

가정 내 부유 진균의 농도와 관련 요인

조용민 · 류승훈 · 최민석 · 서성철* · 정지태* · 최재욱†

고려대학교 환경의학연구소 및 고려대학교 천식 환경보건센터, *고려대학교 천식 환경보건센터

Airborne Fungi Concentrations and Related Factors in the Home

YongMin Cho, SeungHun Ryu, Min Seok Choi, SungChul Seo*, Ji Tae Choung*, and Jae Wook Choi†

Institute for Occupational & Environmental Health and the Environmental Health Center for Asthma, Korea University, Seoul, Korea

**The Environmental Health Center for Asthma, Korea University, Seoul, Korea*

ABSTRACT

Objectives: This study was performed in order to determine airborne fungi levels in homes and find related factors that may affect airborne fungi concentration.

Methods: Fifty homes were study subjects for measuring airborne fungi. For sampling airborne fungi, the impaction method on agar plates was used and samples were counted as colony forming units per cubic meter of air (CFU/m³). In addition, information regarding housing characteristics and atopic disease in each home were collected via questionnaire.

Results: The geometric means (GM) of airborne fungi concentrations in fifty living rooms and bedrooms were 68.03 and 62.93 CFU/m³, respectively. The GM of airborne fungi concentration in atopy homes was 78.42 CFU/m³. This was higher than non-atopy homes' 54.34 CFU/m³ (p-value=0.051). In the results of the multiple regression analysis, outdoor airborne fungal concentration proved a strong effective factor on indoor airborne fungal concentration. Also, construction year, floor area of house, indoor smoking and frequency of ventilation were factors that showed a significant association with indoor airborne fungi concentration.

Conclusions: The results of this study show that some housing and living characteristics may affect the development and increase of airborne fungi. In addition, exposure to airborne fungi may be a risk factor for the prevalence of childhood atopic diseases.

Keywords: Airborne fungi, housing characteristics, atopic disease, indoor air

I. 서 론

실내공기 중 생물학적 요인과 그 건강영향에 대한 관심이 높아지고 있다.¹⁾ 특히 가정 내 공기 중에 존재하는 다양한 종류의 생물학적 요인들 중 부유 진균은 피부감염질환, 알러지 반응, 과민성 폐렴, 알러지 비염, 천식 등 환경성 알러지 질환 유발 및 악화

의 위험을 높이는 요인인 것으로 보고된다.²⁻⁷⁾

공기 중 미생물의 번식과 발육에 영향을 주는 인자는 기온, 상대습도, 영양물질 등이 있으며, 그 중 상대습도는 공기 중 진균의 농도에 영향을 주는 중요한 요인이다.⁸⁾ 가정 내 습도의 증가는 외부 공기 습도의 영향을 받게 되며, 침수나 누수 피해 등과 같은 요인에 의하여 가정 주택의 습도가 높아진 경

†Corresponding author: Institute for Occupational & Environmental Health and the Environmental Health Center for Asthma, Korea University 126-1, 5 Ga, Anam-dong, Seongbuk-gu, Seoul, 136-705, Korea, E-mail: shine@korea.ac.kr, Tel: +82-2-920-6407, Fax: +82-2-927-7220

Received: 28 June 2013, Revised: 19 August 2013, Accepted: 15 October 2013

우 벽면, 천장 등에 곰팡이의 번식이 활발해지게 되고, 이는 공기 중 부유 진균 농도의 증가를 야기하게 된다.^{9,10)}

하절기 강수의 집중에 따른 높은 습도, 공동주택에서의 누수 및 결로 발생 등은 우리나라에서 진균 발생 위험을 증가시키는 주된 요인들이다.¹¹⁾ 극단적인 침수 피해와 누수가 일어나지 않은 주택이라 하더라도 거주자가 인식하지 못하는 동안 벽면이나 천장 등에서 형성된 진균이 가정 내 공기 중에 존재할 수 있다. 실내환경 중 부유 진균을 평가한 앞선 연구들에서는 가정 혹은 다중이용시설에서의 부유 진균 농도를 측정하여 그 위험수준을 평가한 바 있다.^{1,8,10,12,13)} 또한 침수 피해가 일어난 건축물에서의 부유 진균 농도의 증가를 보고하기도 하였다.^{2,9)} 그렇지만 침수 피해 등이 일어나지 않은 일반 가정 주택을 대상으로 부유 진균의 농도에 영향을 주는 인자들을 찾기 위하여 수행된 연구 사례는 많지 않았다. 특히 침수와 누수 이외에 가정 내 습도의 증가와 부유 진균 농도에 영향을 미치는 주거환경 요인에 대한 정보가 부족한 것으로 보인다.

따라서 본 연구에서는 침수 피해가 일어나지 않은 일반 가정을 대상으로 가정 내 부유 진균의 수준을 평가하고 부유 진균 농도와 관련한 인자들을 찾아보고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상

연구 대상 가정은 침수 피해가 발생한 적이 없는 서울, 경기 지역의 총 50가구였다. 소아 아토피 질환과 부유 진균 농도와의 관계를 알아보기 위하여 대상가정은 초등학교 자녀를 둔 가구로 정하였으며, 수도권 내 지역적 분포의 편중을 방지하기 위하여 서울 북부와 남부, 경기 북부와 남부로 구분하여 각 지역에서 대상 가정을 선정하여 부유 진균을 측정하였다. 측정을 진행하기에 앞서, 각 가정의 학부모에게 본 연구의 취지와 계획을 설명하였으며, 참가 의향이 있는 가정들에게 신청서를 접수받았다.

가정 내 부유 진균 농도 측정과 동시에 학부모들로 하여금 자녀들의 아토피 질환 유병 현황에 대한 설문을 병행하였다. 이는 한국어판 ISAAC (the International Study of Asthma and Allergies in

childhood)을 참조하여 각 가정의 자녀가 의료진으로부터 아토피 질환에 진단받은 적이 있는지의 여부를 조사한 것이며,¹⁴⁾ ‘일생 동안’ 전문 의료진으로부터 아토피로 진단받은 적이 있고 ‘현재에도’ 아토피로 진료를 받고 있는 아동의 가정을 ‘아토피 가정’ 분류하였다. 또한 부유 진균의 농도에 영향을 주는 인자들을 분석하기 위하여 주택 특성 항목과 생활습관 항목에 대한 설문을 진행하였다. 주택 특성 항목은 주택 건축년수, 주택 층 수, 주택형태, 방위, 누수 흔적, 육안으로 관찰되는 곰팡이 흔적 등을 포함하며, 생활습관 항목에는 환기빈도, 실내 흡연 등을 포함하였다.

연구 수행 전, 저자들이 속해 있는 기관의 연구윤리위원회로부터 승인을 받은 후 연구를 진행하였으며, 연구 수행 중 얻게 되는 개인정보는 연구의 목적 이외에 어디에도 공개하지 않을 것임에 대한 명시와 함께 참여자들의 자필서명을 받은 후 연구를 진행하였다.

2. 측정 및 분석

2012년 9월부터 10월에 걸친 기간 동안 50개의 대상가정을 직접 방문하여 부유 진균 농도 측정을 위한 시료 포집을 수행하였다. 환경부 실내공기질 공정시험법 중 충돌법을 참조하여 예비 실험을 한 후 진균의 적정 총 시료 포집량을 500 L 전후로 정하였으며, 측정 당일 습도와 날씨를 고려하여 3-5분의 범위 내에서 적정량의 시료가 포집되도록 하였다. 측정지점은 실내의 경우 거실(living room)과 어린이가 주로 생활하는 방(bed room)을, 실외의 경우 집 앞 10 m 이내에서 측정하였다. 시료는 바닥으로부터 1.2-1.5 m 높이에서 포집하였다.

시료 채취에는 유량 보정이 된 1단 충돌기(Bio-culture pump, Buck Inc., USA)를 사용하였으며, 세균의 성장을 억제시키기 위하여 chloramphenicol 항생제를 첨가한 MEA(malt extract agar)를 사용하였다. 채취기의 오염을 방지하기 위하여 시료채취 전과 후에 충돌기 내부를 70% 알코올 솜으로 소독처리 한 후 멸균된 배지를 장착하였다. 시료 채취가 끝난 배지는 아이스박스에 넣어 운반하였다. 선행 연구¹²⁾ 및 배지 제조사(MEA, KisanBio, Korea)에서 제시한 바에 따라 25°C로 설정된 배양기에 최소 72 시간 이상 배양하였으며, 진균 집락 수를 계수한 후

장비 제조사에서 공급한 집락 계수 환산표를 적용하여 최종 진균의 집락수(CFU; colony forming unit)를 공기채취량(m³)으로 나누는 방법으로 농도(CFU/m³)를 나타내었다. 시료채취 시 발생할 수 있는 측정 오차를 보정하기 위하여 전체 시료의 10%는 공시료로 사용하였으며, 진균에 영향을 줄 수 있는 습도 및 온도 등의 환경요인도 동시에 측정하였다.

3. 통계분석

측정된 부유 진균 농도의 분포를 확인하기 위하여 Shapiro and Wilk test를 수행한 결과, 자료는 대수정규(log-normal) 분포를 보이고 있었으며, 본 연구에서는 부유 진균 농도의 대표 값으로서 기하평균과 기하표준편차를 적용하여 비교하였다. 거실과 침실, 외부에서 측정된 부유 진균 농도를 비교하기 위하여 ANOVA를 수행하였으며 사후분석으로 Duncan test를 통하여 평균 분포의 차이에 따른 집단을 구분하였다.

본 연구에서는 대상 가정 중 아토피 질환의 아동을 둔 가정을 아토피 가정으로, 그렇지 않은 가정을 비아토피 가정으로 구분하였다. 아토피 가정과 비아토피 가정에서의 부유 진균 농도 비교에 있어, 각 집단의 표본 수를 감안하여 비모수적 방법인 Mann-Whitney U test를 적용하였다. 또한 부유 진균 농도와 그 관련요인을 분석하기 위하여 부유 진균 농도의 대수변환 수치를 종속변수로 하는 다중회귀분석을 수행하였다. 95% 신뢰수준에서 통계적 유의성을 검정하였으며(p-value<0.05), 95% 신뢰수준에 미치지 못하더라도 90% 이내의 범위에 포함되는 경우 경계역 수준의 유의성을 가지는 것으로 정의하였다(p-value<0.10). 통계분석에는 SPSS statistical software (Version 18.0; PASW Statistics, Chicago, IL, USA)를 사용하였다.

III. 결 과

Table 1은 부유 진균 측정이 수행된 50개 가정에서의 일반적 특성을 보여준다. 70%의 가구들이 건축된 지 10년 이하의 주택이었으며, 5층을 초과하는 아파트가 가장 많았다. 누수의 흔적이 관찰된 가구는 전체의 32%였으며, 육안으로 곰팡이 흔적이 관찰된 가정은 전체의 66%를 차지하고 있었다. 전체 86% 가구의 주 방위가 남향이었으며, 90% 가구가

Table 1. General and housing characteristics of households in this study

Characteristics		n	%
Total		50	100
Region	Seoul city	14	28
	Gyeonggi-do	36	72
Construction year	≤10 years	35	70
	>10 years	15	30
Types of houses	Detached / Row	12	24
	Apartment (≤5 floors)	5	10
	Apartment (>5 floors)	33	66
Floor	Lower storey (≤5)	26	52
	Middle storey (6-10)	9	18
	Upper storey (>10)	15	30
Area	≤85 m ²	11	22
	>85 m ²	39	78
Observable leakage(s)	Yes	16	32
	No	34	68
Observable molds	Yes	33	66
	No	17	34
House facing	Southward	43	86
	Not southward	7	14
ETS*	Yes	23	46
	No	27	54
Ventilation (frequency)	Everyday	45	90
	Sometimes	5	10
Atopy home [†]	Yes	29	58
	No	21	42

*ETS, environmental tobacco smoke

†Homes in which a child was ever diagnosed with atopic disease

하루에 1회 이상의 환기를 실시하고 있었다. 실내에서 흡연이 이루어지거나 담배 연기가 유입되는 가정은 전체의 46%였다.

50가구의 거실에서 측정된 부유 진균 농도의 산술 평균은 91.30 CFU/m³ 였으며, 기하평균은 68.03 CFU/m³이었다. 침실에서의 산술평균과 기하평균은 각각 79.98 CFU/m³과 62.93 CFU/m³으로 조사되었다. 반면, 주택 외부에서 측정된 부유 진균 농도의 산술평균과 기하평균은 각각 120.33 CFU/m³과 95.97 CFU/m³로 실내 부유 진균 농도와는 통계적으로 유의한 차이를 보여주었다(Table 2). 50개 가정에서 측정된 실내 부유 진균 농도와 실외 부유 진균 농도

의 비(I/O비)는 0.89로 나타났다.

일생 동안 아토피 질환으로 진단받은 적이 있으며 현재에도 아토피 질환으로 진료를 받고 있는 아동의 가정(아토피 가정; Atopy homes)과 그렇지 않은 가정(비아토피 가정; not atopy homes)에서의 부유 진균 농도를 비교한 결과, 거실에서의 부유 진균 농도 기하평균(기하표준편차)은 아토피 가정에서 81.73 (2.35) CFU/m³, 비아토피 가정에서 52.81 (1.67) CFU/m³ 이었다. 침실에서의 부유 진균 기하평균은 아토피 가정과 비아토피 가정에서 각각 70.22 (2.21) CFU/m³, 54.08 (1.84) CFU/m³로 나타났으며, 거실과 침실의 평균으로 환산한 실내 부유 진균 기하평균은 아토피 가정과 비아토피 가정이 각각 78.42 (2.22) CFU/m³와

54.34 (1.67) CFU/m³였다. 또한, 주택 외부의 부유 진균 농도는 아토피 가정에서 105.13 (2.22) CFU/m³이었으며, 비아토피 가정에서 84.61 (1.54) CFU/m³로 조사되었다. 거실에서의 부유 진균 농도 분포는 아토피 가정에서 유의하게 높았으며(p-value=0.046), 실내 부유 진균의 기하평균 농도는 경계역 유의수준에서 아토피 가정이 높았다(p-value=0.051). 하지만 침실과 외부 부유 진균 농도는 통계적으로 유의한 차이를 확인할 수 없었다(Fig. 1).

각 가정의 거실, 침실, 그리고 거실과 침실에서의 평균 부유 진균 농도 로그 변환 값을 종속변수로 하고, 주거환경 및 생활습관 요인들을 독립변수로 하여 다중회귀분석을 수행하였다(Table 3). 그 결과, 외

Table 2. Concentration of airborne fungi in each measured site (CFU/m³)

Sites	n	AM ± SD [*]	GM, GSD [†]	p-value [‡]	Grouping [§]
Indoor					
Living room	50	91.30±81.93	68.03, 2.13	0.009	A
Bedroom	50	79.98±55.67	62.93, 2.07		
Outdoor	50	120.33±100.60	95.97, 1.96		B

^{*}AM, arithmetic mean; SD, standard deviation

[†]GM, geometric mean; GSD, geometric standard deviation

[‡]ANOVA

[§]Post ad-hoc analysis by Duncan test, Values with same letter are not significantly different.

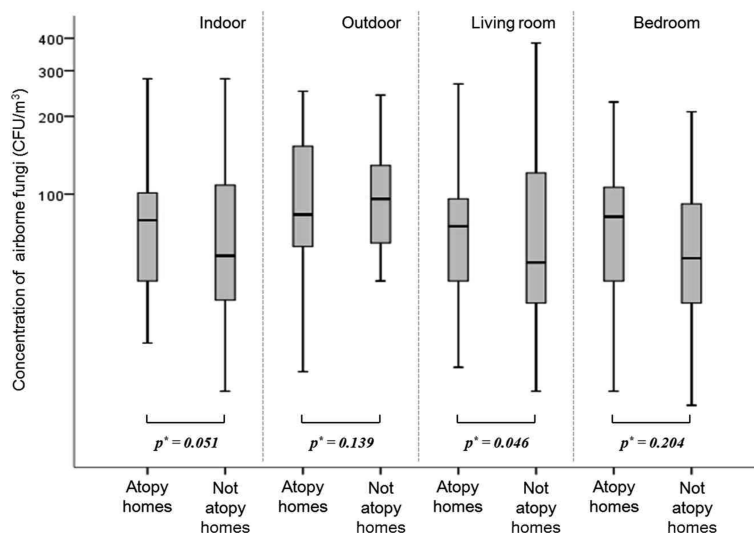


Fig. 1. Boxplots of the airborne fungi concentrations in atopy homes and not. Each boxplot indicates an interquartile range (IQR) with median, upper and lower whiskers; upper and lower boundaries (3rd quartile / 1st quartile ± 1.5 IQR). Atopy homes indicate families with a child who had diagnosed with atopy disease.

^{*}Mann-Whitney U test.

Table 3. Multiple linear regression analysis of log-transformed airborne fungi concentrations with multiple variables

Variables	Living room			Bedroom			Indoor average		
	β	<i>p</i>	R^2	β	<i>p</i>	R^2	β	<i>p</i>	R^2
			0.627			0.552			0.628
Water-leak (no / yes)	0.084	0.669		0.103	0.620		0.080	0.666	
Observable molds (no / yes)	0.327	0.093		0.301	0.140		0.297	0.104	
Floor (≤ 5 / 6-10 / >10)	0.221	0.067		0.013	0.918		0.138	0.219	
Construction year (≤ 10 / >10)	0.752	0.001		0.210	0.368		0.511	0.017	
Area (>85 m ² / ≤ 85 m ²)	0.655	0.007		0.524	0.036		0.600	0.008	
Types of houses (Detached and row / Apartment)	-0.321	0.162		-0.285	0.222		-0.305	0.146	
ETS (no / yes)	0.586	0.005		0.345	0.104		0.474	0.015	
Ventilation (everyday / sometimes)	-0.578	0.035		-0.473	0.098		-0.539	0.036	
House facing (southward / not)	-0.281	0.233		-0.287	0.247		-0.326	0.142	
Outdoor fungi concentration	0.714	<0.001		0.643	<0.001		0.687	<0.001	

β , increment in estimate

부 공기 중 부유 진균 농도는 실내 부유 진균 농도와 강한 연관성을 가지는 요인이었다. 건축년수가 10년 초과인 가정, 면적이 상대적으로 작은 가정 (85 m² 이하), 실내에서 흡연이 이루어지는 가정, 환기를 매일 실시하는 가정에서 부유 진균 농도가 양 (+)으로 증가함을 확인할 수 있었으며, 이는 통계적으로 유의하였다. 반면 육안으로 곰팡이가 관찰되는 가정과 상대적으로 높은 층 수에 거주하는 가정에서 부유 진균 농도가 높아지는 경향을 보였으며, 이는 통계적으로 유의하지 않았지만 거실의 경우 경계역 수준에서 통계적 유의성을 보여주었다. 또한 누수의 흔적 여부, 주택 형태, 방위는 실내 부유 진균 농도에 있어 의미 있는 영향을 주지 않고 있는 것으로 분석되었다.

IV. 고 찰

본 연구에서, 아토피 질환을 가진 아동들이 살고

있는 가정의 부유 진균 농도는 그렇지 않은 가정에 비하여 높은 수준을 보이고 있었다. 또한 주택의 건축년수와 면적, 실내 흡연, 환기 빈도 등은 실외 공기 중 부유 진균 농도와 함께 가정 내 부유 진균 농도와 연관성을 가진 요인으로 분석되었다.

9월부터 10월까지 50개 가정에서 측정된 본 연구의 부유 진균 농도 기하평균은 거실에서 약 68 CFU/m³, 아동의 침실에서 약 63 CFU/m³으로 평가되었으며, I/O비는 0.89였다. 이는 여름철(6월~9월) 우리나라의 약 50개 일반 가정에서 보고된 부유 진균의 기하평균 농도 339 CFU/m³ (거실), 354 CFU/m³ (침실), I/O비 1.13과 비교하였을 때 낮은 수치였다.¹²⁾ 또한 가을철에 지하철 역사에서 측정된 기하평균 농도인 241 CFU/m³ (I/O비 3.6-4.6),⁸⁾ 봄철에 종합병원 로비에서 측정된 기하평균 농도 156 CFU/m³,¹⁵⁾ 가을철 지하상가의 220 CFU/m³ (산술평균, I/O비 1.04),¹⁶⁾ 에 비하여 낮은 수준이었다. 반면, 봄철에 고속열차 객실에서 측정된 부유 진균의 산술평균 농도인 84

CFU/m³¹³⁾와는 비슷한 수준이었으며, 여름철 대학 실험실에서의 부유 진균 기하평균 농도인 52 CFU/m³ (I/O비 1.6)¹⁷⁾보다는 높은 수준이었다.

각기 다른 조건 하에서 측정된 부유 진균의 농도 범위는 큰 편차를 가지게 되며 이러한 평가 결과의 절대 값을 서로 비교하는 것은 한계를 가지게 된다.¹⁸⁾ 그러나 본 연구에서 평가된 부유 진균 농도가 절대적으로 높은 수준이라고 하기는 어려운 것이 사실이다. 비아토피 가정은 물론이고, 아토피 가정에서의 부유 진균 농도 역시 WHO의 가이드라인인 500 CFU/m³와 비교하였을 때 낮은 수준이었으며 본 연구에서 평가된 부유 진균 농도의 수준을 통하여 실내 부유 진균이 아토피 질환의 직접적인 원인이 되었다고 보기에는 한계가 있다. 게다가, 본 연구에서 조사 대상 가정의 I/O비는 1.0 미만으로, 이는 실내의 공기가 부유 진균에 오염되지 않고 있음을 의미한다.¹⁹⁾ 하지만 가이드라인과 대비한 부유 진균의 농도가 질환에 대한 절대적인 안전을 의미하지는 않는다. 특히 양-반응 관계가 성립되지 않는 바이오에어로졸은 일정시점에서의 농도 수준을 통하여 만성적인 노출 수준을 예상하기 어려운 특성을 가지게 된다.¹²⁾

가을철 단면조사로 수행된 본 연구는 계절적, 기후적 조건 등을 반영한 각 가정의 부유 진균 농도 대표 값을 나타내기 어렵다는 제한점을 가지고 있다. 공기 중 부유 진균의 농도는 계절과 습도 등의 외부 환경변화에 따라 큰 폭의 분포를 가지게 된다.¹⁾ 미국의 일반 가정을 대상으로 부유 진균 농도를 평가한 Lee 등²⁰⁾의 연구에서는 부유 진균의 겨울철 I/O비가 1.71이었던데 반해, 봄철과 가을철의 I/O비가 각각 0.54와 0.38로 낮았음을 보고한 바 있다. 본 연구에서 I/O비가 1.0 미만으로 낮았던 점, 회귀분석에서 실외 부유 진균 농도가 실내 부유 진균 농도와 강한 연관성을 보였던 점은 본 연구 대상 가정에서의 실내 부유 진균 농도가 외기의 영향을 받고 있음을 짐작 가능하게 한다. 이는 환기 빈도가 높은 가정에서 오히려 부유 진균 농도가 높은 경향을 보인 본 연구의 회귀분석 결과를 통해서도 추론이 가능하다. 결과적으로, 본 연구에서 아토피 가정의 부유 진균이 질환의 직접적 원인이라고 보기는 어렵지만 동일한 조건 하에서 실시된 부유 진균 측정 결과를 비교하였을 때 아토피 가정의 부유 진균 농도가 높은 수준이었으며 이러한 경향은 실내환경에서

노출되는 부유 진균이 질환의 위험요인으로 작용할 수 있다는 선행연구결과^{3,5)}들을 뒷받침한다.

회귀분석 결과 가정 내 부유 진균을 증가시키는 요인으로 주택의 노화, 좁은 거주 면적, 환경담배연기(ETS; environmental tobacco smoke), 잦은 환기가 도출되었다. 주택의 노화는 실내 습도를 높이고 미생물의 번식을 증가시키는 것으로 알려져 있으며,²¹⁾ 면적이 좁은 가정에서는 “주택” 단위 면적당 부유 진균의 농도가 상대적으로 높은 경향을 나타내었을 수 있다. ETS의 경우, 실내 흡연 자체가 진균의 농도를 높인다기보다는 주택의 구조 특성과 관련을 가질 수 있을 것으로 추측할 수 있으나 본 연구결과만으로는 설명이 제한적이다. 또한 환기의 경우, 본 연구결과에서는 이미 알려진 바와는 달리 실내 오염물질의 저감에 효과적인 역할을 하지 못하고 있었다. 본 연구에서 정의된 환기는 기계환기가 아닌 자연환기이며, 연구대상 가정 중 기계환기 설비를 갖추고 있는 가정은 없었다. 자연환기는 실내 오염물질을 외부로 내보내는 역할을 함과 동시에 외부의 오염물질들을 실내로 들여오는 역할을 한다.²²⁾ 외부의 진균 농도가 실내 진균 농도에 강한 영향을 주었던 본 연구에서 자연환기는 실외 부유 진균의 유입 원인이 되었을 수 있다. 본 연구와 같이 가을철에 일반가정에서의 부유 진균을 측정해 해외의 한 연구에 의하면, 일일 평균 30분 미만 환기를 실시한 가정에 비하여 한 시간 이상 환기를 실시한 가정에서 총 부유 진균의 농도가 유의하게 높은 것으로 조사된 반면, 동시에 조사가 수행된 formaldehyde와 MVOCs (microbial volatile organic compounds)의 농도는 반대의 경향을 보였는데, 저자들은 가을철에 실외 공기 중 높은 분포를 보이는 *Cladosporium*이 창문을 통하여 실내에 유입하였을 가능성을 제기한 바 있다.²³⁾ 본 연구에서는 진균의 동정이 이루어지지 않아 진균의 종별 분포에 대한 아토피 질환의 영향을 확인할 수 없다. 실내공기 중에 존재하는 일부 진균 속은 아토피피부염, 천식 등 알레르기성 질환의 발생과 연관성을 가지는 것으로 보고되고 있지만 아직까지 진균의 종류별 인체 건강영향 매커니즘에 대한 설명은 제한적이며, WHO 등에서도 “진균의 종별이 아닌” 공기 중 총 부유 진균의 농도 가이드라인을 제시하고 있다. 따라서 진균과 인체 건강영향을 규명하기 위한 향후의 연구에 있어서 진균 속에 따른 질환과의 연관성

분석이 필요할 것으로 사료된다.

반면, 본 연구에서는 주택 층 수와 부유 진균 농도 간 유의한 연관성을 찾을 수 없었다. 고층 건물의 부유 진균을 평가한 한 연구에서 최저층의 진균 농도는 상대적으로 높았지만 층의 증가에 따른 농도 변화의 경향성은 나타나지 않았다.²⁴⁾ 주택의 방위도 부유 진균 농도와 연관성을 가지지 않았다. 또한 실내 부유 진균 농도와 관련이 높은 것으로 알려진 누수와 곰팡이 흔적의 육안 관찰 여부 등도 본 연구에서 의미 있는 연관성을 보여주지 못하였다. 해외의 연구들에서는 침수 혹은 누수 피해 여부, 벽면과 천장의 곰팡이 관찰 여부들을 진균 번식의 지표로 사용하고 있으며 이러한 지표들을 통하여 친식과 알러지질환의 발생을 추정하기도 한다.²⁵⁻²⁸⁾ 하지만 가정 내 누수 피해 여부와 알러지질환 혹은 실내 미생물 농도를 실측한 국내의 연구들에서도 본 연구와 마찬가지로 각각에 대한 연관성을 입증하지 못하였다.^{12,29)} 본 연구를 비롯하여, 누수 피해 여부를 진균 발생의 척도로 사용한 연구들에서 누수 피해에 대한 예측과 평가가 정밀하지 못하였을 수 있다. 즉, 본 연구에서는 설문을 통하여 곰팡이와 누수의 육안 관찰 여부를 물어보았는데, 실제 건물 내 누수와 진균 번식에 대하여 실내 재실자가 인식하고 있지 못하였을 수 있다. 대부분의 국민이 아파트나 다세대주택 등의 공동주택에 거주하고, 벽지의 교체가 비교적 잦은 우리나라에서, 벽면이나 천장의 물 고임 현상과 진균 번식은 그 정도가 심하여 표면적으로 드러나기 전까지 재실자가 알지 못하고 있는 경우가 많다. 따라서 재실자가 인지하고 있는 수준에서 나아가 보다 과학적이고 정밀한 방법을 통하여 누수와 진균 번식을 예측할 수 있는 기법이 필요할 것으로 판단된다.

본 연구가 가지는 주된 제한점은 다음과 같다. 먼저, 가정 내 부유 진균 측정이 일회적으로 수행되었으며 이를 우리나라 가정의 부유 진균 발생 수준을 대표하는 참고치로 사용하기 어렵다. 둘째로, 본 연구에서는 가정 내 부유 진균의 농도가 아동들의 아토피질환과 관련이 있을 수 있음을 보여주었으나 구체적인 질환의 양상은 보여주지 못하였으며 질환과 관련된 개인적 요인(유전적 소인, 부유 진균을 제외한 다른 환경적 인자에 대한 노출 등)에 대한 정보는 제공하지 못하였다. 셋째로, 건강에 영향을 미치는 균종과 그 영향을 파악하기 위한 진균의 동정이

이루어지지 못하였으며, 이는 또한 가정에서 노출될 수 있는 부유 진균의 발생 특성을 설명하는데 제한을 가지게 된다.

이 밖에도 많은 제한이 있을 수 있지만, 본 연구는 부유 진균에 대한 노출이 아토피질환의 위험을 높일 수 있다는 기존 보고들과 가정의 주거생활환경 요인이 실내 부유 진균의 농도를 높일 수 있다는 보고들에 더하여 침수 피해와 같은 극단적 위험이 없었던 가정들에서도 주택의 노후 등과 같은 일부 요인이 실내 부유 진균의 농도를 높일 수 있음을 보여주었다. 또한 육안으로 관찰되는 곰팡이 흔적과 누수 흔적은 실내 부유 진균 농도 수준과 연관성을 가지지 못하였음을 확인하였다. 본 연구의 결과가 우리나라의 전반적인 주택 특성과 진균 분포 특성을 대표한다고 보기는 어렵지만, 가정 내 부유 진균에 대한 연구가 많지 않은 상황에서 본 연구는 우리나라의 주택 특성 하에 부유 진균 농도에 영향을 주는 주거환경적 요인을 도출하였다는 점에 의미를 둘 수 있을 것으로 생각된다.

V. 결 론

본 연구는 아동이 거주하는 가정에서 부유 진균의 농도를 평가하고 부유 진균 농도와 아토피 질환과의 관계를 분석하며, 가정 내 부유 진균 농도와 관련된 주거환경적 인자들을 찾아보고자 수행되었다. 연구를 통하여 얻어진 주요 결과는 다음과 같다.

조사가 이루어진 가정 내 부유 진균 농도는 실외 부유 진균 농도에 비하여 낮은 수준이었다. 50개 가정에서 측정된 실내 부유 진균 농도의 기하평균과 기하표준편차는 아토피 가정에서 78.42 (2.22) CFU/m³였으며, 비아토피 가정에서는 54.34 (1.67) CFU/m³로 아토피 가정에서 유의하게 높은 부유 진균 농도 분포를 보였다.

가정 내 부유 진균 농도의 로그 변환 값과 주거환경 요인들과의 다중회귀분석 결과, 실외 부유 진균 농도는 실내 부유 진균 농도에 강한 영향을 주는 요인이었다. 실외 부유 진균 농도 외에, 건축연수가 10년 이상인 가정, 실내 면적이 상대적으로 작은 가정(85 m² 미만), 실내에서 흡연이 이루어지는 가정, 환기를 매일 실시하는 가정에서 부유 진균 농도가 양(+)으로 증가함을 확인할 수 있었으며, 이는 통계적

으로 유의하였다. 반면, 곰팡이와 누수 흔적의 육안 관찰 여부 등은 부유 진균의 농도와 유의한 연관성을 보여주지 않았다.

본 연구는 공기 중 부유 진균에 대한 노출이 환경성질환의 유발 위험을 높일 수 있다는 기존의 보고들과 함께 소아 아토피질환 환자의 가정에서 부유진균의 농도가 높은 경향을 관찰하였으며, 주거환경요인이 실내 부유진균 농도를 높일 수 있다는 기존 보고들에 더불어 침수피해가 일어나지 않은 우리나라 가정에서도 주택의 노후, 좁은 면적, 담배연기, 환기 등의 요인이 부유진균 농도를 높일 수 있음을 보여주었다.

감사의 글

본 연구는 2012년 환경부 환경보건센터(천식) 재원에 의하여 이루어졌으며 이에 감사 드립니다.

참고문헌

- Kim KY, Kim D. Distribution characteristics of airborne fungi in a partial area of Seoul city. *J Environ Health Sci*. 2012; 38(5): 407-414.
- Cho JH, Paik NW. A Case Report on Fungal Contamination and Remediation in a Leakage-water Damaged Apartment. *Kor J Env Hlth*. 2006; 32(5): 418-423.
- Norbäck D, Zock JP, Plana E, Heinrich J, Svanes C, Sunyer J, et al. Mould and dampness in dwelling places, and onset of asthma: the population-based cohort ECRHS. *Occup Environ Med*. 2013; 70(5): 325-331.
- Quansah R, Jaakkola MS, Hugg TT, Heikkinen SA, Jaakkola JJ. Residential dampness and molds and the risk of developing asthma: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One* 2012; 7(11): e47526.
- Hwang BF, Liu IP, Huang TP. Molds, parental atopy and pediatric incident asthma. *Indoor Air* 2011; 21(6): 472-478.
- Han YY, Lee YL, Guo YL. Indoor environmental risk factors and seasonal variation of childhood asthma. *Pediatr Allergy Immunol* 2009; 20(8): 748-756.
- Fisk WJ, Lei-Gomez Q, Mendell MJ. Meta-analysis of the associations of respiratory health effects with dampness and mold in homes. *Indoor Air* 2007; 17(4): 284-296.
- Cho JH, Paik NW. Assessment of airborne fungi concentrations in subway stations in Seoul, Korea. *J Environ Health Sci* 2009; 35(6): 478-485.
- Riggs MA, Rao CY, Brown CM, Van Sickle D, Cummings KJ, Dunn KH, et al. Resident cleanup activities, characteristics of flood-damaged homes and airborne microbial concentrations in New Orleans, Louisiana, October 2005. *Environmental Research* 2008; 106(3): 401-409.
- Roussel S, Reboux G, Bellanger AP, Sornin S, Grenouillet F, Dalphin JC, et al. Characteristics of dwellings contaminated by moulds. *J Environ Monit* 2008; 10(6): 724-729.
- Moon HJ, Yoon YR. A study on the status of mould growth problems in residential buildings based on questionnaire survey. *Journal of Korean Society for Indoor Environment* 2010; 7(1): 25-32.
- Ha JS, Jung H, Byun H, Yoon C, Kim Y, Oh IB, et al. Evaluation of atopy and its possible association with indoor bioaerosol concentrations and other factors at the residence of children. *J Environ Health Sci* 2011; 37(6): 406-417.
- Kwon SB, Park DS, Cho Y, Park JH, Kim SY, Park EY, et al. Investigation of airborne microorganism in cabin of the KTX. *Journal of Korean Society for Indoor Environment* 2011; 8(1): 11-19.
- Choi SW, Ju YS, Kim DS, Kim JY, Kwon HJ, Kang DH, et al. Reliability and validity of the Korean version of ISAAC Questionnaire. *Korean J Prev Med* 1998; 31(3): 361-371.
- Kim KY, Lee CR, Kim CN, Won JU, Roh JH. Size-based characteristics of airborne bacteria and fungi distributed in the general hospital. *J Korean Soc Occup Environ Hyg* 2006; 16(2): 101-109.
- Kim YS, Lee EG, Yoo MJ, Kim KY. Distribution and classification of indoor concentration of microorganisms in public buildings. *Korean J Environ Health Soc* 2002; 28(1): 85-92.
- 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.
- Kim MW. Assessment and quality control of indoor microbial parameters. *Journal of Korean Society for Indoor Environment* 2012; 9(2): 161-171.
- de Aquino Neto FR, de Góes Siqueira LF. Guidelines for indoor air quality in offices in Brazil. *Proceedings of Healthy Buildings* 2000; 4: 549-554.
- Lee T, Grinshpun SA, Martuzevicius D, Adhikari A, Crawford CM, Reponen T. Culturability and

- concentration of indoor and outdoor airborne fungi in six single-family homes. *Atmos Environ* 2006; 40(16): 2902-2910.
21. Park JH. Exposure assessment of biological agents in indoor environments. *J Environ Health Sci* 2009; 35(4): 239-248.
 22. Chen C, Zhao B. Review of relationship between indoor and outdoor particles: I/O ratio, infiltration factor and penetration factor. *Atmospheric Environment* 2011; 45(2): 275-288.
 23. Araki A, Kanazawa A, Kawai T, Eitaki Y, Morimoto K, Nakayama K, et al. The relationship between exposure to microbial volatile organic compound and allergy prevalence in single-family homes. *Sci Total Environ* 2012; 423: 18-26.
 24. Akpınar-Elci M, White SK, Siegel PD, Park JH, Visotcky Am Kreiss K, et al. Markers of upper airway inflammation associated with microbial exposure and symptoms in occupants of a water-damaged building. *Am J Ind Med* 2013; 56(5): 522-530.
 25. Sordillo JE, Alwis UK, Hoffman E, Gold DR, Milton DK. Home characteristics as predictors of bacterial and fungal microbial biomarkers in house dust. *Environmental Health Perspectives* 2011; 119(2): 189-195.
 26. Jaakkola JJ, Hwang BF, Jaakkola MS. Home dampness and molds as determinants of allergic rhinitis in childhood: a 6-year, population-based cohort study. *Am J Epidemiol* 2010; 172(4): 451-459.
 27. Saijo Y, Kanazawa A, Araki A, Morimoto K, Nakayama K, Takigawa T, et al. Relationships between mite allergen levels, mold concentrations, and sick building syndrome symptoms in newly built dwellings in Japan. *Indoor air* 2011; 21(3): 253-263.
 28. O'connor GT, Walter M, Mitchell H, Kattan M, Morgan WJ, Gruchalla RS, et al. Airborne fungi in the homes of children with asthma in low-income urban communities: The Inner-City Asthma Study. *J Allergy Clin Immunol* 2004; 114(3): 599-606.
 29. Kim HH, Lim YW, Kim CS, Kim JY, Park CS, Park JW, et al. Characteristics of asthmatic children in indoor and outdoor environmental exposure. *Journal of Korean Society for Indoor Environment* 2008; 5(2): 106-121.