

서울지역 미세먼지 농도가 호흡기계 및 심혈관계의 외래 방문 및 입원과 진료비에 미치는 영향

이형숙[†]

서울여자간호대학교, 서울대학교 간호대학

Hospital Visits, Admissions and Hospital Costs among Patients with Respiratory and Cardiovascular Diseases according to Particulate Matter in Seoul

Lee, Hyeong Suk[†]

Seoul Women's College of Nursing
College of Nursing, Seoul National University

ABSTRACT

Objectives: The annual average of PM10 in Seoul was $45 \mu\text{m}^3$, which surpasses the WHO annual guidelines ($20 \mu\text{m}^3$). Most previous analyses of the effects of PM exposure have been retrospective studies using single hospital data, and fewer studies have attempted to address the relationship of PM10 and hospital costs. This study was conducted to investigate the effects of the concentration of PM10 on hospital visits, admissions and hospital costs in patients with respiratory and cardiovascular diseases.

Methods: Medical data from the National Health Insurance Service and the monthly average of PM10 from National Institute of Environmental Research were used to identify the effects of PM10 on hospital visits, admissions and hospital costs. We applied Poisson regression and linear regression to perform the analysis.

Results: The relative risks for admissions per $10 \mu\text{m}^3$ increase in PM10 were 23.11%, 10.2% and 6.9% increases for acute bronchiolitis, asthma and bronchitis, respectively. The relative risk for hospital visits per $10 \mu\text{m}^3$ increase in PM10 were 10.4%, 6.7% and 5.9% for chronic obstructive pulmonary disease, asthma and chronic sinusitis, respectively. For cardiovascular disease, the relative risk for admissions per $10 \mu\text{m}^3$ increase in PM10 were 2.2% and 2.1% increases in angina and acute myocardial infarction, respectively. A $10 \mu\text{m}^3$ increase in the monthly average of PM10 corresponded to 170,723,000 won (95% CI: 125,587,000-215,860,000 won), 123,636,000 won (95% CI: 47,784,000-199,487,000 won) and 78,571,000 won (95% CI: 29,062,000-128,081,000 won) increases in hospital costs for asthma, acute tonsillitis and chronic sinusitis, respectively.

Conclusion: Hospital admissions for respiratory and cardiovascular disease were associated with PM10 levels. PM10 exposure is also associated with increased costs for respiratory diseases.

Keywords: Cardiovascular disease, hospital cost, patient admission, particulate matter, respiratory disease

I. 서 론

대기오염은 인위적인 발생원에서 배출된 물질이

인간이나 동식물에 직접적으로 해를 끼칠 정도로
대기 중에 존재하는 상태를 의미하며, 우리나라는
대기환경보전법에서 이산화황, 일산화탄소, 이산화

[†]Corresponding author: Seoul Women's College of Nursing, South Korea, Tel: +82-2-2287-1024, Fax: +82-2-2287-1701, E-mail: leehyeongsuk65@gmail.com

Received: 13 July 2016, Revised: 18 October 2016, Accepted: 19 October 2016

질소 등 가스상 물질과 먼지 등 입자상 물질을 포함한 총 61종의 물질로 정하고 있다.¹⁾ 지구의 온난화 영향으로 대기에 있는 오존, 아황산 가스, 질소 산물, 휘발성 유기화합물, 미세먼지 등 대기오염 물질이 증가하고 있으며, 경제발전으로 인한 급격한 에너지 소비 증가 역시 대기오염물질의 양을 증가시키는 원인으로 꼽히고 있다.²⁾ 그 중 미세먼지 (Particulate Matter; PM)는 스모그, 시정장애, 지구 냉각화 등 여러 가지 위해영향뿐만 아니라 여러 대기 오염물질 가운데서 인체위해성이 높은 것으로 알려져 있어 중요한 저감 대상 물질이다.³⁾ 한국환경공단에 따르면 2013년 서울의 연 평균 미세먼지 (PM10) 농도는 $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 WHO의 연 평균 미세먼지 농도의 권고수준인 $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 2배 이상이며, 국외 주요도시인 미국 LA의 $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 프랑스 파리의 $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 영국 런던의 $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 보다 비교적 높은 수준이다.⁴⁾

WHO에 따르면 2012년 3.7만명의 사망의 원인이 실외 대기오염으로 추정되며, 특히 이는 미세먼지 (PM10)에의 노출로 인한 심혈관계, 호흡기계 질환과 암의 발생과 관련되어 있다.⁵⁾ 미세먼지와 질환의 연관성에 대한 연구들을 통합 분석한 연구에서 미세먼지 농도가 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가할 시 사망발생위험이 미국 0.29%, 캐나다 0.84%, 유럽 0.33% 증가한다고 보고한 바 있다.⁶⁾ 그 외에도 장기간 미세먼지 노출에 따른 원인 별 사망률의 영향, 단기간 노출에 따른 질환 별 입원을 변화, 미세먼지 감소에 따른 심혈관계 질환의 의료비용 감소 등 다양한 연구결과로 미세먼지가 건강에 미치는 영향을 뒷받침하고 있다.⁷⁻⁹⁾ 이러한 결과들을 고려하였을 때, 서울의 높은 미세먼지 농도는 시민의 건강을 심각하게 위협할 뿐만 아니라 의료비용의 상승이 예측되어 이에 대한 관심과 해결책이 요구된다.

대기오염물질과 질환의 연관성에 대한 국내 연구들을 살펴보면, 미세먼지 등 대기오염으로 인해 관련 질환 유병률 증가 또는 대상자의 의료기관 방문과 입원, 총 사망, 심혈관계 사망이 유의하게 증가된다는 결과를 제시하였다.^{10-13,19)} 그러나 대부분의 연구들이 일개 또는 몇 개 병원의 응급실 방문이나 입원을 후향적으로 분석하거나 관련 질환을 천식, 만성 폐색성 폐질환이나 알레르기 질환 등에 국한한 연구들이 많고, 미세먼지 농도 증가가 의료비용에 미

치는 영향에 대하여 알아본 연구는 거의 없어 호흡기계, 심혈관계에의 미세먼지의 영향을 체계적으로 평가하는데 한계가 있다.

이에 본 연구는 질환별 입원 및 외래 환자수와 진료비의 상병자료를 이용하여 미세먼지가 호흡기계 및 심혈관계 환자 수와 진료비의 증가에 미치는 영향을 알아보고자 시행되었다.

II. 연구자료 및 방법

본 연구는 2006년부터 2014년까지 서울시를 대상으로 대기오염자료, 질환별 환자 수와 진료비 자료를 이용하여 미세먼지(PM10)의 환자 수 및 진료비에 미치는 영향을 분석한 이차자료분석(Secondary analysis) 연구이다.

1. 대기오염자료

서울 시내 대기오염도는 국립환경과학원의 서울 도시대기 측정망 월별 평균 미세먼지(PM10)농도에서 2006년 1월부터 2014년 12월까지의 자료를 다운로드 받은 후 사용하였다.

2. 질병통계자료

요양기관 소재지 기준 서울시내 의료기관의 심혈관계, 호흡기계 질환의 월별 입원 환자 수, 외래 방문 환자 수, 입원 진료비, 외래 진료비는 국민건강보험공단의 자료를 이용하였다. 관련 심혈관계, 호흡기계 질환은 문헌고찰을 거쳐 ICD-10 code (International Classification of Disease, 10th Revision) 분류로 다음과 같이 선별하였다.

I20(협심증), I21(급성 심근경색증), J02(급성 인두염), J03(급성 편도염), J06(다발성 및 상해불명 부위의 급성 상기도 감염), J15(달리 분류되지 않은 세균폐렴), J18(상해불명 병원체의 폐렴), J20(급성 기관지염), J21(급성 세기관지염), J32(만성 부비동염), J34(코 및 부비동의 기타 장애), J35(편도 및 아데노이드의 만성 질환), J40(급성인지 만성인지 명시되지 않은 기관지염), J44(기타 만성 폐색성 폐질환), J45(천식)

3. 통계분석방법

요청하거나 다운로드 받은 자료는 데이터 정화(data

Table 1. Description of distributions of monthly levels of PM10 in study period (2006. 01.~2014. 12.)

Variable	Year	Mean ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SD ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Min ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Max ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Average concentration change from the first three to the last three years of study period (%)
PM10	2006-2014	50.95	15.93	22.00	106.00	-25.61
	2006	59.92	20.49	33.00	106.00	
	2007	61.33	18.53	31.00	86.00	
	2008	55.42	12.86	32.00	73.00	
	2009	54.17	14.23	31.00	81.00	
	2010	49.17	13.93	25.00	71.00	
	2011	47.17	16.58	27.00	75.00	
	2012	41.00	11.60	22.00	60.00	
	2013	44.50	11.70	28.00	64.00	
	2014	45.92	12.62	29.00	63.00	

cleaning)과정을 거쳐 분석에 사용하였다. 미세먼지 농도와 각 질환 별 환자 수 및 진료비는 기술통계치(평균, 표준편차)와 함께 변화추이를 살펴보기 위하여 연구자료 기간의 첫 3년(2006년부터 2008년)과 마지막 3년(2012년부터 2014년)의 평균 변화율(average change)을 제시하였다.

미세먼지 농도에 따른 호흡기계 및 심혈관계 입원 환자 수와 외래 환자 수를 알아보기 위하여 서울 도시기상학적 월별 평균 미세먼지(PM10) 농도를 예측변수(Predictors)로, 서울시내 의료기관의 심혈관계, 호흡기계 질환의 월별 입원 환자 수와 외래 방문 환자 수를 응답변수(Response variable)로 한 포아송 회귀분석(Poisson Regression)을 각 질환별로 수행하였다. 포아송 회귀분석의 회귀계수(β)는 미세먼지 단위농도($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 증가가 환자 수에 미치는 정도를 의미하므로, 상대위험비(Relative Risk, RR)는 $\exp(\beta)$ 로 평가하였다.

미세먼지 농도에 따른 호흡기계 및 심혈관계 질환의 입원 진료비와 외래 진료비를 알아보기 위하여 서울 도시기상학적 월별 평균 미세먼지(PM10) 농도를 독립변수로, 서울시내 의료기관의 심혈관계, 호흡기계 질환의 월별 입원 진료비와 외래 진료비를 종속변수로 한 단순 선형 회귀분석(linear regression)을 각 질환별로 수행한다. 결과는 각 회귀모형의 유의수준(p) 0.05 미만인 경우 유의한 영향이 있는 것으로 평가하였으며, 회귀계수(β)는 미세먼지 단위농도($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 증가가 진료비에 미치는 정도를 의미한다.

4. 윤리적 고려

본 연구는 기존에 생성된 공개자료를 재분석 하는 이차자료분석 연구로 서울여자간호대학교 기관생명윤리위원회에 심의 면제 대상임을 확인 받은 후 진행되었다.

III. 연구결과

1. 기술 통계 분석

서울 미세먼지(PM10)의 평균값, 표준편차 및 분포는 Table 1과 같다. 2006년부터 2014년 까지 미세먼지(PM10) 월평균 농도는 $50.95 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이고 최소값은 $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 최대값은 $106 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었다. 연구자료 기간의 첫 3년(2006년부터 2008년)과 마지막 3년(2012년부터 2014년)의 평균 변화율(average change)은 -25.61%로 감소 추이를 보이는 것으로 나타났다.

연구기간 동안의 서울시 의료기관 전체의 질환별 외래, 입원 환자 수와 진료비는 Table 2와 같다. 연구 대상 질환 중 월평균 입원 환자수가 가장 많은 질환은 폐렴(J18)으로 2569.99명 이었으며, 월평균 외래 환자수가 가장 많은 질환은 급성기관지염(J20)으로 34433.27명 이었다. 급성기관지염(J20)의 경우 연구기간의 첫 3년과 마지막 3년의 평균 변화율에서 입원은 가장 많이 줄어들었으나(-57.85%), 외래 환자수에서 약 156.20%의 가장 높은 상승률을 보였다. 만성폐쇄성폐질환(J44)의 경우 월평균 입원 환자에서 가장 높은 상승률(56.41%)을 보였으나 외래 환자는 가장 많이 줄었으며(-32.42%),

Table 2. Description of the number and hospital cost of inpatient and outpatient in study period (2006. 01.~2014. 12.)

categories	Number of inpatient				Number of outpatient				Total Hospital cost (1000 won)				Hospital cost of inpatient (1000 won)				Hospital cost of outpatient (1000 won)			
	Mean	SD	average change* (%)		Mean	SD	average change* (%)		Mean	SD	average change* (%)		Mean	SD	average change* (%)		Mean	SD	average change* (%)	
I20	1800.76	185.43	-0.48		30735.91	4212.65	35.85		7503327.54	868804.31	12.93		6142070.49	771551.63	11.40		1361257.05	143993.25	20.06	
I21	407.47	37.23	2.86		3525.26	432.08	28.60		3093199.89	397619.57	23.51		2939502.56	389386.70	24.50		153697.32	17830.38	6.39	
J02	198.08	59.05	-3.14		140012.60	29424.77	19.64		2621546.87	569182.68	26.75		86559.87	28837.53	0.03		2534987.00	568344.26	27.79	
J03	287.65	70.07	4.46		186186.40	38174.17	-10.01		3553584.65	657757.84	-2.67		136601.68	37914.25	22.65		3416982.97	654444.26	-3.58	
J06	312.10	86.49	34.59		164160.96	41196.04	26.33		3027581.62	787185.99	38.49		135035.91	46394.83	45.98		2892545.71	777382.48	38.15	
J15	543.38	278.39	2.82		5389.22	1836.96	43.68		1160510.44	331728.64	24.66		985940.03	285771.68	23.27		174570.41	52545.15	32.98	
J18	2569.99	702.49	28.09		23210.99	6298.90	13.57		4806539.26	1466181.79	80.93		3967847.05	1295226.33	95.08		838692.21	235862.08	28.45	
J20	528.07	587.74	-57.85		344333.27	164801.77	156.20		7273830.73	2965882.53	119.57		433656.70	758466.53	-78.71		6840174.03	3346007.66	170.86	
J21	527.07	254.07	14.74		39881.19	9804.53	28.08		1285532.19	386209.89	28.91		342754.24	169154.84	21.57		942777.94	243114.58	31.69	
J32	778.38	150.84	40.04		61883.56	13131.94	11.06		2637479.78	428325.31	22.50		775502.09	172835.00	55.55		1861977.69	338119.52	11.20	
J34	793.98	227.10	49.41		31164.73	7843.61	39.36		1468141.60	391141.57	66.44		496678.11	149566.67	67.36		971463.49	271899.62	65.98	
J35	744.22	299.21	-2.02		10870.19	2035.00	32.55		858368.22	256406.86	31.15		533245.99	211443.06	23.59		325122.23	72280.14	44.89	
J40	143.33	59.27	36.42		41857.96	14843.03	75.96		986602.86	350039.66	83.30		92063.20	44581.36	67.99		894539.66	316874.07	85.14	
J44	282.82	82.16	56.41		10738.45	7260.58	-32.42		1043288.84	256622.50	50.44		677798.93	277586.28	89.90		365489.92	119921.36	3.13	
J45	397.79	133.90	-43.93		61556.64	12467.62	-19.44		2106821.89	462002.77	-28.25		404754.72	117776.57	-36.17		1702067.17	362666.63	-26.19	

*Average concentration change from the first three to the last three years of study period(%)

월평균 총 진료비에서는 천식(J45)과 급성 편도염(J03)만이 각 -28.25%, -2.67%로 감소 추이를 보이는 것으로 나타났다. 외래 환자수의 급격한 증가를 보인 급성기관지염(J20)의 월평균 총 진료비는 7,273,830천원으로 2006년-2008년 평균에 비하여 2012년-2014년 평균이 119.57% 증가한 것으로 나타났다.

2. 미세먼지 농도에 따른 호흡기계 및 심혈관계 환자 수

미세먼지 농도의 증가가 호흡기계 및 심혈관계 입원 환자 수와 외래 환자 수에 미치는 영향을 평가한 결과는 Table 3와 같다. 월 평균 미세먼지(PM10)의 농도가 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가할 때 상세불명 병원체의 폐렴(J18)의 외래환자 1.021배(95% CI[Confidnec Interval [CI]: 1.091-1.24), 입원환자 1.034배(95% CI: 1.033-1.034), 급성 세기관지염(J21)의 외래환자 1.049배(95% CI: 1.044-1.054), 입원환자 1.020배(95% CI: 1.019-1.020) 외에 코 및 부비동의 기타 장애(J34), 편도 및 아데노이드의 만성 질환(J35), 급성인지 만성인지 명시되지 않은 기관지염(J40),

기타 만성 폐색성 폐질환(J44), 천식(J45)에서 입원 환자수와 외래 환자수 모두 유의하게 증가하는 것으로 나타났다. 월평균 입원 환자 수에서는 급성 기관지염(J20), 천식(J45), 급성인지 만성인지 명시되지 않은 기관지염(J40) 순으로 각 1.231배(95% CI: 1.225-1.237), 1.102배(95% CI: 1.095-1.108), 1.069배(95% CI: 1.058-1.079) 증가하며, 월 평균 외래 환자 수에서는 기타 만성 폐색성 폐질환(J44), 천식(J45), 만성 부비동염(J32) 순으로 각 1.104배(95% CI:1.102-1.105), 1.067배(95% CI:1.066-1.067), 1.059배(95% CI:1.059-1.060) 증가하였다. 협심증(I20), 급성심근경색증(I21)의 경우 입원 환자 수는 각 1.022배(95% CI:1.019-1.025), 1.021배(95% CI: 1.015-1.027) 증가하였으나 외래 환자 수 각 0.967배(95% CI:0.967-0.968), 0.974배(95% CI:0.972-0.976)로 감소하였다.

3. 미세먼지 농도에 따른 호흡기계 및 심혈관계 진료비

미세먼지 농도의 증가가 호흡기계 및 심혈관계 진료비에 미치는 영향을 평가한 결과는 Table 4와 같다. 월 평균 미세먼지(PM10)의 농도가 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가할 때 천식(J45) 170,723천원(95% CI: 125,587천원-215,860천원, $p<.001$), 급성 편도염(J03) 123,636천원(95% CI: 47,784천원-199,487천원, $p=.002$), 만성 부비동염(J32) 78,571천원(95% CI: 29,062천원-128,081천원, $p=.002$) 증가하였다. 급성기관지염(J20)의 경우 미세먼지(PM10) 농도 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 상승 시 총 의료비는 유의하지 않았으나, 입원진료비가 135,621천원

Table 3. Relative risk (RR) and 95% confidence intervals (CIs) of the number of patients of disease categories for a $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ increase in PM10

Categories	Inpatient	Outpatient
	RR (CIs) ^a	RR (CIs)
I20	1.022(1.019-1.025)	0.967(0.967-0.968)
I21	1.021(1.015-1.027)	0.974(0.972-0.976)
J02	0.987(0.979-0.995)	1.018(1.018-1.018)
J03	0.962(0.956-0.969)	1.043(1.042-1.043)
J06	0.961(0.954-0.967)	1.025(1.025-1.025)
J15	0.977(0.972-0.982)	1.010(1.008-1.012)
J18	1.021(1.019-1.024)	1.034(1.033-1.034)
J20	1.231(1.225-1.237)	0.969(0.969-0.969)
J21	1.049(1.044-1.054)	1.020(1.019-1.020)
J32	0.987(0.982-0.991)	1.059(1.059-1.060)
J34	1.005(1.000-1.009)	1.014(1.013-1.014)
J35	1.019(1.014-1.023)	1.004(1.003-1.005)
J40	1.069(1.058-1.079)	1.015(1.014-1.015)
J44	1.007(1.000-1.014)	1.104(1.102-1.105)
J45	1.102(1.095-1.108)	1.067(1.066-1.067)

Abbreviations RR: relative risk; CI: confidence interval.

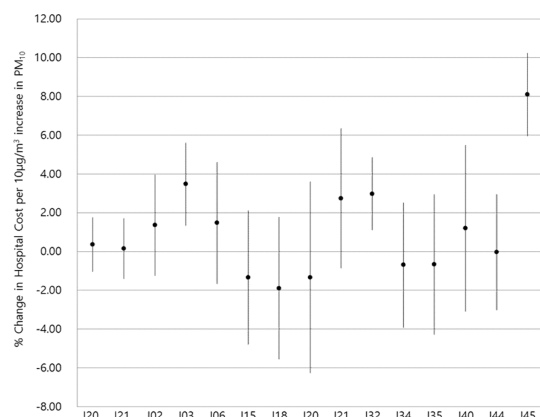


Fig. 1. Percentage Change in Hospital Cost by disease categories per $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ increase in PM10

Table 4. Mean hospital cost change and 95% confidence intervals (CIs) by disease categories for a 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ increase in PM10 (1000 won)

Categories	Total hospital cost		Hospital cost of inpatient		Hospital cost of outpatient	
	Mean change (CIs)	P value	Mean change (CIs)	P value	Mean change (CIs)	P value
I20	27,075 (-77,804 to 131,954)	.610	44,156 (-48,709 to 137,022)	.348	-17,082 (-34,172 to 9)	.050
I21	4,831 (-43,219 to 52,880)	.842	4,103 (-42,954 to 51,160)	.863	727 (-1,423 to 2,878)	.504
J02	36,006 (-32,439 to 104,450)	.299	-2,552 (-6,003 to 899)	.146	38,558 (-29,733 to 106,848)	.266
J03	123,636 (47,784 to 199,487)	.002	-9,086 (-13,321 to -4,851)	<.001	132,722 (57,865 to 207,579)	.001
J06	44,586 (-50,169 to 139,342)	.353	-9,135 (-14,459 to -3,810)	.001	53,721 (-39,667 to 147,109)	.257
J15	-15,521 (-55,504 to 24,462)	.443	-17,601 (-51,975 to 16,772)	.312	2,080 (-4,258 to 8,418)	.517
J18	-90,922 (-267,266 to 85,421)	.309	-100,551 (-255,897 to 54,795)	.202	9,629 (-18,819 to 38,076)	.504
J20	-96,782 (-454,770 to 261,206)	.593	135,621 (47,747 to 223,494)	.003	-232,402 (-634,336 to 169,531)	.254
J21	35,339 (-10,842 to 81,519)	.132	14,296 (-5,962 to 34,555)	.165	21,042 (-8,061 to 50,146)	.155
J32	78,571 (29,062 to 128,081)	.002	-23,092 (-43,503 to -2,680)	.027	101,663 (65,790 to 137,535)	<.001
J34	-10,200 (-57,435 to 37,035)	.669	-6,981 (-25,008 to 11,047)	.444	-3,219 (-36,077 to 29,638)	.846
J35	-5,729 (-36,700 to 25,242)	.715	-3,482 (-29,030 to 22,065)	.787	-2,247 (-10,972 to 6,479)	.611
J40	11,869 (-30,377 to 54,115)	.579	4,298 (-1,027 to 9,622)	.113	7,578 (-30,700 to 45,842)	.696
J44	-325 (-31,342 to 30,698)	.983	-13,610 (-47,059 to 19,838)	.422	13,286 (-981 to 27,552)	.068
J45	170,723 (125,587 to 215,860)	<.001	37,594 (25,337 to 49,851)	<.001	133,130 (97,574 to 168,685)	<.001

(95% CI: 47,747-233,494천원, $p=.003$) 상승하는 것으로 나타났다.

IV. 고 찰

최근 5년간 우리나라의 미세먼지 농도가 연평균 환경기준치($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$)를 초과하고 있지는 않으나 현재의 대기환경 기준이 안전한 지에 대한 의문이 제기되고 있고, 특히 수도권 지역과 각 주요도시 및 공단 지역을 중심으로 단기 환경기준 초과가 집중되어 있다. 서울시 연평균 미세먼지 농도는 2012년까지 꾸준히 감소하였으나, 2013년도부터 다시 증가 추세를 보이고 있다. 본 연구에서는 인구밀도가 가장 높은 수도권 지역인 서울시의 상병자료와 대기오염 자료를 이용하여 미세먼지(PM10) 농도의 증가가 질환별 입원 및 외래 환자수와 진료비에 미치는 영향을 파악하였다.

미세먼지(PM10)의 농도 증가는 호흡기계 및 심혈관계 환자 수와 호흡기계 질환의 진료비를 통계적으로 유의하게 높이는 것으로 나타났다. 미세먼지 농도 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가 시 주요 호흡기계 질환의 입원 환자 수는 급성기관지염 1.231배(95% CI: 1.225-1.237), 천식 1.102배(95% CI: 1.095-1.108), 급성인진 만성

인진 명시되지 않은 기관지염 1.069배(95% CI: 1.059-1.079), 급성 세기관지염 1.049배(95% CI: 1.044-1.054), 폐렴 1.021배(95% CI: 1.019-1.024) 등의 순으로, 외래 환자 수는 만성폐쇄성폐질환 1.104배(95% CI: 1.102-1.105), 천식 1.067배(95% CI: 1.066-1.067), 만성 부비동염 1.059배(95% CI: 1.059-1.060), 급성 편도염 1.043배(95% CI: 1.042-1.043), 폐렴 1.034배(95% CI: 1.033-1.034) 등의 순으로 증가하였다. 이는 기존의 연구 결과와도 일치하는데, 런던에서 진행된 일 연구에서는 미세먼지 농도 10-90% 변화 시($16-47 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 상기도 감염 외래 방문자 15-64세의 경우 5.7%, 65세 이상의 경우 10.2% 증가한다고 보고하였으며,¹⁴⁾ 스위스의 21개 주를 대상으로 한 연구에서 미세먼지 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가 시 호흡기계 응급 입원이 1.017배 증가한다고 하였다.¹⁵⁾ 일 병원의 외래 방문 및 입원을 후향적으로 분석한 국내 연구에서도 미세먼지농도가 만성폐쇄성폐질환 환자 중 여자 환자의 응급실 방문 횟수($r=826$, $p=.046$)와 기관지 천식 환자 중 남자 환자의 외래방문 횟수($r=0.714$, $p=.047$)에 각각 유의한 상관관계를 보였다.¹⁰⁾ 미세먼지의 질병부담에 대하여 분석한 연구에서는 미세먼지가 단순히 외래 방문 또는 입원뿐만 아니라 장애보정수명(DALY; Disability adjusted life year)에

영향을 미치는데, 2007년 미세먼지의 질병부담은 1000명당 6.9 DALY에 달하며, 이 중 폐암, 만성폐색성폐질환, 폐렴, 천식이 각 2.68, 2.41, 0.61, 0.55 DALY에 해당한다고 보고하였다.¹¹⁾ 본 연구의 결과와 선행연구의 결과들을 종합하였을 때 미세먼지 농도가 주요 호흡기계 질환의 발병 또는 악화에 영향을 미치는 것으로 해석할 수 있다.

주요 호흡기계의 진료비 또한 미세먼지 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가 시 천식, 급성 편도염, 만성 부비동염에서 각 8.10%($p<.001$), 3.48%($p=.002$), 2.98%($p=.002$)로 유의한 상승을 보였다. 실제로 본 연구자료 기간의 첫 3년과 마지막 3년의 진료비의 평균 변화율에서 천식과 급성 편도염만이 -28.25%, -2.67%로 감소 추이를 보였는데, 이는 미세먼지(PM10) 농도 감소(평균 변화율 -26%)가 영향을 미쳤을 것으로 사료된다.

미세먼지 농도 증가에 따른 환자 수의 변화는 질환에 따라 입원과 외래에서 다소 다른 양상을 보였다. 천식과 폐렴의 경우 입원과 외래에서 모두 환자 수의 증가를 보인 반면 기관지염(급성기관지염, 급성인지 만성인지 명시되지 않은 기관지염, 급성 세기관지염)의 경우 입원 환자 수에서 주로 두드러진 증가를 보였고, 만성 폐색성 폐질환의 경우 외래환자 수에서 큰 증가율을 보였다. 그 중 급성 기관지염은 미세먼지 농도가 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가할 때 입원 환자의 수가 1.231배(95% CI: 1.225-1.237배)로 가장 많이 증가하는 질환 군이었으나 외래 환자 수는 적어지는 것으로 나타났다. 본 연구자료 기간의 첫 3년과 마지막 3년의 급성 기관지염 입원환자 및 입원진료비의 평균 변화율(2006년-2008년 평균 대비 2012년-2014년 평균 변화율)이 각 -58%, -79%로 감소추이를 보였는데, 이는 미세먼지(PM10) 농도 감소(평균 변화율 -26%)에 기인한 것으로 생각된다. 대부분의 선행연구에서는 호흡기계 질환 전체를 대상으로 하거나 외래 혹은 응급실 방문만을 다뤄 직접 비교가 어려워 다양한 질환군을 대상으로 반복연구가 필요할 것으로 보인다.

본 연구의 결과에서 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 미세먼지 농도 증가 시 심혈관계 질환인 협심증, 급성 심근 경색증의 월 평균 입원 환자 수가 각 1.022배(95% CI: 1.019-1.025), 1.021배(95% CI: 1.015-1.027) 증가하였다. 만성폐쇄성폐질환과 천식과 같은 호흡기계 질환의 발병뿐만 아니라, 협심증과 급성 심근경색증과 같은

심혈관계 질환자의 입원이 유의하게 증가하여 미세먼지가 심혈관계 질환 발병에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 선행 연구결과와 일치하는데, 벨기에의 일 연구에는 미세먼지의 농도가 10% 감소할 때 ($27.82\text{-}25.05\mu\text{g}/\text{m}^3$) 허혈성 심질환의 입원이 2.44%(95% CI: 0.33-4.50%) 감소한다고 보고하였고,⁹⁾ 미국의 연구에서도 초미세먼지(PM2.5)의 농도가 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가할 때 허혈성 심질환 뿐만 아니라 심부전, 부정맥 환자의 일별 입원률이 각 8.1%(95% CI: 7.1-9.4%), 5.5%(95% CI: 4.7-6.6%), 3.8%(95% CI: 3.3-4.2%) 증가한다고 하였다.⁸⁾

본 연구에서 사망률을 다루지는 않았으나, 미세먼지 농도 증가에 따른 심혈관계 사망률을 알아본 연구들을 살펴보면 미국에서 이루어진 연구에서 초미세먼지(PM2.5)의 농도가 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가하는 경우 허혈성 심질환의 사망률이 1.18배(95% CI: 1.14-1.23) 증가한다고 하였고⁷⁾ 국내에서 이루어진 연구에서도 미세먼지의 농도가 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가하는 경우 전체 초과사망발생위험을 0.44%(95% CI: 0.25-0.63%), 심혈관계 초과사망발생 위험을 0.76%(95% CI: 0.40-1.12%) 높인다고 하였다.¹²⁾ 이외 여러 연구들에서 미세먼지 농도 증가 시 심혈관계 사망률을 유의하게 높이며 이는 호흡기계 질환으로 인한 사망보다 더 높은 수준임을 보고하고 있다.^{17,18)} 미세먼지의 건강 영향에 대한 국내 연구들은 대부분 호흡기계 질환을 중심으로 이루어져 심혈관계 질환에의 효과에 대하여 평가하기 어려웠다. 그러나 본 연구의 결과와 국외 논문들의 결과를 종합하여볼 때, 미세먼지 농도 증가는 심혈관계 질환의 발병 또는 악화를 초래하는 것으로 해석할 수 있으며, 이는 호흡기계 질환에 미치는 영향보다 더 심각할 수 있으므로 국내 환자들을 대상으로 한 미세먼지의 심혈관계 영향을 규명하는 연구가 필요할 것으로 보인다.

본 연구의 결과에서 미세먼지 농도 증가 시 심혈관계 질환의 입원 환자수는 유의하게 증가하였으나 입원 의료비용 상승은 유의하지 않았다. 선행 연구에 따르면 미세먼지의 효과가 심혈관계 질환에 미치는 영향이 주로 당일(lag=0)에 가장 강하나¹²⁾ 본 연구에서는 월 평균 미세먼지 농도를 변수로 하여 분석하였기 때문에 심혈관계 질환에서의 미세먼지의 단기간 효과를 정확하게 측정하지 못하였을 가능성이 있다. 국내의 일 연구에서 미세먼지와 협심증, 심

근경색증 환자의 입원, 외래 방문, 응급실 방문 등의 임상자료는 관계가 없었는데¹⁰⁾ 이 결과도 월별 오염물질 농도를 기준으로 분석한 데서 기인하였을 가능성이 있다. 벨기에에서 이루어진 연구에는 미세먼지의 농도가 10% 감소할 때 허혈성 심질환으로 인한 진료비(hospital cost)를 잠재적으로 연간 약 68억원(520만 유로) 절감할 수 있다고 보고한 바 있다.⁹⁾ 본 연구자료 기간 동안 평균 입원 진료비를 살펴보면 입원환자 1인당 심근경색 약 720만원, 협심증 약 340만원으로, 호흡기계 질환 중 환자 당 평균 입원 진료비가 가장 높은 만성폐쇄성폐질환(약 240만원)보다 높아 환경관리를 통해 미세먼지 농도를 줄일 경우 심혈관계 질환 입원환자 수의 감소로 큰 의료비용 절감효과를 가져올 수 있을 것으로 보인다.

본 연구에서는 월 평균 미세먼지 농도와 질환별 월평균 환자 수, 진료비를 사용하여 분석하였으므로 미세먼지의 단기간 효과를 정확하게 측정하지 못하였고, 특히 폐에서 쉽게 걸러지지 않고 호흡기 내부로 유입되어 다양한 질병을 일으키는 초미세먼지를 변수로 포함하지 못하였다. 병원 진료비의 경우 의료비용의 전체를 대표하지 못하므로 미세먼지로 인한 경제적 효과로 해석하기 어려울 수 있다. 또한 온도, 습도와 계절 추이 등의 영향요인을 배제하지 못하였으므로 연구의 한계가 있다. 위험요소를 가진 환자를 대상으로 미세먼지의 영향을 파악하지 못하였으므로 추후 65세 이상의 노인이나 아동, 심혈관계 또는 호흡기계 기저질환이 있는 환자들을 대상으로 한 연구가 필요할 것으로 보인다.

V. 결 론

본 연구에서는 2006년부터 2014년까지 서울시 대기오염자료, 질환별 환자 수와 진료비 자료를 이용하여 미세먼지(PM10)의 건강영향을 분석하였다. 미세먼지 농도 증가시 급성기관지염, 천식, 협심증과 심근경색 등의 입원 환자 수와 만성 폐색성 폐질환과 천식 등의 외래 환자 수가 증가하였으며, 천식, 급성 편도염과 만성 부비동염의 진료비가 유의하게 상승하였다. 즉 미세먼지 농도 증가 시 호흡기계 및 심혈관계 질환 환자의 의료기관 이용이 통계적으로 증가하는 것으로 나타났다. 본 연구에서는 질환별 상

병자료를 통하여 미세먼지의 주요 호흡기계 및 심혈관계 질환에 미치는 건강영향을 살펴보았으며, 각 질환별로 각기 다른 패턴을 보이는 것으로 나타나 추후 반복연구를 통하여 이를 검증하는 것이 필요하다. 또한 향후 호흡기계와 심혈관계의 미세먼지 건강영향을 파악하기 위하여 위험요인을 가진 환자를 대상으로 한 연구를 통하여 국내 대기환경기준을 뒷받침하기 위한 근거를 마련해야 할 것이다.

Acknowledgements

본 연구는 서울여자간호대학교의 교내 연구비로 수행되었음.

References

1. Devos S, Cox B, Dhondt S, Nawrot T, Putman K. Cost saving potential in cardiovascular hospital costs due to reduction in air pollution. *Science of Total Environment*. 2015; 527: 413-419.
2. Dominici F, Peng RD, Bell ML, Pham L, McDermott A, Zeger SL, et al. Fine particulate air pollution and hospital admission for cardiovascular and respiratory diseases. *Journal of American Medical Association*. 2006; 295(10): 1127-1134.
3. Environmental Protection Agency. Integrated Science Assessment for Particulate Matter. Available: http://www.sinia.cl/1292/articles-51242_Integrated_Science.pdf [accessed 13 July 2016]
4. Pope CA, Burnett RT, Thurston GD, Thun MJ, Calle EE, Krewski D, et al. Cardiovascular mortality and long-term exposure to particulate air pollution: epidemiological evidence of general pathophysiological pathways of disease. *Circulation*. 2004; 109(1): 71-77.
5. Pope CA, Kalkstein LS. Synoptic weather modeling and estimates of the exposure-response relationship between daily mortality and particulate air pollution. *Environmental Health Perspectives*. 1996; 104(4): 414-420.
6. World Health Organization. Ambient (outdoor) air quality and health. Available: http://www.apia.ro/wp-content/uploads/2015/03/WHO-Ambient-outdoor-air-quality-and-health_martie2014.pdf [accessed 13 July 2016].
7. Korea Ministry of Government Legislation. Enforcement Decree of the Clean Air Conservation

- Act. Available: <http://www.law.go.kr/lsInfoP.do?lsiSeq=167373&efYd=20150721#0000> [accessed 13 July 2016].
8. Kim, YP. Air pollution in Seoul caused by aerosols. *Journal of Korean Society for Atmospheric Environment*. 2006; 22(5): 535-553.
 9. Park RS, Han GM. Contribution of long-range transported air pollution from China to particulate matter over Korean Peninsula. *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation*. 2014; 14(2): 26-36.
 10. Park HJ, Woo KS, Chung EK, Kang TS, Kim GB, Yu SD, et al. A Time-series study of ambient air pollution in relation to daily mortality count in Yeosu. *Journal of Environmental Impact Assessment*. 2015; 24(1): 66-77.
 11. Bae, HJ. Effects of short-term exposure to PM10 and PM2.5 on mortality in Seoul. *Journal of Environmental Health Sciences*. 2014; 40(5): 346-354.
 12. Oh IB, Kim YH, Sim CS, Lee JH. Prevalence of children's allergic diseases in Ulsan: local differences and environmental risk factors. *Journal of Environmental Health Sciences*. 2012; 38(6): 472-481.
 13. Jang AS, Kim BY, Lee CH, Park JS, Lee JH, Park SW, et al. Hospital visits and admissions in patients with asthma, COPD, and cardiovascular diseases according to air pollutants. *Korean Journal of Asthma, Allergy and Clinical Immunology*. 2006; 26(3): 233-238.
 14. Korea Environment Coporation. International status of air pollution. Available: <http://www.airkorea.or.kr/foreignState> [accessed 13 July 2016].
 15. Kim BS. Air pollution exposure and cardiovascular disease. *Toxicological Research*. 2014; 30(2): 71-75.
 16. Perez L, Grize L, Infanger D, Künzli N, Sommer H, Alt G M, et al. Associations of daily levels of PM10 and NO2 with emergency hospital admissions and mortality in Switzerland: trends and missed prevention potential over the last decade. *Environmental Research*. 2015; 140: 554-561.
 17. Zanobetti A, Schwartz J, Samoli E, Gryparis A, Touloumi G, Peacock J, et al. The temporal pattern of respiratory and heart disease mortality in response to air pollution. *Environmental Health Perspectives*. 2003; 111(9): 1188-1193.
 18. Oh IB, Sim CS, Lee JH. Prevalence of children's allergic diseases in Ulsan: local differences and environmental risk factors. *Journal of Environmental Health Sciences*. 2012; 38(6): 472-481.