

공기청정기의 실내공기 질 및 아토피피부염에 대한 영향

박현철¹, 김영훈¹, 김정은¹, 고주연¹, 남궁선주², 이철민², 김윤신², 노영석¹

¹한양대학교 의과대학 피부과학교실, ²한양대학교 환경 및 산업의학 연구소

Effect of air purifier on indoor air quality and atopic dermatitis

Hyun Chul Park¹, Young Hoon Kim¹, Jeong Eun Kim¹, Joo Yeon Ko¹, Sun Ju Nam Goung², Cheol Min Lee², Yoon Shin Kim², Young Suck Ro¹

¹Department of Dermatology, Hanyang University Hospital, Seoul; ²The Institute for Environmental and Industrial Medicine, Hanyang University, Seoul, Korea

Purpose: High level of indoor air pollutant may cause aggravation of atopic diseases long with various allergic respiratory diseases especially in people who spend mostly of their lives indoors. The aim of this study was to evaluate the effect of air purifier on the reduction of relevant hazards in indoors and the improvement of atopic dermatitis (AD).

Methods: A total of 24 families, consisted of 18 AD families and 6 normal control families, were enrolled in this study. We examined air quality and AD severity before the installation of air purifiers and after twenty-four weeks. The assessment of air quality included fine particles (particulate matter, PM_{2.5} and PM₁₀), gaseous contaminants (CO, CO₂, volatile organic compounds [VOCs], formaldehyde, NO₂) and density of offloating microorganisms. Severity of AD was assessed by SCORing atopic dermatitis (SCORAD) index and transepidermal water loss (TEWL).

Results: At the end of study, particular air pollutants and VOCs of gaseous air pollutants decreased in both groups ($P < 0.01$). In AD group, SCORAD index decreased from 23.45 ± 4.34 to 15.42 ± 6.53 (-18.5%) and TEWL decreased from 33.78 ± 5.16 to 26.89 ± 5.66 (-18.7%) ($P < 0.01$ and $P < 0.01$, respectively). However, the value of total immunoglobulin E and eosinophil did not show significant changes in both groups compared with baseline.

Conclusion: These results suggested that air purifier may improve severity of AD by reducing air pollutants like fine particles and VOCs. Our preliminary study could provide a basis for using air purifier to prevent aggravation of AD. (*Allergy Asthma Respir Dis* 2013;1:248-256)

Keywords: Air purifier, Atopic dermatitis, Indoor air quality

서 론

아토피피부염은 심한 가려움증과 특징적인 피부병변을 보이는 흔한 만성 염증성 피부질환으로, 주로 영유아에서 높은 발생 빈도를 보인다. 아토피피부염의 발생 빈도는 국가와 지역별로 다르지만 서구에서는 전체 인구의 10~20% 정도로 보고되어 있으며, 지난 30년간 계속하여 증가하는 추세에 있다.¹⁾ 국내에서는 2012년 Choi 등²⁾이 6,453명의 학동기 이전의 소아를 대상으로 피부과적 검사를 통해 아토피피부염 유병률을 조사하였는데, 9.2%로 보고되었다. 아토피피부염의 발생기전은 아직 명확히 밝혀지지 않았으나 유전적

요인과 환경적 요인이 복합적으로 관여한다. 환경적 요인으로는 흡입항원, 식품항원, 바이러스 및 세균 감염 등이 알려져 있지만, 최근에는 아토피피부염의 발생률 증가와 관련하여 건물의 기밀화와 단열화를 위해 사용하는 내장재와 방음재, 카펫과 가구류 및 전기·전자제품 등의 생활용품, 목재 보존재와 왁스를 비롯한 서구화된 실내 생활환경도 원인으로 여겨지고 있다.³⁾ 특히 산업화와 도시화로 인해 현대 도시인의 경우 일상생활 중 약 80% 이상의 시간을 실내에서 생활하므로, 아토피피부염의 악화 요인으로 실내 공기 질의 중요성이 더욱 부각되고 있다. 아토피피부염은 약 50%의 환자가 1세 이전에 시작되고, 30% 정도가 1세에서 5세 사이에 시작되는데,

Correspondence to: Young Suck Ro
Department of Dermatology, Hanyang University College of Medicine, 222 Wangsimni-ro, Seongdong-gu, Seoul 133-791, Korea
Tel: +82-2-2290-8441, Fax: +82-2-2291-9619, E-mail: romio@hanyang.ac.kr
Received: March 18, 2013 Revised: May 22, 2013 Accepted: May 27, 2013

© 2013 The Korean Academy of Pediatric Allergy and Respiratory Disease
The Korean Academy of Asthma, Allergy and Clinical Immunology
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>).

이 시기의 유소년들은 실내에서 보내는 시간이 더욱 많기 때문에 아토피피부염 환자가 있는 가정에서 실내 공기 질의 개선은 더욱 중요하다 할 수 있다.

최근 실내 공기 질에 대한 관심이 증가하고 있고 실내 공기 질의 개선을 위해 공기청정기의 사용에 대한 일반인의 수요도 증가하고 있다. 하지만 아직까지 공기청정기가 알레르기질환에 미치는 영향에 대한 임상 연구는 부족하며, 특히 실제 공기청정기의 사용이 아토피피부염에 미치는 영향에 대한 연구는 거의 없는 실정이다.

이에 저자들은 공기청정기 사용이 아토피피부염에 미치는 영향을 검증하기 위해 아토피피부염 환자군과 대조군이 거주하는 주택의 거실과 침실에 공기청정기를 설치하고 24주간 가동하여 아토피피부염의 실내 공기 질의 변화와 임상적 개선 정도를 살펴보았다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

실내 공기 질과 아토피피부염의 연관성을 살펴보고, 공기청정기의 사용이 아토피피부염의 임상적 호전에 기여하는지 알아보고자 2010년 1월부터 2011년 7월까지 서울 및 경기지역 도시에 거주하는 만 12세 이하의 아토피피부염 환자가 있는 20가구와 대조군 6가구를 대상으로 연구를 시행하였다. 아토피피부염의 진단은 대한아토피피부염학회에서 제정한 기준⁴⁾을 근거로 하였다.

환자군은 SCORing atopic dermatitis (SCORAD)가 25 미만인 경증 아토피피부염 환자가 있는 가구, 대조군은 환자군과 동일한 조건을 가진 건강한 소아가 있는 일반 가구로 선정하였다. 다른 공기청정기의 사용력이 없고 가족 내 흡연자가 없는 3-4인의 구성원으로 이루어진 소가구를 대상으로 하였고, 연구 기간 동안 보호자 한 명이 환자와 함께 검사 및 외래 통원이 가능한 경우에만 연구에 참여하도록 하였다. 아토피피부염 이외의 다른 피부질환이나 전신 질환이 동반된 환자, 연구 기간 동안 경구 항히스타민제, 국소면역조절제, 국소스테로이드제, 전신스테로이드제, 전신면역억제제, 광선치료 등 아토피피부염의 호전이나 악화에 영향을 미칠 수 있는 치료가 필요한 환자 및 민간요법을 사용 중인 환자는 연구 대상에서 제외하였다. 모든 군에서 실내 온도와 습도를 제한하지는 않았고, 기존에 평소 사용하던 보습제 사용도 허용하였다. 또한 모든 군에서 특별히 음식물 제한은 시행하지 않았다. 임상 연구는 한양대학교병원 임상시험위원회(Institutional Review Board)의 승인을 받았으며 대상자들에게 서면으로 된 연구동의서를 받은 후 시행하였다.

2. 연구 방법

1) 문진과 이학적 검사

첫 방문 시 인구학적 정보, 과거력 및 가족력, 약물 복용력에 대

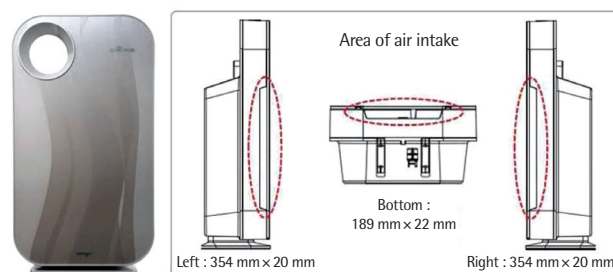


Fig. 1. Air purifier (AP-1008BH) and filter system.

한 문진과 이학적 검사를 시행하였고, 24주 후 이학적 검사와 함께 부작용 발생이나 이상반응에 대한 문진을 시행하였다.

2) 공기청정기 설치 및 실내 공기 질 측정

연구에 참여하는 26가구에 각각 공기청정기(AP-1008BH, Woongjin Coway Co., Seoul, Korea) 2대를 환자가 주로 생활하는 거실과 대상 소아의 침실에 설치하였다. 공기청정기는 24주간 매일 24시간 사용하도록 하였다(Fig. 1). 실내 공기 질은 공기청정기 설치 직전과 가동 24주 후 대상자 주택을 방문하여 연구 대상 소아의 방과 거실에서 측정 후 평균값을 계산하였으며, 실내 공기 질 관리법의 공정시험법(환경부 고시 2010-24호)에 따라 입자상 오염 물질과 가스상 오염 물질, 그리고 실내 공기 중 부유미생물 밀도의 3가지 요소로 나누어 측정하였다.

(1) 입자상 오염 물질

입자상 오염물질(particulate matter, PM)은 미세먼지 측정기(Dustmate, Turnkey Instrument Ltd., Northwich, UK)를 사용하여 측정하였으며, 실내에 거주자가 있을 때 측정하는 것을 원칙으로 하였다. 그 이유는 입자상 오염 물질의 경우 거주공간 내 거주자가 없게 되면 중력에 의한 침강으로 실질적인 거주환경과의 편차가 발생하기 때문이다. 측정 항목은 PM₁₀, PM_{2.5}로 각각 직경 10 μm 이하, 직경 2.5 μm 이하의 입자상 물질을 말한다.

(2) 가스상 오염 물질

가스상 오염 물질인 이산화탄소(CO₂), 일산화탄소(CO), 이산화질소(NO₂)는 비분산적외선 분석법(nondispersive infrared method)을 이용한 측정기(GrayWolf's indoor air quality Monitors, IQ-610 Xtra., GrayWolf Sensing Solutions, LLC, Shelton, CT, USA)를 사용하였다. 적외선 분석법은 가스분자 내에 있는 원자들이 적외선 복사와 상호작용을 하게 되면 입사 복사의 일부가 특수 파장에서 흡수되는 원리를 이용한다. 각 원자들에서 동시에 발생하는 다수의 진동이 흡수 스펙트럼을 생성시키며, 이 스펙트럼이 각 물질의 화학 구조에 따라 다르기 때문에 가스분자의 종류를 확인하고 정량할 수 있다.

휘발성 유기화합물(volatile organic compounds, VOCs)의 분석은 고체흡착법으로 Tenax-TA (60/80 mesh, Supelco, Bellefonte, PA, USA)가 200 mg 이상 충전된 스테인레스 흡착관(1/4 inch×9 cm, Perkinelmer, Buckinghamshire, UK)을 이용하여 측정하였다. VOCs 분석에 사용한 펌프는 personal air sampler (GilAir-5, Sensidyne, LP, St. Petersburg, FL, USA)를 사용하였으며, 0.2 L/min으로 30분간 실내 공기를 분석하였다. 또한 측정 전, 후 유량은 디지털 유량계(digital flowmeter, Alltech, Lexington, KY, USA)로 측정하여 총 흡인 유량을 산출하였다.

포름알데히드(Formaldehyde)는 카르보닐화합물과 2,4-dinitrophenyl-hydrazine (DNPH)의 반응에 의해 생성되는 DNPH 유도체를 분석하는 방법을 사용하였다. 측정에 사용한 펌프는 측정 전, 후의 유량 변화가 비교적 적은 personal air sampler (SHIBATA Minipump, Sibata Scientific Technology Ltd., Sibata, Japan)를 이용하여 0.5 L/min의 유속으로 공기를 흡입하였으며, 측정 시간은 30분으로 하였다. 검사매체는 4 cm의 폴리프로필렌 튜브에 고순도로 정제된 2,4-DNPH가 코팅되어 있는 카트리지(LpDNPH Cartridge, Supelco)를 사용하였으며, 포름알데히드 측정에 영향을 줄 수 있는 오존을 제거하기 위해 전단부에 오존 스크루버(Supelco)를 설치하였다. 또한 태양광선이 방해작용을 일으킬 수 있으므로 측정 시 알루미늄 호일을 이용하여 태양광선에 노출되는 것을 방지하였다.

(3) 부유미생물

부유미생물 검사는 세균 배양을 위한 tryptic soy agar 배지와 진균 배양을 위한 Sabouraud-dextrose agar 배지를 설치하고 흡인펌프를 이용하여 실내 공기가 배지에 접촉하게 하였다. 포집한 배지는 30–35°C에서 48시간 동안 배양 후 배지의 집락수를 측정하고 채취한 실내 공기량으로 집락수를 나누어 단위 부피당 집락수(CFU/m³)를 산출하였다.

3) 검사실 검사

연구에 참여하는 아토피피부염 환자와 대조군 소아를 대상으로 첫 방문과 24주 후 혈액을 채취하여 혈청 총 면역글로불린 E (immunoglobulin E, IgE)와 호산구 수를 측정하였다.

4) 임상 사진 및 SCORAD index

첫 방문과 24주 후 아토피피부염 환자를 대상으로 병변부위 임상 사진을 촬영하였고 SCORAD index를 평가하였다. SCORAD index는 European task force on atopic dermatitis에서 제안한 방법에 따라 병변의 범위(A), 임상적 강도(B), 소양감과 수면 박탈의 두 가지 주관적 증상(C)의 세 가지 항목으로 나누어 측정한 후 “SCORAD index = A/5+7B/2+C”로 계산하였다. 병변의 범위는 0–100%로 구하였고, 임상적 강도는 홍반, 붉은상처, 붓기 및 구진, 삼출물/

가피, 건조함, 태선화의 6가지를 각각 0–3등급으로 나누었으며, 주관적 증상은 가려움증과 수면 박탈을 각각 0–10등급으로 나누었다. SCORAD index는 관찰자 간의 편견을 없애기 위해 피부과 의사 2인의 신체검진에 의해 평가되었다.

5) 경표피수분손실량(transepidermal water loss, TEWL)의 측정

첫 방문과 24주 후 방문 시 아토피피부염 환자를 대상으로 TEWL을 측정하였으며, tewameter (TM 210, Courage & Khazaka electronic GmbH, Cologne, Germany)를 사용하였다. 양쪽 팔의 오금 부위에 피부 표면과 직각이 되도록 기기를 올려놓고 측정하였으며, 측정값은 3회 측정 후 평균값을 기록하였다. 피부병변의 위치 등으로 팔오금에서 측정이 용이하지 않을 경우에 다리오금, 혹은 이외의 부위에서도 측정이 가능하도록 하였다. TEWL의 단위는 g/m²/hr이고 범위는 0에서 70이다.

6) 통계 분석

연구 참여 대상군은 기술통계를 통해 인구학적 분포를 비교하였으며 공기청정기 가동 전과 가동 24주 후의 오염 물질의 농도, 혈청 총 IgE수치, 호산구 수, SCORAD index 및 TEWL의 차이에 대해 IBM SPSS ver. 20.0 (IBM Co., Armonk, NY, USA)를 이용하여 Wilcoxon's signed-ranks test를 수행하였다. 통계적 검증은 유의수준 0.05에서 통계적 유의성을 인정하였다.

결 과

1. 인구학적 정보

연구 대상 26가구 중 환자군의 2가구가 거주지 이전 등의 개인적 이유로 연구를 중단하여 총 24가구가 연구를 완료하였다. 환자군 18가구와 대조군 6가구의 소아의 연령대와 남녀 비율은 유사하였다 (Table 1), 환자군의 주거지는 신축한 지 평균 7.45년, 거주 기간은 평균 5.4년이었으며, 대조군의 경우는 신축한 지 평균 6.17년, 거주 기간은 평균 4.5년이었다. 알레르기비염 또는 천식 등 알레르기질환에 대한 가족력은 환자군에서 9가구(알레르기비염, 8가구; 천식, 1가구)에서 있었으나, 대조군에서 없는 것으로 확인되었다. 모든 군에서 최근 2년 이내에 새로 건축되거나 리모델링을 시행한 경우는 없었다.

Table 1. Demographic information of atopic dermatitis (AD) group and control group

Demographic	AD (n=18)	Control (n=6)
Age (yr), mean±SD (range)	6.06±2.10 (3–9)	5.17±2.14 (2–7)
Gender, n (%)		
Female	11 (60.0)	3 (50.0)
Male	7 (40.0)	3 (50.0)

SD, standard deviation.

2. 실내 공기 질 변화

연구에 참여한 24가구의 실내 공기 질 변화를 Table 2에 요약하였다.

Table 2. Mean values of particular, gaseous and microbial pollutants in indoor air before and after using air purifier for 24 weeks

Variable	AD (n=18)		Control (n=6)		P-value
	Baseline	After 24 wk	Baseline	After 24 wk	
PM ₁₀ (µg/m ³)	56.18	31.54	69.25	34.03	<0.01
PM _{2.5} (µg/m ³)	29.16	15.59	28.60	11.05	<0.01
VOCs (µg/m ³)	1,594.11	256.22	1,184.33	479.50	<0.01
CO ₂ (ppm)	850.22	883.00	1,235.67	1,054.33	0.44
CO (ppm)	1.89	1.85	1.65	2.46	0.94
NO ₂ (ppm)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.87
Formaldehyde (ppm)	0.01	0.01	0.02	0.02	0.49
Bacteria (CFU/m ³)	52.83	43.56	45.17	36.00	0.16
Fungus (CFU/m ³)	68.83	58.11	41.17	37.00	0.12

AD, atopic dermatitis; PM, particulate matter; VOCs, volatile organic compounds; CFU, colony forming unit.

1) 입자상 오염 물질

입자상 오염 물질의 평가 항목인 PM₁₀은 첫 방문에 비해 공기청정기 사용 24주 후 두 군 모두에서 통계학적으로 유의한 감소를 보였으며($P < 0.01$), PM_{2.5} 역시 첫 방문과 비교할 때 24주 후 두 군 모두에서 통계학적으로 유의한 감소를 보였다($P < 0.01$) (Fig. 2).

2) 가스상 오염 물질

가스상 오염 물질 중 VOCs는 두 군에서 모두 통계학적으로 유의한 감소를 보였다($P < 0.01$). CO₂는 공기청정기 사용 24주 후 환자군에서는 증가, 대조군에서는 감소를 보여 일관되지 않은 결과를 보였고, CO도 환자군에서는 약간 감소하였으나 대조군에서는 증가하여 일관되지 않은 결과를 보였다(Fig. 3). 반면 NO₂와 포름알데히드의 농도는 공기청정기 사용 전과 후 모두 0.01 ppm 내외로 소량만 검출되었다.

3) 실내 공기 중 부유미생물 밀도

두 군 모두에서 첫 방문에 비해 공기청정기 사용 24주 후, 세균과

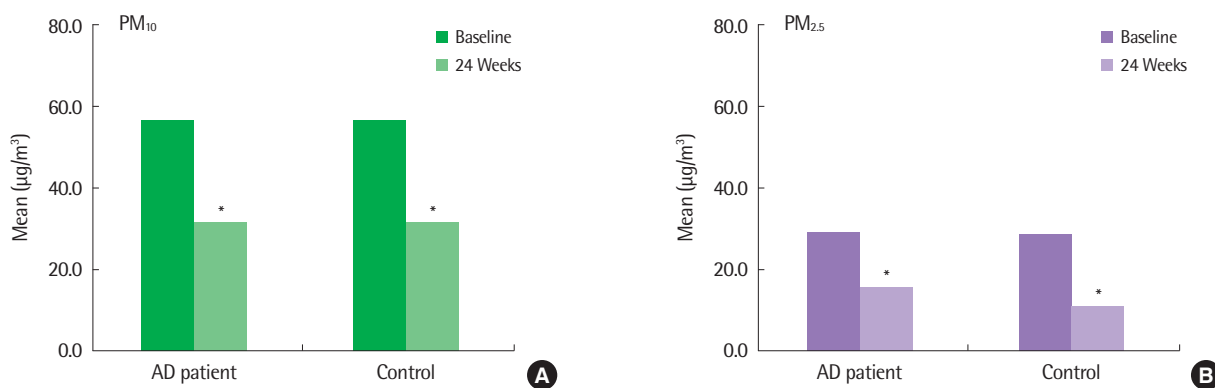


Fig. 2. Compared to the value of baseline, both PM₁₀ (A) and PM_{2.5} (B) decreased after 24 weeks with statistical significance. AD, atopic dermatitis; PM, particulate matter. * $P < 0.01$.

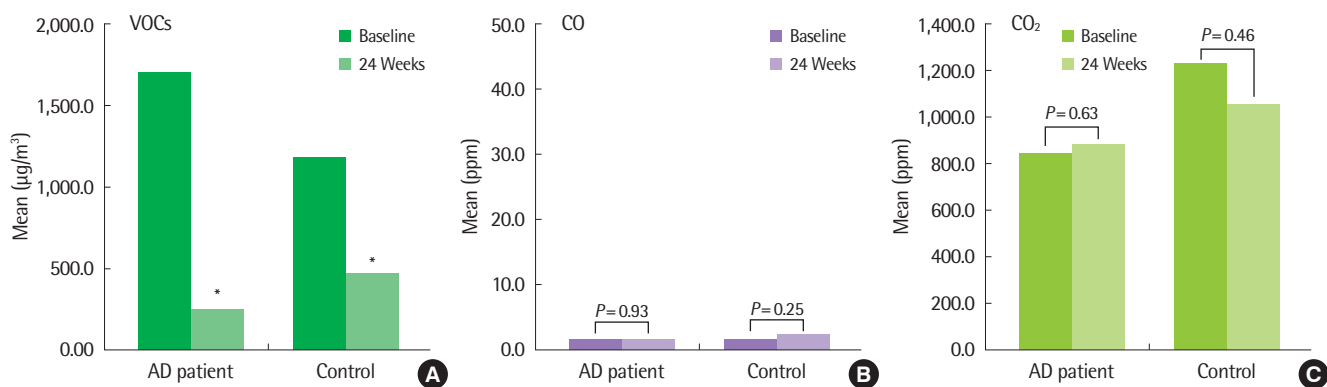


Fig. 3. Gaseous contaminant level. (A) Volatile organic compounds (VOCs) level decreased significantly after using air purifier for 24 weeks. However, CO (B) and CO₂ (C) show incoherent levels. AD, atopic dermatitis. * $P \leq 0.01$.

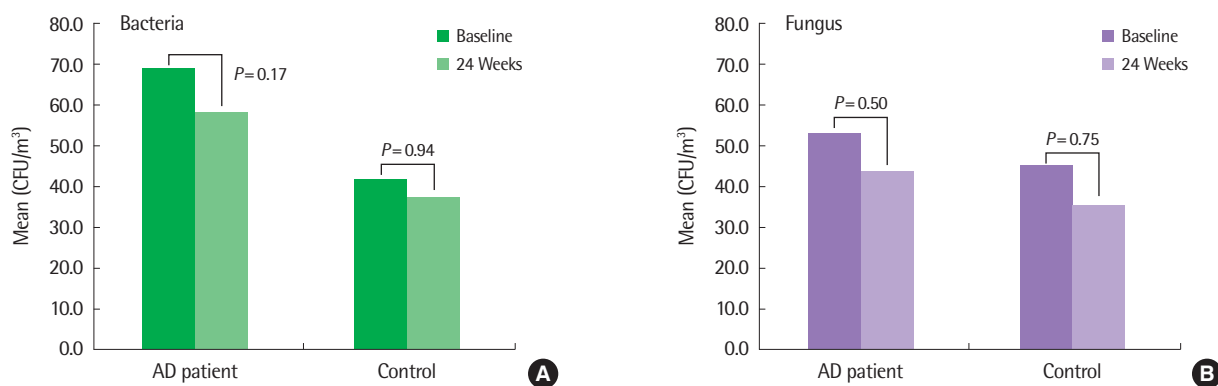


Fig. 4. Density of offfloating bacteria (A) and fungus (B) decreased in both groups compared to baseline, but showed no statistical significance. CFU, colony forming unit; AD, atopic dermatitis.

Table 3. Clinical assessment values and results of blood test before and after using air purifier for 24 weeks

Variable	AD (n=18)		Control (n=6)		P-value
	Baseline	After 24 wk	Baseline	After 24 wk	
SCORAD index	23.45 ± 4.34	15.42 ± 6.53	NC	NC	<0.01
TEWL (g/m ² /hr)	33.78 ± 5.16	26.89 ± 5.66	NC	NC	<0.01
Total IgE (IU/mL)	403.07 ± 476.52	339.88 ± 347.69	78.57 ± 73.19	91.93 ± 74.26	0.81
Eosinophil count (%)	3.60 ± 3.08	4.54 ± 3.33	3.78 ± 3.45	3.30 ± 3.25	0.53

Values are presented as mean ± standard deviation.

AD, atopic dermatitis; SCORAD, SCORing of atopic dermatitis; NC, not checked; TEWL, transepidermal water loss; IgE, immunoglobulin E.

진균의 실내 공기 중의 밀도가 줄어들었으나 통계학적으로 유의한 차이는 보이지 않았다(Fig. 4).

3. 임상적 변화

1) SCORAD index 및 TEWL

아토피피부염 환자군의 SCORAD index는 공기청정기 사용 전 23.45 ± 4.34에서 사용 후 15.42 ± 6.53로 18.5% 감소하여, 통계학적으로 유의한 감소를 보였다($P < 0.01$) (Table 3). TEWL도 공기청정기 사용 전 33.78 ± 5.16에서 사용 후 26.89 ± 5.66로 18.7% 감소하여 통계학적으로 유의한 감소를 보였다($P < 0.01$) (Table 3, Fig. 5).

2) 실험실 검사

환자군 및 대조군 소아들의 첫 방문과 공기청정기 사용 24주 후 혈청 총 IgE 수치와 호산구 수는 Table 2에 요약하였다. 첫 방문 시 혈청 총 IgE 수치는 아토피피부염 환자군에서 통계학적으로 유의하게 높았으나($P = 0.03$), 호산구 수는 각 군 간에 큰 차이가 없었다. 첫 방문에 비해 공기청정기 사용 24주 후에 측정된 혈청 총 IgE 수치와 호산구 수의 평균값은 두 군 모두에서 통계학적으로 유의한 변화는 관찰되지 않았다(Fig. 6).

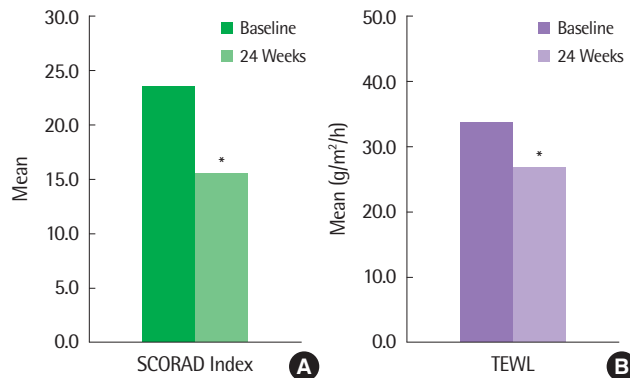


Fig. 5. Both SCORAD (A) and TEWL (B) showed statistically significant decrease in atopic dermatitis patients group after 24 weeks. SCORAD, SCORing of atopic dermatitis; TEWL, transepidermal water loss. * $P < 0.01$.

4. 부작용 및 이상반응 발생 여부

연구를 끝마친 24명 모두에서 연구기간 동안 부작용이나 이상반응은 발생하지 않았다.

고찰

아토피피부염의 발병기전은 명확하게 밝혀지지 않았으나 유전적인 요인과 환경적인 요인이 함께 작용하는 것으로 알려져 있다.⁹⁾

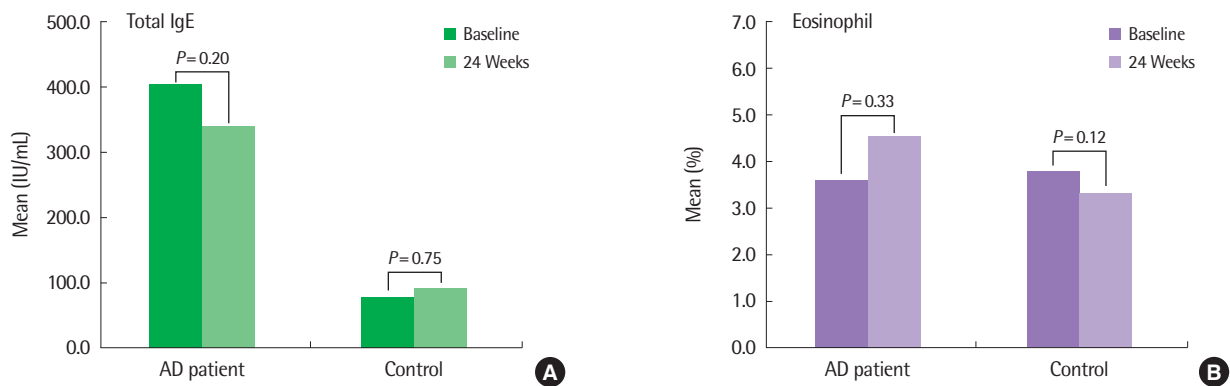


Fig. 6. Mean value of total immunoglobulin (Ig) E (A) and eosinophil (B) after 24 weeks did not show statistically significant changes in both groups compared to baseline. AD, atopic dermatitis.

아토피피부염의 치료는 과거에는 약물요법을 통한 대증치료가 대부분이었으나, 최근에는 예방 및 관리적인 측면에서 환경 요인의 조절이 중요시되고 있다. 2004년 Capristo 등⁶⁾은 유아기에 높은 농도의 실내 항원에 노출될 경우 3세 이전에 아토피피부염이 발생할 확률이 증가하며, 실내 항원의 농도가 증가할수록 아토피피부염의 증상이 심해지므로 이를 피할 것을 주장하였다. 국내에서도 Chu와 Song⁷⁾은 아토피피부염을 포함한 알레르기질환의 예방을 위해 습도조절과 환기, 환경친화성 자재의 사용, 저알레르기 항원 주택의 건축 등 실내 환경 변화가 필요함을 제안하였다.

최근 실내공기 질 오염과 건강에 대한 개념이 확대되면서 깨끗한 공기에 대한 요구가 증가하고 있으며, 공기청정기는 이런 인식을 바탕으로 국내에서도 일반 가정에서 널리 사용되고 있다. 공기청정기는 워터필터 방식, 전기집진 방식, 필터 방식으로 나눌 수 있으나, 최근 공기청정기는 다양한 필터가 복합되어 있는 단계별 입체 필터 시스템을 도입한 제품이 주류를 이루고 있다.⁸⁾ 입체 필터 시스템은 비교적 큰 먼지 및 애완동물 털, 머리카락 등을 제거하는 프리필터, 미생물(세균, 곰팡이, 바이러스), VOCs, 포름알데히드, NO₂ 등을 선택적으로 제거할 수 있도록 개발된 미디움/기능성필터, 포름알데히드, 벤젠, VOCs 등의 실내 유해가스를 제거하는 탈취필터, 입자상 미세 오염 물질의 제거에 도움을 준다고 알려진 high-efficiency particulate air (HEPA) 필터로 구성되어 있다.⁹⁾ 이번 연구는 이전 연구와 유사하게 입체 필터 시스템을 도입한 공기청정기를 사용하였지만, 이전의 연구들은 거실 혹은 침실 중의 한 곳에서만 공기청정기를 작동하여 임상 효과를 조사한 반면, 이번 연구에서는 소아의 활동이 가장 많은 거실과 침실 모두에 용량이 큰 공기청정기를 24시간 가동하도록 하여 이전의 연구들과는 달리 실내에서의 공기청정기의 효과를 극대화할 수 있도록 하였다.¹⁰⁻¹²⁾

실내 공기 질은 입자상 오염 물질과 가스상 오염 물질, 그리고 미생물의 3가지 요소로 나누어 측정하였다. 입자상 오염 물질은 먼지, 담배 재, 각종 불완전연소 물질 및 집먼지진드기 항원 등이 있으며,

입자의 직경에 따라 10 μm 이하인 경우를 PM₁₀, 직경이 2.5 μm 이하인 경우를 PM_{2.5}로 구분한다. 실내 공기 중 10 μm보다 큰 입자상 오염 물질은 폐포까지 침투할 수 없으므로 알레르기질환을 악화시키는 것은 주로 5 μm보다 작은 입자들로 알려져 있다. 그 중에서도 PM_{2.5}는 호흡기를 통한 흡입 후 혈관 또는 림프관으로 침투율이 높아 호흡기질환 및 알레르기질환과 밀접한 관련이 있다.¹³⁾ 입자상 오염 물질과 집먼지진드기 항원과 관련하여, Oftedal 등¹⁴⁾은 입자상 오염 물질에 장기적으로 노출되는 경우 집먼지진드기 항원에 대한 감각 위험도를 높여 알레르기질환을 일으킬 수 있다고 하였으며, Agrawal 등¹⁵⁾은 공기청정기를 사용하여 공기중의 입자상 오염 물질을 감소시키면, 집먼지진드기 항원에 대한 노출을 감소시킬 수 있다고 하였다. 또한, Okada 등¹⁶⁾은 실내 환경을 체계적으로 개선하여 집먼지진드기를 감소시키면 아토피피부염의 증상이 완화된다고 보고하면서 공기청정기도 집먼지진드기 항원을 제거하여 아토피피부염 증상 조절에 도움이 된다고 하였다. 2011년 Hiramoto 등¹⁷⁾은 NC/Nga mice를 이용하여 공기청정기의 사용이 아토피피부염의 증상에 미치는 영향을 연구하였다. 이 연구에서 저자들은 집먼지진드기 항원에 대하여 enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA)를 시행하여 공기청정기가 집먼지진드기 항원을 감소시켜 아토피피부염의 증상을 완화시킨다고 하였다. 비록 이번 연구에서는 실내 집먼지진드기에 대한 ELISA 등은 시행하지 않았으나 기존의 연구들을 미루어 볼 때, 공기청정기 사용 후 입자상 오염 물질 중의 집먼지진드기 항원이 감소하였을 가능성이 있으며 아토피피부염 증상이 호전에 영향을 주었을 것으로 생각한다.

가스상 오염 물질 중에서는 VOCs가 통계학적으로 유의한 감소를 보였는데, 벤젠, 디클로로벤젠, 펜타클로로벤젠, 부틸아세테이트, 톨루엔 및 자일렌, 스틸렌 등이 이에 속한다. 이는 주로 페인트, 목재보존제, 단열제 등에 의해서 발생하며 호흡기나 피부로 흡수되어 아토피질환을 유발하는 것으로 알려져 있다. Diez 등¹⁸⁾은 아토피 소인을 가진 소아에서 VOCs 흡인에 의해 증상이 유발되었다고

보고하였으며, Huss-Marp 등¹⁹⁾은 아토피피부염 환자의 병변을 VOCs에 직접 노출시켰을 때 피부장벽의 손상 지표 중 하나인 TEWL이 증가하는 것을 관찰하여 VOCs가 아토피피부염의 피부 병변의 악화 인자가 될 수 있음을 확인하였다. Weisse 등²⁰⁾은 VOCs가 호산수/호염기구 전구세포를 자극하여 interleukin (IL)-3, IL-5, granulocyte macrophage-colony stimulating factor 등의 시토카인의 증가를 유발함으로써 아토피피부염의 증상을 악화시킨다고 하였다. 이번 연구에서도 공기청정기 사용 후 VOCs가 감소되었으며, 그 결과 아토피피부염 환자의 염증 반응에 영향을 줌으로써 아토피피부염의 증상 완화에 도움을 주었을 것으로 생각한다.

공기청정기 사용 전후의 CO₂와 CO의 측정치는 일관된 변화를 보이지 않았다. Seppanen 등²¹⁾은 CO₂의 농도가 실내의 사람 수, 환기횟수, 주방기기의 사용과 관련 없이 공기의 흐름에 따라 큰 변화를 보일 수 있다고 하였는데, 연구 계획을 취사 기구를 사용하는 시간을 피해 공기 질을 측정하도록 하고, 3-4인으로 구성된 연구 대상 가족이 모두 모인 시간에 측정을 하였음에도 이전의 연구 결과와 유사한 결과를 보였다.

그 외의 가스상 오염 물질로서 NO₂와 포름알데히드도 피부에 직접적인 자극 물질로 작용하거나, 활성산소를 형성하여 아토피피부염을 악화시킬 수 있는 것으로 알려져 있다.²²⁾ 이번 연구에서는 두 오염 물질이 모두 평균 0.01 ppm 내외로 극소량만 측정되었다. 이는 NO₂의 경우 실내 가스난방기의 사용이나 흡연 시 발생하는 오염 물질로서,²³⁾ 대상 가구가 가스난방기를 사용하지 않았고, 흡연자가 있는 가구는 연구 대상에서 제외하였기 때문으로 추정된다. 포름알데히드는 단열재료, 석고보드, 합판, 접착제에서 발생하여, 신축 건물에서 특히 높은 농도로 검출된다.²⁴⁾ 연구에 참여한 아토피피부염 환자군의 주거지는 신축한지 평균 7.45년, 대조군의 경우에는 신축한지 평균 6.17년이었으며, 최근 2년 이내에 새로 건축되거나 리모델링을 시행한 경우는 없었으므로 포름알데히드도 거의 검출되지 않은 것으로 생각한다.

실내 공기 중 부유미생물에는 각종 세균과 진균이 있는데, 이는 아토피피부염을 포함한 여러가지 알레르기질환의 유발 및 악화 인자로 널리 알려져 있다.²⁵⁾ 부유미생물들은 실내 공기 중 부유하고 있는 먼지나 수증기에 부착하여 생존하며, 냉장고, 가습기, 에어컨 등 물 및 건물의 덕트 내에 쌓인 먼지가 발생원이 될 수 있다. Spiwak 등²⁶⁾은 이러한 부유미생물의 밀도가 높은 경우 알레르기질환이 더 흔히 발생한다고 보고하였다. 또한, 부유미생물의 배양과 함께 피부단자시험을 함께 시행하여 공기 중의 세균과 진균이 호흡기 알레르기뿐만 아니라 피부질환과도 밀접한 관련이 있음을 밝혔다. 하지만 이번 연구에서는 공기청정기 사용 후 실내 공기 중 부유 미생물의 밀도는 감소하였으나 통계학적으로 유의하지는 않았다.

저자들은 공기청정기 사용 24주 후 아토피피부염이 있는 군에서 SCORAD index와 TEWL이 모두 통계적으로 유의한 감소를 보이

는 것을 확인하였다. 하지만, 이번 연구는 겨울부터 여름 시기까지 시행하였기 때문에 계절 변화가 아토피피부염의 호전에 일부 영향을 주었을 가능성을 완전히 배제하지 못하였다. 공기청정기 사용으로 인한 공기 질 변화와 아토피피부염의 연관성을 직접적으로 연구한 문헌 보고는 아직 발표된 바 없으나, 2009년 Annesi-Maesano 등²⁷⁾은 실내 공기 중 PM_{2.5}의 농도가 높아질수록 실내 공기 중 항원에 대한 감작률이 증가하고, 이는 아토피피부염 및 알레르기 천식의 유병률과 직접적인 관련을 보인다고 하였다. 또한, Song 등²⁸⁾은 학동기 소아에서 교실 내에서 측정된 공기 중 미세먼지의 농도와 아토피피부염의 SCORAD index 사이에 의미 있는 연관성을 입증하기도 하였다. 한편, Morgan 등²⁹⁾의 보고에서는 HEPA 필터가 장착된 공기청정기를 이용한 실내 환경 조절 후에 집먼지진드기 항원과 바퀴벌레 항원 등 실내 항원이 감소하였고, 이는 알레르기 천식의 중증도와 합병증의 감소와 유의한 관련을 보였다고 하였다. 이렇듯 공기 중 미세먼지 또는 실내 항원들이 아토피피부염을 비롯한 알레르기질환의 유병률과 관련을 보이며, 이러한 문헌 보고들로부터 추론하여 볼 때, 공기청정기의 사용이 미세먼지 및 실내 항원 등을 감소시켜 아토피피부염의 호전에 직접 혹은 간접적으로 영향을 미쳤다고 생각할 수 있다.

이번 연구에서는 아토피피부염 환자에서 실내공기 질 향상 시 임상적 호전뿐만 아니라, TEWL, IgE, 호산구 수 등의 검사실 검사의 호전 정도가 대조군과 차이가 있는지 살펴보고자 하였다. TEWL의 경우 아토피피부염 환자군에서 통계적으로 유의한 감소를 보였으나, IgE, 호산구 수는 각 군 간에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않아 실내 공기 질과의 연관성을 제시할 수 없었다.

아토피피부염은 장기간의 치료가 필요한 만성 질환이므로 병변의 재발이나 악화를 막기 위한 적절한 관리가 필요하다. 이런 관리 방법으로 Kim 등³⁰⁾은 적절한 목욕법과 보습제의 사용법, 손발톱 관리법 등과 함께, 실내 환경의 관리 방안으로 적절한 습도와 온도를 유지할 것을 제안하였다. Yoon 등³¹⁾은 공기청정기와 HEPA 필터 진공청소기의 지속적인 사용으로 학교 환경을 개선하는 방법을 시도하였고, 6개월 후 실내 공기 질 개선과 함께 아토피피부염의 유병률이 낮아짐을 확인하였다. 하지만 미세먼지와 CO, CO₂, 포름알데히드 등 제한된 항목만을 평가하였고, 아토피피부염의 중증도에 대해서는 평가하지 않았다는 점에서 이번 연구와 차이를 보였다. 저자들은 공기청정기를 이용한 실내 공기 질의 개선이 아토피피부염의 호전에 미친 긍정적인 영향을 보았을 때, 공기청정기는 진공청소기나 집먼지진드기 방지용 매트리스커버 등과 함께 아토피피부염 환자의 실내 환경 개선을 통한 증상 조절 및 유지 관리에 도움이 될 것으로 생각한다.

이번 연구는 대상 표본 수가 적었다는 점, 계절적인 영향을 고려하지 않은 점, 어린이집 출입과 야외 활동 빈도 등의 행동 양상을 실제적으로 제한하지 못한 점, 입자상, 가스상 오염 물질의 측정이 24

시간 지속적으로 이루어지지 않았다는 점, 집먼지진드기와 집먼지진드기에 대한 ELISA를 시행하지 못한 점, 공기청정기를 사용하지 않거나 공기 질 향상 기능이 없는 공기청정기를 설치한 아토피피부염 대조군이 없었다는 점에서 제한점이 있다. 이런 제한점들을 보완하여 향후 좀 더 많은 표본수를 대상으로 공기 질 향상의 기능이 없는 공기청정기를 제작하여 이중맹검 연구가 이루어지면, 좀 더 의미 있는 결과를 제시할 수 있을 것으로 생각한다. 그럼에도 불구하고 이번 연구는 실생활에서 공기청정기 사용이 실내공기 질을 향상시켜 아토피피부염 환자의 증상 완화에 도움이 될 수 있고, 공기청정기의 사용이 아토피피부염에 미치는 영향에 대한 첫 연구라는 점에서 향후 공기청정기를 이용한 아토피피부염의 예방효과에 대한 추가적인 연구의 기초 자료로서 활용할 수 있을 것으로 생각한다.

감사의 글

이 논문은 2010년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구입니다.

REFERENCES

1. Spergel JM. Epidemiology of atopic dermatitis and atopic march in children. *Immunol Allergy Clin North Am* 2010;30:269-80.
2. Choi WJ, Ko JY, Kim JW, Lee KH, Park CW, Kim KH, et al. Prevalence and risk factors for atopic dermatitis: a cross-sectional study of 6,453 Korean preschool children. *Acta Derm Venereol* 2012;92:467-71.
3. McNally NJ, Williams HC, Phillips DR, Strachan DP. Is there a geographical variation in eczema prevalence in the UK? Evidence from the 1958 British Birth Cohort Study. *Br J Dermatol* 2000;142:712-20.
4. Park YL, Kim HD, Kim KH, Kim MN, Kim JW, Ro YS, et al. Report from ADRG: A Study on the Diagnostic Criteria of Korean Atopic Dermatitis. *Korean J Dermatol* 2006;44:659-63.
5. Wen HJ, Chen PC, Chiang TL, Lin SJ, Chuang YL, Guo YL. Predicting risk for early infantile atopic dermatitis by hereditary and environmental factors. *Br J Dermatol* 2009;161:1166-72.
6. Capristo C, Romei I, Boner AL. Environmental prevention in atopic eczema dermatitis syndrome (AEDS) and asthma: avoidance of indoor allergens. *Allergy* 2004;59 Suppl 78:53-60.
7. Chu S, Song J. Indoor air quality for allergy prevention. *Pediatr Allergy Respir Dis* 2010;20:93-9.
8. Kim KY, Kim CN, Kim YS, Roh YM, Lee CM. Efficiency of the hybrid-type air purifier on reducing physical and biological aerosol. *Korean J Environ Health* 2006;32:478-84.
9. Na KH, Son JS, Sung KJ, Jang YK. Comparative efficiency evaluation of air cleaners for improving indoor air quality. *J Environ Impact Assess* 2005;14:109-15.
10. Reisman RE, Mauriello PM, Davis GB, Georgitis JW, DeMasi JM. A double-blind study of the effectiveness of a high-efficiency particulate air (HEPA) filter in the treatment of patients with perennial allergic rhinitis and asthma. *J Allergy Clin Immunol* 1990;85:1050-7.
11. Antonicelli L, Bilo MB, Pucci S, Schou C, Bonifazi F. Efficacy of an air-cleaning device equipped with a high efficiency particulate air filter in house dust mite respiratory allergy. *Allergy* 1991;46:594-600.
12. Warburton CJ, Niven RM, Pickering CA, Fletcher AM, Hepworth J, Francis HC. Domiciliary air filtration units, symptoms and lung function in atopic asthmatics. *Respir Med* 1994;88:771-6.
13. Samet JM, Dominici F, Curriero FC, Coursac I, Zeger SL. Fine particulate air pollution and mortality in 20 U.S. cities, 1987-1994. *N Engl J Med* 2000;343:1742-9.
14. Oftedal B, Brunekreef B, Nystad W, Nafstad P. Residential outdoor air pollution and allergen sensitization in schoolchildren in Oslo, Norway. *Clin Exp Allergy* 2007;37:1632-40.
15. Agrawal SR, Kim HJ, Lee YW, Sohn JH, Lee JH, Kim YJ, et al. Effect of an air cleaner with electrostatic filter on the removal of airborne house dust mite allergens. *Yonsei Med J* 2010;51:918-23.
16. Okada K, Sakai A, Hidaka K, Fukuda H. Systematic cleaning of the mite antigens in home environment and its effects on atopic dermatitis. *Nihon Koshu Eisei Zasshi* 1994;41:165-71.
17. Hiramoto K, Orita K, Yamate Y, Sato EF, Okano H, Nishikawa K, et al. Plasma cluster ions decrease the antigenicity of mite allergens and suppress atopic dermatitis in NC/Nga mice. *Arch Dermatol Res* 2011;303:367-70.
18. Diez U, Kroessner T, Rehwagen M, Richter M, Wetzig H, Schulz R, et al. Effects of indoor painting and smoking on airway symptoms in atopy risk children in the first year of life results of the LARS-study. *Leipzig Allergy High-Risk Children Study. Int J Hyg Environ Health* 2000;203:23-8.
19. Huss-Marp J, Eberlein-König B, Breuer K, Mair S, Ansel A, Darsow U, et al. Influence of short-term exposure to airborne Der p 1 and volatile organic compounds on skin barrier function and dermal blood flow in patients with atopic eczema and healthy individuals. *Clin Exp Allergy* 2006;36:338-45.
20. Weisse K, Lehmann I, Heroux D, Kohajda T, Herberth G, Roder S, et al. The LINA cohort: indoor chemical exposure, circulating eosinophil/basophil (Eo/B) progenitors and early life skin manifestations. *Clin Exp Allergy* 2012;42:1337-46.
21. Seppanen OA, Fisk WJ, Mendell MJ. Association of ventilation rates and CO2 concentrations with health and other responses in commercial and institutional buildings. *Indoor Air* 1999;9:226-52.
22. Eberlein-König B, Przybilla B, Kuhl H, Pechak J, Gebefugi I, Kleinschmidt J, et al. Influence of airborne nitrogen dioxide or formaldehyde on parameters of skin function and cellular activation in patients with atopic eczema and control subjects. *J Allergy Clin Immunol* 1998;101(1 Pt 1):141-3.
23. Monn C, Brandli O, Schindler C, Ackermann-Liebrich U, Leuenberger P. Personal exposure to nitrogen dioxide in Switzerland. SAPALDIA team. Swiss Study on Air Pollution and Lung Diseases in Adults. *Sci Total Environ* 1998;215:243-51.
24. Park HJ, Jang SK, Seo SY, Lim JH. Characteristics of VOCs and formaldehyde emitted from floorings. *J Korean Soc Atmos Environ* 2009;25:38-45.
25. Hedayati MT, Arabzadehmoghadam A, Hajheydari Z. Specific IgE against *Alternaria alternata* in atopic dermatitis and asthma patients. *Eur Rev Med Pharmacol Sci* 2009;13:187-91.
26. Spiewak R, Skorska C, Gora A, Horoch A, Dutkiewicz J. Young farmers with cellular reactivity to airborne microbes suffer more frequently from work-related skin symptoms and allergic dermatitis. *Ann Agric Environ Med* 2001;8:255-9.
27. Annesi-Maesano I, Caillaud D, Lavaud F, Moreau D, Le Moullec Y, Teytard A, et al. Exposure to fine air particles and occurrence of allergic diseases: results of ISAAC-France phase 2. *Arch Pediatr* 2009;16:299-305.
28. Song S, Lee K, Lee YM, Lee JH, Lee SI, Yu SD, et al. Acute health effects of urban fine and ultrafine particles on children with atopic dermatitis.

- Environ Res 2011;111:394-9.
29. Morgan WJ, Crain EF, Gruchalla RS, O'Connor GT, Kattan M, Evans R 3rd, et al. Results of a home-based environmental intervention among urban children with asthma. *N Engl J Med* 2004;351:1068-80.
 30. Kim MB, Kim BJ, Seo YJ, Lee YW, Lee AY, Kim KH, et al. Skin care for atopic dermatitis. *Korean J Dermatol* 2009;47:531-8.
 31. Yoon SH, Jeong YC, Choi JH, Baek HS, Oh JW, Ahn DH, et al. The environmental and educational management effects of atopic dermatitis in a Seoul elementary school. *Pediatr Allergy Respir Dis* 2011;21:285-93.