

# 성별에 따른 거주지역 대기 중 미세먼지(PM<sub>10</sub>) 오염도와 당뇨병 유병 위험도와의 상관관계 분석

## Gender-dependent Association Between the Risk of Diabetes and the Concentration of Ambient Particulate Matter

손동욱\*

Sohn, Dong-Wook

### Abstract

The aim of the study was to examine the relationship between the risk of diabetes and the exposure to ambient particulate matter. Data for 54,655 men and 63,922 women (age $\geq$ 19) from Korea Community Health Survey 2012 and data for ambient particulate matter concentration for 143 administrative areas were included. The relationship between the risk of diabetes and the concentration level of particulate matter was examined using logistic regression. The average concentration level of ambient particulate matter in 143 administrative areas was 44.75 $\mu$ g/m<sup>3</sup>. Diabetes prevalence rates for total population were 7.3% in men and 6.1% in women. The ambient particulate matter was significantly associated with the risk of diabetes in elderly women (age $\geq$ 40). The ambient particulate matter was not significantly associated with the risk of diabetes in young female adult group (19 $\leq$ age $\leq$ 39) and all male groups(age $\geq$ 19). Results indicate that ambient particulate matter was positively related to the risk of diabetes in elderly women. Policy efforts in the perspective of public health and the management of urban environment are in need to reduce the risk of diabetes among elderly women.

**키 워 드** ■ 당뇨병, 미세먼지, 대기오염  
**Keywords** ■ Diabetes mellitus, Particular matter, Ambient air pollution

## I. 서 론

### 1. 연구의 필요성

당뇨병은 전 세계적으로 증가추세에 있는 만성질환으로서, 2011년 기준 세계인구 중 3조6천6백만 명이 당뇨병으로 인한 영향을 받고 있는 것으로 알려져 있으며 2030년까지 이 수치는 5조6천6백만 명으로 증가할 것으로 예측되고 있다(Shaw et al.,

2010). 당뇨병 발병의 주요 위험 요인으로는 유전적 요인, 연령, 성별, 비만, 신체활동 수준 등이 알려져 있으나(Yoo et al., 2006; Alberti et al., 2007), 이에 더하여 환경적 요인 중 하나인 대기오염물질과 당뇨병과의 연관성이 최근 주목 받고 있다(Coogan et al., 2012). 최근 수행된 연구들에 의하면 대기오염물질에 대한 장기간 노출이 당뇨병 유병률(Brook et al., 2008; Pearson et al., 2010) 및 당뇨병환자의 사망률 증가(Kan et al., 2004;

\* Department of Urban Design & Planning, Hongik University, (sohndw@gmail.com)

Goldberg et al., 2006; Ostro et al., 2006)와 상당한 연관성이 있다는 결과들이 보고되고 있다. 특히 로지스틱 회귀분석을 사용해 성별에 따른 대기오염과 당뇨 위험성과의 연관성을 분석한 Brook et al.(2008)의 연구에서 여성인가가 대기오염 노출에 따른 당뇨병 위험 가능성이 높아지는 반면 남성의 경우는 이러한 연관성이 발견되지 않음이 보고되기도 하였다. 그러나 이러한 연구들에서 분석되고 있는 대기오염물질의 종류 및 당뇨병과의 상관성에 대한 결과들의 일관성이 부족하고, 연구대상 역시 매우 한정적인 경우가 대부분이어서 이러한 연구결과들에 대한 신뢰성에 대해서는 의문이 제기되기도 한다(Janghorbani et al., 2014). 특히 당뇨병과 대기오염과의 연관성에 대한 연구들의 대부분은 북미나 유럽 등 대기오염수준이 상대적으로 양호한 지역을 중심으로 수행되었으며, 국내에서는 아직까지 이에 대한 연구가 진행된 것이 확인된 바 없다.

당뇨병과 관련하여 대기오염물질의 위험성을 연구한 기존 연구들(Pearson et al., 2010; Puett et al., 2011)에서 가장 주목하고 있는 대표적인 대기오염물질로 미세먼지(PM<sub>10</sub>)가 있다. 미세먼지는 대기 중 장기간 떠다니는 인위적으로 발생하는 입경 10 $\mu$ m 이하의 먼지를 지칭하는데(Monn et al., 1995), 미세먼지의 주된 성분인 화학물질(예: 황산염, 질산염, PAHs)의 건강상의 유해성이 알려진 바 있다(Spengler et al., 1990). 특히 최근 황사, 산업시설, 자동차 교통 등 다양한 원인에 기인한 고농도 미세먼지 사례가 빈번히 발생하며(Park et al., 2009) 이에 대한 환경 및 건강 측면에서의 유해성에 대한 연구들이 활발히 진행되고 있다. 특히 미세먼지와 당뇨의 연관성을 연구한 최근의 연구들(Kramer et al., 2010; Puett et al., 2011)에서는 높은 수준의 미세먼지에 장기간 노출될 경우 당뇨병 발생 위험이 증가될 수 있음이 확인되었다. 그러나 또 다른 연구들(Maynard et al., 2007;

Dijkema et al., 2011)에서는 미세먼지와 당뇨병 위험사이의 연관성이 확인되지 않은 경우도 보고되고 있다. 이처럼 일관되지 않은 연구 결과들은 제한적인 연구 대상 및 변수 측정 과정에서의 오차 발생 가능성 등에 기인한 것으로 보인다(Chen et al., 2013). 따라서 당뇨병과 미세먼지 사이의 연관성에 대한 보다 정확한 검증을 위해서는 추가적인 연구가 필요하다.

## 2. 연구의 목적

본 연구의 목적은 우리나라에 거주하는 성인 인구를 대상으로 대기 중 미세먼지 오염에 의한 당뇨병 유병 위험도를 분석하는데 있으며, 구체적 목적은 다음과 같다.

첫째, 당뇨병 발병과 대기 중 미세먼지 오염도 사이의 연관성을 개인단위 당뇨병 위험요인을 통제 한 상태에서 분석한다.

둘째, 성별에 따른 개인 표본의 당뇨병 유병과 거주지 미세먼지 오염도 사이의 상관성을 비교 분석함으로써 기존 연구에서 보고된 바 있는 성별에 따른 대기오염 노출이 당뇨병 유병 위험성에 미치는 영향의 차이를 검증한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구 설계

본 연구는 우리나라 성인들을 대상으로 거주지역의 대기 중 미세먼지 오염이 당뇨병 유병 위험도에 미치는 영향을 분석하기 위한 단면조사연구이다.

#### 1) 분석 자료

본 연구는 질병관리본부에서 수행한 “2012년 지역사회건강조사”를 해당기관에 공식적으로 자료를

요청하여 승인을 받고(자료승인일: 2014.11.18), 보건복지부 지정 공공기관생명윤리위원회의 심의면제(P01-201505-22-001)를 받은 후 시행하였다. 2012 지역사회건강조사는 전국 표본조사로써, 전체 조사 참여 샘플 수는 228,921건이며, 이들 중 응답거부 및 데이터 누락으로 인한 결측값이 존재하는 샘플과 미세먼지 데이터 값이 존재하지 않는 지자체의 표본을 제외한 143개 시군구에 거주하는 118,577건의 데이터가 분석에 사용되었다.

## 2) 변수 측정

본 연구에서는 선행 연구들에서 당뇨병과 관련이 있는 것으로 보고된 변수들 중 지역사회건강조사 자료에서 활용 가능한 변수들을 추출하여 이를 개인단위 통제변수로 사용하였다. 사회인구학적 특성으로는 연령(만나이), 주택유형, 가구소득, 교육수준, 경제활동 유무 변수가 사용되었으며, 건강행태변수로 흡연수준 변수가 고려되었다. 또한 표본의 키와 체중 데이터를 사용하여 측정된 체질량지수(body mass index, BMI)를 통제변수에 포함하였다. 대상자의 연령은 전체(만19세 이상), 19-39세, 40-59세, 60세 이상으로 구분하여 전체 인구에 대한 모형 측정 결과와 하위 연령집단간의 결과를 비교하였다. 주택유형(단독주택/아파트), 가구소득, 경제활동 유무 변수는 지역사회건강조사 문항을 그대로 사용하였다. 교육수준 변수는 지역사회건강조사의 최종학력 관련 정보를 3개 그룹(초등학교 졸업 이하/중졸-고졸/전문대 이상)으로 구분하여 사용하였다. 흡연수준은 표본 전체를 비흡연자, 과거흡연자, 가끔 흡연자, 매일 흡연자의 4개 그룹으로 구분하였다. 거주지의 대기 중 미세먼지 오염도 변수는 지역사회건강조사 표본 거주지(시,군,구) 내에 위치하는 대기 오염 측정소의 2012년 월별 미세먼지(PM<sub>10</sub>) 오염도 데이터의 평균값을 사용하였다. 종속변수는 지역사회건강조사의 당뇨병 관련 문항 중 현재 당뇨병

유병 여부에 대한 문항(당뇨병 관련 설문 2-2: “현재 당뇨병 치료를 받고 있습니까?”) 응답 결과를 사용하였다.

## 3) 자료 수집 기간과 방법

본 연구의 주된 분석 자료인 2012 지역사회건강조사는 질병관리본부, 253개 보건소, 35개 책임대학 교간 기관 협력 하에 조사 수행되었다. 데이터는 2012년 8월부터 10월 사이 3개월간 훈련된 조사원이 표본으로 선정된 가구에 직접 방문하여 1:1 면접조사를 통해 수집되었다(Korea Centers for Disease Control and Prevention, 2012).

미세먼지 오염도에 대한 데이터는 국가통계포털(kosis.kr)에서 제공하는 2012년도 기초지자체(시, 군, 구)별 측정소의 미세먼지 월별 측정치에 대한 12개월 평균값을 사용하였다. 동일 지자체에 복수의 측정소가 존재하는 경우 이들 측정소의 측정값을 합산하여 이에 대한 평균값을 지자체의 대표값으로 사용하였다.

## 4) 자료 분석 방법

본 연구는 SPSS/WIN 18.0 프로그램을 이용하여 분석하고, 분석모형으로는 이항 로지스틱 회귀분석이 사용되었다. 이항 로지스틱 회귀분석은 질병의 유병률을 분석하기 위한 연구들에서 폭넓게 사용되고 있으며, 다수의 대기오염물질과 당뇨와의 연관성 연구들에서도 사용되었다 (Brook et al., 2008; Dijkema et al., 2011; Janghorbani et al., 2014). 통계모형의 유의수준은  $p < .05$  로 설정하였다. 구체적인 자료 분석 방법은 다음과 같다.

첫째, 남성/여성의 전체 인구 및 연령대별 하위 그룹에 대한 기초통계분석을 통하여 연구대상 성별 및 연령집단의 인구특성을 분석하였다.

둘째, 지자체별 미세먼지 대기오염도에 대한 기초통계분석 및 지리정보시스템(Geographic information

system, GIS)을 활용한 지도화(mapping)를 통하여 미세먼지 오염도의 지리적 분포 및 지역간 차이를 분석하였다.

셋째, 개인의 현재 당뇨병 유병 여부를 종속변수로 하고, 개인 단위 변수(연령, 학력, 소득, 건강행태 등)와 거주지의 대기 중 미세먼지 오염도를 설명변수로 하는 로지스틱회귀분석(logistic regression)을 통하여 대기 중 미세먼지 오염도가 당뇨병 유병 위험도 증가에 미치는 영향을 분석하였다.

넷째, 남녀별, 연령별 그룹에 대한 로지스틱회귀 분석모델의 비교를 통하여 미세먼지 오염도에 대한 그룹 간 상관성의 차이를 분석하였다.

### III. 연구결과

#### 1) 성별에 따른 연령집단의 일반적 특성 및 당뇨 유병 특성

연구 대상에 대한 남녀별 성인 연령집단의 인구 특성 및 당뇨 유병 특성 비교 결과는 Table 1과 같다. 3개 연령집단에서 공통적으로 남녀 간 통계적으로 유의한 차이를 보인 변수는 가구소득( $p < .001$ ), 경제활동 유무( $p < .001$ ), 체질량지수( $p < .001$ ), 교육수준( $p < .001$ ), 흡연행태( $p < .001$ )인 것으로 나타났다. 당뇨병 유병율은 전반적으로 남성이 여성에 비하여 높았으며, 특히 40-59세 연령집단에서 남녀 간 당뇨병 유병 비율의 편차가 가장 크게 나타났다. 반면에 60대 이상 연령집단에서는 남녀 간 당뇨병 유병률의 차이가 없는 것( $\chi^2 = .71, p = .400$ )으로 나타났다. 가구소득 및 경제활동 비율은 모든 연령집단에서 남성이 여성보다 높은 것으로 나타났다. 체질량지수의 경우 60세 이상 연령집단에서는 여성이 남성보다 높은 반면( $t = -6.15, p < .001$ ), 나머지 두개 연령집단(19-39세, 40-59세)에서는 남성의 체질량지수가 여성보다 높게 나타났다( $p < .001$ ). 교육수준의 경우 모든 연령집단에서 남성의 전문대 이상 학

력 비율이 여성에 비해 다소 높게 나타났으며, 반대로 초등학교 이하 학력 비율은 여성이 높게 나타났다. 흡연자의 비율은 모든 연령집단에서 남성이 여성에 비해 월등히 높았으며, 특히 남성의 경우 19-39세 연령집단의 흡연율(매일흡연 및 가끔흡연, 50.3%)이 모든 연령집단 중 가장 높게 나타났다(Table 1).

#### 2) 지역별 미세먼지 오염도

분석에 사용된 143개 지자체에 대한 미세먼지 오염도 분석 결과 연구 대상 지자체의 평균 미세먼지 오염도는  $44.75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이며 가장 오염도가 높은 지자체는 가장 낮은 지자체보다 약 3.7배 높은 평균 오염수치를 기록하였다(Table 2). 세계보건기구(WHO, 2014)에서 제시하고 있는 대기 중 미세먼지에 대한 노출 권장 기준치가 연평균  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 임을 고려할 때 분석 대상지의 미세먼지 오염도는 상당히 높은 수준임을 알 수 있다. 분석에 사용된 143개 지자체 중 세계보건기구의 미세먼지 연평균 노출 권장 기준치  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  이하를 만족하는 지자체는 없는 것으로 나타났다. 미세먼지 오염도의 지역적 분포를 살펴보면 서울을 비롯한 지방 대도시의 오염도가 전반적으로 높게 나타났으며, 수도권과 연결한 지역의 오염도 역시 높은 수준을 보이고 있음이 확인되었다(Figure 1). 수도권 및 지방 대도시(광역시)에 거주하는 인구는 2010년 인구총조사 기준 약 70% 정도(Statistics Korea, 2010)임을 고려할 때 절대 다수의 국민이 높은 수준의 미세먼지 오염에 노출되어 있다고 할 수 있다.

자체 중 세계보건기구의 미세먼지 연평균 노출 권장 기준치  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  이하를 만족하는 지자체는 없는 것으로 나타났다. 미세먼지 오염도의 지역적 분포를 살펴보면 서울을 비롯한 지방 대도시의 오염도가 전반적으로 높게 나타났으며, 수도권과 연결한 지역의 오염도 역시 높은 수준을 보이고 있음이 확

성별에 따른 거주지역 대기 중 미세먼지(PM<sub>10</sub>) 오염도와 당뇨병 유병 위험도와의 상관관계 분석

Table 1. Characteristics of Total Population and Sub-groups by Gender

	Total Population						Age 19-39							
	Male (N=54,655)		Female (N=63,922)		$\chi^2$	t	p	Male (N=18,116)		Female (N=21,425)		$\chi^2$	t	p
	mean (freq)	SD (%)	mean (freq)	SD (%)				SD (%)	mean (freq)	SD (%)				
Age (yr)	47.69	15.69	47.67	15.96	.21	.84	30.43	5.94	30.28	6.08	2.49	.013		
Household income (\$)	4,093	2,849	3,979	2,882	6.84	<.001	4,467	2,667	4,617	2,685	-5.56	<.001		
Housing type (1:single-family 2:APT)	1.52	0.50	1.53	0.50	21.40	<.001	1.58	0.49	1.63	0.48	89.72	<.001		
Economic activity (yes=1, no=2)	1.22	0.41	1.49	0.50	9,426.34	<.001	1.21	0.41	1.45	0.50	2368.03	<.001		
BMI	23.71	2.91	22.45	3.12	71.23	<.001	23.80	3.24	21.30	3.08	78.74	<.001		
Educational attainment	elementary>	(5,497)	(10.1)	(13,162)	(20.6)	2,799.83	<.001	(14)	(0.1)	(38)	(0.2)	26.62	<.001	
	middle-high	(23,415)	(42.8)	(27,107)	(42.4)			(4,507)	(24.9)	(5,739)	(26.8)			
	college<	(25,743)	(47.1)	(23,653)	(37.0)			(13,595)	(75.0)	(15,648)	(73.0)			
Smoking behavior	non	(13,281)	(24.3)	(60,312)	(94.4)	61,589.27	<.001	(6,195)	(34.2)	(20,038)	(93.5)	15,683.40	<.001	
	former	(17,604)	(32.2)	(1,515)	(2.4)			(2,821)	(15.6)	(664)	(3.1)			
	occasional	(1,599)	(2.9)	(457)	(0.7)			(717)	(4.0)	(183)	(0.9)			
	daily	(22,171)	(40.6)	(1,638)	(2.6)			(8,383)	(46.3)	(540)	(2.5)			
Diabetes	no	(50,648)	(92.7)	(60,034)	(93.9)	73.96	<.001	(18,013)	(99.4)	(21,356)	(99.7)	13.77	<.001	
	yes	(4,007)	(7.3)	(3,888)	(6.1)			(103)	(0.6)	(69)	(0.3)			

손동욱

	Age 40-59						Age 60 <							
	Male (N=23,315)		Female (N=27,152)		$\chi^2$	t	p	Male (N=13,224)		Female (N=15,345)		$\chi^2$	t	p
	mean (freq)	SD (%)	mean (freq)	SD (%)				mean (freq)	SD (%)	mean (freq)	SD (%)			
Age (yr)	48.97	5.63	49.06	5.66	-1.87	.062	69.09	6.63	69.50	7.07	-5.04	<.001		
Household income (\$)	4,697	2,907	4,440	2,947	9.83	<.001	2,516	2,360	2,272	2,304	8.84	<.001		
Housing type (1:single-family 2:APT)	1.57	0.50	1.56	0.50	9.75	.002	1.33	0.47	1.34	0.48	5.61	.018		
Economic activity (yes=1, no=2)	1.06	0.25	1.38	0.49	7,127.29	<.001	1.50	0.50	1.75	0.43	1,848.65	<.001		
BMI	23.96	2.66	22.86	2.88	44.23	<.001	23.13	2.75	23.35	3.11	-6.15	<.001		
Educational attainment	elementary>	(1,277)	(5.5)	(3,025)	(11.1)	1,518.39	<.001	(4,206)	(31.8)	(10,099)	(65.8)	3,564.53	<.001	
	middle-high	(12,262)	(52.6)	(16,853)	(62.1)			(6,646)	(50.3)	(4,515)	(29.4)			
	college<	(9,776)	(41.9)	(7,274)	(26.8)			(2,372)	(17.9)	(731)	(4.8)			
Smoking behavior	non	(4,316)	(18.5)	(25,817)	(95.1)	30,708.40	<.001	(2,770)	(20.9)	(14,457)	(94.2)	15,976.89	<.001	
	former	(7,884)	(33.8)	(454)	(1.7)			(6,899)	(52.2)	(397)	(2.6)			
	occasional	(643)	(2.8)	(225)	(0.8)			(239)	(1.8)	(49)	(0.3)			
	daily	(10,472)	(44.9)	(656)	(2.4)			(3,316)	(25.1)	(442)	(2.9)			
Diabetes	no	(21,744)	(93.3)	(25,982)	(95.7)	144.10	<.001	(10,891)	(82.4)	(12,696)	(82.7)	.71	.400	
	yes	(1,571)	(6.7)	(1,170)	(4.3)			(2,333)	(17.6)	(2,649)	(17.3)			

APT=Apartment; BMI=Body mass index.

인되었다 (Figure 1). 수도권 및 지방 대도시(광역시)에 거주하는 인구는 2010년 인구총조사 기준 약 70% 정도(Statistics Korea, 2010)임을 고려할 때 절대 다수의 국민이 높은 수준의 미세먼지 오염에 노출되어 있다고 할 수 있다.

Table 2. General Characteristics of PM10 Concentration Level in Study Areas

	N	Min	Max	Mean	SD
PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	143	29.73	110.40	44.75	8.83

PM<sub>10</sub>=particulate matter≤10µm in diameter.

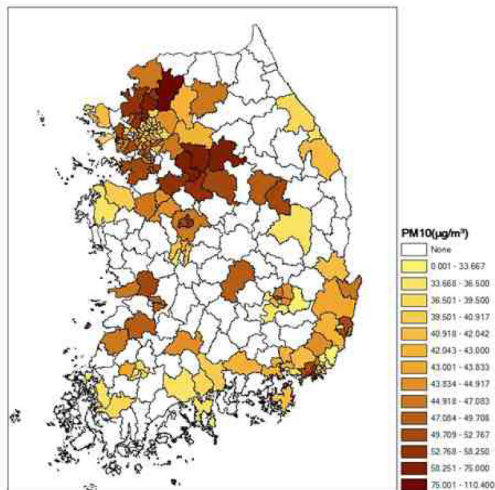


Figure 1. Map of particulate matter concentration in South Korea

### 3) 성별에 따른 당뇨 유병 여부와 대기 중 미세먼지 농도와의 상관성

본 연구에서는 로지스틱 회귀분석 모형을 사용하여 전체 및 3개 연령별 하위인구집단에 대한 성별에 따른 당뇨 유병 위험도와 미세먼지오염도와의 상관성을 분석하였다(Table 3). 분석 결과 여성 전체 및 40세 이상 여성 연령집단(40-59세, 60세 이상)에 대한 모형 결과에서 미세먼지가 당뇨병 유병

위험도 증가와 통계적으로 유의한 양의 상관성 ( $p<.01$ )을 보이는 것이 확인되었으며, 19세-39세 집단 역시 통계적 유의성이 다소 낮기는 하나 ( $p=.092$ ) 나머지 연령집단과 유사한 상관성을 보이는 것으로 나타났다. 반면 남성 전체 및 연령별 남성 인구집단에 대한 분석 결과에서는 미세먼지와 당뇨병 유병 위험도 사이에 통계적으로 유의한 상관성이 확인되지 않았다. 통제변수로 사용된 개인단위 변수들 중에는 연령, 경제활동 여부, 체질량지수, 흡연행태 등과 당뇨병 유병 위험도 사이의 통계적으로 유의한 상관성이 일관되게 나타난 반면, 소득 수준, 교육수준, 및 거주형태와 당뇨병 유병 위험도 사이의 상관성은 특정 연령집단에서 일부 확인되었다.

## IV. 논의

우리나라를 비롯한 주변 지역의 급격한 산업화와 도시화로 인한 대기오염은 심각한 수준에 이르고 있으며, 이로 인한 건강상의 유해성에 대한 우려 역시 심화되고 있다. 본 연구는 대표적인 대기오염 물질의 하나인 미세먼지에 대한 최근 연구들에서 보고되고 있는 당뇨병과의 연관성을 살펴봄으로써 대기오염의 유해성을 분석하고, 이에 대한 국민건강 측면에서의 대응 필요성을 제기하기 위한 목적으로 수행되었다. 본 연구의 분석에는 2012 지역사회건강조사 데이터가 사용되었으며, 143개 기초지자체에서 측정된 미세먼지 오염도 데이터와 연계하여 미세먼지 오염도와 당뇨병 유병 위험도 증가 사이의 상관성을 분석하였다. 연구에 사용된 로지스틱회귀분석모형에서는 개인단위의 통제변수로 연령, 주택유형, 가구소득, 교육수준, 경제활동, 흡연수준, 체질량지수가 고려되었다. 이들 중 체질량지수, 흡연습관이 당뇨병 유병 위험도를 높이는데 영향을 미치는 것으로 확인되었다.

Table 3. Multivariate Logistic Regression Estimates for PM10 According to Diabetes Risk, Adjusted for Age, Household Income, Housing type, Economic Activity Status, Educational Attainment, and Smoking Behavior

Variable	Categories	Male							
		Total Population (N=54,655)		Age 19-39 (N=18,116)		Age 40-59 (N=23,315)		Age 60 < (N=13,224)	
		OR	p	OR	p	OR	p	OR	p
Age		1.07	<.001	1.07	<.001	1.09	.000	1.00	.459
Household income		1.00	.727	1.00	.727	1.00	.412	1.00	.008
Housing type (vs. Single-family)	APT	0.98	.589	0.98	.589	0.94	.288	1.00	.944
Economic activity (vs. Yes)	No	1.27	<.001	1.27	<.001	2.02	<.001	1.53	<.001
BMI		1.13	<.001	1.13	<.001	1.12	<.001	1.10	<.001
Education attainment (vs. Elementary>)	Middle-High	1.30	<.001	1.30	<.001	0.95	.565	1.19	.002
	College <	0.98	.676	0.98	.676	0.85	.127	1.17	.034
Smoking behavior (vs. Non-smoker)	Former	1.31	<.001	1.31	<.001	1.13	.134	1.28	<.001
	Occasional	1.37	.007	1.37	.007	1.11	.580	1.65	.003
	Daily	1.28	<.001	1.28	<.001	1.18	.033	1.16	.038
PM <sub>10</sub>		1.00	.394	1.00	.394	1.00	.137	1.00	.876



성별에 따른 거주지역 대기 중 미세먼지(PM<sub>10</sub>) 오염도와 당뇨병 유병 위험도와의 상관관계 분석

Variable	Categories	Female							
		Total Population (N=63,922)		Age 19-39 (N=21,425)		Age 40-59 (N=27,152)		Age 60 < (N=15,345)	
		OR	p	OR	p	OR	p	OR	p
Age		1.06	<.001	1.10	<.001	1.10	<.001	1.02	<.001
Household income		1.00	<.001	1.00	.811	1.00	<.001	1.00	.075
Housing type (vs. Single-family)	APT	0.91	.016	0.50	.007	0.82	.002	1.03	.532
Economic activity (vs. Yes)	No	1.41	<.001	1.54	.087	1.53	<.001	1.46	<.001
BMI		1.12	<.001	1.18	.000	1.14	<.001	1.07	<.001
Education attainment (vs. Elementary>)	Middle-High	0.73	<.001	0.22	.145	0.65	<.001	0.74	<.001
	College <	0.35	<.001	0.19	.115	0.41	<.001	0.60	<.001
Smoking behavior (vs. Non-smoker)	Former	1.32	.005	3.68	<.001	1.28	.243	1.50	.001
	Occasional	1.73	.005	4.44	.015	1.63	.079	1.89	.048
	Daily	1.36	.001	0.93	.916	2.13	<.001	1.11	.425
PM <sub>10</sub>		1.01	<.001	1.02	.092	1.01	<.001	1.01	<.001

OR=Odds ratio; BMI=Body Mass Index; PM<sub>10</sub>=particulate matter≤10µm in diameter.

본 연구의 가장 중요한 분석 항목인 성별에 따른 대기 중 미세먼지 오염도 증가와 당뇨병 위험성 증가 사이의 상관성 분석 결과 여성의 대기 중 미세먼지 오염도와 당뇨병 위험성 증가 사이에 통계적으로 유의한 상관성이 확인되었다. 전체 대상 표본을 남녀로 구분하여 실시한 로지스틱 회귀분석 결과 40세 이상의 여성 연령집단에서 일관되게 개인의 당뇨병 유병 위험성과 거주지 대기 중 미세먼지 오염도 사이에서 통계적으로 유의한 양의 상관성( $p < .05$ )을 보인 반면, 동일한 조건에서 실시된 남성 인구에 대한 분석 결과에서는 모든 연령집단에서 미세먼지 오염도와 당뇨병 유병 위험성 사이에 통계적으로 유의한 상관성( $p < .05$ )이 확인되지 않았다.

성별에 따른 대기오염물질의 건강상의 위험성의 차이는 일상생활에 있어 오염물질에 대한 남녀간 노출 빈도의 차이 외에도 성별에 따른 신체적 특성에 의해 달라질 수 있음이 알려져 있다(Butter, 2006). 당뇨와 대기오염물질에 대한 기존의 관련 연구에서도 대기 중 이산화질소( $\text{NO}_2$ ) 오염도 증가와 여성의 당뇨 위험성 사이의 상관성이 보고된 바 있다. 현재까지 미세먼지( $\text{PM}_{10}$ )와 당뇨병 위험과의 연관성에 대한 연구에서 이와 유사한 결과가 확인된 바는 없으나, 여성의 미세먼지 오염 노출에 의한 당뇨 관련 위험성 증가는 최근 연구들에서 그 가능성이 확인되고 있다. 미국의 50세 이상 여성 인구를 대상으로 한 미세먼지의 유해성 연구(Whitsel et al., 2009)에서 미세먼지오염이 여성의 인슐린 저항성에 영향을 미치는 것을 확인하였으며, 특히 이러한 특성이 노년 여성인구에서 뚜렷하게 나타나고 있음이 최근 연구(Choi et al., 2015)에서 보고된 바 있다. 본 연구는 기존 연구들에서 데이터 확보의 한계로 인하여 시도되지 않았던 전국 단위의 대규모 표본집단에 대한 당뇨 위험과 대기오염과의 연관성을 분석한 최초의 시도으로써, 본 연구 결과는 여성의 당뇨 위험성과 관련한 미세먼지 노

출의 유해성을 제기한 기존 연구 결과들을 뒷받침하는 또 하나의 의미 있는 자료가 될 것이다.

한편 지역별 미세먼지 오염도 분석 결과에서 확인된 바와 같이 우리나라의 전반적인 미세먼지 오염도는 매우 심각한 수준이다. 특히 지역간 비교 분석 결과는 우리나라 인구의 약 70%가 거주하고 있는 수도권 및 지방 대도시 지역의 미세먼지 오염도가 상대적으로 더 심각함을 보여주고 있다. 따라서 이들 인구 밀집 지역에서 미세먼지 오염이 당뇨병 유병률 증가로 이어질 경우 이는 국민건강 관리 측면에서 상당한 사회적 비용의 증가를 초래할 것이다. 이에 대한 대응 방안으로써 단기적으로는 개인 차원에서 미세먼지 노출을 줄이기 위한 보건위생 측면에서의 접근도 필요하나, 보다 근본적으로는 국가 또는 지역 차원에서의 장기적인 정주환경 개선을 통한 대기오염 감축 노력이 필요하다. 미세먼지와 같은 대기오염물질의 경우 발생원을 명확히 특정하기 어려울 뿐만 아니라 확인된 발생원에 대한 관리를 위해서는 광범위한 민간 및 공공부문의 공조가 필요하기 때문이다. 이러한 정책적 접근이 현실화되기 위해서는 보건, 환경, 도시계획 등 다양한 분야의 공동연구를 통하여 정책 마련의 당위성을 부각시킴과 동시에 대기오염 저감을 위한 효과적인 정책 방향 및 전략의 지속적인 제시가 이루어져야 할 것이다.

본 연구는 사용된 표본집단 및 미세먼지 데이터의 내재적 속성으로 인하여 다음과 같은 한계를 지니고 있다. 첫째, 본 연구에 사용된 지역사회건강조사 데이터는 특정시기(2012년)에 해당 거주지(시·군·구)에 거주하고 있는 인구를 대상으로 한 단면 조사으로써, 실제 당뇨병 발병 시기와 현재 거주지 거주시기 사이의 불일치 가능성이 있다. 지역사회건강조사와 같은 국가 단위 조사의 설문 보안을 통해 참여자의 거주지에 대한 보다 구체적인 정보와 함께 해당 거주지 거주 기간에 대한 정보의 확보가

가능하다면 조사 대상의 정주환경에 대한 분석의 오류를 줄임으로써 연구 결과의 신뢰성을 확보하는 것이 가능 할 것이다. 둘째, 미세먼지 측정 공간단위(spatial unit of analysis)인 기초지자체(시·군·구)는 현재까지 관련 연구들에서 사용된 데이터들 중 가장 정밀한 공간단위이기도 하나 대기오염도의 지역적 분포는 미시적으로도 상당한 차이를 보일 가능성이 있어(Lee & Sohn, 2015) 본 연구에 사용된 표본의 실제 거주지 주변 미세먼지 오염도와 분석에 사용된 데이터 사이에는 오차 가능성이 존재한다. 생태학적 오류(ecological fallacy)라 불리는 이러한 문제(Pearce, 2000)를 해결하기 위해서는 개인 단위의 독립적인 대기오염 측정 데이터를 사용하거나 이를 보완할 수 있는 통계모형의 활용 방안을 모색해야 할 것이다. 셋째, 본 연구는 분석에 사용된 데이터 및 통계기법의 한계로 인하여 당뇨병 유병률과 미세먼지 오염도 사이의 인과관계를 규명하기는 불가능하였다. 특히 단면 조사의 특성상 본 연구에서 확인된 결과가 지속적으로 나타나고 있는 현상인지에 대한 확인은 불가능하였다. 이에 대한 보다 명확한 분석을 위해서는 장기간에 걸친 표본 추적조사 및 이와 연계된 관찰대상의 실제 거주지에 대한 정밀한 대기오염도 데이터 수집을 통하여 실제 개인의 당뇨병 발병 시기와 거주지 미세먼지 오염도 사이의 연관성에 대한 시계열 분석이 필요할 것으로 판단된다.

## V. 결론

최근 우리나라 및 주변 지역의 산업화로 인한 환경문제의 하나로써 대기오염 문제가 심각하게 대두되고 있으며, 특히 대도시지역이나 공장지대와 같이 대기오염 수준이 높은 곳에 거주하는 사람들의 경우 장기간에 걸친 대기오염에 노출됨으로 인한

건강상의 악영향이 우려되고 있다. 본 연구에서는 대표적인 대기오염물질의 하나인 미세먼지와 당뇨병 위험성 증가 사이의 연관성을 분석함으로써 대기오염의 건강상의 유해성에 대한 검증을 시도하였다. 연구 결과 대기 중 미세먼지 오염도와 여성의 당뇨병 유병률 증가 사이에 유의미한 상관성이 있음이 확인되었다. 특히 이러한 상관성은 40세 이상 연령의 여성 인구 집단에서 명확히 확인되고 있다. 만성질환인 당뇨병의 증가 추세 및 우리나라 대기오염 문제의 심각성을 고려할 때 중년 여성들의 미세먼지 노출로 인한 건강상의 피해를 줄일 수 있는 보건 및 도시환경 관리 측면에서의 정책적 노력이 필요할 것으로 판단된다.

주1. 유병률은 특정한 시간에 전체 인구 중 질병을 가지고 있는 인구의 비율을 의미함

## 인용문헌 References

1. Alberti KGMM, Zimmet P, Shaw J. 2007. "International Diabetes Federation: a consensus on Type 2 diabetes prevention", *Diabetic Medicine*, 24(5): 451-463. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1464-5491.2007.02157.x>
2. Brook R, Jerrett M, Brook J, Bard R, Finkelstein M., 2008. "The relationship between diabetes mellitus and traffic-related air pollution", *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 50: 32-38.
3. Butter, M., 2006. "Are Women More Vulnerable to Environmental Pollution?", *Journal of Human Ecology*, 20(3): 221-226.
4. Chen H, Burnett R, Kwong J, et al., 2013. "Risk of Incident Diabetes in Relation to Long-term Exposure to Fine Particulate Matter in Ontario, Canada", *Environmental Health Perspectives*, 121: 804-810. <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.1205958>

5. Choi Y, Kim J, Hong Y., 2015. "Sex-dependent and body weight-dependent associations between environmental PAHs exposure and insulin resistance: Korean urban elderly panel", *Journal of Epidemiology and Community Health*, 0: 1-7.
6. Coogan P, White LF, Jerrett M, et al., 2012. "Air Pollution and Incidence of Hypertension and Diabetes Mellitus in Black Women Living in Los Angeles", *Circulation*, 125: 767-772. <http://dx.doi.org/10.1161/circulationaha.111.052753>
7. Dijikema M, Mallant S, Gehring U, et al., 2011. "Long-term Exposure to Traffic-related Air Pollution and Type 2 Diabetes Prevalence in a Cross-sectional Screening-study in the Netherlands", *Environmental Health*, 10(76): 1-9.
8. Goldberg M, Burnett R, Yale J, Valois M, Brook J., 2006. "Associations between ambient air pollution and daily mortality among persons with diabetes and cardiovascular disease", *Environment Research*, 100: 255-267.
9. Janghorbani M, Momeni F, Mansourian M., 2014. "Systematic review and metaanalysis of air pollution exposure and risk of diabetes", *European Journal of Epidemiology*, 2014; 29: 231-242.
10. Kan H, Jia J, Chen B., 2004. "The association of daily diabetes mortality and outdoor air pollution in Shanghai, China", *Journal of Environmental Health*, 67: 21-26.
11. Korea Centers for Disease Control and Prevention, 2012. *Community Health Survey. Osong: Korea Centers for Disease Control and Prevention*, Osong, South Korea.
12. Kramer U, Herder C, Sugiri D, et al., 2010. "Traffic-Related Air Pollution and Incident Type 2 Diabetes: Results from the SALIA Cohort Study", *Environmental Health Perspectives*, 118: 1273-1279.
13. Lee Y, Sohn D., 2015. "An Analysis of the Relationships between the Characteristics of Urban Physical Environment and Air Pollution in Seoul", *Journal of The Urban Design Institute of Korea*, 16(3): 5-19.
14. Maynard D, Coull B, Gryparis A, Schwartz J., 2007. "Mortality risk associated with short-term exposure to traffic particles and sulfates", *Environmental Health Perspectives*, 115: 751-755.
15. Monn C, Braendli Q, Schaeppi G, Schindler C, Ackermann-Liebrich U, Leuenberger P., 1995. "Particulate matter (PM10) and total suspended particulates (TSP) in urban, rural and alpine air in Switzerland", *Atmospheric Environment*, 29(19): 2565-2573. [http://dx.doi.org/10.1016/1352-2310\(95\)94999-u](http://dx.doi.org/10.1016/1352-2310(95)94999-u)
16. Ostro B, Broadwin R, Green S, Feong W, Lipsett M., 2006. "Fine particulate air pollution and mortality in nine California counties: results from CALFINE", *Environmental Health Perspectives*, 114: 29-33. <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.8335>
17. Park S, Moon K, Park J, et al., 2009. "Chemical Characteristics of Ambient Aerosol during Asian Dusts and High PM Episodes at Seoul Intensive Monitoring Site in 2009", *Journal of Korean Society for Atmospheric Environment*, 28(3): 282-293. <http://dx.doi.org/10.5572/KOSAE.2012.28.3.282>
18. Pearce N., 2000. "The ecological fallacy strikes back", *Journal of Epidemiology and Community Health*, 54: 326-327 <http://dx.doi.org/10.1136/jech.54.5.326>
19. Pearson J, Bachireddy C, Shyamprasad S, Goldfine A., 2010. "Association between fine particulate matter and diabetes prevalence in the US", *Diabetes Care*, 33: 2196-2201.
20. Puett R, Hart J, Schwartz J, Hu F, Liese A, Laden F., 2011. "Are particulate matter exposures associated with risk of type 2 diabetes?", *Environmental Health Perspectives*, 119: 384-389.
21. Shaw JE, Sicree RA, Zimmet PZ., 2010. "Global estimates of the prevalence of diabetes for 2010 and 2030", *Diabetes Research and Clinical Practice*, 87(1): 4-14.
22. Spengler J, Brauer M, Koutrakis P., 1990. "Acid air and health", *Environmental Science &*

- Technology*, 24(7): 946-956.
23. Statistics Korea. 2010 Census [Internet]. Daejeon: Statistics Korea; 2010 [cited 2015 May 07]. Available from: [http://kosis.kr/statisticsList/statisticsList\\_01List.jsp?vwcd=MT\\_ZITITLE&parentId=A](http://kosis.kr/statisticsList/statisticsList_01List.jsp?vwcd=MT_ZITITLE&parentId=A)
24. Whitsel E, Quibrera P, Christ S, et al., 2009, "Heart Rate Variability, Ambient Particulate Matter Air Pollution, and Glucose Homeostasis: The Environmental Epidemiology of Arrhythmogenesis in the Women's Health Initiative", *American Journal of Epidemiology*, 169(6): 693-703.  
<http://dx.doi.org/10.1093/aje/kwn400>
25. World Health Organization: Ambient (outdoor) air quality and health, 2014.
26. Yoo J, Kim E, Lee S., 2006. "The Effects of a Comprehensive Life Style Modification Program on Glycemic Control and Stress Response in Type 2 Diabetes", *Journal of Korean Academy of Nursing*, 36(5): 751-760.

Date Received 2016-03-21  
 Reviewed(1<sup>st</sup>) 2016-06-21  
 Date Revised 2016-06-24  
 Reviewed(2<sup>nd</sup>) 2016-07-06  
 Date Accepted 2016-07-06  
 Final Received 2016-07-26