

# 9월 알레르기비염의 호발과 공중 화분과의 상관관계에 대한 연구

김종석,<sup>1</sup> 소혜주,<sup>2</sup> 김정희,<sup>1,2</sup> 임대현<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>인하대학교 의과대학 소아청소년과학교실, <sup>2</sup>인하대병원 알레르기질환 환경보건센터

## A study on the correlation between outbreak of allergic rhinitis and airborne pollen in September

Jong Seok Kim,<sup>1</sup> Hye Joo So,<sup>2</sup> Jeong Hee Kim,<sup>1,2</sup> Dae Hyun Lim<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Department of Pediatrics, School of Medicine, Inha University, Incheon; <sup>2</sup>Environmental Health Center of Allergic Diseases, Inha University Hospital, Incheon, Korea

**Purpose:** Various studies have investigated factors related to the prevalence of allergic rhinitis (AR). We studied the correlation between the outbreaks of AR and airborne pollen in September.

**Methods:** According to data from the National Health Insurance Service, the number of AR cases was increased from 2012 to 2016. During the same period, the number of patients with upper respiratory tract infection, respiratory virus detection rate, air pollutants, and concentration of airborne pollen were correlated with the occurrence of AR in correlation analysis.

**Results:** The number of patients with AR showed increasing biphasic patterns in the spring and fall with the peak reached in September ( $278,487 \pm 12,894$ ), while April marked the fifth-highest figure with  $241,570 \pm 132,677$ . The concentration of airborne pollen was highest at 4,450 grains/m<sup>3</sup> in May, followed by 3,597 grains/m<sup>3</sup> in April, marking its peak in the spring. September marked the third-highest level at 1,619 grains/m<sup>3</sup>. According to the monthly correlation between the number of patients with AR and pollen, Seoul and Daejeon showed correlations of  $\rho = 0.929$  ( $P = 0.022$ ) and  $\rho = 0.955$  ( $P = 0.011$ ), respectively, in September. There were no significant correlations among AR, air pollutants, and respiratory virus detection rate.

**Conclusion:** Based on this study, the monthly number of patients with AR was the highest in September. In September, we found the correlation between allergic rhinitis and pollen, although there are regional limitations, regarding outbreaks in the number of patients with AR. Further research and attention are needed to prepare measures against airborne weed pollen during the fall. (*Allergy Asthma Respir Dis* 2019;7:192-198)

**Keywords:** Allergic rhinitis, Pollen, Environment

## 서론

알레르기비염은 가장 흔한 알레르기질환이며 유병률은 약 10%~25%로 보고되고 있고 해마다 증가하고 있다.<sup>1-3</sup> 알레르기비염이 증가하는 요인을 찾기 위하여 상기도감염을 비롯한 바이러스감염, 환경적 요인, 실내외 항원에 대한 여러 연구가 진행되고 있다. 인하대병원 환경보건센터에서는 국민건강보험공단에서 발표한 자료

를 이용하여 알레르기비염의 월별 발생률을 조사하였는데, 알레르기비염의 환자 수가 9월에 가장 높았다.

최근에는 꽃가루에 감작된 알레르기 환자가 증가하고 있다. 특히 꽃가루의 비산 농도, 시기, 날리는 기간 등의 변화가 알레르기비염 유병률에 영향을 미치는 것으로 보고되고 있어 꽃가루와 알레르기비염 상관성에 대한 연구들이 진행되고 있다.<sup>4-7</sup> 알레르기비염은 봄과 가을철에 걸쳐 연중 두 번의 절정기를 이룬다. Hong<sup>7</sup>이 발표한

Correspondence to: Dae Hyun Lim <https://orcid.org/0000-0002-4558-3284>  
Department of Pediatrics, Inha University Hospital, Inha University School of Medicine, 27 Inhang-ro, Jung-gu, Incheon 22332, Korea  
Tel: +82-32-890-2843, Fax: +82-32-890-2844, E-mail: dhyunlim@inha.ac.kr

• This research was supported by the Ministry of Environment.

Received: July 16, 2019 Revised: September 4, 2019 Accepted: September 4, 2019

© 2019 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/4.0/>).

우리나라 각 지역별 월별 공기 중 꽃가루 농도 연구에서도 봄철과 가을철에 두 번의 절정기가 있었다.

이에 이 연구에서는 가을철 알레르기비염이 증가하는 원인으로 꽃가루가 밀접한 연관성이 있을 것으로 생각하고 이에 대한 상관관계를 알아보고자 하였다.

## 대상 및 방법

2012년부터 2016년까지 5년 동안 국민건강보험공단의 자료를 활용하여 전국 17개 광역시, 도(서울, 부산, 대구, 인천, 광주, 대전, 울산, 세종, 경기, 강원, 충북, 충남, 전북, 전남, 경북, 경남, 제주) 지역의 남녀 전 연령을 대상으로 알레르기비염 월별 환자 수를 구하였다. 알레르기비염 환자로 분류된 상병코드는 한국표준질병사인분류에 의거하여 vasomotor and allergic rhinitis (J30), allergic rhinitis due to pollen (J30.1), other seasonal allergic rhinitis (J30.2), other allergic rhinitis (J30.3), allergic rhinitis, unspecified (J30.4)를 이용하였다. 진단의 정확성을 높이기 위해 알레르기비염의 치료 약물인 류코트리엔 수용체 길항제, 항히스타민제, 비강 내 국소 스테로이드 분무제 처방을 확인하여 월별 알레르기비염의 환자 수를 구하였다(국민건강보험공단 알레르기질환 전국 유병률 조사 Institutional Review Board 승인번호: 2017-05-005-003).

국민건강보험공단 자료를 활용하여 알레르기비염과 동일하게 전국 남녀 전 연령을 대상으로 월별 상기도감염 환자 수를 구하였

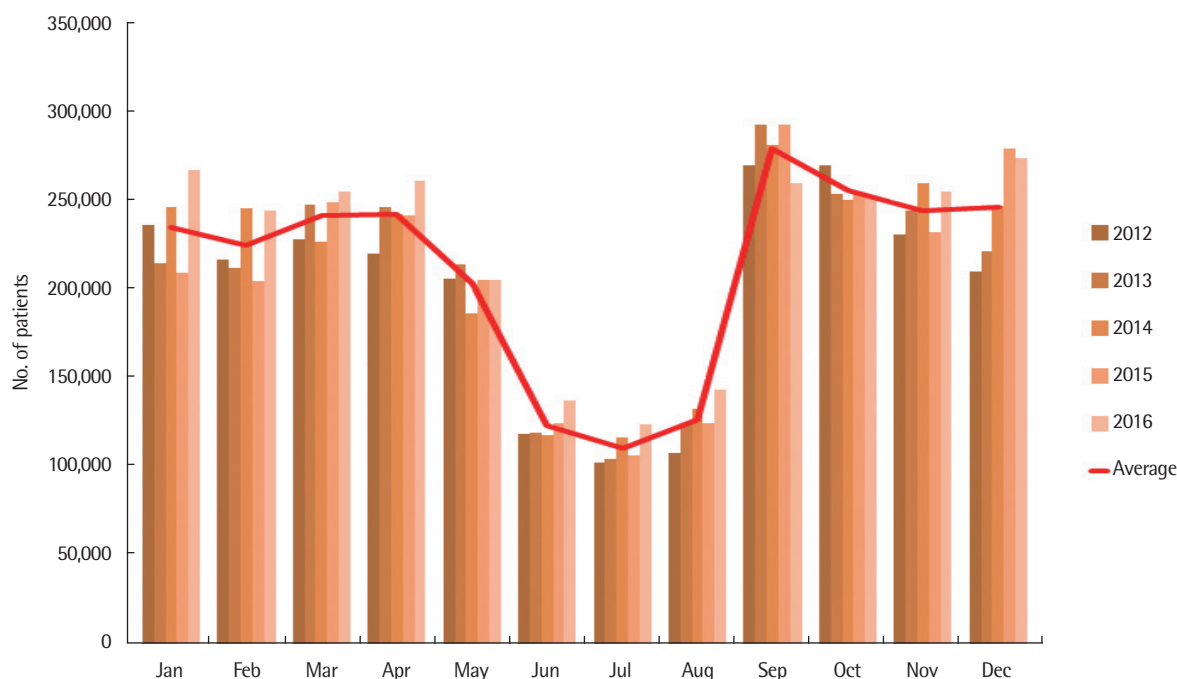
다. 상기도감염 환자의 상병코드는 acute nasopharyngitis [common cold] (J00), acute sinusitis (J01), acute pharyngitis (J02), acute tonsillitis (J03), acute laryngitis and tracheitis (J04), acute obstructive laryngitis [croup] and epiglottitis (J05), acute upper respiratory infections of multiple and unspecified sites (J06)를 이용하였다.

유행하는 호흡기 바이러스 검출률은 질병관리본부(www.kcdc.or.kr) 자료를 활용하였다. 이 자료에서는 총 8종의 호흡기 바이러스 중에서 1종 이상의 바이러스가 검출된 환자의 비율(%)을 양성률(detection rate)로 정의하였다. 전국 16개 광역시와 도(서울, 부산, 대구, 인천, 광주, 대전, 울산, 경기, 강원, 충북, 충남, 전북, 전남, 경북, 경남, 제주) 지역에서 호흡기 바이러스 8종(human adenovirus, human parainfluenza virus, human respiratory syncytial virus, influenza virus, human coronavirus, human rhinovirus, human bocavirus, human metapneumovirus)의 양성률을 수집하여 월별로 정리하였다.

대기오염물질 농도는 에어코리아(www.airkorea.or.kr) 자료를 활용하였다. 서울, 부산, 대구, 인천, 광주, 대전, 울산, 세종시와 경기도 26개 시에서 PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> 농도 자료를 수집하여 월별로 정리하였다.

대기 중 꽃가루 농도는 화분연구회(www.pollen.or.kr) 자료를 활용하였다. 서울, 부산, 대구, 구리, 강릉, 광주, 대전, 전주, 제주 총 9개 도시 지역에서 꽃가루 비산 농도를 수집하여 월별로 정리하였다.

통계 분석은 IBM SPSS Statistics ver. 25.0 (IBM Co., Armonk,



**Fig. 1.** The number of patients of allergic rhinitis from National Health Insurance Service during 2012–2016. The group of allergic rhinitis patients where the actual treatment was performed show a marked increase in spring and fall, with the highest average prevalence in September.

NY, USA)을 사용하였으며 Spearman correlation analysis를 통계적 기법으로 이용하였다. 상관분석으로 알레르기비염과 상기도감염, 호흡기 바이러스 양성률, 월별 대기오염물질, 월별 공중 화분 간의 유의성 평가를 시행하였다. 또한, 연중 시간에 따른 추이를 살펴 보기 위해 서로 인접한 월별 자료의 값 차이를 delta ( $\Delta$ ) 통계량으로 설정하여 이에 대한 상관관계도 추가로 확인하였다.  $P$ 값이 0.05 미만일 때 통계적으로 유의하다고 판단하였다.

## 결 과

### 1. 월별 알레르기비염 환자 수 발생 현황

알레르기비염 환자 수는 봄과 가을철에 증가하는 이상성 절정기 (biphasic outbreak)를 보였다. 월별로는 환자 수가 9월에  $278,487 \pm 12,894$ 명으로 가장 많았다. 10월은  $255,228 \pm 7,049$ 명으로 두 번째로 많았고 4월은  $241,570 \pm 132,677$ 명으로 다섯 번째로 높은 수치를 보였다(Fig. 1).

### 2. 상기도감염과 알레르기비염의 상관성 분석

상기도감염의 월별 환자 수를 살펴보면, 11월 겨울철부터 이듬해 초봄까지 많았으며 3월의 환자 수가  $4,445,104 \pm 254,992$ 명으로 가장 많았고 2월의 환자 수는  $4,370,543 \pm 409,444$ 명으로 두 번째로 높았다. 9월 환자 수( $3,523,949 \pm 263,115$ 명)는 여름철인 6-8월에

이어 연중 네 번째로 낮았다(Fig. 2). Delta 통계량을 이용한 분석에서  $\Delta 9$ 월 알레르기비염 환자 수는 상기도 감염 환자 수와 통계적으로 의미 있는 상관관계를 보였다( $\rho = 0.939, P = 0.017$ ).

### 3. 호흡기 바이러스 양성률과 알레르기비염의 상관성 분석

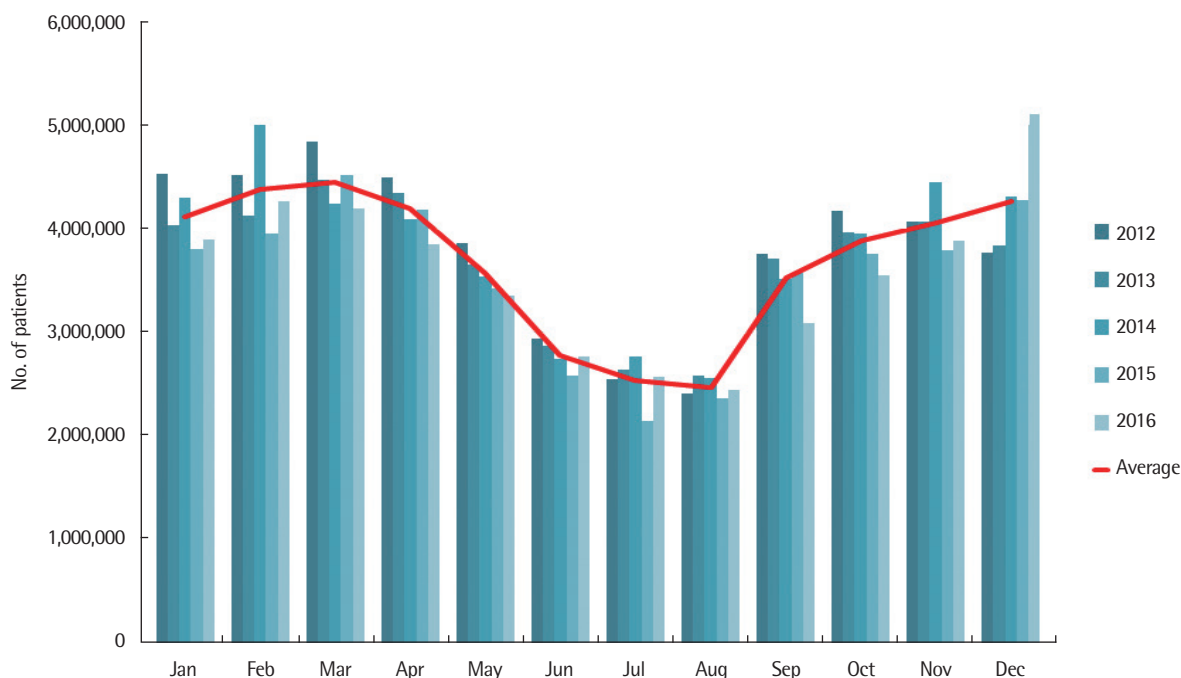
전국 16개 광역시와 도에서 2월 양성률이  $65.92\% \pm 5.92\%$ 로 가장 높았고 3월이  $64.25\% \pm 5.27\%$ 로 두 번째로 높았다. 8월은  $41.39\% \pm 8.32\%$ 로 가장 낮았으며 9월이  $42.16\% \pm 6.30\%$ 로 연중 두 번째로 낮았다. Delta 통계량을 이용하여 알레르기비염 환자 수에 대해 시행한 통계 분석 결과, 알레르기비염과 호흡기 바이러스 양성률은 의미 있는 상관관계가 없었다.

### 4. 월별 대기오염 물질과 알레르기비염의 상관성 분석

전국 주요 34개 도시의 월별 대기오염물질 농도를 조사한 결과(Fig. 3), delta 통계량을 이용한 분석에서 알레르기비염 환자 수와  $PM_{10}$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $O_3$ 는 모두 유의한 상관성을 보이지 않았다.

### 5. 월별 공중 꽃가루 농도와 알레르기비염의 상관성 분석

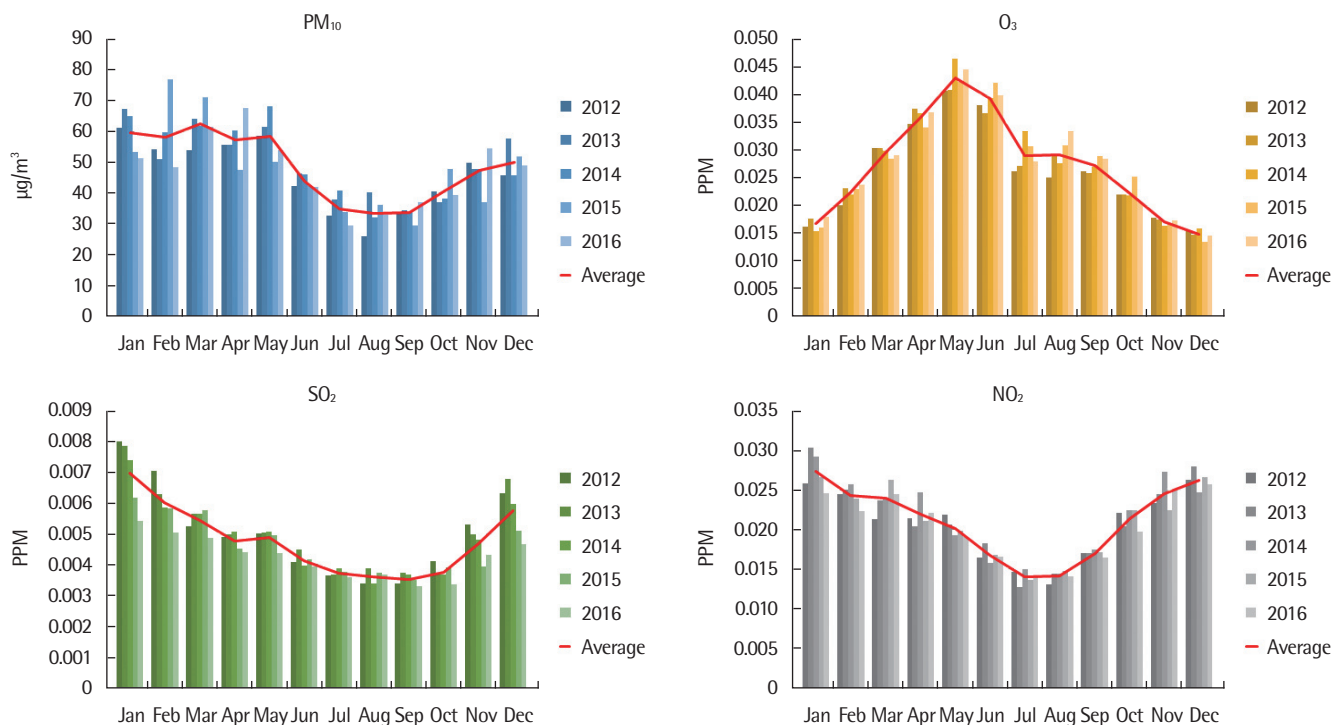
9개 도시에서 꽃가루 비산 농도는 5월에  $4,450 \text{ grains/m}^3$ 로 가장 높았고, 뒤를 이어 4월에  $3,597 \text{ grains/m}^3$ 로 높아서 봄철에 절정을 보였다. 대기 중 꽃가루는 여름철에 감소하다가 8월부터 조금씩 증가하여 9월에는 연중 세 번째로 높은  $1,619 \text{ grains/m}^3$ 을 보였다



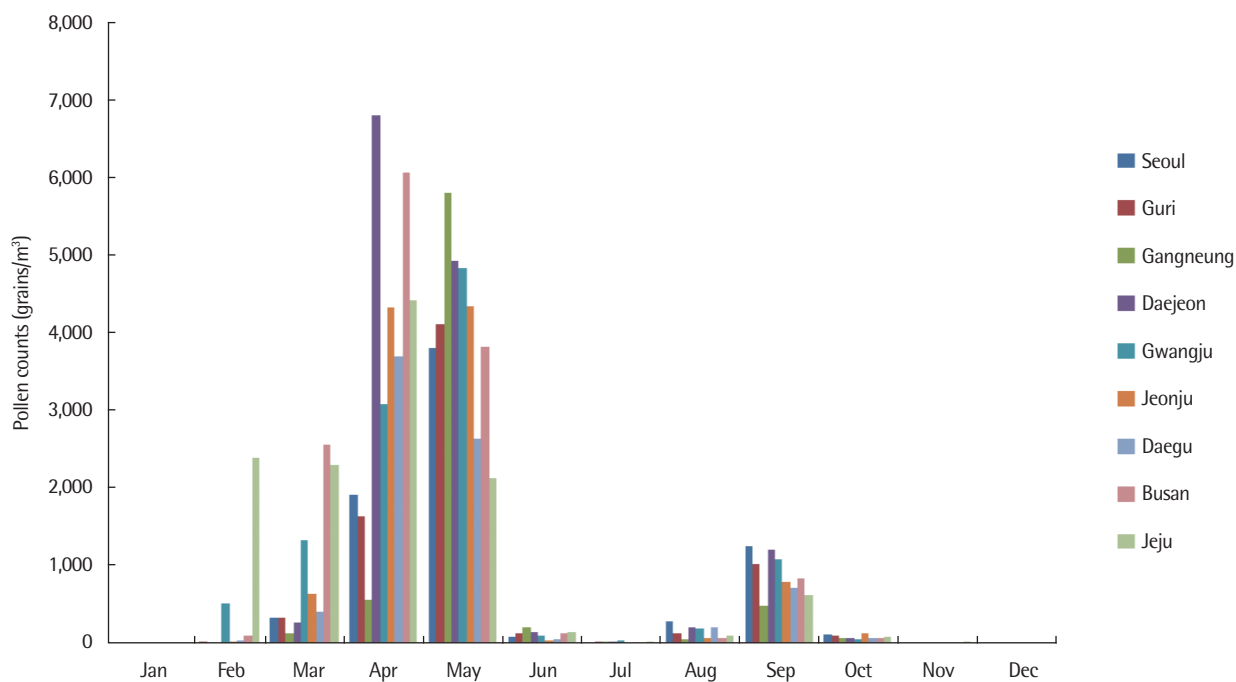
**Fig. 2.** The number of patients of upper respiratory tract infection (URI) from National Health Insurance Service during 2012–2016. The number of URI patients also shows a biphasic pattern, which increases the rate in spring and winter and the lowest in summer. Compared to allergic rhinitis, the largest number of patients is in March.

(Fig. 4). 알레르기비염 환자 수와 꽃가루 간의 월별 상관관계를 보면 4월에만 의미 있는 상관성( $\rho=0.298$ ,  $P=0.046$ )을 보였다. 지역

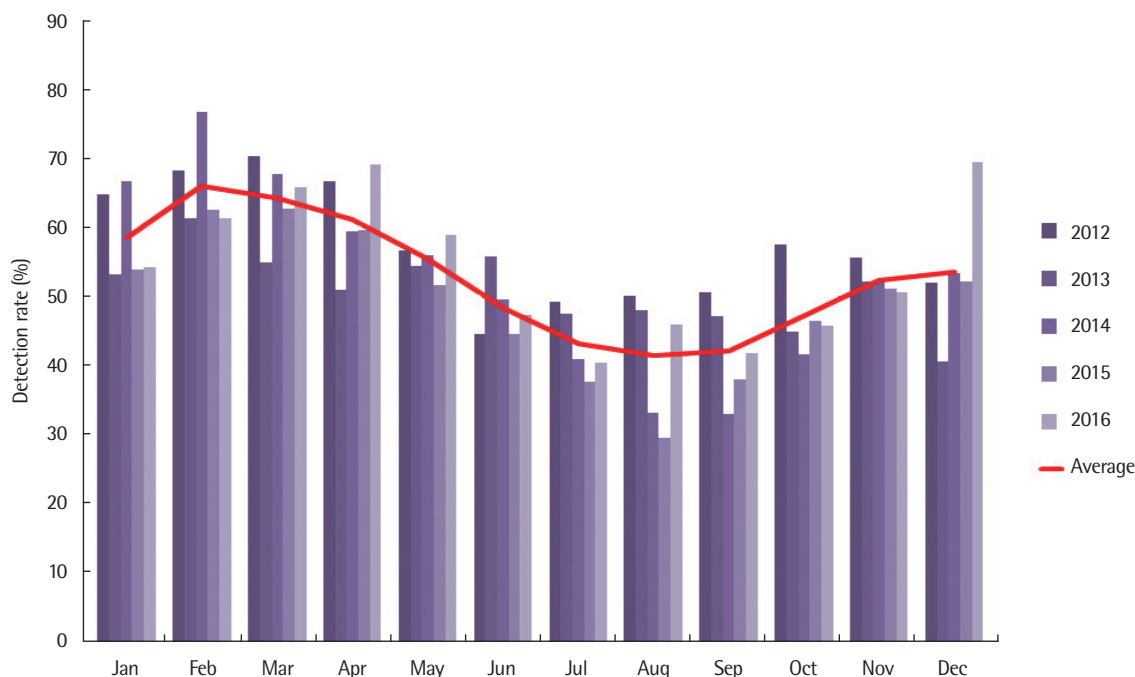
별로 살펴보면 서울지역은  $\Delta 9$ 월( $\rho=0.929$ ,  $P=0.022$ ), 대전지역은  $\Delta 5$ 월( $\rho=0.936$ ,  $P=0.019$ )과  $\Delta 9$ 월( $\rho=0.955$ ,  $P=0.011$ ), 부산지역



**Fig. 3.** The monthly air pollutants concentration during 2012–2016. The peak monthly concentration of air pollutants was different from allergic rhinitis (AR) and was not correlated with AR.



**Fig. 4.** The airborne pollen concentration during 2012–2016. The monthly concentration of airborne pollen counts consisting of trees, grasses, weeds reached a peak in April and May, and then again increased in September.



**Fig. 5.** The respiratory virus detection rate during 2012–2016. The detection rate of respiratory viruses was the highest in February. It was the lowest in August and the second lowest in September.

은  $\Delta 10$ 월( $p=0.885$ ,  $P=0.045$ )에 의미 있는 상관관계를 보였다. 이 지역들을 제외한 나머지 지역에서는 통계적 유의성은 없었다.

## 고 찰

국민건강보험공단 자료에서 알레르기비염 상병코드와 알레르기비염에 처방되는 약물을 확인하여 분석한 알레르기비염의 월별 환자 수는 9월에 가장 많았고 7월이 가장 낮았다. 알레르기비염의 환자 수는 봄철(3–5월)보다 가을철(9–11월)에 더 많았다.

상기도감염은 알레르기비염의 발생 분포와 유사한 이상성(bi-phasic) 분포를 보였으나 절정기가 달랐다. 상기도감염은 2월과 3월에 가장 높았고 9월에는 낮아서 알레르기비염 발생 분포와는 서로 맞지 않았다. 그런데 이 연구에서  $\Delta$  통계량을 이용한 분석에서는  $\Delta 9$ 월에 상기도감염과 알레르기비염의 상관관계가 의미가 있었다( $p=0.939$ ,  $P=0.017$ ). 알레르기비염과 상기도감염은 서로 다른 발병 기전을 가지고 있지만 맑은 콧물, 재채기, 기침 등 임상 증상이 서로 유사하여 알레르기 관련 검사를 하지 않는다면 실제 진료 현장에서 이 두 질환을 명백히 감별하는 데 어려움이 있을 수 있다.<sup>8</sup> 이 연구에서 호흡기 바이러스의 양성률(Fig. 5)과 상기도감염 환자 수(Fig. 2)는 일치하는 경향을 보였다( $p=0.742$ ,  $P=0.01$ ). 그런데 8월과 9월의 호흡기 바이러스 양성률은 비슷한 수준이었음에도(8월:  $41.39\% \pm 8.32\%$ , 9월:  $42.16\% \pm 6.30\%$ ) 상기도감염 환자 수는 8월 대비 9월에 오히려 증가하였다. 그래서 상기도감염 환자 수가

증가한 것은 두 질환의 증상적 유사성으로 말미암아 알레르기비염이 상기도감염의 진단율에 영향을 미쳤을 것으로 추측하였다.

알레르기비염에서 집먼지진드기는 매우 중요한 알레르겐이다.<sup>9–11</sup> 집먼지진드기는 대체로 7월 장마철부터 습도가 높아지면서 서식 농도가 급증하여 10월까지 유지되며,<sup>12</sup> 계절별 알레르기질환 증상의 변화와 계절별 집먼지진드기 항원 농도의 변화 간에 뚜렷한 연관성이 없다고 알려져 있다.<sup>13</sup> 집먼지진드기가 알레르기비염을 유발시키는 중요한 항원이지만 9월에 알레르기비염 환자가 급증함을 설명하는 데 있어서 통년성 항원(perennial allergen)인 집먼지진드기뿐만 아니라 다른 원인도 작용할 것으로 생각하였다.

저자들은 8월 말부터 비산하는 꽃가루가 9월 알레르기비염 환자 수 증가와 높은 연관성이 있을 것으로 생각하였다. 꽃가루는 대표적인 계절성 항원(seasonal allergen)으로서 자작나무, 오리나무, 참나무, 소나무 등의 수목류 꽃가루와 환삼덩굴, 두드러기쑥, 돼지풀 등의 잡초류 꽃가루 등으로 분류할 수 있다. 우리나라는 2월부터 11월까지 꽃가루가 비산하며, 수목류는 3–5월 봄철에, 잡초류는 8월 말부터 10월 초까지 초가을철에 집중적으로 관측된다.<sup>14</sup> 이 연구에서 전국 9개 주요 도시별로 꽃가루의 비산 농도를 분석한 결과, 꽃가루의 농도는 평균적으로 봄철인 5월에 가장 높았고, 여름철인 6월부터 8월까지 현저히 낮아지다가 다시 9월에 급증한 뒤 늦가을부터 겨울철에는 연중 최저를 기록하여 연중 두 번의 절정기를 나타내었다. 이러한 양상은 알레르기비염 환자 수의 월별 양상과 유사한 모습을 보였다. 알레르기비염 환자 발생 분포와 꽃가루 간의 월별 상



관관계를 보면 전국 평균을 기준으로 1년 중 유일하게 4월이 유의한 상관관계( $p=0.298$ ,  $P=0.046$ )를 보였고, 9월은 두 번째로 높은 상관계수  $p=0.253$ 을 보였으나 유의하진 않았다( $P=0.093$ ). 한편, delta 통계량을 이용한 상관분석 결과 9개 도시 전체의 평균에서는 의미 있는 상관관계를 가진 월(month)을 찾을 수는 없었지만, 각 지역별로 나누어서 살펴보면 서울과 대전 지역에서 9월에 각각  $p=0.929$  ( $P=0.022$ )와  $p=0.955$  ( $P=0.011$ )로 유의한 상관관계를 보였다.

9월보다 4월이 통계적으로 유의한 상관관계를 보였던 이유는 공중 꽃가루 수로 분석을 했기 때문이라고 생각된다. 공중화분 꽃가루 농도는 9월보다 4월과 5월이 두 배 이상 많았다. 꽃가루 수로 정량분석을 했기 때문에 농도가 두 배 이상 높았던 4월이 통계적으로 의미 있게 나타났고 농도가 4월에 비하여 상대적으로 낮았던 9월은 서울과 대전 지역에서만 의미 있게 나타났다.

꽃가루는 종류에 따라서 알레르기비염을 유발하는 정도가 다르다. 즉, 알레르기를 유발하는 항원성이 꽃가루마다 다르다.<sup>15,16</sup> 또한 같은 종류의 꽃가루라도 지역에 따른 환경과 기온, 이산화탄소 농도에 따라 차이가 날 수 있다.<sup>17,18</sup> 이러한 항원성의 차이를 감안한다면 9월 공중 꽃가루 농도가 4월과 5월보다 적었지만, 9월의 꽃가루가 알레르기 항원성이 높아서 알레르기비염 환자 수를 연중 가장 높게 만들었을 것으로 추측할 수 있었다.

최근 미세먼지가 삶의 질과 건강과 관련하여 커다란 사회적 문제로 대두되고 있다.<sup>19,20</sup> 또한, 미세먼지를 비롯하여 각종 대기오염물질이 알레르겐과 동시에 노출되면 대기오염물질이 보조 인자로서 작용하여 상승작용(synergistic effect)을 일으켜 알레르기 감작을 증가시킨다는 보고가 있다.<sup>21,22</sup> 이 연구에서는 전국 주요 34개 도시에서 주요 대기오염물질( $PM_{10}$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $O_3$ )의 월별 농도를 조사하였는데 각각의 대기오염물질들은 월별 알레르기비염 환자 수와 서로 상관관계가 없었고, 절정을 이루는 시점도 서로 맞지 않았다. 이를 통해 각종 대기오염물질들이 알레르기비염의 유발에 영향을 끼치는 인자 중 하나로서 작용을 하지만 9월에 알레르기비염 환자가 증가하는 것에 미치는 영향은 유의하지 않을 것으로 생각하였다.

이 연구의 제한은 첫째, 알레르기비염의 유병률 조사에 있어 상병코드와 처방된 약제에 기반한 국민건강보험공단의 자료를 단면적으로 사용하였기 때문에 정확한 진단과 유병률 파악에는 한계가 있을 수 있다. 둘째, 서울과 대전 지역에서는 9월에 알레르기비염 환자가 급증하는 것과 대기 중 꽃가루의 비산 농도가 의미 있는 상관성을 나타내긴 했지만 전국적으로 일관적이고 통계학적으로 의미 있는 자료를 산출하진 못했다. 이에 대해서는 항원성의 차이와 지역별 차이를 고려하여 더 많은 꽃가루 자료를 축적하고 지역별로 꽃가루 농도를 더 정확히 반영할 수 있는 모델 개발이나 꽃가루의 항원성을 정량화할 수 있는 연구가 필요할 것이다. 셋째, 이 연구에

서 살펴본 요인들 외에도 지역에 따른 기후의 변화나 주거 양식, 유전적 소인 등과 같은 알레르기비염 발생과 악화에 영향을 줄 수 있는 다양한 요인에 대하여 추후 더 많은 역학 연구가 필요할 것으로 사료된다.<sup>23,24</sup>

저자들은 이 연구에서 국민건강보험공단의 보험청구자료에서 알레르기비염과 관련된 처방 약제를 확인하여 조사한 월별 알레르기비염 환자 수는 9월에 가장 많았음을 확인하였다. 봄철 알레르기비염뿐만 아니라 가을철 알레르기비염의 중요성을 환기함으로써 이를 통해 적절한 예방과 대책 수립에 도움을 줄 수 있을 것이라 생각한다. 아울러, 7-8월에 비하여 9월에 알레르기비염 환자 수가 급증하는 것과 관련하여, 지역적인 제한점이 있긴 하지만 꽃가루와의 상관성을 확인하였다. 그래서 가을철 공중 꽃가루를 날리는 잡초류에 대한 대책을 마련하기 위하여 적극적인 연구와 관심이 필요할 것으로 생각한다.

## REFERENCES

- Settipane RA, Charnock DR. Epidemiology of rhinitis: allergic and non-allergic. *Clin Allergy Immunol* 2007;19:23-34.
- Bousquet J, Van Cauwenberge P, Khaltaev N; Aria Workshop Group; World Health Organization. Allergic rhinitis and its impact on asthma. *J Allergy Clin Immunol* 2001;108(5 Suppl):S147-334.
- Asher MI, Montefort S, Björkstén B, Lai CK, Strachan DP, Weiland SK, et al. Worldwide time trends in the prevalence of symptoms of asthma, allergic rhinoconjunctivitis, and eczema in childhood: ISAAC Phases One and Three repeat multicountry cross-sectional surveys. *Lancet* 2006;368:733-43.
- Hwang SH, Jung SY, Lim DH, Son BK, Kim JH, Yang JM, et al. Epidemiology of allergic rhinitis in Korean children. *Allergy Asthma Respir Dis* 2013;1:321-32.
- Beggs PJ. Impacts of climate change on aeroallergens: past and future. *Clin Exp Allergy* 2004;34:1507-13.
- Kim JH, Oh JW, Lee HB, Kim SW, Chung HL, Kook MH, et al. Evaluation of the association of vegetation of allergenic plants and pollinosis with meteorological changes. *Allergy Asthma Respir Dis* 2014;2:48-58.
- Hong CS. Pollen allergy plants in Korea. *Allergy Asthma Respir Dis* 2015;3:239-54.
- Kim SW. Upper respiratory infections in adults. *J Korean Med Assoc* 2010;53:10-9.
- Hong CS. House dust mite and clinical allergy. *Allergy* 1991;11:297-308.
- Yong TS, Jeong KY. Review on ecology of house dust mites in Korea and suggestion of a standard survey method. *Pediatr Allergy Respir Dis* 2011;21:4-16.
- Jeong KY, Park JW, Hong CS. House dust mite allergy in Korea: the most important inhalant allergen in current and future. *Allergy Asthma Immunol Res* 2012;4:313-25.
- Hong CS. Measurement of group I allergens of house dust mites in dusts of Seoul and monthly variation of Derf I. *J Korean Soc Allergol* 1992;12:482-92.
- Kim JH, Choi SY, Lee IY, Lee YW, Yong TS, Kim CW, et al. Seasonal variation of house dust mite and its influence on the inhabitant health. *J of Asthma Allergy Clin Immunol* 2006;26:27-34.
- So HJ, Moon SJ, Hwang SY, Kim JH, Jang HJ, Jo JH, et al. Characteristics

- of airborne pollen in Incheon and Seoul (2015-2016). *Asia Pac Allergy* 2017;7:138-47.
15. Oh YC, Kim HA, Kang IJ, Cheong JT, Kim SW, Kook MH, et al. Evaluation of the relationship between pollen count and the outbreak of allergic diseases. *Pediatr Allergy Respir Dis* 2009;19:354-64.
16. Park KJ, Kim H, Kim KR, Oh JW, Lee SY, Choi YJ, et al. Characteristics of regional distribution of pollen concentration in Korean Peninsula. *Korean J of Agric For Meteorol* 2008;10:167-76.
17. Yang HJ, Jeon YH, Min TK, Son BS, Park KJ, Moon JY, et al. The impact of climate change on aeroallergen and pediatric allergic diseases. *J Korean Med Assoc* 2011;54:971-8.
18. Kim KR, Park KJ, Lee HR, Kim M, Choi YJ, Oh JW, et al. Development and evaluation of the forecast models for daily pollen allergy. *Korean J of Agric For Meteorol* 2012;14:265-8.
19. Kim JH, Ghim YS, Han JS, Park SM, Shin HJ, Lee SB, et al. Long-term trend analysis of Korean air quality and its implication to current air quality policy on ozone and PM10. *J Korean Soc Atmos Environ* 2018;34:1-15.
20. Kyung SY, Jeong SH. Adverse health effects of particulate matter. *J Korean Med Assoc* 2017;5:391-8.
21. Yoo Y. Air pollution and childhood allergic disease. *Allergy Asthma Respir Dis* 2016;4:248-56.
22. Cheng Q, Yang CY, Guo BY, Wei X, Liu M. Analysis of mechanism of PM2.5 and house dust mite antigen Der p1 in attack stage of child asthma. *Eur Rev Med Pharmacol Sci* 2017;21:2458-62.
23. Worldwide variation in prevalence of symptoms of asthma, allergic rhinoconjunctivitis, and atopic eczema: ISAAC. The International Study of Asthma and Allergies in Childhood (ISAAC) Steering Committee. *Lancet* 1998;351:1225-32.
24. Miller RL, Ho SM. Environmental epigenetics and asthma: current concepts and call for studies. *Am J Respir Crit Care Med* 2008;177:567-73.