

미세먼지 농도와 악성 신생물 사망률과의 상관관계

박경호, 김지현, 윤홍선, 김인화, 최인목, 이제영, 주미경

BHS 한서병원 가정의학과

Correlation between Coarse Airborne Particulate Matter and Mortality Rates of Malignant Neoplasm

Kyung-Ho Park, Ji-Hyun Kim, Hong-Sun Yoon, In-Hwa Kim, In-Mok Choi, Je-Young Lee, Mi-Kyeong Ju

Department of Family Medicine, BHS Hanseo Hospital, Busan, Korea

Background: There have been growing interests in harmful effects of dust particles on human health. It has been reported that dust particles negatively affected respiratory and cardiovascular systems. Relationship of dust particles and lung cancer incidence was also investigated. However, there is a lack of studies regarding the relationship between dust particles and cancers except for lung cancer. Therefore, this study aimed to determine the relationship of dust particle concentration and cancer mortality in Korea.

Methods: Average concentration of coarse dust particles (particulate matter 10, PM₁₀) of 2008-2014 were obtained from AirKorea website and cancer mortality was found in Statistics Korea for 2008-2014. Correlation analyses using PM₁₀ and cancer mortality were performed. Age-adjusted death rate (AADR) was used for correlation analysis because a number of death and mortality rate do not reflect population and age of death. Regional annual PM₁₀ was matched with AADR of identical area. Correlation between two variables was presented in scatter plots and Pearson's correlation analysis was performed.

Results: PM₁₀ concentration was positively correlated with AADR of malignant neoplasm, lung cancer, stomach cancer, colon cancer, uterus cancer, and leukemia. PM₁₀ concentration was significantly correlated with AADR of malignant neoplasm ($r=0.247$, $P=0.009$), lung cancer ($r=0.277$, $P=0.003$), stomach cancer ($r=0.434$, $P=0.000$), colon cancer ($r=0.377$, $P=0.000$), and uterus cancer ($r=0.226$, $P=0.017$).

Conclusion: This study suggested that cancer patients or high-risk group for cancer should pay attention to PM₁₀ concentration. Large-scale studies should investigate the relationship of PM₁₀ concentration and cancer incidence including cancer mortality to extend understanding of this cross-section study.

Korean J Health Promot 2016;16(4):215-222

Keywords: Airborne particulate matter, Concentration, Cancer, Mortality, Correlation study

서론

최근 미세먼지는 환경보건 분야에서 가장 많은 이슈가 되고 있는 주제 중 하나이다. 특히 황사와 더불어 중국의 겨울철 난방으로 인한 한반도 미세먼지의 유입은 우리 국

민에게 큰 사회적 이슈로 인식되고 있다. 2013년, 세계보건기구(World Health Organization, WHO) 산하 국제암연구소(International Agency for Research on Cancer)는 대기오염(outdoor air pollution/particulate matter)을 1등급 발암물질로 규정하였으며 2013년에는 미세먼지가 폐암 등을 초래하는 요인이라고 공식적으로 보고하였다.¹⁾ 또한, 2014년 WHO 보고서에 따르면 한 해 미세먼지로 인해 조기 사망하는 인구가 7백만 명에 이른다고 한다.²⁾ 우리나라에서도 1990년대 후반을 기점으로 대기오염에 대한 중요성을 인식하고, 대기오염으로 인한 사망률 또는 유병률에 대한 역

■ Received: September 13, 2016 ■ Accepted: October 17, 2016

■ Corresponding author : Ji-Hyun Kim, MD
Department of Family Medicine, BHS Hanseo Hospital, 615
Suyeong-ro, Suyeong-gu, Busan 48253, Korea
Tel: +82-70-7321-0270, Fax: +82-51-751-4372
E-mail: kjh77960@hanmail.net

학연구가 활발히 진행되고 있다. Yale 대학교와 Columbia 대학교가 발표한 2016년 Environmental Performance Index에 따르면 우리나라의 공기 질 순위는 180개국 중 173위를 기록하는 등,³⁾ 다른 나라에 비해 미세먼지의 농도가 상대적으로 높기 때문에 미세먼지 노출로 인한 위해성은 매우 높을 것으로 생각된다.

미세먼지는 크기, 조성, 생성원에 따라 분류되는데, 10 μm 이하의 미세먼지를 PM_{10} (particulate matter 10, 미세먼지, thoracic particles), 2.5 μm 이하를 $\text{PM}_{2.5}$ (초미세먼지, fine particles), 0.1 μm 이하를 ultrafine particles (초극세입자 UPF), 2.5-10 μm 사이를 $\text{PM}_{10-2.5}$ (거친 미세입자, coarse particles)로 부른다. 미세먼지 중 PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$ 의 농도는 질량($\mu\text{g}/\text{m}^3$)으로 측정한다. 산업활동에 사용되는 화석연료의 연소가 미세먼지의 주요 생성원이고, 그 외 난방, 요리, 실내활동, 화재 등에 의해서도 생성된다고 알려져 있다.⁴⁾

미세먼지의 노출은 호흡기 및 심혈관계 질환의 발생뿐만 아니라 사망률의 증가와도 관련이 있는 것으로 보고하고 있다.⁵⁻⁷⁾ Bateson과 Schwartz⁸⁾는 미국 일리노이 지역에 거주하는 65,180명의 노인을 대상으로 미세먼지에 노출되었을 경우에 민감하게 독성 영향이 나타나는 집단을 알아보기 위한 연구를 실시한 결과, 미세먼지 농도가 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가할 때 전체 대상자의 사망률은 1.14% 증가하였지만, 심근경색이 있었던 사람은 그렇지 않은 집단에 비해 2.7배, 당뇨병을 가지고 있는 사람은 2.0배 사망률이 높은 것으로 보고하여 심혈관계 질환이나 당뇨병을 앓고 있는 사람이 더욱 미세먼지의 노출에 영향을 받는 것으로 보고하였다. Kwon 등⁹⁾이 심부전 환자를 대상으로 조사한 결과, 대기오염 물질에 따라 차이가 있지만 대기오염 물질 노출에 의한 사망위험이 일반 인구집단에 비해 약 2.5배 높은 것으로 보고하였다.

Hystad 등¹⁰⁾에 의하면 캐나다에서 폐암으로 확진된 2,390개의 경우를 분석한 결과 폐암 발병률은 미세먼지 농도 증가에 의해 증가하였다고 보고하였다. She 등¹¹⁾의 연구에서 중국의 악성 신생물 중 폐암이 차지하는 비율이 가장 크며, 중국에서 발표된 논문들을 분석한 결과 미세먼지 및 대기오염이 폐암을 일으키는 가장 강력한 발생요인으로 나타났다. 또한 Evans 등¹²⁾은 위성사진으로 미세먼지와 사망률을 분석한 결과 폐암 사망의 약 12%는 미세먼지에 의해 발생한다고 보고하였다.

이와 같이 미세먼지가 호흡기계 및 심혈관계의 건강에 부정적인 영향을 미치며 폐암의 발병률과 폐암으로 인한 사망률을 높인다는 기존 연구 결과가 있다. 그러나 우리나라에서 지역별 미세먼지 농도가 암 발생에 미치는 영향에 대한 연구는 발표되지 않았고 폐암 이외의 암으로 인한 사망과 관련된 기존 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구

에서는 미세먼지 농도와 주요 악성 신생물(암)로 인한 사망과의 상관관계에 대해 밝혀보고자 하였다.

방 법

1. 연구 설계

본 연구는 제공받은 자료를 연구의 목적에 맞게 분석한 2차 분석연구이다. 통계청에서 발표한 악성 신생물(암) 전체, 간 및 간내 담관, 기관/기관지 및 폐, 위, 결장/직장 및 항문, 자궁, 수막/뇌 및 기타 중추신경계통, 식도, 유방, 전립선, 췌장의 악성 신생물, 백혈병 등 12종류의 암에 따른 시군구별 사망자 수, 사망률, 연령표준화사망률에 관한 자료와 한국환경공단 에어코리아(<https://www.airkorea.or.kr>)에 공개된 2008년에서 2014년까지 해당연도, 해당시도의 단일 PM_{10} 농도를 바탕으로 분석을 실시하였다. 연구에 사용된 지역은 7대 광역시도(서울특별시, 인천광역시, 대전광역시, 대구광역시, 울산광역시, 광주광역시, 부산광역시) 및 강원도, 경기도, 경상남도, 경상북도, 전라남도, 전라북도, 제주도, 충청남도, 충청북도를 포함한 16개 지역이다. 단 백혈병의 경우 2008년과 2009년의 자료만이 제공되었기에 2차 년도에 관한 자료만 분석에 활용되었다.

연령표준화사망률은 인구구조가 다른 집단 간의 사망수준을 비교하기 위해 연령구조가 사망률에 미치는 영향을 제거한 사망률로 해당연도 기준의 연령구조를 적용하여 나타내는 것으로, 통계청 원 자료에 제시된 사망자 수, 사망률, 연령표준화사망률 중에서 사망자 수와 사망률은 인구수와 연령에 따른 오차가 발생할 우려가 있기에, 본 연구에서는 암에 의한 연령표준화사망률과 PM_{10} 농도 간의 상관관계를 분석하였다.

2. 통계 분석

모든 변수는 평균±표준편차로 표시하였다. 16개의 각 지역별 2008년에서 2014년도 해당연도 PM_{10} 농도와 12종류 암에 의한 연령표준화사망률을 상관관계를 비모수 연관성 측도인 Kendall's tau-b 상관분석을 통해 분석하였다. 단, 백혈병의 경우 2008년과 2009년의 사망률만 확보되어 분석되지 않았다. 악성 신생물(암) 전체, 기관/기관지 및 폐, 위, 결장/직장 및 항문, 자궁의 악성 신생물, 백혈병의 6종류의 암과 PM_{10} 과의 상관관계는 피어슨상관분석(Pearson's correlation analysis)을 이용하였다. 연도별 사망자 수, 사망률, 연령표준화사망률의 평균은 일원분산분석, least significant difference 사후검정을 이용해 비교하였다. 통계적 처리는 Windows SPSS version 21.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)

및 GraphPad Prism version 5.01 (GraphPad software Inc., San Diego, CA, USA)을 사용하였고, 통계적 유의수준은 P 값이 0.05 미만인 경우를 통계학적 의미가 있는 것으로 판정하였다.

결 과

1. 암 종류별 사망자 수, 사망률, 연령표준화 사망률

암 종류별로 해당 암에 의한 연도별 사망자 수, 인구 10만 명당 사망률, 연령표준화사망률을 나타내었다(Table 1). 16개 지역의 악성 신생물(암)으로 인한 사망자 수 및 10만 명당 사망률은 2008년부터 2014년도까지 증가하였다. 그러나 악성 신생물로 인한 연령표준화사망률의 경우 2008년 126.7 ± 8.8 에 비해 2014년 107.2 ± 5.3 으로 감소하였다($P < 0.001$). 기관, 기관지 및 폐의 악성 신생물(질병코드 C33-C34)의 경우 사망자 수 및 10만 명당 사망률은 시간이 지남에 따라 증가하였으나 연령표준화사망률은 유의적으로 감소하였다($P = 0.001$). 위암으로 인한 사망자 수 및 10만 명당 사망률, 연령표준화사망률은 모두 감소하는 경향을 보였으며, 특히 연령표준화사망률의 감소는 통계적으로 유의하였다($P < 0.001$). 결장, 직장 및 항문의 악성 신생물(질병코드 C18-C21)로 인한 사망률은 증가하는 경향을 보였으며 2014년의 사망률은 2008년에 비해 유의적으로 증가하였으며($P = 0.024$), 연령표준화사망률은 유의적으로 감소하였다($P = 0.004$). 자궁의 악성 신생물(질병코드 C53-C55)로 사망한 사람의 수는 2008년 78.8 ± 68.5 에서 2014년 80.9 ± 74.0 으로 증가하였으나 유의적이지 않았고, 사망률에는 변화가 없었으며, 연령표준화사망률은 유의적으로 감소하였다($P = 0.005$). 백혈병으로 인한 사망자는 2008년 94.2 ± 82.0 에서 2009년 96.4 ± 87.5 로 증가하였으나 연령표준화사망률은 감소하였다.

2. 미세먼지 농도(PM_{10})의 변화

한국환경공단에서 발표한 미세먼지 농도를 2008년부터 2014년까지 분석한 결과 16개 지역의 평균값은 시간이 지남에 따라 감소한 것으로 나타났다(Figure 1). 2008년 농도와 비교하였을 때 2011, 2012, 2013, 2014년 PM_{10} 농도가 유의적으로 감소하였다($P < 0.001$).

3. 지역별 미세먼지 농도(PM_{10})와 연령표준화사망률과의 상관관계

16개의 각 지역별 2008년에서 2014년까지 해당연도 PM_{10}

농도와 11종류 암에 의한 연령표준화사망률을 상관관계를 비모수 연관성 측도인 Kendall's tau-b 상관분석을 통해 분석하였으며 그 결과를 표 2에 나타내었다. 서울은 악성 신생암(상관계수 0.81, $P = 0.011$), 위암(상관계수 0.714, $P = 0.024$), 간암(상관계수 0.905, $P = 0.004$)의 경우, 미세먼지와 연령표준화사망률이 유의적인 상관관계를 나타냈다. 대구는 악성 신생암(상관계수 0.781, $P = 0.015$), 위암(상관계수 0.781, $P = 0.015$)에서 유의적이었다. 대전은 폐암(상관계수 0.685, $P = 0.041$), 대장암(상관계수 0.65, $P = 0.046$)에서 유의적인 미세먼지 농도와 연령표준화사망률의 관계가 나타났으나, 광주, 부산의 경우에는 유의적인 관계가 발견되지 않았다. 울산은 악성 신생암, 폐암, 위암, 대장암, 간암의 5종의 암에서 미세먼지 농도와 연령표준화사망률의 유의적 관계가 나타났으며 인천은 악성 신생암(상관계수 0.781, $P = 0.015$)에서 유의하였다. 충청남도는 악성 신생암, 위암, 간암에서, 충청북도는 대장암에서 각각 유의적이었다. 강원도, 경상남도, 경상북도에서 유의성이 나타나지 않았으며, 경기도의 경우는 악성 신생암, 위암, 간암, 식도암에서, 전라북도는 폐암, 위암에서 유의적인 미세먼지 농도와 연령표준화사망률의 관계가 나타났다. 자궁암, 수막/뇌/중추신경계, 유방암, 전립선암에서는 지역별로 미세먼지 농도와 연령표준화사망률의 유의적인 관계가 발견되지 않았다.

4. 연령표준화사망률과 미세먼지 농도 간의 상관관계

암 12종에서의 PM_{10} 농도와 연령표준화사망률의 상관관계를 분석하였으며, 이 중 악성 신생물(암) 전체, 기관/기관지 및 폐, 위, 결장/직장 및 항문, 자궁의 악성 신생물, 백혈병의 6종류의 암에서 연령표준화사망률이 연간 미세먼지 평균농도와 약한 양의 상관관계를 보였다(Figure 2). Pearson 상관분석 결과, 악성 신생물($r = 0.247$, $P = 0.009$), 기관/기관지 및 폐($r = 0.277$, $P = 0.003$), 위($r = 0.434$, $P = 0.000$), 결장/직장 및 항문($r = 0.377$, $P = 0.000$), 자궁($r = 0.226$, $P = 0.017$)의 5가지 종류 암에서 유의한 상관관계가 나타났다.

고 찰

본 연구에서는 16개 지역의 미세먼지 농도와 암으로 인한 연령표준화사망률의 관련성을 단면연구를 통해 파악하고자 하였다. Kendall's tau-b 상관분석을 통한 지역별 분석 결과, 악성 신생물(암) 전체는 16개 지역 중 7개, 폐암은 3개 지역, 위암은 8개 지역, 대장암은 3개 지역, 간암은 4개 지역에서 미세먼지와 연령표준화사망률과 유의적 관계가 나타났다. 진단 후에도 사망까지 비교적 긴 시간이 걸리는

Table 1. Number of death, death rate, age adjusted death rate of cancer^a

	Year	Number of regions	Number of death	Death rate ^b	Age adjusted death rate ^c
Malignant neoplasms	2008	16	4307.0±3343.9	150.8±35.0	126.7±8.8
	2009	16	4361.2±3424.8	151.8±35.0	122.7±9.2
	2010	16	4503.0±3572.5	156.7±36.5	121.1±6.1
	2011	16	4473.7±3572.6	154.6±34.6	115.3±6.0
	2012	16	4596.5±3707.0	158.5±34.8	113.6±5.1
	2013	16	4694.4±3837.7	160.7±32.3	110.6±4.8
	2014	16	4773.6±3893.9	162.7±35.3	107.2±5.3
	Total	112	4529.9±3530.8	156.5±34.1	116.7±9.2
Lung cancer	2008	16	924.4±691.3	32.8±9.9	26.8±3.1
	2009	16	932.4±684.1	33.1±10.4	25.9±3.3
	2010	16	976.6±726.7	34.6±9.7	26.1±2.4
	2011	16	991.7±761.1	35.0±9.8	25.1±2.0
	2012	16	1037.5±797.8	36.3±10.0	25.1±2.2
	2013	16	1070.3±816.4	37.7±9.3	24.9±1.7
	2014	16	1086.6±836.9	37.6±10.2	23.9±2.2
	Total	112	1002.8±742.8	35.3±9.8	25.4±2.6
Stomach cancer	2008	16	644.5±484.1	22.8±5.7	19.2±2.2
	2009	16	633.4±485.6	22.1±5.7	17.7±1.9
	2010	16	626.9±489.0	22.0±5.6	16.9±1.7
	2011	16	607.4±469.1	21.1±5.3	15.7±2.0
	2012	16	581.7±463.9	20.0±5.2	14.2±1.8
	2013	16	571.9±460.3	19.6±4.4	13.5±1.3
	2014	16	554.8±431.7	19.2±4.6	12.6±1.1
	Total	112	602.9±457.7	21.0±5.3	15.7±2.8
Colon cancer	2008	16	428.4±353.0	14.9±2.8	12.6±1.4
	2009	16	444.1±381.0	15.0±3.1	12.2±1.4
	2010	16	481.3±418.0	16.1±3.5	12.3±1.5
	2011	16	482.6±407.5	16.4±3.3	12.1±1.3
	2012	16	511.1±432.8	17.4±3.7	12.1±0.8
	2013	16	515.3±442.5	17.5±3.5	11.8±1.0
	2014	16	523.3±441.7	17.7±3.7	11.3±1.2
	Total	112	483.7±402.2	16.4±3.5	12.1±1.3
Uterus cancer	2008	16	78.8±68.5	2.7±0.5	2.3±0.3
	2009	16	78.6±66.3	2.6±0.6	2.2±0.5
	2010	16	79.5±74.3	2.6±0.5	2.1±0.4
	2011	16	80.9±68.3	2.7±0.6	2.1±0.3
	2012	16	75.9±69.3	2.6±0.4	2.0±0.4
	2013	16	76.8±71.5	2.5±0.6	1.8±0.3
	2014	16	80.9±74.0	2.7±0.5	2.0±0.3
	Total	112	78.8±68.5	2.6±0.5	2.1±0.4
Leukemia	2008	16	94.2±82.0	3.2±0.7	2.9±0.4
	2009	16	96.4±87.5	3.2±0.7	2.8±0.5
	Total	32	95.3±83.4	3.2±0.7	2.8±0.5

^aValues are means±standard deviation.^bPer 100,000.^cPer standardized population100,000.

유방암 및 전립선암에서는 미세먼지 농도와 암으로 인한 연령표준화사망률 간에 유의적 관계가 나타나지 않았다. Pearson 상관분석 결과, 악성 신생물(암) 전체, 기관/기관지 및 폐, 위, 결장/직장 및 항문, 자궁의 암으로 인한 연령표준화사망률이 연간 미세먼지 평균농도와 유의적인 양의 상관관계를 나타내었다.

본 연구에서 미세먼지 농도로 사용한 PM₁₀은 지름이 10 μm보다 작은 크기의 미세먼지로 분쇄나 연삭 과정을 통해 발생한다. 흡입될 경우 입자가 크기 때문에 상기도나 큰 기관지에 주로 침착한다고 알려져 있다.¹³⁾ 우리나라는 1983년부터 총 부유먼지(total suspended particulate)에 대한 대기환경 기준을 만들어 관리해 왔고, 1995년부터 PM₁₀을 환

경기준으로 설정하였다.

2013년에 발표된 유럽 9개국에서 진행된 코호트 연구에 따르면, 312,944명을 대상으로 12.8년간 추적관찰하여 분석한 결과, 2,095명의 폐암이 발견되었으며 PM_{10} 농도가 $10 \mu g/m^3$ 증가한 경우 위험도는 1.22배(95% confidence interval, 1.03-1.45) 증가하였다.¹⁴⁾ 또한 Chen 등¹⁵⁾은 중국 북부 지역에서 12년간의 코호트 연구를 통해 PM_{10} 농도가 $10 mg/m^3$ 증가할 때마다 폐암으로 인한 사망률이 3.4-6.0% 증가한다고 보고하였다. 즉, PM_{10} 농도는 폐암으로 인한 사망률을 높이는 요인으로 밝혀졌으며, 미세먼지와 질병발생

또는 질병으로 인한 사망률 간에 상관관계를 분석하기에 적합한 수치이므로 본 연구에서는 미세먼지 종류 중 PM_{10} 의 농도를 변수로 채택하였다. 또한 본 연구의 분석 결과도 폐암으로 인한 연령표준화사망률과 PM_{10} 농도 간의 양의 상관관계를 나타냈으므로 기존에 발표된 논문과 유사한 경향을 보였다.

본 연구의 분석 결과에 따르면 각 암에 의한 사망자 수와 사망률은 PM_{10} 농도와 유의적인 상관관계가 없었으나, 연령표준화사망률은 통계적으로 유의한 양의 상관관계를 나타냈다. 연령표준화사망률은 해당연도 기준의 연령구조를 적용하여 연령구조가 사망률에 미치는 영향을 제거한 사망률이기 때문인 것으로 생각된다.

미세먼지에 노출되면 급성 염증을 일으키고 케모카인이나 사이토카인이 동원되어 선천면역에 관여한다.¹⁶⁾ 입자의 크기가 $10 \mu m$ 이상인 경우에는 코나 후인두에서 걸러지며, PM_{10} 과 같이 입자의 크기가 작은 경우에 폐에 흡입되어 호산구, 호중구, 탐식세포 등이 작동되고 섬모운동에 의해서 미세먼지가 제거된다. 미세먼지는 면역세포나 기도세포에서 IL-6, IL-8, GM-CSF, TNF- α 등을 분비시킨다.¹⁷⁾ 후천면역으로 미세먼지는 IL-4나 IL-13을 증가시키기도 한다.¹⁸⁾ 미세먼지는 예민한 사람에서 기도염증과 염증매개인자를 증가시켜 폐질환을 악화시키고,¹⁹⁾ 폐감염을 증가시키고, 미세먼지나 초미세먼지가 탐식세포나 상피세포를 자극하여 TNF- α , TGF- β 1, GM-CSF, PDGF, IL-6, IL-8 등을 증가시키고, 반응성 산소종이 급성 및 만성 폐염증을 일으킨다.²⁰⁾ 반응성 산소종과 같은 산화스트레스는 산화 및 항

Figure 1. Changes in annual average of coarse particles (particulate matter 10: particles whose aerodynamic diameters are less than or equal to $10 \mu m$).

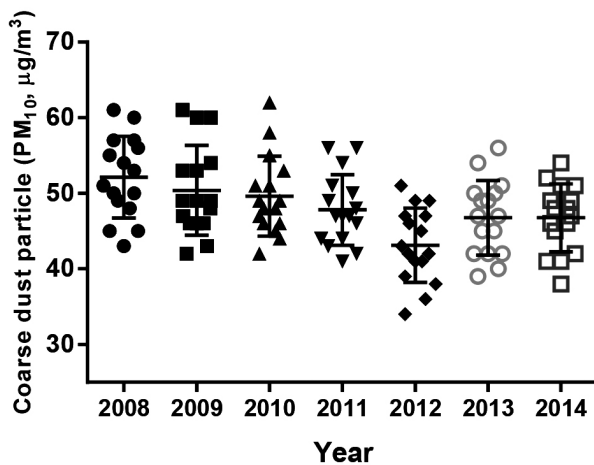


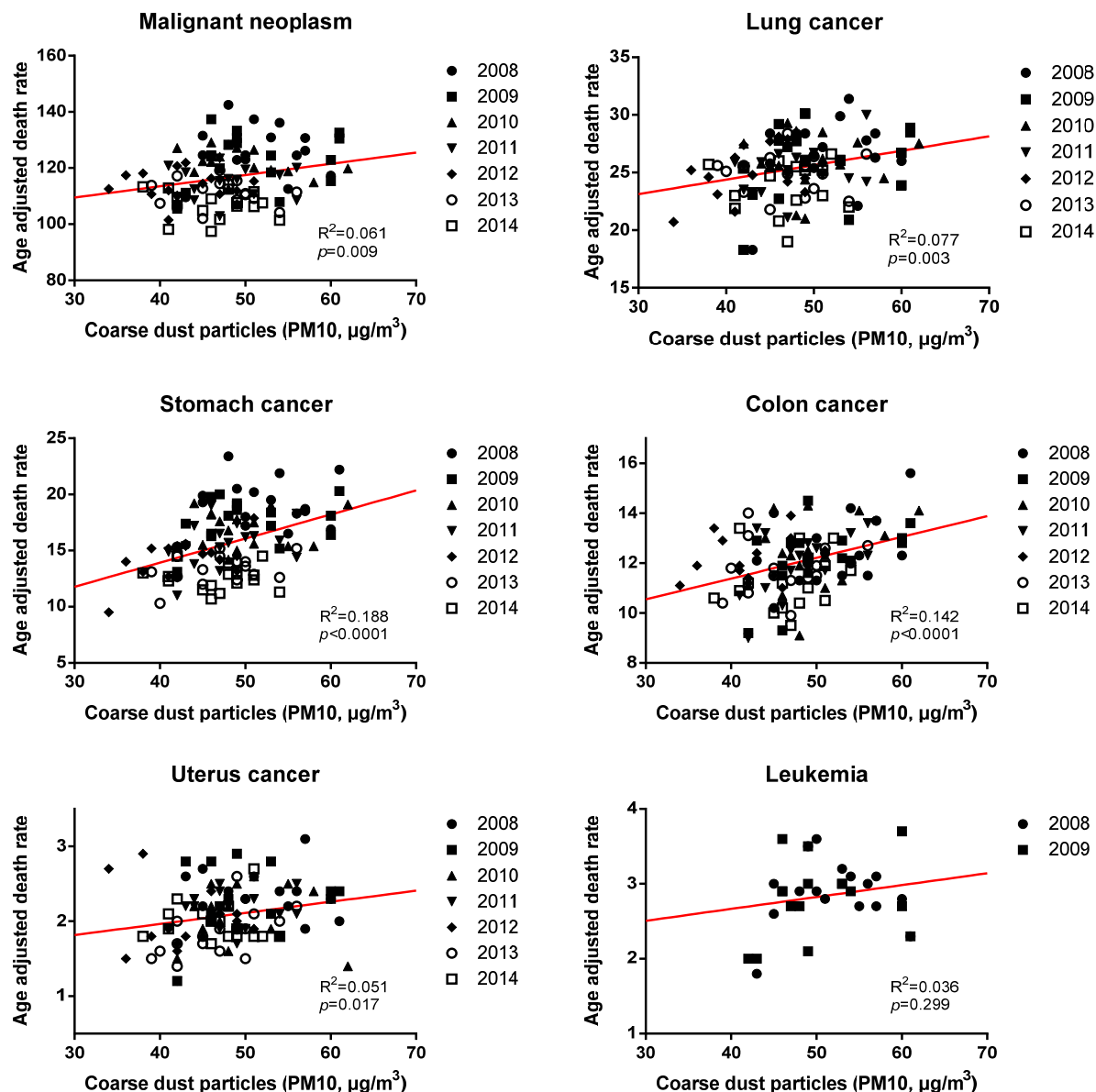
Table 2. Kendall's tau-b correlation coefficient of PM_{10} (particulate matter 10: particles whose aerodynamic diameters are less than or equal to $10 \mu m$) concentration and age adjusted death rates of cancer in regions of South Korea from 2008 to 2014

	Malignant neoplasm		Lung cancer		Stomach cancer		Colon cancer		Liver cancer		Uterus cancer		Meninges and brain cancer		Esophagus cancer		Breast cancer		Prostate cancer		Pancreas cancer	
	CC ^a	P	CC ^a	P	CC ^a	P	CC ^a	P	CC ^a	P	CC ^a	P	CC ^a	P	CC ^a	P	CC ^a	P	CC ^a	P	CC ^a	P
Seoul	0.810 ^b	0.011	-0.048	0.881	0.714 ^b	0.024	0.429	0.176	0.905 ^b	0.004	0.350	0.282	0.169	0.622	0.126	0.724	-0.050	0.878	0.050	0.878	-0.429	0.176
Busan	0.514	0.117	0.206	0.530	0.514	0.117	-0.053	0.874	0.514	0.117	0.649	0.055	0.264	0.428	-0.433	0.200	0.252	0.480	0.114	0.741	-0.206	0.530
Daegu	0.781 ^b	0.015	0.586	0.068	0.781 ^b	0.015	0.488	0.129	0.450	0.167	0.250	0.442	-0.616	0.062	-0.369	0.267	-0.098	0.761	-0.410	0.214	-0.250	0.442
Daejeon	0.586	0.068	0.685 ^b	0.041	0.488	0.129	0.650 ^b	0.046	0.195	0.543	0.350	0.282	-0.103	0.756	0.050	0.878	0.150	0.645	0.100	0.759	-0.195	0.543
Gwangju	0.810 ^b	0.011	0.000	1.000	0.781 ^b	0.015	-0.206	0.530	0.524	0.099	0.098	0.761	0.150	0.645	0.150	0.645	-0.350	0.282	-0.250	0.442	-0.143	0.652
Incheon	0.683 ^b	0.033	0.586	0.068	0.586	0.068	0.098	0.761	0.550	0.091	0.564	0.087	0.158	0.634	-0.205	0.534	-0.293	0.362	0.150	0.645	-0.150	0.645
Ulsan	0.651 ^b	0.046	0.651 ^b	0.046	0.951 ^b	0.003	0.851 ^b	0.009	0.651 ^b	0.046	0.108	0.751	0.158	0.637	0.308	0.351	0.053	0.875	0.053	0.875	0.250	0.442
Chungcheongnam-do	0.683 ^b	0.033	0.488	0.129	0.878 ^b	0.006	0.390	0.224	0.781 ^b	0.015	0.000	1.000	-0.256	0.437	0.154	0.641	-0.450	0.167	0.150	0.645	-0.250	0.442
Chungcheongbuk-do	0.451	0.167	0.410	0.214	0.551	0.091	0.718 ^b	0.030	0.551	0.091	-0.050	0.878	-0.053	0.875	0.308	0.351	0.000	1.000	-0.410	0.214	0.150	0.645
Gangwon-do	0.451	0.167	-0.050	0.878	0.451	0.167	-0.513	0.120	0.551	0.091	0.462	0.162	0.000	1.000	0.000	1.000	-0.103	0.756	-0.223	0.517	0.308	0.351
Gyeonggi-do	0.751 ^b	0.021	0.551	0.091	0.751 ^b	0.021	0.433	0.200	0.651 ^b	0.046	0.632	0.059	0.237	0.502	0.723 ^b	0.035	-0.263	0.432	0.178	0.608	-0.501	0.145
Gyeongsangnam-do	-0.053	0.874	-0.159	0.634	-0.053	0.874	-0.159	0.634	-0.053	0.874	-0.053	0.874	0.325	0.336	-0.217	0.521	0.000	1.000	0.457	0.190	0.651	0.054
Gyeongsangbuk-do	0.195	0.543	0.098	0.761	0.195	0.543	-0.205	0.534	0.050	0.878	-0.050	0.878	-0.308	0.351	0.308	0.351	0.195	0.543	0.450	0.167	0.350	0.282
Jeju-do	0.000	1.000	-0.150	0.645	0.683 ^b	0.033	-0.195	0.543	0.390	0.224	-0.154	0.641	-0.350	0.282	-0.158	0.634	-0.350	0.282	-0.350	0.282	-0.050	0.878
Jeollabuk-do	0.619	0.051	0.810 ^b	0.011	0.714 ^b	0.024	-0.524	0.099	0.619	0.051	0.514	0.117	-0.411	0.210	0.651 ^b	0.046	-0.150	0.645	-0.429	0.176	-0.048	0.881
Jeollanam-do	0.053	0.874	0.265	0.427	0.265	0.427	0.108	0.748	0.108	0.748	-0.294	0.403	-0.217	0.521	0.250	0.481	-0.217	0.521	0.217	0.521	-0.171	0.620

^aKendall's tau-b (tb) correlation coefficient.

^bStatistically significant correlation.

Figure 2. Pearson's correlation analysis of PM₁₀ (particulate matter 10: particles whose aerodynamic diameters are less than or equal to 10 μm) concentration and age adjusted death rates of malignant neoplasms, lung cancer, stomach cancer, colon cancer, uterus cancer, and leukemia.



산화효소의 반응의 균형을 깨뜨리면서 기도에 염증을 일으키게 된다.²¹⁾ 따라서 미세먼지가 선천면역, 후천면역, 산화스트레스를 유도하여 암 발생 및 암으로 인한 사망률 증가에 영향을 미칠 수 있을 것으로 추정된다.

본 연구의 결과 PM₁₀의 농도가 상승되었을 때 암으로 인한 연령표준화사망률이 증가한다고 나타났으므로 암으로 인한 사망률 감소를 위하여 미세먼지 농도를 줄이기 위한 적극적인 노력이 필요하며, 암 환자 또는 암 발병 고위험군 환자는 미세먼지 노출에 주의가 필요할 것으로 생각된다.

미세먼지와 사망률 간의 상관관계를 연구한 선행연구의 경우 흡연 여부, 성별 등의 다른 변수를 보정하여 진행된 경우도 있으나, 본 연구는 통계청과 한국환경공단 에어코리아에서 제공하는 2차 자료를 바탕으로 분석을 실시한 만큼, 연령표준화사망률과 미세먼지의 농도의 상관관계를 중심으로 진행되었다. 향후 미세먼지와 암 발병률을 포함한 암 사망률과의 상관관계에 대하여 단면연구라는 본 연구의 제한점을 극복한 보다 대규모 코호트 연구가 필요할 것으로 사료된다.

요약

연구배경: 최근 미세먼지의 유해성에 대한 사회적 관심이 증가되었다. 미세먼지가 호흡기계, 심혈관계에 부정적인 영향을 미치며, 폐암 발생에 기여한다는 연구 결과가 있으나, 미세먼지와 폐암 이외의 암 발생 또는 암으로 인한 사망에 관한 연구는 부족한 실정이다. 본 연구에서는 미세먼지 농도와 주요 악성 신생물(암)로 인한 사망과의 상관관계에 대해 연구하였다.

방법: 2008-2014년 사이의 지역별 연간 미세먼지(PM₁₀) 평균농도 자료를 한국환경공단 에어코리아에서 얻었고, 지역별 연간 사망원인통계를 통계청에서 얻었으며, 두 자료를 활용하여 미세먼지 농도와 암으로 인한 사망률 간의 상관분석을 시행하였다. 통계청 사망원인통계 중에서 사망원인이 악성 신생물(암)인 경우(총 12종류)를 분석에 이용하였고, 원 자료에 제시된 사망자 수, 사망률, 연령표준화사망률 중에서 사망자 수와, 사망률은 인구 수와 연령에 따른 오차가 발생할 우려가 있기에, 연령표준화사망률을 변수로 사용하였다. 원 자료의 지역별 연간 PM₁₀ 평균농도와 지역별 연간 연령표준화사망률을 동일지역, 동일연도별로 각각 1대 1로 짝지은 후, 산점도를 도출하고 두 변수 사이의 Pearson 상관분석을 시행하였다.

결과: 산점도에서 악성 신생물(암) 전체, 기관/기관지 및 폐, 위, 결장/직장 및 항문, 자궁의 악성 신생물, 백혈병의 6종류의 암에서 연령표준화사망률이 연간 미세먼지 평균농도와 약한 양의 상관관계를 보였고, Pearson 상관분석에서는 상기 6가지 종류 암 중 백혈병을 제외한, 암 전체($r=0.247$, $P=0.009$), 기관/기관지 및 폐($r=0.277$, $P=0.003$), 위($r=0.434$, $P=0.000$), 결장/직장 및 항문($r=0.377$, $P=0.000$), 자궁($r=0.226$, $P=0.017$)의 5가지 종류 암에서 유의한 상관관계를 보였다.

결론: 본 연구의 결과, 암 환자 또는 암발병 고위험군 환자는 미세먼지 노출에 주의를 요할 것으로 생각되고, 향후 미세먼지와 암 발병률을 포함한 암 사망률과의 상관관계에 대하여 단면 연구라는 본 연구의 제한점을 극복한 보다 대규모 코호트 연구가 필요할 것으로 사료된다.

중심 단어: 미세먼지, 농도, 암, 사망률, 상관분석

REFERENCES

- International Agency for Research on Cancer. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans: Outdoor Air Pollution. Lyon: International Agency for Research on Cancer; 2014.
- World Health Organization. WHO's Ambient Air Pollution database: Update 2014. Geneva: World Health Organization; 2014.
- Hsu A, Emerson J, Levy M, de Sherbinin A, Johnson L, Malik O, et al. The 2014 environmental performance index. New Haven: Yale Center for Environmental Law and Policy; 2014. p. 4701-35.
- Ristovski ZD, Miljevic B, Surawski NC, Morawska L, Fong KM, Goh F, et al. Respiratory health effects of diesel particulate matter. *Respirology* 2012;17(2):201-12.
- Dockery DW, Pope CA 3rd. Acute respiratory effects of particulate air pollution. *Annu Rev Pub Health* 1994;15:107-132.
- Schwartz J. What are people dying of on high air pollution days? *Environ Res* 1994;64(1):26-35.
- Katsouyanni K, Touloumi G, Spix C, Schwartz J, Balducci F, Medina S, et al. 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. *Air Pollution and Health: a European Approach*. *BMJ* 1997;314(7095):1658-63.
- Bateson TF, Schwartz J. Who is sensitive to the effects of particulate air pollution on mortality? A case-crossover analysis of effect modifiers. *Epidemiology* 2004;15(2):143-9.
- Kwon HJ, Cho SH, Nyberg F, Pershagen G. Effects of ambient air pollution on daily mortality in a cohort of patients with congestive heart failure. *Epidemiology* 2001;12(4):413-9.
- Hystad P, Demers PA, Johnson KC, Carpianno RM, Brauer M. Long-term residential exposure to air pollution and lung cancer risk. *Epidemiology* 2013;24(5):762-72.
- She J, Yang P, Hong Q, Bai C. Lung cancer in China: challenges and interventions. *Chest* 2013;143(4):1117-26.
- Evans J, van Donkelaar A, Martin RV, Burnett R, Rainham DG, Birkett NJ, et al. Estimates of global mortality attributable to particulate air pollution using satellite imagery. *Environ Res* 2013;120:33-42.
- Salvador P, Artiñano B, Querol X, Alastuey A. A combined analysis of backward trajectories and aerosol chemistry to characterise long-range transport episodes of particulate matter: the Madrid air basin, a case study. *Sci Total Environ* 2008;390(2-3):495-506.
- Raaschou-Nielsen O, Andersen ZJ, Beelen R, Samoli E, Stafoggia M, Weinmayr G, et al. Air pollution and lung cancer incidence in 17 European cohorts: prospective analyses from the European Study of Cohorts for Air Pollution Effects (ESCAPE). *Lancet Oncol* 2013;14(9):813-22.
- Chen X, Zhang LW, Huang JJ, Song FJ, Zhang LP, Qian ZM, et al. Long-term exposure to urban air pollution and lung cancer mortality: a 12-year cohort study in Northern China. *Sci Total Environ* 2016;571:855-61.
- Seagrave J. Mechanisms and implications of air pollution particle associations with chemokines. *Toxicol Appl Pharmacol* 2008;232(3):469-77.
- Totlandsdal AI, Cassee FR, Schwarze P, Refsnes M, Låg M. Diesel exhaust particles induce CYP1A1 and pro-inflammatory responses via differential pathways in human bronchial epithelial cells. *Part Fibre Toxicol* 2010;7:41.
- Kang CM, Jang AS, Ahn MH, Shin JA, Kim JH, Choi YS, et al. Interleukin-25 and interleukin-13 production by alveolar macrophages in response to particles. *Am J Respir Cell Mol Biol* 2005;33(3):290-6.
- Seaton A, MacNee W, Donaldson K, Godden D. Particulate air pollution and acute health effects. *Lancet* 1995;345(8943):176-8.

20. Zelikoff JT, Chen LC, Cohen MD, Fang K, Gordon T, Li Y, et al. Effects of inhaled ambient particulate matter on pulmonary antimicrobial immune defense. *Inhal Toxicol* 2003;15(2):131-50.
21. Malik AI, Storey KB. Transcriptional regulation of antioxidant enzymes by FoxO1 under dehydration stress. *Gene* 2011;485(2):114-9.