

초등학생 가정을 대상으로 한 바이오에어로졸 노출과 아토피와의 연관성 평가

하진실 · 정혜정* · 변혜정* · 윤충식* · 김양호** · 오인보*** · 이지호** · 하권철†

창원대학교 보건 의과학과, *서울대학교 보건대학원,

울산대학교 의과대학 울산대학교 병원 산업환경의학교실, *울산대학교 환경보건센터

Evaluation of Atopy and Its Possible Association with Indoor Bioaerosol Concentrations and Other Factors at the Residence of Children

Jin Sil Ha, Heajung Jung*, Hyaeyeong Byun*, Chungsik Yoon*, Yangho Kim**, In Bo Oh***, Ji Ho Lee**, and Kwon Chul Ha†

Department Biochemistry & Health Science, Changwon National University

*Graduate School of Public Health, Seoul National University

**Department of Occupational and Environmental Medicine, College of Medicine, University of Ulsan, Ulsan University Hospital, Ulsan, Korea

***Environmental Health Center, University of Ulsan, Ulsan, Korea

ABSTRACT

Objectives: Exposure to bioaerosols in the indoor environment could be associated with a variety adverse health effects, including allergic disease such atopy. The objectives of this study were to assess children's exposure to bioaerosol in home indoor environments and to evaluate the association between atopy and bioaerosol, environmental, and social factors in Ulsan, Korea.

Methods: Samples of viable airborne bacteria and fungi were collected by impaction onto agar plates using a Quick Take TM 30 and were counted as colony forming units per cubic meter of air (CFU/m³). Bioaerosols were identified using standard microbial techniques by differential stains and/or microscopy. The environmental factors and possible causes of atopy based on ISAAC (International Study of Allergy and Asthma in Childhood) were collected by questionnaire.

Results: The bioaerosol concentrations in indoor environments showed log-normal distribution ($p < 0.01$). Geometric mean (GM) and geometric standard deviation (GSD) of airborne bacteria and fungi in homes were 189.0 (2.5), 346.1(2.0) CFU/m³, respectively. Indoor fungal levels were significantly higher than those of bacteria ($p < 0.001$). The concentration of airborne bacteria exceeded the limit recommended by the Korean Ministry of Environment, 800 CFU/m³, in three out of 92 samples (3.3%) from 52 homes. The means of indoor to outdoor ratio (I/O) for airborne bacteria and fungi were 8.15 and 1.13, respectively. The source of airborne bacteria was not outdoors but indoors. GM of airborne bacteria and fungi were 217.6, 291.8 CFU/m³ in the case's home and 162.0, 415.2 CFU/m³ in the control's home respectively. The difference in fungal distributions between case and control were significant ($p = 0.004$) and the odds ratio was 0.996 ($p = 0.027$). Atopy was significantly associated with type of house (odds ratio = 1.723, $p = 0.047$) and income (odds ratio = 1.891, $p = 0.041$). Some of the potential allergic fungal genera isolated in homes were *Cladosporium* spp., *Botrytis* spp., *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., and *Alternaria* spp.

†Corresponding author: Department of Biochemistry and Health Science, Changwon National University, Gyeongnam 641-773, Korea, Tel: +82-55-213-3553, Fax: +82-55-213-3550, E-mail: kcha@changwon.ac.kr

Received: 21 August 2011, Revised: 22 September 2011, Accepted: 2 December 2011

Conclusions: These results suggest that there this should be either ‘was little’ meaning ‘basically no significant association was found’ or ‘was a small negative’ mean that an association was found but it was minor. It’s a very important distinction. Association between airborne fungal concentrations and atopy and certain socioeconomic factors may affect the prevalence of childhood atopy.

Key words: Bioaerosol, Fungi, Bacteria, Atopic dermatitis

I. 서 론

아토피(atopy) 혹은 아토피 증후군(atopic syndrome)은 type I (IgE-매개) 감작(sensitization)이나 과민성 알레르기 반응에 대한 일반적인 용어로 집 먼지진드기, 애완동물, 음식물 등의 일상에서 접할 수 있는항원에 노출되어 IgE 농도가 높아져 소양증(가려움증), 천식, 건초열, 습진 등을 동반하는 병변이 일어났을 때 사용한다.^{1,2)} 아토피 환자는 아토피성 피부염(atopic dermatitis), 알레르기성 비염(allergic rhinitis), 알레르기성 천식(allergic asthma), 알레르기성 결막염(allergic conjunctivitis) 중 하나 혹은 하나 이상의 증상을 가지고 있다.²⁾

아토피 유병률은 지난 30여 년동안 급격하게 증가하여 미국에서 17.2%, 유럽에서 15.6%, 일본에서 24%로 보고되었으며,³⁾ 심지어 정의에 따라서는 선진국의 경우 20~40%까지 이른다고 보고된 바 있어,¹⁾ 그 심각성을 유추할 수 있다. 우리나라에서 2006년 실시한 전국 초등학교의 알레르기 질환 유병률과 그 변화 추이에 대한 역학조사 결과 5년 전보다 천식의 유병률은 감소하였으나 알레르기 비염과 아토피 피부염 유병률은 각각 37.7%, 21.0%로 증가하였으며 이는 전세계적인 추세와 유사하다고 보고하였다.⁴⁾

아토피가 급격하게 증가함에 따라 그 원인에 대한 조사도 활발하게 이루어지고 있다. 아토피는 유전적 소인뿐만 아니라 환경적 요인도 중요한 역할을 하는 것으로 알려졌다.⁵⁾ 환경요인 중에서 화학물질 뿐만 아니라 생물학적 인자인 바이오에어로졸(bioaerosol)에 대한 관심이 최근에 급증해왔다. 바이오에어로졸은 넓은 의미로는 생물학적으로 유래한 공기 중 오염물질(biologically derived airborne contaminants)이라고 할 수 있으며, 미생물, 생물체의 파편이나 독소 등이 이에 속한다.⁶⁾ 바이오에어로졸은 실내환경에 존재하는 환기생방장치(가습기, 에어컨), 냉장고, 습기찬 벽지, 애완동물 등이 주요 발생원이며,⁷⁾ 다습하고 환기가 불충분한 경우 잘 증식하게 되고 실

내공기질(indoor air quality)에 영향을 주게 되어 결국 보건학적 문제를 야기하게 된다.

바이오에어로졸에 노출되어 나타나는 건강상의 악영향으로는 폐렴과 같은 호흡기계 질환, 전염성 감염질환, 급성독성, 아토피 피부염, 천식 등 알레르기성 질환, 암 등이 있다.^{8,9)} 그러나 그 인과관계가 명확하게 밝혀지지 않아 공중보건학적으로 풀어야 할 과제가 되고 있다.¹⁰⁾ 2000년대 초반부터 이에 대한 연구가 진행되어 바이오에어로졸 노출 시 아토피성(Th2) 면역반응이 증가하고, 전 세계적으로 약 10%의 인구가 진균성 알레르기를 가지고 있다는 것이 밝혀졌다.^{11,12)}

아토피와 같은 환경성 질환에 적극 대처하기 위해서는 현재 부족한 실내환경에 대한 기초자료들을 광범위하게 수집하여 그 발생 원인을 과학적으로 밝히는 등 보다 근본적인 접근이 필요하다고 할 수 있다. 이에 따라 본 연구에서는 환경성 질환에 민감한 초등학교생이 있는 가정을 대상으로 바이오에어로졸 노출 정도를 평가하고, 아토피와 바이오에어로졸 및 사회환경적 요인들과의 연관성을 파악하여 발생 원인, 관리 방안 및 정책 개발을 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 우리나라에서 가장 대표적인 공업도시인 울산광역시시의 도심에 위치한 A 초등학교 학생들의 가정을 대상으로 하였다. 재학 중인 대부분 학생의 가정은 학교 인근인 상산동과 달동에 위치하며, 동남방향 2~3 km 내외로 공업단지가 조성되어 있어 아토피 등 환경성 질환을 연구하는데 적합한 조건이라고 할 수 있다. 2010년 4월을 기준으로 A 초등학교에 재학중인 1,387명 학생의 부모들을 대상(응답률 95.3%)으로 지난 1년간 의사진단 유병률을 파악한 결과 아토피 질환의 유병률은 전체적으로 35.0%

였으며, 세부질병 별로는 천식 2.5% (33명), 비염 27.8% (367명), 피부염 10.6% (106명)로 나타났다. 이를 바탕으로 2010년 6월부터 약 3개월 동안 아토피 환아군 26명과 대조군 26명 등 총 52명의 가정 집을 대상으로 공기 중 바이오에어로졸을 시료채취 하였으며, 아토피와 관련인자들의 상관성을 분석하기 위해서 ISAAC (International Study of Allergy and Asthma in Childhood)에서 제안하고 있는⁴⁾ 아토피 관련 인자들에 대해 설문조사도 실시하였다.

2. 측정 및 분석방법

1) 측정방법

예비 실험을 거쳐 바이오에어로졸에 대한 적정 시료채취시간(5~10분)을 정하고, 어린이가 등교한 후 오전 9시 정도부터 약 2시간 동안 시료채취가 이루어졌다. 실내의 경우는 거실, 어린이방 등 어린이가 주로 생활하는 공간을, 실외의 경우는 공기가 실내로 유입될 수 있는 지점인 아파트 베란다의 에어컨 실외기 등에서 약 1 m 높이를 측정지점으로 하였다.

2) 시료 포집 및 배양

공기 중 배양이 가능한(culturable) 바이오에어로졸을 채취하기 위해서 28.3 l/min의 유량으로 보정된 펌프(Quick Take TM 30, SKC Inc, USA)와 시료채취기(Andersen one-stage sampler, SKC Inc, USA)를 사용하였다. 세균을 시료채취 시 진균의 성장을 억제하기 위하여 Cychoheximide(항생제, 0.5 g)를 첨가하여 만든 TSA (tryptic soy agar) 배지를 사용하였으며, 진균의 경우는 세균의 성장을 억제시키기 위한 Chloramphenicol 항생제를 첨가한 MEA (malt extract agar) 배지를 사용하였다. 시료는 5~10분 동안 채취하였으며, 채취기의 오염을 방지하기 위하여 시료채취 전 채취기 내부를 알코올(70%) 솜으로 소독처리를 한 후 건조시킨 다음 멸균된 배지를 장착하였다.

시료채취가 끝난 후 시료를 아이스박스에 넣어 실험실로 운반한 후 세균의 경우는 37°C 배양기에서 24시간 이상 배양하였으며, 진균의 경우는 25°C 배양기에서 72시간 이상 배양하였다. 배양 후 충분한 혼련을 거친 연구자가 배지 위에 형성된 집락형성단위(colony forming Unit, CFU)를 계수한 후 채취공기량(m³)으로 나누는 방법으로 농도(CFU/m³)를 표

시하였다(Equation 1, 2). 시료채취 시 나타날 수 있는 측정 오차를 보정하기 위하여 전체 시료의 10%는 공시료를 사용하였다.¹³⁾ 한편 측정지점에서 시료채취시간 동안 바이오에어로졸의 농도 분포에 영향을 줄 수 있는 온도와 습도 등 환경요인은 VelociCalc Air Velocity Meter (Model 9555 Series, TSI, USA)로 측정하였다.

$$\text{CFU/m}^3 = \frac{\text{No. of colony counted on agar plate}}{\text{Air Volume (m}^3\text{)}} \quad (1)$$

$$\text{Air volume (m}^3\text{)} = \text{Flow Rate (28.6 l/min)} \times \text{sampling time (min)} \times 1/10^3 \quad (\text{Eq. 2})$$

3) 배양균의 동정

바이오에어로졸 중 문헌 고찰을 통하여 실내환경에서 주로 발견되는 진균의 종류와 특성을 파악한 후, 집락에서 진균을 채취하여 새로이 배양한 다음 육안 및 현미경 관찰을 통해서 색상, 형태, 포자 등의 형태를 파악하여 동정하였다.

3. 통계분석

수집된 자료에 대한 통계분석은 IBM SPSS Statistics (version 19.0) 프로그램을 사용하였다. W-검정(Shapiro-Wilk test)을 통해 자료의 분포도를 확인하였으며, 기하정규분포에 대한 대표 통계치인 기하평균(GM)과 기하표준편차(GSD)로 표시하였다. 아토피와 바이오에어로졸 농도, 사회경제 및 환경인자와의 연관성은 로지스틱 회귀분석을 이용하였고, 시료채취 장소별 바이오에어로졸 농도 차이는 ANOVA와 Duncan의 다중비교 분석방법을, 실내와 실외의 농도 차이는 t-검정방법으로 통계적 유의성을 분석하였다.

III. 연구 결과

1. 초등학교 어린이의 바이오에어로졸 노출 평가

설문조사를 통해 초등학교생의 일일시간활동(time-activity diary)을 분석한 결과 하루 24시간 중 약 57.5%에 해당하는 13.8시간을 가정에서, 약 25%인 6시간 정도는 학교에서, 학원 등 방과후 활동에 나머지 시간을 보내고 있는 것으로 나타났다. 초등학교 어린이는 하루 중 가장 많은 시간을 가정에서 보내고 있

Table 1. Summary of airborne bioaerosol distribution at the residence of children

Bioaerosol		Indoor			Outdoor
		Bedroom	Living Room	Sum	
Bacteria	No. of Samples	46	46	92	46
	GM (GSD), CFU/m ³	195.2 (2.3)	182.9 (2.6)	189.0 (2.5)	40.4 (2.0)
	Range, CFU/m ³	35~1,622	7~2,196	7~2,196	7~126
Fungi	No. of Samples	48	47	95	47
	GM (GSD), CFU/m ³	353.6 (2.1)	338.6 (1.8)	346.1 (2.0)	408.8 (2.0)
	Range, CFU/m ³	21~1,203	70~1,105	21~1,203	35~1,091

GM: Geometric Mean, GSD: Geometric Standard Deviation.

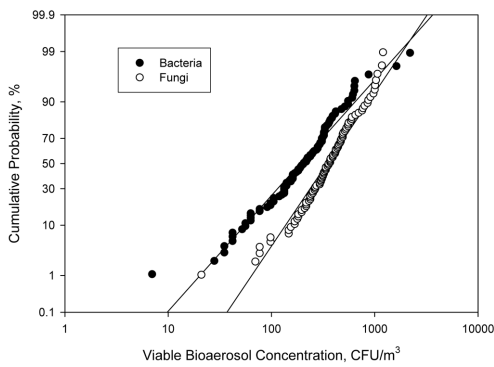


Fig. 1. Cumulative probability plot of viable bioaerosol concentrations.

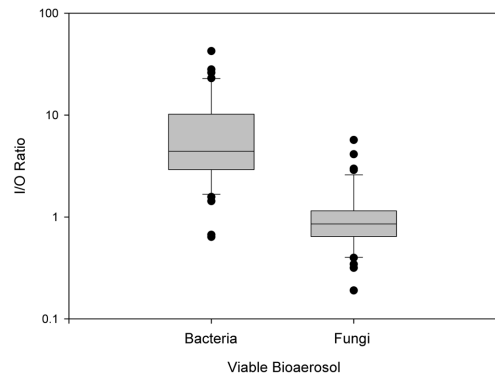


Fig. 2. Box plot of indoor to outdoor concentration ratios (I/O ratio) of bioaerosol.

기 때문에 환경성 건강 유해인자의 노출 정도를 평가하기 위해서는 가정이 중요하다 할 수 있다.

1) 바이오에어로졸 노출 수준

초등학생이 있는 가정을 대상으로 측정한 바이오에어로졸의 농도 분포는 Table 1과 같다. Shapiro-Wilk test를 통해 공기 중 진균과 세균의 농도 분포를 파악한 결과 Fig. 1에서 보는 바와 같이 대수정규(log-normal) 분포를 하고 있었다 (W-test, $p < 0.01$). 일부 오염되어 분석이 불가능한 시료를 제외한 실내 공기 중 세균의 기하평균(geometric mean, GM)은 189.0 CFU/m³, 기하표준편차(geometric standard deviation, GSD)는 2.5로 나타났으며 농도 범위는 7~2,196 CFU/m³였다. 시료채취 장소별 GM값은 어린이방에서 195.2 CFU/m³로 거실(182.9 CFU/m³)보다 높았으며, 거실에서의 농도 범위가 어린이방보다 더 넓게 분포하였으나 두 지점간의 차이는 통계적인 유의성이 없었다. 진균의 실내공기 중 GM은 346.1 CFU/m³ (GSD = 2.0), 농도 범위는 21~1,203 CFU/m³로 나타났다. 시료채취 장소별로는 세균과 같이 어

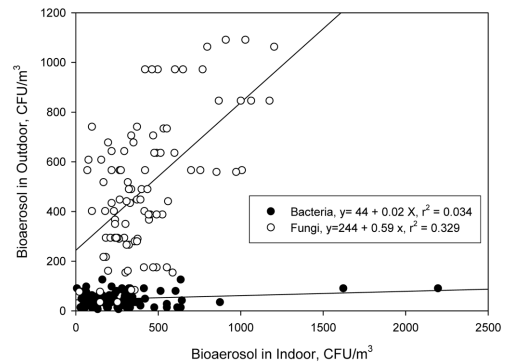


Fig. 3. Relationship of bioaerosol distributions in indoor and outdoor of homes.

린이방(353.6 CFU/m³)이 거실(338.6 CFU/m³)보다 높게 분포하였으나 통계적으로 유의하지는 않았다. 실내환경에서 세균과 진균의 농도 분포를 비교한 결과 진균의 농도가 세균보다 통계적으로 유의하게 높았다($p < 0.001$).

외기에 존재하는 세균은 실내농도 분포보다 매우

Appendix 1. Standards, guidelines and recommendations for bioaerosol according to nations and organizations

Nation	Organization	Standard (Recommendation, Guideline)					
		Airborne Bacteria		Airborne Fungi			
Korea (2004)	Ministry of environment	Commercial building (subway etc.)	800 CFU/m ³				
	Ministry of employment and labor	Office indoor air management	800 CFU/m ³				
	Ministry of education, science and technology	School (School health law)	800 CFU/m ³ (Falling : 10 CFU/room)				
United States	OSHA (1999)	Occupational Health Area	Contamination indicators : - ≥ 1000 CFU/m ³ - ≥ 10 ⁶ fungi/g dust - ≥ 10 ⁵ fungi/mL stagnant water or slime				
	ACGIH (1989)	Occupational Health Area	- < 100 CFU/m ³ considered of no concern - 200 CFU/m ³ recommended as a guideline for fungal bio-aerosols. - 500 CFU/m ³ (total culturable bacteria)				
Canada	Public Works (2005)	Public	- Indoor fungal quantities should be lower compared to outside - Contamination if quantity of normal outdoor(phyllloplane) species 500 CFU/m ³ indoors				
	Health Canada (1995)	Public	- ≤ 150 CFU/m ³ acceptable if a mixture of the outdoor air spores - ≤ 500 CFU/m ³ acceptable in summer if the species present are primarily <i>Cladosporium</i> or other tree and leaf fungi - Contamination if > 50 CFU/m ³ of a single species				
WHO(1988)			500 CFU/m ³		500 CFU/m ³		
CEC(1993)		House and office (CFU/m ³)	Very Low	< 100	< 50	< 50	< 25
			Low	< 500	< 100	< 200	< 100
			Medium	< 2,500	< 500	< 1,000	< 500
			High	< 10,000	< 2,000	< 10,000	< 2,000
			Very High	> 10,000	> 2,000	> 10,000	> 2,000

WHO : World Health Organization. OSHA : U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration. ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists. CEC: Commission for European Committees.

낮은 기하평균 40.4 CFU/m³ (GSD 2.0)로 분포하고 있었으며, 실내외농도비(indoor to outdoor concentration ratio, I/O)는 8.15로 실내가 실외보다 약 8배 정도 높게 나타났다. 진균의 경우는 세균과는 달리 기하평균이 실내보다 더 높은 408.8 CFU/m³(GSD 2.0)로 분포하였으며 I/O 평균은 1.13으로 실내의 농도가 비슷한 것으로 나타났다. Fig. 2에서 보는 바와 같이 세균의 I/O가 진균의 I/O보다 통계적으로 유의하게 높게 나타났다(p < 0.01). 세균과 진균의 실내외 농도간 상관성은 Fig. 3에 나타내었다. 진균의

경우 실외와 실내 농도가 어느 정도 양의 상관성을 보였지만(R² = 0.329), 세균은 상관성이 매우 낮은 것으로 나타났다(R² = 0.034).

2) 바이오에어로졸 노출 기준과 평가

바이오에어로졸의 인체 악영향이 확인되거나 의심되고 있어 Appendix 1과 같이 다양한 국가와 기관에서 관리기준 혹은 지침을 제시하고 있다. 우리나라의 경우 환경부에서는 '다중이용시설 등의 실내공기질관리법'에 의해 다중이용시설 17개에 대해, 고

Table 2. Distribution of bioaerosol concentrations and evaluation of the association between atopy and bioaerosol at home

Bioaerosol		Case	Control	p-value (Difference)	Odds ratio (p-value)
No. of samples		48	44		
Bacteria	GM (GSD), CFU/m ³	217.6 (2.2)	162.0 (2.7)	0.199	1.001 (0.501)
	Range	52~2,144	7~636		
No. of samples		49	46		
Fungi	GM (GSD), CFU/m ³	291.8 (1.9)	415.2 (1.9)	0.004	0.996 (0.027)
	Range	21~1182	70~1175		

용노동부에서는 사무실과 같은 실내작업환경에 대해, 교육과학기술부에서는 학교보건법에 의해 학교의 실내환경을 대상으로 동일하게 공기중 총부유세균 800 CFU/m³를 기준으로 지정하여 관리하고 있다.¹⁴⁾ 비록 상기 세 가지 법의 적용대상에 가정은 포함되어 있지 않으나 본 연구 결과를 이 기준과 비교하여 평가해보면 전체 세균시료 92개 중 약 3.3%에 해당하는 3개의 시료가 기준을 초과하였다.

우리나라에는 진균에 대한 기준이 없으나 많은 국가와 기관에서는 세균보다는 진균에 대한 관리기준을 보다 엄격하게 제시하고 있다. 미국의 OSHA (Occupational Safety and Health Administration, 산업안전보건청)에서는 오염의 지표로 1,000 CFU/m³를 제안하고 있으며,¹⁵⁾ ACGIH에서는 1989년도에 진균성 바이오에어로졸에 대해 200 CFU/m³을 지침으로 제시하였으나,¹⁶⁾ 공식적인 “Threshold Limit Values (TLVs) and Biological Exposure Indices (BEIs)”에서는 노출 기준을 제시하고 있지 않다.^{6,17,18)} 캐나다에서는 단일 종이 50 CFU/m³ 이상 존재 시 ‘concern’으로 분류하고 있으며, 여러 가지 종들이 같이 존재할 때는 각 종의 농도가 150 CFU/m³ 이하일 경우 ‘acceptable’로 분류하며, 여름철에는 *Cladosporium* 존재 하에 전체 진균 농도가 500 CFU/m³ 이하일 경우 ‘acceptable’로 분류하고 있다.¹⁹⁾ WHO, 싱가포르 등에서도 캐나다와 같이 진균에 대해서 500 CFU/m³를 기준으로 제시하고 있다.

대체적으로 실내환경 중 진균에 대해 500 CFU/m³를 제시하고 있어 본 연구 결과를 이 기준과 비교하여 평가해보면 총 95개의 시료 중 약 25.3%에 해당하는 24개의 시료가 기준을 초과하고 있었다. 또한 일부 연구에서 1,000 CFU/m³를 오염되지 않는 환경과 오염된 환경을 나누는 기준으로 제안하고 있기 때문에,¹²⁾ 이를 기준으로 보면 약 6.3%인 6개의

시료가 기준을 초과하고 있었다. 유럽 CEC에서는 바이오에어로졸의 농도에 따라 실내환경을 다섯 가지로 구분하고 있는데 이는 건강상의 악영향을 기준으로 구분한 것이 아니라 실내환경에서 측정된 자료를 기준으로 하고 있다.²⁰⁾ 이 기준을 적용하여 평가해보면 세균은 2등급에 해당하는 “Low”에 속하지만, 진균은 3등급인 “Medium”에 해당한다고 할 수 있어 세균보다는 진균에 의한 오염도가 더 높게 나타났다.

2. 환아군과 대조군 가정에서 바이오에어로졸 분포

환아군과 대조군의 가정을 대상으로한 바이오에어로졸의 농도 분포는 Table 2와 같다. 공기 중 세균은 환아군의 가정에서 GM (GSD)값이 217.6 (2.2) CFU/m³로 대조군의 162.0 (2.7) CFU/m³보다 더 높은 농도로 분포하고 있으나 그 차이는 통계적으로 유의하지 않았다($p > 0.05$). 진균의 경우는 환아군의 가정에서 GM (GSD)값이 291.8 (1.9) CFU/m³로 대조군의 415.2 (1.9) CFU/m³보다 더 낮은 농도로 분포하고 있었으며(교차비 [odds ratio] 0.996, $p = 0.027$), 이는 통계적으로 유의하였다($p < 0.01$). 가정 내의 어린이방과 거실 등 측정지점간 차이는 진균이나 세균 모두에서 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p > 0.05$).

가정측정 대상자의 부모님을 대상으로 ISAAC에서 제안하고 있는 아토피 관련 항목들을⁴⁾ 설문조사한 결과는 Table 3과 같다. 대상 어린이의 성별 분포를 보면 남녀 각각 26명으로 환아군 중에서 남아 16명(30.8%), 여아 10명(19.2%)으로 나타났으며, 대조군에서는 반대로 남아 10명(19.2%), 여아 16명(30.8%)으로 나타나 환아군에서는 남아의 비율이, 대조군에서는 여아의 비율이 높게 나타났다. 학년별 분포를 보면 3, 4학년이 각각 31명과 21명이었으며, 학년별 환아는 3, 4학년에서 각각 13명(25.0%), 14명(26.9%)으로 4학년에서의 환아의 비율이 더 높게 나

Table 3. Evaluation of the association between children with atopy and contributing factors

Factors		Control N (%)	Case N (%)	Total N (%)	Odds ratio (p-value)
Sex	boy	10 (19.2)	16 (30.8)	26 (50.0)	0.319 (0.099)*
	girl	16 (30.8)	10 (19.2)	26 (50.0)	
Grade	3 grade	18 (34.6)	13 (25.0)	31 (59.6)	2.769 (0.084)*
	4 grade	7 (13.5)	14 (26.9)	21 (40.4)	
Type of House	multiplex	5 (9.6)	1 (1.9)	6 (11.5)	1.723 (0.047)**
	Apt. (< 5F)	5 (9.6)	4 (7.7)	9 (17.3)	
	Apt. (< 10F)	5 (9.6)	5 (9.6)	10 (19.2)	
	Apt. (> 10F)	10 (19.2)	17 (32.8)	27 (52.0)	
Year of construction	before 2000	20 (38.5)	23 (44.2)	43 (82.7)	1.154 (0.663)
	after 2000	4 (7.7)	4 (7.7)	8 (15.4)	
	No response	1 (1.9)	0 (0.0)	1 (1.9)	
Residence	< 4 years	6 (11.5)	13 (25.0)	19 (36.5)	0.845 (0.053)*
	4~7 years	10 (19.2)	10 (19.3)	20 (38.5)	
	> 7 years	9 (17.3)	4 (7.7)	13 (25.0)	
No. of Family	≤ 4	18 (34.6)	17 (32.7)	35 (67.3)	1.654 (0.212)
	> 4	6 (11.5)	11 (21.1)	17 (32.7)	
Smokers in the family	no	16 (30.8)	20 (38.5)	36 (69.2)	0.546 (0.311)
	yes	6 (11.5)	10 (19.3)	16 (30.9)	
Education of Mother	less than junior college	9 (17.3)	7 (13.5)	16 (30.8)	1.252 (0.512)
	more than college graduate	16 (30.7)	20 (38.5)	36 (69.2)	
Monthly income	≤ 3 mil Won	11 (23.1)	5 (9.6)	16 (30.8)	1.891 (0.041)**
	> 3 mil Won	13 (25.0)	21 (40.5)	34 (65.4)	
	No response	2 (3.8)	0 (0.0)	2 (3.8)	
Pet	no	16 (30.8)	22 (42.3)	38 (73.1)	0.404 (0.162)
	yes	9 (17.3)	5 (9.6)	14 (26.9)	
Carpet	no	19 (36.5)	18 (34.6)	37 (71.1)	1.583 (0.459)
	yes	6 (11.5)	9 (17.4)	15 (28.9)	
Water leak	no	21 (40.4)	22 (42.3)	43 (82.7)	1.193 (0.811)
	yes	4 (7.7)	5 (9.6)	9 (17.3)	
Air conditioner	no	2 (3.8)	2 (3.8)	4 (7.7)	1.087 (0.936)
	yes	23 (44.2)	25 (48.1)	48 (92.3)	
Temperature (°C)	Mean (SD)	27.0 (1.4)	27.4 (0.9)	-	0.887 (0.741)
Humidity (%)	Mean (SD)	62.4 (8.4)	59.8 (10.4)	-	1.045 (0.380)

*: $p < 0.1$, **: $p < 0.05$.

타났다.

아토피와 이의 발생에 영향을 줄 수 있는 사회적 제적 요인들과의 연관성을 파악한 결과 거주지 형태, 월 수입 등은 $\alpha = 0.05$ 수준에서, 성별, 학년별, 거

주기간 등은 $\alpha = 0.1$ 수준에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 거주지 형태의 경우 공동주택보다는 아파트에서, 아파트 층수 별로는 저층보다는 고층에서 더 높은 아토피 유병률을 보였다(교차비 1.723,

Table 4. Average concentrations of identified fungi according to genus

	No. of Samples	No. of Examined Colonies	Average Concentrations by Genus, CFU/m ³ (%)				
			<i>Cladosporium</i>	<i>Botrytis</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Penicillium</i>	<i>Alternaria</i>
Case	9	79	142.0 (30.0)	145.5 (34.6)	92.3 (24.6)	43.4 (7.5)	16.1 (3.3)
Control	13	63	224.5 (41.8)	155.9 (28.7)	94.4 (17.4)	52.7 (7.2)	23.8 (4.8)

$p=0.047$). 월 수입의 경우는 3백만 원 이하보다는 그 이상에서 아토피 유병률이 더 높았다(교차비 1.891, $p=0.041$). 또한 남아보다는 여아가 더 낮은 유병률을 보였으며(교차비 0.319, $p=0.099$), 3학년보다는 4학년에서(교차비 2.769, $p=0.084$), 거주기간이 길 때보다는 짧을 때가 더 아토피 유병률이 높은 것으로 나타났다(교차비 0.845, $p=0.053$). 그러나 아토피 유병률과 관련이 있을 것으로 예상했던 가족 구성원 수, 흡연, 부모의 교육 정도, 애완동물, 카펫, 누수, 에어컨 등은 아토피와의 연관성이 통계적으로 유의하지 않았다($p>0.1$). 또한 본 연구를 수행할 때 실내평균온도는 환아군 27.4°C, 대조군 27.0°C였으며, 습도는 환아군 59.8%, 대조군 62.4%로 나타났으며 공기 중 바이오에어로졸 농도 분포나 아토피 유병률과는 유의한 차이를 보이지 않았다($p>0.05$).

3. 실내환경 중 진균의 동정

실내환경에 존재하는 진균류의 종류에 따른 분포 차이를 알아보기 위해서 환아군 9가정, 대조군 13가정 등 총 22개 시료에 대하여 동정을 실시하여 그 결과를 Table 4에 나타내었다. 환아군의 가정에서는 *Botrytis* (34.6%), *Cladosporium* (30.0%), *Aspergillus* (24.6%), *Penicillium* (7.5%), *Alternaria* (3.3%)의 순으로 빈도가 높게 나타났으나 대조군의 경우는 *Cladosporium* (41.8%), *Botrytis* (28.7%), *Aspergillus* (17.4%), *Penicillium* (7.5%), *Alternaria* (4.8%) 순으로 분포하고 있는 것으로 조사되었다.

IV. 고 찰

1. 바이오에어로졸 노출 평가

본 연구에서 조사된 세균의 농도(GM 189.0 CFU/m³)는 병원(404 CFU/m³), 유아시설(931 CFU/m³), 노인복지시설(294 CFU/m³), 산후조리원(586 CFU/m³)보다 낮은 농도로 분포하였다.²¹⁾ 진균의 농도 분포(GM 346.1 CFU/m³)는 대학의 실험실(52 CFU/m³),

종합병원(156 CFU/m³), 일부 지하철 역사(254 CFU/m³) 보다는 높은 농도이며, 지하상가(450 CFU/m³) 보다는 낮은 수준이었다.²²⁾ 전체적으로 다른 연구와 비교 시 세균의 농도 분포는 낮고, 진균은 높은 농도 분포를 보였다. 그 이유는 첫째, 시료채취시기가 달라서 바이오에어로졸의 농도 분포가 다르게 나타난 것으로 생각된다. 본 연구는 우리나라의 장마철에 해당되는 시기에 시료채취가 이루어져 상대적으로 다른 기간보다 습도가 높았기 때문에, 습기가 생겼을 때 가장 중요한 제한요소인 진균은 잘 성장할 수 있는 환경이 조성된 반면에 세균은 공기 중 진균과 경쟁관계에 있기 때문에 상대적으로 낮은 농도 분포를 보인 것으로 생각된다.^{23,24)} 둘째는 실내 바이오에어로졸은 온도, 상대습도, 공기 유속 등과 같은 주변 환경조건에 따라 순간적으로 다량생성될 수 있어 발생양상이 연속적이지 않은 특성이 있기 때문에⁷⁾ 가변적인 농도 분포의 영향을 받은 것으로 판단된다. 실내환경 중 바이오에어로졸은 실내와 실외에서 그 발생원을 찾을 수 있다.^{7,23)} 실내에서는 사람을 비롯하여 애완동물, 집먼지, 쓰레기, HVAC (heating, ventilation and air-conditioning) 시스템 등이 주요 발생원이며,^{7,23-26)} 실외에서는 복잡한 환기시설을 갖춘 건물로 쉽게 이동할 수는 없지만 출입이나 자연 환기 시 외기의 바이오에어로졸이 실내로 투입될 수 있으며, 특히 진균 포자 등이 잘 번식하는 시기에는 주요 발생원이 될 수 있다.^{7,23)}

Nevalainen 등²⁷⁾은 실내환경 중 바이오에어로졸의 오염원을 파악하기 위해서 I/O를 계산하여 적용하였는데 이를 통해 외기의 바이오에어로졸이 실내의 오염에 미치는 영향 정도를 파악할 수 있다. 본 연구에서 세균과 진균의 평균 I/O는 각각 8.15, 1.13으로 세균은 실내에 그 발생원이, 진균의 경우는 외기가 발생원이 되어 실내에 영향을 준다고 평가할 수 있다. de Aquino Neto 등²⁸⁾은 I/O가 2이상일 경우는 실내 공기질이 좋지 않으며, 1.5~2.0이면 보통이며, 1.5 이하이면 좋은 공기질이라고 주장하고 있어,

이 기준과 비교하면 세균은 실내 공기질에 심각한 악영향을 미치는 것으로 판단된다. 그러나 진균과 같이 상대적으로 높은 농도에 대한 고려가 없었다는 단점이 있다.

실내환경 중 부유하고 있는 진균에 대한 동정 결과 다양한 진균이 분포하고 있었으며 그 발생 빈도도 다른 연구자들과²⁹⁾ 유사하게 나타났다. Etzel 등³⁰⁾은 아토피 피부염 및 천식과 관련된 것으로 생각되는 *Alternaria* 속 진균, 폐출혈과 관련된 *Stachybotrys*, *Cladosporium*, *Aucor*, *Ulocladium* 등이 실내환경에서 확인되었다고 보고하였다. 본 연구에서도 아토피 피부염과 소아천식 등 알레르기성 질환과의 연관성이 있다고 알려진 *Cladosporium*, *Alternaria* 등의 진균들이 동정되었다.

노출기준 분야에서 가장 권위 있는 ACGIH에서 바이오에어로졸은 시료의 채취 및 분석 방법에 따라 차이가 있고, 양-반응 관계 설정이 어렵고, 집락이 복잡한 혼합체이고, 측정, 평가, 분석이 어렵고, 인체 반응이 매우 다양하여 양-반응 관계를 확립할 수 없기 때문에 노출 기준을 설정하기가 어렵다고 밝히고 있다.^{6,17,18)} 그러나 다양한 국가와 기관에서 건강영양이나 오염도 등을 기초로 노출 기준이나 지침 등을 제시하고 있고, 여러 연구자들이 바이오에어로졸과 건강상의 악영향에 대한 연구를 통해 실내 진균의 농도가 150-1,000 CFU/m³가 되면 충분히 인체의 건강을 해칠 수 있으며,³¹⁾ 공기 중 진균의 높은 농도 수준은 명확하게 공중보건에 악영향을 끼친다고³²⁾ 보고하고 있다. 따라서 건강상의 악영향을 최소화하기 위해서는 일반 대중이 쉽게 받아들일 수 있는 기준이나 범위 등을 제시함으로써 바이오에어로졸에 대해 올바르게 인식할 수 있도록 하고 건강과의 관련성에 더 많은 관심을 갖도록 해야할 것이다. 특히 우리나라에서는 다른 국가나 기관과는 달리 건강상의 악영향이 더 클 것으로 생각되고 있는 진균에 대한 기준은 제시하고 있지 않기 때문에 이에 대한 논의가 더 시급하다고 할 수 있다.

2. 아토피와 사회경제 및 환경인자와의 연관성

환아군과 대조군의 가정을 대상으로 공기 중 세균과 진균의 농도가 500 CFU/m³를 초과하는 비율을 살펴보면 세균의 경우는 환아군에서 10.4%(48개 시료 중 6개 시료), 대조군에서 13.6%(44개 시료 중

6개 시료)이었으며, 진균의 경우는 환아군에서는 13.7%(49개 시료 중 7개 시료), 대조군에서는 37.0%(46개 시료 중 17개 시료)로 나타났다. 환아군보다는 대조군의 가정에서 초과율이 더 높게 나타난 것은 역설적으로 환아군의 집에서는 환아의 건강 상태를 고려하여 집을 깨끗하게 하려고 노력하여 바이오에어로졸의 농도가 낮아진 것으로 판단된다. 실제로 Yoon 등³³⁾의 연구에 따르면 환아군 가정의 청소 횟수는 정상군보다 많은 것으로 보고하였다. 한편 위생가설(hygiene hypothesis)에 따르면 위생적인 환경(낮은 농도의 바이오에어로졸)에서 성장하게 되면 아토피성(Th2) 면역반응이 증가하여 아토피 피부염과 알레르기성 천식이 더 발생한다는 주장도 있다.^{8,9)}

Williams³⁴⁾는 사회계층이 높을수록 아토피의 발생률이 더 높은데, 그 원인은 사회적 지위가 높고 경제적 여유가 있을수록 자식에 대한 관심이 높아 어려서부터 다양한 영양제를 많이 먹고 꼭 필요하지 않은 예방접종까지도 받게 하는 등 과도한 관심과 관리가 아토피를 유발시키는 원인이 될 수 있다고 하였다. 본 연구에서 아토피 발생과 사회경제적인 요인과의 연관성을 조사한 결과 대체적으로 경제적인 여유가 있는 가구에서 아토피 유병률이 높게 나타났지만 일부 인자를 제외하고는 통계적인 유의성은 없었다. 가구의 사회계층에 대한 지표가 될 수 있는 집의 거주형태(공동주택보다는 아파트, 아파트에서도 저층보다는 고층)와 월수입(수입이 높을수록) 인자에 있어서는 경제적으로 여유가 있는 가정에서 아토피 유병률이 높게 나타났다(Table 3). Yoon 등³³⁾도 환아군이 대조군보다 유의하게 높게 아파트에 거주한다고 보고하였으며 Lee 등³⁵⁾도 아토피 발생에 영향을 주는 가장 큰 인자는 생후 거주지를 옮겼을 때라고 보고하였다. 그러나 집의 형태, 건축 재료, 지리적 요인 등은 호흡성 진균이나 세균에 영향을 주지 않는 것으로 보고한 연구도 있다.⁷⁾ 또한 부모의 교육수준, 가족 구성원의 크기 등의 인자에서는 환아군과 대조군에서 차이가 없었지만 Yoon 등³³⁾은 높은 교육수준의 가정에서 아토피 발생이 유의하게 높게 나타났으며, Sheikh 등³⁶⁾은 가족 구성원의 크기는 아토피 발생과는 반비례한다고 보고하였다.

카펫(교차비 1.583), 누수(교차비 1.193), 에어컨(교차비 1.087), 애완동물(교차비 0.404), 온도(교차비 0.887), 습도(1.045) 등 환경인자와 아토피 유병

들과의 연관성을 조사한 결과 모든 인자가 통계적 유의성은 없었다($p > 0.05$). 환경인자와 아토피와의 연관성은 다른 연구자들의 연구 결과에서도 유의성이 있는 경우도 있고 유의성이 없는 경우도 있어서 보다 집중적인 연구가 필요하다고 할 수 있다.^{3,5,35)} 시료채취 시 온도와 습도 등의 환경인자들이 아토피와 연관성을 보이지는 않았지만, 우리나라 아파트의 경우 연평균 실내온도가 23~28°C이며 하절기 평균 실내습도도 65% 이상으로 미생물의 증식 조건을 만족시키고 있기 때문에³⁷⁾ 이에 대한 관리가 필요하다고 할 수 있다. 특히 상대습도는 바이오에어로졸에 영향을 미치는 요인 중 가장 많이 연구되고 있는 인자로 상대습도가 높을수록 진균의 농도가 높게 관찰되는 양의 상관관계를 보인다.^{23,24)}

아토피 피부염의 경우는 약 50%가 생후 2세 이전에 발생하며 성장과 더불어 증상이 완화되거나 사라진다. 실제로 연령대별 의사진단 아토피 피부염 유병률을 보면 만 1세에 해당하는 유아기에서부터 소아기, 청소년기로 접어들수록 유병률이 급격하게 감소하는 경향이 있다.³⁸⁾ 본 연구의 대상자는 만 10~11세의 초등학교 3, 4학년 학생으로 일부 아토피 환아는 아토피가 발생된 후 점차 치유가 되고 있는 과정에 있으며, 아토피와 관련 인자들에 대한 조사를 장기간에 걸쳐 여러 번 측정된 것이 아니라 한 번 측정하였다는 점 등이 아토피 발생과 바이오에어로졸 농도 분포 등 환경인자와의 연관성을 파악하는데 어려움이 있다고 할 수 있다. 따라서 아토피의 발생원인 및 변화 양상을 연구하기 위해서는 유아기 때부터 다양한 사회 및 환경인자들을 정기적으로 장기간 관찰하는 조사가 필요하다고 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 우리나라 대표적 공업단지인 울산지역 초등학교 학생들이 하루 중 가장 많은 시간을 보내고 있는 가정을 대상으로 바이오에어로졸에 대한 노출 평가와 함께 환경성 질환으로 알려진 아토피와 바이오에어로졸 및 사회 환경인자들과의 상관성에 대하여 조사하였으며 그 결론은 다음과 같다.

초등학교 어린이에 대한 일일시간활동(time-activity diary) 분석 결과 하루 24시간 중 약 57.5%에 해당하는 13.8시간을 가정에서 보내며, 약 25%인 6시간

정도는 학교에서 보내고 있었다.

가정의 실내 공기 중 바이오에어로졸의 농도 분포는 대수정규분포를 하고 있었으며($p < 0.01$), 실내 공기 중 세균의 기하평균은 189.0 CFU/m³ (GSD = 2.5)였으며, 진균은 346.1 CFU/m³ (GSD = 2.0)로 나타났다. 실내환경에서 세균과 진균의 농도 분포를 비교한 결과 진균의 농도가 세균보다 통계적으로 유의하게 높은 것으로 나타났으나($p < 0.001$) 실내의 시료채취 장소별 농도 차이는 통계적으로 유의하지 않았다($p > 0.05$). 세균의 실내외 농도비(I/O)는 8.15로 오염원이 주로 실내로 판단되나, 진균의 경우는 I/O가 1.13으로 실내외가 비슷한 것으로 나타나 주로 실외기에서 실내로 유입된 것으로 판단된다.

환경부의 세균에 대한 실내공기질 관리 기준인 800 CFU/m³을 적용하여 평가해보면 전체 92개의 시료 중 약 3.3%에 해당하는 3개의 시료가 기준을 초과하였으며, 진균의 경우 우리나라에서는 기준을 제안하고 있지 않으나 외국의 기준인 500 CFU/m³로 평가해보면 총 95개의 시료 중 약 25.3%에 해당하는 24개의 시료가 기준을 초과하고 있었다.

아토피 관련 바이오에어로졸의 농도 분포는 환아군 가정에서 세균과 진균이 각각 217.6, 291.8 CFU/m³로, 대조군에서는 162.0, 415.2 CFU/m³로 분포하였으며 진균에서만 통계적으로 유의한 차이가 있었고($p < 0.01$), 교차비는 0.996($p = 0.027$)으로 나타났다.

아토피와 유의한 상관성을 보이는 사회경제적 인자로는 거주지 형태(교차비 1.723, $p = 0.047$), 월수입(교차비 1.891, $p = 0.041$) 등이었으며, 다른 인자의 경우 사회계층이 높을수록 아토피 유병률이 높은 경향은 있었으나 통계적으로 유의하지 않았다. 환경인자와 아토피와의 연관성을 조사한 결과 대부분의 인자들이 통계적으로 유의하지 않았다.

실내환경 중 진균에 대한 동정을 한 결과 아토피와 같은 알레르기 질환과 관련 있는 종으로 의심되고 있는 종들이 발견되어 보다 많은 관심이 필요하며, 환아군의 가정에서는 *Botrytis* (34.6%), *Cladosporium* (30.0%), *Aspergillus* (24.6%), *Penicillium* (7.5%), *Alternaria* (3.3%)의 순으로 빈도가 높게 나타났으나, 대조군의 경우는 *Cladosporium* (41.8%)이 가장 높은 빈도로 분포하였다.

감사의 글

본 연구는 환경부 환경보건센터 재원과 2011~2012년도 창원대학교 연구비에 의해 이루어졌습니다.

참고문헌

- Perkins JL. *Modern industrial hygiene: biological aspects*. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 2003.
- Segen JC. Concise dictionary of modern medicine. The McGraw-Hill Companies, Inc., 2005.
- Spergel JM, Paller AS. Atopic dermatitis and the atopic march. *J Allergy Clin Immunol*. 2003; 112(6): S118-S127.
- Jee HM, Kim KW, Kim CS, Sohn MH, Shin DC, Kim KE. Prevalence of asthma, rhinitis and eczema in Korean children using the international study of asthma and allergies in childhood (ISAAC) questionnaires. *Journal of the Academy of Pediatric Allergy and Respiratory Disease*. 2009; 19(2): 165-172.
- Grammatikos AP. The genetic and environmental basis of atopic diseases. *Ann Med*. 2008; 40(7): 482-495.
- American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). *2011 Threshold limit values (TLVs) and biological exposure indices (BEIs)*. ACGIH, 2011.
- Pastuszka JS, Kyaw Tha Paw U, Lis DO, Wlazlo A, Ulfig K. Bacterial and fungal aerosol in indoor environment in Upper Silesia, Poland. *Atmospheric Environ*. 2000; 34(22): 3833-3842.
- Douwes J, Thorne P, Pearce N, Heederik D. Bio-aerosol health effects and exposure assessment: progress and prospects. *Ann Occup Hyg*. 2003; 47(3): 187-200.
- Peccia J, Milton DK, Reponen T, Hill J. A role for environmental engineering and science in preventing bioaerosol-related disease. *Environ Sci Technol*. 2008; 42(13): 4631-4637.
- Flores CM, Mota LC, Green CF, Mena KD, Balcazar H, Gibbs SG. Evaluation of respiratory symptoms and their possible association with residential indoor bioaerosol concentrations and other environmental influences. *J Environ Health*. 2009; 72(4): 8-13.
- Burge HA. Fungi: toxic killers or unavoidable nuisances. *Ann Allergy Asthma Im*. 2001; 87(6): 52-56.
- Bush RK, Portnoy JM. The role and abatement of fungal allergens in allergic diseases. *J Allergy Clin Immunol*. 2001; 107(2): 430-442.
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). *NIOSH manual of analytical methods*, Vol. 4th Ed. DHHS Publication, 1994.
- Korean Ministry of Environment. *Guidelines of indoor air quality*. Korean Ministry of Environment: Seoul, Korea, 2006.
- OSHA (Occupational Safety and Health Administration). OSHA Technical Manual, 1999.
- American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). *Guidelines for the assessment about aerosols in the indoor environment*. ACGIH: Cincinnati, Ohio, 1989.
- Kalogerakis N, Paschali D, Lekaditis V, Pantidou A, Eleftheriadis K, Lazaridis M. Indoor air quality-bio-aerosol measurements in domestic and office premises. *J Aerosol Sci*. 2005; 36(5-6): 751-761.
- Peccia J, Hernandez M. Incorporating polymerase chain reaction-based identification, population characterization, and quantification of microorganisms into aerosol science: a review. *Atmospheric Environ*. 2006; 40(21): 3941-3961.
- Public Works and Government Services Canada. Indoor Air Quality, Fungal Contamination Guideline: Interpreting the Analysis, 2005.
- CEC (Commission for European Communities). Environment and Quality of Life; Biological. in Indoor Environment. CEC: Luxembourg, 1993.
- Kim KY, Jang GY, Park JB, Kim CN, Lee KJ. Field study of characteristics of airborne bacteria distributed in the regulated public facilities. *J Korean Soc Occup Environ Hyg*. 2006; 16(1): 1-10.
- Hwang SH, Jo HW, Park DU, Yoon CS, Ryu KN, Ha KC. Levels and related factors of airborne fungi in microbial and chemistry laboratories in universities. *J Korean Soc Occup Environ Hyg*. 2010; 20(1): 41-46.
- Chao HJ, Schwartz J, Milton DK, Burge HA. Populations and determinants of airborne fungi in large office buildings. *Environ Health Persp*. 2002; 110(8): 777.
- Park JH, Spiegelman DL, Gold DR, Burge HA, Milton DK. Predictors of airborne endotoxin in the home. *Environ Health Persp*. 2001; 109(8): 859.
- Wouters IM, Douwes J, Doekes G, Thorne PS, Brunekreef B, Heederik DJJ. Increased levels of markers of microbial exposure in homes with indoor storage of organic household waste. *Appl Environ Microb*. 2000; 66(2): 627.
- Chen Q, Hildemann LM. The effects of human activities on exposure to particulate matter and bio-aerosols in residential homes. *Environ Sci Technol*.

- 2009; 43(13): 4641-4646.
27. Nevalainen A, Flannigan B, Flannigan ME, Verhoeff AP, Adan OCG, Hoekstra ES. *Health Implications of Fungi in Indoor Environments*. Elsevier: Amsterdam, 1994.
28. de Aquino Neto FR, dw Goes Siqueira LF, Guidelines for indoor air quality in offices in Brazil. *SenseAir*. 2000; 4: 549-554.
29. Ren P, Jankun TM, Leaderer BP. Comparisons of seasonal fungal prevalence in indoor and outdoor air and in house dusts of dwellings in one north-east American county1. *J Expo Sci Env Epid*. 1999; 9(6): 560-568.
30. Etzel RA, Montana E, Sorenson W, Kullman GJ, Allan TM, Dearborn DG, Olson D, Jarvis B, Miller J. Acute pulmonary hemorrhage in infants associated with exposure to *Stachybotrys atra* and other fungi. *Arch Pediat Adol Med*. 1998; 152: 1055-1055.
31. Curtis L, Lieberman A, Stark M, Rea W, Vetter M. Adverse health effects of indoor moulds. *Journal of Nutritional & Environmental Medicine*. 2000; 14(3): 261-274.
32. Mui K, Wong L, Hui P. Risks of unsatisfactory airborne bacteria level in air-conditioned offices of subtropical climates. *Build Environ*. 2008; 43(4): 475-479.
33. Yoon SP, Kim BS, Lee JH, Lee SC, Kim YK. The environment and lifestyles of atopic dermatitis patients. *Korean J Dermatol*. 1999; 37(8): 983-990.
34. Williams H. Atopic dermatitis: new information from epidemiological studies. *Brit J Hosp Med*. 1994; 52(8): 409-412.
35. Lee DJ, Kim EH, Jang YH, Lee ES. Epidemiological features of childhood atopic dermatitis in Suwon. *Korean J Dermatol*. 2010; 48(6): 482-492.
36. Sheikh A, Strachan DP. The hygiene theory: fact or fiction. *Current Opinion in Otolaryngology & Head and Neck Surgery*. 2004; 12(3): 232-236.
37. Lee HJ. Fungi in indoor environment. *Korean J Med Mycol*. 1998; 3(2): 73-80.
38. Lee JK, Lee HS, Ha JS, Park DJ, Paik DH, Ha KC. Prevalence rate and etiologic risk factors of atopic dermatitis in the preschool children in Changwon. *J Environ Health Sci*. 2009; 35(3): 169-177.