대학교 캠퍼스 내 · 외부 Hotspot에서의 간접흡연 노출수준평가

김보경 · 윤동민 · 김성렬*

순천향대학교 환경보건학과

Assessment of Secondhand Smoke Exposure Levels by Measuring PM_{2.5} Concentration at Various Smoking Hotspot Places Inside and Outside Campus

Bo-kyeong Kim, Dong-min Yun, Sung-roul Kim*

Department of Environmental Health Sciences, SoonChunHyang University, Asan, Korea

Background: In South Korea, young adults' smoking prevalence is relatively higher than that of other age groups. Although most hospitality venues are subject to regulations mandating a complete indoor smoking ban pursuant to Article 7 of the Enforcement Rules of the National Health Promotion Act, information is still limited on university students' potential exposure level to secondhand smoke in hospitality venues. This study evaluated indoor secondhand smoke levels at various venues in campus towns.

Methods: Using a portable real-time PM_{2.5} monitor, we measured indoor PM_{2.5} concentration at various venues as an indicator of secondhand smoke exposure. On weekdays, we conducted measurement inside of campus buildings (from 12:00 to 2:00 pm) and in hospitality venues (e.g., PC-rooms, billiard-rooms, and pubs) from 6:00 pm to 8:30 pm. On weekends, we performed the measurement at clubs and bars, which are recognized as trendy venues among young university students.

Results: The median of PM_{2.5} concentrations was 9.0, 180.4, 41.2, and 44.3 µg/m³ in campus buildings, PC-rooms, billiard-rooms, and pubs, respectively. The levels at clubs, nightclubs, and hookah-bars were as high as 982.0, 134.9, and 227.5 µg/m³, indicating that PM_{2.5} concentrations in these places were 4 to 19 times higher than the 24 hour exposure guideline for outdoor PM_{2.5} (50 µg/m³) that will be implemented in South Korea after January 1, 2015.

Conclusion: Our study provides evidence for the introduction of more rigorous policy initiatives aimed at encouraging a complete smoking ban in venues, particularly clubs and bars as well as PC-rooms, billiard-rooms and pubs.

Key Words: Club; Secondhand Smoking; Young Adult; PM_{2.5}

Copyright © 2014 by Journal of the Korean Society for Research on Nicotine and Tobacco.

접수일 : 2014년 5월 16일
수정일 : 2014년 7월 10일
승인일 : 2014년 7월 12일

*교신저자 : 김성렬
순천향대학교 환경보건학과
충청남도 아산시 신창면
순천향로22
☎ 336-745
Tel: 041-530-1249
Fax: 041-530-1272
E-mail: sungroul.kim@gmail.com

서 론

흡연은 폐암, 만성폐쇄성폐질환, 인두암, 심장질환, 뇌졸

중 등의 원인이 된다고 알려져 있다.(1) 2000년대 초반의 국내 연구결과에 의하면 흡연자는 비흡연자에 비해 폐암이 발생할 확률이 27.17배 증가한다고 보고되었다.(2) 비흡연자

에게 영향을 미치는 부류연은 주류연보다 유해 기체성분을 최소 2.5배 이상 더 많이 포함한다고 알려져 있기 때문에 건강에 더 해로워 질 수 있다.(3) 실제로 흡연자가 있는 가정의 비흡연자들과 PC방과 호프집에서의 비흡연자 종업원들은 부류연을 간접흡연 함으로서, 그들의 타액 중 코티닌농도가 기준치 이상의 농도값이 나타난다고 보고된바 있다.(4) 간접흡연도 직접흡연과 마찬가지로 폐암, 천식, 심혈관계 질환과 같은 다양한 건강영향이 보고되어(5) 세계보건기구에서는 간접흡연의 피해를 막기 위해 담배규제기본 협약(Framework Convention on Tobacco Control, FCTC)을 신설하였다. 이 협약에서는 간접흡연이 발생하지 않고 간접흡연에 의한 건강피해가 최소화될 수 있도록 관련 법적조치를 각 나라의 정부에서 마련하도록 명문화 하여 권장하고 있다. 우리나라에서도 간접흡연에 대한 정책적 관리 조치로서 1995년 건강증진법이 제정되었으며, 최근 개정된 건강증진법에 의해, 2014년부터 100제곱미터 이상인 휴게음식점영업소, 일반음식점 영업소 및 제과점영업소는 금연구역으로 지정되고 2015년 1월 1일부터는 모든 영업소가 금연구역으로 지정된다.(6,7)

여러 화학물질이 혼재되어있는 담배 연기의 노출에 대한 직접적 지표로는 공기 중 니코틴을 포집 분석한 결과를 활용하지만, 니코틴 분석 방법은 장기간의 시료포집과 기기 분석을 동반하기 때문에 상대적으로 많은 비용과 시간이 필요하다. 이러한 제한점을 극복하기 위해서 이미 세계보건기구나(8) 기존의 다수의 해외의 연구(9)에서는 직독성 및 편의성이 뛰어난 휴대용 실시간 측정기기를 활용하여 흡연 또는 비흡연 공간의 PM_{2.5} (입경 2.5 μm 이하의 미세한 먼지)농도를 측정하여 간접흡연의 지표로 활용하고 있다. 이러한 PM_{2.5}의 노출에 따른 건강영향은 세계보건기구에서의 발표에 근거하면 발암성이 나타나는 것으로 보고되고 있다.(10)

이렇게 잠재적 위해성이 높은 PM_{2.5}의 노출을 최소화할 수 있는 적절한 관리정책이 필요하지만, 실내 환경을 대상으로 한 PM_{2.5}에 대한 규제 기준이 없는 나라에서는 실외 공기 중 PM_{2.5} 노출 기준을 활용하여 건강영향을 평가하기도 한다. 미국 환경부에서는 Air Quality Index (AQI)에 PM_{2.5} 농도에 따라 위해 정도를 구분하여 제공하고 있으며, 국내에서는 최근 환경정책기본법의 실외 규제 물질에 PM_{2.5} 항목이 추가되었다.

최근 젊은 성인들에게 각광받고 있는 장소로, 그들의 새

로운 문화 트렌드 장소로 알려진 Hookah bar, 나이트클럽, 클럽 등은 금연법 미적용 다중이용시설로 실내에서 흡연이 매우 자유롭게 이루어지고 있어,(11) 잠재적으로 간접흡연에 의한 PM_{2.5} 노출 수준이 높을 것으로 예상된다. 젊은 성인들이 많이 이용하는 클럽은 좁은 공간에서 여러 사람들이 어울려 음악과 춤, 술을 즐기는 공간으로, 담배 회사의 마케팅 전략의 한 부분으로 이용되기도 한다.(12) Hookah bar는 인도풍 또는 지중해풍 주점이나 음식점으로 Shisha, Arguileh 등으로도 불리는 Hooka 또는 Hookah (이하 후카)라는 물 담배를 취급한다.(13) 최근에는 이러한 소비 형태가 국내의 젊은 대학생들 사이에서도 보고되고 있는 실정이다.

한국의 경우, 대학 진학률이 2011년 기준 72.6%로 상당히 높은 편으로 20대 성인의 상당부분을 대학생이 차지하고 있다.(14) 성인 초기에 해당되는 대학생은 친구, 동아리 등 사회적 환경에 따라 흡연을 시작하게 되거나 대학생들과 학업, 사회적 활동의 영역에서 흡연에 친숙하게 노출되어 있다.(15) 이 시기의 건강행위와 생활습관이 이후의 삶에 영향을 미치기 때문에(15) 대학생들의 흡연 문화가 바르게 형성될 필요가 있다. 최근 국민건강영양 조사자료를 활용한 연구에 의하면 국내의 경우 20-30대 남성의 흡연율이 타연령대보다 높은 것으로 나타났다.(16) 2011년도 국민건강통계 조사에서도 19-29세의 간접흡연 노출률 역시 다른 연령층과 비교하였을 때 높은 것으로 발표되었다.(17) 때문에 대학생 비흡연자들의 간접흡연 노출에 따른 피해가 높을 것으로 예상되나, 대학생만의 활동 패턴 및 공간을 고려한 간접 흡연 노출수준에 대한 정보는 아직 미흡하다.

따라서 본 연구는 대학생들이 자주 찾는 클럽, 바 등의 캠퍼스 내 · 외부 Hotspot에서 PM_{2.5} 측정을 하고, 대학생들의 잠재적 간접흡연 노출수준을 조사하고자 하였다.

방 법

1. 측정 장소 및 방법

젊은 성인을 대표하는 그룹이자 간접흡연에 많이 노출될 것으로 예상되는 대학생을 연구대상으로 선정하였다. 간접흡연에 많이 노출될 수 있는 교외 Hotspot장소로는 클럽, 후카바 및 학교 주변 유흥장소(PC방, 당구장, 호프집)를 임의로 선정하였고, 교내 건물에서도 PM_{2.5}의 농도를 측정하여 간접흡연의 노출 지표로 활용하였다.

PM_{2.5}농도는 광산란식 방법을 사용하는 직독식 기기인 SidePakTM AM510 (TSI, Inc, St Paul, USA) 2대를 사용하였다. 매 측정 전 측정기의 유량을 점검하고 유속은 1.7 L/min, 기기 보정 계수는 0.3으로 설정하여 측정을 실시하였다. 제로필터(Zero Filter)를 이용하여 영점을 보정하였고, 실시간 측정 시간간격은 1초 단위로 하여 연속적으로 농도를 기기에 저장하였다. 해당 연구의 모든 측정은 2013년 4월과 2013년 10월 사이에 이루어졌다. 평일에는 대학 건물과 학교 주변 유흥 장소에서 측정하였으며, 주말에는 후카바, 클럽 및 나이트클럽에서 측정을 진행하였다. 본 연구가 진행된 기간은 금연법의 적용을 위한 제도 기간으로서 실제로 본 연구가 진행되는 기간 동안에 대학생들이 주로 시간을 보내는 대학 캠퍼스 안은 물론(18) 캠퍼스 주변의 PC방, 당구장 및 호프집에서의 흡연이 공공연하게 행해지고 있었다.

1) Hotspot장소

후카바(Hookah Bar)와 나이트클럽 및 클럽을 Hotspot 장소로 임의로 선정하여 비흡연자들이 실제로 방문하였을 경우 자연스럽게 간접흡연에 노출되는 정도를 측정하였다.

후카바는 2013년 4월에서 6월 사이에 서울지역 4개의 장소, 나이트클럽은 2013년 9월에서 10월 사이 인천과 천안지역에서 각각 2개 장소를 선정하였다. 클럽은 2013년 7월에서 9월 사이에 서울 지역에서 9개 장소를 선정하였다. 배경농도 5분, 측정 장소 내부 60분 다시 배경농도 5분으로 나누어 측정을 실시하였다. 측정은 이용률이 가장 높을 것으로 예상되는 오후 6시에서 새벽 1시 사이에 진행하였다. 측정 장소의 특성에 따라 측정 위치를 선정하였다. 후카바와 나이트클럽의 비흡연 이용객들은 주로 앉아서 이용하는 것을 가정하여 이용객들의 호흡기영역으로 간주되는 테이블에 측정기기를 올려두고 측정하였으며, 클럽의 경우에는 비흡연 이용자 하더라도 대부분이 일어나서 이용하는 것을 고려하여 측정자 또한 서있는 상태에서 기기를 들고 측정하였다.

2) 캠퍼스 외부

학교 주변 장소로는 PC방과 당구장, 호프집을 선정하여 측정을 진행하였다. 단과대 측정과 이어서 진행하였으며, 앞서 측정한 과정과 마찬가지로 해당 장소의 내부 간접흡연 노출농도 측정 전에 배경농도를 5분간 측정하고 측정 장소

Table 1. Descriptive Information about sampling sites.

Location		Person*	Structure	Smog machine used
Hookah bar	Seoul B	60	basement	×
	Seoul G	70	basement	×
	Seoul G2	50	the third floor (duplex type)	×
	Seoul N	40	basement	×
Night club	Cheonan C	1,000	the first floor (duplex type)	○
	Cheonan S	1,500	the first floor (duplex type)	○
	Incheon A	200	the first floor	○
	Incheon J	300	the first floor (duplex type)	○
Club	Seoul C1	100	basement	×
	Seoul K1	300	basement (duplex type)	○
	Seoul K2	300	basement (duplex type)	○
	Seoul N1	200	basement	○
	Seoul N2	200	basement	○
	Seoul N3	200	basement (duplex type)	×
	Seoul N4	200	basement (duplex type)	○
	Seoul S1	100	basement	○
	Seoul V1	160	basement	×

*The number of persons who can be admitted.

내부 25분, 측정 종료 후 배경농도를 5분간 측정하였다. 이 용률이 높을 것으로 예상되는 방과 후 시간(오후 6시-11시)에 측정을 실시하였다. 해당 장소에서 PM_{2.5}를 측정할 때, 실내공간의 규모와 흡연자 수 등의 특이사항을 기록해두었다. Hotspot 장소 측정과 동일하게 이용객들이 테이블이나 책상에 앉아서 이용한다는 점을 고려하여, 비흡연 이용객들의 호흡기영역으로 간주되는 테이블에 측정기기를 올려두고 측정하였으며 최대한 해당 장소의 중앙에서 측정하도록 하였다.

3) 캠퍼스 내부

교내 측정 시에는 교내에서 흡연자의 수가 많아 주위에 간접흡연이 많이 발생될 것으로 추정되는 장소인 단과대학의 화장실 주위와 주요 건물의 흡연장소 주위를 임의로 선정하여 측정하였다. 2013년 10월에 측정을 실시하였으며, 5개의 단과대학에서 임의로 선정한 1층에 위치한 화장실, 학생들이 이용률이 높은 도서관과 학생회관의 1층 화장실도 측정 장소로 포함시켰다. 측정은 낮 12시에서 3시 사이에 진행되었으며, 배경농도 5분, 화장실 내부 60분 다시 배경농도 5분으로 나누어 측정하였고, 이어서 1층 Lobby와 흡연 장소 주변 장소 측정으로 마무리 하였다. 각 측정 시에는 5분당 흡연자 수 등의 특이사항도 기록하였다. 캠퍼스 내부의 측정 장소들은 사람이 앉아서 보내는 시간보다 서서 이동하는 시간이 많은 장소이기 때문에 이용객들의 호흡기영역을 고려하여 측정자가 서서 측정을 실시하였다.

2. 분석방법

측정을 통하여 기록된 PM_{2.5}농도는 기기 제조사의 소프트웨어 프로그램 TrakPro™ (Version 4.5.1.0, TSI, USA)으로 수치화 하였다. 모든 측정 결과는 배경농도의 중위수로 보정을 해주었다. 각각의 수치들을 보정하여 농도 분포를 Box Plot으로 나타내었다. 실내공간 중 PM_{2.5} 노출의 건강영향에 대한 기준의 부재로, 본 연구에서는 각 장소별 측정값을 미국 환경부의 대기질 지표(Air Quality Index, AQI) (19)와의 비교를 통해 노출에 따른 위해 정도를 간접 추정하였다. AQI는 대기 공기 중 PM_{2.5} 노출수준에 따라 인체에 미치는 건강영향을 기준으로 6단계로 구분한 지수이다. 각 단계별 AQI 지수에 해당하는 24시간 평균 PM_{2.5} 농도 수준은 '0-12.0 µg/m³: 좋음, 12.1-35.4 µg/m³: 걱정함, 35.5-55.4

µg/m³: 민감 집단에게 유해함, 55.5-150.4 µg/m³: 유해함, 150.5-250.4 µg/m³: 매우 유해함, 250.5-500.4 µg/m³: 위험함'이다.

3. 일일평균내부용량(Average Daily Dose, ADD) 노출 평가

측정된 PM_{2.5}값을 바탕으로 일일평균내부용량(Average Daily Dose, ADD)를 구하였다.(20) ADD 계산에는 본 연구의 대상인 대학생들의 연령을 20살(대학입학나이)에서, 23살(대학졸업나이)까지로 가정하여 노출기간을 4년으로 설정하였으며, 각 장소를 일주일에 1회, 1시간씩 방문한다고 가정하였다. 체중과 호흡률은 한국노출계수핸드북(21)을 참고하였다. 한국노출계수핸드북에서는 체중과 호흡률을 연령대 별로 구분하여 제공하고 있기 때문에 본 연구에서 가정한 대학생 연령대(20-24살)를 포함하고 있는 자료를 활용하였다. 체중은 성인 남녀 18-24세 체중의 중앙값을 활용하였으며(남: 67.3 kg, 여: 53 kg), 호흡률은 과대평가의 가능성을 최소화할 수 있도록 가장 활동량이 적은 휴식(Resting) 활동단계의 호흡률을 적용하였다. 한국노출계수핸드북에서는 성인 남녀 20-29세의 휴식단계에서의 호흡률 중앙값을 남자는 0.47 m³/hour, 여자는 0.36 m³/hour으로 보고하였다.

$$ADD(\mu g/kg \cdot days) = \frac{C \times IR \times ET \times EF \times ED}{BW \times AT}$$

C: Concentration of the Agent, 오염물질의 농도(mg/m³)

IR: Intake Rate, 호흡률(m³/hr)

ET: Exposure Time, 노출 시간(hrs/day)

EF: Exposure Frequency, 노출 빈도(days/yr)

ED: Exposure Duration, 노출 기간(yrs)

BW: Body Weight, 체중(kg)

AT: Averaging time, 평균 노출 시간(days)

결 과

1. Hotspot지역 측정 결과

1) 후카바, 나이트클럽, 클럽 간접흡연 노출 수준

후카바, 나이트클럽, 클럽의 중앙값과 최대값, 최소값을 표 2에 나타내었다.

후카바 측정값 전체의 중앙값은 227.5 µg/m³이고, 각 장소별 중앙값의 범위는 111.0-383.1 µg/m³이었다. 후카바 측

Table 2. The PM_{2.5} concentrations (Minimum, Median and Maximum) obtained at hookah bars, night clubs, and clubs in South Korea.

Sampling site	Minimum ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Median ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Maximum ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Hookah bar			
All	46.1	227.5	431.5
Seoul B	263.9	383.1	431.5
Seoul G	186.3	336.6	429.4
Seoul G2	46.1	111.0	235.6
Seoul N	65.1	118.4	162.2
Night club			
All	23.2	134.9	1020.8
Cheonan C	28.8	143.2	1020.8
Cheonan S	23.2	127.0	597.9
Incheon A	46.2	141.5	493.5
Incheon J	73.0	128.3	502.5
Club			
All	46.7	982.0	10943.2
Seoul C1	77.2	317.4	479.5
Seoul K1	58.9	177.5	334.7
Seoul K2	46.7	156.7	1385.8
Seoul N1	51.3	1265.6	2864.3
Seoul N2	89.8	3079.0	4361.4
Seoul N3	691.7	4161.9	10943.2
Seoul N4	119.1	982.0	3238.5
Seoul S1	405.3	1159.6	2339.8
Seoul V1	70.7	167.7	299.9

정값 전체의 최대값은 $431.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 최소값은 $46.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었다. 나이트클럽 측정값 전체의 중앙값은 $134.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이고, 각 장소별 중앙값의 범위는 $127.0\text{--}143.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었다. 나이트클럽 측정값 전체의 최대값은 $1020.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 최소값은 $23.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었다. 클럽 측정값 전체의 중앙값은 $982.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이고, 각 장소별 중앙값의 범위는 $156.7\text{--}4161.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었다. 클럽 측정값 전체의 최대값은 $10943.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 최소값은 $46.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었다.

그림 1은 시간당 변화율을 보기 위해 각 장소별 측정 PM_{2.5} 농도를 10분 단위로 나타낸 Box Plot이다.

2) 대학교 캠퍼스 내·외 간접흡연 노출 수준

(1) 캠퍼스 외부

대학교 인근에 위치한 PC방, 당구장, 호프집의 PM_{2.5} 농도의 중앙값(각 장소별 중앙값 범위)을 막대그래프로 나타내었다(그림 2). PC방, 당구장, 호프집의 각 장소별 측정값 전체의 중앙값은 $180.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($24.5\text{--}273.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$), 41.2

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ ($23.2\text{--}241.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$), $44.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($3.0\text{--}116.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$)이었다. 각 장소별 최대값과 최소값은 $443.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (최소값은 $3.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$), $261.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (최소값은 $9.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$), $257.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (최소값은 $3.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$)로 측정되었다.

(2) 캠퍼스 내부

그림 3에 각 건물별, 장소별 PM_{2.5} 농도의 중앙값을 나타내었다. 캠퍼스 내부 전체의 중앙값은 $9.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었다. 학생회관 도서관 등에서는 흡연에 의한 PM_{2.5}는 검출되지 않았으나, 공대와 인문대 등에서는 미량($13.0\text{--}24.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$)의 PM_{2.5}가 측정되었다.

2. 장소별 PM_{2.5} 측정 결과와 AQI 지표와의 비교

우리는 그림 4에 장소별 PM_{2.5} 농도를 EPA의 Air Quality Index (AQI)와 비교하여 나타내었다. 각 장소별 중앙값을 대표값으로 선정하여 AQI와 비교한 결과, 클럽에서 측정된 PM_{2.5}의 중앙값($982.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$)은 건강에 심각히 위험한 수준이라고 알려진 ‘위험함(PM_{2.5} 농도 범위: $250.5\text{--}500.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$)’ 단계에 해당하며, 후카바와 PC방에서 측정된 PM_{2.5}의 중앙값($227.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $180.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$)은 ‘매우 유해함(PM_{2.5} 농도 범위: $150.5\text{--}250.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$)’, 나이트클럽에서 측정된 PM_{2.5}의 중앙값($134.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$)은 ‘유해함(PM_{2.5} 농도 범위: $55.5\text{--}150.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$)’, 당구장과 호프집에서 측정된 PM_{2.5}의 중앙값($41.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $44.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$)은 ‘민감한 집단에게 위험함(PM_{2.5} 농도 범위: $35.5\text{--}55.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$)’ 단계에 해당하며 캠퍼스 내부에서 측정된 PM_{2.5}의 중앙값($9.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$)은 ‘좋음(PM_{2.5} 농도 범위: $0\text{--}12.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$)’ 단계에 해당함을 알 수 있다. 특히, 클럽의 경우에는 AQI 위험도 범위를 상당히 초과하는 수준이었다.

3. 일일 평균 내부용량 추정

본 연구에서는 측정 자료를 바탕으로 대학생들이 스스로 PM_{2.5}에 대해 얼마나 노출이 되고 있는지 확인할 수 있도록 대학생 생활패턴에 따른 평가노출량 수준을 계산식으로 도출해내고자 하였다. 각 장소별 도출된 ADD ($\times 1000$)는 표 3과 같다(캠퍼스: $8.3 \mu\text{g}/\text{kg} \cdot \text{days}$, 클럽: $901.9 \mu\text{g}/\text{kg} \cdot \text{days}$, 후카바: $208.9 \mu\text{g}/\text{kg} \cdot \text{days}$, 나이트클럽: $123.9 \mu\text{g}/\text{kg} \cdot \text{days}$, PC방: $165.7 \mu\text{g}/\text{kg} \cdot \text{days}$, 호프집: $40.7 \mu\text{g}/\text{kg} \cdot \text{days}$, 당구장: $37.8 \mu\text{g}/\text{kg} \cdot \text{days}$). 만약 20대 대학생이 클럽에서 1시간을 보냈다고 가정했을 때, 이 정도의 내

Figure 1. Distributions of $PM_{2.5}$ levels with 10 minute interval at hookah bars, night clubs and clubs in Seoul, Incheon, Cheonan, South Korea.

Figure 2. Distribution of median $PM_{2.5}$ concentrations measured at various hospitality venues, including PC game rooms, billiard rooms, and bars, near the corresponding campus town.

Figure 3. Distribution of median $PM_{2.5}$ concentrations measured at various indoor sites of campus buildings (Eng: The College of Engineering, Union: Student Union Building, Library: Student Library Building, Nature: The College of Natural science, Lib: The College of Liberal Arts, Eco: The College of Economics and International Trade, Health: The College of Health or Medicine).

부용량에 도달하기 위해서는, 후카바에서는 약 4시간, 나이트클럽에서는 약 7시간, PC방에서는 약 5시간, 당구장에서는 약 24시간, 호프집에서는 약 22시간 동안 머물러야 하는 수준인 것으로 나타났다. 즉, 대학생을 대상으로 평가하였을 때, 남녀 몸무게 및 호흡률이 보정된 ADD ($\times 1000$)를 통해서 클럽, 후카바, PC방, 나이트클럽, 호프집, 당구장 순으로 간접흡연에 대한 노출 영향이 높음을 알 수 있었다.

고 찰

본 연구에서는 교내를 제외하고 캠퍼스 인근(PC방, 당구장, 호프집) 및 Hotspot 장소(후카바, 나이트 클럽, 클럽)에서 간접흡연에 의한 $PM_{2.5}$ 노출 수준이 매우 높은 것으로 나타났다. 특히 클럽의 경우, 중앙값($982.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$)은 후카바의

Figure 4. Comparison of median $PM_{2.5}$ concentrations measured at various hospitality venues in a campus town with those at Hookah bars, clubs and night clubs. The marked line is the upper limit of the given each AQI range.

중앙값의 약 4.3배, 나이트클럽의 중앙값의 7.3배로 이 연구에서 가장 높은 수치로 간접흡연에 의한 $PM_{2.5}$ 노출수준이 매우 높은 수준이라고 판단되었다. 이러한 노출 수준이 장시간(최소24시간) 유지된다고 가정할 경우, 각 장소에서 측정된 $PM_{2.5}$ 농도와 EPA (United States Environmental Protection Agency)에서 제공되는 AQI (Air Quality Index)와 비교했을 때, (19) 잠재적 유해성이 매우 높은 장소로 판별되었다. 더욱이, 담배연기에는 이러한 $PM_{2.5}$ 뿐만 아니라 여러 가지 발암물질을 포함한 유해물질이 함께 있기 때문에 일반적인 대기오염물질(여기서는 초미세먼지) 농도에 기반한 건강 영향보다 위해가 더욱 클 수 있다고 추정된다.

국내에서 적용될 환경정책기본법의 실외 24시간 초미세먼지기준($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 2015년 1월 1일 시행기준)과 비교했을 때, 후카바는 약 4.5배, 나이트클럽은 약 2.7배, 클럽은 약 19.6배 이상 초과하고 있음을 알 수 있었다. 캠퍼스 주변의 PC방의 경우는 실외 24시간 미세먼지기준의 약 3.6배 이상의 수준을 보여주었다. 캠퍼스 내부는 실외 24시간 미세먼지기준 이하의 수준을 보여주었다.

선정된 측정 장소 중 클럽은 측정 당시 좁은 공간에 많은 사람들이 몰려있었으며, 젊은 성인 및 대학생들이 많이 이용하는 장소임에도 불구하고 흡연이 매우 자유롭게 이루어지고 있었고, 이에 대해 저지하는 사람이나 알림문구는 찾아볼 수 없었다. 클럽에서의 측정값은 금요일과 토요일에 비해 일요일이 낮게 측정되었는데, 이는 다음날인 월요일이 휴일이 아니었기 때문에 클럽을 방문한 사람의 수가 비교적 적었기 때문이라고 추측한다.

측정 당시 몇몇 클럽에서는 무대 장치로 활용되는 Smog machine에서 일정시간마다 연기가 배출되었고, 후카바와

Table 3. Average daily doses of $PM_{2.5}$ measured at various hospitality venues and their ratios to the level at campus buildings.

Hospitality venues		ADD ($\times 1000$) for male students ($\mu\text{g}/\text{kg} \cdot \text{days}$)	ADD ($\times 1000$) for female students ($\mu\text{g}/\text{kg} \cdot \text{days}$)	Ratio of ADD to Reference
Reference: Campus buildings		8.3	8.0	Ref.
Hotspot	Clubs	901.9	877.2	109.1
	Hookah bars	208.9	203.2	25.3
	Night clubs	123.9	120.5	15.0
	PC rooms	165.7	161.1	20.0
Near campus	Pubs	40.7	39.6	4.9
	Billiard rooms	37.8	36.8	4.6

호프집은 음식과 주류를 동시에 제공하고 있었기 때문에 담배 외에 $PM_{2.5}$ 농도에 영향을 줄 수 있는 잠재적 인자도 존재할 수 있었던 것으로 사료된다. 추후 연구에서는 이런 점들을 보완한 평가가 필요한 것으로 생각된다.

캠퍼스 내부의 간접흡연 영향 정도가 과연 안전한지 의문을 가졌던 우리의 예상과는 달리 본 연구에서는 매우 안전한 장소로 판별되었다. 캠퍼스 건물 안에서의 흡연은 거의 일어나지 않았으며, 건물입구나 외부의 주요 흡연 장소에서만 흡연이 행해지고 있었다. 대학교 부근 당구장과 호프집은 $PM_{2.5}$ 농도가 때에 따라서 기준치 이하로 측정되기도 하였다. 그러나 이러한 결과는 본 연구가 실시된 기간이 대학교 중간고사와 기말고사 기간과 겹쳐, 저추계의 가능성도 내포하고 있다고 판단된다. 학생들이 이용률이 높을 것으로 예상되는 시기(개강 직후, 종강 직전 등)에 대한 조사가 추가로 필요하다. 또한 장소별로 반복 측정을 진행하지 않았고, 소수의 대학교 캠퍼스 인근 지역에서 측정하였기 때문에 본 연구에서 도출한 측정 장소별 $PM_{2.5}$ 농도가 전체 현상을 대표한다고 정확하게 말하기는 어려우나, 그럼에도 불구하고, 해당 캠퍼스 주변의 각 업종별로는(PC방, 당구장, 호프집) 전수 조사한 결과임으로 해당 캠퍼스내의 상황이 반영된 것이라고 할 수 있을 것 같다. 다만, 추후연구에서는, 측정 기간을 좀 더 확대하며 대상 대학교 수를 늘리고, 시험기간이 아닌 일상적인 대학생의 활동 패턴이 포함될 수 있도록 할 필요성이 있다고 판단된다.

본 연구에서 실시한 일일평균내부용량(Average Daily Dose, ADD) 노출 평가는 각 장소를 일주일에 1회, 1시간씩 방문한다고 가정하여 진행하였으며, 한국노출계수핸드북에서 평균 대학입학나이를 20살, 졸업 나이를 23살로 가정하고 해당 나이에 맞는 체중의 중앙값을 활용하였다. 호흡률은 20-29세의 휴식(Resting) 활동단계의 호흡률 중앙값을 활용하였다. 대학의 경우, 입학나리와 졸업나리가 휴학이나 남성의 군복무 기간 등 개인별로 차이가 많기 때문에 이로 인한 개인별 체중 및 호흡률에 차이가 있을 수 있다. 노출계수핸드북에는 연령정보가 없는 휴식 활동 단계의 남녀 호흡률과 휴식 종류(누워서, 서서, 앉아서)는 배제된 연령별 호흡률 정보가 제공되어 있으나, 본 연구에서 보다 정확한 추정을 위해서는 연령별 및 휴식 종류별 정보가 필요하였다. 상기 언급한대로 국민 대표 자료가 미흡한 관계로 우리는 20-29세의 일반 휴식을 가정한 정보를 활용하였다. 연령 및

휴식 종류에 따라서 호흡률이 다를 수 있기 때문에 우리가 추정한 ADD에는 이와 관련된 불확실성을 내포되어 있다. 또한, 교내·외 Hotspot 장소들 중 클럽, 나이트클럽, 당구장의 경우에는 실내에서 활동을 하는 장소임에도 불구하고 본 연구에서는 활용한 휴식(Resting) 활동단계의 호흡률을 적용하였기 때문에 실제 노출량은 더 많을 것으로 예상된다. 이러한 불확실성에도 불구하고, 동일한 기준을 적용하였을 때 클럽, 나이트클럽, 후카바 등에서의 간접흡연 노출에 의한 내부용량 수준은 다른 장소에서 간접흡연으로 기인한 내부용량 수준보다 약 5-22배 높았다. 본 연구에서 제시한 일일 평균 내부 용량은 해당 장소에 1주일에 1회, 1시간 동안 방문하였을 때를 기준으로 계산된 결과로 개인의 교내·외 Hotspot 장소들의 방문시간과 횟수에 따라서 $PM_{2.5}$ 의 노출량을 고려하여 생각해야 한다.

한국 금연연구소에는 전체 대학생 인구의 절반 이상이 흡연자라고 발표하였다. 하지만, 캠퍼스 인근 지역이나 대학생을 대상으로 한 국가적인 법적 규제는 체감할 수 있을 정도의 강력함을 보여주지는 않는 것이 현재의 실태인 것으로 판단된다. 2014년부터는 국민건강증진법에 의하여 100제곱미터 이상인 휴게음식점영업소, 일반음식점 영업소 및 제과점영업소는 전면금연지역으로 지정된다. 2015년 1월 1일부터는 모든 다중이용시설 영업소가 금연구역으로 지정되지만 클럽, 후카바, 나이트클럽은 유흥지점으로 분류되어 금연구역으로 지정되지 않는다. 또한, 당구장 역시 체육시설에 속하여 규제의 대상에서 제외되어 있고, 일부 전문가들 사이에서는 규제의 형평성에서 벗어난다고 지적받고 있다. 이와 대조적으로 영국은 2005년 10월 26일 영국 내 음식물을 판매하는 모든 지역을 금연지역으로 지정하는 법안을 통과시켰으며, 2008년부터 음식을 제공하지 않는 음식점(Pubs와 Bars 포함)등도 금연구역이 되었다.(22) 현재 우리나라에서는 이러한 공간(음식점, 주점, 클럽 등)에서 일하는 비흡연 종업원이나, 이러한 공간을 이용하는 비흡연 대학생들에게는 관련 규제의 부재로 인한 높은 수준의 간접흡연 노출이 여전히 존재할 것으로 판단되었다. 실제로 많은 젊은 성인들은 여러 장소에서의 흡연으로 인한 불쾌감을 느끼고 있으며, 흡연 금지에 대해 지지하는 비율이 높은 편이다.(23,24) 이에 모든 다중이용시설의 영업소에서의 간접 흡연 실태를 꾸준히 관측 평가하고, 각 영업소가 금연구역으로 지정되는 2015년 1월 1일 이후에 본 연구에서 측정된 장소

에서의 추가 측정을 통해 금연정책의 시행 효과를 평가할 필요가 있다고 판단된다.

FCTC (Framework Convention on Tobacco Control) 제 8조 및 12조에 언급된 것처럼, (25) 비흡연자들이 간접흡연에 의한 미적용 실내작업장 또는 다중이용시설에서의 위험성을 인식할 수 있도록 하는 관련 교육과 충분한 홍보, 그리고 제도적 법규 마련의 필요성을 실감할 수 있었다. 특히, 본 연구에서 측정된 장소와 같이 흡연에 관한 장소에 대한 지속적인 모니터링 및 관리가 필요하다. 본 연구는 추후 진행 예정인 금연법 정책 시행 이후의 각 장소의 PM_{2.5} 농도와 비교를 통해 정책 시행의 효과 평가 및 홍보에 기여할 것으로 사료된다.

요 약

연구배경: 클럽은 좁은 공간에서 여러 사람들이 어울려 노래와 춤을 즐기는 장소로 20대 성인 사이에서 새로운 문화로 급부상하고 있다. 그러나 대부분의 클럽에서는 실내 흡연을 방치하고 있어 비흡연자들의 간접흡연 노출이 예상된다. 20대 성인을 대표할 수 있는 대학생들의 주요 활동 장소로 예상되는 캠퍼스와 그 주변 많은 공간에서도 흡연이 자유롭게 행해지고 있기 때문에 비흡연 대학생 또는 비흡연 종업원들의 간접흡연 수준이 우려된다. 하지만 이러한 공간 내에서의 흡연에 대한 사회적 인식은 여전히 관대한 편이다. 이에 본 연구는 국민건강증진법의 시행이 실시된 직후, 20대 성인의 다수를 차지하는 대학생들의 다양한 잠재적 간접흡연 노출 가능 장소에서 PM_{2.5}를 측정하여 노출수준을 평가하고자 한다.

방법: 휴대가 편리하고 실시간 측정이 가능한 Sidepak Model AM510 (TSI Inc.)를 사용하여, 대학생들의 평소 활동 반경에 따라 평일과 주말로 나누어서 측정하였다. 평일에는 오후 12시부터 오후 2시 반까지 단과대학의 실내·외부 측정을 실시하였고, 오후 6시부터 오후 8시 반까지는 대학생들의 이용이 많을 것으로 예상되는 장소(ex: PC방, 당구장, 호프집 등)를 선정하여 측정을 실시하였다. 주말에는 대학생 및 젊은이들에게 새로운 문화로 인식되고 있는 클럽 및 후카바에서 측정하였다. 이후 각각의 측정치를 바탕으로 장소별 남·여 대학생의 잠재적일일평균노출량을 도출하였다.

결과: 평일 캠퍼스 내 실내 환경에서는 PM_{2.5}농도의 중앙값은 약 9.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었으며 PC방, 당구장, 호프집은 각각 180.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 41.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 44.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 나타났다. 후카바, 나이트클럽, 클럽의 중앙값은 각각 227.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (최고치 431.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), 134.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (최고치 1020.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), 982.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (최고치 10943.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)으로 관측되었다.

결론: 캠퍼스 주변의 당구장, PC방, 호프집에서 20대 성인의 다수를 차지하는 대학생들의 간접흡연에 의한 잠재적 PM_{2.5} 노출수준이 매우 높은 것으로 나타났다. 특히, 실내공기질 관리법에 적용되지 않는 클럽 및 나이트클럽, 후카바에 대한 법규 제정의 시급함을 알 수 있었다. 본 연구는 국민건강증진법 제도기간에 측정된 자료를 바탕으로 한 연구로, 국민건강증진법 시행의 향후 추적조사의 기반 구축 및 미적용 다중이용시설에 대한 법규 제정에 기초자료로 활용될 것으로 기대한다.

중심단어: 클럽; 간접흡연; 젊은 성인; PM_{2.5}

참 고 문 헌

1. Iribarren C, Tekawa IS, Sidey S, Friedman GD. Effect of cigar smoking on the risk of cardiovascular disease, chronic obstructive pulmonary disease, and cancer in men. *The New England Journal of Medicine* 1999; 23(340): 1773-80.
2. Yoo YG, Park YR, Choi EH. A Comparative Study of Life Styles between Lung Cancer Patients and Healthy Adults. *Asian Oncol Nurs* 2013; 13(3): 136-44.
3. Sin HS. The study on the investigation of actual state and the evaluation of direct and indirect harm by smoking. South of Korea: Ministry of health & welfare; 2001. Available from: <http://img.kisti.re.kr/originalView/originalView.jsp>
4. Kim SR, Sohn JY, Lee KY. Exposure to Particulate Matters (PM_{2.5}) and Airborne Nicotine in Computer Game Rooms After Implementation of Smoke-Free Legislation in South Korea. *Nicotine & Tobacco Research* 2010; 12: 1246-53.
5. Barnoya J, Navas-Acien A. Protecting the World From Secondhand Tobacco Smoke Exposure: Where Do We Stand and Where Do We Go From Here?. *Nicotine & Tobacco Research* 2013; 15(4): 789-804.
6. Korea National Tuberculosis Association. Law for the Promotion of Nation's Health. Enforcement Ordinance and Enforcement Regulations. *Health World* 1995; 42(10): 30-2.
7. Ministry of Health & Welfare. Law for the Promotion of Nation's Health Enforcement Ordinance Article 6. implemented 2012. 12. 7. Sejong, South Korea. Available from: <http://www.law.go.kr/lsInfoP.do?lsSeq=>

- 149119#AJAX
8. WHO Regional Office for the Eastern Mediterranean. Exposure to second-hand smoke in selected public places in the WHO Eastern Mediterranean Region. WHO.EM/TFI/074/E. Cairo, Egypt : WHO; 2012.
9. Fu M, Martínez-Sánchez JM, Galán I, Pérez-Ríos M, Sureda X, López MJ et al. Variability in the correlation between nicotine and PM2.5 as airborne markers of second-hand smoke exposure. *Environmental Research* 2013; 127: 49-55.
10. WHO. Ambient (outdoor) air quality and health. 2014. USA: WHO; Available from: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/>
11. Lee J, Lim S, Lee K, Guo X, Kamath R, Yamato H, Abas AL, Nandasena S, Nafees AA, Sathikumar N. Secondhand smoke exposures in indoor public places in seven Asian countries. *Int J Hyg Environ Health* 2010; 213(5): 348-51.
12. Kelly BC. Smoke-free air policy: subcultural shifts and secondary health effects among club-going young adults. *Sociology of Health & Illness* 2009; 31: 569-82.
13. Akl EA, Gaddam S, Gunukula SK, Honeine R, Jaoude PA, Irani J. The effects of waterpipe tobacco smoking on health outcomes: a systematic review. *International Journal of Epidemiology* 2010; 39: 834-57.
14. Korea Development Institute. 2011 Social Indicators in Korea. Seoul, South Korea: Statistics Korea; 2012.
15. Kim DS, Kang SW, Park JW. Survey on smoking for college students in some regions. *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society* 2013; 14: 1841-8.
16. Kim SR, Kim J. The associations between smoking and occupational categories: The Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES) from 2008 to 2010. *Asia Pacific Journal of Public Health*. 2012 Nov 8; [Epub ahead of print]
17. Korea Centers for Disease Control and Prevention. Health Statistics 2011: Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES V-2). Percentage of smokers & involuntary smoking & high risk drinking. Korea Centers for Disease Control and Prevention; Osong South of Korea: Korea Centers for Disease Control and Prevention; Available from: <http://kostat.go.kr/wnsearch/search.jsp>
18. Jeong MH, Shin MA. The Relationship between Knowledge and Attitude about Smoking of College Student Smokers. *Journal of Korean Academy of Public Health Nursing* 2006; 20(1): 69-78.
19. U.S EPA. FEDERAL REGISTER. vol. 78. U.S: EPA; 2013 Jan 15. (p. 3179-82.)
20. Kim SR, Halden R, Buckley T. Volatile Organic Compounds in Human Milk: Methods and Measurements, *Environ. Sci. Technol* 2007; 41(5): 1662-7.
21. Ministry of Environment. Korean Exposure Factor Handbook. Seoul, South Korea: Ministry of Environment; 2007. Available from: <http://www.kefh.or.kr>
22. BBC News. "Health | Smoking ban proposed for England". 2004-11-16. Retrieved 2010-10-25. Available from: <http://news.bbc.co.uk/2/hi/health/4014597.stm>
23. Torabi MR, Seo CD. Sociodemographic correlates of public perceptions regarding a smoking ban in bars and restaurants. *J Drug Educ*. 2004; 34(4): 335-50.
24. Kelly BC, Weiser JD, Parsons JT. Smoking and Attitudes on Smoke-Free Air Laws Among Club-Going Young Adults. *Soc Work Public Health* 2009; 24(5): 446-53.
25. WHO Document Production Services. WHO Framework Convention on Tobacco Control. Geneva: Switzerland; 2005. Available from: <http://whqlibdoc.who.int/publications/2003/9241591013.pdf>