

# 1999년, 2005년, 2008년 피부반응검사 분석을 통해 본 지난 10년간 경기 남부지역 대학병원에 내원한 알레르기 환자의 화분 알레르겐 감작률의 변화

아주대학교 의과대학 알레르기-내과학교실

이진우 · 최길순 · 김정은 · 진현정 · 김주희 · 예영민 · 남동호 · 박해심

## Changes in Sensitization Rates to Pollen Allergens in Allergic Patients in the Southern Part of Gyeonggi Province Over the Last 10 Years

Jin-Woo Lee, Gil-Soon Choi, Jung-En Kim, Hyun-Jung Jin, Joo-Hee Kim, Young-Min Ye, Dong Ho Nahm and Hae-Sim Park

Department of Allergy and Clinical Immunology, Ajou University School of Medicine, Suwon, Korea

**Background:** Pollen is a typical outdoor allergen, which is known as a major factor causing respiratory allergic diseases.

**Objective:** This study was designed to observe changes in the sensitization rate to pollen allergens and their characteristics in the southern part of Gyeonggi Province over the last 10 years.

**Method:** Targeting 7,103 patients in total, the results of allergy skin prick tests were obtained in 1999, 2005 and 2008. We assessed changes in skin reactivity to 13 major inhalant allergens, including alder, oak and beech, that cause pollinosis in spring as well as mugwort, ragweed and Hop J pollens that cause pollinosis in autumn, based on the rates of allergen/histamine wheal responses. Higher ratios than 1 were regarded as positive results.

**Result:** The sensitization rates to tree pollens were increased gradually in 1999, 2005 and 2008. The sensitization rates to alder were 5.5% in 1999, 6.2% in 2005 and 9% in 2008 those to oak were 6.7% in 1999, 8.5% in 2005 and

9.6% in 2008. Also, the sensitization rates to weed pollens were increased gradually in 1999, 2005 and 2008 as well. The sensitization rates to mugwort were 11.3% in 1999, 13.1% in 2005 and 15.2% in 2008; those to Hop J were 7.1% in 1999, 8.0% in 2005 and 9.6% in 2008. Especially in cases of Hop J, the proportion of patients with high rates (more than 5+) tended to increase from 27.5% in 1999 to 31.3% in 2005 and 36.9% in 2008. The time point where the sensitization rate started to obviously increase was advanced from September to July, which implies the extension of the sensitization period.

**Conclusion:** The sensitization rates to tree and weed pollens have increased significantly in the southern part of Gyeonggi Province over the last 10 years, which has been noted among the patients at different ages, especially young children and adults over their 40s. An increase in the degree of skin reactivity and the extension of the sensitization period were observed in cases of Hop J. (Korean J Asthma Allergy Clin Immunol 2011;31:33-40)

**Key words:** Pollen, Sensitization rate, Skin test, Hop japanese

## 서 론

알레르기질환은 유전적 소인이 있는 사람이 여러 가지 알레르겐에 노출되어 감작이 발생하고 그 결과 면역학적 과민

이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(MEST, 2009-0078646).

책임저자 : 박해심, 경기도 수원시 영통구 원천동 산 5번지

아주대학교 의과대학 알레르기-내과학교실

우: 442-821

Tel: 031) 219-5150, Fax: 031) 219-5154

E-mail: hspark@ajou.ac.kr

투고일: 2010년 7월 4일, 심사일: 2010년 10월 11일

게재확정일: 2010년 10월 12일

반응에 의해 발병하는 질환으로,<sup>1-3)</sup> 원인 알레르겐으로는 집 먼지진드기나 애완동물의 털, 바퀴벌레 등과 같은 실내 알레르겐과 공중 화분(꽃가루)과 같은 실외 알레르겐이 있다. 특히 공중 화분(꽃가루)은 알레르기 결막염 및 비염, 기관지 천식 등 호흡기 알레르기의 중요 원인으로 알려져 있으며, 이와 연관되어 발생하는 알레르기질환을 화분병, 혹은 화분증(pollinosis)이라 부르기도 한다. 우리나라에서 공중 화분은 개화 시기에 따라 절정기의 계절적 분포를 보이게 되는데 서울 지역 화분력에 따르면 봄과 가을철에 두 개의 절정기가 있으며, 봄철에는 수목 화분(tree pollen)인 오리나무(Alder), 자작나무(Birch), 참나무, 개암나무(Hazel), 소나무(Pine) 등이 날리며, 가을철에는 잡초 화분(weed pollen)인 썩, 돼지풀, 환삼덩굴

(Hop Japanese) 등이 주요 원인 알레르겐으로 알려져 있다.<sup>4)</sup> 공중 화분은 날씨, 특히 기온과 밀접한 관계를 가지고 있으며, 최근 지구 온난화와 관련하여 대기 중의 꽃가루 및 알레르기성의 변화가 보고되고 있으며, 대기 오염과의 상호 작용을 통해 알레르기질환에서 차지하는 비중도 점차 증가되고 있는 것으로 알려져 있다.<sup>5,6)</sup> 국내에서도 대한소아알레르기 호흡기학회 화분연구회 주간으로 1997년부터 국내 알레르기 꽃가루 분포를 조사한 연구 결과는 2000년 이후 가을철에 잡초류의 꽃가루 농도가 급증하고 있으며 수목 알레르겐의 화분 농도의 변화가 있음을 보고한 바 있다.<sup>7)</sup>

우리나라에서도 급속한 산업화를 경험하면서 지난 10년간 대기 오염이 심화되었다는 점과 지구 온난화 등의 기후 변화를 고려한다면, 공중 화분이 알레르기질환에 미치는 영향에 있어 과거와는 다소 변화가 있을 것으로 추정된다.

이에 본 연구에서는 경기도 남부이남 지역의 유일한 3차 의료기관인 아주대학교 병원을 방문하여 피부단자시험을 시행한 환자들을 대상으로 지난 10년간 주요 알레르겐, 특히 화분 알레르겐에 대한 감작률 변화를 분석하고자 하였다.

## 대상 및 방법

### 1. 연구 대상

지난 10년간 피부 반응도의 변화를 살펴보기 위해 1999년, 2005년 및 2008년 다양한 알레르기질환으로 아주대학교병원 알레르기내과에서 피부단자시험을 시행 받은 총 7,103명의 환자의 피부단자시험 결과를 후향적으로 분석하였다. 분석된 환자의 평균 연령은 29.97±16.86세였으며, 남자가 3,719명 (52.4%)이고, 여자가 3,384명(47.6%)이었다. 각각 연도별 특성을 살펴보았을 때 성별 및 평균 연령에 따른 차이는 없었으며, 내원당시 알레르기질환에 유의한 차이는 없었다(Table 1).

### 2. 방법

피부단자시험 결과 중 각 계절별 화분증의 대표적인 원인으로 알려진 봄철의 오리나무(alder), 떡갈나무(Oak), 너도밤나무(beech), 여름철의 우산잔디(Bermuda grass), 큰조아제비(Timothy grass), 가을철의 쑥(mugwort), 돼지풀(ragweed), 환삼

Table 1. Characteristics of enrolled subjects

Year	1999	2005	2008
Number (n)	1,543	2,267	3,293
Age (year)	28.38 (±16.57)	31.08 (±16.49)	29.96 (±17.19)
Sex (M/F, %)	50.4/49.6	53.6/46.4	52.4/47.6

Age = presented as mean±standard deviation; M = male; F = female.

덩굴(Hop Japanese) 화분과 주요 실내 알레르겐인 유럽 및 북아메리카 집먼지진드기, 그리고 그 외 점박이응애, 곰팡이(Aspergillus, Alternaria) 등 총 13가지 알레르겐(Bencard, U.K., or Allergopharma, Germany)에 대한 결과를 분석하였다. 항원에 대한 감작은 단자시험 후 15분에 양성 대조용 히스타민의 팽진과 비교하여 항원의 반응정도를 나타내는 알레르겐/히스타민 팽진비(A/H ratio)를 이용하여 평가하였으며, 3+ 이상인 경우를 양성 반응으로 간주하였다. 지난 10년간 알레르겐의 감작률 변화를 보기 위해 1999년, 2005년, 2008년 각 연도별 전체 검사 환자에 대한 각 알레르겐 양성 환자수의 백분율을 구하여 비교 분석하였으며, 연도별 각 알레르겐에 대한 감작강도의 변화 및 나이에 따른 감작률 변화를 비교하였다. 모든 환자들은 피부 단자 시험 전 검사에 영향을 미치는 약제는 사용하지 않았다.

### 3. 통계분석

연도별 대상 환자 평균 연령의 차이 및 알레르겐에 대한 감작률의 변화는 일원분산분석을 이용하여 비교하였고, 성별의 분포는 카이제곱검정을 이용하여 평가하였다. 월별, 연령대별 감작률 차이는 빈도분석을 이용하여 비교하였으며, 모든 통계분석은 SPSS 16.0 (SPSS Inc, Chicago, IL, USA) 프로그램을 이용하였고 P값이 0.05보다 작은 경우 통계적으로 유의한 것으로 판정하였다.

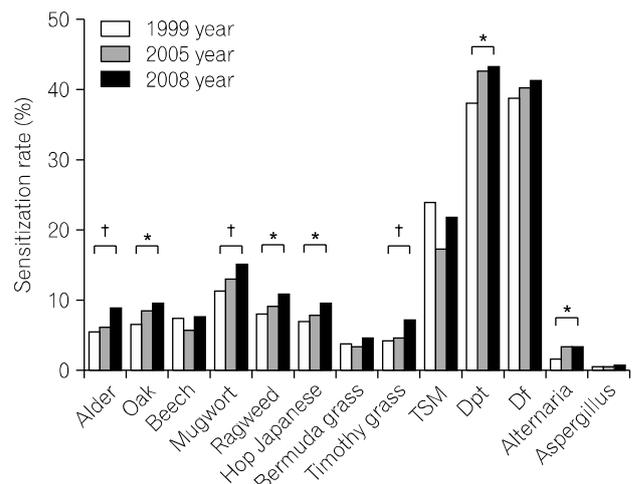
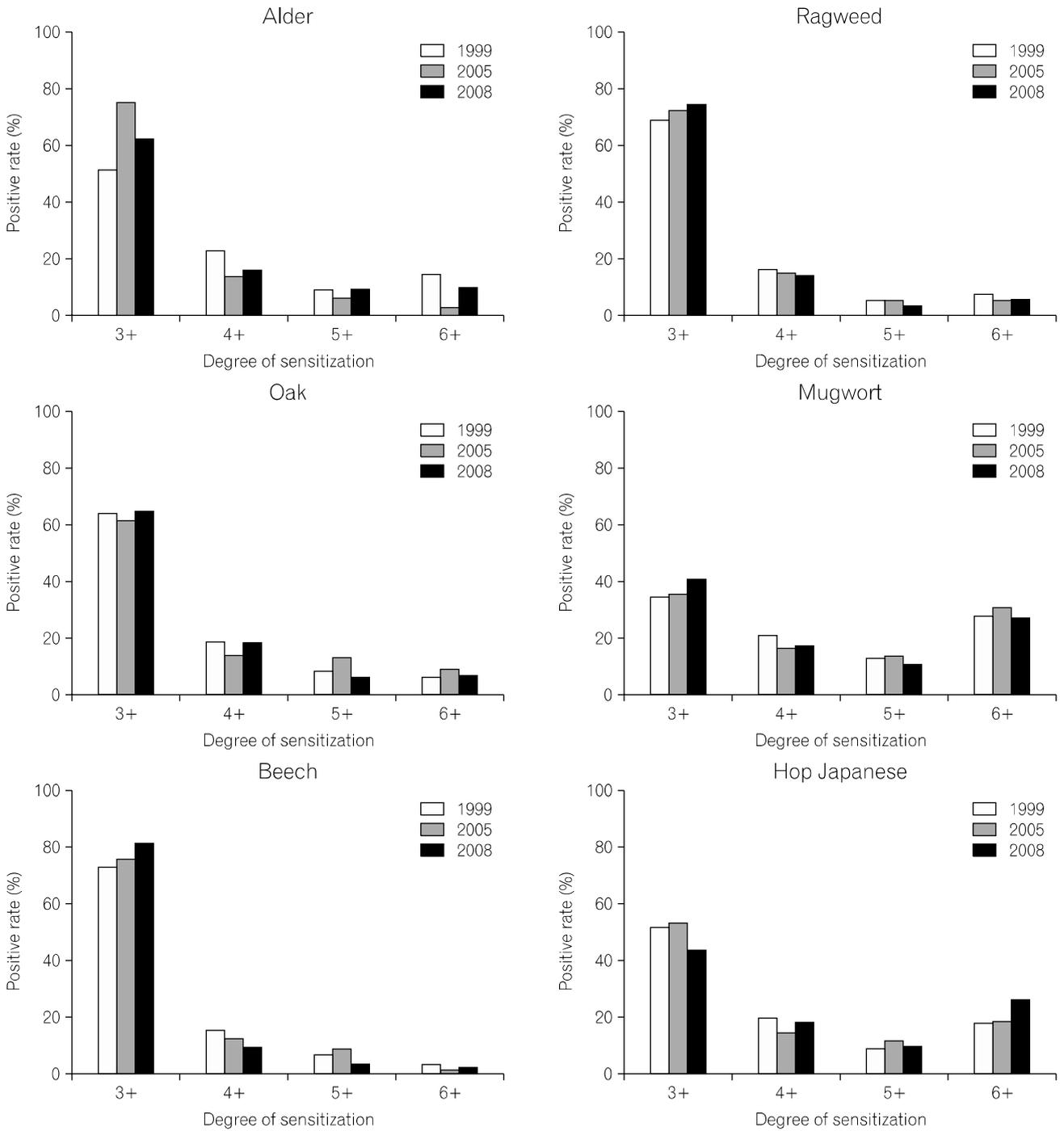


Fig. 1. The change of sensitization rates to 13 important inhalant allergens during last 10 years. TSM = two spotted spider mite; Dpt = dermatophagoides pteronyssinus; Df = dermatophagoides farinae. It was noted significant increment of sensitization rates to alder, oak, mugwort, ragweed, hop japanese, timothy grass pollen, dermatophagoides pteronyssius, and alternaria allergen. Statistical analysis was performed by Chi-square test. \*P<0.05, †P<0.001.



**Fig. 2.** The changes of degree of sensitization to pollen allergens during last 10 years. Degree of sensitization is presented as the wheal size ratio of the each allergen to histamine (1 mg/mL). It was noted increased degree of sensitization to tree and weed pollen gradually in 1999, 2005 and 2008. Especially in case of Hop J, it showed remarkable increase in the proportion of patients with high ratios (more than 5+).

결 과

1. 주요 흡입 알레르겐에 대한 감작률의 변화

본 연구에서 분석 대상으로 한 13종의 알레르겐 중 하나 이상에 양성 반응을 보인 환자는 1999년 60.5%, 2005년 58.5%, 2008년 61%로 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 하지만 13종 알레르겐 각각의 감작률의 변화를 살펴보면 최근 10년간 전반적으로 증가되는 양상을 보이고 있으며, 특히 오리나무, 떡갈나무, 쭉, 돼지풀, 환삼덩굴, 큰 조아제비 화분, 유럽 집먼지진드기, alternaria에 대해서는 1999년에 비해 2005년, 2008년에 통계적으로 유의하게 감작률 증가를 보였다(Fig. 1).

2. 화분 알레르겐에 대한 감작률 및 감작 강도의 변화

봄철, 가을철 화분증의 주요 원인인 수목 화분과 잡초 화분에 대한 감작률의 변화를 살펴보면, 수목 화분 중 오리나무의 경우 1999년 5.5%, 2005년 6.2%, 2008년 9%로, 떡갈나무

는 각각 6.7%, 8.5%, 9.6%로 증가되었으나, 감작된 환자 내에서 5+ 이상의 강양성을 보이는 환자의 비율은 오리나무의 경우 1999년 24.7%, 2005년 10%, 2008년 20.3%였으며, 떡갈나무의 경우는 각각 15.5%, 22.9%, 14.5%로 감작된 환자 내에서 5+ 이상의 강양성을 보이는 환자 비율의 증가는 관찰되지 않았다.

또한 잡초 화분 중 쭉에 대한 감작률은 1999년 11.3%, 2005년 13.1%, 2008년 15.2%로, 돼지풀의 경우에는 각각 8.2%, 9.3%, 10.9%로 증가되었으나, 감작된 환자 내에서 5+ 이상의 강양성을 보이는 환자의 비율은 쭉의 경우 1999년 42.5%, 2005년 46%, 2008년 39.9%였으며, 돼지풀은 각각 13.5%, 11.4%, 10%로 수목 화분에서와 마찬가지로 강양성을 보이는 환자의 비율이 증가하는 추세를 보이지 않았다. 그러나 잡초 화분 중 환삼덩굴에 대한 감작률은 1999년 7.1%, 2005년 8.0%, 2008년 9.6%로 증가되었을 뿐만 아니라 감작된 환자군 내에서 강양성을 보이는 환자의 비율 또한 각각 27.5%, 31.3%, 36.9%로 통계적으로 유의한 증가를 보였다(Fig. 2).

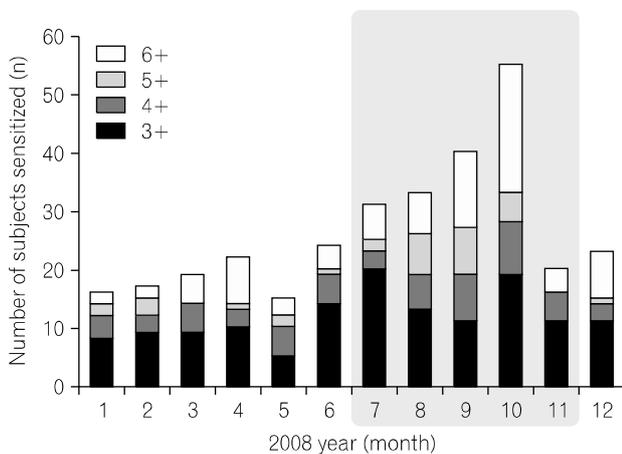
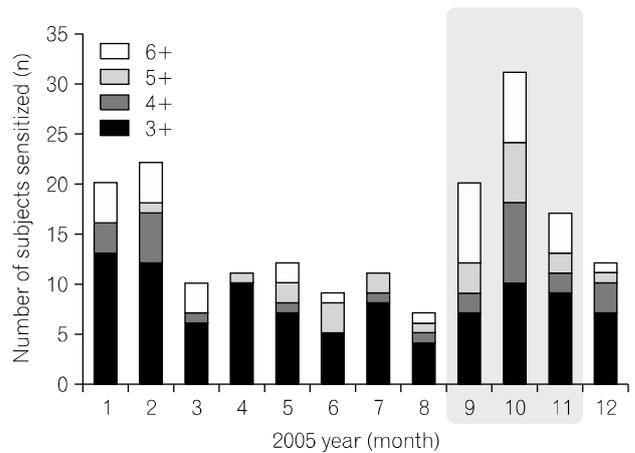
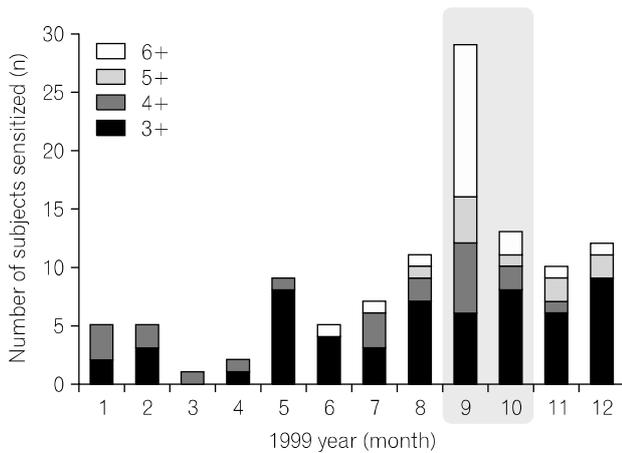


Fig. 3. The seasonal distribution of subjects sensitized to Hop Japanese pollen during last 10 years.

### 3. 계절에 따른 화분 알레르겐에 대한 감작률의 변화

화분 감작률에 있어 계절에 따른 변화를 살펴보았을 때, 수목화분 중 오리나무와 참나무 화분에 대해 4~5월에 수목 화분에 강양성을 보이던 환자가 많았던 반면, 3월에서 6월까지 수목화분에 강양성을 보이는 환자군의 뚜렷한 증가를 보

였다. 또한 잡초 화분의 경우에도 9월달부터 10월달 강양성을 보이는 환자군이 많았던 것에 비해, 2008년에는 8월달부터 강양성을 보이는 환자들이 많았다. 특히 환삼덩굴 화분의 경우, 1999년에는 초가을에 해당하는 9월에 환삼덩굴에 감작된 환자수가 급격하게 늘어난 후 감소하는 경향을 보였으나, 2008년에 이르러서는 7월부터 환삼덩굴에 감작된 환자수가

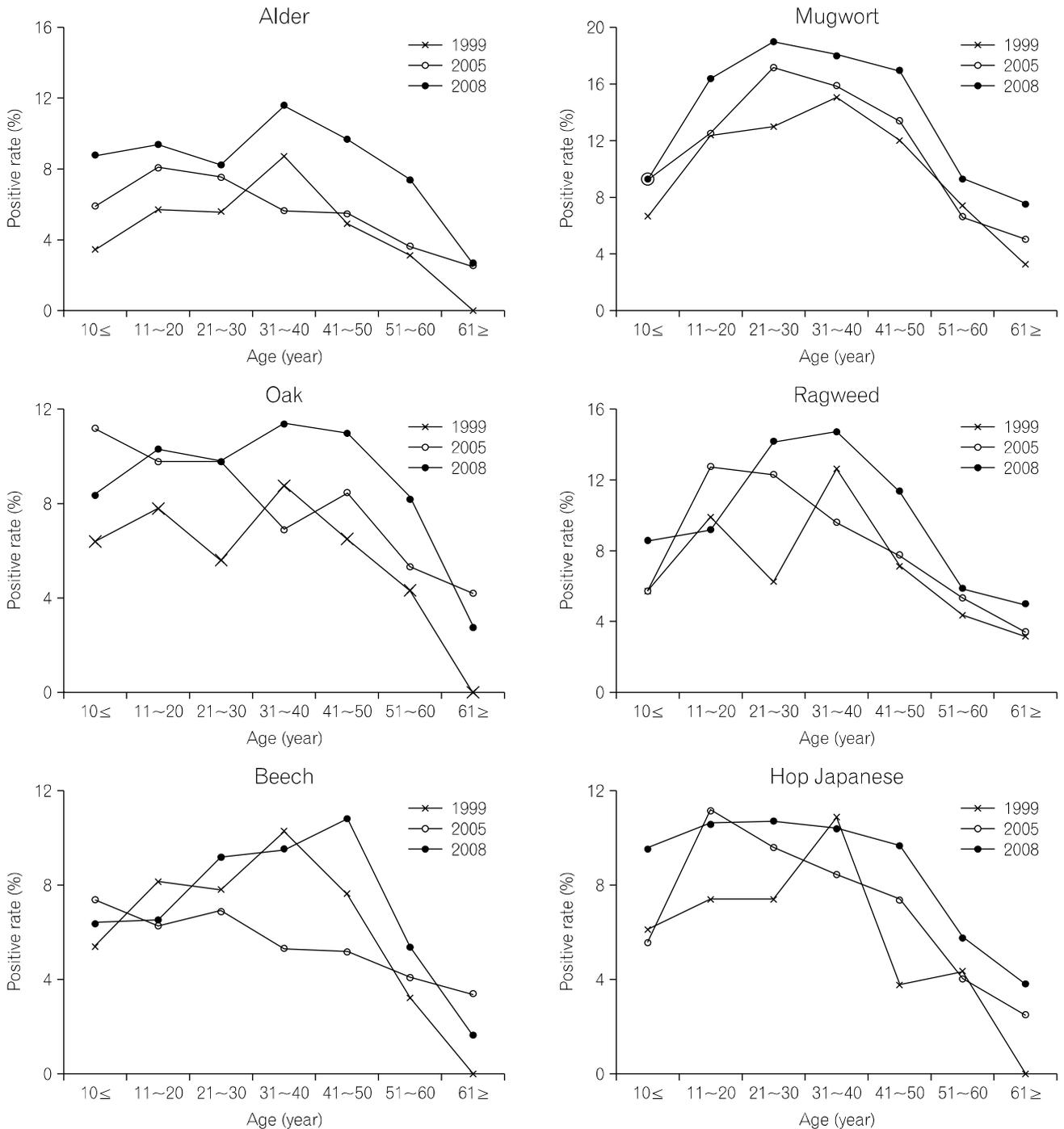


Fig. 4. The change of positive rates to each allergen according to age distribution during last 10 year.

급격히 증가하였으며, 10월달까지 지속되는 양상을 보였다. 특히, 7월에서 10월 사이에 환삼덩굴에 감작된 환자군 중 피부단자검사상 강양성을 보이는 환자의 비율이 1999년에 비해 뚜렷하게 증가되었다(Fig. 3).

#### 4. 연령대에 따른 화분 알레르겐에 대한 감작률의 변화

최근 10년간 연령대에 따른 화분 알레르겐에 대한 감작률의 변화를 살펴보면 수목 화분인 오리나무, 떡갈나무, 너도밤나무 모두에서 전반적으로 전연령대에 걸쳐 고른 증가를 볼 수 있는데, 특히 일반적으로 새로운 알레르겐에 대한 감작이 적어지는 것으로 알려져 있는 40대 이후의 환자에서도 감작률의 뚜렷한 증가를 보였다. 잡초 화분인 쑥, 돼지풀, 환삼덩굴의 경우에도 모두 전연령대에 걸쳐 감작률이 고르게 증가되는 양상을 볼 수 있으며, 특히 환삼덩굴의 경우에는 10세 미만의 소아와 40세 이상의 성인에서 그 증가가 더욱 뚜렷하게 나타남을 보였다(Fig. 4).

## 고 찰

천식 등의 알레르기질환은 유전적 소인과 환경 요인의 복합적인 작용에 의해 발생하는 질환으로 최근 수십년간 급격한 증가 추세를 보여 왔다.<sup>1,8)</sup> 이런 원인으로 지구 온난화 등 환경 변화가 제기되어 왔으며, 이와 관련하여 흡입 알레르겐, 특히 기후 등의 환경 변화와 밀접하게 관련되고 중요한 흡입 알레르겐으로 작용하는 공중 화분의 변화가 보고되고 있다.<sup>6,9)</sup> 이에 본 연구는 1999년, 2005년, 2008년 피부단자시험 결과 비교 분석을 통해 지난 10년간 흡입 알레르겐, 특히 공중 화분에 대한 감작률 변화를 살펴보고자 하였다. 알레르겐에 대한 감작률을 평가하는 방법에는 여러 방법이 있으나 본 연구에서는 피부단자시험을 이용하였다. 이 검사법은 다른 검사에 비해 방법이 간편하고, 단시간에 결과를 얻을 수 있으며 비용이 저렴하고, 예민도가 높고, 부작용이 적으며 혈청 IgE 항체치, 항원유발시험 결과와 일치률이 높아 현재까지 감작된 알레르겐을 선별하는데 가장 많이 이용되고 있는 방법이다.<sup>10,11)</sup> 피부단자시험의 판독방법에 따라 예민도와 특이도가 달라질 수 있는데, 본 연구에서는 비교적 널리 이용되고 있는 Scandinavian Allergy Society의 판정 기준을 따랐다. 연구자에 따라서는 1+ 또는 2+를 감작 항원이라 판정하기도 하지만, 이런 경우는 예민도는 높은 반면 특이도가 낮아 위양성의 경우가 높으므로 본 연구에서는 기존의 다기관 연구에서와 같이 3+를 양성 판정의 기준으로 사용하였다.<sup>12)</sup>

본 연구 결과를 보면, 지난 10년간 알레르겐에 대한 감작률이 전반적으로 증가하고 있을 뿐만 아니라, 특히 유럽 집먼지진드기를 비롯하여 오리나무, 떡갈나무, 쑥, 돼지풀, 환

삼덩굴, 큰 조아제비 화분 등 공중 화분에서 지난 10년간 유의하게 감작률이 증가한 것을 관찰할 수 있었다. 공중 화분은 국내의 경우 일반적으로 봄과 가을에 2회의 절정기를 갖는데 봄철에는 수목 화분이, 초여름에서 초가을에는 초목 화분이, 그리고 늦여름에서 가을에는 잡초 화분이 주를 이룬다는 것은 잘 알려져 있다. 충북 지역의 호흡기 알레르기 환자들을 대상으로 한 연구에 의하면, 화분에 대한 감작률은 1995년을 기준으로 급격한 증가세를 보였으며, 여름철에 목초 화분의 증가는 없는 반면 봄철 나무 화분과 가을철 쑥 화분의 감작률이 유의하게 증가하였다고 한다.<sup>13)</sup> 서울 지역의 천식 환자를 대상으로 한 연구에서도 수목 화분, 목초 화분, 잡초 화분 모두에서 감작률의 증가가 보고된 바 있고, 특히 잡초 화분 항원에 대한 감작률이 25.6%에서 40.9%로 증가하였음을 보고하였다.<sup>14)</sup> 본 연구에서도 정도의 차이는 있지만 수목 화분, 목초 화분, 잡초 화분 모두에서 최근 10년간 감작률의 증가가 관찰되었다. 특히 경기 남부 지역에서 급증하고 있는 환삼덩굴 화분의 경우에는 감작률의 증가뿐 아니라 감작된 환자군 내에서도 피부단자시험 결과 강양성을 보이는 환자 비율이 증가되어 있을 뿐만 아니라, 환삼덩굴에 감작된 환자가 1999년 9월달에 집중되어 있던 것에 비해, 7월부터 10월까지 환삼덩굴에 감작된 환자가 많았는데, 이는 환삼덩굴 화분이 날리는 시기 및 화분량의 변화와 관련있을 것으로 생각된다. 국내 연구에서도 2000년 이후 공중 화분의 분포 및 시기가 변화하고 있다는 것이 보고된 바 있다.<sup>15)</sup> 연령대에 따른 감작률의 변화를 살펴보면 수목 화분의 경우 오리나무, 떡갈나무, 너도밤나무 모두에서 40대 이후를 포함한 전 연령대에 걸쳐 감작률의 고른 증가 추세가 관찰되었고, 잡초 화분에서도 전 연령대에 걸쳐 고르게 증가되는 양상을 볼 수 있으며 특히 환삼덩굴의 경우에는 10세 미만의 소아와 40세 이상의 성인에서 그 증가가 뚜렷하게 나타났다. 소아연령에서 알레르기 화분 중 잡초류에 대한 감작률 증가와 함께 꽃가루 화분이 알레르기질환에 중요하게 작용할 것이라는 보고가 있지만, 환삼덩굴 화분에 대해서는 알려진 바가 없어 본 연구 결과가 중요한 의미를 가질 것으로 생각된다. 또한, 일반적으로 40대 이후에는 새로운 알레르겐에 대한 감작이 적어지는 것으로 알려져 있지만 화분에 대한 감작률 변화 양상으로 볼 때 10세 미만의 소아와 40대 이상의 성인의 알레르기질환에서 환삼덩굴 화분에 대한 새로운 감작이 중요한 원인이 될 수 있음을 고려할 필요가 있을 것으로 생각된다.

최근 10년 사이 공중 화분에 대한 감작은 양적, 질적으로 뚜렷한 변화를 보여 왔음을 확인할 수 있으며, 이의 원인으로서는 환경 변화에 의한 공중 화분의 분포 및 성상의 변화로 생각해 볼 수 있다. 화분 알레르겐에 대한 감작은 공기 중 화분 밀도 및 화분의 항원성뿐만 아니라 대기오염 등과 같은

복합적인 요인의 작용에 의해 이루어진다. 국외 연구 결과는 화분 알레르겐에 대한 감작과 대기중 화분의 밀도가 밀접한 관련이 있음을 보고한 바 있으며,<sup>16,17)</sup> 국내에서도 잡초 화분량이 증가되면서 소아 연령에서 이에 대한 감작률이 증가되었다고 보고한 바 있다.<sup>18)</sup> 그에 비해, Popp 등<sup>19)</sup>은 향원에 대한 감작은 향원의 양 이외에 대기 오염 등 여러 환경 인자에 의하여 영향을 받을 수 있다고 보고하였다. 이와 같이 화분 알레르겐에 대한 감작률의 증가에는 여러 환경적 요인이 관여하게 되는데 특히 지구 온난화 등의 기후 변화가 큰 영향을 끼쳤을 것으로 생각되고 있다. 지난 50년간 지중해 연안에서는 기온 상승과 더불어 떡갈나무의 개화 시기가 앞당겨지고 화분량 또한 증가하고 있음이 관찰되었다.<sup>20)</sup> 이와 유사한 경향은 잡초화분인 쑥과 돼지풀에서도 관찰되었는데, 기후 변화와 동반되어 화분이 날리는 기간이 연장되고 화분량이 증가하면서 실제로 천식 등 관련 질환의 증가가 보고되었다.<sup>21,22)</sup> 또한 기온 상승 및 이산화탄소 농도의 증가는 화분의 알레르기성(allergenecity)에도 영향을 끼친다는 연구가 있었다.<sup>23)</sup> 기후 변화와 관련된 이러한 변화는 대기 오염과의 몇 가지 상호 작용에 의해 더욱 악화되는 것으로 알려져 있다. 대기 오염 물질은 공중 화분의 알레르기성을 변형시키고, 화분이 이러한 물질들과 결합하여 말초 기도까지 이동하게 되어 이미 감작된 환자에서 천식을 유발할 수 있으며, 오존이나 이산화황 등의 물질은 그 자체로 기도에 염증 반응을 유발하고 투과성을 증가시켜 화분 알레르겐이 점막을 쉽게 통과하여 면역 반응을 일으키는 역할을 한다.<sup>24-28)</sup>

알레르겐에 대한 감작률의 변화가 생기기 위해서는 대상 환자들의 유전자 변화가 발생하거나, 기후 변화 등 복합적인 환경 요인의 변화가 발생해야 된다고 할 때 본 연구에서 비교 대상으로 정한 10년이라는 기간이 이러한 상황이 발생하기에는 다소 짧았던 것으로 생각된다. 또한 단일 의료센터에서의 역학조사가 한 지역을 대표하기에는 어려운 점이 있으며, 각각의 알레르기질환에 따라 감작률의 변화를 비교해보지 못한 점, 그리고 경기 남부지역에서의 기후 변화 및 화분량의 변화 등에 대한 실제적인 자료를 제시하지 못한 점 등이 본 연구의 미비점으로 생각된다. 따라서 추후 좀 더 오랜 기간을 통한 변화를 관찰하는 동시에 좀더 체계적으로 데이터베이스화하여 전국적인 규모의 연구로 확대해 나갈 필요가 있다.

## 결 론

최근 10년간 경기 남부지역에서 수목화분 및 잡초화분에 대한 감작률이 의미있게 증가되었으며, 특히 환삼덩굴 화분의 경우 그 변화가 뚜렷함을 확인할 수 있었다. 하지만, 이러

한 변화가 경기 남부 지역에만 국한된 것인지와 변화를 유발한 원인에 대해서는 향후 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

## 참 고 문 헌

- 1) Sears MR, Herbison GP, Holdaway MD, Hewitt CJ, Flannery EM, Silva PA. The relative risks of sensitivity to grass pollen, house dust mite and cat dander in the development of childhood asthma. *Clin Exp Allergy* 1989;19:419-24
- 2) Barbee RA, Lebowitz MD, Thompson HC, Burrows B. Immediate skin-test reactivity in a general population sample. *Ann Intern Med* 1976;84:129-33
- 3) Boulet LP, Turcotte H, Laprise C, Lavertu C, Bedard PM, Lavoie A, et al. Comparative degree and type of sensitization to common indoor and outdoor allergens in subjects with allergic rhinitis and/or asthma. *Clin Exp Allergy* 1997;27:52-9
- 4) Park HS, Chung DH, Joo YJ. Survey of airborne pollens in Seoul, Korea. *J Korean Med Sci* 1994;9:42-6
- 5) D'Amato G, Cecchi L, Bonini S, Nunes C, Annesi-Maesano I, Behrendt H, et al. Allergenic pollen and pollen allergy in Europe. *Allergy* 2007;62:976-90
- 6) Beggs PJ. Impacts of climate change on aeroallergens: past and future. *Clin Exp Allergy* 2004;34:1507-13
- 7) Oh JW. Characteristics and recent change of pollen. *Korean J Asthma Allergy Clin Immunol* 2007;27:1-7
- 8) Beasley R, Crane J, Lai CK, Pearce N. Prevalence and etiology of asthma. *J Allergy Clin Immunol* 2000;105:466-72
- 9) Sommer J, Plaschke P, Poulsen LK. Allergic disease--pollen allergy and climate change. *Ugeskr Laeger* 2009;171:3184-7
- 10) Indrajana T, Spieksma FT, Voorhorst R. Comparative study of the intracutaneous, scratch and prick tests in allergy. *Ann Allergy* 1971;29:639-50
- 11) Nelson HS. Diagnostic procedures in allergy. I. Allergy skin testing. *Ann Allergy* 1983;51:411-8
- 12) Kim TB, Kim KM, Kim SH, Kang HR, Chang YS, Kim CW, et al. Sensitization rates for inhalant allergens in Korea; a multi-center study. *Korean J Asthma Allergy Clin Immunol* 2003;23:483-93
- 13) Kim MK, Oh SW. Change of causative inhalant allergens in respiratory allergic patients in Chungbuk district. *Korean J Asthma Allergy Clin Immunol* 1999;19:696-702
- 14) Kim CW, Lee JH, Jung HW, Choi SR, Cheong JW, Park JW, et al. Changing patterns of skin reactivity to inhalant allergens in asthmatic patients. *Korean J Asthma Allergy Clin Immunol* 2001;21:205-15
- 15) Oh JW, Kang IJ, Kim SW, Kook MH, Kim BS, Shin KS, et al. The correlation between increased sensitization rate to weeds in children and the annual increase in weed pollen in Korea. *Pediatr Allergy Respir Dis (Korea)* 2006;16:114-21
- 16) Ariano R, Passalacqua G, Panzani R, Scordamaglia A, Venturi S,

- Zoccali P, et al. Airborne pollens and prevalence of pollenosis in western Liguria: a 10-year study. *J Investig Allergol Clin Immunol* 1999;9:229-34
- 17) Zwick H, Popp W, Jager S, Wagner C, Reiser K, Horak F. Pollen sensitization and allergy in children depend on the pollen load. *Allergy* 1991;46:362-6
- 18) Oh JW. Characteristics of allergic pollens and the recent increase of sensitization rate to weed pollen in childhood in Korea. *Korean J Pediatr* 2008;51:355-61
- 19) Popp W, Zwick H, Steyrer K, Rauscher H, Wanke T. Sensitization to aeroallergens depends on environmental factors. *Allergy* 1989;44:572-5
- 20) Garcia-Mozo H, Galan C, Jato V, Belmonte J, de la Guardia C, Fernandez D, et al. Quercus pollen season dynamics in the Iberian peninsula: response to meteorological parameters and possible consequences of climate change. *Ann Agric Environ Med* 2006;13:209-24
- 21) Stach A, Garcia-Mozo H, Prieto-Baena JC, Czarnecka-Operacz M, Jenerowicz D, Silny W, et al. Prevalence of artemisia species pollinosis in western Poland: impact of climate change on aerobiological trends, 1995-2004. *J Investig Allergol Clin Immunol* 2007;17:39-47
- 22) Breton MC, Garneau M, Fortier I, Guay F, Louis J. Relationship between climate, pollen concentrations of Ambrosia and medical consultations for allergic rhinitis in Montreal, 1994-2002. *Sci Total Environ* 2006;370:39-50
- 23) Mohan JE, Ziska LH, Schlesinger WH, Thomas RB, Sicher RC, George K, et al. Biomass and toxicity responses of poison ivy (*Toxicodendron radicans*) to elevated atmospheric CO<sub>2</sub>. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2006;103:9086-9
- 24) Koenig JQ. Air pollution and asthma. *J Allergy Clin Immunol* 1999;104:717-22
- 25) Peden DB. Mechanisms of pollution-induced airway disease: in vivo studies. *Allergy* 1997;52:37-44
- 26) Svartengren M, Strand V, Bylin G, Jarup L, Pershagen G. Short-term exposure to air pollution in a road tunnel enhances the asthmatic response to allergen. *Eur Respir J* 2000;15:716-24
- 27) Nordenhall C, Pourazar J, Ledin MC, Levin JO, Sandstrom T, Adelroth E. Diesel exhaust enhances airway responsiveness in asthmatic subjects. *Eur Respir J* 2001;17:909-15
- 28) McCreanor J, Cullinan P, Nieuwenhuijsen MJ, Stewart-Evans J, Malliarou E, Jarup L, et al. Respiratory effects of exposure to diesel traffic in persons with asthma. *N Engl J Med* 2007; 357:2348-58