



교통 소음과 정신건강 지표 간의 상관성: 생태학적 연구

노수경¹ , 엄상용^{2,3*}

¹충북대학교 의과대학 의학과, ²충북대학교 의과대학 예방의학교실, ³충북대학교병원 공공보건사업실 및 환경보건센터

Correlation between Traffic Noise and Mental Health Indices in Cities: An Ecological Study

Sukyung Noh¹ and Sang-Yong Eom^{2,3*}

¹Department of Medicine, College of Medicine, Chungbuk National University, ²Department of Preventive Medicine, College of Medicine, Chungbuk National University, ³Office of Public Healthcare Service and Chungbuk Environmental Health Center, Chungbuk National University Hospital

ABSTRACT

Background: Noise has been linked to an increased risk of various health issues, including stress, anxiety, insomnia, and cardiovascular disorders. However, research on the relationship between residential traffic noise and mental health in South Korea is limited.

Objectives: This study aims to examine the correlation between regional traffic noise levels and mental health using an ecological study design.

Methods: In this ecological study, all data were collected from the Korean Statistical Information Service. Traffic noise data in residential areas and the prevalence of mental health indices in 44 cities with noise monitoring stations were obtained. Pearson correlation coefficients were calculated to assess the relationship between regional traffic noise levels and mental health indices.

Results: Daytime traffic noise levels were found to have a positive correlation with stress perception ($r=0.428$, $p=0.004$) and showed a borderline positive correlation with depressive symptom prevalence ($r=0.273$, $p=0.073$). In cities with airports, significant correlations were observed between 24-hour average noise levels and depressive symptoms ($r=0.604$, $p=0.010$), whereas this relationship was not observed in cities without airports ($r=0.048$, $p=0.813$). Multiple regression analysis, which adjusted for factors such as age, gender ratio, smoking, obesity, unemployment, urban size, and the presence of an airport, confirmed the relationship between 24-hour average noise levels and stress perception ($\beta=0.287$, $p=0.024$).

Conclusions: This study identified correlations between regional traffic noise levels and depressive symptoms or stress perception in adults, with a more pronounced effect in areas with airports. These findings suggest a potential impact of residential traffic noise on mental health, highlighting the importance of preventive measures like noise management in urban planning to promote mental well-being.

Key words: Traffic noise, depression, stress, ecological study

Received November 10, 2023

Revised December 2, 2023

Accepted December 4, 2023

Highlights:

- Traffic noise may contribute to the increased perception of stress and prevalence of depressive symptoms.
- The presence of an airport in a city may alter the impact of traffic noise on the prevalence of depressive symptoms.
- Effective management of traffic noise in urban areas might be important for supporting mental health.

*Corresponding author:

Department of Preventive Medicine,
 College of Medicine, Chungbuk National
 University, 1 Chungdae-ro, Seowon-gu,
 Cheongju 28644, Republic of Korea
 Tel: +82-43-249-1915
 Fax: +82-43-274-2965
 E-mail: esangy@cbu.ac.kr

I. 서 론

소음은 청력 손실 뿐만 아니라, 다양한 비청각계 장애를 일으킬 수 있는 것으로 알려져 있다. 주로 작업장에서 노출되는 85데시벨(dB) 이상의 지속적 소음의 경우 소리 에너지가 내이에 직접 작용한 결과로 청력 역치가 높아져 청력 손실이 유발되

는 반면, 환경소음은 작업소음에 비해 노출되는 소음의 강도가 상대적으로 낮으며, 이로 인한 비청각계 영향은 소리 에너지에 의한 직접적인 결과로 설명하기 어렵다.¹⁾ 소음에 노출되면 자율신경계를 통한 생리학적 반응이 일어나 심박수와 혈압이 상승하고, 말초혈관수축이 일어나며,¹⁾ 노르아드레날린과 아드레날린의 분비가 증가한다는 보고가 있다.²⁾ 실제로 65~70 dBA 이



상의 교통 소음에 노출되는 주거지에 거주하는 사람들에서 허혈성심질환의 위험이 증가한다는 보고가 있으며,³⁾ 높은 수준의 항공기 소음에 노출된 사람들에서 고혈압 유병률이 높다는 결과를 보인 연구가 있다.⁴⁾ 또한 40 dBA 이상의 교통 소음에서 최대 소음 수치를 수면 단계변화 및 수면 중 각성 사이의 용량-반응 관계가 보고되었으며,⁵⁾ 공항 주변에서 항공기 소음과 우울 및 불안 증상 사이의 관련성도 이전 연구에서 보고되었다.⁶⁾ 이를 통해 환경소음이 심혈관 질환, 수면장애, 정신 증상 등 다양한 비청각적 장애를 유발할 수 있음을 알 수 있다.

환경소음과 다양한 건강 영향에 대한 연구 결과가 축적되면서, 2011년 세계보건기구는 이에 대한 정책 수립을 지원하기 위해 환경소음이 질병 부담에 미치는 영향을 다룬 보고서를 발표하였다.⁷⁾ 이 보고서에 따르면 환경소음으로 인한 질병 부담을 장애보정손실년수(disability-adjusted life-years, DALYs)를 기준으로 평가한 결과, 수면장애가 903,000 DALYs로 가장 높았으며, 뒤를 이어 소음 성가심(587,000 DALYs), 허혈성 심질환(61,000 DALYs), 소아의 인지기능장애(45,000 DALYs), 이명(22,000 DALYs) 등이 높은 질병 부담을 보였다.⁷⁾

주요우울장애는 비교적 흔한 정신장애이며 주요우울장애의 평생 유병률은 4.4~30% 정도로 보고되었다.⁸⁾ 2021년 국내 「정신건강실태조사」에 의하면 성인의 주요우울장애의 평생 유병률은 7.7%로 나타났으며 2021년 1년 기간유병률은 1.7%로 나타났다.⁹⁾ 주요우울장애의 유병률은 연령증가와 함께 증가하고, 여성과 무직인 경우 높은 양상을 보이나,^{8,10)} 저체중(체질량지수 <math>< 18.5 \text{ kg/m}^2</math>)이거나 비만(체질량지수 $\geq 30 \text{ kg/m}^2</math>)인 경우 성별이나 연령과 무관하게 유병률이 높아진다고 알려져 있다.¹¹⁾ 이와 함께 심리사회적 요인도 우울장애 유발에 중요한 역할을 한다. 일상에서 경험할 수 있는 만성적이고, 예측 불가능한 정도의 스트레스와 그 결과로 나타나는 고코르티솔혈증은 해마의 신경세포를 손상시킴으로써 시상하부-뇌하수체-부신피질축(hypothalamic-pituitary-adrenal axis, HPA축)에 대한 억제성 효과를 저하시키며,^{12,13)} 이로 인해 HPA축이 과도하게 활성화되면 우울증의 발생과 경과에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다.¹²⁾ 스트레스가 단독으로 우울증을 유발할 수 있는지는 아직 논란이 있지만, 스트레스는 유전적 소인이 있는 사람들에서 우울증을 유발하고, 재발에도 영향을 미칠 수 있다고 여겨지고 있다.¹²⁾ 또한, 수면장애는 주로 우울증의 주요 증상 중 하나로 알려졌지만, 최근 연구를 통해 그 자체로 우울증의 발병 및 재발과 연관된 독립적인 위험 인자임이 밝혀지고 있다.¹⁴⁾$

Seidler 등(2017)¹⁵⁾은 환자-대조군 연구를 통하여 도로교통, 항공기, 기차 등 교통 소음이 우울증의 위험을 높일 수 있다고 보고하였다. 그러나 최근에 서로 다른 메타연구 결과가 보고되는데,^{16,17)} 한 연구는 26개의 연구 결과를 분석하였을 때 주야간 평균 소음이 10 dB 증가할 때 우울증 위험이 약 12% 증가한다고 보고하였고,¹⁶⁾ 반면 다른 연구에서는 교통 소음에 대한

노출 증가와 우울증 연관성의 증거가 낮다는 결론을 내렸다.¹⁷⁾ 국내에서는 군비행장 주민을 대상으로 항공기소음과 불안, 우울의 연관성에 대한 연구와 교통 소음과 불면의 관련성에 대한 연구가 수행되었으나,^{18,19)} 교통 소음과 정신건강의 관련성에 대한 연구는 아직까지 충분히 이루어지고 있지 않다. 따라서 본 연구는 우리나라 44개 도시를 대상으로 교통 소음 노출 정도와 성인의 정신건강 지표 사이에 상관관계가 있는지 알아보고자 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 연구대상

본 연구는 소음진동관리법에 근거하여 전국적인 소음·진동의 실태를 파악하기 위해 소음측정망이 기구축된 전국 44개 도시를 대상으로 하였다. 본 연구는 국가통계포털에 공개된 2차 자료를 활용하여 수행된 생태학적 연구로 충북대학교 생명윤리위원회의 신속심의회 승인을 받아 진행하였다(CBNU-202305-HR-0125).

2. 연구자료

2.1. 소음 자료

소음 자료는 국가통계포털의 2020년 주요 도시 환경소음도 현황자료를 이용하였으며, 전국 44개 도시의 도로변 주거지역의 주간(Ld), 야간(Ln), 주야평균(Ldn) 교통 소음도 자료를 수집하였다.²⁰⁾ 주간소음과 야간소음은 각각 06:00~22:00 (16시간), 22:00~06:00 (8시간) 동안에 측정된 평균 소음도를 의미하며, 소음의 단위는 Leq dB(A)를 사용하였다. 세계보건기구에서는 주간 소음, 석간 소음, 야간 소음을 각각 07:00~19:00 (12시간), 19:00~23:00 (4시간), 23:00~07:00 (8시간)에 측정된 평균 소음으로 정의하며, 주석야간 평균 등가소음도는 저녁시간에 5 dB, 야간시간에 10 dB의 소음 가중치를 주어 구하고 있다.⁷⁾ 이에 본 연구에서는 Ln에 10 dB의 소음 가중치를 주어 Ld와 Ln으로부터 주야간 평균 소음도(Ldn)를 산정하였다.

2.2. 정신건강 관련 자료

정신건강 관련 자료는 국가통계포털의 2020년 지역사회 건강조사 자료 중 소음 자료가 확보된 전국 44개 도시의 자료를 수집하였다(Table 1). 지역사회 건강조사에서는 우울증상 유병률을 우울증 선별도구(patient health questionnaire-9, PHQ-9)를 이용하여 평가하였다. PHQ-9은 DSM-5 진단기준에서 정의하는 주요우울장애의 9가지의 증상(우울기분, 흥미저하, 수면장애, 식욕변화, 정신운동초조 및 지연, 피로 및 활력의 상실, 무가치감 및 죄책감, 집중력 감소, 자살 사고)을 평가하는 9가지의 자가 보고식 항목으로 이루어져 있으며, 최근 2주간 각

Table 1. Cities list of this study and community health survey sites and participant counts

City name		No. of survey site	No. of participants
Seoul		25	22,819
Busan		16	14,477
Daegu		8	7,311
Incheon		10	8,960
Gwangju		5	4,607
Daejeon		5	4,574
Ulsan		5	4,555
Gyeonggi	Goyang	3	2,759
	Gwangmyeong	1	917
	Gwangju	1	919
	Guri	1	912
	Gunpo	1	906
	Gimpo	1	908
	Namyangju	2	1,800
	Bucheon	3	2,749
	Seongnam	3	2,726
	Suwon	4	3,648
	Siheung	1	910
	Ansan	2	1,832
	Anyang	2	1,805
	Yongin	3	2,715
	Uijeongbu	1	912
	Icheon	1	910
	Paju	1	895
	Pyeongtaek	2	1,832
	Hwaseong	1	916
	Gangwon	Gangneung	1
Wonju		1	891
Chuncheon		1	892
North Chungcheong	Jecheon	1	89
	Cheongju	4	3,594
South Chungcheong	Chungju	1	890
	Cheonan	1	905
North Jeolla	Jeonju	1	900
South Jeolla	Gwangyang	1	896
	Naju	1	893
	Mokpo	1	860
	Suncheon	1	901
	Yeosu	1	898
	North Gyeongsang	Gumi	2
South Gyeongsang	Pohang	2	1,798
	Jinju	1	905
Jeju	Changwon	3	2,707
	Jeju	3	2,486

항목에 해당하는 증상을 경험한 일수에 따라 0점에서 3점 사이로 채점한다. 총점 5점 이상은 경도 우울증, 10점 이상은 중등도 우울증, 20점 이상은 중증 우울증을 의미한다. 일반적으로 절단점이 10점 이상일 경우 연령에 따른 차이 없이 높은 민감도와 특이도를 보여 최적 절단점으로 10점을 사용하고 있으며,²¹⁾ 본 연구에서도 PHQ-9 총점이 10점 이상인 사람의 분율로 우울증상 유병률(depression)을 정의하였다. 이외 지역사회건강조사에서 평가하고 있는 정신건강 지표인 우울감 경험률(depressive mood experience)과 스트레스 인지율(stress cognition)에 대한 자료를 수집하였다. 우울감 경험률은 최근 1년 동안 연속적으로 2주 이상 일상생활에 지장이 있을 정도의 우울감(슬픔이나 절망감 등)을 경험한 사람의 분율로 정의하였고, 스트레스 인지율은 평소 일상생활 중 스트레스를 “대단히 많음” 또는 “많음” 느낀다고 보고한 사람의 분율로 정의하였다. 또한 우울증에 영향을 줄 수 있는 나이, 성비, 흡연율, 비만율, 실업률 등의 사회 인구학적 정보 및 건강관련 행태에 대한 전국 44개 도시별 자료도 국가통계포털에서 수집하였다. 성비는 여자 100명 당 남자 수, 흡연율은 평생 5갑(100개비) 이상 흡연한 사람으로서 현재 흡연하는 사람의 분율, 비만율은 대한비만학회의 진단기준에 따라 체질량지수 25 kg/m² 이상인 사람의 분율로 정의하였다.

3. 통계분석

수집한 도시별 교통 소음도 자료와 정신건강 관련 자료는 도시명을 기준으로 병합하였으며, 교통 소음도(주간, 야간, 주야 평균)와 우울증 관련 지표의 상관성은 피어슨 상관분석을 이용하여 평가하였다. 공항이 있는 도시와 없는 도시간의 교통 소음도와 정신건강 지표의 차이는 윌콕슨 순위 합 검정으로 평가하였으며, 카이제곱 검정을 이용하여 도시 규모에 따라 공항 유무의 차이를 평가하였다. 또한, 공항 유무에 따라 교통 소음도와 우울증상 유병률의 상관성이 달라지는지 평가하기 위하여 공항 유무에 따른 층화분석을 시행하였으며 공항 유무와 교통 소음도의 상호작용효과를 평가하였다. 본 연구에서는 이전 연구에서 정신건강과 관련이 있다고 보고된 연령, 성별, 흡연, 비만, 실업, 도시 규모 등의 요인을 잠재적인 교란변수로 고려하였다.^{8,10,22-25)} 최종적으로 지역의 교통 소음도가 정신건강 관련 지표에 미치는 영향을 평가하기 위해 지역의 평균연령, 성비, 흡연율, 비만율, 실업률, 도시 규모, 공항 유무 등의 잠재적인 교란변수를 보정한 다중회귀분석을 시행하였으며, 각 독립변수에 대한 회귀계수와 각 모델의 수정결정계수(설명력)를 결과로 제시하였다. 통계 프로그램은 R (ver.3.3.3)을 사용하였으며, 유의수준은 p<0.05로 설정하였다.

III. 결 과

연구대상지역인 44개 도시의 일반적 특성은 Table 2에 제시하였다. 44개 도시의 평균 주간소음은 62.7 dB이었고, 야간소음은 56.4 dB, 주야간 평균 소음은 64.4 dB 이었다. 연구대상 지역의 평균 우울증상 유병률은 3.1%, 우울감 경험률은 6.0%, 스트레스 인지율은 28.0%로 나타났다. 연구대상지역의 인구학적 특성을 살펴보면, 평균 연령은 41.9세였고 평균 성비는 여성 100명당 남성이 101.4명이었다. 평균 흡연율은 19.3%, 평균 비만율은 31.2%, 평균 실업률은 3.9%였으며, 인구 50만명 이상의 대도시가 52.3%, 공항이 있는 도시가 38.6%였다(Table 2).

Table 3에는 공항 유무에 따른 도시의 교통 소음 수준과 정신건강 지표의 차이를 제시하였다. 공항이 있는 도시들의 주간, 야간, 주야간 평균 소음 수준이 공항이 없는 도시에 비해 약간 높은 경향을 보였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 또한, 우울증상 유병률, 우울감 경험률 및 스트레스 인지율에서는 공항 유무에 따른 차이가 관찰되지 않았으며, 공항이 있는 도시의 경우 인구 50만명 이상의 대도시가 64.7%를 차지하였다(Table 3).

도시별 주거지 교통 소음도와 정신건강 관련 지표의 상관관계를 분석한 결과, 주간소음도는 스트레스 인지율과 양의 상관관계가 있었으며(r=0.428, p=0.004), 우울증상 유병률과

Table 2. Characteristics of the study cities

Characteristic	Value
Number of cities	44
Noise level, mean (sd, min-max), unit: Leq dB(A)	
Daytime (Ld)	62.7 (4.1, 46.5~68.5)
Nighttime (Ln)	56.4 (4.6, 44.0~64.5)
Day-night (Ldn)*	64.4 (4.3, 50.6~71.2)
Mental health indices, mean (sd), unit: %	
Depression	3.1 (1.3)
Depressive mood	6.0 (1.9)
Stress	28.0 (3.7)
Demographic statistic	
Average age, mean (sd), unit: years	41.9 (2.0)
Sex ratio, mean (sd), unit: males per 100 females	101.4 (4.4)
Smoking rate, mean (sd), unit: %	19.3 (2.6)
Obesity rate, mean (sd), unit: %	31.2 (2.5)
Unemployment rate, mean (sd), unit: %	3.9 (1.1)
Metropolitan, N (%)	23 (52.3)
Airport city, N (%)	17 (38.6)

sd: standard deviation.

*Reflecting the average noise level over a 24-hour period, with a weighting of +10 dB(A) applied during the nighttime.

Table 3. Differences in noise levels and mental health indices among cities based on the presence of airport

Characteristic	Presence of airport		p-value [†]
	No	Yes	
Number of cities, N	27	17	-
Noise level, mean (sd, min-max)			
Daytime (Ld), dB(A)	62.1 (4.2, 46.5~68.5)	63.6 (3.9, 54.5~68.5)	0.268
Nighttime (Ln), dB(A)	55.4 (4.3, 44.0~61.5)	57.9 (4.8, 47.5~64.5)	0.092
Day-night (Ldn)*, dB(A)	63.7 (4.0, 50.6~69.7)	65.6 (4.4, 55.7~71.2)	0.142
Mental health indices, mean (sd)			
Depression, %	3.2 (1.4)	3.0 (1.2)	0.820
Depressive mood, %	6.2 (2.1)	5.7 (1.5)	0.208
Stress, %	28.4 (3.5)	27.3 (4.0)	0.323
Metropolitan, N (%)	12 (44.4)	11 (64.7)	0.190

sd: standard deviation.

*Reflecting the average noise level over a 24-hour period, with a weighting of +10 dB(A) applied during the nighttime.

[†]p-value is calculated using Wilcoxon rank sum test or chi-square test.

Table 4. Pearson correlation coefficients between noise level and mental health indices

	Daytime (Ld)		Nighttime (Ln)		Day-night (Ldn)	
	r	p	r	p	r	p
All cities (N=44)						
Depression symptom	0.273	0.073	0.173	0.261	0.217	0.155
Depressive mood experience	0.223	0.145	0.202	0.188	0.205	0.182
Stress cognition	0.428	0.004	0.389	0.009	0.420	0.005
Non-airport cities (N=27)						
Depression symptom	0.145	0.470	-0.015	0.939	0.048	0.813
Depressive mood experience	0.279	0.158	0.243	0.221	0.244	0.221
Stress cognition	0.482	0.011	0.390	0.045	0.449	0.019
Airport cities (N=17)						
Depression symptom	0.611	0.009	0.594	0.018	0.604	0.010
Depressive mood experience	0.206	0.427	0.289	0.261	0.263	0.308
Stress cognition	0.451	0.069	0.523	0.031	0.499	0.041

r: pearson correlation coefficient.

90%의 유의수준 하에서 양의 상관관계가 있었다($r=0.273$, $p=0.073$). 전체 도시를 대상으로 하였을 때, 스트레스 인지율은 야간소음도와 주야간 평균 소음도와도 모두 유의미한 양의 상관성을 보였며, 이러한 양의 상관성은 공항 유무에 따라 도시를 구분한 분석에서도 동일하였다(Table 4). 우울증상 유병률의 경우, 공항이 있는 도시에서 모든 시간대 소음도와 유의미한 양의 상관관계를 보였으며(Ld $r=0.611$, $p=0.009$; Ln $r=0.594$, $p=0.018$; Ldn $r=0.604$, $p=0.010$) 이는 전체 도시를 대상으로 살펴본 소음도와 우울증상 유병률의 상관성보다 모두 높았다. 반면 공항이 없는 도시에서는 소음도와 우울증상 유병률간의 상관관계가 모두 통계적으로 유의하지 않았다

(Ld $r=0.145$, $p=0.470$; Ln $r=-0.015$, $p=0.939$; Ldn $r=0.048$, $p=0.813$). 또한, 공항 유무와 소음도의 우울증상 유병률에 대한 상호작용효과가 통계적으로 유의하게 나타났으며 이는 공항이 있는 도시와 공항이 없는 도시 간에 소음 수준이 우울증상 유병률에 대한 영향을 다르게 미칠 수 있음을 시사한다(Fig. 1). 우울증상 유병률, 우울감 경험률, 스트레스 인지율에 대한 다중회귀분석 결과, 주간소음, 야간소음, 주야간 평균 소음도는 나이, 성비, 흡연율, 비만율, 실업률, 도시규모, 공항 유무 등의 영향을 보정하였을 때 스트레스 인지율과 유의한 관련성이 있었다(Ld $\beta=0.287$, $p=0.024$; Ln $\beta=0.254$, $p=0.034$; Ldn $\beta=0.287$, $p=0.024$). 수정된 R-제곱값은 각 정신건강

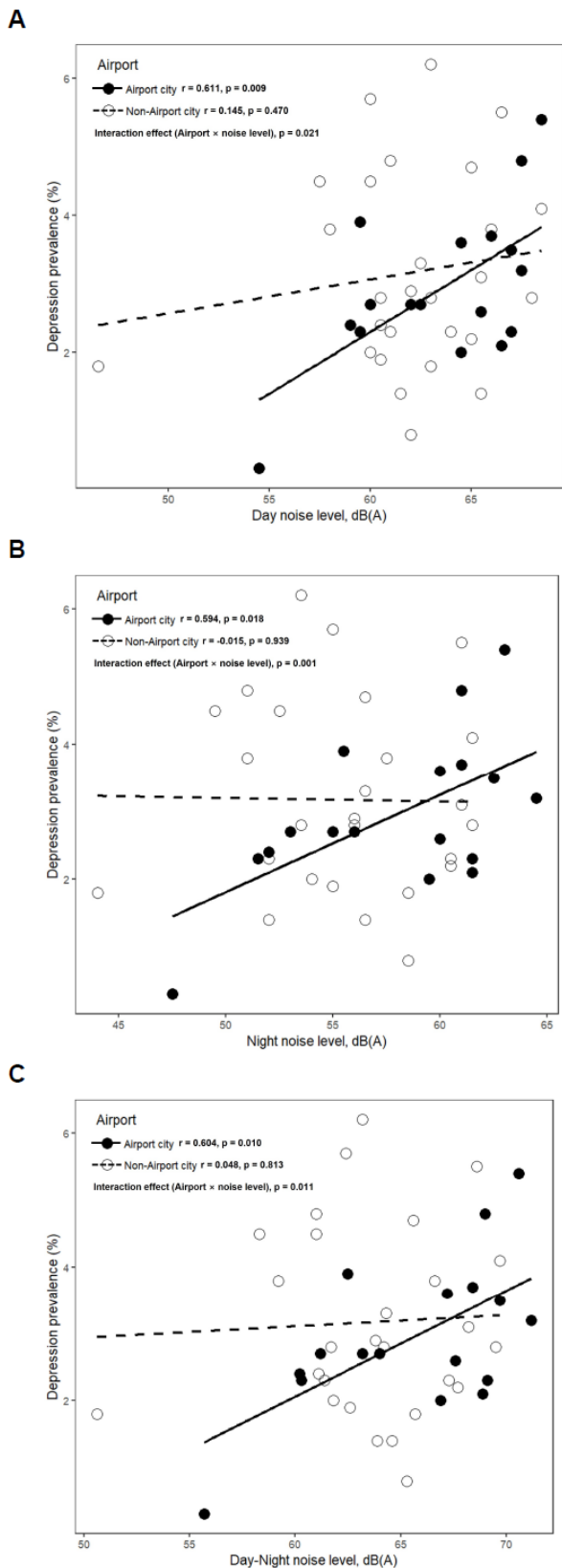


Fig. 1. Relationship between noise levels (day (A), night (B), day~night (C)) and depression prevalence: stratified by airport presence

지표의 분산을 모델이 얼마나 잘 설명하는지를 나타내며, 이 중에서도 스트레스 인지율에 대한 모델의 설명력이 가장 높았다(adjusted R-squared=0.343~0.354) (Table 5).

IV. 고 찰

본 연구는 우리나라 44개 도시의 주거지역 교통 소음과 정신건강 관련 지표 간의 상관관계를 조사하고, 이를 통해 교통 소음이 정신건강에 미치는 영향을 평가하기 위해 수행되었다. 본 연구에서 도시의 교통 소음 수준은 지역 주민의 스트레스 인지율과 양의 상관관계가 있음을 확인하였으며, 이러한 양의 상관성은 소음 발생 시간대와 관계없이 동일한 양상을 보였다. 이는 도시 교통 소음이 스트레스와 밀접한 관련이 있음을 보여주는 결과이다. 우울증상 유병률은 도시 교통 소음도와 경계적 양의 상관성을 보였으며, 특히, 공항 존재 여부에 따라 교통 소음과 우울증상 유병률의 상관성의 양상이 차이가 있음을 확인하였다. 본 연구에서는 지역의 교통 소음과 정신건강 간의 상관성을 확인하였고 특히 공항의 존재 여부가 이러한 상관성에 영향을 미칠 수 있다는 것을 확인하였다.

본 연구에서 도시 교통 소음이 지역의 스트레스 인지율과 밀접하게 유의한 양의 상관관계를 보이는 것이 관찰되었다. 이는 거주 지역의 교통 소음이 신체적 및 정신적 스트레스 반응을 유발할 수 있는 잠재적인 요인임을 시사한다. 이전 동물실험 결과 소음에 급성 및 만성 노출된 랫드에서 스트레스 호르몬인 코르티솔, 아드레날린 및 노르아드레날린의 분비 증가와 함께 심박수와 혈압이 상승하는 현상이 관찰되었다.²⁶⁾ 또한, 건강한 성인에서 야간 항공기 소음노출이 스트레스 호르몬 분비를 촉진하는 것으로 나타났다.²⁷⁾ 이와 더불어, 소음에 의한 자율 신경계 활성화와 내분비 신호 전달, 염증 반응, 산화 스트레스, 혈관 기능 장애 등은 소음이 정신건강 장애를 유발할 수 있는 생물학적 기전으로 설명되고 있다.²⁸⁾

본 연구는 공항 존재 유무에 따라 구분하여 교통 소음과 우울증상의 상관성을 평가하였다. 공항이 있는 지역에서만 소음과 우울증상 간의 유의한 양의 상관관계가 나타난 것이 특히 주목할 만한 결과이다. 이러한 결과는 소음원에 따라 소음 수준 뿐만 아니라 소음으로 인한 건강 영향의 차이가 있을 가능성을 나타낸다. Beutel 등²⁹⁾의 연구에 따르면 항공기 소음은 인구집단의 약 60%에게 소음 성가심을 야기하는 가장 주요한 소음원이며, 도로 교통 소음은 항공기 소음에 비해 상대적으로 소음 성가심을 덜 유발한다고 보고하였다. 이러한 강한 소음 성가심은 소음 성가심이 전혀 없는 경우와 비교할 때 우울증 유병률의 위험을 거의 두배 가까이 높일 수 있다.²⁹⁾ 같은 맥락으로 상대적으로 높은 소음 수준에서 우울증상 위험이 증가한다는 연구 결과들이 있다. Orban 등³⁰⁾의 연구에서는 우울증이 없는 성인 3,300명을 평균 5.1년 추적한 결과, 55 dB(A)

Table 5. General linear models for depression symptom prevalence, depressive mood experience, and stress cognition among study cities

Dependents	Independents	Beta*	p	Adjusted R-squared
Depression symptom	Daytime noise level, dB(A)	0.024	0.601	0.273
	Nighttime noise level, dB(A)	0.017	0.702	0.267
	Daynight noise level, dB(A)	0.024	0.601	0.273
Depressive mood experience	Daytime noise level, dB(A)	0.073	0.279	0.273
	Nighttime noise level, dB(A)	0.073	0.242	0.251
	Daynight noise level, dB(A)	0.073	0.279	0.247
Stress cognition	Daytime noise level, dB(A)	0.287	0.024	0.354
	Nighttime noise level, dB(A)	0.254	0.034	0.343
	Daynight noise level, dB(A)	0.287	0.024	0.354

*Adjusted for average age, sex ratio, smoking rate, obesity rate, unemployment rate, metropolitan, and airport presence.

초과하는 교통 소음에 노출된 경우 우울증상 위험이 55 dB(A) 미만인 경우 보다 약 30% 높았다고 보고하였다. Leijssen 등³¹⁾의 연구에서도 70 dB(A) 이상의 도로 교통 소음에 노출된 집단은 대조군에 비해 우울감을 경험할 위험이 약 1.7배 높았다고 보고하였다.

본 연구에서 사용된 소음 자료는 연구 대상 도시의 주거지역 도로변에서 측정된 환경소음 자료이다. 따라서 주된 소음원은 도로 교통일 것으로 추정된다. 특히, 본 연구는 공항 인근의 항공기 소음도를 평가하지 않았으므로, 공항이 위치한 도시에서 관찰된 소음과 우울증상 유병률의 상관성을 항공기 소음의 영향으로 단정할 수는 없다. 공항이 위치한 도시는 대체로 규모가 크고 교통 인프라가 잘 발달되어 있으며, 소음 이외에도 환경오염과 같은 다양한 환경 스트레스가 집중되어 있다.²⁵⁾ 따라서 공항의 유무에 따른 소음과 우울증상 유병률의 상관성 차이는 향후 잘 설계된 분석 역학 연구를 통하여 확인해야 할 필요가 있다.

본 연구는 지역의 평균 연령, 성비, 흡연율, 비만율, 실업률 등 지역의 인구사회학적 특성과 도시규모, 공항 유무 등의 지역의 특성을 고려하여 교통 소음과 우울증과의 관련성을 평가하였다. 일반적으로 여성은 남성보다 우울증 발생률이 더 높은 경향이 있으며, 흡연과 비만은 우울증을 야기할 수도 반대로 우울증에 의해 증가될 수도 있다.^{8,10,22,23)} 실업은 경제적 스트레스와 사회적 고립을 초래하여 우울증 위험을 증가시킬 수 있고, 우울증 유병률은 도시지역이 농촌지역에 비해 높다.^{24,25)} 본 연구에서 지역적 교란요인들을 고려하였을 때, 지역의 교통 소음과 우울증상 유병률 사이의 유의한 관련성은 사라졌다. 그러나 스트레스 인지율은 이러한 지역 교란요인들을 조정한 후에도 여전히 모든 시간대의 교통 소음도와 유의미한 관련성을 유지하였다. 이는 스트레스 인지율이 교통 소음과 같은 지역의 환경 스트레스 요인에 더 민감하게 영향을 받을 수 있음을 나타낸다. 실제로 소음은 즉각적인 생리학적 반응을 일으킬 수 있는 인지 가능한 스트레스 요인이나,²⁶⁻²⁸⁾ 우울증상의 경우 개인의

성격과 유전적 소인, 개인의 경험과 현재의 상황 등 개인적인 다양한 요인에 의해 영향을 받기 때문에 소음과의 상관성이 상대적으로 덜 직접적일 수 있다. 더욱이 본 연구는 생태학적 연구로서, 개인 수준에서가 아닌 도시 단위에서의 영향을 보정함으로써 우울증과 관련된 요인들에 대한 개인적인 교란 요인이 충분히 보정되지 않았을 가능성도 존재한다.

이전 연구에서 주간-석간-야간 평균 소음도를 기준으로 소음 수준이 증가할수록 불면증 발생 위험도 높아진다는 결과를 보였다.¹⁹⁾ 또한 우울증과 불면증은 매우 밀접한 관계가 있으며, 주요우울장애의 진단기준에 수면장애가 포함되어 있다.⁸⁾ 그럼에도 불구하고 본 연구에서는 수면에 영향을 미치는 야간소음(Ln) 및 야간소음에 소음 가중치를 둔 24시간 평균 소음도(Ldn)에 비해 주간소음(Ld)이 우울증상 유병률을 비롯한 정신건강 지표와 더 높은 상관관계를 보였다. 이는 우울증의 원인이 수면 문제뿐만 아니라 다양한 요소가 관여하는 복잡한 임상상태임을 나타낸다.⁸⁾

본 연구는 44개 도시의 도로변 주거지역 소음 노출 정도와 성인의 우울증상 유병률 사이의 상관관계를 평가한 생태학적 연구이다. 따라서 본 연구는 집단의 자료를 기준으로 분석했기 때문에, 유의미한 상관관계가 나타났다면 하더라도 이를 개인 수준에서의 관계로 해석할 때 발생할 수 있는 '생태학적 오류'의 가능성을 내포하고 있다. 또한 같은 해인 2020년 소음과 건강자료를 사용했기 때문에 시간적 선후관계를 명확히 할 수 없으며 본 연구의 결과를 인과관계로 해석할 수 없는 한계점이 존재한다. 뿐만아니라 본 연구에서 사용된 2020년 자료는 COVID-19 팬데믹이 시작된 해로, 우울증을 포함한 정신건강 지표와 환경소음 수준이 일반적인 해와 다를 수 있다. '코로나 블루'라고 불리는 우울증 증상의 증가, 사회적 거리두기와 같은 방역 정책에 의한 교통량 감소, 그리고 여행 감소에 따른 항공기 운항 감소는 본 연구 결과에 영향을 줄 수 있는 중요한 요인이다. 따라서 이러한 요인들이 결과 해석 시 반드시 고려되어야 한다.

이러한 연구 설계상의 명확한 한계에도 불구하고 본 연구는 몇 가지 의미를 지닌다. 첫째, 인구 집단 수준에서 소음 노출과 우울증 증상 사이의 상관성을 탐색함으로써, 공중 보건 정책에 필요한 중요한 데이터를 제공할 수 있다. 둘째, 본 연구 결과는 향후 연구자들이 개인 수준에서의 연구를 설계하고, 소음 노출과 우울증 유병률 간의 인과관계를 더 깊이 이해하기 위한 기초 자료로 사용될 수 있다. 셋째, 공항 소음 등 도로 교통 외의 다른 소음원이 존재하는 환경에서 증가된 소음 성가심이 정신 건강에 미치는 영향에 대한 인식을 증진시키고 나아가 소음 저감의 중요성을 강조하고 관련 정책을 개발하는데 유용한 근거로 활용될 수 있다.

V. 결 론

본 연구에서는 지역별 교통 소음 수준과 성인의 우울증상 유병률, 우울증에 영향을 미치는 스트레스 간의 상관관계를 확인하였다. 특히 공항이 있는 지역에서는 이러한 상관성이 더 뚜렷하게 나타났지만, 이러한 상관성을 해석할 때 공항의 존재뿐 아니라 도시의 규모와 소음 이외의 다른 환경 스트레스 등이 반드시 함께 고려되어야 할 것이다. 본 연구는 주거지의 환경 소음 수준이 정신건강에 중요한 영향을 미칠 수 있음을 보여주며, 지역 정신건강 증진계획 수립시 소음 관리와 같은 환경적 증재에 대한 고려가 필요함을 시사한다.

감사의 글

본 연구는 「국립대학육성사업 - 학부생 연구 기회 프로그램 지원」으로 수행하였습니다.

Conflict of Interest

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

References

1. Stansfeld SA, Matheson MP. Noise pollution: non-auditory effects on health. *Br Med Bull.* 2003; 68: 243-257.
2. Cavatorta A, Falzoi M, Romanelli A, Cigala F, Riccò M, Bruschi G, et al. Adrenal response in the pathogenesis of arterial hypertension in workers exposed to high noise levels. *J Hypertens Suppl.* 1987; 5(5): S463-S466.
3. Babisch W. Traffic noise and cardiovascular disease: epidemiological review and synthesis. *Noise Health.* 2000; 2(8): 9-32.
4. Rosenlund M, Berglund N, Pershagen G, Järup L, Bluhm G. Increased prevalence of hypertension in a population exposed to aircraft noise. *Occup Environ Med.* 2001; 58(12): 769-773.
5. Kawada T. Effects of traffic noise on sleep: a review. *Nihon Eiseigaku Zasshi.* 1995; 50(5): 932-938.
6. Hiramatsu K, Yamamoto T, Taira K, Ito A, Nakasone T. A survey on health effects due to aircraft noise on residents living around Kadena air base in the Ryukyus. *J Sound Vib.* 1997; 205(4): 451-460.
7. Fritschi L, Brown AL, Kim R, Schwela D, Kephelopoulous S. Burden of disease from environmental noise - quantification of healthy life years lost in Europe. Copenhagen: World Health Organization Regional Office for Europe; 2011.
8. Salk RH, Hyde JS, Abramson LY. Gender differences in depression in representative national samples: meta-analyses of diagnoses and symptoms. *Psychol Bull.* 2017; 143(8): 783-822.
9. National Center for Mental Health. National Mental Health Survey 2021. Available: <http://mhs.ncmh.go.kr/> [Accessed June 20, 2023].
10. Gutiérrez-Rojas L, Porras-Segovia A, Dunne H, Andrade-González N, Cervilla JA. Prevalence and correlates of major depressive disorder: a systematic review. *Braz J Psychiatry.* 2020; 42(6): 657-672.
11. Porras-Segovia A, Rivera M, Molina E, López-Chaves D, Gutiérrez B, Cervilla J. Physical exercise and body mass index as correlates of major depressive disorder in community-dwelling adults: results from the PISMA-ep study. *J Affect Disord.* 2019; 251: 263-269.
12. Varghese FP, Brown ES. The hypothalamic-pituitary-adrenal axis in major depressive disorder: a brief primer for primary care physicians. *Prim Care Companion J Clin Psychiatry.* 2001; 3(4): 151-155.
13. Ménard C, Hodes GE, Russo SJ. Pathogenesis of depression: insights from human and rodent studies. *Neuroscience.* 2016; 321: 138-162.
14. Fang H, Tu S, Sheng J, Shao A. Depression in sleep disturbance: a review on a bidirectional relationship, mechanisms and treatment. *J Cell Mol Med.* 2019; 23(4): 2324-2332.
15. Seidler A, Hegewald J, Seidler AL, Schubert M, Wagner M, Dröge P, et al. Association between aircraft, road and railway traffic noise and depression in a large case-control study based on secondary data. *Environ Res.* 2017; 152: 263-271.
16. Hegewald J, Schubert M, Freiberg A, Romero Starke K, Augustin F, Riedel-Heller SG, et al. Traffic noise and mental health: a systematic review and meta-analysis. *Int J Environ Res Public Health.* 2020; 17(17): 6175.
17. Dzhambov AM, Lercher P. Road traffic noise exposure and depression/anxiety: an updated systematic review and meta-analysis. *Int J Environ Res Public Health.* 2019; 16(21): 4134.
18. Jeong YR, Park JB, Min KB, Lee C, Kil HG, Lee WW, et al. The effects of aircraft noise exposure upon hearing loss, anxiety, and depression on subjects residing adjacent to a military airbase. *Korean J Occup Environ Med.* 2012; 24(1): 40-51.
19. Park C, Sim CS, Sung JH, Lee J, Ahn JH, Choe YM, et al. Low income as a vulnerable factor to the effect of noise on insomnia. *Psychiatry Investig.* 2018; 15(6): 602-612.
20. Statistics Korea. Korean Statistical Information Service. Available: <http://www.kosis.kr> [Accessed May 10, 2023].
21. Levis B, Benedetti A, Thombs BD. DEPRESSion Screening Data (DEPRESSD) Collaboration. Accuracy of Patient Health Questionnaire-9 (PHQ-9) for screening to detect major depression: individual participant data meta-analysis. *BMJ.* 2019; 365: I1476.

22. Vink D, Aartsen MJ, Schoevers RA. Risk factors for anxiety and depression in the elderly: a review. *J Affect Disord.* 2008; 106(1-2): 29-44.
23. Hölzel L, Härter M, Reese C, Kriston L. Risk factors for chronic depression--a systematic review. *J Affect Disord.* 2011; 129(1-3): 1-13.
24. Whooley MA, Kiefe CI, Chesney MA, Markovitz JH, Matthews K, Hulley SB; CARDIA Study. Depressive symptoms, unemployment, and loss of income: the CARDIA study. *Arch Intern Med.* 2002; 162(22): 2614-2620.
25. Jeong JA, Kim SA, Yang JH, Shin MH. Urban-rural differences in the prevalence of depressive symptoms in Korean adults. *Chonnam Med J.* 2023; 59(2): 128-133.
26. Said MA, El-Gohary OA. Effect of noise stress on cardiovascular system in adult male albino rat: implication of stress hormones, endothelial dysfunction and oxidative stress. *Gen Physiol Biophys.* 2016; 35(3): 371-377.
27. Schmidt FP, Basner M, Kröger G, Weck S, Schnorbus B, Muttray A, et al. Effect of nighttime aircraft noise exposure on endothelial function and stress hormone release in healthy adults. *Eur Heart J.* 2013; 34(45): 3508-3514.
28. Hahad O, Prochaska JH, Daiber A, Muenzel T. Environmental noise-induced effects on stress hormones, oxidative stress, and vascular dysfunction: key factors in the relationship between cerebrocardiovascular and psychological disorders. *Oxid Med Cell Longev.* 2019; 2019: 4623109.
29. Beutel ME, Jünger C, Klein EM, Wild P, Lackner K, Blettner M, et al. Noise annoyance is associated with depression and anxiety in the general population- the contribution of aircraft noise. *PLoS One.* 2016; 11(5): e0155357.
30. Orban E, McDonald K, Sutcliffe R, Hoffmann B, Fuks KB, Dragano N, et al. Residential road traffic noise and high depressive symptoms after five years of follow-up: results from the Heinz Nixdorf recall study. *Environ Health Perspect.* 2016; 124(5): 578-585.
31. Leijssen JB, Snijder MB, Timmermans EJ, Generaal E, Stronks K, Kunst AE. The association between road traffic noise and depressed mood among different ethnic and socioeconomic groups. The HELIUS study. *Int J Hyg Environ Health.* 2019; 222(2): 221-229.

〈저자정보〉

노수경(학부생), 임상용(교수)