



# 기후변화와 호흡기 알레르기질환

김 상 현 · 윤 호 주\* | 한양대학교 의과대학 내과학교실

## Climate change and respiratory allergic diseases

Sang-Heon Kim, MD · Ho Joo Yoon, MD\*

Department of Internal Medicine, Hanyang University College of Medicine, Seoul, Korea

\*Corresponding author: Ho Joo Yoon, E-mail: hjyoon@hanyang.ac.kr

Received January 5, 2011 · Accepted January 18, 2011

There is a firm consensus that Earth's climate has been changed and will be changed in further future due to increasing greenhouse gas emissions. Climate change affects human health and respiratory allergic diseases, such as asthma and allergic rhinitis, in various ways. The increase in both the incidence of asthma and global surface temperature in the same period suggests that climate change is a plausible explanation for the asthma epidemic. Additionally, climate change could influence also the severity and acute exacerbation of asthma. Several mechanisms were suggested to explain the effects of climate change on respiratory allergic diseases: increased exposure to pollens and molds spores, aggravated air pollutions, direct effects of extreme weather and thunderstorm and changes in respiratory infections. However, data and evidences are lacking to answer what the net effects of climate on asthma and allergic rhinitis and its mechanisms are. Great efforts and active roles are required for the physicians in developing strategies to mitigate climate change and adaptation to its effects on respiratory allergic diseases.

**Keywords:** Climate change; Respiratory allergic diseases; Asthma; Allergic rhinitis

### 서 론

지구의 기후가 변화하고 있으며, 변화속도가 빠르다는 증거들이 보고되고 있다. 지난 100년간 지구의 평균기온은 0.7℃ 이상 증가하였으며, 향후 100년간 그보다 더 높은 수준으로, 약 1.8-4.0℃ 정도 증가할 것으로 예측되고 있다[1]. 지구온난화와 함께 이로 인한 해수면 상승, 연간 강우량 증가, 일부 지역의 사막화, 지역에 따른 폭서와 한파, 가뭄, 뇌우 등 극한 기상변화 등이 기후변화의 주된 양상이다.

이러한 기후변화에는 화산폭발과 같은 자연적 요인도 작용하지만, 최근의 빠른 기후변화는 인간활동 증가로 인한 온실가스 증가 등 인위적 요인이 주된 역할을 하고 있다[2]. 온실가스는 지구에 들어오는 짧은 파장의 태양에너지를 통과시키지만, 지구에서 방출되는 긴 파장의 적외복사에너지를 흡수하여 지구의 온도를 높이는 효과를 나타낸다. 온실가스를 구성하는 성분으로는 이산화탄소(CO<sub>2</sub>), 메탄(CH<sub>4</sub>), 아산화질소(N<sub>2</sub>O), 과불화탄소(perfluorocarbon), 수소불화탄소(hydrofluorocarbon), 육불화황(SF<sub>6</sub>) 등이 있는데, 이 중 이

산화탄소와 메탄이 가장 중요한 역할을 한다. 이산화탄소 방출 증가는 지난 수십 년간 화석원료의 사용이 급증한 것이 주된 원인으로 지목되고 있으며, 메탄은 온실효과에 20% 정도 기여하는 것으로 추정되는데 농축산업과 함께 가스연소, 화재 등이 주된 발생원으로 작용한다. 온실가스 배출이 더 증가하거나 현재와 같은 속도로 이루어진다면, 기후변화는 더 빠른 속도로 진행할 것으로 예측된다.

기후변화는 생활환경에 큰 영향을 초래하고, 이는 곧 건강을 유지하는데 심각한 위협이 될 수 있다[3]. 즉 기후변화로 인한 극한적인 날씨변화와 자연재해, 즉 가뭄, 홍수, 한파, 홍수 등은 인간의 생명과 안전에 직접적인 위협을 가할 수 있다. 뿐만 아니라 대기오염이 증가하고, 깨끗한 물을 구하기 어렵게 되고, 안전한 물과 식량이 부족한 상황에 처하게 되고, 주거지를 안전하게 확보할 수 없는 상황을 맞을 수 있다. 특히 전염병의 증가가 우려되는데, 말라리아와 뎅기열과 같이 곤충을 통해 매개되는 전염병이나, 물이나 음식을 통해 전염되는 질환의 위험이 증가하게 된다. 이러한 기후변화의 영향은 전세계적으로 동일하게 나타나기 보다는 위도나 고도와 같은 지역적인 특성, 인구학적 특성, 경제발전 수준, 보건체계 등에 따라 나라마다 다른 양상으로 나타날 수 있다. 뿐만 아니라 기후변화는 대기 꽃가루 농도와 대기오염의 특성과 분포에 영향을 미침으로써 천식과 알레르기 비염 등 호흡기 알레르기질환의 발생과 유병률 증가에 영향을 줄 수 있다[4]. 또한 이미 발생한 천식과 알레르기비염에서도 증상의 악화와 중증도, 조절과 예후에도 영향을 줄 수 있다. 이 논문에서는 기후변화가 천식과 알레르기비염 등 호흡기 알레르기에 미치는 영향과 기전, 향후 대책에 대하여 고찰하고자 한다.

### 기후변화와 호흡기 알레르기질환의 발생

대표적인 호흡기 알레르기질환인 천식은 최근 수십 년간 전세계적으로 유병률이 증가하였다[5]. 비록 영국과 호주 등 몇몇 나라에서 최근의 천식의 유병률이 더 이상 증가하지 않거나, 또는 다소 감소하는 양상을 보여주고 있기는 하지만, 전세계적인 천식 유병률 증가는 지난 세기 동안 질병양

상의 커다란 변화 중 하나였다. 우리나라에서 역시 세계적인 추세에 일치하여 천식의 유병률이 꾸준히 증가하는 양상을 보였다[6]. 또한 천식보다 더 흔한 알레르기비염의 유병률 역시 지난 수십 년간 전세계적으로 증가하였다[7]. 천식의 발생이 증가하는 원인으로 유전적 특성보다는 환경적인 변화가 주된 요인으로 주목 받아 왔는데, 지난 세기 동안 산업화로 초래되는 대기오염의 증가, 식이습관의 변화, 주거환경의 변화, 모성 흡연률 증가, 위생가설(hygiene hypothesis) 등이 대표적인 설명으로 제시되고 있다. 위생가설은 천식 유병률의 증가를 설명하는 유력한 이론 중 하나이다[8]. 아토피와 알레르기질환의 증가는 위생상태 개선과 항생제의 사용 등으로 생애 초기 감염의 빈도가 감소되고 이에 따라 제1형 면역반응보다는 제2형 면역반응으로 편향되어 나타난 결과라는 설명이었고, 이를 뒷받침하는 역학적, 실험적 증거들이 뒤를 이었지만 아직 해결되지 않은 여러 측면이 있다. 기후변화는 천식 발생과 관련이 있다고 알려진 알레르기항원 노출, 대기오염, 호흡기감염 등 여러 측면에 영향을 미치고 있어 위생가설이 해결하지 못했던 문제들에 대한 해답과 연결고리를 제시해 주지 않을까 하는 기대를 모으고 있다[9]. 기후변화로 인하여 대기온도가 증가하고 강우량이 증가하는 것은 식물의 성장을 촉진시키는데, 이와 함께 꽃가루 알레르기항원(allergen)을 생성하는 식물의 성장과 번식이 증가된다[10]. 따라서 꽃가루에 더 일찍, 오랜 기간 동안 노출되게 되고, 대기오염의 영향 등으로 꽃가루의 알레르기항원성이 증가하면서 꽃가루에 대한 감작과 이로 인한 천식과 알레르기비염의 발생이 증가하게 된다는 주장이다.

### 기후변화가 호흡기 알레르기질환에 미치는 영향과 기전

기후변화는 대기온도 상승과 강우량 변화, 폭우 등 극한 날씨변동 등으로 생활환경을 변화시키고, 꽃가루, 곰팡이 등 실외항원과 실내항원의 증가시키며, 대기오염을 악화시킬 뿐 아니라 호흡기감염에도 영향을 주는 등 다양한 방법으로 호흡기 알레르기질환의 발생과 경과, 악화에 영향을 미친다 (Table 1).

**Table 1.** The suggested mechanisms of the impact of climate change on respiratory allergic diseases

|  |
|--|
| 1. Increase exposure to pollens: earlier pollen season, increase in pollen season duration, pollen count and allergenicity, advent of new pollen |
| 2. Increase exposure to mold allergens: higher temperature and CO <sub>2</sub> concentration and damp environment                                |
| 3. Affect types and extents of air pollution: increase in ozone and particulate matter concentration and interaction with pollens                |
| 4. Induce extreme weather and thunderstorm   |
| 5. Change respiratory infection  |

## 1. 꽃가루

천식과 알레르기비염의 발생은 유전적 소인이 있는 사람에서 대기알레르기항원에 노출되어 발생하는 감각과 이로 인한 제2형 T세포 활성화, 기도염증이 주된 기전이다 [11,12]. 호흡기 알레르기를 일으키는 알레르기항원에 대해 노출된 시기와 정도는 향후 알레르기항원에 대한 감각과 천식, 알레르기비염 발생을 결정하는 주요한 결정 요소이다. 기온상승과 강우량 변화, 대기 중 이산화탄소의 증가는 식물의 성장기간을 늘릴 뿐 아니라 성장속도를 촉진시키는데, 호흡기 알레르기를 일으키는 주요 꽃가루를 생성하는 식물 또한 성장과 번식이 증가된다 [13]. 높은 기온과 이산화탄소 증가를 통해 기후변화는 꽃가루 유행기를 앞당기고 기간이 연장되어 더 많은 꽃가루가 생성되어 분산되게 함으로써 사람이 꽃가루에 노출되는 것을 증가시킨다. 스위스 바젤에서 38년 동안 관찰한 자작나무 꽃가루 모니터링에서는 관찰기간 동안 꽃가루 수와 지수, 일중 최고 수치가 지속적으로 증가하였다 [14]. 어린 나이부터 꽃가루에 대해 노출이 커지게 되면 천식과 알레르기 비염의 발생 위험이 증가하게 된다 [15]. 뿐만 아니라 기후변화로 인해 이전에 존재하지 않았거나 영향이 크지 않았던 식물의 번식이 증가하게 되면 새로운 알레르기항원에 대한 감각이 문제가 될 수 있다 [16]. 기후변화는 대기 중 꽃가루의 수를 증가시킬 뿐 아니라 알레르기항원성을 증가시켜 꽃가루 항원에 감각을 증가시키고, 천식발생을 가져올 수 있다 [17]. 이렇게 꽃가루 노출 증가와 변화된 항원성, 새로운 꽃가루 알레르기항원의 증가는 천식의 발생뿐 아니라 기존에 천식이 있던 환자들에서 잦은 악화와 조절 실패의 원인이 될 수 있다 [18].

## 2. 곰팡이 포자

기후변화는 꽃가루뿐 아니라 실내의 주요 알레르기항원 중 하나인 곰팡이의 성장과 분산에도 영향이 있다. 비록 기후변화가 곰팡이에 미치는 영향에 대해서는 꽃가루에 비하여 상대적으로 연구가 매우 부족하지만, 최근의 몇몇 연구들은 이러한 영향을 실험실적으로 증명하고 있다. Wolf 등 [19]은 여러 다른 농도의 이산화탄소에서 성장하는 큰조아재비 (timothy) 식물에 기생하는 곰팡이 *Alternaria alternata*의 포자생성과 항원성을 분석하여, 높은 이산화탄소 농도에서 성장한 경우에 더 많은 포자생성과 높은 알레르기항원성을 가진다는 것을 보고하였다.

## 3. 실내항원

강우량 증가와 홍수는 생명과 건강에 직접적인 위협이 되고 기도 하고, 주거환경을 습하게 하여 호흡기 알레르기질환에 영향을 줄 수 있다. 습한 주거환경은 생활하는 사람들에서 천식과 호흡기 증상이 발생하는데 위험인자로 작용한다 [20]. 습한 주거환경은 곰팡이포자와 같은 실내항원의 증가에도 영향을 주고, 알레르기항원에 대한 감각과 천식, 알레르기비염 발생의 원인이 된다 [21]. 곰팡이 포자 외에도 기후변화로 촉발되는 폭우와 강우량 증가, 기온상승은 습하고 따뜻한 환경에서 잘 번식하는 집먼지진드기의 노출을 증가시킬 수 있다. 도시화, 산업화의 영향으로 사람들은 이전에 비해 훨씬 많은 시간을 실내에서 생활하게 되므로 기후변화가 실내항원이 미치는 영향에 대해서도 좀더 많은 관심이 필요하다.

## 4. 대기오염

지난 세기 동안의 경제성장과 산업화, 자동차 등 운송수단의 급증은 대기오염물질의 배출을 증가시켜 대기오염을 심화시켰고, 여러 나라에서 심각한 건강위험을 초래하고 있으며 우리나라도 예외가 아니다. 기후변화는 바람, 강우량, 온도 등 날씨 양상을 통해 대기오염의 양상과 정도에 영향을 미친다. 또한 기온이 높아지면서 냉방을 위해 에너지를 더 많이 소비하는 등 인간활동의 변화나 성장과 번식이 증가된 식물의 부패, 산불 등을 통해 생성되는 오염원 배출 등 자연

활동을 통해서도 대기오염이 영향을 받을 수 있다. 여러 대기오염물질 중에서 특히 오존과 미세먼지(particulate matter)가 기후변화로 인한 영향을 많이 받는 것으로 알려져 관심을 받고 있다.

대류권 오존은 온실가스 중 하나이자 대표적인 대기오염물질로, 자연적으로 또는 인간활동에 의해 생성된 휘발성 유기화합물(volatile organic compounds)과 산화질소의 광화학반응으로 합성되는데, 이때 햇빛과 높은 온도가 필요하다. 오존의 농도는 많은 지역에서 증가하고 있으며, 향후에도 꾸준히 지속될 것으로 전망된다[22]. 오존은 천식 악화와 이로 인한 입원, 그리고 사망률을 증가시킨다[23]. 오존은 고온과 상승작용을 일으켜 여름에 더 높은 위험을 초래할 수 있다[24]. 미세먼지 역시 중요한 대기오염물질로 다양한 분진의 이질적인 혼합물이다. 따라서 기후변화가 미세먼지 농도에 미치는 영향을 평가하기는 쉽지 않다[25]. 최근의 연구들은 연료와 차량배출가스 등에 대한 법률적 규제 등의 노력으로 미세먼지 농도가 상당히 감소됨을 보여주고 있다. 그러나 기후변화로 인한 사막화의 진행과, 잦은 산불 등은 여러 나라에 걸친 광범위한 미세먼지 증가를 초래할 수 있다. 미세먼지에 노출이 증가하면 호흡기 증상의 발생과 호흡기 질환으로 인한 입원, 사망을 초래할 수 있다는 점을 고려하면, 미세먼지 변화에 대한 좀더 높은 관심이 필요하다. 미세먼지는 또한 오존과 함께 작용하여 악영향을 증폭시킬 수 있음이 알려져, 기후변화로 인한 대기오염 변화에는 대기온도 상승과 오존, 미세먼지 사이의 상호작용이 존재함을 시사한다[26]. 대기오염 물질은 그 자체가 호흡기에 직접적인 손상을 초래하고, 이로 인하여 흡입성 항원 침투와 감작을 촉진시키거나 꽃가루에 작용하여 항원성을 증가시키는 작용을 통해 호흡기 알레르기질환의 발생을 일으키기도 한다[27]. 또한 연소분진은 꽃가루 등의 알레르기항원을 이동시키는 매개체로 작용하여 알레르기항원을 기도로 전달하기도 한다.

### 5. 극한 날씨의 직접적인 영향

꽃가루와 대기오염을 통한 영향 외에도, 기후변화는 지역적으로 폭우와 폭풍, 극한적인 날씨를 통해 천식 증상의 발생

과 악화에 영향을 미칠 수 있다. 여름의 폭서와 더운 기온은 사망에 이르는 위험이 되는데, 천식 등 만성 호흡기질환이 있는 경우에 극한적인 날씨로 인한 영향에 더 취약하다. 최근 호주에서 진행된 관찰 연구에서는 극한적으로 높은 기온과 응급 입원의 연관성을 분석하였는데, 극한적인 폭서는 천식 악화를 일으키지는 않았지만, 천식이 있는 경우에 응급 입원이 유의하게 증가하는 결과를 보여, 천식환자는 기후변화로 인한 여러 환경적 변화에 취약한 고위험군임을 시사하고 있다[28]. 최근 유럽에서 진행된 대기관 연구에서는 높은 기온으로 인한 호흡기질환의 영향을 분석하였는데, 특히 75세 이상의 노인에서 유의하게 위험이 증가하였다[29]. 또한 높은 대기온도와 가뭄은 화재를 잘 일으키고, 화재를 통해 발생한 분진은 여러 나라에 광범위한 영향을 초래할 수 있다. 화재로 인한 분진은 특히 호흡기 증상의 발생을 일으키고, 천식 환자에서는 건강한 사람에 비해 더 심각한 영향을 받는다[30].

뇌우는 천식 악화의 급격한 발생과 연관이 있다(thunderstorm asthma)[31]. 뇌우 현상이 천식 악화로 인한 응급실 방문과 입원을 일으킨다는 연관성은 1985년에 영국에서 처음 보고되었고 이후 여러 나라에서도 비슷한 현상이 관찰되고 있다[32]. 뇌우에 수반되는 삼투압 충격으로 꽃가루의 세포질 내 성분이 터져나오게 되고 강한 바람과 함께 분산되는 것이 주된 기전으로 설명되고 있다[33]. 꽃가루뿐 아니라 *Alternaria* 등 곰팡이 포자에 노출이 증가되는 것 역시 중요한 기전 중 하나이므로, 꽃가루와 곰팡이 알레르기가 있는 사람에서 더욱 주의가 필요하다[34].

### 6. 호흡기 감염

호흡기 감염은 천식의 발생에도 영향을 미치며 급성악화의 중요한 원인이다. 기후변화는 호흡기 감염에 영향을 줌으로써 천식의 발생과 진행에 영향을 미칠 수 있다. 특히 감기 등 바이러스 감염은 겨울에 높은 발생양상을 보이고[35], 65세 이상 성인에서는 겨울에 천식 악화로 인한 입원과 사망이 높았다[36]. 이러한 점들은 지구온난화와 함께 겨울이 좀더 따뜻하게 되면 천식환자에서 호흡기 감염과 이로 인한 천식 악화가 줄어들 가능성을 시사한다. 그러나 기후변화로

인한 대기오염 등의 영향으로 기도염증과 호흡기 감염에 대한 감수성이 증가하여 호흡기 감염이 증가할 수 있으므로, 기후변화가 호흡기 감염에 미치는 전체적인 영향에 대한 평가에는 신중한 평가가 필요하다.

기후변화가 숙주에 미치는 영향 이외에도 인플루엔자의 진화에도 영향을 주었다는 주장들이 있다. 최근의 인플루엔자 바이러스의 적혈구응집소(haemagglutinin)와 뉴라미니다아제(neuraminidase)의 아형 다양화가 일어난 시기가 16-19세기 동안 기온이 감소하였던 소빙하기(little ice age)와 일치하고 있다는 사실에 근거하여, 향후 기후변화가 바이러스의 유행과 항원성 변이와 다양화를 초래하여 인플루엔자 대유행을 일으킬 수 있음을 경고하고 있다[37].

## 기후변화의 영향 예측과 제한점

천식은 매우 다양한 양상을 보이는 복합 질환이며, 천식의 발생에는 여러 기전이 작용한다. 기후변화가 천식발생에 미치는 영향 역시 복잡적이고, 여러 영향인자에 미치는 결과의 종합으로 나타나므로, 기후변화가 천식에 미치는 영향을 평가하는 것은 쉽지 않다. 이러한 제한점 때문에 기후변화가 전염성 질환에 미치는 영향과 비교하여 호흡기 알레르기 질환에 미치는 영향에 대한 관심이 낮았다. 앞으로 기후변화가 알레르기질환에 미치는 영향을 평가할 수 있는 방법과 모델이 적극적으로 시도되고 개발되어야 한다[38]. 방법론적인 제한과 함께 기후변화와 호흡기 알레르기질환의 연관성을 연구하는데 어려움 중 하나는 기후변화의 영향을 평가하기 위해 필요한 지난 수십 년간의 꽃가루 분포에 대한 지역적인, 전 세계적인 축적된 자료가 절대적으로 부족하다는 점이다. 기후변화는 지역에 따라 다른 결과를 초래할 수 있으므로 따라서 기후변화의 영향을 체계적으로 분석하기 위해서는 특정 지역에서의 결과뿐 아니라 세계 각 지역별로 장기간에 걸친 꽃가루 분포에 대한 모니터링과 자료분석이 요구된다. 또한 기후변화의 영향을 평가하기 위해 세계 여러 지역에서 동일한 방법에 의해 장기간에 걸쳐 조사된 천식과 알레르기비염의 유병률에 대한 조사 결과가 필요하다.

기후변화의 영향을 평가하는데 어려움 중 하나는 꽃가루

의 분포와 특성의 변화가 기후변화의 영향 외에도 인위적인 활동으로도 많은 영향을 받는다는 점이다. 즉 교통수단의 발달로 전세계적인 이동이 활발해지면서, 이전에 없던 식물과 알레르기항원이 새롭게 유입되어, 주요 알레르기항원으로 작용할 수 있다. 돼지풀(ragweed) 꽃가루의 경우 이전에 우리나라에 자생하는 식물이 아니라 북미지역에 서식하는 식물이었지만, 국내에 유입된 이후 현재는 우리나라 전역에서 주요한 가을철 알레르기항원으로 큰 영향을 미치고 있다[39]. 지역적으로 호흡기 알레르기질환의 원인 알레르기항원의 감작률이 차이가 있는 점도 고려하여야 한다. 우리나라와 같이 넓은 면적이 아닌 경우에도 도시와 농촌, 지역적인 특성에 따라 꽃가루 알레르기항원의 감작률의 차이를 보이고 있다[40]. 이러한 사실은 인접한 지역으로 기후변화의 영향을 어느 정도 비슷하게 받더라도 지역적인 여러 환경차이에 의하여 알레르기항원에 대한 감작과 질병발생에 미치는 영향이 다르게 나타날 수 있음을 시사한다. 교통수단의 개발로 인한 교류 외에도 인위적인 도시화와 조경사업 역시 꽃가루 분포와 특성에 영향을 준다. 따라서 기후변화가 꽃가루에 미치는 영향을 평가할 때 이러한 인위적인 영향 등을 고려하여 평가하여야 하므로 연구에 어려움이 있다. 그러나 천식이 인류 건강을 위협하는 주요 질환이고, 사회 경제적 부담이 상당함을 고려하면 앞으로 기후변화가 천식에 미치는 영향에 대한 활발한 역학적 연구와 기전연구가 요구된다.

## 기후변화에 대한 대응책

기후변화가 호흡기 알레르기질환에 미치는 영향과 기전에 대한 연구를 활발히 전개함과 함께 우리가 기후변화와 이로 인한 건강영향에 어떻게 대응하여야 하는지 모색이 필요하다. 먼저 기후변화의 직접적인 원인이 되는 온실가스를 감축하기 위한 방법들을 실천하기 위한 완화(mitigation) 수단을 적극 사용하고 각 나라별로 법률적 규제와 홍보를 수행하여야 한다. 그리고 전 세계적인 공동 노력과 공동 부담을 위한 각국의 협의를 도출하는 노력을 경주하여야 한다. 이러한 결과로 기후변화에 관한 정부간 협의체(Intergo-

vernmental Panel on Climate Change)와 기후변화에 관한 국제연합기본협약(United Nations Framework Convention on Climate Change) 등의 조직이 결성되어 활동하고 있으며, 기후변화 추세와 원인 및 영향평가, 정책개발 등의 과제를 수행하고 보고서를 발간하여 정부간 협상과 각국의 정책입안과 집행의 근거자료로 활용하고 있다. 이러한 노력을 충분히 기울이더라도, 현재의 기후변화 경향을 단기간에 되돌리기는 어렵다. 따라서 기후변화로 인한 건강영향, 특히 호흡기 알레르기질환에 미치는 영향을 최대한 줄이기 위한 적응 준비가 필요하다[41].

기후변화에 대한 이러한 대응과 준비에서 의사들은 어떤 역할을 하여야 할까? 기후변화가 건강에 미치는 악영향에 대하여 충분한 연구를 수행함과 함께, 이러한 영향을 시민들에게 적극 홍보하여 기후변화에 대한 사회적 관심을 환기시켜야 한다. 그리고 온실가스를 감축하기 위한 여러 정책수단에 적극 협력하고 세부적인 시행과정에 활발히 동참하고, 정부의 법률적, 정책적 대응노력을 촉구하여야 한다. 의사들의 이러한 모습은 환자들과 시민들에게 큰 영향을 줄 수 있다. 또한 대기오염의 모니터링과 꽃가루 지수 측정을 통해 기후변화의 악영향을 조기에 차단할 수 있는 경보시스템을 개발하는데 협력하여야 한다. 또한 재해와 응급상황에 대한 대비책을 마련하고 조직하는데 노력하고, 특히 대기오염의 영향에 취약한 환자군을 선별하고 조기에 위험을 차단할 수 있는 방법을 마련하여야 한다.

## 결 론

인간활동 증가로 인한 온실가스 증가로 지구의 기후는 변화하고 있으며, 향후에도 큰 변화가 있을 것으로 예측되고 있다. 기후변화는 대기온도 상승, 폭우와 혹서 등 극한 날씨, 해수면 증가 등으로 생태계에 변화를 초래하고 인간의 생명과 건강에 큰 영향을 준다. 기후변화로 인하여 천식과 알레르기비염 등 호흡기 알레르기질환의 발생과 경과에도 영향을 받으며, 이는 꽃가루와 곰팡이 등 알레르기항원 노출증가, 대기오염 증가, 극한 날씨의 직접적인 영향, 호흡기 감염에 미치는 기전을 통해 나타난다. 온실가스배출과 기후변화

를 줄이기 위한 전지구적 협력이 이루어지고 있으며, 각국에서도 정책적, 법률적, 산업적 대책을 강구하고 있다. 기후변화로 인한 호흡기 알레르기질환의 영향과 기전을 평가하고 적응하기 위한 대책을 마련하는데 의사들의 적극적인 참여와 노력이 필요하다.

**핵심용어:** 기후변화; 호흡기 알레르기질환; 천식; 알레르기비염

## REFERENCES

- Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt KB, Tignor M, Miller HL. Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. New York: Cambridge University Press; 2007. 996 p.
- Trenberth KE. Climate variability and global warming. *Science* 2001;293:48-49.
- McMichael AJ, Woodruff RE, Hales S. Climate change and human health: present and future risks. *Lancet* 2006;367:859-869.
- Beggs PJ. Adaptation to impacts of climate change on aeroallergens and allergic respiratory diseases. *Int J Environ Res Public Health* 2010;7:3006-3021.
- Eder W, Ege MJ, von Mutius E. The asthma epidemic. *N Engl J Med* 2006;355:2226-2235.
- Lee SI. Prevalence of childhood asthma in Korea: international study of asthma and allergies in childhood. *Allergy Asthma Immunol Res* 2010;2:61-64.
- Linneberg A, Jorgensen T, Nielsen NH, Madsen F, Frolund L, Dirksen A. The prevalence of skin-test-positive allergic rhinitis in Danish adults: two cross-sectional surveys 8 years apart. The Copenhagen Allergy Study. *Allergy* 2000;55:767-772.
- Strachan DP. Family size, infection and atopy: the first decade of the "hygiene hypothesis". *Thorax* 2000;55 Suppl 1:S2-S10.
- Beggs PJ, Bambrick HJ. Is the global rise of asthma an early impact of anthropogenic climate change? *Environ Health Perspect* 2005;113:915-919.
- Beggs PJ. Impacts of climate change on aeroallergens: past and future. *Clin Exp Allergy* 2004;34:1507-1513.
- Min YG. The pathophysiology, diagnosis and treatment of allergic rhinitis. *Allergy Asthma Immunol Res* 2010;2:65-76.
- Holgate ST. Pathogenesis of asthma. *Clin Exp Allergy* 2008;38:872-897.
- Wayne P, Foster S, Connolly J, Bazzaz F, Epstein P. Production of allergenic pollen by ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) is increased in CO<sub>2</sub>-enriched atmospheres. *Ann Allergy Asthma Immunol* 2002;88:279-282.

14. Frei T, Gassner E. Climate change and its impact on birch pollen quantities and the start of the pollen season an example from Switzerland for the period 1969-2006. *Int J Biometeorol* 2008;52:667-674.
15. Björkstén F, Suoniemi I. Time and intensity of first pollen contacts and risk of subsequent pollen allergies. *Acta Med Scand* 1981;209:299-303.
16. D'Amato G, Cecchi L, Bonini S, Nunes C, Annesi-Maesano I, Behrendt H, Liccardi G, Popov T, van Cauwenberge P. Allergenic pollen and pollen allergy in Europe. *Allergy* 2007; 62:976-990.
17. Ahlholm JU, Helander ML, Savolainen J. Genetic and environmental factors affecting the allergenicity of birch (*Betula pubescens* ssp. *czerepanovii* [Orl.] Hamet-ahti) pollen. *Clin Exp Allergy* 1998;28:1384-1388.
18. Cecchi L, D'Amato G, Ayres JG, Galan C, Forastiere F, Forsberg B, Gerritsen J, Nunes C, Behrendt H, Akdis C, Dahl R, Annesi-Maesano I. Projections of the effects of climate change on allergic asthma: the contribution of aerobiology. *Allergy* 2010;65:1073-1081.
19. Wolf J, O'Neill NR, Rogers CA, Muilenberg ML, Ziska LH. Elevated atmospheric carbon dioxide concentrations amplify *Alternaria alternata* sporulation and total antigen production. *Environ Health Perspect* 2010;118:1223-1228.
20. Fisk WJ, Lei-Gomez Q, Mendell MJ. Meta-analyses of the associations of respiratory health effects with dampness and mold in homes. *Indoor Air* 2007;17:284-296.
21. Jaakkola MS, Laitinen S, Piipari R, Uitti J, Nordman H, Haapala AM, Jaakkola JJ. Immunoglobulin G antibodies against indoor dampness-related microbes and adult-onset asthma: a population-based incident case-control study. *Clin Exp Immunol* 2002;129:107-112.
22. Chen KS, Ho YT, Lai CH, Tsai YA, Chen SJ. Trends in concentration of ground-level ozone and meteorological conditions during high ozone episodes in the Kao-Ping Airshed, Taiwan. *J Air Waste Manag Assoc* 2004;54:36-48.
23. Uysal N, Schapira RM. Effects of ozone on lung function and lung diseases. *Curr Opin Pulm Med* 2003;9:144-150.
24. Ren C, Williams GM, Mengersen K, Morawska L, Tong S. Does temperature modify short-term effects of ozone on total mortality in 60 large eastern US communities? An assessment using the NMMAPS data. *Environ Int* 2008;34:451-458.
25. Ebi KL, McGregor G. Climate change, tropospheric ozone and particulate matter, and health impacts. *Environ Health Perspect* 2008;116:1449-1455.
26. Valavanidis A, Loidas S, Vlahogianni T, Fiotakis K. Influence of ozone on traffic-related particulate matter on the generation of hydroxyl radicals through a heterogeneous synergistic effect. *J Hazard Mater* 2009;162:886-892.
27. Bartra J, Mullol J, del Cuvillo A, Davila I, Ferrer M, Jauregui I, Montoro J, Sastre J, Valero A. Air pollution and allergens. *J Investig Allergol Clin Immunol* 2007;17 Suppl 2:3-8.
28. Khalaj B, Lloyd G, Sheppard V, Dear K. The health impacts of heat waves in five regions of New South Wales, Australia: a case-only analysis. *Int Arch Occup Environ Health* 2010;83: 833-842.
29. Michelozzi P, Accetta G, De Sario M, D'Ippoliti D, Marino C, Baccini M, Biggeri A, Anderson HR, Katsouyanni K, Ballester F, Bisanti L, Cadum E, Forsberg B, Forastiere F, Goodman PG, Hojs A, Kirchmayer U, Medina S, Paldy A, Schindler C, Sunyer J, Perucci CA; PHEWE Collaborative Group. High temperature and hospitalizations for cardiovascular and respiratory causes in 12 European cities. *Am J Respir Crit Care Med* 2009;179: 383-389.
30. Delfino RJ, Brummel S, Wu J, Stern H, Ostro B, Lipsett M, Winer A, Street DH, Zhang L, Tjoa T, Gillen DL. The relationship of respiratory and cardiovascular hospital admissions to the southern California wildfires of 2003. *Occup Environ Med* 2009;66:189-197.
31. Taylor PE, Jonsson H. Thunderstorm asthma. *Curr Allergy Asthma Rep* 2004;4:409-413.
32. Packe GE, Ayres JG. Asthma outbreak during a thunderstorm. *Lancet* 1985;2:199-204.
33. D'Amato G, Liccardi G, Frenguelli G. Thunderstorm-asthma and pollen allergy. *Allergy* 2007;62:11-16.
34. Pulimood TB, Corden JM, Bryden C, Sharples L, Nasser SM. Epidemic asthma and the role of the fungal mold *Alternaria alternata*. *J Allergy Clin Immunol* 2007;120:610-617.
35. Ayres JG. Seasonal pattern of acute bronchitis in general practice in the United Kingdom 1976-83. *Thorax* 1986;41:106-110.
36. Fleming DM, Cross KW, Sunderland R, Ross AM. Comparison of the seasonal patterns of asthma identified in general practitioner episodes, hospital admissions, and deaths. *Thorax* 2000;55:662-665.
37. Gatherer D. The Little Ice Age and the emergence of influenza A. *Med Hypotheses* 2010;75:359-362.
38. Ayres JG, Forsberg B, Annesi-Maesano I, Dey R, Ebi KL, Helms PJ, Medina-Ramon M, Windt M, Forastiere F; Environment and Health Committee of the European Respiratory Society. Climate change and respiratory disease: European Respiratory Society position statement. *Eur Respir J* 2009; 34:295-302.
39. Kim CW, Lee JH, Jung HW, Choi SR, Cheong JW, Park JW, Hong CS. Changing patterns of skin reactivity to inhalant allergens in asthmatic patients. *J Asthma Allergy Clin Immunol* 2001;21:205-215.
40. Kim TB, Kim KM, Kim SH, Kang HR, Chang YS, Kim CW, Bahn JW, Kim YK, Kang HT, Cho SH, Park HS, Lee JM, Choi IS, Min KU, Hong CS, Kim NS, Kim YY. Sensitization rates for inhalant allergens in Korea: a multi-center study. *J Asthma Allergy Clin Immunol* 2003;23:483-493.
41. Shea KM, Truckner RT, Weber RW, Peden DB. Climate change and allergic disease. *J Allergy Clin Immunol* 2008;122:443-453.

 Peer Reviewers' Commentary

본 논문은 문제가 되고 있는 기후변화가 호흡기 알레르기질환에 미치는 영향에 대한 논문이다. 최근 호흡기 알레르기질환이 급증하고 있는데 가장 중요한 요인으로 생활 양식 변화, 기후변화 및 대기오염이 주목받고 있으며 다수의 연구논문이 쏟아져 나오고 있는 실정이다. 본 논문에서는 이러한 요인과 호흡기 알레르기질환의 연관성에 대해 자세하게 설명하면서 요점을 잘 요약하고 있다. 아울러 기후변화로 인한 호흡기 알레르기질환 악화의 예방책과 이에 대한 의료인으로서 자세까지 구체적으로 검토하고 있다. 본 논문은 기후변화가 호흡기 알레르기질환에 미치는 영향과 이에 대한 기전 이해에 크게 도움을 줄 뿐 만아니라 예방을 위한 가이드를 제시하고 있다.

[정리:편집위원회]

자율학습 2011년 1월호 (파킨슨병의 유전 인자) 정답

- |      |       |
|------|-------|
| 1. ① | 6. ③  |
| 2. ② | 7. ①  |
| 3. ④ | 8. ④  |
| 4. ③ | 9. ③  |
| 5. ④ | 10. ② |