

겨울철 서울시 일부 실내스포츠시설에서 금연정책 실시 전후 PM_{2.5} 농도 비교

김윤지* · 이기영* · 김승원**†

*서울대학교 보건대학원 환경보건학과, **계명대학교 자연과학대학 공중보건학전공

Comparison of PM_{2.5} Concentrations before and after Smoke-free Policy in Some Indoor Sports Facilities in Seoul

Yoonjee Kim*, Kiyoung Lee*, and Seung Won Kim**†

*Department of Environmental Health Science, Graduate School of Public Health, Seoul National University

**Department of Public Health, Keimyung University

ABSTRACT

Objectives: This study examined the impact of a smoke-free policy on indoor air quality at indoor recreation facilities by assessing PM_{2.5} concentrations before and after the implementation of the new policy.

Methods: Using real-time monitors, PM_{2.5} concentrations were measured in 50 billiard rooms and 50 golf simulator rooms in Seoul, Korea. The characteristics of the indoor recreation facilities, smoking status, and atmospheric conditions were recorded at the same time. After the enforcement of a smoke-free policy, PM_{2.5} concentrations, installation of smoking room, and smoking status were examined when the facilities were revisited.

Results: Almost a half of the billiard rooms and over 80% of golf simulator rooms were located underground. Seventy percent of the billiard rooms and one hundred percent of the golf simulator rooms were equipped with a local exhaust ventilation system. After the implementation of the smoke-free policy, 46% of the billiard rooms and 20% of the golf simulator rooms newly installed a smoking room. In the billiard rooms with a newly-installed smoking room, the PM_{2.5} concentrations decreased from 97.9 to 45.6 µg/m³ after the implementation of the smoke-free policy. The same change of 29.0 to 26.3 µg/m³ was not statistically significant in golf simulator rooms. Indoor PM_{2.5} concentrations were correlated with outdoor PM_{2.5} concentrations, number of smokers, and number of people in the room.

Conclusions: The smoke-free policy for indoor recreation facilities was not effective at making the indoor spaces free from secondhand smoke. Although a few billiard rooms installed a smoking room, indoor PM_{2.5} concentrations were still higher than those of outdoor PM_{2.5} or atmospheric PM_{2.5}. Stricter enforcement of the smoke-free policy should be achieved to prevent secondhand smoke exposure.

Keywords: secondhand smoke exposure, PM_{2.5}, smoke-free policy, indoor sports facility

I. 서론

간접흡연(secondhand smoke, SHS)은 비자발적으로 담배연기에 노출되는 것을 말하며 직접적인 흡연

과 유사한 종류의 건강영향을 발생시킬 수 있다.¹⁾ 간접흡연은 폐암을 포함하여 노출 경로인 호흡기 질환을 시작으로 심혈관계 질환 및 뇌졸중을 포함하는 신경계 질환의 발병과 관계가 있다.²⁻⁴⁾

†Corresponding author: Department of Public Health, Keimyung University, 1095, Dalgubeol-Daero, Daegu 42601, Korea, Tel: +82-53-580-5197, E-mail: swkim@kmu.ac.kr

Received: 04 June 2018, Revised: 18 June 2018, Accepted: 20 June 2018

담배연기에는 7,000가지 이상의 화학물질과 약 70종의 확인된 발암물질이 포함되어 있다.⁵⁾ 이러한 성분들 중 간접흡연으로 인한 담배연기 노출 수준을 대표하는 지표로 니코틴, 3-EP, 호흡성분진 등이 사용된다. 전술한 지표물질들을 공기 중이나 물체 표면에서 직접 측정할 수도 있고 생체시료에서 지표물질이나 그 대사물을 분석할 수도 있다.⁶⁾ 최근에는 비교적 저렴한 비용으로 PM_{2.5} 농도의 실시간 측정이 가능해져서 이 방법을 이용한 담배연기 노출 평가가 빈번히 이루어졌다.^{7,9)}

공공장소에서 간접흡연으로 인한 담배연기 노출 및 그로 인한 위험성을 줄이기 위한 방법 중 가장 널리 이용되는 것 중 하나는 금연정책의 시행이다.¹⁰⁾ 미국과 유럽에서 음식점, 바, 볼링장 등의 장소에서 금연정책 실시 후 PM_{2.5} 농도가 86%-91% 감소되었다는 보고가 있다.^{7,11)}

우리나라의 공공장소 금연정책은 국민건강증진법을 통해 시행되고 있다. 국민건강증진법 제9조 4항에서는 해당 시설 전체를 금연구역으로 지정하고 금연연구역을 알리는 표지를 설치해야 하는 시설들의 목록이 나열되어 있으며, 이 목록에는 PC방이 포함된다. PC방 금연정책은 2003년 흡연구역과 금연연구역을 구분하는 것을 시작으로 점차 강화되어 2014년 1월 1일부터 전면적인 금연을 포함하게 되었다. 전면적인 금연정책 실시 전후 PC방에서 PM_{2.5}의 농도는 139.6 µg/m³ (GSD=1.8)에서 55.7 µg/m³ (GSD=2.7)으로 낮아져 60.1%의 감소율을 보였다.⁸⁾ 이 농도에는 금연정책 후에도 흡연이 관측된 결과가 포함되기 때문에 흡연이 관측되지 않은 PC방으로 한정하면 126.2 µg/m³ (GSD=1.7)에서 37.2 µg/m³ (GSD=2.6)로 낮아져 70.5%의 PM_{2.5} 농도 감소 효과가 나타났다 할 수 있다.

최근 개정에서 국민건강증진법 제9조 4항에는 체육시설업에 해당되는 체육시설 중 실내에 설치된 체육시설이 금연정책 대상으로 포함되었으며, 2017년 12월 3일부터 이 정책이 시행되었다. 이들 실내 체육시설 중 흡연이 빈번히 이루어져온 장소로는 골프연습장업 및 당구장업을 들 수 있다. 2015년 기준 전국에 신고된 당구장은 21,980개소이며, 골프연습장 9,222개소 중 실내 연습장은 4,109개, 스크린 연습장은 4,504개소이다.¹²⁾

우리나라에서 공공시설의 금연정책에 따른 효과평

가에 대한 연구는 PC방과 식당을 중심으로 이루어져 왔으며 다른 실내 공공장소에 대한 평가는 거의 없다. 본 연구의 목적은 서울시내 당구장 및 스크린골프장을 대상으로 금연정책 시행 전과 후의 PM_{2.5} 농도수준을 평가하는 것이다.

II. 연구 방법

1. 조사대상

본 연구는 서울특별시 14개 구에 개업하고 있는 실내 스포츠시설을 대상으로 하였다. 대표적인 실내 스포츠시설인 당구장과 스크린골프장(업종분류 통계에서는 ‘골프 연습장 중 스크린 연습장’으로 분류하지만 이후로는 편의상 스크린골프장으로 통일하여 기술하였음)을 각각 50개소씩 선정하여 총 100개소를 조사하였다. 조사시기는 실내 스포츠시설 금연정책 실시 전후로 이루어졌다. 금연정책 실시 전 1차 측정시기는 2017년 2월이었으며, 금연정책 실시 후 2차 측정시기는 2017년 12월~2018년 1월이었다. 실내 스포츠시설의 주 이용시간대인 정오부터 오후 10시 사이에 연구원이 개별 방문하여 조사하였다. 1차 측정에서는 100개소가 모두 조사되었으며, 2차 측정에서는 1차 조사를 위한 방문 당시 흡연이 이루어지고 있는 당구장 37개와 스크린골프장 17개소에 대해서만 조사하였다. 그렇게 함으로써 금연정책 시행으로 인한 흡연관련 특성의 변화를 관찰하고자 하였다.

2. PM_{2.5}와 온습도 측정

공기질에 관한 조사를 위해 PM_{2.5} 농도와 온습도를 측정하였다. 공기 중 PM_{2.5} 농도에 대한 자료의 수집은 두 가지 경로로 이루어졌다. 각 시설에 대한 직접적인 자료의 수집은 연구원이 휴대용 측정기를 이용하여 수집하였고, 같은 시간 대기 중 PM_{2.5} 농도는 환경부 대기오염측정망 중 각 시설이 위치한 장소에서 가장 가까운 PM_{2.5} 측정장비가 설치된 도시대기측정소의 공개자료를 수집하여 기록하였다. 각 실내스포츠 시설에 대해 시설 내 PM_{2.5} 농도와 온습도를 1분 간격으로 40분간 측정하였고 그 전후로 각각 10분씩 시설이 위치하고 있는 건물 밖에서 PM_{2.5} 농도와 온습도를 측정하였다. 당구장에서는 흡의 중심에서 측정하였으며 스크린골프장에서는 이용 중인 방을 1개 선정하여 사람들이 자신의 차례를 기다리

며 모여있는 장소의 중심에서 측정하였다.

PM_{2.5} 농도의 직접적인 측정에는 Side-Pak (Model AM510, TSI Inc., MN, USA)을 이용하였다. 공기 중 부유입자 중 2.5 μm보다 작은 입자를 선별하기 위해 PM_{2.5} 충돌분리기(impactor)를 SidePak에 장착하였다. 측정 전에 고효율필터를 이용하여 영점보정을 실시하였다. 데이터 수집 간격과 유량은 각각 1분 및 1.7 L/min으로 설정하여 유지하였다. SidePak 처럼 광산란(light scattering)을 이용하여 입자 크기와 농도를 측정하는 기기를 이용할 때는 입자의 광산란 특성에 따라 발생하는 오차를 보정하기 위해 보정계수를 적용한다. 간접흡연을 포함한 담배연기에 입자에 적용하는 계수는 0.295로 알려져 있고 이를 적용하였다.⁷⁾

온습도의 측정은 데이터 저장기능이 있는 온습도 데이터 로거(HOBO UX100-003, Onset, MA, USA)를 이용하였다. 측정 전 시간을 맞추고 측정시간과 함께 온습도 자료가 1분 간격으로 저장되도록 설정하여 현장 연구원이 조사기간 동안 외기에 노출되도록 휴대하였다. 기록된 측정시간을 이용하여 PM_{2.5} 농도와 온습도 자료를 매칭하여 분석하였다.

3. 시설의 환경 특성 및 흡연 특성

시설의 환경 특성에 관한 사항으로는 시설이 위치한 건물층수, 측정대상 공간의 체적(당구장에서는 시설 전체, 스크린골프장에서는 방 한 개), 환기방법 및 국소환기(local exhaust ventilation, LEV) 개수, 환기 여부, 창문 유무를 조사하였다. 건물층수 정보를 이용하여 지상과 지하를 구분하였다. 환기방법은 자연환기, 국소환기, 자연환기와 국소환기의 혼합의 3가지 카테고리로 구분하였다. 환경 특성 내용은 2차 측정에서 변하지 않은 것을 확인하였다.

흡연 관련 특성을 파악하기 위해 조사된 내용은 흡연자수, 재실자수, 흡연실 설치 여부, 화장실 위치(내부/외부)였다. 흡연자수와 재실자수는 당구장에서만 조사되었으며 그 이유는 스크린골프장에서는 시설의 방별 구조 및 운영특성상 조사자가 모든 방의 상황을 확인할 수 없었기 때문이다. 화장실은 종종 흡연장소로 사용되는 경우가 많아 조사대상에 포함되었다. 흡연 관련 특성에 대한 자료는 금연정책 실시 후 2차 조사에서도 수집하였다.

4. 통계분석

공기 중 PM_{2.5} 농도를 분석할 때는 대수정규분포를 가정하여 분석하였다. 공기 중 오염물질의 농도는 대체적으로 대수정규분포(lognormal distribution)한다고 보고되어 왔기 때문이다. 조사과정에서 기기 에러 등의 이유로 1차와 2차 PM_{2.5} 측정값이 모두 존재하지 않는 자료들은 제외하였다. 공기조화설비가 가동되지 않는 건물에서 실내 PM_{2.5} 농도는 실외 PM_{2.5} 농도의 영향을 많이 받기 때문에 실외 PM_{2.5} 농도를 빼서 보정한 실내 PM_{2.5} 농도도 계산해서 비교하였다. 이때, 보정으로 인해 음수값이 생기는 경우 보정된 양수값 중 최저치로 대체하여 비교하였다.

Paired t-test를 이용하여 실내전면금연정책 시행 전후의 실내 스포츠시설의 실내 PM_{2.5} 농도를 비교하였다. 상관분석을 통하여 실내 PM_{2.5} 농도와 다른 공기질에 관한 지표, 시설의 환경 특성, 그리고 흡연 특성들 간의 관계를 평가하였다. 통계 분석은 SPSS 25 (IBM, Armonk, NY, USA)를 이용하였다.

III. 결 과

1. 조사대상의 일반적 특성

연구대상으로 선정된 당구장과 스크린골프장은 각각 서울시 10개 구에 위치하고 있는 50개소였다. 각 시설의 위치를 지하와 지상으로 구분했을 때 시설 체적의 차이는 Table 1과 같았다. 시설의 위치에 따른 실내 체적의 차이는 스크린골프장에서 더 크게 관찰되었지만 통계적으로 유의한 차이는 아니었다.

당구장에서는 약 절반에 해당하는 24개소에 창문이 있었고, 스크린골프장에서는 1개소에만 창문이 있었다. 창문이 있는 당구장 중 21개소에서 국소배기장치를 단독으로 이용하거나 자연환기와 혼합하여 사용하고 있었고, 나머지 창문이 없는 당구장에서는 1개소를 제외하고 모두 국소배기장치만 단독으로 사용하고 있었다. 스크린골프장에서는 창문의 존재여부와 상관없이 모든 시설에 국소배기장치가 설치되어 있었다.

영업 중 환기 여부를 확인한 결과를 Table 2에 정리하였다. 국소배기장치가 설치된 시설에서 환기장치가 가동되지 않거나 작동여부를 확인하기 어려운 경우가 많았다. 두 방법을 모두 사용한다고 응답한

Table 1. Location and volume of indoor sports facilities

Location	Billiard room		Golf simulator room	
	n	Volume, m ³ (mean±SD)	n	Volume, m ³ (mean±SD)
Underground	23	776±1075	41	97±71
Overground	27	744±834	9	66±8
Total	50	759±953	50	92±68

Table 2. Type of ventilation and their condition in indoor sports facilities

Type of ventilation Ventilation condition	Number of facilities (average number of LEVs*)		Total
	Billiard room	Golf simulator room	
Natural ventilation	4		4
Ventilated	2		2
Not ventilated	1		1
Not checkable	1		1
Local exhausted ventilation (LEV)	35 (15.4)	50 (3.3)	85
Ventilated	11 (10.6)	11 (3.7)	22
Not ventilated	4 (7.5)	8 (2.8)	12
Not checkable	20 (19.7)	31 (3.2)	51
Combination of both	11 (5.5)		11
Ventilated	10 (5.8)		10
Not ventilated	0		0
Not checkable	1 (3.0)		1
Total	50 (13.0)	50 (3.3)	100

*LEVs: local exhaust ventilations

경우에는 대부분 방문 당시 환기가 이루어지고 있었다. 국소배기장치의 개수는 국소배기장치를 환기방법으로 선택한 경우 당구장에서 평균 15.4개, 스크린골프장에서 평균 3.3개가 설치되어 있었다. 당구장에서는 국소배기장치의 작동여부를 알 수 없는 20개소의 평균 국소배기장치수가 19.7개로 가장 많았다.

흡연실은 금연정책 실시 전 당구장 7개소(14%), 스크린골프장 3개소(6%)에 설치되어 있었다. 금연정책 실시 후 조사된 54개 업소 중 흡연실이 새로 설치된 곳은 당구장 23개소, 스크린골프장 10개소였다. 금연정책 실시 후 조사된 곳은 모두 흡연자가 있는 곳이었다. 흡연실이 있다가 없어진 곳도 1개소 존재했다. 당구장 9개소, 스크린골프장 7개소는 금연정책 실시 후에도 흡연실 없이 영업을 하고 있었다.

금연정책 실시 전 현장조사 당시 흡연자가 존재했던 비율은 당구장이 90%, 스크린골프장이 38%였다. 흡연이 이루어지던 당구장에서 평균 흡연자수는 3.5명, 평균 재실자수는 16.2명, 평균 체적은 813 m³이

었다. 흡연자가 없던 당구장의 경우 평균 재실자수가 4.2명이었고 평균 체적은 276 m³이었다.

화장실이 시설 내에 설치된 당구장은 32개소였으며 실내골프장은 22개였다. 당구장에서 건물 내 다른 곳에 화장실이 설치된 경우와 비교했을 때 평균 흡연자수는 3.7명과 3.2명으로 거의 차이가 없었지만 평균 체적은 929 m³와 447 m³으로 상당한 차이를 보였다.

2. 금연정책 실시 전후 PM_{2.5} 농도 비교

금연정책 실시 전후 당구장에서 PM_{2.5} 농도를 흡연실 설치 여부 및 흡연자 유무에 따라 정리하면 Table 3과 같다. 금연정책 실시 전부터 흡연실이 설치되어 있던 경우 PM_{2.5} 농도 차이가 거의 나타나지 않은 반면 흡연실이 없던 업소에서는 절반 이상의 감소효과가 나타났다. 하지만 흡연자가 없는 경우보다는 여전히 높은 PM_{2.5} 농도를 보였다.

첫 번째 조사에서 흡연한 경우로 한정해 각 실내

Table 3. Changes of indoor PM_{2.5} concentrations before and after smoking free policy by the installation of smoking room and by the presence of smoker in billiard rooms

Smoking room before smoking free policy	Smoking	n	Indoor PM _{2.5} (µg/m ³)	
			Before	After
Installed		7	50.7	
	O	5	66.7	57.5
	X	2	10.5	NA
Not installed		43	92.7	
	O	40	97.9	45.6
	X	3	22.4	NA
Total		50	86.8	47.2*

*average of 45 instead of 50

스포츠시설에서 금연정책 실시 전후 PM_{2.5} 농도를 비교하면 그 결과가 Table 4와 같이 요약될 수 있다. 실내 PM_{2.5} 농도는 실외 PM_{2.5} 농도의 영향을 많이 받을 수 있기 때문에 둘의 차이(indoor PM_{2.5}-outdoor PM_{2.5})를 계산하여 동시에 비교하였다. 금연정책 실시 후 조사에서는 흡연을 하는 경우에만 조사했기 때문에 흡연이 있었던 시설에서만 통계적 비교가 가능했다. 비교를 위해 금연정책 실시 전 흡연하지 않는 경우 PM_{2.5} 농도도 Table 4에 표시하였다. 당구장에서 PM_{2.5} 농도는 금연정책 실시 전후 통계적으로 유의한 차이가 보였으며 실외 PM_{2.5} 농도를 보정한 경우에도 같은 결과가 나타났다(p<0.01). 스크린골프장에서도 변화 폭은 당구장보다 작지만 금연정책 전후 PM_{2.5} 농도 차이가 유의하게 나타났다(p<0.05).

3. PM_{2.5} 농도에 영향을 미치는 요소들의 상관성

당구장에서 금연정책 실시 전후 PM_{2.5} 농도에 영향을 미치는 인자들의 상관성을 보기 위해 주요변수

들 간의 상관계수를 계산하였다(Table 5). 실내체육시설 안의 PM_{2.5} 농도는 금연정책 실시 전에 실외 PM_{2.5} 농도, 실내 습도, 실외 습도, 시설의 체적, 층수, 재실자수 및 흡연자수와 상관관계를 보였지만 금연정책 실시 후에는 실외 PM_{2.5} 농도에게만 상관성을 나타냈다. 금연정책 실시 전 실내 온도 및 습도는 실외 온도 및 습도와 강한 상관관계를 보였지만 금연정책 실시 후에는 습도만 강한 상관관계를 유지하였다. 지상에 위치한 시설로 한정하는 경우 더 강화된 상관성을 보였다.

IV. 고찰

조사대상의 일반적인 특성에서 당구장은 약 절반에 해당하는 23개의 시설이 지하에 위치한 반면 스크린골프장은 80% 이상인 41개의 시설이 지하에 위치해 있었다(Table 1). 지상과 지하의 위치에 따른 PM_{2.5} 농도 차이는 통계적으로 유의하지 않았다. 이 사실은 지하에 위치해 있더라도 환기시설을 적절히 설치하고 가동한다면 실내 PM_{2.5} 농도가 관리될 수 있다는 간접적인 증거일 수 있다. PC방을 대상으로 했던 2013-2014년 조사에서 실내 PM_{2.5} 농도는 지하에서의 농도가 지상보다 55% 더 높게 보고되었다.⁸⁾

실내 당구장의 체적이 스크린골프장보다 평균 8.3배 정도 큰 것으로 나타났는데, 이것은 스크린골프장이 여러 개의 독립된 방으로 이루어져 있어 그 중 한 곳의 체적을 조사했기 때문이다. Table 5에서 실내스포츠시설의 체적은 실내 PM_{2.5} 농도와 강한 상관관계를 보였는데 금연정책 실시 후에는 유의하지 않았다. 이것은 흡연실 설치에 따라 변화된 내용으로 해석된다. 즉, 흡연실이 별도로 없는 경우 규모가 큰 시설은 여러 명의 손님을 동시에 받을 수 있고, 이들 손님 중에 흡연자의 비율은 어느 정도 일

Table 4. Comparison of indoor PM_{2.5} concentrations before and after smoking free policy by the presence of smoker in indoor sports facilities

Type of facilities	Smoking	n	Average of indoor PM _{2.5} , µg/m ³			Average of (indoor PM _{2.5} -outdoor PM _{2.5}), µg/m ³		
			Before	After	p-value	Before	After	p-value
Billiard room	O	37	82.0	25.7	<0.01	47.7	0.6	<0.01
	X	5	15.9	-	-	0.1	-	-
Golf simulator room	O	16	23.0	13.8	<0.05	1.3	0.1	0.13
	X	31	13.5	-	-	0.1	-	-

Table 5. Pearson correlation coefficients between some variables before and after (shaded) smoking free policy

Correlation coefficient	Indoor PM _{2.5}	Outdoor PM _{2.5}	Atmospheric PM _{2.5}	Indoor temperature	Indoor humidity	Outdoor temperature	Outdoor humidity	Volume of the room	Number of floors	Smokers in the room	People in the room
Indoor PM _{2.5}	1.00	0.63**	0.14	0.18	0.13	0.22	0.11	-0.04	-0.09	-0.24	-0.11
Outdoor PM _{2.5}	0.52**	1.00	0.42**	0.14	0.26	0.42**	0.25	0.05	-0.03	-0.10	-0.05
Atmospheric PM _{2.5}	0.11	0.61**	1.00	0.01	0.55**	0.48**	0.66**	0.25*	-0.04	0.42	0.43*
Indoor temperature	-0.01	-0.14	-0.30**	1.00	-0.14	0.11	-0.02	0.06	-0.10	0.22	0.43*
Indoor humidity	0.25*	0.24*	0.26**	-0.11	1.00	0.38**	0.82**	0.20	-0.02	0.31	0.17
Outdoor temperature	-0.20	-0.02	0.14	0.46**	0.05	1.00	0.23	0.05	-0.05	0.17	0.17
Outdoor humidity	0.22*	0.05	0.11	0.07	0.82**	0.21*	1.00	0.41**	-0.04	0.29	0.29
Volume of the room	0.35**	0.34**	0.11	0.02	0.09	0.07	0.11	1.00	0.18	0.53*	0.21
Number of floors	0.28**	0.26*	0.05	-0.07	-0.04	-0.05	-0.03	0.18	1.00	-0.28	-0.03
Smokers in the room	0.48**	0.32*	0.20	-0.28	0.08	-0.16	-0.02	-0.04	0.26	1.00	0.59**
People in the room	0.35*	-0.02	-0.16	0.06	0.20	-0.07	0.25	0.23	0.11	0.47**	1.00

**p<0.01, *p<0.05

정할 것이기 때문에 체적이 실내 PM_{2.5} 농도와 상관성을 보이지만 독립된 흡연실이 존재하는 경우 둘 사이의 상관성이 없어진다고 볼 수 있다.

스크린골프장의 환기시설은 모두 국소배기장치로 조사되었는데 이것은 전술한 대로 독립된 방의 구조를 가지는 특징에서 유래한 것으로 보인다. 이 때문인지 흡연자가 있는 경우에도 실내 PM_{2.5} 농도는 흡연자가 있는 당구장의 PM_{2.5} 농도보다 3.4배 낮았다. 다만 이 결과는 환기장치의 작동여부를 시각적으로 확인하기 어려운 경우가 60% 이상 되었다는 사실에 유념해서 해석해야 한다. 스크린골프장의 실내 PM_{2.5} 농도가 낮은 다른 이유로는 재실자수 및 흡연자수의 차이를 들 수 있다. 당구장의 경우 최대 재실자수는 40명, 최대 흡연자수는 12명이었는데, 이 숫자는 스크린골프장 한 개의 방에서 기대할 수 없기 때문이다.

본 연구의 제한점 중 하나로 흡연 이외에 다른 PM_{2.5} 발생원을 고려하지 않은 것을 들 수 있다. 실내이긴 하지만 스포츠 시설들이므로 재실자들의 활동에서 미세먼지 발생이 예상되지만 이 점이 고려되

지는 않았다. Table 5에서 금연정책 실시 전 재실자수와 실내 PM_{2.5} 간에 유의한 상관성이 관찰되지만 금연정책 실시 후로는 관찰되지 않았다. 이것은 재실자수와 흡연자수 간의 강한 상관관계로 인해 나타난 것으로 해석될 수 있다. 즉, 본 연구에서 나타난 결과를 이차적으로 해석하면 재실자들의 스포츠 활동 정도가 금연정책 전후로 유사하다고 가정할 때 스포츠 활동에 따른 초미세먼지 발생은 무시할 만하다고 할 수 있다.

국민건강증진법 개정에 따른 실내스포츠시설 금연정책 실시 전 흡연이 이루어지고 있는 경우와 아닌 경우에서 실내 PM_{2.5} 농도를 비교하면 흡연을 하는 경우 당구장에서 5.5배, 스크린골프장에서 1.9배 높게 나타났다. 흡연은 분명한 실내 미세먼지 발생원이라고 할 수 있다. 금연정책 실시 후 흡연자가 있는 경우 시설에서 PM_{2.5} 농도는 당구장에서 97.8 µg/m³에서 47.2 µg/m³으로 51.7%, 스크린골프장에서 29.0 µg/m³에서 26.3 µg/m³으로 9.3% 감소했다. 통계적 유의성은 당구장에서만 관찰되었다. 이것은 PC

방에서의 금연정책 시행과 비교해볼 수 있는데, Guak et al.¹³⁾은 서울을 포함한 전국 4개 도시 PC방에서 금연정책 실시 후 흡연이 목격되는 경우는 줄었지만 실내 PM_{2.5} 농도에는 통계적으로 유의한 변화가 없다고 보고하였다. 반면 Kim et al.⁸⁾은 PC방을 대상으로 한 연구에서 금연정책 실시 전후 실내 PM_{2.5} 농도에 유의한 차이가 있었지만 기하분포를 가정할 경우 유의한 차이가 없었다고 보고하였다. 본 연구에서는 당구장에서는 금연정책이 어느 정도 효과가 있었고 스크린골프장에서는 거의 효과가 없었다고 할 수 있다. 특히 Table 3에서 흡연실 설치와 관련하여 비교한 경우 금연정책 실시 전 흡연실이 이미 설치된 당구장에서의 PM_{2.5} 농도 감소효과는 미미했던 반면 금연정책 실시 후 설치한 곳에서의 PM_{2.5} 농도는 약 절반으로 감소하였다. 이 차이의 일부는 활동의 특성으로 설명할 수 있는데 컴퓨터 게임의 경우 온라인에 있는 상대에게 자리를 비우기 위한 양해를 구하기 힘들고 높은 몰입성 때문에 흡연실로 이동하는 것을 꺼리는데 반해 당구의 경우 온라인 형태나 혼자 게임을 하는 경우가 없고 게임의 순서가 순환되기 때문에 상대적으로 몰입성이 떨어지기 때문일 수도 있다.

실내 PM_{2.5} 농도를 실외 PM_{2.5} 농도 및 대기 PM_{2.5} 농도와 비교하면 금연정책 실시 전 흡연을 하고 있는 경우 실외 농도와는 3.8배, 대기 농도와는 2.8배 차이를 보였다. 흡연실이 설치되어 있는 경우 실외 농도의 3.3배, 대기 농도의 2.7배로 나타났다. 금연정책 실시 후에 흡연실이 없는 시설에서 흡연하고 있는 경우 실외 농도의 1.8배, 대기 농도의 1.4배로 어느 정도 낮아진 것을 알 수 있다. 실외와 실내의 PM_{2.5} 농도 차이를 이용하여 보정하는 것은 두 농도 간에 유의한 상관성이 있다는 본 연구의 결과 및 다른 연구에서 보고된 유사한 결과를 참고했을 때 의미가 있는 시도이다.¹³⁾ Table 4에서 보듯이 실내 PM_{2.5} 농도에서 실외 PM_{2.5} 농도를 뺀 값을 가지고 비교한 경우에도 당구장에서는 금연정책 실시 전후로 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 스크린연습장에서는 정규분포를 가정하는 경우 유의한 차이가 없었던 반면 기하분포를 가정하는 경우 실내 PM_{2.5} 농도의 비교에서는 유의한 차이가 나타났다. 실내 PM_{2.5} 농도와 실외 PM_{2.5} 농도 차이를 비교하는 경우 흡연 여부에 따른 차이는 유의하지 않았다.

흡연실이 새로 설치된 전후 실내 PM_{2.5} 농도를 비교하면 통계적으로 유의한 차이를 보여주었는데, 감소된 농도도 여전히 실외나 대기 PM_{2.5} 농도보다는 높았다. 이는 PC방에서의 연구와 일치한다.⁸⁾ 해외 연구에서도 흡연실 설치 후에도 담배연기가 새어나올 수 있는 가능성에 대해서 보고하였다. 미국 한 공항 로비에 설치된 흡연실의 내부 및 외부 PM_{2.5} 농도를 동시에 모니터링 하였을 때 흡연실 안에서 흡연을 하면 내부 및 외부 PM_{2.5} 농도가 동시에 증가하였다.¹⁴⁾ 미국 내 다른 공항을 대상으로 한 다른 연구에서 흡연실 외부 공기에서는 니코틴이 0.46-0.72 µg/m³ 범위에서 측정되었지만 흡연실에서 떨어진 금연장소에서는 니코틴이 검출한계 이하로 보고되었다.¹⁵⁾ 본 연구의 결과에서도 흡연실 설치 후 실내 PM_{2.5} 농도는 실외나 대기 PM_{2.5} 농도에 비해서 여전히 높기 때문에 추가적인 대책이 요구된다.

V. 결 론

당구장과 골프장에서 실내금연정책을 실시했지만 크게 감소되지 않았고 흡연실을 설치한 곳에서도 여전히 높은 수준이었다. 따라서 실내금연정책을 좀 더 강하게 단속과 계몽해야 하고 흡연실의 설치를 허락하지 않아야 한다. 본 연구를 통해 실내 금연정책의 효과성 평가에 대한 기초자료가 보강되었을 것으로 기대한다.

감사의 글

실제 측정을 수행하는데 많은 도움을 준 분들(신혜린, 이지영, 장예림, 하현성)께 감사를 드립니다.

References

1. Environmental Protection Agency. Health Effects of Exposure to Secondhand Smoke. 2015.
2. Pitsavos C, Panagiotakos DB, Chrysoshoou C, Skoumas J, Tzioumis K, Stefanadis C, Toutouzas P. Association between exposure to environmental tobacco smoke and the development of acute coronary syndromes: the CARDIO2000 case-control study. *Tobacco Control*. 2002; 11(3): 220-225.
3. Brennan P, Buffler PA, Reynolds P, Wu AH, Wichmann HE, Agudo A, Pershagen G, Jckel KH, Ben-

- hamou S, Greenberg RS, Merletti F, Winck C, Fontharm ET, Kreuzer M, Darby SC, Forastiere F, Simonato L, Boffetta P. Secondhand smoke exposure in adulthood and risk of lung cancer among never smokers: a pooled analysis of two large studies. *International Journal of Cancer*. 2004; 109(1): 125-131.
4. Sturm JJ, Yeatts K, Loomis D. Effects of tobacco smoke exposure on asthma prevalence and medical care use in North Carolina middle school children. *American Journal of Public Health*. 2004; 94(2): 308-313.
 5. USDHHS. How tobacco smoke causes disease: the biology and behavioral basis for smoking-attributable disease: a report of the Surgeon General. US Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion, Office on Smoking and Health, Atlanta, GA. 2010.
 6. Hwang GS, Paik NW, Ha KC. A study on the concentrations of environmental tobacco smoke in PC game rooms in Seoul. *Korean Journal of Environmental Health*. 2003; 29(3), 46-47.
 7. Lee K, Hahn EJ, Pieper N, Okoli CT, Repace J, Troutman A. Differential impacts of smoke-free laws on indoor air quality. *Journal of Environmental Health*. 2008; 70(8): 24-30.
 8. Kim JH, Kim TH, Hwang YH, Lee KY. Indoor PM_{2.5} concentrations in personal computer (PC) rooms before and after the implementation of smoke-free regulations in Seoul. *Journal of Odor and Indoor Environment*. 2015; 14(1): 1-6.
 9. Kim HJ, Lee KY. Compliance of Indoor Smoke-free Regulation in Internet Cafes of Seoul, Korea. *Journal of the Korean Society for Research on Nicotine and Tobacco*. 2016; 7(1): 12-18.
 10. Suh MK. The recent international trends of smoke-free policies: Canada, Singapore, USA. *Health-welfare Policy Forum* 176, 2011, 72-29.
 11. Semple S, Creely KS, Naji A, Miller BG, Ayres JG. Secondhand smoke levels in Scottish pubs: the effect of smoke-free legislation. *Tobacco Control*. 2007; 16(2): 127-132.
 12. Ministry of Health and Welfare. Prohibiting smoking in billiard room and screen golf course from December 3rd. Announcement from Ministry of Health and Welfare. 2017.
 13. Guak SY, Lee K, Kim SY, Kim SC, Yang WH, Ha KC. Impact of the Smoke-free Law on Secondhand Smoke in Computer Game Rooms. *Journal of Environmental Health Science*. 2015; 41(1): 11-16.
 14. Lee K, Hahn EJ, Robertson HE, Whitten L, Jones LK, Zahn B. Air quality in and around airport enclosed smoking rooms. *Nicotine & Tobacco Research*. 2010; 12(6): 665-668.
 15. Pion M, Givel MS. Airport smoking rooms don't work. *Tobacco Control*. 2004; 13(suppl 1): i37-i40.