

초미세먼지와 노인 우울증의 관련성

조경희¹, 류소연², 한미아², 최성우², 신민호³, 박종²

¹조선대학교 의과대학 예방의학교실 연구원, ²조선대학교 의과대학 예방의학교실 교수, ³전남대학교 의과대학 예방의학교실 교수

Cross-sectional Associations between Particulate Matter (PM_{2.5}) and Depression (PHQ-9) in the Elderly

Kyung Hee Jo¹, So Yeon Ryu², Mi Ah Han², Seong Woo Choi², Min Ho Shin³, Jong Park²

¹Researcher, Department of Preventive Medicine, Chosun University Medical School, Gwangju; ²Professor, Department of Preventive Medicine, Chosun University Medical School, Gwangju; ³Professor, Department of Preventive Medicine, Chonnam National University Medical School, Hwasun, Korea

Objectives: This study confirmed the relationship between particulate matter (PM_{2.5}) and depression in the elderly over 65 years old using community-based data. **Methods:** The 2017 Community Health Survey was used, and 67,417 people who responded to the depression screening question were selected as subjects for the study. Multilevel logistic regression analysis was used to consider regional impacts based on community-based data. In addition, in order to confirm the relationship between PM_{2.5} and depression, physical activity and social relation factors were considered together and evaluated. **Results:** As a result of this study, the risk of depression was increased in Q3 area of 1.66 (95% confidence interval, 95% CI: 1.09-2.52) and Q4 area of 1.50 (95% CI: 1.04-2.18) compared to the Q1 area. In the case of walking, the risk of depression decreased to 0.66 (95% CI: 0.59-0.60), and when there was no trust between neighbors, the risk of depression increased significantly to 1.76 (95% CI: 1.75-1.78). **Conclusions:** This study suggests that the risk of depression may increase in the elderly living in areas with high PM_{2.5}. Therefore, it is considered that there will be a need for education for the elderly to prevent PM_{2.5} and health programs to improve physical activity and social relations.

Key words: Depression, Particulate matter (PM_{2.5}), Elderly, Multilevel model

서론

우울증은 정신질환 중 가장 흔한 질환이다. 전 세계적으로 3억 명 이상이 우울증에 시달리고 있으며, 2005년부터 2015년까지 우울증 인구가 약 18% 증가하였다[1]. 우울증은 노인에게 흔하게 발생하는 건강 문제 중 하나이며, 2017년 노인실태조사 결과에 따르면 노인의 21.1%가 우울 증상을 가지고 있는 것으로 나타났다[2]. 우울증은 장시간 지속될 경우 삶의 질을 떨어뜨리고 만성질환의 위험도 증가시킨다[3,4]. 또한, 우울증은 자살을 일으킬 수 있는 주요한 위험 요인으로 자살한 사

람의 약 59%가 우울증 병력을 가지고 있다[5]. 특히 우리나라는 노인 자살률이 세계 1위를 차지하여 노인의 우울증 예방을 위한 위험요인 관리가 매우 시급하다[6].

우울증은 인구·사회학적 요인이나 환경적인 요인과의 관련성이 있으며[7-10], 최근에는 무분별한 산업화와 과학 기술의 발전으로 대기오염이 점차 심해지고 있으며, 특히 미세먼지로 인한 위해성이 문제가 되고 있다. 미세먼지(particulate matter, PM)는 직경이 10 µm 이하의 입자를 미세먼지(PM₁₀)라고 하고, 2.5 µm 이하의 입자를 초미세먼지(PM_{2.5}), 0.1 µm 이하의 입자를 극미세먼지(PM_{0.1})로 정의하고 있다[11]. 우리나

Corresponding author: Jong Park

309 Pilmundaero, Dong-gu, Gwangju 61452, Korea
Tel: +82-62-230-6482, E-mail: jpark@chosun.ac.kr

Received: January 22, 2021 Revised: March 13, 2021 Accepted: March 26, 2021

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

How to cite this article:

Jo KH, Ryu SY, Han MA, Choi SW, Shin MH, Park J. Cross-sectional associations between particulate matter (PM_{2.5}) and depression (PHQ-9) in the elderly. J Health Info Stat 2021;46(2):163-170. Doi: <https://doi.org/10.21032/jhis.2021.46.2.163>

© It is identical to the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permit unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

© 2021 Journal of Health Informatics and Statistics

라의 경우 국내에서 자체적으로 발생하는 미세먼지와 중국에서 유입되는 대기오염물질이 함께 유입되는 상황이며[12], 최근 중국의 급속한 산업화로 인해 화석연료의 사용이 증가하고 미세먼지의 발생이 점차 증가하면서 미세먼지의 위해성에 대한 우려가 더욱 커지고 있다[13,14].

미세먼지는 입자크기에 따라 인체에 미치는 영향에 차이가 있다[11]. PM₁₀ 입자는 비점막을 통과하여 체내에 흡수될 수 있으며, PM_{2.5} 입자는 기도를 통과하며, PM_{0.1} 입자는 폐 속 깊숙이 침투하여 폐포에 손상을 유발할 수 있어 미세먼지 입자가 작아질수록 위험성이 증가한다[15].

국내외에서 미세먼지가 우울증에 미치는 영향에 대한 다수의 연구들이 보고되며[7,8,16], 미세먼지와 우울증의 관련성을 주장하는 연구들은 미세먼지가 인체로 들어가서 염증과 산화스트레스를 유발시키며, 그로 인해 우울증의 발병기전에 영향을 미칠 수 있다고 보고한다[16]. 미세먼지로 인한 노출은 PM₁₀보다 PM_{2.5}에서 건강에 미치는 영향이 커지며, 특히 PM_{2.5} 노출 시 초미세먼지가 뇌신경계의 도파민 분비에 영향을 주며 우울증과 불안 장애를 증가시켜 그로 인해 자살률을 상승시킬 수 있다[7,17].

국내의 미세먼지와 우울증 관련 연구 중 지역사회 기반한 단면 연구들은 주로 로지스틱 회귀분석을 활용한 연구가 이루어져 왔다[7,8]. Shin et al. [7] 연구에서 미세먼지와 우울의 관련성을 확인하기 위해 로지스틱 회귀분석을 사용하였고, 미세먼지 농도가 높아질수록 우울로 인한 위험이 증가하는 결과를 확인하였다. Kim and Kim [8]의 연구에서도 로지스틱 회귀분석을 사용하여 미세먼지 농도가 높아질수록 우울의 위험이 증가하는 결과를 확인했으나 통계적으로 유의하지는 않았다. 그러나 지역사회건강조사 자료의 경우 개인들이 시·군·구 단위의 지역에 포함된 위계적인 구조로 개인과 지역 수준의 영향을 함께 평가하는 것이 필요하다[18].

이에 본 연구는 2017년 지역사회건강조사 자료를 기반으로 개인과 지역적 특성을 함께 고려할 수 있는 다수준 로지스틱 회귀모형을 사용하였고, 한국의 65세 이상 노인에서 PM_{2.5}와 우울증의 관련성을 밝히고자 하였다. 본 연구의 세부목적은 다음과 같다.

- 첫째, 노인에서 PM_{2.5}와 우울증의 관련성을 확인한다.
- 둘째, 우울증과 관련 있는 신체활동과 사회적 관계요인의 영향을 확인한다.
- 셋째, 다수준 분석을 위해 추가한 지역 수준 보정변수의 영향을 확인한다.

연구 방법

연구자료 및 대상

본 연구는 2017년 지역사회건강조사 원시자료를 사용하였고, 전국

보건소 단위를 기준으로 지역 수준의 대기환경자료(PM_{2.5}), e-지방지표(보건 및 사회복지 사업체비율, 사회복지예산비중, 도시지역면적, 1인당 면적녹지지역), 지역박탈지수자료를 추가하여 최종 데이터를 구축하였다. 연구대상은 우울 선별 문항 Patient Health Questionnaire-9 (PHQ-9)에 응답한 65세 이상 성인 67,417명을 대상으로 선정하였다. PHQ-9은 1999년에 Spitzer 등에 의해 개발되었고, 한글판으로 표준화하여 국가 건강검진의 우울증 평가도구로도 사용한다[19].

개인수준 자료

종속변수는 우울 선별검사(PHQ-9)를 사용하였다. 총 9개 문항으로 구성되어 있으며, 각 문항당 증상 정도에 따라 0-3점으로 평가하여 총합이 0-27점으로 산출한다. 본 연구는 PHQ-9의 총합이 10점 이상인 노인을 우울증이 있는 것으로 정의하였다[20].

보정변수는 관련 문헌고찰을 통해 인구·사회학적 요인, 건강행태요인, 만성질환 변수를 선정하였다. 인구사회학적 요인은 성별, 연령, 학력, 결혼상태, 가구 월 소득, 지역구분, 기초생활수급자 변수를 사용하였다. 성별은 남자, 여자로 구분하였다. 연령은 65-69세, 70-74세, 75-79세, 80-84세, 85세 이상으로 구분하였다. 학력은 최종적으로 다닌 학교와 졸업 여부에 따라 무학, 초졸, 중졸, 고졸, 대졸 이상으로 분류하였다. 결혼상태는 배우자 있음에 해당되는 경우 '기혼'으로 이혼, 사별, 별거, 미혼인 경우는 '미혼'으로 분류하였다. 가구 월 소득은 100만 원 미만, 100-200만 원 미만, 200-300만 원 미만, 300만 원 이상으로 분류하였다. 지역구분은 행정구역상 동 단위에 거주하는 경우 '도시' 읍·면 단위에 거주하는 경우는 '농촌'으로 분류하였다. 기초생활수급자는 현재 기초생활수급자 여부에 따라 '예', '아니오'로 분류하였다.

건강행태요인은 흡연, 음주, 비만, 주관적 건강 수준, 수면시간을 사용하였다. 흡연은 현재 흡연 여부에서 매일 피움 또는 가끔 피움으로 응답한 경우 '예', 과거에는 피웠으나 현재 피우지 않음 또는 비해당은 '아니오'로 구분하였다. 음주는 연간 음주자 중에서 남자는 7잔 이상, 여자는 5잔 이상을 주 2회 이상 마신다고 응답한 고위험 음주자를 '예'로 구분하였다. 비만은 키와 몸무게를 이용해 체질량지수(body mass index)를 산출하였고, 체질량지수가 25 kg/m² 이상인 사람으로 정의하였다. 주관적 건강 수준은 "평소에 본인의 건강은 어떻다고 생각합니까?"에서 좋음, 보통, 나쁨으로 구분하였다. 수면시간은 6시간 미만, 6-8시간, 9시간 이상으로 구분하였다. 만성질환(고혈압, 당뇨병, 이상지질혈증, 관절염)은 의사 진단 경험 여부에 따라 예, 아니오로 구분하였다.

PM_{2.5}로 인한 신체활동과 사회적 관계 요인이 우울증에 영향을 미치는지를 고려하기 위해 걷기실천과 이웃간의 신뢰변수를 사용하였다. 걷기실천 변수는 최근 일주일 동안 1일 30분 이상 걷기를 주 5일 이

상 실천한 경우를 '예'로 구분하였다. 이웃 간의 신뢰 변수는 "우리 동네 사람들은 서로 믿고 신뢰할 수 있다"에서 예, 아니오로 분류하였다.

지역수준 자료

PM_{2.5} 변수는 환경부의 2017년 대기환경연보에서 PM_{2.5}의 연 평균값을 사용하였다. 선행 연구들의 방법에 따라 연속형 변수인 PM_{2.5}의 연 평균 농도를 사분위수를 사용하여 변환하였다[7,8]. 연평균 농도에 따라 Q1은 0-22 µg/m³, Q2는 23-24 µg/m³, Q3는 25 µg/m³, Q4는 26-36 µg/m³으로 지역을 분류하였다.

지역 수준의 보정 변수는 e-지방지표에서 시·군·구 단위로 제공하는 2017년 전국사업체조사의 보건 및 사회복지 사업체비율, 2017년 지방재정연감의 일반회계 중 사회복지예산비중, 2017년 도시계획현황의

도시지역면적과 1인당 면적녹지지역지표를 사용하였다. 또한, 지역박탈지수는 지역의 상대적인 박탈 수준을 관찰하는 도구로 한국보건사회연구원에서 개발한 시·도 단위의 지역박탈지수를 사용하였다. 2015년 인구주택 총 조사를 자료원으로 경제·소득·소비 영역, 고용 영역, 교육·기술·직업훈련 영역, 건강 및 장애 영역, 범죄 영역, 주택 및 서비스 영역, 기타 영역을 합산하여 종합적으로 산출된 지수이다. 지역 박탈지수는 수치가 높을수록 지역적인 박탈 수준이 높아지는 것으로 판단한다[21].

분석방법

통계 분석은 SAS 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) 프로그램을 사용하였다.

Table 1. General characteristics of subjects

Variables	Total	Depression				χ^2	p
		Yes		No			
		%	SE	%	SE		
Total	100.0	5.6	0.1	94.4	0.1	25,647.4	<0.001
Gender							
Men	49.6	3.8	0.2	96.2	0.2	168.3	<0.001
Women	50.4	7.0	0.2	93.0	0.2		
Age (y)							
65-69	31.9	3.7	0.2	96.3	0.2	266.3	<0.001
70-74	26.7	4.6	0.2	95.4	0.2		
75-79	22.4	6.5	0.3	93.5	0.3		
80-84	13.0	9.0	0.4	91.0	0.4		
≥85	6.0	9.8	0.6	90.2	0.6		
Education level							
No formal education	4.6	10.2	0.3	89.8	0.3	465.3	<0.001
Elementary school	8.4	5.7	0.2	94.3	0.2		
Middle school	8.3	4.3	0.3	95.7	0.3		
High school	37.3	3.0	0.2	97.0	0.2		
College or higher	41.4	2.1	0.3	97.9	0.3		
Marital status							
Spouse	65.0	4.3	0.1	95.7	0.1	220.3	<0.001
No spouse	35.0	8.2	0.2	91.8	0.2		
Monthly income (10,000 won)							
< 100	10.8	8.6	0.2	91.4	0.2	307.3	<0.001
100- <200	12.2	4.2	0.2	95.8	0.2		
200- <300	17.1	3.7	0.3	96.3	0.3		
≥ 300	59.9	3.2	0.2	96.8	0.2		
Locality							
Urban	18.8	5.6	0.2	94.4	0.2	0.1	0.803
Rural	81.2	5.6	0.2	94.4	0.2		
Recipient of the National Basic Livelihood Security Program							
No	97.4	5.0	0.1	95.0	0.1	364.9	<0.001
Yes	2.6	15.3	0.8	84.7	0.8		

Values are presented as % SE (standard error).

Rao-Scott Chi-square test.

먼저, 개인과 지역 수준의 일반적인 특성을 파악하고 우울증 여부에 따른 변수 간의 유의한 차이를 확인하기 위해 Rao-Scott 카이제곱 검정과 t 검정을 실시하였다. Rao-Scott 카이제곱 검정은 지역사회건강 조사자료에 개인 가중치를 적용하기 위해 사용하였다. 또한, PM_{2.5}가 노인 우울증에 미치는 영향을 확인하기 위해 SAS의 Glimmix Procedure를 사용하여 다수준 로지스틱 회귀분석을 시행하였고, 통계적 유의수준은 $p < 0.05$ 로 설정하였다.

연구 결과

인구사회학적 특성

우리나라의 65세 이상 노인의 우울증 여부에 따른 인구사회학적인 특성을 확인한 결과는 전체에서 우울증이 있는 그룹이 5.6%이었고, 우울증이 없는 그룹이 94.4%이었다.

성별에서 우울증이 있는 그룹에서 여자가 7.0%로 비율이 높았고, 연령에서는 65-69세가 가장 낮았고, 85세 이상이 가장 높았다. 학력은 우울증이 있는 그룹에서 무학의 비율이 가장 높았고, 학력이 높아질수록 비율이 감소하였다. 결혼상태는 우울증이 있는 그룹에서 미혼일 때 높았고, 가구 월 소득은 100만 원 미만에서 가장 높았고, 300만 원 이상에서 가장 낮았다. 지역 구분은 우울증이 있는 그룹에서 농촌과 도시의 비율이 동일하게 나타났고, 기초생활수급여부는 기초생활수급자인 경우 더 높았다. 인구사회학적 요인은 지역 구분 변수를 제외한 모든 변수가 통계적으로 유의한 차이를 보였다(Table 1).

건강행태, 만성질환, 사회적 관계 특성

건강행태에서 흡연은 우울증이 있는 군에서 흡연자의 비율이 높았고, 음주는 비음주자에서 비율이 높았다. 신체활동은 우울증이 있는 군에서 걷기실천을 하지 않는 경우 비율이 높았다. 비만은 우울증이 있는 군에서 비만이 아닌 경우에 비율이 높았다. 주관적 건강 수준은 우울증이 있는 그룹에서 나쁨이 가장 높았다. 수면시간은 우울증이 있는 그룹에서 6시간 미만의 수면 부족의 비율이 가장 높았다. 건강행태 요인은 흡연을 제외한 모든 변수가 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

만성질환은 우울증이 있는 군에서 고혈압, 당뇨병, 이상지질혈증, 관절염 진단자들에서 비율이 모두 높게 나타났고, 모든 변수가 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

사회적 관계를 나타내는 이웃 간의 신뢰는 우울증이 있는 군에서 이웃 간의 신뢰가 없는 경우의 비율이 높았다(Table 2).

지역 수준 요인의 특성

지역박탈지수의 평균값을 확인한 결과 우울증이 있는 군이 $-0.86 \pm$

Table 2. Characteristics to health behavior and chronic diseases of subjects

Variables	Total	Depression				χ^2	p
		Yes		No			
		%	SE	%	SE		
Smoking							0.132
No	79.80	5.6	0.1	94.4	0.1	2.3	
Yes	20.20	6.2	0.4	93.8	0.4		
Drinking							< 0.001
No	85.9	5.7	0.1	94.3	0.1	15.1	
Yes	14.1	3.6	0.4	96.4	0.4		
BMI (kg/m ²)							< 0.001
< 25	72.4	5.6	0.2	94.4	0.2	14.8	
≥ 25	27.6	4.5	0.2	95.5	0.2		
Subjective health status							< 0.001
Good	41.7	0.7	0.1	99.3	0.1	1,519.3	
Average	43.5	2.1	0.1	97.9	0.1		
Poor	14.8	11.4	0.3	88.6	0.3		
Sleep duration (hr)							< 0.001
< 6	17.1	10.6	0.3	89.4	0.3	634.4	
6-8	79.8	3.5	0.1	96.5	0.1		
≥ 9	3.1	8.3	0.6	91.7	0.6		
Hypertension							< 0.001
No	79.7	5.1	0.2	94.9	0.2	14.7	
Yes	20.3	6.0	0.2	94.0	0.2		
Diabetes							< 0.001
No	91.7	5.3	0.1	94.7	0.1	17.8	
Yes	8.3	6.6	0.3	93.4	0.3		
Hyperlipidemia							< 0.001
No	84.9	5.3	0.1	94.7	0.1	13.4	
Yes	15.1	6.3	0.3	93.7	0.3		
Arthritis							< 0.001
No	89.8	4.2	0.1	95.8	0.1	274.4	
Yes	10.2	8.5	0.3	91.5	0.3		
Walking							< 0.001
No	54.9	7.5	0.2	92.5	0.2	278.1	
Yes	45.1	3.3	0.1	96.7	0.1		
Trust between neighbors							< 0.001
Yes	59.0	4.6	0.1	95.4	0.1	151.9	
No	41.0	8.2	0.3	91.8	0.3		

BMI, body mass index.

Values are presented as % SE (standard error).

Rao-Scott Chi-square test

0.02, 우울증이 없는 군이 -0.63 ± 0.12 이었고, 두군 간의 차이가 통계적으로 유의하진 않았다. PM_{2.5}의 연평균농도는 우울증이 있는 군에서 Q4지역에 거주하는 비율이 높았다. 녹지면적비율, 도시면적, 보건복지사업체 비율은 우울증이 있는 군에서 Q2지역에 거주하는 비율이 높았고, 복지예산 비중은 Q3지역에 거주하는 비율이 높았다. 지역수준 요인에서 복지예산 비중을 제외한 모든 변수는 통계적으로 유의한 차이를 보였다(Table 3).

Table 3. Characteristics to regional-level variables of subjects

Variables	Total	Depression				χ^2	p
		Yes		No			
		%	SE	%	SE		
Deprivation						-1.9	0.061 ¹
Mean ± SE	-0.86 ± 10.93	-0.86 ± 0.02		-0.63 ± 0.12			
PM _{2.5}						15.1	0.002 ²
Q1	12.2	4.8	0.3	95.2	0.3		
Q2	17.6	6.0	0.3	94.0	0.3		
Q3	35.1	5.3	0.3	94.7	0.3		
Q4	35.1	6.1	0.2	93.9	0.2		
Green area per capita (m ²)						31.6	<0.001 ²
Q1	39.3	5.3	0.2	94.7	0.2		
Q2	33.5	6.6	0.3	93.4	0.3		
Q3	16.0	5.3	0.2	94.7	0.2		
Q4	11.3	4.8	0.2	95.2	0.2		
Urban area (m ²)						23.8	<0.001 ²
Q1	15.2	4.4	0.2	95.6	0.2		
Q2	23.7	6.1	0.3	93.9	0.3		
Q3	27.0	5.7	0.2	94.3	0.2		
Q4	34.2	5.9	0.3	94.1	0.3		
Social welfare budget (%)						18.0	<0.001 ²
Q1	17.0	4.6	0.2	95.4	0.2		
Q2	22.4	5.7	0.3	94.3	0.3		
Q3	25.4	6.2	0.2	93.8	0.2		
Q4	35.1	5.7	0.3	94.3	0.3		
Health and social welfare businesses (%)						4.5	0.216 ²
Q1	5.5	5.2	0.2	94.8	0.2		
Q2	17.0	6.0	0.2	94.0	0.2		
Q3	35.1	5.6	0.3	94.4	0.3		
Q4	42.4	5.5	0.2	94.5	0.2		

Values are presented as % SE (standard error).

¹t-test, ²Rao-Scott Chi-square test.

다수준 로지스틱 회귀분석 결과

노인 우울증에서 PM_{2.5}가 미치는 영향은 Q3지역에서 1.66 (95% confidence interval, 95% CI: 1.09-2.52), Q4지역에서 1.50 (95% CI: 1.04-2.18)으로 교차비가 통계적으로 유의하게 증가하는 결과를 확인하였다. 또한, 신체활동 요인을 고려하기 위한 걷기실천에서는 걷기실천을 하는 경우 0.66 (95% CI: 0.59-0.60)으로 교차비가 통계적으로 유의하게 낮았고, 사회적 관계요인을 고려하기 위한 이웃간의 신뢰에서는 이웃간의 신뢰가 있는 경우 1.76 (95% CI: 1.75-1.78)으로 교차비가 통계적으로 유의하게 높았다.

보정변수에서 성별은 여자일 경우 0.98 (95% CI: 0.97-0.99)로 교차비가 통계적으로 유의하게 낮았고, 연령은 80-84세일 경우 1.26 (95% CI: 1.25-1.28)로 교차비가 통계적으로 유의하게 가장 높았다. 학력수준은 높을수록 교차비가 통계적으로 유의하게 감소하였고, 대졸 이상일 경

Table 4. Effects of PM_{2.5} on depression (PHQ-9) in the elderly

Variables	OR	95% CI
PM _{2.5}		
Q1	1.00	
Q2	1.28	0.87-1.88
Q3	1.66	1.09-2.52
Q4	1.50	1.04-2.18
Walking		
No	1.00	
Yes	0.60	0.59-0.60
Trust between neighbors		
Yes	1.00	
No	1.76	1.75-1.78
Gender		
Men	1.00	
Women	0.98	0.97-0.99
Age (y)		
65-69	1.00	
70-74	0.93	0.92-0.94
75-79	1.01	1.00-1.02
80-84	1.26	1.25-1.28
≥85	1.22	1.21-1.24
Education level		
No formal education		
Elementary school	0.74	0.73-0.75
Middle school	0.69	0.69-0.70
High school	0.50	0.50-0.51
College or higher	0.48	0.47-0.49
Marital status		
Spouse	1.00	
No spouse	1.06	1.05-1.07
Monthly income (10,000 won)		
< 100	1.00	
1- < 200	0.73	0.72-0.74
2- < 300	0.76	0.75-0.77
≥ 300	0.66	0.65-0.66
Locality		
Urban	1.00	
Rural	1.18	1.16-1.19
Recipient of the National Basic Livelihood Security Program		
No	1.00	
Yes	1.77	1.75-1.79
Smoking		
No	1.00	
Yes	1.41	1.39-1.43
Drinking		
No	1.00	
Yes	1.06	1.04-1.09
BMI (kg/m ²)		
< 25	1.00	
≥ 25	0.79	0.78-0.80

(Continued to the next page)

Table 4. Continued

Variables	OR	95% CI
Subjective health status		
Good	1.00	
Average	2.73	2.67-2.79
Poor	11.71	11.47-11.97
Sleep duration (hr)		
6-8	1.00	
<6	2.62	2.60-2.65
≥9	1.73	1.71-1.76
Hypertension		
No	1.00	
Yes	0.92	0.92-0.93
Diabetes		
No	1.00	
Yes	0.95	0.94-0.95
Hyperlipidemia		
No	1.00	
Yes	1.17	1.16-1.18
Arthritis		
No	1.00	
Yes	1.31	1.29-1.32
Deprivation		
	1.01	1.00-1.03
Green area per capita		
Q1	1.00	
Q2	1.07	0.69-1.65
Q3	0.64	0.37-1.09
Q4	0.70	0.40-1.24
Urban area		
Q1	1.00	
Q2	1.35	0.94-1.92
Q3	1.25	0.83-1.89
Q4	1.22	0.76-1.94
Social welfare budget		
Q1	1.00	
Q2	1.14	0.75-1.72
Q3	0.84	0.50-1.42
Q4	1.08	0.62-1.89
Health and social welfare businesses		
Q1	1.00	
Q2	1.29	0.90-1.85
Q3	1.46	1.02-2.08
Q4	1.49	1.06-2.11

OR, odds ratio; CI, confidence interval; BMI, body mass index.

우 0.48 (95% CI: 0.47-0.49)로 교차비가 통계적으로 유의하게 가장 낮았다.

결혼상태는 미혼일 경우 1.06 (95% CI: 1.05-1.07)으로 교차비가 통계적으로 유의하게 높았다. 가구 월 소득은 300만 원 이상일 때 0.66 (95% CI: 1.28-1.40)으로 교차비가 통계적으로 유의하게 가장 낮았다.

지역 구분은 농촌일 경우 1.18 (95% CI: 1.16-1.19)로 교차비가 통계적으로 높았고, 기초생활수급자여부에서 기초생활수급자일 경우 1.77 (95% CI: 1.75-1.79)로 교차비가 통계적으로 유의하게 높았다. 흡연은 흡연자의 경우 1.41 (95% CI: 1.39-1.43)로 교차비가 통계적으로 유의하게 높았고, 음주는 음주자의 경우 1.06 (95% CI: 1.04-1.09)으로 교차비가 통계적으로 유의하게 높게 나타났다. 비만은 비만의 경우 0.79 (95% CI: 0.78-0.80)로 교차비가 통계적으로 유의하게 낮았으며, 주관적 건강 수준은 나쁨일 경우 11.71 (95% CI: 11.47-11.97)로 교차비가 통계적으로 유의하게 높았다. 수면시간은 6시간 미만일 경우 2.62 (95% CI: 2.70-2.88)로 교차비가 통계적으로 유의하게 높았다. 만성질환은 고혈압진단자일 경우 0.92 (95% CI: 0.92-0.93), 당뇨병진단자일 경우 0.95 (95% CI: 0.94-0.95)로 교차비가 통계적으로 유의하게 낮았고, 이상지질혈증진단자일 경우 1.17 (95% CI: 1.16-1.18), 관절염진단자일 경우 1.31 (95% CI: 1.29-1.32)로 교차비가 통계적으로 유의하게 높게 나타났다(Table 4).

지역 수준의 변수에서는 지역 박탈지수가 높아질수록 교차비가 1.01 (95% CI: 1.00-1.03)로 통계적으로 유의하게 높았다. 보건복지사업 체 비율은 Q4지역에서 1.49 (95% CI: 1.06-2.11)로 교차비가 통계적으로 유의하게 높았으며, 녹지면적비율은 Q2지역에서 1.07 (95% CI: 0.69-1.65), 도시면적은 Q2지역에서 1.35 (95% CI: 0.94-1.92), 복지예산 비중은 Q2지역에서 0.75 (95% CI: 0.90-1.85)로 교차비가 가장 높았으나 통계적으로 유의하지 않은 결과를 확인하였다.

고찰

본 연구는 PM_{2.5}와 노인 우울증의 관련성을 파악하기 위해 다수준 로지스틱 회귀분석을 시행하였고, PM_{2.5}가 우울증의 관계에서 신체활동이나 사회적 관계요인이 미치는 영향을 추가적으로 고려하여 분석하였다.

주요한 결과로 PM_{2.5}와 노인 우울증과의 관련성을 확인하였다. PM_{2.5}가 높은 Q3, Q4지역에서 우울증 위험이 유의하게 증가하였다. 다수의 연구에서도 PM_{2.5}가 증가할수록 우울증의 위험이 증가한다고 보고된다[16,22]. 특히, 노인의 경우 신체의 생리적인 기능이 감퇴한 상태로 PM_{2.5}가 체내에 흡입되었을 때 몸 밖으로 배출시키고 독성을 제거하는 기능이 떨어지며[23], 이미 기저질환을 가지고 있는 경우가 많아 PM_{2.5}의 독성에 대한 저항력이 약하므로 더욱 취약할 수 있다[24]. 임상학적으로 PM_{2.5}가 인체에 흡인되어 뇌로 전달되는 경로는 크게 세 가지가 있다. 첫째, PM_{2.5}가 후각망울을 통해 뇌 조직으로 이동하여 염증반응을 일으킨다[25]. 둘째, 비강에서 비강상피세포로 침범하여 염증을 일으키고 뇌 조직을 손상시킨다. 셋째, 점액세포청소에 의해 제거되지 않은 PM_{2.5}가 폐포까지 도달하여 염증을 일으키고 사이토카인(cytokine)

을 분비하여 염증을 촉진시켜 노인의 신경계에 영향을 미칠 수 있다 [26]. 반면 본 연구는 지역사회에 기반한 단면연구로 임상적인 기전을 설명하기에는 어려움이 있으므로 향후 추가 연구가 필요할 것으로 보인다.

신체활동과 사회적 관계요인에서도 노인 우울증과 유의한 결과를 확인하였다. 먼저 신체활동인 걷기실천에서 노인 우울증과 유의한 관련성을 확인하였고, 걷기실천을 하는 경우 우울증이 감소하였다. 걷기 활동은 세로토닌(serotonin) 분비에 영향을 주고, 엔돌핀(endorphin)과 같은 두뇌 물질이 분비되어 부정적인 생각을 줄여들게 하며 개인의 정신건강을 향상시키며 우울 증상을 완화시키는 데 도움이 될 수 있다 [27]. 다음으로 사회적 관계요인에서는 이웃 간의 신뢰가 없는 노인에서 우울증 위험이 증가하였다. 개인에서 이웃과의 관계는 직접적으로 우울증에 대한 보호 효과를 가지고 있으며, 스트레스와 관련된 것들을 완충시켜주는 역할을 한다[28]. 따라서 사회적인 관계를 가지는 개인의 경우 주변인으로부터 정서적, 사회적 도움을 받을 수 있는 가능성이 높으며 그로 인해 우울증 위험이 감소할 수 있다[29].

지역수준 보정변수에서는 지역박탈지수와 보건·복지 사업체비율 변수를 제외한 나머지 변수에서 유의한 경향성을 나타내지 않았다. 지역박탈지수는 지수가 증가할수록 교차비가 유의하게 증가하는 결과를 확인하였다. 지역박탈지수는 지역의 경제·소득·소비 영역, 고용 영역, 교육·기술·직업훈련 영역, 건강 및 장애 영역, 범죄 영역, 주택 및 서비스 영역, 기타 영역을 골고루 반영한 지표로[21], 다수준 모형을 사용한 다수의 연구에서 지역박탈지수를 사용하여 지역적인 수준을 고려했다[29,30]. 이에 본 연구에서도 지역박탈지수를 추가하여 종속변수와 유의한 결과를 확인하였다. 또한, 보건복지사업체비율 변수는 전체 사업체 중 보건업 및 사회복지 서비스업 사업체가 차지하는 비율을 말하며, 보건복지사업체 비율이 높은 지역의 경우 병·의원이나 복지시설들이 밀집된 지역으로 관련 질환자나 환자들이 다수 거주할 가능성이 있으며[31], 이외에도 복합적인 변수들이 우울증 위험에 영향을 주었을 것으로 생각된다.

본 연구의 제한점으로 첫째, 2017년 지역사회건강조사 자료를 사용한 단면연구로 변수 간의 인과관계를 밝히기엔 어려움이 있었다. 둘째, 2017년 PM_{2.5} 자료의 경우 측정소가 수도권과 일부 대도시 지역에 집중되어 있어 측정망이 존재하지 않은 지역은 해당 지역을 기준으로 지도상 가장 가까운 직선거리에 위치한 측정망의 값으로 대체하여 사용하였다. 셋째, PM_{2.5}의 연평균 농도에 따라 사분위수를 기준으로 4개의 지역으로 구분하였고, 특정 임계치 이상에서 우울증이 증가하는 결과를 확인했으나, Q3지역이 우울증 위험이 가장 큰 지역으로 나타나 추후 해당 지역에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 생각된다. 그럼에도 불구하고, PM_{2.5}와 우울증의 관련성을 밝히기 위해 개인과 지역수준을 고

려한 다수준 분석을 사용하여 평가한 것에 본 연구의 큰 의의가 있다.

결론

본 연구는 PM_{2.5}가 높은 지역에 거주하는 노인에서 우울증 위험이 증가할 수 있음을 시사한다. 또한, PM_{2.5}가 노인 우울증에 미치는 영향을 평가하기 위해 다양한 요인들을 고려한 종합적인 이해가 필요하며, 그 결과를 토대로 노인을 대상으로 미세먼지 예방교육과 신체활동과 사회적인 관계 증진을 위한 보건사업이 필요할 것으로 생각된다.

ORCID

So Yeon Ryu <https://orcid.org/0000-0001-5006-1192>

Jong Park <https://orcid.org/0000-0003-3353-3543>

Mi Ah Han <https://orcid.org/0000-0003-1213-6952>

REFERENCES

1. World Health Organization. Depression: Let's talk. Geneva: World Health Organization; 2017.
2. Ministry of Health and Welfare. Seniors survey 2017. Sejong: Ministry of Health and Welfare; 2017, p. 8-9 (Korean).
3. Ruo B, Rumsfeld JS, Hlatky MA, Liu H, Browner WS, Whooley MA. Depressive symptoms and health-related quality of life: the heart and soul study. JAMA 2003;290(2):215-221. DOI: 10.1001/jama.290.2.215
4. Hare DL, Toukhsati SR, Johansson P, Jaarsma T. Depression and cardiovascular disease: a clinical review. Eur Heart J 2014;35(21):1365-1372. DOI: 10.1093/eurheartj/eh462
5. Cavanagh JTO, Carson AJ, Sharpe M, Lawrie SM. Psychological autopsy studies of suicide: a systematic review. Psychol Med 2003;33(3):395-405. DOI: 10.1017/s0033291702006943
6. Kim EJ, Yook SP. Study on the multilevel effects of integrated crisis intervention model for the prevention of elderly suicide: focusing on suicidal ideation and depression. J Korea Gerontol Soc 2017;37(1):173-200 (Korean).
7. Shin J, Park JY, Choi J. Long-term exposure to ambient air pollutants and mental health status: a nationwide population-based cross-sectional study. PloS One 2018;13(4):e0195607. DOI: 10.1371/journal.pone.0195607
8. Kim J, Kim H. Demographic and environmental factors associated

- with mental health: a cross-sectional study. *Int J Environ Res Public Health* 2017;14(4):431. DOI: 10.3390/ijerph14040431
9. Chang MS. An empirical study on factors associated with mental health in the elderly: focusing on the influence of the characteristics at individual and community level [dissertation]. Graduate School of Dongguk University; Korea, 2017.
 10. Lee HK, Sohn MS, Choi MK. Factors affecting the mental health of the aged in Korea. *J Korea Contents Assoc* 2012;12(12):672-682 (Korean). DOI: 10.5392/JKCA.2012.12.12.672
 11. World Health Organization. Ambient air pollution: a global assessment of exposure and burden of disease. Geneva: World Health Organization; 2017.
 12. Ministry of Environment. What is the particulate matter?. Sejong: Ministry of Environment; 2016 (Korean).
 13. Kyung SY, Jeong SH. Adverse health effects of particulate matter. *J Korean Med Assoc* 2017;60(5):391-398 (Korean). DOI: 10.5124/jkma.2017.60.5.391
 14. Han SH. Fine dust and dementia: is ambient air pollution associated with cognitive health?. *J Korean Neurol Assoc* 2019;37(2):135-143 (Korean). DOI: 10.17340/jkna.2019.2.3
 15. Roh JH, Jung HY, Lee KJ. Particulate matter and cognitive function. *J Korean Neuropsychiatr Assoc* 2018;57(1):81-85 (Korean).
 16. Wang R, Liu Y, Xue D, Yao Y, Liu P, Marco H. Cross-sectional associations between long-term exposure to particulate matter and depression in China: the mediating effects of sunlight, physical activity, and neighborly reciprocity. *J Affect Disord* 2019;249:8-14. DOI: 10.1016/j.jad.2019.02.007
 17. Power MC, Kioumourtzoglou MA, Hart JE, Okereke OI, Laden F, Weiskopf MG. The relation between past exposure to fine particulate air pollution and prevalent anxiety: observational cohort study. *BMJ* 2015;350:h1111. DOI: 10.1136/bmj.h1111
 18. Raudenbush SW, Johnson C, Sampson RJ. A multivariate, multilevel rasch model with application to self-reported criminal behavior. *Sociol Methodol* 2003;33(1):169-211. DOI: 10.1111/j.0081-1750.2003.t01-1-00130.x
 19. Hur MR, Song HJ, Kim HN. Relevance of job stress, depression, and suicidal ideation in new fire officials: focus on mediating effect of depression. *Fire Sci Eng* 2020;34(5):64-71 (Korean). DOI: 10.7731/KIFSE.c2211690
 20. Kim JA, Lee SW, Lee HS, Shim KW, Choi SE. Association between weight control methods and depressive symptoms among Korean adults according to age and sex. *Korean J Fam Pract* 2019;9(5):460-466 (Korean). DOI: 10.21215/kjfp.2019.9.5.460
 21. Kim DJ, Choi JH, Lee JA, Bae JE, Kim CY, Park YK, et al. Developing health inequalities report and monitoring the status of health inequalities in Korea. Sejong: Korea Institute for Health and Social Affairs; 2018 (Korean).
 22. Zhang SS, Kwon O. A comparative study on determinant factors of quality of life for elderly people in China and Korea. *Korean Governance Rev* 2020;27(1):149-173 (Korean). DOI: 10.17089/kgr.2020.27.1.006
 23. Sacks JD, Stanek LW, Luben TJ, Johns DO, Buckley BJ, Brown JS, et al. Particulate matter-induced health effects: who is susceptible?. *Environ Health Perspect* 2011;119(4):446-454. DOI: 10.1289/ehp.1002255
 24. Bell ML, Zanobetti A, Dominici F. Evidence on vulnerability and susceptibility to health risks associated with short-term exposure to particulate matter: a systematic review and meta-analysis. *Am J Epidemiol* 2013;178(6):865-876. DOI: 10.1093/aje/kwt090
 25. Ajmani GS, Suh HH, Pinto JM. Effects of ambient air pollution exposure on olfaction: a review. *Environ Health Perspect* 2016;124(11):1683-1693. DOI: 10.1289/EHP136
 26. Underwood E. The polluted brain. *Science* 2017;355(6323):342-345. DOI: 10.1126/science.355.6323.342
 27. Teychenne M, Ball K, Salmon J. Physical activity and likelihood of depression in adults: a review. *Prev Med* 2008;46(5):397-411. DOI: 10.1016/j.ypmed.2008.01.009
 28. Liu Y, Zhang F, Liu Y, Li Z, Wu F. The effect of neighbourhood social ties on migrants' subjective wellbeing in Chinese cities. *Habitat Int* 2017;66:86-94. DOI: 10.1016/j.habitatint.2017.05.011
 29. Kim YJ. Factors associated with thyroid cancer screening of Korea using a multi-level analysis: results from community health survey 2012 [dissertation]. Graduate School of Public Health, Yonsei University; Korea, 2015.
 30. Bae EK. Effect of particulate matter (PM10) on cardiovascular disease in Korea using a multi-level model: results from 2012 community health survey [dissertation]. Graduate School of Public Health, Yonsei University; Korea, 2014.
 31. Son YJ. The effect of social capital on depression between urban and rural older adults: focusing on adult children network and social network. *GRI Rev* 2010;12:311-339 (Korean).