서울시 토지이용률과 저체중아 출생률 간의 관련성: 생태학적 연구

곽영린^{1*} · 오종민^{1*} · 김민호² · 예신희^{1,3} · 하은희¹

이화여자대학교 의과대학 직업환경의학교실¹
 이화의료원 이화융합의학연구원², 산업안전보건공단 산업안전보건연구원³

The Association between Land Use Rate and Low Birth Weight Rate in Seoul: Ecological Study

Youngrin Kwag^{1*} · Jongmin Oh^{1*} · Min-ho Kim² · Shinhee Ye^{1,3} · Eun-Hee Ha¹

Department of Occupational and Environmental Medicine, Ewha Womans University, Seoul, Korea¹
 Ewha Institute of Convergence Medicine, Ewha Womans University Medical Center, Seoul, Korea²
 Occupational Safety and Health Research Institute, Korea Occupational Safety and Health Agency, Incheon, Korea³

Purpose: This paper is based on an ecological study. From 2008 to 2014, we identified the differences in the Low Birth Weight (LBW) rate according to land use rate among the 25 autonomous regions of Seoul. We also demonstrated the effects of ecological environmental differences on maternal outcomes.

Methods: The National Statistical Office obtained data of residential areas and rates, commercial areas and rates, industrial areas and rates, green areas and rates of the 25 autonomous regions from 2008 to 2014. It also obtained data regarding low birth weight rates for the same region and period. The rate of land use is divided into four stages by residential rate, three by commercial rate, three by industrial rate, and four by green area rate. The higher the step, the higher the rate is. The method by Baron and Kenny was used to investigate the mediating effects of the concentration of air pollutants (PM10, PM2.5, SO2, NO2, O3, CO) on LBW and its relationship to land use in each district of Seoul. The relationship between the change of land use and LBW rate in each region was analyzed with general regression analysis and cluster analysis.

Results: This study shows that as the rate of green area to overall area increases in Seoul's industrial area, a causal effect is observed with low birth weight, mediated by SO2. Regression analysis revealed that LBW rates were significantly higher in heavily industrial areas (beta=1.27, SE=0.27, p<0.05), while LBW rate was significantly lower in considerably greener areas (beta=-2.21, SE=0.39, p<0.05).

Conclusion: We confirmed differences in the relationship between residential, commercial, industrial, and green areas, air pollutants, and LBW rate. Areas with high industrial rates have a high LBW rate, while areas with high green rates have a low LBW rate. The autonomous land use ratio includes direct environmental factors. Therefore, pregnant women who are living in highly industrial areas should be especially careful to manage their living environment.

Key Words: low birth weight, land use, environment, green area rate, air pollutants

*본 연구는 2018년도 모자보건학회 미래모자보건학자상 지원을 받아 진행한 연구임.

*공동 제1저자: 곽영린, 오종민

교신저자: 하은희, 서울특별시 양천구 안양천로 1071, 이화여자대학교 의과대학 목동병원 직업환경의학과

전화번호: 02-2650-5757, 팩스번호: 02-2653-1086, E-mail: eunheeha@ewha.ac.kr

접수일자: 2019년 2월 1일, 심사일자: 2019년 3월 13일, 게재확정일자: 2019년 3월 15일

서론

과거에 발표된 환경오염과 건강영향에 대한 대부분의 역학 연구들은 성인을 대상으로 진행되었으며, 임신부와 태아에 대한 연구는 소수에 불과하였다(Vadillo-Ortega et al., 2014). 하지만, 최근에 진행된 환경역학연구들은 환경오염의 증가가 임신부의 면역력을 약화시켜 조산, 저체중아 출산 등 출생 결과에 유해한 영향을 미친다는 결과들을 발표하고 있다(Kim et al., 2018). 2018년에 발표된 WHO 보고서에 따르면 임신한 여성이 오염된 공기에 노출되면 조산아 출생률과 저체중아 출생률이 높아지는 것으로 나타났다(WHO, 2018). 임신기간 동안 태아는 환경오염의 노출로 유발된 산모의 염증반응, 혈류장애, 저산소증으로 인해 발달의 여러 단계에서 영향을 받는다(Kwak-Kim et al., 2014). 즉, 환경오염의 증가는 저체중아 출생률과 같은 출생 결과에 부정적인 영향을 미치고(Arroyo et al., 2016; Yorifuji et al., 2015), 지역 온난화와 환경오염 물질의 수치가 증가한 곳은 임신과 출산에도 불리한 환경이 조성된다(Gilman-Sachs et al., 2018; Zhou et al., 2014).

토지사용차이에 따른 환경적 차이는 출산 환경차이를 야기시킨다(Yang, 2017). 이제까지 임신부와 태아에 대한 이전 연구의 대부분은 주로 대기오염 노출에 초점을 두고 환경 유해물질에 대한 건강영향 연구를 많이 진행하였지만 (Lin et al., 2017), 서울지역 토지이용에 따른 임신부와 태아의 건강 영향을 보는 연구는 이 연구가 거의 유일하다. 토지사용차이에 따른 환경적 차이는 출생 환경차이를 야기 시키고, 환경적으로 불리한곳은 환경오염 물질의 수치가 변화를 주어 임신출산 환경이 악화된다(Yang, 2017). 따라서 토지사용에 의한 환경물질의 차이는 출생 결과에 영향을 미친다(Arroyo et al., 2016).

서울지역의 환경문제는 수년 동안 문제되어 왔다(Min et al., 2017). 또한 한국의 수도 서울은 출생환경이 악화되어 저체중아 출산 문제도 점점 심각해지고 있다(Chung & Bae, 2017). 서울은 자치구별로 토지사용 특징이 명확하게 차이가 나는 대한민국의 수도이고, 25개 자치구가 모여 있는 인구 밀집 대도시이다. 인구가 서울 전 지역에 고루 분포되어 있고, 국가의 출생 데이터와 토지와 대기환경데이터가 잘 확보되어 있어서 토지사용에 따른 출생결과의 차이를 잘 관찰할 수 있는 대도시이다(Min et al., 2017).

본 연구는 서울의 자치구별 인구 당 저체중아 출생 비율 테

이터를 통계청에서 확보하여, 토지사용별 출생건강 영향을 추정 할 수 있다. 서울의 주거비율 등급이 높은 지역, 상업비율등급이 높은 지역, 공업비율등급이 높은 지역, 녹지비율등급이 높은 지역의 저체중아 출생률을 분석하여, 등급별 저체중아 출생 결과의 영향을 분석했다.

본 연구는 생태학적 연구로서 2008년부터 2014년까지 서울의 25개 자치구별 토지 사용 용도의 비율 변화에 따른 저체중아 출생률 차이를 확인하였다. 지역적, 사회적, 경제적 환경 차이가 내포되어 있는 서울의 토지 사용율과 저체중아 출생률의 연관성을 통해, 토지특성에 따른 출생영향을 분석하였다. 그리고 자치구별 토지용도 데이터를 이용하여 자치구별 토지사용별 환경오염물질 노출과의 연관성과 저체중아 출생률과의 관계에 대한 분석연구를 진행했다. 이를 통해 토지환경이 출생 결과에 미치는 영향을 분석하고, 생태학적 환경 차이가 모체의 출산결과에 미치는 영향을 증명하여 출생 환경을 개선시키고 예방하는데 그 목적을 두고 있다.

연구대상 및 방법

1. 서울의 토지 용도

서울의 토지사용은 주거지역, 상업지역, 공업지역, 녹지지역으로 나뉜다. 토지사용에 따라 인구와 교통량이 다르고, 토양오염도와 대기오염도 또한 달라진다(Rich et al., 2015; Delfino et al., 2014). 상업지역은 디젤 엔진으로 인한 배기가스가 많이 배출되고 있고(Bulejko et al., 2017; Wilhelm et al., 2012), 매연 및 폐수는 공업지역에서 많이 배출된다(Lin et al., 2004). 주거지역은 생활폐수 및 쓰레기 오염이 문제 되고 있다(Bulejko et al., 2017; Yang et al., 2017). 반면 녹지 지역은 열섬 현상을 억제하고, 정화작용에 도움을 준다(Zhang et al., 2017).

환경문제는 서울의 장기적인 문제 중 하나이다(Min et al., 2017). 토지사용차이는 자치구별 온난화와 오염도 같은 환경 차이를 포함한다(Stieb et al., 2016). Fig. 1과 같이 서울은 25개 자치구가 모여 있는 한국의 수도이다. 인구밀도가 높은 서울은 605.25 km에 약 1천만명 이상의 인구가 거주하고 있어서 개인수준의 대기오염 농도를 예측하여 건강영향 결과에 대한 연구를 효과적으로 설계 할 수 있는 지역이다(Min et al., 2017).

2. 저체중아 출생률

저체중아 출생률은 서울시 자치구별 출생 시의 체중이 2,500 g 이하인 저체중아 비율로 정의했다(Hughes et al., 2017). 서울은 소득수준이 높아지고, 의료기술이 발전하고 있음에도 불구하고, 여러 가지 원인으로 현재 저 체중아 출생 비율이 지속적으로 증가하고 있다(Choe & Han 2018; Chung & Bae, 2017). 저체중아 출생 문제는 저출산 문제와 함께 서울의 가장 중요한 보건 문제 이다(Min et al., 2017). 또한 저체중아 출생 비율의 증가는 앞으로 성인 합병증 문제, 사회적 비용 증가 문제를 유발 할 수 있는 사회 문제이다(Margerison-Zilko et al., 2017; Tu et al., 2016). 현재까지 저체중아 출생 문제에 대해 사회적인 접근과 경제적인 접근을 하는 연구들이 많이 있었지만, 이 연구는 저체중아 출생 비율의 증가 원인을 환경적인 부분에서 접근하고자 한다.

3. 데이터 수집

1) 토지이용 데이터

토지이용에 대한 자료는 통계청의 국가 통계 포털 사이트에서 2008년에서 2014년 사이의 서울의 25개 자치구별 주거, 상업, 공업, 녹지의 토지이용 자료를 제공받았다. 데이터는 자치구별로 주거지역 면적과 비율, 상업지역 면적과 비율, 공업지역 면적과 비율, 녹지지역 면적과 비율로 나누어진 토지 이용

데이터를 이용하였다. 서울의 자치구는 주거, 상업, 공업, 녹지 지역이 다양하게 혼합되어 있는 특징을 가지고 있다.

2) 저체중아 출생률 데이터

출생 데이터는 2008년에서 2015년 서울 자치구별 연평균 저체중아 출생비율 데이터를 통계청의 국가 통계 포털 사이트에서 제공 받았으며 우리 연구에서는 서울시 자치구별 천 명당 저체중아 출생 비율을 나타내는 데이터를 이용하였다.

10개월간의 임신기간 이후 출산이 이루어지는 점을 고려 시 임신환경노출과 임신 결과 사이에 약 1년의 기간 차이가 있기 때문에 서울시 토지 사용비율 데이터는 2008~2014년, 출생 결과 데이터는 2009년부터 2015년을 연계하여 본 연구에서 이용하였다.

3) 대기 물질 데이터

대기 오염물질 데이터는 2008~2014년까지 PM10, PM2.5, SO2, NO2, O3, CO 대기 자료를 기상청에서 제공받았다.

4. 연구 설계

본 연구는 생태학적 연구로서 데이터는 통계청의 2008년 1월~2014년 12월 서울 자치구 토지사용 비율 데이터와 자치구별 저체중 출산율 데이터를 연계하여 분석한 연구이다.

통계청에서 2008년에서 2014년까지 서울 25개 자치구별

Fig. 1. Twenty-five autonomous regions in the five land use categories in Seoul. R,G: Residential and Green area, G,R: Green and Residential area, R: Residential area, C: Commercial area, I: Industrial area.

주거면적과 비율, 상업면적과 비율, 공업면적과 비율, 녹지면적과 비율 데이터를 사용하였다. 본 연구에서 서울의 25개 자치구마다 주거, 상업, 공업, 녹지 데이터를 이용하여 등급을 나누어 더미 변수로 이용하였다. 서울 자치구별 주거, 상업, 공업, 녹지 지역의 토지 이용 비율의 합이 100%를 기준으로 했다. 주거 지역 비율에 따라 4단계, 상업 지역 비율에 따라 3단계, 공업 지역 비율에 따라 3단계, 녹지 지역 비율에 따라 4단계로 나눠서 분석했다. 비율이 높은 지역에서 낮은 지역까지 골고루 분포되어 있는 상태에서 제일 낮은 지역은 1단계, 그 다음 높은 지역은 2단계, 3단계, 제일 비율이 높은 지역은 4단계로 구분 지었다. 25개 자치구의 지역마다 동일하게 적용하여 구분 지은 결과 자치구별 주거, 상업, 공업, 녹지 토지 이용이 상이하였다. 또한 녹지와 상업, 공업비율이 복합적으로 혼합되어 있는 자치구들이 대부분이었다. 이러한 부분을 보완하여 지역별 토지이용 특성별 대기 물질의 연관성과 저체중아 출생 비율과의 관련성을 분석하기 위해 군집분석(클러스터분석)을 진행하였다. 군집분석은 25개 자치구를 주거, 상업, 공업, 녹지 지역을 특징별로 나누기 위해 설계되었다.

5. 통계분석 방법

본 연구에서 종속 변수는 저체중아 출생률이며, 독립변수는 서울시 자치구별 토지사용 비율 등급이다. 2008년부터 2014년까지 7년간 서울시 25개 자치구별 토지이용 비율 등급 특징에 따라 군집 분석을 수행 하였고 5개 지역(주거녹지지역, 녹지주거지역, 상업지역, 공업지역, 주거지역)으로 구분되었다. 서울시 자치구마다 지역의 토지 이용에 따른 대기오염물질(PM10, PM2.5, SO2, NO2, O3, CO) 농도와 저체중아 출생률과의 관련성에 대해 인과관계에 대한 매개효과를 알아보고자 Baron and Kenny Method를 이용 하였다(Krause et al., 2010).

그리고 녹지주거지역이지만 상업비율이 높거나 상업지역이지만 주거비율이 높은 지역이 있는 지역적 특징을 고려하여, 25개 자치구의 주거, 상업, 공업, 녹지 비율에 따라 등급을 나누어 비율 등급별 더미변수를 이용하였다. 각 토지 사용 비율 등급 별 저체중아 출생률과 연관성을 일반화선형모델(Generalized linear model, GLM)을 이용하여 회귀분석을 수행하였다.

모든 통계 분석은 R 통계 소프트웨어(R version 3.4.3)를 사용하였다.

결 과

1. Baron and Kenny Method을 이용한 결과

Table 1, 2는 서울지역의 토지사용 비율에 대한 군집 분석(클러스터분석)을 통해 주거지역, 상업지역, 공업지역, 녹지주거지역, 주거녹지지역 5개로 나뉘고 5개 지역의 비율 평균을 표로 제시하였다. Table 3에서와 같이 그 중에 토지이용 및 대기 오염 물질에 대한 저체중아 출생률과의 연관성이 통계적으로 유의미한 지역은 공업지역이었다. Table 1을 통해 각 25개 자치구별 주거, 상업, 공업, 녹지 비율 상태를 알 수 있다. Fig. 2에서와 같이 토지이용에 따른 저체중아 출생률과의 인과관계와 매개효과를 증명하기 위해 통계 증명 방법 중 하나인 Baron and Kenny Method을 이용하여 Table 3과 같이 분석하였다. 분석 결과, 서울의 공업지역에서 SO2가 증가할수록 LBW (3)가 증가하였다. 녹지비율이 증가할수록 LBW (1)와 SO2 (2)가 감소하였다. 녹지비율이 증가할수록 SO2가 매개 변수 일 때 LBW (3)도 감소하였다. 서울 공업 지역의 녹지 면적 비율이 증가할수록 저체중아 출생률이 낮아졌다. 그리고 SO2는 서울 공업 지역의 녹지 비율과 저체중아 출생률과의 관계에서 매개효과를 나타내었다. 결과적으로, Baron과 Kenny Method를 통해 서울 지역 공업 지역의 녹지 비율과 저체중아 출생률의 인과관계와 SO2에 대한 매개 효과를 나타냈다. 그

Table 1. Five Categories of Land use and their Average Rates in Seoul

land use	Residential %	Commercial %	Industrial %	Green %
R	91.42	3.19	0	5.39
R.G	58.26	3.23	1.83	36.91
G.R	37.07	4.35	1.16	57.42
I	35.45	4.59	33.90	26.05
C	63.66	36.30	0	0.04

Abbreviations: R, residential area; R.G, residential and green area; G.R, green and residential area; I, industrial area; C, commercial area.

Fig. 2. A three-variable causal model (Baron and Kenny, 1986).

결과 서울 공업지역의 녹지 비율(X)이 증가 할수록 저체중아 출생률(Y)은 낮아졌고(c), 서울 공업지역의 녹지비율(X)이

Table 2. Levels of the 25 Autonomous Region in the Five Categories of Land Usage

	Residential %	Commercial %	Industrial %	Green %
R (3)				
1	92.32 (A4)	6.59 (B2)	0.00 (C1)	1.10 (D1)
2	93.92 (A4)	1.80 (B1)	0.00 (C1)	4.28 (D1)
3	88.03 (A4)	1.17 (B1)	0.00 (C1)	10.80 (D1)
R.G (12)				
4	69.59 (A3)	3.67 (B1)	0.00 (C1)	26.74 (D2)
5	70.82 (A3)	3.55 (B1)	0.44 (C1)	25.18 (D2)
6	50.75 (A2)	2.37 (B1)	0.00 (C1)	46.89 (D3)
7	49.89 (A2)	1.30 (B1)	0.00 (C1)	48.81 (D3)
8	54.47 (A2)	2.39 (B1)	0.00 (C1)	43.14 (D3)
9	56.58 (A2)	1.39 (B1)	0.00 (C1)	42.03 (D3)
10	57.64 (A2)	5.82 (B2)	0.00 (C1)	39.31 (D3)
11	52.13 (A2)	6.80 (B2)	0.00 (C1)	41.07 (D3)
12	66.74 (A3)	1.12 (B1)	0.00 (C1)	32.14 (D2)
13	63.18 (A3)	6.37 (B2)	0.00 (C1)	30.45 (D2)
14	49.67 (A2)	1.57 (B1)	7.28 (C2)	41.48 (D3)
15	57.64 (A3)	2.46 (B1)	14.22 (C2)	25.68 (D2)
G.R (6)				
16	38.46 (A1)	1.37 (B1)	0.00 (C1)	60.18 (D4)
17	39.08 (A1)	1.18 (B1)	0.00 (C1)	59.74 (D4)
18	38.50 (A1)	2.84 (B1)	0.00 (C1)	58.65 (D4)
19	35.72 (A1)	1.60 (B1)	0.00 (C1)	62.68 (D4)
20	33.15 (A1)	3.42 (B1)	6.96 (C2)	56.47 (D4)
21	37.52 (A1)	15.66 (B3)	0.00 (C1)	46.82 (D3)
I (3)				
22	35.97 (A1)	2.49 (B1)	32.01 (C3)	29.51 (D2)
23	44.96 (A2)	1.32 (B1)	32.63 (C3)	21.09 (D2)
24	25.42 (A1)	9.96 (B2)	37.05 (C3)	27.56 (D2)
C (1)				
25	63.66 (A3)	36.30 (B3)	0.00 (C1)	0.04 (D1)

Abbreviations: R, residential area; R.G, residential and green area; G.R, green and residential area; I, industrial area; C, commercial area.

Table 3. Action of SO2 on the Effect of Green Rate on LBW

	Dependent variable		
	LBW (1)	SO2 (2)	LBW (3)
SO2			6.658 (3.97)
Green rate (%)	-0.426*** (0.091)	-0.019** (0.005)	-0.302** (0.114)
Constant	29.181*** (2.396)	1.054*** (0.132)	22.161*** (4.77)

*p<0.1, **p<0.01, ***p<0.001.

증가할수록 SO2 (M)는 감소했다(a). 그리고 SO2 (M)가 증가 할 때 저체중아 출산비율(Y)이 증가했다(b). 서울의 주거지역, 상업지역, 공업지역, 녹지주거지역, 주거녹지지역 5개를 모두 분석한 결과 공업지역에서 녹지비율과 저체중아 출생률에 대한 인과관계와 대기 오염 물질 중 SO2에 대한 매개효과 결과 값이 유의미하게 나왔다. 이 연구에서 SO2 이외에도 PM10, PM2.5, NO2, O3, CO 각각의 대기 오염물질의 매개효과를 분석하였으나 유의미하게 나오지 않았다. 따라서 Baron and Kenny Method을 통해 서울 공업지역의 녹지비율이 증가할수록 저체중아 출생률에 영향을 끼치는 인과관계와 SO2에 대한 매개 효과를 확인 할 수 있었다.

2. 서울지역을 토지이용에 따라 등급별 선형 회귀분석 (GLM) 결과

Table 4는 서울시 자치구별로 A: 주거 비율별로 4단계, B: 상업비율별로 3단계, C: 공업비율별로 3단계, D: 녹지비율별로 4단계로 나눠서 분석 하였다. 주거지역 비율 등급은 1~4등급까지 나뉘었다. 주거지역 비율이 높을수록 등급도 높다. 상업지역 비율 등급은 1~3등급까지 나뉘었다. 상업지역 비율이 높을수록 등급도 높다. 공업지역 비율 등급은 1~3등급까지 나뉘었다. 공업지역 비율이 높을수록 등급도 높다. 녹지지역 비율 등급은 1~4등급까지 나뉘었다. 녹지지역 비율이 높을수록 등급도 높다.

Table 4. Association between Grades of Categories of Land use and Low Birth Weight

	Estimate	Std.Error	t value	Pr (> t)
Intercept	18.5	0.55	32.95	0.000
A1	ref			
A2	3.38	0.21	16.81	0.000
A3	2.69	0.31	8.77	0.000
A4	-0.10	0.55	-0.19	0.851
B1	ref			
B2	-0.31	0.09	-3.40	0.001
B3	0.56	0.28	1.98	0.048
C1	ref			
C2	-0.23	0.13	-1.76	0.079
C3	1.27	0.27	4.73	0.000
D1	ref			
D2	-3.38	0.33	-10.17	0.000
D3	-2.21	0.39	-5.71	0.000
D4	0.33	0.54	0.62	0.536

Abbreviations: A, residential area 1~4 grade; B, commercial area 1~3 grade; C, industrial area 1~3 grade; D, green area 1~4 grade.

서울을 주거비율에 따라 4등급으로 나누고, 상업 비율에 따라 3등급으로 나누고, C는 공업비율에 따라 3등급으로 나누고, D는 녹지비율에 따라 4등급으로 나눠서 더미변수를 이용한 일반화 선형 회귀분석(GLM) 결과 주거지역 비율이 낮은 등급보다 높을 때 저체중아 출생률이 통계적으로 유의하게 높아졌다(Table 4). 공업비율 단계가 낮은 지역보다 공업비율 단계가 높은 지역에서 저체중아 출생률이 유의미하게 높아졌다($\beta=1.27$, $SE=0.27$, $p<0.05$). 또한 녹지비율 단계가 낮은 지역보다 녹지비율이 높은 지역에서 저체중아 출생률이 유의미하게 낮아졌다($\beta=-2.21$, $SE=0.39$, $p<0.05$). 결과적으로 일반화 선형 회귀분석(GLM) 결과 가장 주요한 결과는 공업비율 단계가 낮은 지역에 비해 공업비율 단계가 높은 지역에서 저체중아 출생률이 유의하게 높아졌고, 녹지비율 낮은 지역에 비해 녹지비율이 높은 지역에서 저체중아 출생률이 유의미하게 낮아지는 경향성을 볼 수 있었다. 이는 환경의 차이가 출생 결과에 영향을 준다는 것을 의미 한다.

고 찰

본 연구는 복합적으로 얽혀 있는 환경과 출생 건강과의 문제를 생태학적으로 연구하였다. 토지 용도 비율에 따른 저 체중아 출생률을 분석을 통해, 출산결과에 영향을 미치는 토지 환경을 비율에 따라 군집 분석(클러스터분석)을 통해 모델링하여 분석하였다. 이제까지 토지이용과 건강영향에 대한 연구에서는 녹지공간에 중점을 두고 도시지역과 녹지지역을 비교하는 연구 이거나(Ebisu et al., 2016), 도로와의 근접거리와 저체중아 출생률과의 연관성을 분석한 연구들이 있었다(Kashima et al., 2011; Dadvand et al., 2014; Habermann & Gouveia, 2014). 그리고 환경오염물질 NO, NO₂, SO₂, O₃, CO, PM_{2.5}, PM₁₀과 인체에 대한 건강영향에 대한 연구가 대부분이었다(Ghosh et al., 2012; Lin et al., 2017). 이들 연구 중에 우리의 연구와 같은 결과를 나타낸 Habermann and Gouveia (2014)의 연구에서는 녹지와 도시의 토지이용을 분석하여 녹지 비율이 높았을 때 출생 체중이 증가하는 결과를 얻었다. 특히 녹지공간의 증가가 저체중아 출생 위험을 줄인다는 결과는 우리의 연구결과와 공통점을 갖고 있다. 이렇게 녹지가 출생 환경에 긍정적인 이유에 대해 분석한 연구에서는 도시의 도로 주변의 열 노출 및 오염물질에 대해 녹지가 완충 작용을 하여 태아의 성장환경에 오염노출을 막는 역할을 한다는 연구결과도 있었다(Dadvand et al., 2014). 이러한 연구 결과는 우리

의 연구에서 Baron and Kenny Method 분석을 이용하여(Krause et al., 2010) 각 지역의 토지이용에 따른 대기오염 농도와 저체중아 출생률과의 관련성에 대해 인과관계에 대한 매개효과를 확인한 결과와 일치한다. 또한 우리의 연구결과와는 상반된 연구결과로 임신 기간 중 대기 오염 물질 SO₂와 CO에 노출되면 임신 주수가 지연되어 태아의 체중이 증가하고 모체 내에서 저산소증을 유발한다는 연구도 있었다(Capobussi et al., 2016).

최근 토지 이용 연구에서 지역을 특징별로 나눌 때 군집 분석(클러스터 분석) 방법을 사용하여 분석한 연구들이 활성화되고 있다(McLinden, 2017). 기존의 연구들은 도시 및 도로 면적과 녹지토만 토지이용을 나눠서 분석하였지만, 본 연구를 통해서 토지이용에 대해 군집분석(클러스터분석)을 이용하여 도시의 상업지역, 공업지역, 주거지역, 녹지지역 특성에 따라 구분하여 분석하였고, 토지이용과 저체중아 출산의 노출물질에 대한 매개효과 분석을 실행한 부분은 우리 연구의 강점이라고 할 수 있다.

지금까지 토지이용과 임신부와 태아의 건강영향을 분석한 연구는 소수의 연구에만 있었다. 연구는 일반적인 이론에 입각하여 녹지에 대한 긍정적인 영향을 증명한다. 그리고 실용적으로 서울의 자치구별 실제 녹지와 공업, 주거, 상업지역이 혼재되어 있는 상황에서, 토지 환경이 인체 건강에 미치는 영향에 대해서 군집 분석과 더미변수에 의한 회귀분석을 이용한 것은 이 논문의 특징이다.

다만 이 연구에 이용된 데이터는 코호트 데이터가 아니며, 자치구별로 평균 되어 있는 데이터를 사용하여, 데이터를 구체적으로 분석하는데 제한이 있었다. 그리고 연구에서 지역별 교란변수(소득, 지역격차)에 대해 고려하지 않은 것은 이 연구의 제한점이다.

지역별 교란변수를 고려하지 않은 것은 자치구마다 상업, 공업, 주거, 녹지 비율은 간접적으로 지역의 소득수준, 사회적 경제적 수준을 포함한다. 그래서 교란 변수로서 소득 및 지역 격차를 따로 고려한다면 또 다른 바이어스가 발생할 수 있는 가능성이 있어 고려하지 않았다. 하지만 이것은 향후 더 추가적인 연구의 필요성을 제시한다.

이 연구결과는 서울지역의 향후 환경오염문제와 저체중아 출산율 문제를 동시에 해결할 수 있는 방법을 제시하였다. 그리고 서울시 자치구별 모자보건을 위한 환경정책에 실용적으로 응용 할 수 있는 연구이다. 향후 토지용도가 다들수록 출산 환경을 악화시키는 온도, PM_{2.5}, CO, SO₂, 화학물질 등 과 같

은 세부적인 원인물질에 대한 다각적인 추가 연구가 필요하다.

결론

본 연구를 통해 자치구별 토지사용비율의 차이는 대기환경 요인 차이에 대한 연관성을 갖고 있고, 토지이용에 따라 저체중아 출산 비율에 영향을 미치는 경향성을 확인하였다. 결론적으로 토지 사용 비율에 따라 주거, 상업, 공업, 녹지 비율 등급이 다르며 그에 따른 저체중아 출산 비율이 달라지는 결과를 얻었다. 공업비율이 높은 등급은 공업 비율이 낮은 등급에 비해 저체중아 출산비율이 높아졌고, 녹지비율이 높은 등급은 녹지 비율이 낮은 등급에 비해 저체중아 출산 비율이 낮아졌다.

이 연구결과를 통해 녹지 환경 조성의 중요성을 강조한다. 서울의 연도별 저체중아 출산비율이 증가하기 때문에 특히 녹지지역이 부족하고, 공업 지역 비율이 높은 지역에 거주하는 임산부들은 출산환경 및 거주환경(미세먼지, 온도, 공기정화 등)을 관리하는데 더욱 주의해야 한다.

감사의 글

본 연구는 2018년도 모자보건학회 미래모자보건학자상 지원을 받아 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Arroyo V, Díaz J, Carmona R, Ortiz C, Linares C. Impact of air pollution and temperature on adverse birth outcomes: Madrid, 2001–2009. *Environ Pollut* 2016;218:1154–61.
- Bulejko P, Adamec V, Skeřil R, Schüllerová B, Bencko V. Levels and Health Risk Assessment of PM. *Cent Eur J Public Health* 2017;25(2):129–34.
- Capobussi M, Tettamanti R, Marcolin L, Piovesan L, Bronzin S, Gattoni ME, et al. Air Pollution Impact on Pregnancy Outcomes in Como, Italy. *J Occup Environ Med* 2016;58(1):47–52.
- Choe JH, Han JY. Preconception care for men. *J Korean Soc Matern Child Health* 2016;20(1):1–11.
- Chung SH, Bae CW. Improvement in the Survival Rates of Very Low Birth Weight Infants after the Establishment of the Korean Neonatal Network: Comparison between the 2000s and 2010s. *J Korean Med Sci* 2017;32(8):1228–34.
- Dadvand P, Ostro B, Figueras F, Foraster M, Basagaña X, Valentín A, et al. Residential proximity to major roads and term low birth weight: the roles of air pollution, heat, noise, and road-adjacent trees. *Epidemiology* 2014;25(4):518–25.
- David M. Stieb, Li Chen, Bernardo S. Beckerman, Michael Jerrett, Daniel L. Crouse, D. Walter Rasugu Omariba, et al. Associations of Pregnancy Outcomes and PM2.5 in a National Canadian Study. *Environ Health Perspect* 2016; 124(2):243–9.
- Delfino RJ, Wu J, Tjoa T, Gullesterian SK, Nickerson B, Gillen DL. Asthma morbidity and ambient air pollution: effect modification by residential traffic-related air pollution. *Epidemiology* 2014;25(1):48–57.
- Ebisu K, Holford TR, Bell ML. Association between greenness, urbanicity, and birth weight. *Sci Total Environ* 2016; 542(Pt A):750–6.
- Ghosh JK, Wilhelm M, Su J, Goldberg D, Cockburn M, Jerrett M, et al. Assessing the influence of traffic-related air pollution on risk of term low birth weight on the basis of land-use-based regression models and measures of air toxics. *Am J Epidemiol* 2012;175(12):1262–74.
- Gilman-Sachs A, Dambaeva S, Salazar Garcia MD, Hussein Y, Kwak-Kim J, Beaman K, et al. Inflammation induced preterm labor and birth. *J Reprod Immunol* 2018;129:53–8.
- Habermann M, Gouveia N. Socioeconomic position and low birth weight among mothers exposed to traffic-related air pollution. *PLoS One* 2014;9(11):e113900.
- Hughes MM, Black RE, Katz J. 2500-g Low Birth Weight Cutoff: History and Implications for Future Research and Policy. *Matern Child Health J* 2017;21(2):283–9.
- Kashima S, Naruse H, Yorifuji T, Ohki S, Murakoshi T, Takao S, et al. Residential proximity to heavy traffic and birth weight in Shizuoka, Japan. *Environ Res* 2011;111(3):377–87.
- Kim D, Chen Z, Zhou LF, Huang SX. Air pollutants and early origins of respiratory diseases. *Chronic Dis Transl Med* 2018;4(2):75–94.
- Krause MR, Serlin RC, Ward SE, Rony RY, Ezenwa MO, Naab F. Testing mediation in nursing research: beyond Baron and Kenny. *Nurs Res* 2010;59(4):288–94.
- Kwak-Kim J, Bao S, Lee SK, Kim JW, Gilman-Sachs A. Immunological modes of pregnancy loss: inflammation, immune effectors, and stress. *Am J Reprod Immunol* 2014; 72(2):129–140.
- Lin CM, Li CY, Mao IF. Increased risks of term low-birth-weight infants in a petrochemical industrial city with high air pollution levels. *Arch Environ Health* 2004;59(12): 663–8.
- Margerison-Zilko CE, Li Y, Luo Z. Economic Conditions During Pregnancy and Adverse Birth Outcomes Among Singleton Live Births in the United States, 1990–2013.

- Am J Epidemiol 2017;186(10):1131–9.
- McLinden D. And then the internet happened: Thoughts on the future of concept mapping. *Eval Program Plann* 2017; 60:293–300.
- Min KD, Kwon HJ, Kim K, Kim SY. Air Pollution Monitoring Design for Epidemiological Application in a Densely Populated City. *Int J Environ Res Public Health* 2017;14(7): 686.
- Rich DQ, Liu K, Zhang J, Thurston SW, Stevens TP, Pan Y, et al. Differences in Birth Weight Associated with the 2008 Beijing Olympics Air Pollution Reduction: Results from a Natural Experiment. *Environ Health Perspect* 2015;123(9):880–7.
- Tu J, Tu W, Tedders SH. Spatial variations in the associations of term birth weight with ambient air pollution in Georgia, USA. *Environ Int* 2016;92–93:146–56.
- Vadillo-Ortega F, Osornio-Vargas A, Buxton MA, Sánchez BN, Rojas-Bracho L, Viveros-Alcaráz M, et al. Air pollution, inflammation and preterm birth: a potential mechanistic link. *Med Hypotheses* 2014;82(2):219–24.
- WHO. Air pollution and child health: prescribing clean air. Summary. Geneva: World Health Organization; 2018 (WHO/CED/PHE/18.01). Licence: CC BY–NC–SA 3.0 IGO.
- Wilhelm M, Ghosh JK, Su J, Cockburn M, Jerrett M, Ritz B. Traffic-related air toxics and term low birth weight in Los Angeles County, California. *Environ Health Perspect* 2012;120(1):132–8.
- Yanfen Lin, Leilei Zhou, Jian Xu, Zhongcheng Luo, Haidong Kan, Jinsong Zhang, et al. The impacts of air pollution on maternal stress during pregnancy. *Sci Rep* 2017;7:40956.
- Yang H, Chen W, Liang Z. Impact of Land Use on PM. *Int J Environ Res Public Health* 2017;14(5):462.
- Yorifuji T, Kashima S, Doi H. Outdoor air pollution and term low birth weight in Japan. *Environ Int* 2015;74:106–11.
- Zhang X, Wang D, Hao H, Zhang F, Hu Y. Effects of Land Use/Cover Changes and Urban Forest Configuration on Urban Heat Islands in a Loess Hilly Region: Case Study Based on Yan'an City, China. *Int J Environ Res Public Health* 2017;14(8):840.
- Zhou W, Ji S, Chen TH, Hou Y, Zhang K. The 2011 heat wave in Greater Houston: Effects of land use on temperature. *Environ Res* 2014;135:81–7.