

호흡기 알레르기 환자에서 광촉매플라즈마 정전기 흡착식 공기정화기의 효과

연세대학교 의과대학부설 알레르기 연구소, 내과학교실

소아과학교실*, LG전자(주) 리빙시스템 연구소*

박중원 · 고시환 · 윤영연 · 김철우 · 홍천수 · 이기영* · 홍영기* · 이성화*

Efficacy of an air cleaning device equipped with an electrostatic precipitator and photocatalytic plasma filter in respiratory allergic patients

Jung Won Park, Si Hwan Ko, Yeong Yeon Yun, Cheol Woo Kim, Chein-Soo Hong,

Ki Young Lee*, Young-Ki Hong*, and Sung-Hwa Lee**

*Institute of Allergy, Department of Internal Medicine and Pediatrics,**

College of Medicine, Yonsei University,

*LG Electronics Living System Research Laboratory***

Objective : To evaluate the clinical efficacy of a new air cleaning device (LG Electronics, Korea) equipped with electrostatic precipitator (EP) and photocatalytic plasma filter (PCP) in 24 respiratory allergic subjects.

Material and method : Air cleaning conditioner and air cleaner were placed in living room and bedroom. Both EP and PCP (EP/PCP) filters were used for the first 4 weeks and for another 4 weeks, PCP without EP filter (PCP) was used. We measured symptom scores of asthma and rhinitis, peak expiratory flow rate (PEFR), serum eosinophil cationic protein in ECP, *Dermatophagoides farinae* (DF) specific IgE and IgG in sera, concentrations of major allergens of DF in floor dust of living room, bedroom and in airborne dust.

Results : Both asthma and rhinitis symptom scores were significantly improved not only with EP/PCP filters but also with PCP filter. The morning PEFR was significantly improved with EP/PCP filters, but not with PCP filter. Frequency of salbutamol inhalation by air cleaner with EP/PCP filter tended to decrease ($p=0.051$), with no significant difference in serum ECP concentration. DF specific IgE significantly decreased at the 8th week with no differences in specific IgG. However, the mean Der f I levels in floor dust of bedroom (1,128 vs. 374 ng/gm dust, $p<0.01$) and living room (1,516 vs 812 ng/gm dust, $p<0.01$) decreased, Der f I in airborne dust measured only in 8 out of 22 subjects, and they decreased significantly with the trial of EP/PCP filter (172.2 pg/4.5m³ vs. 62.1 pg/4.5m³, $p<0.01$).

Conclusion : These results suggest that the EP/PCP air cleaner may be an effective tool for environmental control in respiratory allergic subjects.

* 본 연구는 LG전자(주) 리빙시스템연구소의 산학협동연구비 지원을 받았음.

통신저자 : 연세의대 내과 홍천수

Key words : air cleaner, respiratory allergy, electrostatic precipitator, photocatalytic plasma

시 론

호흡기 알레르기 질환은 주로 공기중에 부유하는 집먼지진드기, 꽃가루, 애완동물의 털, 바퀴벌레, 진균류의 포자와 같은 흡입 알레르겐 뿐만 아니라 기관지 혹은 비점막을 비특이적으로 자극하는 담배연기, 오존, 라돈 혹은 가구 및 건축시 사용되는 여러 건축 자재로부터 유리되는 화학 물질 등 실내공기 오염에 의해서도 현저하게 지장을 받는다¹⁻⁴⁾. 호흡기 알레르기 질환의 가장 기본이 되는 치료는 원인이 되는 알레르겐에 대한 노출을 줄이는 환경관리이며, 실내 먼지 중에 존재하는 집먼지진드기를 위시한 주요 흡입 알레르겐의 양을 효과적으로 감소시키고, 실내오염물질을 제거하는 환경 관리법이 흡입 알레르겐에 의한 호흡기 알레르기 질환의 치료에 매우 중요한 지침중의 하나로 대두되고 있다⁵⁾.

공기정화기는 공기 중에 부유하는 먼지를 제거하는 방식에 따라 HEPA(Highly Efficiency Particulate Air) 필터방식과 정전기흡착식집진(Electrostatic Precipitator; EP) 필터방식으로 구분되며 이들 모두 집먼지진드기, 꽃가루, 애완동물의 털, 바퀴벌레, 진균류 알레르겐에 의한 실내공기 오염을 감소하는데 도움이 되는 것으로 보고되고 있다⁶⁻⁸⁾. 또한 일부의 공기정화기의 경우에는 집진필터 이외에도, 기체상태의 오염원 및 냄새를 효과적으로 분해할 수 있는 특수 촉매필터가 설치되어 있어 담배연기, 오존 등 여러 유해 화학물을 제거할 뿐 아니라 탈취기능도 있는 것으로 보고되고 있다^{6, 8)}. 최근들어 LG전자(주)에서 입자 및 냄새와 기체상태의 오염물질을 제거할 수 있는 광촉매플라즈마(Photocatalytic Plasma; PCP)와 정전기흡착식 공기정화필터가 설치된 공기청정 에어컨과 공기정화기를 개발한 바 있다.

이에 본 연구자들은 LG전자(주)에서 개발한 광촉매 플라즈마 정전기흡착식 공기정화필터가 실내 흡입 알레르겐에 감작된 호흡기 알레르기 환자에서 실제적으로 도움이 되는지 밝히고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구일정

본 연구는 1997년 9월부터 1998년 1월 사이에 시행되었다. 먼저 환자의 기초상태를 파악하기 위해서 공기정화기를 설치하기전 2주 동안 대상 환자에서 천식 및 비염의 임상증상점수와 최대호기유속(PEFR)을 측정하였으며, 2주간의 평균값으로 공기정화기 작동전의 기초측정값으로 결정하였다. 혈청학적 검사를 위해서 혈청을 채혈한 후 -20℃에서 냉동보관하였다. 또한 환자에게 폭로되는 *Dermatophagoides farinae*(DF) 알레르겐의 양을 판정하기 위해서 휴대용 진공청소기(모델명 HR6028; Philips사, 슬로베니아)를 이용하여 거실 및 침실바닥의 집먼지를 채집하였고 휴대용 집진기(모델명 MP-15CF; Shibata Scientific, Tokyo, Japan)를 이용해서 공기중에 부유중인 집먼지를 채집하였다. 본 연구에서는 LG전자에서 개발한 EP 및 PCP 필터가 각각 설치된 공기청정 에어컨과 공기정화기를 이용하였다. 공기청정 에어컨은 거실에 그리고 공기정화기는 환자의 침실에 설치하였으며 원룸 속속인 경우에는(1예) 공기정화기 1대만을 설치하였고, 임상시험기간 중 계속 작동시키도록 권고하였다. 공기정화기는 12-20평의 실내크기에 맞게 설계되었으며 비색법으로 판정한 집진효율은 90% 이상이었다. 공기정화기(공기청정에어컨 포함)는 먼저 4주간 계속 EP 및 PCP 필터를 정상 가동시킨 후 그리고 다음 4주간은 PCP 필

터만을 가동시킨 상태에서 앞서 측정된 검사항목을 각각 반복 측정하여, 공기정화기의 임상 효과를 판정하였다.

2. 대상 환자

본 연구에 참여하기를 희망하는 성인 환자 13예(평균연령 27.2 ± 1.8 세, 남:여 비-10:3), 남자 소아환자 11예(평균 연령 9.6 ± 0.6 세)를 대상으로 연구를 진행하였으며, 이들 중 1예의 경우에는 본인의 희망에 따라 본 연구에서 제외되었다. 이들 모두 알레르기 피부시험과 3M사의 FAST 혈청내 특이 IgE 측정법, 메타폴린 천식 유발검사, 폐기능검사 등을 실시하여 아토피성 기관지천식으로 진단되었으며 알레르기 피부시험상 집먼지진드기를 포함한 여러 중요 실내 알레르겐에 양성반응이 관찰되었다(Fig. 1).

3. 검사 방법

1) 천식 및 비염의 증상 변화 측정

매일 증상일기를 기록하도록 하여 환자의 자각 증상 및 salbutamol 흡입제 및 다른 약물사용량의 변화를 기록하여 증상의 호전 유무를 판정하였다. 환자의 천식 증상의 증중도는 다음과 같이 점수화 하였다.

호흡음(쌩쌩 또는 가랑 가랑하는 숨소리): (0) 들리지 않았다 (1) 약간 들렸다 (2) 1과 3의 중간정도 (3) 대단히 심하게 들렸다

기침: (0) 하지 않았다 (1) 약간 했다 (2) 1과 3의 중간정도 (3) 매우 심하게 했다

일상생활 활동도: (0) 지장없다 (1) 약간 지장이 있었다 (2) 1과 3의 중간정도 (3) 심한 지장을 받았다(결석, 결근, 조퇴)

수면: (0) 잠을 잘 잤다 (1) 잠은 잤으나 약간 불편했다 (2) 불편해서 2~3회 깨었다 (3) 잠을 거의 못 잤다

Fig 1. Skin reactivities of the enrolled subjects (n =24) to important inhalant allergens in skin prick test.

비염증상의 증중도는 다음과 같이 점수화하였다.
코막힘: (0) 막히지 않았다 (1) 약간 막혔다 (2) 심하게 막혔다

재채기: (0) 하지 않았다 (1) 서너번 했다 (2) 많이 했다

콧 물: (0) 나오지 않았다 (1) 약간 나왔다 (2) 많이 나왔다

가려움: (0) 가렵지 않았다 (1) 약간 가려웠다 (2) 많이 가려웠다

2) 실내먼지내 집먼지항원의 밀도조사를 위한 실내 바닥먼지 채집

여러 가지 환경적 요인에 의한 실내 집먼지진드기 서식밀도의 변화를 판정하기 위해서 휴대용 진공청소기를 이용하여 5일간 동일한 장소의 침실 및 거실 바닥에서 먼지를 채집하였다. 채집된 먼지는 채로 걸러서 분말상태의 먼지만을 골라 검사시까지 냉동보관하였다.

3) 환자에게 폭로되는 집먼지진드기 항원량 측정을 위한 부유먼지 채집

부유먼지 채집은 Sakaguchi 등⁹⁾이 제안한 방법에 준해서 실시하였다. 간략히 요약하면 다음과 같다. 휴대용 집진기를 이용하여 1.25L/min의 유량으로 120시간 연속 작동시켜 부유먼지를 흡착하였다. 부유입자는 25mm 직경의 유리섬유필터(AP-40, Millipore, Bedford, Mass, USA)에 채집되었으며, 주간에는 거실에서 그리고 밤에는 대상 환자의 머릿맡에서 채집하였다.

4) 대상 환자의 PEFR 변화 측정

Mini peak flow meter(Clement Clarke, Essex, UK)를 이용하여 아침과 저녁에 각각 3회씩 최대호기유속을 측정 한 후 가장 높은 값으로 정하였다.

5) 혈청내 농도 측정

호산구 염증반응의 변화를 조사하기 위해서 혈청내 ECP 농도의 변화를 조사하였다. 먼저 환자 혈액을 SST tube(Beckton Dickinson Co. USA)로 채혈한 후 1시간동안 실온에서 방치하여 혈청을 분리하였다. 분리된 혈청은 측정시까지 -20°C 에서 냉동 보관하였다. 혈청내 ECP치는 Pharmacia사(Uppsala, Sweden)의 fluorescent enzyme immunoassay 방식의 CAP 시스템을 이용하여 측정하였다.

6) DF 특이 IgE 및 특이 IgG의 측정

집먼지진드기 항원 노출의 변화에 따른 혈청내 DF 특이 IgE 및 IgG의 변동을 조사하기 위해서 ELISA 법으로 DF 특이 IgE, 그리고 특이 IgG를 측정하였다. 먼저 본 연구자 등이 직접 배양하여 제조한 DF 조항원을 50mM carbonate buffer(50 mM carbonate-bicarbonate buffer, pH9.6)에 $20\mu\text{g}/\text{ml}$ 되게 희석한 후, 96 well polystyrene microtiter plate(Costa, USA)에 well당 $50\mu\text{l}$ 씩 넣은 후 4°C 에서 18시간 동안 결합시켰다. PBS-T(137 mM NaCl, 1.8 mM KH_2PO_4 , 10 mM Na_2HPO_4 , 27 mM KCl, 0.1 % Tween-20, pH 7.4)로 2회 세척한 후 1% bovine serum albumin (BSA)-PBS-T 용액으로 상온에서 1시간 동안 반응시켜 비특이적인 단백질결합능력을 차단시켰다. 환자의 혈청(특이 IgE 측정시-혈청 원액, 특이 IgG 측정시-1:100 희석)을 well당 $50\mu\text{l}$ 씩 넣은 후 상온에서 1시간 반응시키고 PBS-T로 3회 세척하였다. Biotin이 결합된 polyclonal antihuman IgE (Vector, USA)와 polyclonal antihuman IgG (Tako, USA)를 각각 1:1,000(v/v)으로 희석한 후 각

각 well당 $50\mu\text{l}$ 씩 넣은 후 상온에서 1시간 반응시킨 후 PBS-T로 3회 세척하였다. 1:500(v/v)으로 희석된 streptavidin-peroxidase(Sigma, St Louis, USA)를 $50\mu\text{l}$ 씩 넣은 후 30분간 반응시키고 PBS-T로 5회 세척하였다. ABTS [ABTS 25mg (Sigma, USA)를 50mM citrate buffer 50ml에 녹인 후 30% H_2O_2 $50\mu\text{l}$ 씩 첨가] 용액으로 5분간 발색시킨 후 2 mM NaN_3 용액으로 반응을 중단시킨 후 410nm에서 ELISA 판독기(Dynatec, USA)로 흡광도를 측정하였다.

7) 거실바닥 및 침실바닥의 먼지내의 *Der f 1* 및 group 2 주 알레르겐의 측정

먼지내의 *Der f 1* 및 group 2 주 알레르겐량은 two-site ELISA(Indoor Biotechnologies, Chester, UK)를 이용하여 측정하였다. 먼저 96 well polystyrene microtiter plate에 well당 $10\mu\text{g}/\text{ml}$ 의 *Der f 1* (6A8) 및 group 2 단클론 항체(ID8)를 $50\mu\text{l}$ 씩 첨가한 후 4°C 에서 18시간 동안 결합시켰다. PBS-T로 2회 세척한 후 1% BSA-PBS-T 용액으로 상온에서 1시간 동안 반응시켜 비특이적인 단백질결합능력을 차단시켰다. PBS로 희석된 집먼지 검체를 well당 $50\mu\text{l}$ 씩 첨가한 후 1시간 동안 상온에서 반응시키고 PBS-T로 3회 세척하였다. Biotin이 결합된 monoclonal anti-*Der f 1* (4C1) 및 anti-group 2 monoclonal antibody (7A1)를 1:1,000(v/v)으로 희석한 후 각각 well당 $50\mu\text{l}$ 씩 넣은 후 상온에서 1시간 반응시킨 후 PBS-T로 3회 세척하였다. 1:1000(v/v)으로 희석된 streptavidin-peroxidase를 $50\mu\text{l}$ 씩 넣은 후 30분간 반응시키고 PBS-T로 5회 세척하였다. ABTS 용액으로 5분간 발색시킨 후 2mM NaN_3 용액으로 반응을 중단시킨 후 410nm에서 ELISA 판독기로 흡광도를 측정하였다. *Der f 1* 및 group 2 주알레르겐의 최종 농도는 희석된 표준항원 [*Der f 1*-UVA 93/02, group 2 (*Der*

p II)-97/01]의 농도를 측정하여 작성한 표준흡광도곡선을 참조하여 결정하였다.

8) 휴대용 집진기로 채집한 검체내의 *Der f I* 및 group 2 주 알레르겐량 측정

먼저 휴대용 집진기의 AP-40 유리섬유필터를 1% BSA-PBS용액으로 상온에서 24시간동안 추출하였다. *Der f I* 및 group 2 주 알레르겐량은 Indoor사의 two-site ELISA 시스템을 이용하여 7)항에서 기술한 방법에 준해서 측정하였다. 다만 streptavidin-alkaline phosphatase와 반응시킨 후에는 GIBCO BRL ELISA 증폭 시스템(Life Technologies, USA)으로 발색하였고, UV 492nm에서 ELISA 판독기(Dynatec, USA)를 이용하여 흡광도를 측정하였다¹⁰⁾.

9) 통계 방법

통계는 SPSS 프로그램을 이용하였으며, 증상 점수 및 폐기능의 변화는 repeated ANOVA를 이용하여 분석하였다. p value가 0.05 이하인 경우 통계학적 의미를 두었다. 집먼지진드기 특이 IgG 및 IgE 그리고 휴대용 집진기로 채집한 *Der f I*의 농도는 기하평균 ± 표준오차로 기술하였고 그외의 모든 값은 산술평균 ± 표준오차로 기술하였다.

결 과

1. 천식 증상의 총점수 변화

대상 환자에서 공기정화기를 작동하였을 때 천식 증상은 작동전에 비해 유의하게 감소하였다. 공기정화기 작동전의 천식증상 총점수(4가지 천식증상점수의 합)와 비교하였을 때 (16.2 ± 2.4/week) EP 및 PCP 필터를 1주간(10.8 ± 2.3/week, p < 0.05), 2주간(11.0 ± 2.2/week, p < 0.01), 3주간(9.3 ± 2.2/week, p < 0.05), 4주간(8.7 ± 2.2/week, p < 0.01) 작동시켰을 때 모두 천식 증상점수가 의미있게 호전되었으며, PCP 필터만을 장착한 정화기를 1주간(10.8 ± 2.5/week, p < 0.05), 2주간(10.3 ± 2.6/week,

p < 0.05), 3주간(9.3 ± 2.3/week, p < 0.05), 4주간(8.4 ± 2.3/week, p < 0.01) 작동시켰을 때에도 모두 기저 천식증상 점수에 비해 의미있게 호전되었다(Fig. 2).

2. 천식의 제증상 점수의 변화.

공기정화기 설치 전후의 천식 증상, 즉 천명음, 기침, 일상생활의 장애, 야간 천식증상의 변화를 조사하였다. 천명음(p < 0.001), 야간 천식증상(p < 0.01)은 공기정화기의 EP/PCP 필터를 작동함에 따라 통계학적으로 의미있게 호전되었다. PCP 필터만을 작동시켰을 경우에도 천명음(p < 0.001), 기침(p < 0.01) 증상은 유의하게 호전되었다(Fig. 3).

3. 비염증상의 총점수 변화

비염의 네가지 증상 점수를 합하여 얻은 비염 증상 총점수의 변화를 조사하였다. 공기정화기 설치전의 비염증상 점수는 17.1 ± 2.4/week 였으며, EP/PCP 필터를 2주간(10.8 ± 1.6/week, p < 0.05), 3주간(8.7 ± 1.8/week, p < 0.01) 작동시켰을 경우 비염증상 총점수가 기저값과 비교시 유의하게 호전되었다. 또한 PCP 필터만을 2주간(8.4 ± 2.1/week, p < 0.01), 3주간(8.8 ± 2.0/week, p < 0.05), 4주간(7.6 ± 2.0/week, p < 0.01) 작동시켰을 경우에도 기저값에 비해 유의하게 호전되었다(Fig. 4).

4. 비염의 제증상 점수 변화

공기정화기의 EP/PCP 필터 모두 작동시켰을 때 비폐쇄(p < 0.05), 비소양감증상(p < 0.01)은 의미있게 호전되었으나 비루 및 재채기는 의미있게 호전되지 않았다. PCP 필터만을 작동시켰을 경우에는 재채기(p < 0.001) 증상은 호전되었으나 비폐쇄, 비루, 비소양감은 의미있게 호전되지 않았다(Fig. 5).

5. 공기정화기 작동전과 후의 최대호기유속 (PEFR)의 변화

대상환자에서 공기정화기 작동전에 비해 EP/PCP 필터를 모두 작동시켰을 때 PEFR은 호전되었다. 특히 기저 PEFR(364.8 ± 29.4 L/min) 치와 비교하였을 때 3주간(385.2 ± 28.6 L/min, $p < 0.05$) 및 4주간(PEFR- 392.3 ± 30.2 L/min, $p < 0.01$) EP/PCP 필터를 작동시켰을 때에는 PEFR치에 통계학적으로 유의한 차이를 발견할 수 있었다. 연달아 PCP 필터만을 작동시켰을 때에는, 기저 PEFR치와 유의한 차이를 발견할 수 없게 되었다(Fig. 6.).

6. 공기정화기 작동전과 후의 salbutamol 흡입제 사용량의 변화

임상시험기간 중에는 salbutamol 흡입제의 사용빈도 이외에는 천식 및 비염의 치료에 이용되는 약제의 종류 및 용량을 동일하게 처방하였다. 공기정화기 작동 전에는 주당 평균 6.7 ± 2.6 회의 salbutamol 흡입제를 사용하였으며, 공기정화기의 EP/PCP 필터를 모두 사용함에 따라 그 사용빈도가 감소하는 경향이 관찰되었으나 통계학적 의미는 둘 수 없었다($p = 0.051$)(Fig. 7.).

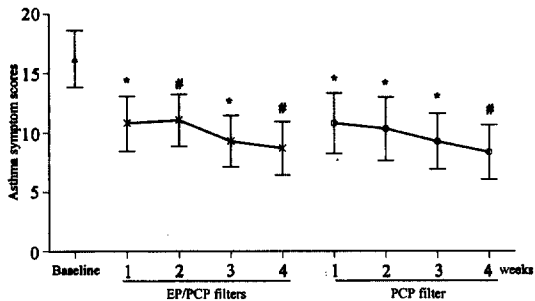


Fig 2. Changes of the asthma symptom scores by trials of air cleaner with EP/PCP filters and PCP filter. *: $p < 0.05$, #: $p < 0.01$ compared with baseline value.

7. 공기정화기 작동전과 후의 혈청내 ECP 측정치, DF 특이 IgE 및 IgG의 변화

공기정화기 설치 전에는 대상환자의 혈청내 ECP 측정치는 $22.5 \pm 5.8 \mu\text{g/L}$ 였으며 EP/PCP 필터를 모두 작동시켰을 때는 $19.2 \pm 2.8 \mu\text{g/L}$, 그리고 PCP 필터만 작동시켰을 때는 $19.3 \pm 2.6 \mu\text{g/L}$ 로 두 경우 모두 작동 전에 비해 혈청내 ECP치가 낮아졌으나 통계학적 차이는 없었다. 혈청내 DF 특이 IgG치의 경우 공기정화기 작동 유무에 따라 차이가 관찰되지 않았다. 그러나 DF 특이 IgE의 경우 EP/PCP 필터를 작동시킨 경우에는 차이가 없었지만[$0.2081(0.1619 \sim 0.2674)$], PCP 필터만 4주간 더 작동시킨 후에는 공기정화기를 측정치에 비해 의미있게 감소하였다[$0.2062(0.1579 \sim 0.2694)$ vs. $0.1770(0.1339 \sim 0.2338)$, $p < 0.01$](Fig. 8).

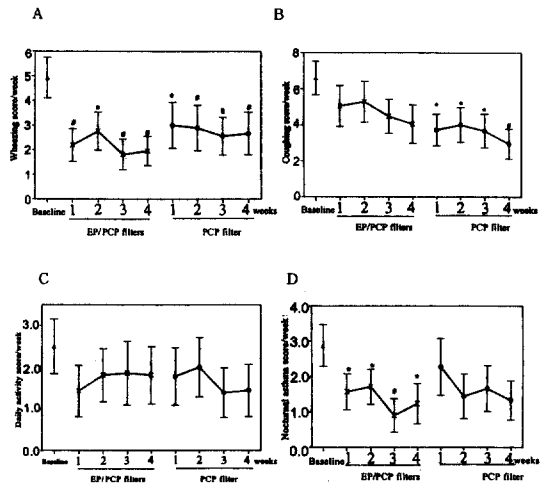


Fig 3. Changes of individual asthma symptom scores: wheezing (A), coughing (B), daily activity (C) and nocturnal asthma, (D) by trials of air cleaner with EP/PCP filters and PCP filter. *: $p < 0.05$, #: $p < 0.01$ compared with baseline value.

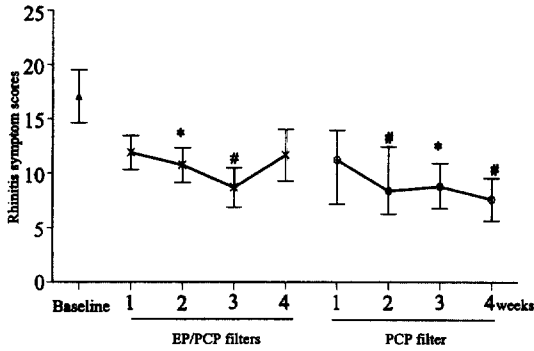


Fig 4. Changes of rhinitis symptom scores by trials of air cleaner with EP/PCP filters and PCP filter. *: $p < 0.05$, #: $p < 0.01$ compared with baseline value.

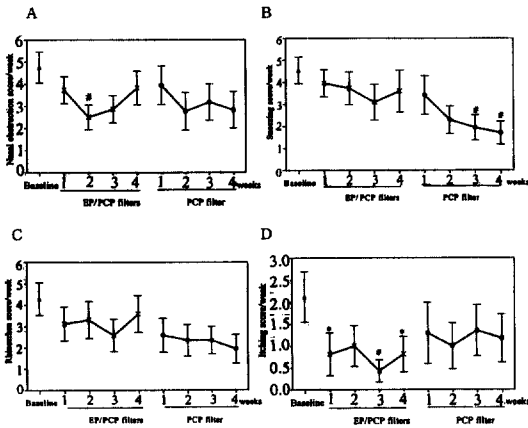


Fig 5. Changes of individual rhinitis symptom scores -nasal obstruction (A), sneezing (B), rhinorrhea (C) and itching sensation (D)-by trial of air cleaner with EP/PCP filters and PCP filter. *: $p < 0.05$, #: $p < 0.01$ compared with baseline value.

8. 공기정화기 작동에 따른 거실 및 침실바닥 먼지내 *Der f I* 주알레르겐 량 측정

공기정화기 작동전, EP/PCP 필터를 4주간 작동시킨 시점, 그리고 PCP 필터만 4주간 더 작동시킨 시점 각각에서의 거실 및 침실바닥의 먼지내의 *DF* 주알레르겐의 양을 측정하였다. 거실 바닥의 먼지내 *DF* 주알레르겐인 *Der f I*의 양은 공기정화기 설치전[1128.1(826.4~1435.8) ng/gm dust]에 비해 4주째 EP/PCP 필터를 모두 작동시킨 후[622(393.0~851.0) ng/

gm dust, $p < 0.01$] 뿐만 아니라 4주간 추가로 더 PCP 필터만 작동시킨 후[373.5(248.2~498.8) ng/gm dust, $p < 0.01$]에서도 유의하게 낮은 값이 관찰되었다. 또한 침실 바닥내 먼지에서의 *Der f 1*의 양은 공기정화기 설치전[1516.0(1117.4~1914.6) ng/gm dust]에 비해 EP/PCP 필터 작동후[1148.3(827.6~1469.0) ng/g dust]에 낮아졌으나 통계학적 차이는 없었다. 그러나 4주간 더 PCP 필터만을 작동시킨 상태에서는 작동전에 비해 차이가 있었다[811.7(515.5~1107.9) ng/gm dust, $p < 0.01$] (Fig. 9). Group 2 집먼지진드기 주알레르겐은 거실 바닥 및 침실 바닥에서 미세하게 검출되어 분석이 어려웠다.

9. 실내 공기에 부유중인 집먼지진드기 *Der f I* 주알레르겐의 양 변화

연구자 등은 ELISA 증폭법으로 *Der p I* 및 *Der f I* 주알레르겐의 농도를 최소 30 pg/ml 까지 특이적으로 측정할 수 있었다. 공기정화기 작동전, 4주간 EP/PCP 필터 작동후, 그리고 4주간 추가로 PCP 필터만 작동시킨 시점에서 각각 실내공기중에 부유하고 있는 집먼지진드기 주알레르겐의 양을 측정하였다. 공기정화기 작동전에 *Der f I* 주알레르겐은 8예의 가정집에서 검

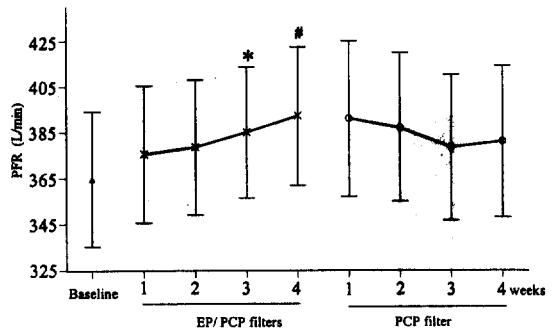


Fig 6. Changes of the morning PEFr by trial of air cleaner with EP/PCP filters and PCP filter. *: $p < 0.05$, #: $p < 0.01$ compared with baseline value.

출되었으며 이들 8예를 대상으로 공기정화기 작동 전후에서의 채집된 부유먼지내 *Der f 1* 주알레르겐의 양을 비교한 바 EP/PCP 필터 작동후 유의하게 감소하였으며[172.2(107.9~274.8) vs. 62.1(45.0~85.8)/4.5m³, p<0.05], PCP 필터만 작동시[41.5(29.0~59.5)/4.5m³]에는 채집된 *Der f 1*의 기하평균값은 낮았으나 통계학적 의미는 찾아볼 수 없었다. 공기정화기의 EP/PCP 필터를 작동시켰을 때에는 대상환자 8예중 4예에서는 부유먼지내에서 *Der f 1*이 검출이 되지 않았고, 3예는 작동전에 비해 감소하였으며, 1예의 경우에는 큰차이가 없었다. 4주간

추가로 PCP 필터만을 작동시켰을 경우에는 8예중 7예에서 *Der f 1*이 검출되지 않았으나 1예에서는 기저값에 비해 현저하게 *Der f 1*의 측정치가 높아졌다(Fig. 10). Group 2 집먼지진드기 주알레르겐은 23예의 대상환자에서 모두 검출되지 않았다.

10. 공기정화기 사용시의 대상 환자의 만족도 조사

검사가 완료된 22예를 대상으로 공기정화기의 효과 유무를 판정하도록 하였을 때 18예에서 효과를 인정하였고, 4예에서는 효과를 인식하지 못하였다. 효과를 인정한 18예 중 8예의 경우에는 PCP 필터만을 사용할 때보다 EP/PCP 필터 모두를 사용하였을 때에 공기정화 효과가 더 높은 것으로 판정하였고, 공기정화기의 효용성을 인정한 18예에서의 구체적인 공기정화 효과로는 호흡곤란이 호전됨(3예), 야간천식증상이 호전됨(7예), 재채기 증상이 호전됨(2예), 집안의 냄새가 제거됨(10예), 담배 연기가 제거됨(5예), 그리고 페인트 냄새가 제거됨(2예) 등이 있었다(Table 1).

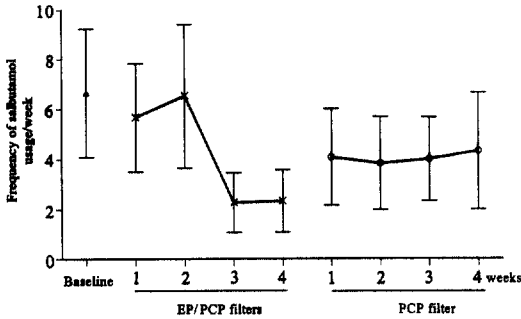


Fig 7. Changes of the frequency of salbutamol usage by trial of air cleaner with EP/PCP filters and PCP filter.

Fig 8. Changes of serum *DF* specific IgE (A) and IgG (B) after each 4 weeks trial of the air cleaner with EP/PCP filters and PCP filter. #: p<0.01 compared with baseline values.

Fig 9. Changes of *Der f 1* in floor dust of living room (A) and bedroom (B) after each 4 weeks trials of air cleaner with EP/PCP filters and PCP filter. #: p<0.01 compared with baseline values.

고 찰

호흡기 알레르기 환자에서 공기정화기의 임상 효과에 대해서는 현재까지 임상연구 자료가 많지 않다. 각 연구자마다 연구 결과도 다소 차이가 있으나 전반적으로 HEPA 필터 혹은 정전기 흡착식 공기정화기의 임상효과를 조사한 바에 따르면 주관적인 증상 호전은 있었지만, 증상점수, 폐기능 등 객관적인 지표에서 차이는 적은 것으로 보고 있다¹¹⁻¹⁶⁾. 또한 공기정화기는 공기중 부유하는 알레르겐의 종류에 따라 이를 제거하는 효과에 차이가 있다. 고양이털 혹은 진균류의 포자 알레르겐인 경우 집먼지진드기나 바퀴벌레 알레르겐에 비해 입자의 크기가 작아 공기정화기에 의한 제거 효율이 상대적으로 높고¹⁷⁾, 담배연기 입자인 경우도 그 제거효율이 높은 것으로 보고되고 있다¹⁸⁾. 따라서 호흡기 알레르기 환자의 환경관리에 공기정화기가 유용하지만 이것 단독으로는 임상 효과를 얻기 어려우며 종합적인 환경

관리요법의 한 부분으로서 공기정화기가 권고되고 있다^{3,5-8)}.

공기정화기의 효과를 조사한 대부분의 연구는 거실 혹은 침실 한 장소에서 공기정화기를 작동시켜 임상효과를 조사한 반면^{11-14,16)}, 본 연구에서는 거실에는 에에컨형 공기정화기를, 침실에는 공기정화기를 각각 설치한 후 하루 24시간내내 작동시켰으며, 지금까지의 연구와는 달리 대상환자가 가정에 있을 때 항상 공기정화기의 효과를 경험할 수 있게 하였다. 또한 기존의 연구는 주로 집진필터만 장착된 공기정화기의 효과를 조사한 반면에 본 연구에서 사용된 공기정화기는 EP 집진필터 뿐만 아니라 광촉매 플라즈마 필터를 장착하여 알레르겐 이외에도 여러 유해한 실내오염화학물질 제거할 수 있는 공기정화기를 사용하였다¹¹⁻¹⁴⁾. 본 연구에서는 공기정화기 작동전에 비해 환자의 천식 및 비염증상, 아침 PEFR값이 호전되어 공기정화기가 호흡기 알레르기 환자의 증상 조절에 도움이 될 수 있음을 시사한다 하겠다. 그러나 공기정화기의 EP/PCP 필터를 모두 작동시켰을 때와 PCP 필터만을 작동시킨 시점에서 각환자의 천식 및 비염 증상점수, 그리고 PEFR에 있어서 유의한 차이를 발견할 수 없었다. 이러한 사실은 공기정화기의 광촉매플라즈마 필터도 공기를 정화시키는 효과가 어느 정도 있음을 제시하는 소견일 수도 있으리라 생각되며, 이는 PCP 필터에 의한 오존, NO₂, CO 그리고 냄새의 주원인물질인 알데하이드, 케톤 등을 제거하는 능력이 있기 때문이라고 생각되었다. 또 한편으로는 계절적인 요인에 의해서 EP/PCP 필터를 모두 작동시킨 시점과 비교할 때 PCP 필터만을 작동시킨 시점에서 실내 알레르겐의 양이 감소한 관계로 공기정화기의 EP필터 작동유무에 따라서 임상효과에 유의한 차이가 관찰되지 않았을 가능성도 생각할 수 있었다. 본 연구에서 대상환자의 거실 및 침실 바닥에서 채집한 먼지내 Der f I의 함량을 조사한 바 전체적으로 공기

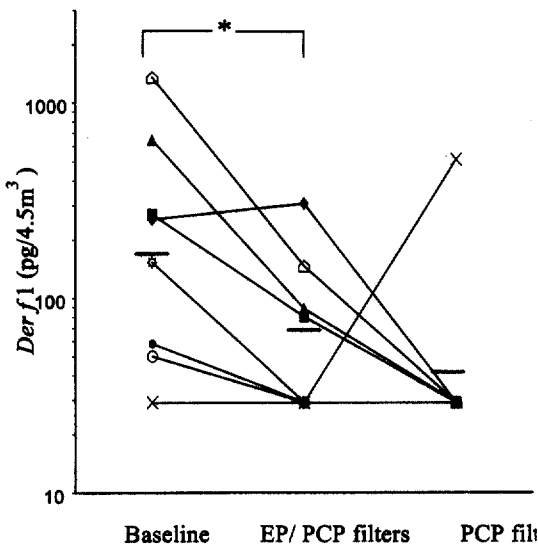


Fig 10. Changes of Der f I concentration of airborne dust after each 4 weeks trial of air cleaner with EP/PCP filters and PCP filter. Der f I in airborne dust was detected only in the 8 out of 22 homes. # : p < 0.01 compared with baseline values.

Table 1. Clinical effect of LG electrostatic precipitator/ photoplasma air cleaner in good responders (n=18)

patients' name	Clinical effects of air cleaner
1 Kim ○ ○	dyspnea
2 Chung ○ ○	dyspnea, odor
3 Kim ○ ○	sneezing, odor
4 Min ○ ○	sneezing, smoke
5 Huh ○ ○	smoking
6 Kim ○ ○	nocturnal asthma, odor of paints
7 Whang ○ ○	irritation of throat, odor
8 Lee ○ ○	odor, odor of paints
9 Chang ○ ○	nocturnal asthma, odor
10 Chung ○ ○	dyspnea, odor
11 Kweon ○ ○	nocturnal asthma, smoke, odor
12 Lee ○ ○	dyspnea, nocturnal asthma, odor
13 Lee ○ ○	nocturnal asthma, sneezing
14 Kim ○ ○	coughing, nocturnal asthma, smoke, odor
15 Park ○ ○	dyspnea, coughing, odor
16 Kweon ○ ○	dyspnea, nasal symptoms
17 Hong ○ ○	dyspnea, coughing, sputum discharge, nasal obstruction
18 Lee ○ ○	dyspnea, nocturnal asthma, nasal symptoms, smoke

정화기 작동전에 비해 유의하게 지속적으로 감소하여 PCP 필터만 작동시켰을 경우 먼지내 집먼지진드기가 가장 낮았다. 다른 연구자 등은 공기정화기가 집먼지 1 gm당 집먼지진드기가 차지하는 함량에 미치는 영향은 거의 미미한 것으로 보고하고 있으며³⁾, 이러한 연구결과를 고려해 볼 때 실내바닥 먼지내 *Der f I*의 농도의 변화는 공기정화기의 성능에 의해서라기 보다는 계절적인 요인에 의해서 영향을 받지 않았나 생각된다. 홍등^{19, 20)}의 연구에 의하면, 우리나라에서 가정내 집먼지진드기의 서식밀도는 7월부터 10월까지 비교적 높은 것으로 보고되고 있으며 이는 공기정화기 작동전의 시점과 일치하고 있다. 또한 환자의 혈청내 *DF* 특이 IgE 측정치 역시 기저치에 비해 8주체에 측정된 값이 더 낮은 결과를 관찰할 수 있었다. 본 연구자 등은 환자의 혈청내 집먼지진드기 특이 IgE에 계절적으로 변동이 있음을 보고한 바 있으며²¹⁾, 이러한 사실을 고려해

볼 때, 실내바닥면지내 *Der f I*의 함량과 혈청내 특이 IgE의 변동의 원인으로 공기정화기의 효과뿐만 아니라 계절적인 요인도 고려해야 할 것으로 생각되었다.

일반적으로 환경관리의 효과는 실내바닥의 먼지내 존재하는 알레르겐의 양으로 판정하며, 집먼지진드기의 경우 부유먼지 채집의 효용성에 대해서는 많은 논란이 있어왔다^{2, 3, 17, 22)}. 그러나 최근 집먼지진드기 알레르기 질환에서도 부유먼지 채집이 환경관리의 효과를 정량적으로 판정하는데 유용한 방법임을 증명한 연구결과가 발표되었으며⁹⁾, 부유먼지 채집법의 효용성에 관한 자료가 축적될 것으로 본다. 본 연구에서는 22예의 환자에서 실내에 부유하는 집먼지를 휴대용 집진기를 이용하여 채집하였고 이중 8예에서 부유먼지내에서 *Der f I*을 측정할 수 있었으며, 기저측정치와 비교하였을 때 집진 및 광촉매플라즈마필터를 작동시에 통계학적으로 유의하게 감소함을

관찰할 수 있었다. 이러한 사실은 부유먼지 채집이 집먼지진드기 알레르기 질환에서의 환경관리에 유용한 검체채집법으로 활용이 가능함을 제시한다 하겠으며, 공기정화기와 같이 실내에 부유하는 알레르겐을 제거하는 환경관리법의 효과를 판정하는데 특히 유용할 것으로 생각되었다.

본 연구에서 대상 환자의 82%에서 공기정화기 사용에 대해 만족스러운 반응을 보였으며, 천식증상 및 비염증상의 호전 외에도, 10예에서는 탈취효과가 5예에서는 담배연기의 제거효과 등, 긍정적인 효과를 볼 수 있었다. 최근 실내 건축 및 가구 제작에 사용되는 휘발성 유기화학물에 의한 실내공기 오염도 커다란 보건문제로 대두되고 있는 실정이다⁴⁾. 대상환자 중 2예에서는 공기정화기가 페인트 냄새를 제거하는 것으로 보고하였는데, 이는 본 연구에서 이들 실내오염물질 제거능력을 객관적으로 측정하지 못했지만 EP/PCP 공기정화기가 흡입 알레르겐이나 담배연기에 의한 실내 오염 뿐만 아니라 휘발성 유기화학물에 의한 실내공기 오염의 제거에도 유용한 것으로 해석할 수 있으며, 공기정화기가 호흡기 알레르기 환자외에, 다른 호흡기질환에 이환된 환자, 담배연기에 예민한 사람, 하루 대부분을 실내에서 시간을 보내는 현대인에게 유익할 것으로 생각된다. 실내공기 오염의 유발 요인으로 집먼지진드기, 진균류, 바퀴벌레, 동물의 분비물과 같은 알레르겐 뿐만 아니라 담배 연기, 휘발성 유기화학물, 오존, 라돈 등이 보고되고 있으며, 이로 인해 호흡기 알레르기 환자 뿐 아니라 일반인 역시 두통, 인후부 점막의 자극 현상, 피로감을 호소하는 경우가 많으며 최근 이러한 증후군을 sick building syndrome으로 지칭하고 있으며, 이로 인한 경제적인 손실도 적지 않은 실정이고, 적절한 주거환경을 조성하고자 하는 노력이 선진국에서는 활발히 논의되고 있다⁴⁾.

이상으로 본 연구결과는 광촉매플라즈마 정전기흡착방식의 공기정화기가 흡입 알레르겐 뿐만

아니라 실내오염물질원을 제거하는데 기여할 수 있음을 제시하는 것으로 판단되며, 정전기흡착방식의 공기정화기가 호흡기 알레르기환자에서 유용하게 사용될 수 있을 것으로 생각되었다.

결 론

호흡기 알레르기 환자에서 광촉매플라즈마 정전기흡착방식의 공기정화기를 사용한 후 주관적인 기관지 천식 및 비염 증상 뿐 아니라 PEFR 폐기능치가 호전되었고, 대상환자의 82%에서 본 공기정화기의 사용에 대해서 만족스러운 반응을 표시하였으며, 이는 광촉매플라즈마 정전기흡착방식의 공기정화기가 호흡기 알레르기 환자에서 유용하게 사용될 수 있음을 제시하는 것으로 생각된다. 그러나 본 연구에서 실내 및 실외의 환경적인 요인에 의한 알레르겐의 자연적인 변동에 의한 영향을 배제할 수는 없었다.

참 고 문 헌

- 1) Platts-Mills TEA, De Weck AL: Dust mite allergens and asthma-A worldwide problem. J Allergy Clin Immunol 83:416-27, 1989
- 2) Platts-Mills TAE, Thomas WR, Aalberse RC, Vervloet D, Chapman MD: Dust mite allergens and asthma: report of a second international workshop. J Allergy Clin Immunol 89:1046-60, 1992
- 3) Platts-Mills TAE, Vervloet D, Thomas WR, Aalberse RC, Chapman MD: Indoor allergens and asthma:report of the third international workshop. J Allergy Clin Immunol 100:S2-24, 1997
- 4) Schoenwetter W: Building a healthy house. Ann Allergy Asthma Immunol 79:1-4, 1997
- 5) National Asthma Education and Prevention Program Coordinating Committee: Expert

- panel report 2; Guidelines for the diagnosis and management of asthma. NIH Publication No. 97-4051, pp41-51, 1997
- 6) Nelson HS, Hirsch SR, Ohman JL, Platts-Mills TAE, Reed CE, Solomon WR: Recommendations for the use of residential air-cleaning devices in the treatment of allergic respiratory diseases. *J Allergy Clin Immunol* 82:661-9, 1988
 - 7) Fox RW: Air cleaner; a review. *J Allergy Clin Immunol* 94:413-6, 1994
 - 8) American Lung Association/American Thoracic Society: Achieving healthy indoor air; Report of the ATS workshop. *Am J Respir Crit Care Med* 156:S33-S64, 1997
 - 9) Sakaguchi M, Inouye S, Sasaki R, Hashimoto M, Kobayashi C, Yasueda H: Measurement of airborne mite allergen exposure in individual subjects. 97:1040-4, 1996
 - 10) Self CH: Enzyme amplification-a general method applied to provide an immunoassisted assay for placental alkaline phosphatase. *J Immunol Method* 76:389, 1985
 - 11) Michell EA, Elliot RB: Controlled trial of an electrostatic precipitator in childhood asthma. *Lancet* 13:559-63, 1980
 - 12) Bowler SD, Mitchell CA, Miles J: House dust control and asthma; A placebo-control trial of cleaning air filtration. *Ann Allergy* 55:498-500, 1985.
 - 13) 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* 85:1050-7, 1990
 - 14) 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* 46:594-600, 1991
 - 15) Warner JA, Marchant JL, Warner JO: Double blind trial of ionizers in children with asthma sensitive to the house dust mite. *Thorax* 48:330-3, 1993.
 - 16) 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* 88:771-6, 1994
 - 17) De Bay F, Heyman PW, Chapman MD, Platts-Mills TAE: Airborne dust mite allergens: Comparison of group II allergens with group I mite allergen and cat-allergen Fel d 1. *J Allergy Clin Immunol* 88:919-26, 1991
 - 18) US. Environmental Protection Agency: Residential air-cleaning devices; A summary of available information. Washington, DC; Office of Air and Radiation, U.S. Environmental Protection Agency, 1990.
 - 19) 홍천수: 집먼지진드기에 대한 환자의 감각상태와 환자집먼지내 집먼지진드기의 생애에 관한 조사. *알레르기* 11:457-65, 1991
 - 20) 홍천수, 이미경: 서울 집먼지내 집먼지진드기 group 1 알레르겐의 측정과 *Der f 1*의 월별 변동에 관한 조사. *알레르기* 12:482-92, 1992
 - 21) Nahm DH, Park HS, Kang SS, Hong CS: Seasonal variation of skin reactivity and specific IgE antibody to house dust mite. *Ann Allergy Asthma Immunol* 78:589-93, 1997
 - 22) Kuer J: Measurement of mite allergen in the environment. *Allergy* 52:380-2, 1997