

어린이 천식환자에 대한 실내외 환경 노출 특성 평가

김호현 · 임영욱 · 김창수¹⁾ · 김진용 · 박창수 · 박중원²⁾ · 손명현³⁾ · 신동찬¹⁾ *

연세대학교 환경공해연구소, ¹⁾연세대학교 의과대학 예방의학교실,
²⁾신촌세브란스병원 알레르기 내과, ³⁾신촌세브란스병원 소아과

Characterization of Asthmatic Children in Indoor and Outdoor Environmental Exposure

Ho-Hyun Kim · Young-Wook Lim · Chang-Su Kim¹⁾ · Jin-Yong Kim · Chang-Su Park
Jung-Won Park²⁾ · Mung-Hyun Sohn³⁾ · Dong-Chun Shin¹⁾ *

The Institute for Environmental Research, Yonsei University, Seoul, Korea

¹⁾Yonsei university college of medicine, Dept. of preventive medicine, Seoul, Korea

²⁾Shincheon Severance hospital, Allergy and Respiratory Clinic, Seoul, Korea

³⁾Shincheon Severance hospital, Dept. of Pediatrics, Seoul, Korea

Abstract

In this study, we attempted to estimate the association between asthma oriented by indoor air sources and personal exposure by comparing the case (asthma-patient) and control (non-asthma-patient) groups. We selected 27 participants who showed positive response on lung function and methacholin provocation test. We performed environmental survey with 15 and 10 cases during May and June 2007, respectively. There was no significant difference between the case and control groups in the level of formaldehyde and TBC (Total Bacterial Count). In the dust allergen test, the case concentration was higher than the control's, without significant difference. In the personal exposure assessment of VOCs using OVM (Organic Vapor Monitor) badge, the case concentrations of Benzene, Toluene, and Ethylbenzene were higher than the control's, but there was no significant difference. The personal exposure of Xylene case study was significantly higher than the control's

Keywords : Asthma, children, Allergen in house dust, TBC, VOCs, Aldehydes

1. 서론

천식과 같은 알레르기질환에 관여하는 여러 가지 위험인자는 첫째, 소인, 둘째, 유발물질, 셋째, 기여인자로 나눌 수 있다(김규언, 2000). 첫째, 소인은 아토피와 같이 출생 시부터 가지고 있는 특성(Lacasana et al., 2005)을 의미한다, 둘째, 유발물질은 알레르기 소인을 가지고 있는 환아에게서 감작을 일으켜 천식증상이 나타나도록 하는 원인 물질 즉, 집먼지진드기 등과 같은 항원을 말한다(Koopman et al., 2002; Woodcock et al., 2004). 셋째, 기여인자는 유발물질에 노출되었을 때 천식의 발병을 촉진시키거나 증상을 악화시킬 수 있는 간접흡연(Wittig et al., 1978; Mitchell and Stewart, 2001), 실내외 공기오염(Miller et al., 2004; Dales et al., 2006) 등과 같은 요인을 의미한다. 이와 같은 위험인자들은 알레르기소인을 가지고 있는 사람에게서 특히 영유아기에 면역학적 편향을 초래하여 알레르기질환을 일으킨다라고 알려져 있다(Almqvist, 2005; Simpson and Custovi, 2005; Kurosaka et al., 2006). 결과적으로, 천식과 같은 알레르기질환은 여러 가지 위험인자의 복합적인 인과 관계에 의해 발생하는 다인성 질환(Multifactorial disease)으로 알려져 있다(Strachan et al., 1997; Sly, 1999).

1995년부터 5년 단위로 천식 및 아토피피부염 등의 알레르기질환에 대한 국내조사에 따르면, 초등학교의 1995년도 천식유병률이 7.7%(25,361명 조사)에서, 2000년 9.1%(28,050명 조사)로 증가하였다(보건복지부, 2005). 그러나, 이러한 증가현상에 대한 명확한 연구 조사 자료는 부족한 실정이며, 현실적인 어려움으로 인해 제한적으로 이루어지고 있다.

본 연구도 대규모 연구가 아닌 일부 추적조사 연구로서, 천식과 같은 알레르기질환 발생에 관여한다고 알려진 여러 가지 환경인자들을 메타콜린 검사양성자군과 일반군을 선정하여, 개인노출을 포함한 일부 유해환경과의 노출특성을 비교, 평가하였다. 그리고 이를 어린이 천식 관리를 위한 기초자료로 제공하고자 한다.

2. 연구대상 및 방법

2.1 대상자 및 가구 선정

본 연구에서의 천식환자 및 대조군의 선정을 위해 우선 전국 19개 초등학교를 대상으로 설문조사를 선행 실시하였다. 설문은 알레르기 질환(천식, 아토피피부염, 알레르기비염 및 결막염)의 과거력 및 유병을 조사를 위해서 표준화되어 있고, 전 세계적으로 보편적으로 사용하고 있는 ISAAC(International Study of Asthma and Allergies in Childhood) 설문지를 이용하여 전체 참여자를 대상으로 증상 설문을 실시하였다. 설문항목은 아토피 피부염 및 천식증상 뿐 아니라, 알레르기 비염 및 결막염, 습진, 소양증 등 전구증상을 포함하여 구성하였다. 본 설문은 학교에서 직접 배포하였고, 질문에 대해 아이와 함께 부모님이 직접 작성하도록 하였다. 질병 구분을 위한 설문항목은 1년 이내 의사진단에 의한 확진 항목을 평가 기준으로 활용하였다.

시행결과 2,054명이 본 설문조사에 응하였고, 이 중 피부반응검사 및 메타콜린유발검사 등 알레르기질환 검사에 동의한 경우는 847명이었다. 설문조사 결과에 관계없이 검사에 동의한 경우는 모두 피부반응검사의 대상군으로 선정하였다. 또한

검사에 동의한 대상군 중 1차 설문조사 결과에서 천식의 과거력이 있거나 천식 증상이 있었던 경우, 또는 알레르기성 비염의 과거력이 있거나 증상이 있었던 경우는 폐기능검사 및 메타콜린유발검사(Methacholin provocation test)를 시행하였다. 그리고 천식 또는 알레르기비염의 과거력 및 증상이 없었던 경우 중 일부를 무작위 추출하여 메타콜린 유발검사의 음성 대조군으로 선정하였다. 폐기능검사는 미국호흡기학회(American Thoracic Society, ATS)에서 권유하는 기준에 따라 시행하였다. 운동 전 안정 상태에서 Portable micro-spirometer (Microspiro HI-298, Japan)를 이용하여 노력성 폐활량(Forced vital capacity, FVC), 1초간 노력성 호기량(Forced expiratory volume in 1 second, FEV1)을 측정하였다. 검사대상 집단은 1차 설문조사 결과 천식 또는 알레르기비염을 진단받았거나 증상의 과거력이 있는 어린이 중 검사에 동의한 경우를 양성 대조군으로 선정하였고, 천식 또는 알레르기 비염의 과거력이 없는 어린이 중 검사에 동의한 경우 일부를 무작위 추출하여 음성 대조군으로 선정하였다. 메타콜린유발검사는 고전적 방법에 따라 0.125, 1.25, 5, 10, 25 mg/mL의 농도로 자극한 후 폐기능검사를 시행하여 폐기능의 감소치를 측정하고, FEV1이 20% 감소하는 메타콜린의 농도(Provocation concentration of 20% reduction in FEV1, PC20)를 계산하였다. PC20 값은 16mg/mL

이하인 경우를 메타콜린유발검사 양성으로 판정하였다(Table 1). 본 검사는 2007년 4월 23일~5월 25일에 걸쳐 실시하였다.

먼저 본 검사에 참여한 학생들 중 폐기능검사를 시행하여 정상 여부를 우선판별하고, 메타콜린유발검사를 시행하였다. 환자군은 메타콜린검사에서 양성 반응을 나타낸 25명중 추가조사에 응한 15명을 최종 선정하였다. 대조군은 알레르기천식 질환 유발 검사 결과에서 음성 반응을 나타낸 학생 중 양성반응을 지닌 학생들의 학교, 연령, 성별이 같은 학생 10명을 선정하여 최종 25명이 참여하였다. 참고적으로, 공단지역에 위치한 학교와 2006년에 설립된 신축학교를 다니는 학생들 중 천식 질환 유발 검사 결과가 양성 반응과 음성 반응이 나온 학생들도 포함하여 선정하였다.

2.2 조사 내용

2.2.1 실내환경평가

최종 선정한 조사대상자 및 가구는 2007년 6월에 측정하였고, 측정지점은 가정의 대표지점인 거실을 각각 1회 측정하였고, 대상항목은 먼지 내 알레르겐(Allergen), 총부유세균, 알데히드류(Formaldehyde, Acetaldehyde)를 측정 및 정량 분석하였다.

실내 알레르겐인 집먼지진드기 중에서 Dermatophagoides farinae의 group 1 주 알레르겐인 Der f 1,

Table 1. Selection guideline of case and control.

	Guide	
	Case	Control
Lung function test	FEV1/FVC 70% >	FEV1/FVC 70%<
Methacholine provocation test	PC20 > 16mg/ml	PC20 < 16mg/ml

*Blattella germanica*의 group 1 주 알레르겐인 Bla g 1, 개의 group 1 주알레르겐인 Can f 1, 마지막으로 *Aspergillus*의 주 알레르겐인 Asp f 1을 선정하였다. 시료의 채취는 먼지 채취용으로 특수 제작된 진공청소기를 사용하였으며, 진공청소기 홀더(holder)에 필터(Whatman, 125mm)를 장착하여 먼지를 포집하였다. 먼지가 포집된 필터는 노출이 되지 않도록 호일로 보관하여 실험실로 운반, 상온에서 보관하였다. 주알레르겐은 모두 Indoor biotechnologies사 (Manchester, UK)의 2-site ELISA kit를 이용하여 측정하였다. 먼지 채집한 고은 먼지의 무게를 달아 일정량의 borate buffer를 넣어 18시간 동안 상온에서 알레르겐을 추출하였다. 이를 원심분리 후 상층액 만을 모아 실험 검체로 사용하였고, 전처리과정을 거쳐 UV 405nm에서 흡광도를 spectrophometer(VERSAMAX, molecular Devices)로 측정하였다.

공기 중 알데히드류는 개인 공기 포집 채취기(Personal Air Sampler, SIBATA)에 오존스크러버 및 DNPH 카트리지를 장착하여 0.2 l/min의 유량으로 60분 채취하였으며, 카트리지(Waters Corp, USA) 내 DNPH(2, 4-dinitrophenylhydrazone)에 흡착된 알데히드류를 유도체화하여 HPLC(High Performance Liquid Chromatography, Alliance 2690, Waters Corp.)로 분석하였다.

총부유세균시료의 채취는 거실 바닥면에서 1.2~1.5m높이의 위치에서 채취하였다. 측정기기로는 운반성과 편이성 및 경제성이 양호한 Andersen 방식의 Single stage impactor 포집장치를 사용하였으며, 28.3L/min 유속으로 32분 동안 시료를 채취하였다. 페트리디쉬(Petri dish)를 사용하였으며, 시료 채취 후 밀봉하였다. 채취한 시료는 다중이용 시설 실내공기질 관리법에 근거하여 J-MIC2

incubator에 넣어 부유세균이 인체에 미치는 사람 체온에서 미생물이 배양 될 수 있는 온도인 37.5℃에서 48시간 배양시켰다. 배양 후 집락계수법(Colony count method)을 통해 배지의 세균 집락수 판정 후 채취한 실내공기량으로 나누어 단위 체적당 집락수 산출하였다(CFU/m³).

2.2.2 개인노출평가

OVM 3520 badge을 학생들의 호흡기 위치인 옷 깃이나 칼라에 부착하고 모니터의 흡착제 부분이 하늘을 향하도록 하였으며, 일일 12시간 노출시켰다. 세면이나 샤워 등과 같이 물이 닿을 경우를 제외하고는 항상 착용하도록 하였다. 특히 습기는 확산률 및 흡착률에 많은 영향을 주게 되므로 습기에 영향을 받을 수 있는 모든 요소를 연구 대상자인 학생들에게 주시시키고 철저히 이를 피하도록 하였다. 시료 채취 후 지퍼팩에 밀봉하여 시료 분석 전까지 -70℃에서 냉동 보관하였다. 모든 시료는 냉동 보관 후 2~3일 내에 passive monitor에 흡착되어 있는 VOCs를 추출하였다. 분석에 사용한 분석기기는 HP6890 series GC/MS(Hewlett Packard, USA)로 Liquid Auto sampler(Hewlett packard, USA)를 붙여 사용하였다. Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Xylene 4종에 대해 정량분석 하였다.

2.3 통계 분석 방법

지역특성별 알레르기 질환의 차이 즉, 다수집단 간의 비교분석은 ANOVA, 실내오염도와 설문을 통한 질환과의 두그룹간의 비교는 t-test 분석을 실시하였으며, p-value 가 0.05 이하인 경우만 통계학적 의미를 두었고, SAS 9.1 통계패키지를 사용하였다.

3. 결과

3.1 대상자 가정 일반현황

대상자들의 정보는 Table 2, 3에 기술하였다. 정밀조사 대상자의 성별은 남자 10명(40.0%), 여자 15명(60.0%)이며 학년으로 6학년과 4학년이 전체의 18명(72.0%)을 차지하고 있었다. 전체 대상자의 가족 중 천식을 앓고 있거나 과거에 앓았던 적이 있는 유전적인 영향은 11명(44.0%)이 있었고, 이 중 메타콜린검사양성자군이 9명(36.0%)이었다. 또한 가정의 실내에서 흡연을 하는 경우는 3명(12.0%)이었다(Table 2).

대상자 가정의 주거형태는 아파트 15명(60%), 다세대 주택 7명(28%), 단독주택 3명(12%) 순으로 생활하고 있었으며, 1년 내 공사 유무는 메타콜린 양성자군 2명, 일반군 1명 총 3명(12%)이 공사가 있었던 것으로 나타났다. 대상자 가정 주변의 환경 영향을 고려하기 위해 최근 3개월 이내에 거주

지 주변의 건축 공사에 대해서는 메타콜린양성자군 가정 주변이 4명, 일반군 가정 주변이 2명으로 나타났다. 또한 건축 년 수를 보면 전체의 10명(40%)이 1~5년 된 건물에서 거주하고 있었고, 최근 누수여부를 보면 메타콜린양성자군 가정 3명, 일반군 1명으로 나타났다. 대상자 가정의 주위환경은 대부분이 주택이었으며, 대상자 23명(92%)이 난방으로 보일러를 사용하고 있었다. 또한 애완동물을 키우는 가정은 메타콜린양성자군 4명(16%), 일반군 1명(4%)으로 나타났고, 메타콜린양성자군 일반군 모두 방향제를 사용하는 가정으로는 각각 3명으로 나타났다(Table 3).

3.2 측정 결과

3.2.1. 먼지내 주 알레르겐 분포

일반군의 가정과 검사양성자군 가정에서 측정된 먼지의 양은 각각 $32.8 \pm 29.5(6 \sim 83)$ mg과 $55.0 \pm 36.7(5.6 \sim 139)$ mg 이었으며 이는 두군 사이에 의

Table 2. General characteristics of the study population.

Variables		Case (n=15)	Control (n=10)
Sex	male	6	4
	female	9	6
Grade	1	-	-
	2	2	2
	3	1	-
	4	3	6
	5	5	-
	6	4	2
Asthma history	yes	9	2
	no	6	8
Indoor smoker	yes	2	1
	no	13	9

Table 3. Characteristics of residents for housing status.

Variables		Case (n=15)	Control (n=10)	Total (n=25)
Housing type	apartment	9(36)	6(24)	15(60)
	independent house	2(8)	1(4)	3(12)
	other	4(16)	3(12)	7(28)
Construction during past one year	yes	2(8)	1(4)	3(12)
	no	13(52)	9(36)	22(88)
Construction year	1-5year	7(28)	3(12)	10(40)
	6-10year	1(4)	1(4)	2(8)
	11-15year	2(8)	4(16)	6(24)
	16-20year	5(20)	0(0)	5(20)
	>21year	0(0)	2(8)	2(8)
Floor cover type	floor covered with PVC	8(32)	7(28)	15(60)
	other	7(28)	3(12)	10(40)
Water leakage (<1year)	yes	3(12)	1(4)	4(16)
	no	12(48)	9(36)	21(84)
Pet	yes	4(16)	1(4)	6(24)
	no	11(44)	9(36)	20(80)

unit : N(%)

미 있는 차이는 없었다(Table 4). 각 가정에서 채집한 먼지에서 Der f 1, Bla g 1, 그리고 Can f 1 모두 100% 검출 되었으며 알레르기 질환을 일으킬 수 있는 역치 이상 값(Der f 1; 2 μ g/g dust, Bla g 1; 8IU/g dust, Can f 1; 2 μ g/g dust) 도 Der f 1의 경우 검사양성자군에서 60%, 일반군에서 90%에서 관찰되었다. Bla g 1은 case에서만 13.3%에서 역치 이상으로 검출되었고, Can f 1은 검사양성자군의 33.3%, 일반군의 10%에서 역치 이상으로 검출되었다. Asp f 1은 정밀학교 조사와 마찬가지로 역시 검출되지 않았다. 또한 측정된 결과들을 일반군과 검사양성자군으로 나누어 비교하여 보았을 때 통계학적으로 의미 있는 차이는 없었다. 앞서

학교에서 채집한 먼지에서 측정된 값과 가정에서 채집한 먼지내 측정치와 비교해 보면 가정에서 채집한 먼지에서 Der f 1(0.74 \pm 0.92 vs. 7.23 \pm 7.09 μ g/g dust, p < 0.001), Bla g 1(0.087 \pm 0.23 vs. 5.29 \pm 18.4 μ g/g dust, p < 0.001)는 통계적으로 유의하게 높았으나 Can f 1(0.7 \pm 0.62 vs. 1.85 \pm 3.03 μ g/g dust, p = 0.994) 은 차이를 나타내지 않았다. Can f 1이 두 군 사이에 평균값에는 차이가 있었으나, 통계학적 유의성은 없었다(Fig. 1).

3.2.2 총부유세균

대상자 25가정 중 메타콜린검사양성자군 15가정의 총부유세균 평균농도는 347.2CFU/m³이며, 일

Table 4. Comparison of allergens detected in indoor dust.

		Detection rate (%)	Threshold value* over(%)	Mean ± S.D	Unit
Der f 1	case	15(100)	9(60)	5.65 ± 5.03	μg/g dust
	control	10(100)	9(90)	9.59 ± 9.17	
Bla g 1	case	15(100)	2(13.3)	8.46 ± 23.52	IU/g dust
	control	10(100)	-	0.54 ± 0.54	
Can f 1	case	15(100)	5(33.3)	2.7 ± 3.69	μg/g dust
	control	10(100)	1(10)	0.6 ± 0.63	
Asp f 1	case	-	-	-	μg/g dust
	control	-	-	-	

* Der f 1; 2 μg/g dust, Bla g 1; 8 IU/g dust, Can f 1; 2 μg/g dust

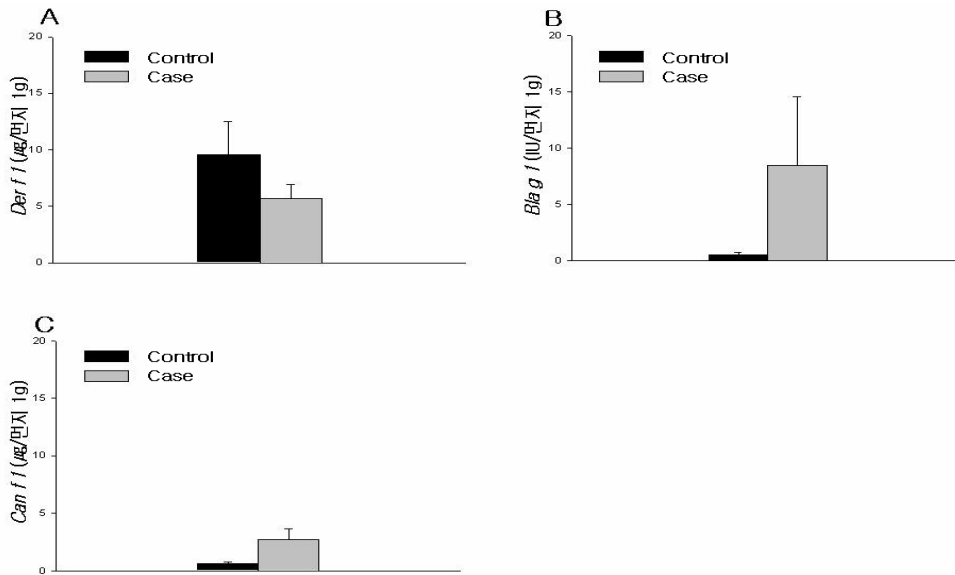


Fig. 1. Der f 1 (A), Bla g 1 (B), and Can f 1(C) in the house dust measured.

반군 10가정의 총부유세균 평균농도는 409.0CFU/m³으로 일반군 가정에서 다소 높게 나타났다. 대상자 25가정 중 최대 총부유세균 농도인 가정은 660CFU/m³으로 최대 기준치인800 CFU/m³를 초과

한 가정은 없었다(Table 5).

가정의 일반현황에 따른 총부유세균 측정결과 검사양성자군-일반군 가정으로 나누어 살펴본 본 결과 건축 년 수, 주거형태, 애완동물, 바닥재, 누

수여부가 총부유세균의 결과에 영향을 주지 않은 것으로 나타났다(Table 6).

3.2.3 알데히드류

정밀조사 대상자 가정에 따른 알데히드류의 노출수준을 평가한 결과, 포름알데히드(Formaldehy-

de)는 메타콜린검사양성자군($27.11\mu\text{g}/\text{m}^3$)보다 일반군($33.99\mu\text{g}/\text{m}^3$)의 실내공기에서 더 높은 수준을 보였고, 아세트알데히드(Acetaldehyde)와 아크로레인+아세톤(Acrolin+Acetone)은 메타콜린검사양성자군과 일반군에서 유사한 수준인 것으로 나타났다 (Table 7).

Table 5. Measurement Results of TBC in the house.

	Case(n=15) Mean±S.D (Min~Max)	Control(n=10) Mean±S.D (Min~Max)
TBC	347.2±188.1 (58.0~660.0)	409.0±156.0 (120.0~660.0)

Table 6. TBC concentration of General status at resident houses.

unit : CFU/m³

Variables	Case(n=15)		Control(n=10)		Reference
	n	Mean ± S.D (Min ~ Max)	n	Mean ± S.D (Min ~ Max)	
Construction of year	1-5year	7 318±203 (58~660)	3	327±192 (120~500)	1) 800
	6-10year	1 200 (200~200)	1	300 (300~300)	
	11-15year	2 480±170 (360~600)	4	463±94 (350~540)	
	16-20year	5 364±196 (125~625)	0	-	
	>21year	0 -	2	480±255 (300~660)	
Housing type	apartment	9 289±143 (58~480)	6	373±152 (120~540)	1) 800
	independent house	2 375±354 (125~625)	1	660 (660~660)	
	other	4 465±198 (240~660)	3	397±127 (300~540)	
Leakage	yes	3 545±170 (350~660)	1	540 (540~540)	1) 800
	no	12 298±163 (58~600)	9	394±158 (120~660)	

1) IAQ guideline of multiplex use facility

Table 7. Aldehydes concentration of resident houses.

		Case(n=15)		Control(n=10)		Reference
Variables		n	Mean ± S.D (Min ~ Max)	n	Mean ± S.D (Min ~ Max)	
Formaldehyde	Indoor	15	27.11±15.49 (6.17~60.24)	10	33.99±26.68 (9.45~91.39)	1) 210 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Outdoor	14	5.68 ±2.92 (2.53 ~12.30)	9	5.74 ±1.98 (2.56 ~8.69)	2) 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Acetaldehyde	Indoor	15	6.89 ±2.76 (2.52 ~11.23)	10	6.46 ±3.78 (1.14 ~14.70)	-
	Outdoor	14	2.82 ±1.18 (1.28 ~5.20)	9	2.44 ±0.90 (1.51 ~4.16)	-
Acrolin+Acetone	Indoor	15	18.60 ±8.24 (4.73 ~34.18)	10	14.52 ±8.88 (3.01 ~30.88)	-
	Outdoor	14	5.47 ±3.33 (0.69 ~13.81)	9	5.06±2.50 (1.85~8.29)	-

1) IAQ guideline of multiplex use facility

2) IAQ guideline of New apartment

주거 형태에 따른 노출 수준은 메타콜린검사 양성자군에서는 연립주택 > 아파트 > 단독주택 순으로 포름알데히드류 세 가지 물질이 가장 높게 측정되었으며, 일반군은 단독주택 > 아파트 > 연립주택 순으로 가장 높게 측정되었다. 건축 년 수에 따른 노출 수준은 정밀조사 대상자 모든 가정에서 포름알데히드(Formaldehyde)와 아크로레인+아세톤(Acrolein+Acetone)에서 1~5년 신축되어진 메타콜린검사양성자군 가정에서 높게 나타났다. 벽과 바닥, 천장 등에 대한 최근 공사 여부에 따른 노출 수준은 검사양성자군 가정보다 일반군 가정에서 알데히드류가 보다 높게 나타났다. 이는 1~5년 내에 지어진 건물에서 거주하는 가정이 10가정으로 신축된 건물의 자재에 대한 영향을 받은 것으로 생각된다. 또한 가정의 주변 환경을 살펴 보면, 검사양성자군 및 일반군 모두 가정에서 주택지대보다 상가지대에서 높은 것으로 나타났다.

본문에 결과를 제시하지는 않지만 대상자 모든 가정에서 방향제를 사용한 가정이 사용하지 않는 가정보다 알데히드류 농도가 높은 수준으로 나타났다(Table 8).

3.3 개인 노출 평가

메타콜린검사양성자군과 일반군 초등학생의 호흡기영역에서의 뱃지(badge)를 사용한 VOCs의 노출수준이 모두 Log-normal 분포를 나타내고 있었다. 벤젠(Benzene)과 톨루엔(Toluene), 에틸벤젠(Ethylbenzene), 자일렌(Xylene) 모두 검사양성자군이 일반군에 비해 높은 농도 분포를 나타냈다. 대상 초등학생의 호흡기영역에서 측정된 VOCs의 평균 농도 중 가장 높게 검출된 물질은 톨루엔(Toluene)이었으며, 벤젠(Benzene), 자일렌(Xylene), 에틸벤젠(Ethylbenzene) 순으로 나타났다. 또한 메타콜린검사양성자군에서 측정된 VOCs의 평균 농

Table 8. Aldehyde concentration of surrounding environment at resident houses.

Variables	Case(n=15)						Control(n=10)			Reference			
	Indoor			Outdoor			Indoor				Outdoor		
	n	mean±SD (min~max)	n	mean±SD (min~max)	n	mean±SD (min~max)	n	mean±SD (min~max)	n		mean±SD (min~max)		
Formaldehyde	Residential area	13	26.69±15.74 (6.17~60.24)	12	5.38±2.99 (2.53~12.30)	9	32.71±27.97 (4.5~62.19)	8	5.64±2.10 (.56~7.31)	1)210 $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
	Multiplex area	2	29.84±19.28 (6.20~43.47)	2	7.48±2.32 (5.83~9.12)	1	45.45 (45.45~45.45)	1	6.54 (6.54~6.54)	2)120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
Acetaldehyde	Residential area	13	6.81±2.96 (2.52~11.23)	12	2.52±0.95 (1.28~4.76)	9	5.54±2.57 (1.14~14.70)	8	2.36±0.93 (1.51~3.06)	-			
	Multiplex area	2	7.43±1.06 (6.69~8.18)	2	4.59±0.87 (3.97~5.20)	1	14.70 (14.70~14.70)	1	3.06 (3.06~3.06)	-			
Acrolin+acetone	Residential area	13	17.69±7.54 (4.73~31.16)	12	4.82±2.51 (0.69~9.74)	9	12.71±7.17 (3.01~30.88)	8	4.66±2.34 (1.85~8.29)	-			
	Multiplex area	2	24.54±13.63 (14.90~34.18)	2	9.38±6.27 (4.94~13.81)	1	30.88 (30.88~30.88)	1	8.29 (8.29~8.29)	-			

1) IAQ guideline of multiplex use facility

2) IAQ guideline of New apartment

도가 톨루엔(Toluene)이 $16.09 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 벤젠(Benzene)이 $7.82 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 자일렌(Xylene)이 $1.93 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 에틸벤젠(Ethylbenzene)이 $1.16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 일반군에 비해 높은 것으로 나타났다. 그러나, 검사양성자군과 일반군의 각 VOCs 물질의 농도 차이는 자일렌(Xylene)을 제외하고는 통계적으로 유의한 차이를 나타내진 않았다(Table 9).

추가적으로, 일일 생활패턴에 따른 휘발성오염 물질의 노출을 평가하기 위해, 대상 초등학생의 12 시간 활동시간 및 장소에 대해 실외 활동시간이 2 시간 이상인 학생과 2시간 미만인 학생으로 구분하여 물질별 VOC 개인 노출 농도수준을 비교하였다. 2시간 이상 실외에서 활동을 한 경우는 자동차, 가솔린에 의한 벤젠(Benzene), 톨루엔(To-

Table 9. VOCs personal exposure of study population.

unit : $\mu\text{g}/\text{m}^3$

	Mean \pm S.D (Min ~Max)		
	Case (n=15)	Control (n=10)	Total (n=25)
Benzene	7.82 ± 11.07 (0.24 ~40.57)	5.70 ± 8.28 (1.08 ~28.87)	6.97 ± 9.91 (0.24 ~40.57)
Toluene	16.09 ± 20.06 (ND ~78.69)	14.19 ± 14.15 (1.82 ~43.50)	15.33 ± 17.63 (ND ~78.69)
Ethylbenzene	1.16 ± 0.87 (0.45 ~3.05)	0.73 ± 0.33 (0.24 ~1.30)	0.99 ± 0.72 (0.24 ~3.05)
Xylene*	1.93 ± 2.49 (ND ~7.90)	0.46 ± 0.47 (ND ~1.39)	1.34 ± 2.06 (ND ~7.90)

* p-value < 0.05

Table 10. VOCs personal exposure at outdoor activity time.

unit : $\mu\text{g}/\text{m}^3$

	Mean \pm S.D (Min ~Max)	
	< 2 hour (n=14)	> 2 hour (n=11)
Benzene	5.05 ± 6.70 (0.24 ~27.62)	9.42 ± 12.88 (0.79 ~40.57)
Toluene	13.83 ± 13.07 (ND ~43.50)	17.24 ± 22.73 (1.82 ~78.69)
Ethylbenzene*	1.25 ± 0.88 (0.24 ~3.05)	0.65 ± 0.20 (0.45 ~0.98)
Xylene*	2.02 ± 2.56 (ND ~7.90)	0.47 ± 0.47 (ND ~1.37)

* p-value < 0.05

luene)의 노출 농도가 개인에서 높게 검출되었다. 그 외 에틸벤젠(Ethylbenzene)과 자일렌(Xylene)의 노출 농도를 보면 실외보다는 실내 활동이 많은 학생들에 있어서 다소 높게 나타났으며, 이는 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다(Table 10).

4. 고찰

본 연구에서는 일부 메타콜린유발검사양성자군(n=15) 및 일반군(n=10)을 선정하여, 개인노출평가를 포함한 실내먼지 중 알레르겐 등의 노출특성을 비교하였다.

한국에서 가장 흔한 실내 알레르겐인 집먼지진드기 중에서 우점종인 *Dermatophagoides farinae*의 group 1 주 알레르겐인 Der f 1과 주거환경이 좋지 않은 지역에서 호흡기 알레르기의 중요 원인 알레르겐으로 잘 알려진 바퀴 중에서 우리나라에 가장 많은 종류인 *Blattella germanica*의 group 1 주 알레르겐인 Bla g 1, 그리고 최근 서식밀도가 급증하고 있는 개의 group 1 주알레르겐인 Can f 1, 마지막으로 잘 알려진 실내 진균류인 *Aspergillus*의 주 알레르겐인 Asp f 1을 선정하였다(박중원, 2000). 이 중 개, 고양이 알레르겐은 학생의 의복에 쉽게 부착되어 학교의 동급생에게 알레르기 질환을 잘 유발시키는 것으로 알려져 있으며, 집먼지진드기, 바퀴 알레르겐도 침구류뿐만 아니라 의복의 먼지에서도 높은 농도가 검출된다. 각각의 주 알레르겐은 특정치 이상에서 알레르기 질병을 잘 유발하는 것으로 알려져 있다. 먼지 1 gram 당 Der f 1은 2 μ g 이상(Call RS 등, 1992; Sporik R 등, 1990), Bla g 1은 8 IU이상(Gelber LE 등, 1993), Can f 1은 2 μ g 이상(Ingram et al., 1995)으로 측정될 경우 호흡

기 알레르기 질환의 발병률이 증가하는 것으로 알려져 있다. Platts-mills(1989)의 연구에서는 먼지내 집먼지진드기 알레르겐의 농도가 1g당 그룹 1(Group) 알레르겐이 2 μ g이상이거나 집먼지진드기 100마리이상이면, 집먼지진드기에 대한 감각이 시작되고 10 μ g이상이거나 집먼지진드기 500마리이상이면 천식을 유발한다고 언급하였다. 본 연구에서도 특정치 이상이 검출되었으나, 검사양성자군과 일반군에서 유의한 차이는 나타나지 않았으나, 본 연구진이 실시하였던 선행 연구된 서울 및 경기지역 201가구의 실내알레르겐 조사에서는 집먼지진드기, 바퀴, 애완동물 및 진균류에 의한 알레르기 질환의 위험이 증가하는 경향을 보였다는 결과도 있다(박중원, 2000).

본 연구에서 측정된 알데히드류 및 총부유세균의 경우 검사양성자군과 일반군의 유의한 차이는 없었다. 선행연구에서는 실내/외 유해화학물질(Granum and Lovik, 2002; Nielsen et al., 2005), 미생물의 노출(De Marco et al., 2004; Nafstad et al., 2005), 집먼지진드기와 곰팡이(Nielsen et al., 2002)와 같은 생물학적 요인도 알레르기 관련 질환과의 관련성을 언급하였다.

본 연구에서 대상 초등학생의 생활 패턴을 조사한 결과, 학교 실내에서 보내는 시간이 평균적으로 약 4시간 50분(40.2%)로 가장 많았고, 집안에서 보내는 시간이 약 3시간 30분(29.0%), 학원에서 보내는 시간이 약 1시간 40분(14.2%), 기타 실내에서 보내는 시간이 약 20분(3.0%) 정도인 것으로 조사되었다. 실외에서 보내는 시간은 약 30분(4.3%), 이동 시간이 약 1시간 10분(9.3%)로 조사되어, 대상 초등학생의 주 생활시간대의 12시간 중 실내에서 10시간 20분(86.4%)을 보내고 있으며, 이동 및 실외 활동 등을 통해 약 1시간 40분

(13.6%) 정도 실외에서 활동하는 것으로 평가되었다. 또한 검사양성자군의 초등학생이 실내에서 보내는 시간은 각각 10시간 30분, 일반군 10시간 9분으로 유사한 것으로 평가되었다(Fig. 2).

국내에서 초등학생들의 메타콜린 유발검사를 대단위로 한 경우는 두 번째이며(환경부, 2006), 어린이연령의 기도 과민성정도를 확인하는 것으로 매우 어려운 면이 있다. 환경부에서 지난 '05~'06년 조사된 도시, 산단 등 유형별 환경성질환 조사·감시 연구에 의하면, 일반적으로 메타콜린 유발검사는 객관적으로 천식을 진단할 수 있는 방법으로 사용되고 있으나, 아직 초등학생정도에서 그 효용성과 cut-off 수치를 확보한 연구결과가 없었다. 환경부(2006) 연구과제로 주관기관인 단국대에서의 국내 최초 7세 소아에서 메타콜린 유발검사의 적정 cut-off 수치는 11.78 mg/ml임을 확인하였고, 이 결과는 기존의 청소년이나 성인에서 사용되던 16 또는 25 mg/ml와 다른 수치를 사용하여야 함을 확인하였다. 따라서, 본 연구에서는 메타콜린 양성 cut-off수치를 25 mg/ml보다는 보수적인 16 mg/ml

을 사용하여, 대상자 구분에 있어서의 오류를 줄이고자 노력하였다.

본 연구는 소규모, 단기간 연구로 인한 근본적인 제한점으로 인해 천식아이들과 대조군간의 일부 개인노출의 차이점 외에 유의한 결과가 도출되지는 않았다. 그러나, 제한적인 연구임에도 불구하고 초등학생 생활패턴에서 보았듯 초등학생들은 특정 실내외 장소가 아닌 매우 다양한 곳에서 유해물질에 노출되는 것으로 판단된다. 앞으로 대규모 장기간의 연구를 위한 코호트구성을 통해 어린이들의 천식 등 환경성 질환에 대한 지속가능한 예방이 필요하다.

5. 결론

메타콜린양성군 및 일반군 가구 추적조사를 통해 환경성질환에 대한 관련성을 최종 확인하고자 하였고, 최종 폐기능검사 및 천식유발검사에서 양성반응을 보인 27명 중 연구 참여에 동의한 15명 및 일반군

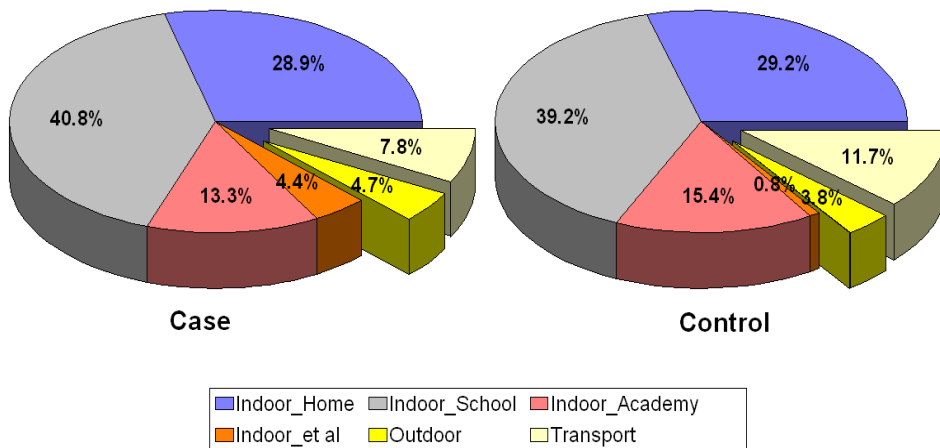


Fig. 2. Activity patton of elementary student.

10명을 최종 추적 조사하였다. 조사 항목, 즉 먼지 중 알레르겐(Allergen), 포름알데히드(Formaldehyde), 총부유세균의 가구별 차이 없었고, 메타콜린유발검사 양성자군의 VOCs의 개인 노출(OVM badge)평가 결과 일반군에 비해 벤젠(Benzene)과 톨루엔(Toluene), 에틸벤젠(Ethylbenzene) 모두 통계적으로 유의하지는 않았지만, 메타콜린양성군에서 높은 농도 분포를 나타냈고, 자일렌(Xylene)의 경우 통계적으로 유의하게 높게 노출되었다. 추적조사 가구의 알레르겐 검출 시험 결과 집먼지 진드기 알레르겐 검출율이 검사양성자군 가정 100%(평균 5.65 μ g/g dust), 일반군 가정 100%(평균 9.59 μ g/g dust)였고, 개(Dog) 알레르겐 검출율이 검사양성자군 가정 100%(평균 2.7 μ g/g dust), 일반군 가정 100%(평균 0.6 μ g/g dust)였고, 바퀴 알레르겐 검출율이 검사양성자군 가정 100%(평균 8.46 IU/g dust), 일반군 가정 100%(평균 0.54 IU/g dust)였고, 실내 곰팡이 알레르겐은 모두 불검출되었다. 결과적으로, 메타콜린검사양성자군 가정이 일반군에 비해 통계적으로 유의하지는 않지만 일반군 가정에 비해 높은 농도로 조사되었다.

감사의 글

본 연구는 교육인적자원부 “학교실내 공기질과 환경성질환의 연관성 조사 및 예방대책에 관한 연구” ’06~’07년 연구용역사업의 일부 결과이며, 이에 감사드립니다.

참고 문헌

김규언 (2000) 태내 및 영유아기 환경이 알레르기

발생에 미치는 영향, 4th 연세대학교 의과대학 알레르기 심포지엄, 5-15.

박중원 (2000) 한국 가정에서의 실내 알레르겐, 4th 연세대학교 의과대학 알레르기 심포지엄

보건복지부 (2005) 국민건강영양조사보고서, 17-23.

환경부 (2006) 도시, 산단 등 유형별 환경성 질환 조사감시보고서, 136-137.

Almqvist, C. (2005) High allergen exposure as a risk factor for asthma and allergic disease, Clin. Rev. Allergy. Immunol, 28, 25-41.

Call, R.S., Smith, T.F., Morris, E, Chapman M.D., Platts-Mills TAE. (1992) Risk factors for asthma in inner city children. J Pediatr 121, 862-866.

Dales, R.E., Cakmak, S., and Smith-Doiron, M. (2006) Gaseous Air Pollutants and Hospitalization for Respiratory Disease in the Neonatal Period, Environ. Health. Perspect, 114, 1751-1754.

De Marco, R., Pattaro, C., Locatelli, F., Svanes, C., and for the ECRHS Study Group. (2004) Influence of early life exposures on incidence and remission of asthma throughout life, J. Allergy. Clin. Immunol, 113, 845-852.

Gelber, L.E., Seltzer L.H., Bouzoukis J.K., Pollart S.M., Chapman M.D., Platts-Mills TAE. (1993) Sensitization and exposure to indoor allergens as risk factors for asthma among patients presenting to hospital. Am Rev Respir Dis 147, 573-578.

Granum, B., and Løvik, M. (2002) The effect of particles on allergenic immune responses, Toxicol. Sci, 65, 7-17.

Ingram, J.M., Sporik, R, Rose G, Honsinger, R, Chapman, M.D., Platts-Mills, TAE. (1995) Quantitative assessment of exposure to dog (Can f

- 1) and cat (Fel d 1) allergens: relation to sensitization and asthma among children living in Los Alamos, New Mexico. *J Allergy Clin Immunol* 96, 449-456.
- Koopman, L.P., van Strien, R.T., Kerkhof, M., Wijga, A., Smit, H.A., de Jongste, J.C., Gerritsen, J., Aalberse, R.C., Brunekreef, B., and Neijens, H.J. (2002) Placebo-controlled trial of house dust mite-impermeable mattress covers: effect on symptoms in early childhood, *Am. J. Respir. Crit. Care. Med.*, 166, 307-313.
- Kurosaka, F., Nakatani, Y., Terada, T., Tanaka, A., Ikeuchi, H., Hayakawa, A., Konohana, A., Oota, K., and Nishio, H. (2006) Current cat ownership may be associated with the lower prevalence of atopic dermatitis, allergic rhinitis, and Japanese cedar pollinosis in schoolchildren in Himeji, Japan, *Pediatr. Allergy. Immunol*, 17, 22-28.
- Lacasana, M., Esplugues, A., and Ballester, F. (2005) Exposure to ambient air pollution and prenatal and early childhood health effects, *Eur. J. Epidemiol*, 20, 183-199.
- Miller, R.L., Garfinkel, R., Horton, M., Camann, D., Perera, F. P., Whyatt, R. M., and Kinney, P. L. (2004) Polycyclic aromatic hydrocarbons, environmental tobacco smoke, and respiratory symptoms in an inner-city birth cohort. *Chest*, 126, 1071-1078.
- Mitchell, E.A., Stewart, A.W., and ISAAC Phase One Study Group. (2001) International Study of Asthma and Allergy in Childhood, The ecological relationship of tobacco smoking to the prevalence of symptoms of asthma and other atopic diseases in children: the International Study of Asthma and Allergies in Childhood (ISAAC), *Eur. J. Epidemiol*, 17, 667-673.
- Nafstad, P., Brunekreef, B., Skrondal, A., and Nystad, W. (2005) Early respiratory infections, asthma, and allergy: 10-year follow-up of the Oslo Birth Cohort, *Pediatrics*, 116, 255-262.
- Nielsen, G.D., Hansen, J.S., Lund, R.M., Bergqvist, M., Larsen, S.T., Clausen, S.K., Thygesen, P., and Poulsen, O.M. (2002) IgE-mediated asthma and rhinitis I: a role of allergen exposure?, *Pharmacol. Toxicol*, 90, 231-242.
- Nielsen, G.D., Olsen, O., Larsen, S.T., Løvik, M., Poulsen, L.K., Glue, C., Brandorff, N.P., and Nielsen, P.J. (2005) IgE-mediated sensitisation, rhinitis and asthma from occupational exposures. Smoking as a model for airborne adjuvants?, *Toxicology*, 216, 87-105.
- Platts-Mills T.A. (1989) Dust mite allergens and asthma-A world wide problem, *J Allergy Clin Immunol*, 83, 416-427.
- Simpson, A., and Custovic, A. (2005) Pets and the development of allergic sensitization, *Curr. Allergy. Asthma. Rep*, 5, 212-220.
- Sly, R.M. (1999) Changing prevalence of allergic rhinitis and asthma, *Ann. Allergy. Asthma. Immunol*, 82, 233-248.
- Sporik, R., Holgate S.T., Platts-Mills. TAE, Cogswell J.J. (1990) Exposure to house-dust mite allergen (Der p I) and the development of asthma in childhood. *N Engl J Med* 23, 502-507.
- Strachan, D., Sibbald, B., Weiland, S., AitKhaled, N., Anabwani, G., Anderson, H.R., Asher, M.I.,

- Beasley, R., Bjorksten, B., Burr, M., Clayton, T., Crane, J., Ellwood, P., Keil, U., Lai, C., Mallol, J., Martinez, F., Mitchell, E., Montefort, S., Pearce, N., Robertson, C., Shah, J., Stewart, A., von Mutius, E., and Williams, H. (1997) Worldwide variations in prevalence of symptoms of allergic rhinoconjunctivitis in children: the International Study of Asthma and Allergies in Childhood (ISAAC), *Pediatr. Allergy. Immunol.*, 8, 61-176.
- Woodcock, A., Lowe, L.A., Murray, C.S., Simpson, B.M., Pipis, S.D., Kissen, P., Simpson, A., Custovic, A., and NAC Manchester Asthma and Allergy Study Group. (2004) Early life environmental control: effect on symptoms, sensitization, and lung function at age 3 years, *Am. J. Respir. Crit. Care. Med.*, 170, 433-439.
- Wittig, H.J., McLaughlin, E.T., Leifer, K.L., and Belloit, J.D. (1978) Risk factors for the development of allergic disease: analysis of 2190 patient records, *Ann. Allergy*, 41, 84-88.