory system	Total	136.83	24.20	94~ 203
	Male	74.03	14.87	50~ 116
	Female	62.82	12.49	41~ 93
Influenza	Total	0.44	0.77	0~ 3
	Male	0.17	0.38	0~ 1
	Female	0.28	0.57	0~ 2

상 높은 것으로 나타났다. Fig. 1과 2는 총사망자수와 각종 호흡기질환에 의한 사망수에 대한 경향으로서 겨울인 12월에 급격히 감소하는 것으로 나타나고 있는데, 이는 겨울철의 사망자수가 감소했다기 보다는 사망통계가 주민의 신고에 따르기 때문에 추운 겨울에 신고를 꺼리는 사망자 가족에 의해 신고가 누락되었기 때문인 것으로 사료된다. 한편 총사망자수와 호흡기질환에 의한 사망수는 점차적으로 증가하는 경향을 나타내고 있다.

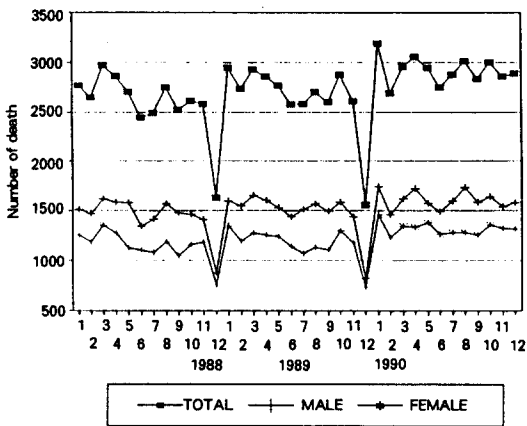


Fig. 1. Trend of total deaths in Seoul, 1988~1990

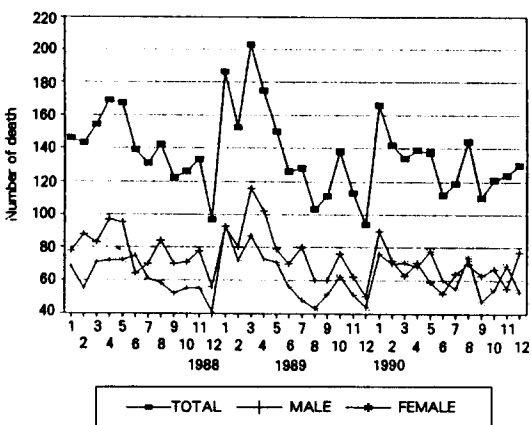


Fig. 2. Trend of deaths of diseases of respiratory system in Seoul, 1988~1990

대기오염농도

1988년부터 1990년까지 3년간 서울시의 주요 대기오염물질의 월평균농도는 Table 2와 같으며, SO<sub>2</sub>의 월평균농도는 0.052ppm으로서 장기 환경기준치인 0.05ppm을 초과하였고, TSP농도는 환경기준치인 150µg/m<sup>3</sup>에 미달하는 121µg/m<sup>3</sup>을 나타내고 있다. 또 CO와 NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>은 각각 4.4ppm, 0.037ppm, 0.024ppm을 나타내고 있어 각각 대기환경 기준치보다는 낮은 농도를 나타내고 있다. 그러나 THC의 경우 3.2ppm으로 기준치인 3ppm을 초과하는 것으로 나타났다.

Table 2. Monthly mean concentration of air pollutants in Seoul, 1988~1990.

Pollutant	M±S.D.	Range
SO <sub>2</sub> (ppm)	0.052±0.037	0.011-0.141
TSP(µg/m <sup>3</sup> )	121±37	56-201
CO(ppm)	4.4±2.0	1.3-8.3
NO <sub>2</sub> (ppm)	0.037±0.013	0.022-0.063
O <sub>3</sub> (ppm)	0.024±0.018	0.007-0.078
THC(ppm)	3.2±3.2	2.3-21.5

Fig. 3은 각 대기오염물질의 월별 변화 자료를 이용하여 나타낸 것으로서 SO<sub>2</sub>는 우리나라 SO<sub>2</sub>의 장기 환경기준치인 0.05ppm을 초과하는 달이 모두 15회로 나타났으나 단기환경 기준치인 0.15ppm을 넘는 달은 없었다. SO<sub>2</sub>의 계절에 따른 농도변화는 여름에 점차 감소하다가 겨울철에 급격히 증가하는 경향을 나타내고 있다. TSP는 연평균기준치인 150µg/m<sup>3</sup>를 초과하는 달은 6회로 모두 1988년에 나타났으며, 1989년 이후에는 150µg/m<sup>3</sup>을 초과하는 달은 없었다. SO<sub>2</sub>와 TSP의 계절에 따른 농도변화는 여름에 점차 감소하다가 겨울철에

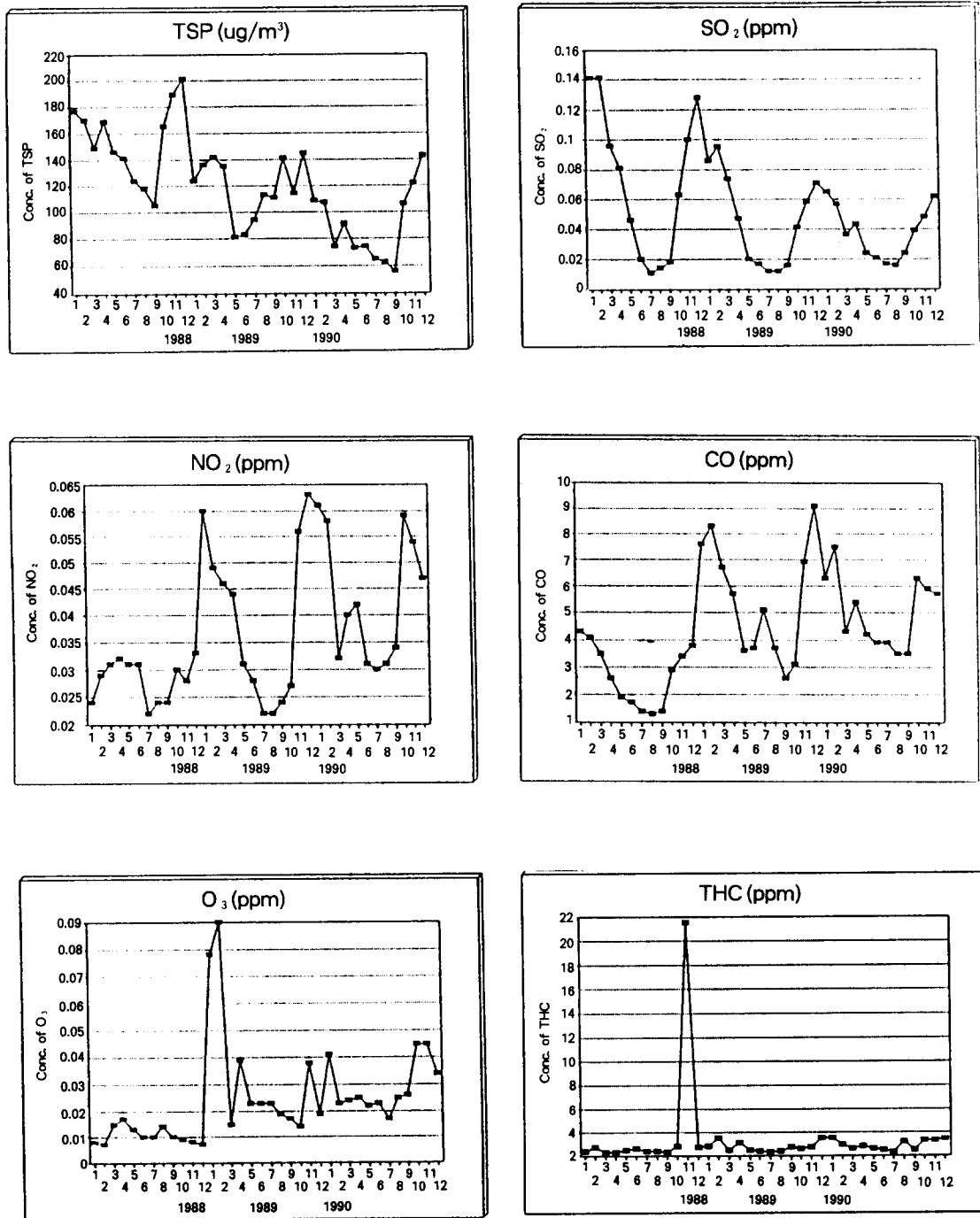


Fig. 3. Trend of concentration of 1)TSP, 2)SO<sub>2</sub>, 3)NO<sub>2</sub>, 4)CO, 5)O<sub>3</sub> and 6)THC in Seoul, 1988~1990

증가하는 경향을 나타내고 있다. NO<sub>2</sub>와 CO의 경우 장기기준치는 0.05ppm과 8ppm으로 초과하는 달은 각 7회와 2회로 나타났으며, 단기기준치인 0.15ppm과 20ppm을 초과하는 달은 없는 것으로 나타났다. NO<sub>2</sub>와 CO 역시 SO<sub>2</sub> 및 TSP와 같이 여름에 감소하고 겨울철에 증가하는 계절변동을 나타내었다. 한편 O<sub>3</sub>은 36개월중 20회가 연평균치인 0.02ppm을 초과하는 것으로 나타나고 있으며, 단기기준치를 초과하는 달은 없는 것으로 나타났다. THC의 경우 장기기준치인 3ppm을 넘는 달이 9회인 것으로 나타났다. 이들 두 오염물질은 계절에 따라 뚜렷한 변화를 나타내고 있지 않았다.

#### 단순상관분석

대기오염과 각종 사망자료와의 상관도를 살펴보기 위해 단순상관분석을 실시하였다. 사망통계의 변수로는 총사망수(DEA), 상기도 질환을 제외한 호흡기계질환에 의한 사망수(RESP-급성 기관지염 및 세기관지염, 폐염, 인플루엔자, 만성 및 상세불명의 기관지염, 폐기종 및 천식, 기관지 확장증, 기타 만성 폐색성 폐질환, 진폐증 및 외인에 의한 기타 폐질

환, 흉막염)를 이용하였고, 대기오염자료에 대한 변수는 SO<sub>2</sub>, TSP, CO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, THC를 사용하였다. Table 3과 같이 각 변수간의 상관도를 살펴보면 NO<sub>2</sub>와 CO가 0.85이상의 상관계수를 나타냄으로써 상관도가 가장 높은 것으로 나타났으며, SO<sub>2</sub>와 TSP가 0.76, CO와 O<sub>3</sub>이 0.66, RESP(이하 호흡기계질환 사망수로 약칭한다)과 DEA가 0.53 이상의 상관계수를 나타냄으로써 타 오염물질에 비해 상관도가 높은 것으로 나타났다. 호흡기계질환 사망수(RESP)는 오존(O<sub>3</sub>)과의 상관계수가 가장 높고 아황산가스(SO<sub>2</sub>)의 순이었으나 약상관성을 나타내 대기오염물질의 농도가 호흡기계질환사망수에 별 영향을 주지 않는 것을 시사한다.

#### 다중회귀분석

총사망수에 의한 다중회귀분석: 총사망에 미치는 영향인자를 알아보기 위하여 총사망수를 종속변수로 하고 대기오염자료를 독립변수로 하여 다중회귀분석을 실시하였다. 동시투입법(Enter)에 의한 분석결과 Table 4와 같은 결과를 얻었는데, NO<sub>2</sub>와 SO<sub>2</sub>의 회귀계수가 높은 값을 나타내었다. 이들 변수에 대한 R-

Table 3. Correlation matrix for variables selected(n=36).

	DEA	RESP	SO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	THC
DEA	1.0000	.5383**	-.1923	-.4063*	-.0146	.0598	.3101	-.0700
RESP		1.0000	.2446	.1668	.1336	.1788	.2553	-.0273
SO <sub>2</sub>			1.0000	.7661**	.3329	.2282	.0605	.2446
TSP				1.0000	-.0127	-.0194	-.2012	.3215
CO					1.0000	.8514**	.6611**	-.0060
NO <sub>2</sub>						1.0000	.6401**	-.0283
O <sub>3</sub>							1.0000	-.0832
THC								1.0000

\*P < 0.01    \*\*P < 0.001

square값이 0.3519를 나타내 다중회귀모형은 35.19%의 설명력을 나타내는 것으로 조사되었다.

Table 4. Multiple regression analysis result of number of total deaths.

Variable	B	SE B	R-square
THC	8.4633	16.3765	
CO	-107.6302	53.6053	
TSP	-6.2943	2.3772	
O <sub>3</sub>	7914.6114	3782.5670	0.3519
SO <sub>2</sub>	4182.7803	2441.1428	
NO <sub>2</sub>	5560.5560	7475.4232	
Constant	3308.2830	270.4275	

DEA(총 사망수) = 8.46(THC) - 107.63(CO) - 6.29(TSP) + 7914.61(O<sub>3</sub>) + 4182.78(SO<sub>2</sub>) + 5560.56(NO<sub>2</sub>) + 3308.28

한편 유의성이 있는 변수에 대한 회귀분석을 나타내는 단계별투입법(stepwise)에 의한 분석을 실시한 결과 설명변수로 TSP가 선택되었으며 다중회귀분석결과에 의한 총사망수의 다중회귀모형은 다음과 같다.

DEA(총사망수) = -3.58(TSP) + 3146.68 (R-square=0.1651)

호흡기계질환에 의한 사망수에 대한 다중회귀분석: 호흡기계질환 사망수(RESP)를 종속변수로 하여 다중회귀분석을 실시한 결과 Table 5와 같으며 본 회귀모형의 설명력은 16.6%로 매우 낮게 나타났다. 분석결과 회귀계수가 높은 변수는 O<sub>3</sub>과 NO<sub>2</sub>로 나타났다. 이것은 미약하지만 호흡기계질환사망에 오존과 이산화질소의 농도가 영향을 줄 수 있음을 시사한다.

RESP(호흡기계질환에 의한 사망수) = -0.59(THC) - 5.07(CO) + 0.02(TSP) +

Table 5. Multiple regression analysis result of number of respiratory deaths.

Variable	B	SE B	R-square
THC	-0.5933	1.3758	
CO	-5.0715	4.5033	
TSP	0.0204	0.1997	
O <sub>3</sub>	488.5117	317.7702	0.1662
SO <sub>2</sub>	197.4133	205.0783	
NO <sub>2</sub>	432.4151	628.0039	
Constant	120.5989	22.7184	

488.51(O<sub>3</sub>) + 197.41(SO<sub>2</sub>) + 432.42(NO<sub>2</sub>) + 120.60

또한 호흡기계질환에 의한 사망수를 종속변수로 하여 단계별 투입법 분석을 실시하였으나 분석결과 유의성이 있는 변수가 없으므로 나타났으며, 회귀모형의 도출이 불가능하였다. 이상에서 서울시 대기오염과 총사망 및 호흡기계질환 사망과의 관련성을 파악하고자 시도한 단면분석(cross-sectional analysis)에 의한 결과는 서울시 대기오염이 호흡기계질환사망에는 영향을 주지 않는 것으로 나타났으나 본 분석에서는 단기간의 자료, 사용변수의 불충분 등으로 대기오염의 호흡기계질환사망과의 관련성을 충분히 설명되지 못한 것으로 시사된다. 다만 대기오염물질중 최근 오염도가 증가되고 있는 오존과 이산화질소가 타 오염물질에 비하여 높은 상관성을 보이는 것은 이 변수들에 대한 시계열적분석(time-series analysis)을 통한 장기적이고 계획적인 연구분석이 요청된다.

### 3.2 대기오염과 기관지 천식과의 관련성

Table 6은 1990~1991년 2년동안 서울시 H대학병원에 입원한 기관지 천식환자를 대상으로 월별, 계절별에 따른 평균 대기오염도와 천식 및 호흡기계질환 환자수의 관계를 나타낸

**Table 6.** Monthly mean in-patient(number) in a hospital and air pollutants(concentration) in Sungsu area, 1990~91(N=24).

Variable	Mean	S.D.
Asthma(person)	20	6.5
Respiratory(person)	233	85.7
SO <sub>2</sub> (ppm)	0.057	0.036
TSP(μg/m <sup>3</sup> )	198.0	39.2
CO(ppm)	2.5	1.1
NO <sub>2</sub> (ppm)	0.046	0.007
O <sub>3</sub> (ppm)	0.010	0.004
THC(ppm)	2.9	0.4

것이다.

표에서 나타난 바와 같이 성수지역의 월평균 대기오염도는 오존을 제외하고 대부분의 오염물질들의 농도가 전체 서울시에서 측정된 평균 대기오염도 보다 높았으며, 성수지역 부근에 거주하는 일반인중 월평균 H병원에 입원한 천식환자수는 20명, 호흡기질환에 걸린 사람은 233명으로 조사되었다. Table 7은 성수지역 대학병원에 입원한 호흡기질환 환자수와 기관지천식 환자수와 대기오염도와 의 연관성을 파악하기 위하여 상관분석결과를 나타낸 것이다. 표에서 보는 바와 같이 기관지천식(ASTHMA)과 오존(O<sub>3</sub>), 탄화수소(THC)만

**Table 7.** Correlation coefficient for variable selected(N=24).

Correlations:	Asthma	RESP	SO <sub>2</sub>	TSP	CO	NO <sub>2</sub>
Asthma	1.0000					
RESP	-.5926	1.0000				
SO <sub>2</sub>	-.1143	.0246	1.0000			
TSP	-.0485	-.1612	.7569*	1.0000		
CO	-.2274	.0761	.9082**	.7604*	1.0000	
NO <sub>2</sub>	-.5013	-.0387	.4974	.4142	.5912	1.0000
O <sub>3</sub>	.1095	.2380	-.8214**	-.5393	-.7743*	-.5718
THC	.0940	-.3264	.0876	.4802	.2414	.1323

이 정상관을 나타낼 뿐 기타 오염물질은 역상관의 관계를 나타내 통계적으로 유의성이 확인되지 않았다. 본 상관분석의 결과로는 기관지천식 입원환자 수의 증가에 대기오염물질의 농도증가가 큰 영향을 미치지 않는 것으로 시사되나 차후 특히 오존과 기관지천식과의 연관성에 관한 보다 자세한 분석이 요구된다.

### 3.3 대기오염과 아침운동과의 관련성

#### 서울시 대기오염도의 시간별 변화 특성

대기오염자료는 광화문, 불광동, 방이동 등 3개 지점만을 선정하여 TSP, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO

**Table 8.** Hourly average concentrations of air pollutants in 3 sites(Kwanghwamun, Bangi, Bulkwang) in Seoul, 1988~1990.

Pollutants	Times(hr)														
	5-6			6-7			7-8			13-14			21-22		
	88	89	90	88	89	90	88	89	90	88	89	90	88	89	90
TSP(μg/m <sup>3</sup> )	129.5	134.5	133.6	153.6	157.9	162.7	180.9	186.6	191.4	96.5	104.3	125.5	154.6	144.3	162.1
SO <sub>2</sub> (ppm)	0.058	0.054	0.065	0.069	0.055	0.071	0.070	0.056	0.072	0.034	0.031	0.035	0.042	0.044	0.051
NO <sub>2</sub> (ppm)	0.027	0.022	0.025	0.047	0.027	0.027	0.059	0.032	0.029	0.024	0.022	0.028	0.043	0.025	0.034
CO(ppm)	2.54	3.73	3.34	3.02	3.72	3.29	2.83	3.72	3.39	1.45	2.19	1.76	1.99	2.80	2.81
O <sub>3</sub> (ppm)	0.018	0.027	0.053	0.021	0.030	0.043	0.026	0.036	0.041	0.021	0.035	0.019	0.026	0.029	0.054



및 O<sub>3</sub> 등 5개항목의 농도를 아침시간대인 05:00~08:00와 낮 13:00~14:00, 밤 21:00~22:00로 구분하여 시간별, 계절별에 따른 농도변화를 나타냈으며, 또한 아침시간대(05:00~08:00)의 오염도를 05:00~06:00시간과 06:00~07:00시간 및 07:00~08:00시간대로 구분하여 대기오염도를 조사하였다.

Table 8은 일부 서울지역의 연중 시간대별 대기오염도를 나타낸 것으로 대체적으로 아침시간대가 낮과 밤 시간대보다 확실히 높았다.

또한 서울시내의 3개 지역에서 시간대별에 따른 각 연도별의 연평균 대기질변화를 살펴보면, 시간의 증가에 따라 TSP, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> 등의 오염물질의 농도는 점차 증가 추세에 있으며 NO<sub>2</sub>, CO 등은 점차 감소 추세를 보이고 있으나, 이러한 대기오염도는 아직도 외국 도시의 대기질에 비해 높은 수치를 보이고 있다.

Fig. 4는 '88~90년 조사대상인 방이동(1988), 불광동(1989), 광화문(1990) 등 3개지역에 대하여 연도별로 이른 아침시간대와 기타 시간대의 계절별에 따른 시간대별의 대기오염도를 나타낸 것이다. 전반적으로 시간대와 관계없이 겨울철에 대기오염도가 높게 나타났으며, 그 다음으로 가을>봄>여름 순으로 오염물질의 농도가 높게 나타났다. 또한 계절별에 관계없이 아침시간대가 타 시간대보다 오염농도가 높은 것으로 나타났다.

그림에서 보는 바와 같이 1988년 방이동의 각 오염물질별 농도를 살펴보면 가을의 TSP와 NO<sub>2</sub>는 165.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 0.057ppm이고, 겨울의 SO<sub>2</sub>와 CO, O<sub>3</sub>은 각각 0.062ppm, 2.58ppm, 0.032ppm으로 타 계절에 비해 가장 높게 측정되었다. 한편 총부유분진(기준치:

150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )과 아황산가스(기준치:0.05ppm) 및 이산화질소(기준치:0.05ppm) 등의 오염물질들은 우리나라 연평균 대기환경기준치를 모두 초과하는 수치로 방이동 주변의 대기오염물질이 간접적이거나 계절에 따라 다르게 오염되어 있음을 알 수 있다. 또한 방이동에서도 시간대별 농도를 보면 계절에 관계없이 아침시간대가 타 시간대보다 오염물질농도가 높게 관찰되었다. 반면에 O<sub>3</sub>은 아침시간대보다 오후(21:00~22:00)에 비교적 높게 나타나 다른 오염물질과 대조를 보여주고 있는데, 이는 반응성 오존의 영향으로 사료된다.

1989년의 불광동 자료를 보면 전반적으로 오염물질에 관계없이 겨울철에 비교적 높은 농도치를 보이고 있으며, 오염물질별로 겨울철에 TSP가 131.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , SO<sub>2</sub>는 0.057ppm, CO는 4.4ppm, O<sub>3</sub>은 0.011ppm으로 각각 가장 높은 수치를 보였으나, NO<sub>2</sub>는 0.037ppm으로 가을철에 높은 농도를 보여주고 있다. 불광동 자료에서는 대부분의 대기오염물질이 현행 대기기준치보다는 낮은 값을 보이지만, SO<sub>2</sub>만은 대기기준치보다 높은 값을 보여주고 있어 주변 주택의 가정용 난방연료로부터 배출된 가스가 SO<sub>2</sub>농도에 많은 기여를 하지 않았나 생각된다.

또한 1990년 광화문에서 측정된 자료를 보면 이 지역도 타 지역과 마찬가지로 겨울철이 타 계절에 비해 오염물질의 농도가 비교적 높았으며, 겨울철의 TSP농도는 112.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , SO<sub>2</sub>는 0.069ppm, CO는 5.5ppm으로, 봄철에는 NO<sub>2</sub>가 0.061ppm, 여름철에는 O<sub>3</sub>이 0.009ppm으로 각각 가장 높은 농도치를 보여주고 있다. 광화문의 대기오염농도는 예전에 비해 일부 오염물질들은 다소 감소하였으나 아직도 대부분의 오염물질들이 높은 농도치를

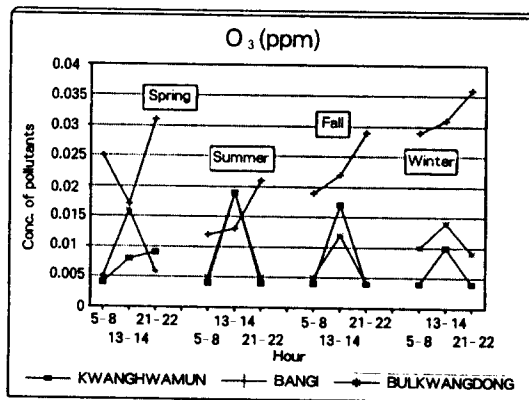
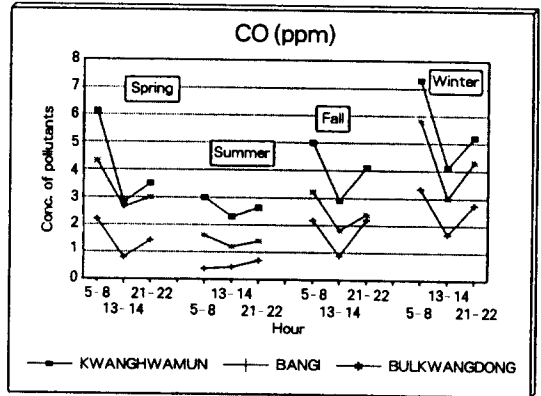
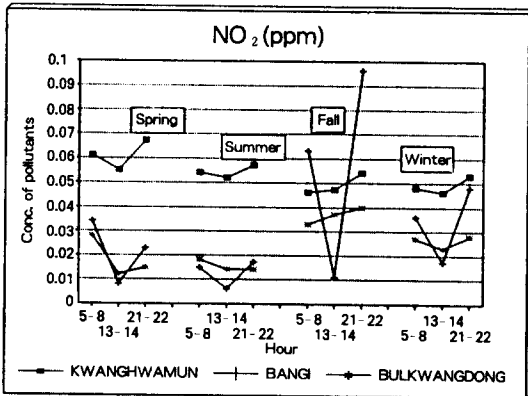
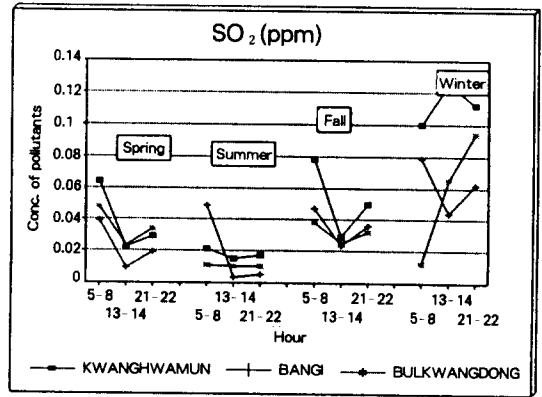
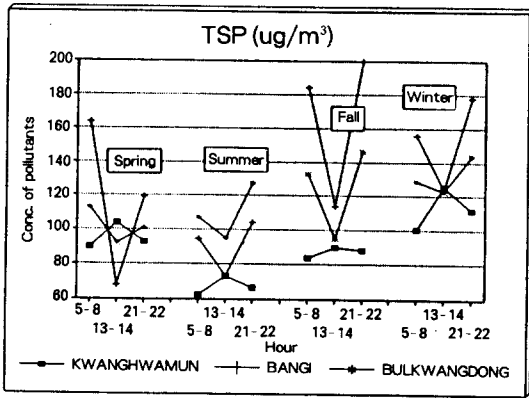


Fig. 4. Hourly variation of 3 sites (Kwanghwamun, Bangi, Bulkwang) by seasonally in Seoul, 1988~1990.

보여주고 있다. 또한 SO<sub>2</sub>와 NO<sub>2</sub>는 대기기준치보다 높은 농도치를 보여주고 있다.

#### 아침시간대(05:00~08:00)의 대기오염도 변화특성

Table 9는 조사대상 3개지역의 이른 아침 시간대인 05:00~08:00 시간중 대기오염물질의 평균농도 자료로서 각 오염물질이 07:00~08:00 시간대에서 최고의 농도치를, 05:00~06:00 시간대에서 최저의 대기오염 농도치를 보여주고 있다. 특히 시민들의 출근 시간대(07:00~08:00시간)에 근접한 시간일수록 대기오염도가 높은 것을 알 수 있다.

Table 9. Average concentrations of air pollutants in the morning in Seoul, 1988~1990.

Pollutants	05:00~06:00	06:00~07:00	07:00~08:00
TSP( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	132.5	158.1	186.3
SO <sub>2</sub> (ppm)	0.059	0.062	0.066
NO <sub>2</sub> (ppm)	0.025	0.035	0.040
CO(ppm)	3.20	3.34	3.31
O <sub>3</sub> (ppm)	0.033	0.031	0.034

일반적으로 대기오염도에 영향을 미치는 요인으로는 가정의 난방연료나 자동차 배출가스 등 화석연료의 연소에 의한 다양한 요인들을 들 수 있겠으나 그중에서 특히 주원인은 출근 시간대(07:00~08:00)에 운행되는 자동차의 배출가스에 의한 요인이 조사한 지역의 대기질에 가장 많은 영향을 미쳤으리라 사료된다. 이는 1980년대 이후 서울지역의 대기질에 관한 국내 연구조사를 통해서도 나타났으며(나진권 외, 1991), 외국의 많은 문헌조사에서도 이와 유사한 형태의 오염도를 보이는 것으로 보고되고 있다(Isabelle *et al.*, 1991:

Parviz *et al.*, 1992).

이상의 결과와 같이 서울지역 아침시간대의 공기상태는 다른 시간대에 비하여 비교적 높으므로 아침에 운동을 실시할 경우 폐활량이 조강을 하지 않을때 보다 증가하므로 오염된 공기가 다량 흡입될 것이다. 그러나 대기오염으로 인한 건강영향의 파악은 부정적인 효과와 긍정적인 효과를 비교하는데 있어 개개인의 생리적, 육체적 및 정신적인 건강상태에 따라 각기 다르므로 이를 평가분석하기 위해서는 보다 전문적이고 과학적인 연구가 필요할 것으로 생각된다. 특히 대기오염의 건강위해평가를 위한 건강정보를 체계적으로 수집하고 대기이외의 실내공기로부터의 건강영향까지를 포함한 건강장애를 추정할 수 있는 평가기술의 개발이 요청된다.

#### 3.4 대기오염의 건강영향에 관한 문헌고찰

Table 10은 국내의 각 학회지에 발표된 논문으로서 각 대상에 따라 인체영향 정도를 나타내고 있다. 본 연구에 이용된 논문들은 모두 대기오염이 각종 호흡기증상에 영향을 주는 것으로 보고하고 있다.

#### 역학조사에 의한 연구

각종 대기오염물질이 인체에 미치는 영향을 분석한 연구방법 가운데 역학조사는 어느 지역에서 대기오염도에 따라 질병발생에 관련되었을 경우의 연구방법이다. 대기오염에 따른 건강영향에 관한 조사분석 방법에는 환경오염 및 건강변수의 선정과 조사대상자의 선택 등 문제점을 안고 있는 것으로 지적되었다(정규철, 1969). 이에 대해 본 연구에서는 건강조사 대상자로 누구를 선택했는지에 따라 병

Table 10. Summary of health effect studies of Air pollution in Korea.

Analytical method	Author( Year)	Survey Period	The subject of study
Epidemiologic study	Chung, k, c.(1969)	1/1968년-2/1969	Outpatient
	Yoon, M.J.(1971)	8/1967년-1/1968	Senior highschool students
	Shin, Y.S.,etc.(1972)	2-3/1971	Residents
	Lee, J.D.,etc.(1982)	1/1981	Primary school children
	Cha, C.W.,etc.(1988)	4/-7/1981	Office workers
	Kim, Y.S.,etc.(1990)	3-4/1990	Primary school children
	Kim, Y.S.,etc.(1991)	3/1991	Taxi drivers
Statistical analysis	Cha, C.W.,etc.(1981)	1980	Health Insurance Company data
	Cha, C.W.,etc.(1988)	1986	Health Insurance Company data

원 내원 환자, 고등학교 학생, 일반 시민, 국민학교 학생, 근로자를 대상으로 연구 보고된 문헌을 대상별로 분류하였다.

병원 내원 환자를 대상으로 건강조사를 실시한 연구 : 대기오염이 서울시 시민보건에 어떠한 영향을 미치는가에 대해 보고한 정규철(1969)의 문헌을 살펴보면, 대기오염과 밀접한 관련이 있는 것으로 보고된 호흡기증상에 대한 조사결과, 호흡기증상으로 인한 일별 내원율은 대기중 SO<sub>2</sub> 및 CO 농도와 밀접한 관계를 나타낸다. 대기오염이 극심한 도심지역 거주자에서 호흡기 증상의 출현빈도가 높게 나타나는 것으로, 또 여자보다 남자에서, 연령이 증가할수록 출현빈도가 증가하는 것으로 보고되었다. 그러나 CO 폭로와 관련이 있는 COHb 포화도를 조사한 결과 유의적 차이를 나타내지 않았다.

고등학교 학생을 대상으로 건강조사를 실시한 연구 : 윤명조(1971)에 의해 서울과 부산을 대상으로 대기오염물질을 측정하여 이중 대기오염이 가장 심한 지역과 가장 낮은 지역을 선택하여 이 지역 고등학교 학생의 각종 증상의

조사와 폐기능 검사를 실시한 결과 오염도가 심한 지역의 학생들에서는 자각증상으로 기침, 유루증, 호흡곤란 등이 많이 발견되었으며, 이는 오염도가 낮은 지역보다 각각 6배, 5배, 3배가 높게 나타난 것이다. 또한 전체 자각증상에 대한 호소율은 오염도가 심한 지역이 오염도가 낮은 지역보다 2배 높게 나타났다. 자각증상의 경우 심한 오염지역의 학생이 오염이 적은 지역학생에 비해 2~3배 가량 높게 나타났다. 폐기능 검사 결과에서도 오염도가 높은 지역에서 폐기능이 낮은 것으로 나타났다.

주민을 대상으로 건강조사를 실시한 연구 : 신영수 등(1972)에 의해 대기오염도가 높은 서울시(도심지역, 고개지역, 공장지역)와 대기 오염피해를 받지 않고 있는 수원시의 거주자를 택하여 인터뷰를 통한 증상 조사를 실시한 문헌에서는 증상의 호소율이 서울시의 고개지역, 도심지역, 공장지역, 그리고 수원지역의 순으로 이는 수원지역에 비해 1.9배, 1.5배, 1.3배를 나타내어 유의성을 보이고 있다. 육체적 질병항목과 정신적 질병항목에서도 수원지역에 비해 서울지역이 각각 1.9~1.4배,

1.9~1.3배 높은 평균호소율을 나타내었다.

국민학교 어린이를 대상으로 건강조사를 실시한 연구: 대기오염정도에 따른 폐기능검사를 실시한 이재동 등(1982)에 의한 연구에서는 전국 SO<sub>2</sub>의 연평균 농도를 근거로 하여 180ppb의 고농도인 서울의 구로지역과 5ppb의 저농도를 보인 경기도 여주지역의 국민학교 아동을 대상으로 국민학교 어린이의 폐기능검사를 실시하였다. 본 연구결과 대기오염이 심한 서울지역이 오염이 덜 심한 여주지역보다 2학년 학생에서는 폐기능이 낮은 것으로 나타났다. 또한 김윤신 등(1990)이 대기오염이 심한 서울지역과 대기오염이 낮은 지역인 도고지역의 국민학교 아동의 폐기능을 조사한 결과에서도 서울지역 아동의 폐기능이 낮은 것으로 나타났다.

근로자를 대상으로 건강조사를 실시한 연구: 오염도가 지극히 심할 것으로 예상되는 고속도로 통게이트에 근무하는 근로자와 사무직원을 대상으로 실시한 차철환 등(1988)에 의한 조사연구에서는 SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, 부유분진, 납, 벤조피렌 등 유해한 오염물질을 조사한 결과 오염물질의 농도가 일반 대기중의 농도보다 월등히 높았으며 혈중 납량, 뇨중 납 및 코프로포르피린량 그리고 임파구내의 자매염색 분체 교환 빈도의 평균치가 사무직 근로자보다 유의하게 높았다. 또한 김윤신 등(1991)에 의해 서울지역에서 운행하는 영업용 택시 기사를 대상으로 NO<sub>2</sub>에 대한 개인피폭량을 조사한 결과 평균 0.554ppm을 나타내 서울시의 고농도 대기오염에 폭로되어 있음을 시사한다. 이는 대기오염 연평균 기준치인 0.05ppm보다 11배, 1시간 평균치인 0.15ppm보다 3.7배 높은 것이다. 또한 호흡기관련 증상에 대한 호소

율이 매우 높은 것으로 나타나 대기오염으로 인해 호흡기관련질환에 걸릴 확률이 높은 것으로 나타났다.

#### 통계적 분석에 의한 연구

차철환 등(1981)에 의해 조사 보고된 대기오염의 실태에 따른 지역주민의 상병자료를 비교, 검토 및 분석함으로써 대기오염으로 인한 질병양상을 살펴보았다. 장기간 조사한 서울, 울산, 청주 지역의 SO<sub>2</sub> 농도를 기준으로 하여 상병자료를 살펴본 결과, 여성피부양자들의 의료보험 외래진료의 상병양상을 분석한 자료에서는 다음과 같은 결론을 얻었다. 호흡기계 질환에 의한 외진 방문의 상대빈도는 대기오염정도가 높은 서울, 울산 지역이 높은 수치를 보이는 것으로 나타났으며, 또한 차철환(1988)에 의해 서울, 대도시, 중소도시, 농어촌 등 4개 지역으로 구분하여 의료보험대상자의 호흡기 질환으로 인한 외래수진율을 비교한 문헌도 보고되었다.

## IV. 결 론

대기오염에 의한 인체건강영향여부는 사람을 대상으로 한 실험이 곤란하여 대기오염사건(Air Pollution Episodes) 및 작업환경 악화에 의한 직업병 환자의 피해증상 자료를 근거로 그 유해성 정도를 추정하고 있다.

따라서 대기오염에 의한 인체영향에 대한 자료는 대기오염 농도가 고농도일때의 자료만이 있고 낮은 농도일때의 건강영향은 그 원인이 대기오염에 의한 것인지 모든 다른 원인에 의한 것인지를 정확하게 밝힐 수 있는 자료가 거의 없는 실정이다.

본 연구는 1988~1990년(3년간) 서울시의 대기오염 측정 자료와 호흡기질환 환자 통계 자료를 이용하여 대기오염에 의한 건강 영향 추정 방법을 제시하였으며 이른 아침 운동시간대의 대기오염수준도 검토하였다.

그 결과 서울시 일부지역(성수동)의 대학병원에 입원한 호흡기질환 환자수의 증가와 그 지역 오존 농도와와의 관계는 정(+ )의 상관관계를 나타내어 고농도의 오존 발생일수가 많으면 호흡기질환 발생에 영향을 줄 수 있을 것으로 추정되었다. 그러나 지금까지의 오존에 의한 인체영향 연구결과를 종합하여 볼때 현재 서울시의 오존농도 수준으로는 호흡기질환 발생에 직접적인 영향은 없을 것으로 판단된다.

서울시 3개지역(방이동, 불광동, 광화문)의 이른 아침시간대(05:00~08:00)의 대기오염 농도는 하루중 다른 시간대 보다도 높은 농도 분포를 보였으며 특히 07:00~08:00에서 높은 농도를 보여 이 시간대의 운동 및 활동은 다른 시간대보다 좋지 않을 것으로 생각된다.

그러나 현재 서울시의 대기오염 수준에서 운동을 할 때 인체에 긍정적인 효과(육체, 정신, 생리에 좋은 효과)와 부정적인 효과(운동으로 인한 공기흡인량이 커짐으로 인한 부정적 효과)중 어느 것이 더 비중이 큰지에 대하여는 개개인의 생리적, 육체적, 정신적인 건강 상태에 따라 달라질 수 있으므로 이를 평가하기 위하여는 보다 과학적이고 전문적인 연구가 장기적으로 이루어져야 할 것으로 사료된다.

## 참 고 문 헌

1. 김윤신(1992) 대기오염과 건강 : 사망율과의 연관성에 대한 고찰, 대한보건협회지, 8, 25~38.
2. 김윤신(1983) Times Series Analysis of Air Pollution and Mortality in New York City, 대한보건학회지, 9, 3, 5~16.
3. 김윤신, 손부선, 柳幸 幸雄(1990) 일산화탄소의 가정내 농도 및 주부의 개인피폭농도에 관한 조사연구, 한국대기보전학회지, 6, 1, 97~102.
4. 김윤신, 전준민, 홍승철(1991) 서울시 일부 택시기사의 이산화질소 개인피폭량에 관한 연구, 한국환경위생학회지, 17, 2, 9~16.
5. 나진균 외(1991) 도시지역 대기질 개선에 관한 연구(Ⅲ), 국립환경연구원.
6. 신영수, 이영일, 조광수, 차철환(1972) 대기오염이 시민건강에 미치는 영향에 관한 비교연구, 대한의학협회지, 15, 4, 339~350.
7. 이재동, 차철환, 김순덕(1982) 대기오염이 국민학교 아동의 폐기능에 미치는 영향에 관한 연구, 최신의학, 25, 8, 59~66.
8. 윤명조(1971) 도시대기오염의 현황과 건강에 미치는 피해에 관한 조사연구, 카톨릭 대학 의학부 논문집, 20, 215~232.
9. 정규철(1969) 서울시 대기오염이 시민보건에 미치는 영향에 관한 조사연구, 예방의학회지, 2, 1, 5~22.
10. 차철환, 고응린, 안윤옥(1981) 대기오염이 상병양상에 미치는 영향에 관한 조사분석, 고대의대논문집, 18, 2, 377~389.
11. 차철환, 고응린, 송동림(1988) 대기오염

- 이 건강에 미치는 영향에 관한 조사연구, 한국대기보전학회지, 4, 1, 58~70.
12. Biersteker, K., and Evendijk, J.E. (1976) Ozone temperature and mortality in Rotterdam in the summers of 1974 and 1975, *Env. Research* 12, 214~217.
  13. Ferris, B. G.(1978) Health Effect exposure to low levels of regulated pollutant - A critical review *J. Air Pollut. Control Assoc.*, 28, 482~497.
  14. Fishelson, G. and Graves, P.(1978) Air pollution and mortality : SO<sub>2</sub> damage, *J. Air Poll. Control Assoc.*, 28, 785.
  15. Gibbons, D.I. and Mcdonald, G. C. (1980) Examining regression relationships between air pollution and mortality, *General Mortors Reserach Publication GMR- 3278.*
  16. Isabelle, R., Henyk, W., Jacobo, F. (1991) Urban Air Pollution in Latin America and the Caribben, *J. Air Waste Manage. Assoc.*, 41, 9, 1166~1171.
  17. James, F.C., Mary W. and Robert, H.S. (1987) Thermogulatory and metabolic responses to jogging prior to and during pregnancy, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 19, 2, 124~130.
  18. Lawrence J. L.(1983) health effects of air pollution measured by outpatient visits, *The J. of Family Practice*, 16, 2, 307~313.
  19. Mostardi, R. A., Ely, D. L. and WoebKen-beg, N.R.(1981) The University of Akron Study on air pollution and human health I. Methodology, Baselines data, and aerometrics., *Arch. Environ. Hlth.*, 36, 5, 243.
  20. Parviz, A.K., Khaled H.A. and Said A. N.(1992) Vehicle Occupant Exposure to Carbon Monoxide, *J. Air Waste Manage. Assoc.*, 42, 12, 1603~1608.
  21. Pierson, W. E., Covert, D. S., Koenig, Q., Namekata, T., Kim Y.S.(1985) Implimentions of Air Pollution Effects on Athletic Performance, *Kor. J. Env. Hlth. Soc.*, 11, 2, 1~16.
  22. Suzanne E.S.(1984) Joggers Versus Nonexercises : A analysis of knowledge Attitude and beliefs about jogging, *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 55, 4, 371~378.
  23. Waldbott, G. L.(1978) Health Effect of Environmental Pollutions, *The c. v. Mosby co*, 2nd Ed.