

대한민국 서울 수도권 지역에서 참나무, 소나무, 환삼덩굴, 돼지풀 꽃가루 알레르기 위험지수에 대한 보정 연구

최영진,¹ 전주희,² 정진혁,³ 김규량,⁴ 이영섭,⁵ 오재원,^{1,2}

¹한양대학교 구리병원 소아청소년과, ²한양대학교 의과대학 대학원, ³한양대학교 구리병원 이비인후과, ⁴국립기상과학연구소 응용기상연구소, ⁵동국대학교 통계학과

Revision of threshold levels for evoking pollinosis to oak, pine, Japanese hop, and ragweed in the metropolitan area Seoul, Korea

Young-Jin Choi,¹ Ju-Hee Jeon,² Jin Hyeok Jeong,³ Kyu-Rang Kim,⁴ Yung-Seop Lee,⁵ Jae-Won Oh^{1,2*}

¹Department of Pediatrics, Hanyang University Guri Hospital, Guri; ²Department of Medicine, Graduate School of Hanyang University, Guri; ³Department of Otolaryngology-Head and Neck Surgery, Hanyang University College of Medicine, Guri; ⁴Applied Meteorology Research Division, National Institute of Meteorological Sciences, Guri; ⁵Department of Statistics, Dongguk University, Seoul, Korea

Purpose: The threshold levels for symptom development of pollinosis vary among studies and countries. This study aimed to determine currently used threshold levels for it.

Methods: Oak, pine, Japanese hop, and ragweed pollen samples were collected daily for 8 years from the Seoul and Guri areas. A total of 792 subjects with allergy to these pollens were recruited. The symptom index (SI) was assessed through telephone interviews and allergy questionnaires, and data were analyzed using decision tree.

Results: The risk index for oak pollen allergy was "mild" when the pollen count was 0–2 grains/m³, "moderate" when it was 3–11 grains/m³, "severe" when it was 12–28 grains/m³, and "dangerous" when it was ≥ 29 grains/m³. The risk level for pine pollen allergy was "mild" when the pollen count was 0–4 grains/m³, "moderate" when it was 5–42 grains/m³, "severe" when it was 43–66 grains/m³, and "dangerous" when it was ≥ 67 grains/m³. For Japanese hop pollen allergy, the risk level was "mild" when the pollen count was 0–8 grains/m³, "moderate" when it was 9–10 grains/m³, "severe" when it was 11–19 grains/m³, and "dangerous" when it was ≥ 20 grains/m³. Finally, for ragweed, the risk level was "mild" when the pollen count was 0–1 grains/m³, "moderate" when it was 2–6 grains/m³, "severe" when it was 7–33 grains/m³, and "dangerous" when it was ≥ 34 grains/m³.

Conclusions: Revising the threshold levels for the risk index for pollen allergies may be useful for developing pollen prediction models for patients with pollen allergies in Korea. (*Allergy Asthma Respir Dis* 2020;8:199-205)

Keywords: Pollen, Allergen, Pollen allergy, Threshold level

서론

최근 통계에 따르면 세계 인구의 15%–25%가 알레르기질환으로 고통받고 있다.¹ 이상 기후 변화로 인해 미세먼지나 꽃가루 농도가

증가함에 따라 알레르기 질환이 급증하고 있는 현상은 세계적인 추세이다.^{1,3} 최근 성인뿐 아니라 소아에게서도 천식이나 알레르기 비염, 알레르기결막염 등의 발병이 매년 증가하고 있다.^{2,4} 이에 대해 현재까지는 집먼지진드기나 개, 고양이 등과 같은 애완동물의

Correspondence to: Jae-Won Oh <https://orcid.org/0000-0003-2714-0065>
Department of Pediatrics, Hanyang University Guri Hospital, 153 Gyeongchun-ro, Guri 11923, Korea
Tel: +82-32-560-2257, Fax: +82-32-552-9493, E-mail: Jaewonoh@hanyang.ac.kr

• This research was supported by the "Research and Development for KMA Weather, Climate, and Earth system Services" of the National Institute of Meteorological Sciences (NIMS) of the Korea Meteorological Administration (KMA).

Received: January 28, 2020 Revised: July 27, 2020 Accepted: July 27, 2020

© 2020 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 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

털, 바퀴벌레 등이 원인 실내 알레르겐으로 많이 작용하는 것으로 알려졌다.^{1,2,5,6} 그런데 최근에는 계절성 알레르기비염이나 알레르기 결막염이 급증하고 있어 알레르기유발 꽃가루 등 실외 알레르기유발물질에 대한 연구가 절실하게 요구되고 있다.^{5,6} 또한 기후변화 특히 미세먼지 증가와 꽃가루 수의 증가와 관련하여 알레르기질환이 급증하고 있는 현상은 세계적인 추세이며,² 환경 요인이 알레르기질환의 치료를 저해하고 증상을 악화하는 위험 인자로 지목되고 있다.^{7,8} 최근 꽃가루에 대한 감작률이 증가하면서 특히 꽃가루에 감작된 소아에게서 알레르기성 꽃가루가 잠재적인 위험으로 부상하고 있다.^{1,3,9} 일반적으로 꽃가루와 연관되어 유발되는 알레르기질환을 화분증(꽃가루병, pollinosis)이라 부르며 천식이나 알레르기비염과 같은 호흡기 알레르기뿐만 아니라 아토피피부염도 있다.^{8,10} 이러한 알레르기성 식물의 꽃가루는 작고 가벼워서 바람에 날리기 쉬워서 수백 킬로미터까지 이동하게 된다.^{4,8} 꽃가루는 겨울을 제외하고 2-11월에 지속적으로 관측된다. 그 종류에 따라 수목류의 꽃가루는 3-5월, 잔디류의 꽃가루는 5-9월, 잡초류의 꽃가루는 8-10월에 주로 관측되고 있다.^{2,6} 수목류에서는 소나무, 참나무, 자작나무 등이 주를 이루었으며, 잡초류의 경우 환삼덩굴, 쑥, 돼지풀이 주를 이룬다.

이러한 알레르기유발식물은 자연환경이 변형되고 개발된 지역, 예를 들어 개발된 주택가나 도로변 등에서 많이 자란다. 이렇게 우리 주변의 생활환경에 쉽게 노출되고 있다. 알레르기 반응의 강도는 꽃가루 노출량에 영향을 받기 때문에 해당 꽃가루에 감작된 환자의 증상 조절과 관리를 위해서는 환자의 꽃가루 노출 정도를 조사하는 것이 매우 중요하다.¹⁰⁻¹² 이는 꽃가루의 위험지수를 예측하는 데에 도움이 되며 증상을 예방하고 대비하는 데도 매우 중요하다.¹¹⁻¹⁴ 이러한 꽃가루 노출 정도와 알레르기 환자의 증상 발현 정도의 상관성을 예측한 꽃가루 예보시스템은 이미 미국과 유럽에서 개발되어 실행되었으며, 인터넷 포털사이트를 통해 정보를 공유하고 있다.^{15,16}

증상과 꽃가루 농도의 상관성을 이용한 예보시스템을 개발하고 실행하기 위해서는 증상 발현을 일으키는 임계수치와 증상을 악화하는 임계수치 등을 알아내는 것이 중요하다. 여러 국가에서 다양한 연구를 통해 증상 발현을 일으키는 꽃가루 농도의 역치 값에 대한 연구를 시행하였는데 연구마다 그 값이 다르게 나타났다.¹⁰⁻¹⁶

국내에서는 2008년 이전까지만 해도 알레르기성 꽃가루 농도와 관련된 임상 자료에 대한 수치가 부족하여 한국 꽃가루알레르기 위험지수 및 예보시스템을 시행하기가 어려웠다. 현재 참나무, 소나무, 환삼덩굴, 돼지풀과 같은 주요 알레르기성 꽃가루의 농도를 지역별로 측정하고 위험도를 예측하고 있으나 이는 미국과 유럽 국가들의 꽃가루 위험지수 및 예보제를 수정하고 보완해서 사용하는 것이다.^{4,12} 꽃가루 알레르겐에 대한 노출 정도는 장소나 날씨 또는 시기에 따라 다를 수 있으며, 이 노출 정도는 감작률 및 증상 발현에

관련된 결정적 요인이다. 그러므로 감작률 분포는 유전적 요인뿐 아니라 기온, 기압, 대풍이나 대기오염 등과 같은 환경적 요인의 영향도 받는다.^{1,4,6,7} 그러므로 한국과 다른 국가들의 환경 차이가 크므로 인해 다른 국가의 위험지수와 우리나라의 위험지수가 일치한다고 보기는 어렵다. 좀 더 정확한 위험지수 정보를 제공하고 올바른 예보시스템을 갖추기 위해서는 우리나라의 꽃가루알레르기 환자에 맞게 위험지수를 개선하는 것이 절실하게 필요한 상황이다.¹²

이에 이 연구는 현재 꽃가루 예보제에 사용하고 있는 위험지수의 단점을 해결하고, 우리나라 실정에 맞는 꽃가루알레르기 위험도, 특히 서울 수도권지역에 맞게 개정된 꽃가루알레르기 위험지수를 제공하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 대상

1) 대상자 선별

대상자 선별 지역은 수도권지역(서울 성동구, 경기도 구리시)으로 하였고 한양대학교 서울병원과 한양대학교 구리병원을 선정하였다.

2010-2017년에 한양대학교 서울병원과 한양대학교 구리병원 소아청소년과, 이비인후과에 알레르기비염 증상으로 내원한 환자 중 다음 4가지 질문에 3개 이상에서 “예”라고 대답한 환자를 대상으로 선별하였다. (1) 매년 봄 또는 가을이 되면 증상이 반복됩니까? (2) 알레르기비염 이외에 다른 증상(천식, 아토피피부염 등)이 있습니까? (3) 가족 중 알레르기 질환을 가진 경우가 있습니까? (4) 이 질환으로 병원에서 치료를 받았습니까?

선별된 환자 중 알레르기피부시험 및 혈액검사에서 우리나라 계절별 대표 알레르기식물인, 참나무(oak), 소나무(pine), 돼지풀(ragweed), 환삼덩굴(Japanese hop)에 감작된 것으로 확인된 환자를 매년 새로 선별하여 연구 대상으로 선정한 후 이 연구 관련 동의서를 취득하였다.

알레르기피부시험 및 혈액검사 결과에 기초하여 양성반응이 나온 꽃가루 종류에 따라 환자를 분류하여 참나무에 감작된 알레르기 환자군, 소나무에 감작된 알레르기 환자군, 돼지풀에 감작된 알레르기 환자군, 환삼덩굴에 감작된 알레르기 환자군으로 나누었다.

각 군의 환자가 양성반응을 보인 꽃가루가 날리는 시기의 증상자료만을 사용하여 분석하기로 계획하고 참나무, 소나무 꽃가루에 감작된 환자에게는 봄에만 증상 데이터를 수집하였으며 돼지풀, 환삼덩굴 꽃가루에 감작된 환자에게는 가을철에만 증상 데이터를 수집하였다.

이 연구는 한양대학교 구리병원의 기관감사위원회(Institutional Review Board, IRB)의 승인을 받은 후 시행하였다(IRB No. HYI-10-45).

Table 1. Symptom index according to modified total nasal symptom score

Symptom index	Sneezing	Rhinorrhea	Nasal obstruction	Nasal itching	Allergy medication
None	10	10	10	10	50
A little	20	20	20	20	50
Mild	30	30	30	30	50
Moderate	40	40	40	40	50
Severe	50	50	50	50	50

2) 증증도 평가를 위한 질문

대상자에게 감작된 꽃가루별로 봄철(3-7월)과 가을철(8-10월)에 주 3회 전화 설문조사를 하거나 주 1회 외래방문 시 설문지 작성을 실시하였다. 환자의 증상을 객관적으로 기록하기 위해 알레르기 비염 증상지수인 Total Nasal Symptom Score를 변용하여 사용하였다. 항목별로 최소 10점에서 최대 50점까지 증상에 따른 증증도를 분류하였다. 증상이 없으면 10점, 증상이 있으나 생활에 불편을 느끼지 않을 정도면 20점, 약간 불편할 정도면 30점, 많이 불편하면 40점, 증상이 심해 생활에 심하게 지장을 받을 정도면 50점으로 하였으며 5개 항목의 총점을 알레르기 증상지수(symptom index, SI)로 하였다(Table 1).

항히스타민제 등 알레르기 약물 복용으로 인해 증상이 경감되어 증상지수가 낮아지는 오류를 막기 위해서 연구 대상자가 알레르기 약제나 항히스타민제를 복용한 경우에는 증상이 있었던 것으로 간주하여 50점을 추가하는 방안을 고안하였다. 환자의 증상이 없는 경우에는 40점이 되며, 증상이 가장 심한 경우에는 200점이 되는데 이때 알레르기 약물을 복용한 경우에는 50점을 추가하여 알레르기 증상지수는 최소 40점에서 최대 250점까지 분포되게 하였다. 이때 약물을 복용하여 증상이 없는 경우에는 90점이 되도록 하여 실제 증상이 없는 환자의 점수인 40점과 구분되게 하였다.

2. 꽃가루

1) 꽃가루 채집 및 농도 측정

2010년 3월 1일부터 2017년까지 10월 30일까지 8년간 매일 한양대학교 서울병원과 구리병원에서 Burkard Seven-days Sampler (Burkard Manufacturing Co Ltd., Hertfordshire, UK)를 이용해 측정하였다. 측정기는 연구자의 접근이 쉽고, 주변 환경이 관측에 적합한 15 m 높이의 건물 옥상의 옥상 면으로부터 1.5 m 높이에 설치하였다.

2) 꽃가루 농도 측정

매주 꽃가루를 채집한 7일용 드럼을 7일 간격으로 수집하여 2명의 판독 전문연구원이 판독하였다. 글리세린 접착비닐을 Calberla's fuchsin 용액(10 mL glycerin, 20 mL 95% Alcohol, 30 mL distilled water와 0.2 mL basic fuchsin)으로 염색하여 400배 비율의 광학현

미경으로 관찰 동정하였으며, m³당 증별 꽃가루 수를 계산하여 기록하였다. 꽃가루는 알레르기 유발 식물을 고려하여 크기와 형태 그리고 표면 무늬에 따라 감별하였다.

3. 꽃가루 농도와 알레르기 증상지수의 관계 분석

이 연구는 전향적 연구로 2010년부터 2017년까지 8년간 해마다 3월 1일부터 10월 30일까지 8개월간 서울과 구리 지역의 증별 꽃가루 농도의 합과 환자 개별 증상지수 자료와 증상지수의 평균을 이용하여 분석하였다.

증별 꽃가루가 관측되는 시점부터 관측되지 않는 기간에 해당한는 꽃가루 농도와 증상지수의 평균 자료만을 분석대상으로 지정하여 비교하였다.

4. 통계

1) 상관계수

각각의 알레르기 꽃가루 농도와 꽃가루알레르기 반응을 일으키는 환자의 증상지수 평균 사이의 상관계수를 구하였다. 상관 계수는 상관 관계를 수치로 보여주는 값이며 -1에서 +1까지의 값을 가진다. +1은 가장 강한 양의 선형 상관관계를 나타내고 -1은 가장 강한 음의 선형 상관관계를 나타낸다. 상관 계수가 0에 가까워지면 선형 상관 관계가 없음을 나타낸다. 이 연구에서는 여러 유형의 상관 계수 중에서 Pearson 상관 계수와 교차 상관을 사용했다.

2) 의사결정나무 분석

의사결정나무(decision tree)는 의사결정 규칙을 도표화하여 관심 대상이 되는 집단을 몇 개의 소집단으로 분류하거나 예측을 수행하는 계량적 분석방법이다. 분석 결과는 '조건 A이고, 조건 B이면 결과집단 C'라는 형태의 규칙으로 표현된다. 의사결정나무의 맨 위쪽에 위치하는 마디를 가리켜서 뿌리마디(root node)라고 부르는데, 이는 분류 대상이 되는 모든 개체 집단을 의미한다. 하나의 마디가 하부 마디로 분화될 때, 특정 마디 위쪽에 존재하는 마디를 부모마디(parent node)라고 부르고 특정 마디 아래쪽에 존재하는 마디를 자식마디(child node)라고 부른다. 마디가 더는 분화되지 않는 최종 마디는 끝마디(terminal node)라고 부른다. 간단히 부모마디를 상위마디, 자식마디를 하위마디라 표현하기도 한다. 이와 같이 각 마디가 분화되어 있는 모습이 나무의 모양을 닮았다고 하여 이를 의사결정나무라고 부른다.

이 연구에서는 유의한 결과를 얻기 위해 증상지수 평균 값에 10을 곱해 최저값이 400이 되게 보정하여 분석하였으며 분석 기간 내 꽃가루 농도가 0 grain/m³인 값과 500 grain/m³ 이상의 값인 경우는 오류로 생각하고 제외하였다.

Table 2. Characteristics of the subjects

Year	Spring			Autumn			Total No.
	No.	Sex, male:female	Age (yr)	No.	Sex, male:female	Age (yr)	
2010	47	26:21	22±6	43	23:20	31±5	90
2011	49	24:25	21±6	49	24:25	24±7	98
2012	51	23:28	23±4	54	27:27	19±5	105
2013	51	26:25	20±6	43	21:22	30±3	94
2014	48	21:27	21±3	49	25:24	22±4	97
2015	50	28:22	32±6	57	32:25	20±2	107
2016	52	28:25	27±6	49	30:19	28±4	101
2017	49	26:23	32±7	51	27:24	22±8	100
Total	397	202:195	27±6	395	209:186	28±7	792

Values are presented as number or mean ± standard deviation.

Table 3. Correlation coefficients between pollen count and symptom index

Pollen	Pollen (t)	Pollen (t-1)	Pollen (t-2)	Pollen (t-3)
Oak	0.1952	0.1749	0.1443	0.1638
Pine	0.1610	0.1053	0.0710	0.0614
Ragweed	0.3101	0.2919	0.2593	0.2058
Japanese hop	0.3355	0.3140	0.2646	0.2202

Pollen (t): pollen count on the day when the symptom index was highest. Pollen (t-1): pollen count one day before the day when the symptom index was highest. Pollen (t-2): pollen count two days before the day when the symptom index was highest. Pollen (t-3): pollen count three days before the day when the symptom index was highest.

결 과

1. 연구 대상 모집 결과

연구 기간에 모집된 대상자의 총인원은 792명이고, 대상자의 연령 분포는 9–47세이며 평균 연령은 28 ± 5.3세, 성별 비율(남:여)은 411:381이었다(Table 2).

참나무 꽃가루에 감작된 환자군은 295명, 소나무 꽃가루에 감작된 환자군은 153명, 돼지풀 꽃가루에 감작된 환자군은 236명, 환삼덩굴 꽃가루에 감작된 환자군은 231명이었다.

2. 알레르기 꽃가루 농도와 알레르기 증상과의 상관성 비교

각 꽃가루 유형에 대해 증상지수가 가장 높았던 날 (t)시점의 SI (t)와 (t)시점의 꽃가루 농도 pollen (t)와 1일 전 꽃가루 농도 pollen (t-1), 2일 전의 꽃가루 농도 pollen (t-2)와의 상관계수를 각각 구해 보았을 때 같은 시점인 SI (t)와 pollen (t)에서 가장 높았다. SI (t)와 pollen (t)의 상관계수는 참나무 꽃가루의 경우에 0.20, 소나무 꽃가루의 경우에 0.16, 돼지풀 꽃가루의 경우에 0.31, 환삼덩굴 꽃가루의 경우에 0.34였다(Table 3).

3. 꽃가루 종별 인체 위험지수 등급

꽃가루별 알레르기 꽃가루 농도와 알레르기 증상지수의 상관계

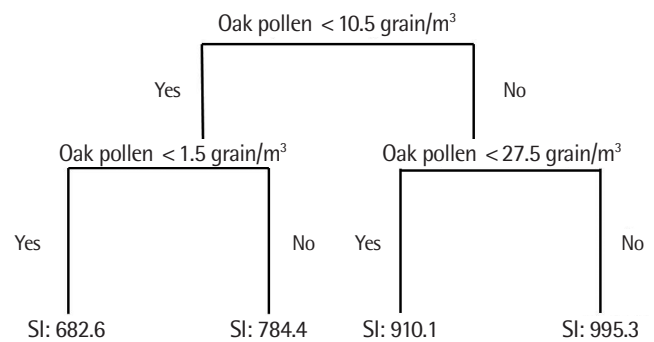


Fig. 1. Decision tree analysis for oak pollen. When the number of oak pollen was ≥ 27.5 grain/m³, the symptom index (SI) was 995.3; when it was 10.5–27.5 grain/m³, the SI was 910.1; when it was 1.5–10.5 grain/m³, the SI was 784.4; and when it was < 1.5 grain/m³, the SI was 682.6. The risk index for oak pollen allergy was “mild” when the pollen count was 0–2 grain/m³, “moderate” when it was 3–11 grain/m³, “severe” when it was 12–28 grain/m³, and “dangerous” when it was ≥ 29 grain/m³.

수가 가장 높았던 시점에서 의사결정나무를 사용해 위험지수 등급을 분석하였다. 각 마디의 값은 꽃가루의 농도를 반영하기 위해 소수점 이하 두 번째 자리까지 반올림하였으며, 인접한 범주가 겹치지 않도록 범주 한도를 정하였다.

참나무 꽃가루에 양성 반응을 보인 환자의 SI (t)의 평균 수치와 꽃가루 농도를 의사결정나무 분석을 이용한 결과, 상단마디에서 참나무 꽃가루 농도가 10.5 grain/m³로 분할되었고, 첫 번째 하단마디에서 각각 1.5 grain/m³, 27.5 grain/m³로 분할되었다. 그 결과 참나무의 꽃가루알레르기 위험지수는 꽃가루 농도가 0–2 grain/m³이면 ‘미약’, 3–11 grain/m³이면 ‘보통’, 12–28 grain/m³이면 ‘심각’, 29 grain/m³ 이상이면 ‘위험’에 해당한다(Fig. 1).

소나무 꽃가루에 양성반응을 보인 환자의 SI (t)의 평균 수치와 꽃가루 농도를 의사결정나무 분석을 이용한 결과 상단마디에서 소나무 꽃가루 농도가 67 grain/m³로 분할되었고, 첫 번째 하단마디에서 4.5 grain/m³로, 두 번째 하단마디에서 42.5 grain/m³로 분할

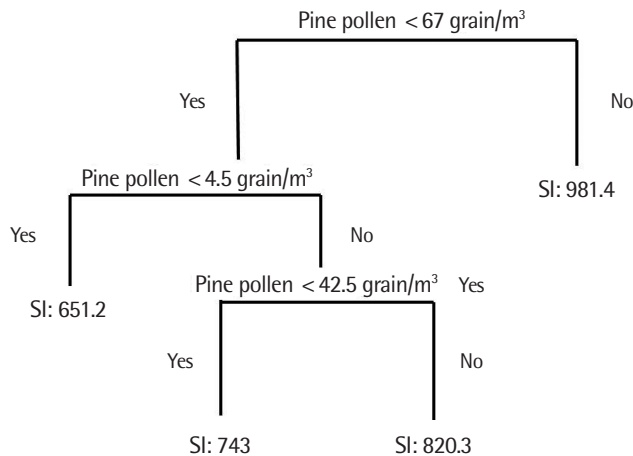


Fig. 2. Decision tree analysis for pine pollen. When the number of pine pollen was ≥ 67 grain/m³, the symptom index (SI) was 981.4; when it was 42.5–67 grain/m³, the SI was 820.3; when it was 4.5–42.5 grain/m³, the SI was 743 and when it was < 4.5 grain/m³, the SI was 651.2. The risk index for pine pollen allergy was “mild” when the pollen count was 0–4 grain/m³, “moderate” when it was 5–42 grain/m³, “severe” when it was 43–66 grain/m³, and “dangerous” when it was ≥ 67 grain/m³.

되었다. 그 결과 소나무의 꽃가루알레르기 위험지수는 꽃가루 수가 0–4 grain/m³이면 ‘미약’, 5–42 grain/m³이면 ‘보통’, 43–66 grain/m³이면 ‘심각’, 67 grain/m³ 이상이면 ‘위험’에 해당한다(Fig. 2).

환삼덩굴 꽃가루에 양성 반응을 보인 환자의 SI (t)의 평균수치와 꽃가루 농도를 의사결정나무 분석을 이용한 결과 상단마디에서 환삼덩굴 꽃가루 농도가 8.5 grain/m³로 분할되었고, 첫 번째 하단마디에서 19.5 grain/m³로, 두 번째 하단마디에서 10.5 grain/m³로 분할되었다. 그 결과 환삼덩굴(Japanese hop)의 꽃가루알레르기 위험지수는 꽃가루 농도가 0–8 grain/m³이면 ‘경도’, 9–10 grain/m³이면 ‘중간’, 11–19 grain/m³이면 ‘심각’, 20 grain/m³ 이상이면 ‘위험’에 해당한다(Fig. 3).

돼지풀 꽃가루에 양성 반응을 보인 환자의 SI (t)의 평균수치와 꽃가루 농도를 의사결정나무 분석을 이용한 결과 상단마디에서 환삼덩굴 꽃가루 농도가 6.5 grain/m³로 분할되었고, 첫 번째 하단마디에서 각각 1.5 grain/m³, 34 grain/m³로 분할되었다. 그 결과 돼지풀의 꽃가루알레르기 위험지수는 꽃가루 농도가 0–1 grain/m³이면 ‘경도’, 2–6 grain/m³이면 ‘중간’, 7–33 grain/m³이면 ‘심각’, 34 grain/m³ 이상이면 ‘위험’에 해당한다(Fig. 4).

분석 결과에 따라 우리나라 환경에 맞게 수정한 꽃가루알레르기 위험지수를 정리하였고 이 자료는 지금까지 국내에서 시행하고 있던 기준치와 많은 차이를 보임을 알 수 있다(Table 4).

고 찰

이 연구는 계절성 알레르기비염 증상을 호소하는 환자 중 알레

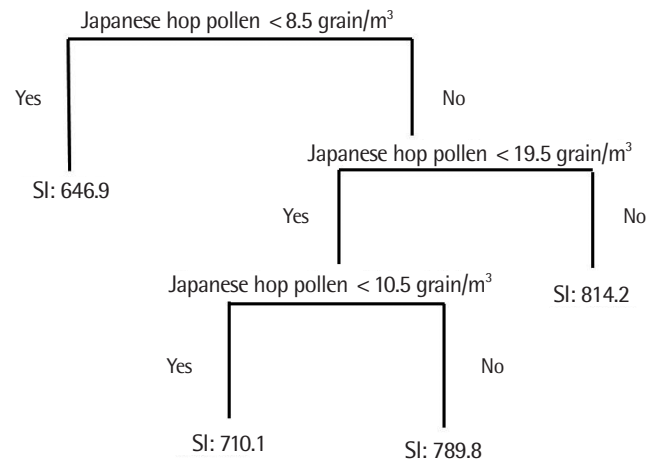


Fig. 3. Decision tree analysis for Japanese hop pollen. When the number of Japanese hop pollen was ≥ 19.5 grain/m³, the symptom index (SI) was 814.2; when it was 10.5–19.5 grain/m³, the SI was 789.8; when it was 8.5–10.5 grain/m³, the SI was 710.1; and when it was < 8.5 grain/m³, the SI was 646.9. The risk index for Japanese hop pollen allergy was “mild” when the pollen count was 0–8 grain/m³, “moderate” when it was 9–10 grain/m³, “severe” when it was 11–19 grain/m³, and “dangerous” when it was ≥ 20 grain/m³.

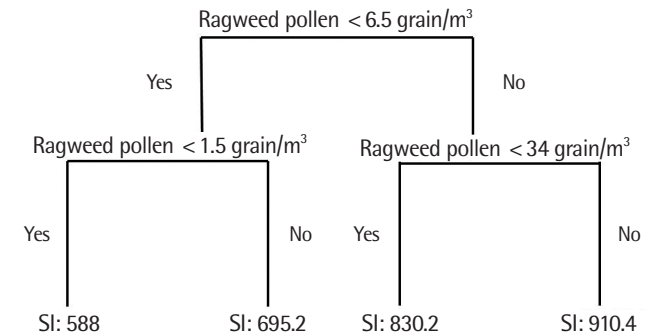


Fig. 4. Decision tree analysis for ragweed pollen. When the number of ragweed pollen was ≥ 34 grain/m³, the symptom index (SI) was 910.4; when it was 6.5–34 grain/m³, the SI was 830.2; when it was 1.5–6.5 grain/m³, the SI was 695.2; and when it was < 1.5 grain/m³, the SI was 588. The risk index for ragweed pollen allergy was “mild” when the pollen count was 0–1 grain/m³, “moderate” when it was 2–6 grain/m³, “severe” when it was 7–33 grain/m³, and “dangerous” when it was ≥ 34 grain/m³.

르기피부시험 및 혈액검사상에서 우리나라 주요 알레르기 꽃가루에 감작된 것으로 확인된 환자를 선별하여 그들의 알레르기비염 증상점수를 증상지수로 하여 지속적으로 조사하였다. 위험지수 등급을 구하기 위해 알레르기 꽃가루 개체 수와 알레르기 환자가 증상이 발현되는 시점의 증상지수의 평균치 사이의 상관관계를 파악하여 임상적으로 꽃가루 개체 수에 따른 위험지수 등급을 분석하였다. 이 연구에서는 주어진 조건에서의 위험지수 등급을 구하기 위해 의사결정나무 분석을 이용하여 미약(mild), 조심(moderate), 심각(severe), 위험(dangerous)로 등급을 정하였다. 그 결과는 그동안 국내에서 사용하고 있던 위험지수 등급의 기준과 많은 차이를

Table 4. Comparison between the old risk index and our revised risk index for pollen allergies in Korea

Risk index	Oak (grain/m ³)		Pine (grain/m ³)		Japanese hop (grain/m ³)		Ragweed (grain/m ³)	
	Previous	Revised	Previous	Revised	Previous	Revised	Previous	Revised
Mild	0-49	0-2	0-499	0-4	0-49	0-8	0-19	0-1
Moderate	50-99	3-11	500-999	5-42	50-99	9-10	20-49	2-6
Severe	100-199	12-28	1,000-1,499	43-66	100-299	11-19	50-99	7-33
Dangerous	≥200	≥29	≥1,500	≥67	≥300	≥20	≥100	≥34

보였고 이 논문의 연구진은 이 결과를 이용하여 한국 고유의 꽃가루알레르기 환자에게 맞는 위험지수 등급 기준을 재설정하고 개정하고자 하였다.

최근 전 세계적으로 알레르기 유발 식물의 꽃가루 수가 증가하고 있는 것으로 나타나고 있다.³⁹ 우리나라에서도 봄철에는 자작나무, 참나무, 가을철에는 환삼덩굴, 돼지풀 등 알레르기 유발식물의 개체 수가 점점 증가하고 있으며 이들 꽃가루에 대한 감작률도 증가하고 있는 추세이다.¹⁻⁶ 이로 인해 꽃가루알레르기 환자가 증가하고 있고 증상 심화로 고통받고 있다. 세계 여러 나라에서 이런 현상에 맞추어 꽃가루 수에 따른 위험지수를 지정하고 적절한 위험도 예측 모델을 개발하고자 애쓰고 있으며 이를 위한 다방면의 연구가 진행 중이다. 여러 국가에서 알레르기 증상 발현을 일으키는 꽃가루의 최소 농도와 증상 악화를 유발하는 꽃가루 농도 등을 구하여 위험지수를 산출하고 예측모델을 개발하고자 하였다. 이러한 여러 국가의 다양한 연구 결과를 살펴보면 폴란드에서는 자작나무 꽃가루의 경우에는 증상 발현의 최소 농도를 20 grain/m³로 지정하였다. 반면 핀란드에서는 증상 발생의 최소치를 30 grain/m³으로 지정하고 위험지수는 10 grain/m³ 이하에서 '낮음', 10-100 grain/m³에서 '보통', 100 grain/m³ 이상에서 '위험'으로 지정하였다.^{15,17}

또한 프랑스의 경우에는 지역별로 다른데, 북부지역에선 돼지풀 꽃가루 농도가 80 grain/m³ 이상에서 위험 정도를 '보통'으로 지정하였고, 중부지방에선 2 grain/m³ 이상을, 중해 지역에선 20 grain/m³ 이상을 각각 '보통'의 위험 정도로 지정하였다.¹⁸

이렇게 여러 연구에서 대기 중의 꽃가루의 농도는 증상 발현 및 증상의 중증도와 의미 있는 상관관계를 이루었으나 지역마다 증상 발현을 일으키는 꽃가루 수가 다를 수 있음을 알 수 있었다.

표본 채취 시기, 방법, 위치, 꽃가루의 크기와 기상 조건 그리고 대기 안정성 등에 따라 꽃가루의 농도에 차이가 날 수 있고 환자의 특성, 감작 정도에 따라 증상 발현의 정도에 차이가 있을 수 있다.^{19,23} 이러한 여러 변수로 인해 연구마다 증상 발현 임계수치와 위험지수 등급이 다르게 나타나는 것으로 보인다.

이와 같이 인종마다, 지역마다 차이가 있어 통계적으로 의미 있는 위험지수 등급을 구하기는 매우 어렵다. 국내에서도 다양한 연구를 시도하고 있지만 현재까지는 우리나라 고유의 위험지수 등급 보다는 미국, 유럽과 같이 광범위한 지역의 차이를 포괄적으로 분

석하고 다년간 축적된 자료를 이용해 지정된 위험등급을 종합한 지수를 변용하여 꽃가루알레르기 위험도를 지정해 사용하고 있다.^{4,12} 그러므로 이는 국내 실정에 잘 맞지 않고 등급 간에 매우 큰 폭의 차이를 보이고 있다(Table 4).^{4,12} 이 연구는 현재 사용하고 있는 위험등급의 문제점을 보완하고 개선해 국내 환경에 맞는 새로운 등급을 정하고자 하였으며 서울 도심지역에서 꽃가루알레르기 발생을 예측하기 위해 참나무, 소나무, 환삼덩굴, 돼지풀 꽃가루의 증상 발현 임계수치를 평가하여, 현재 사용되고 있는 위험지수를 한국 환경에 적합한 수치로 수정하는 것을 목표로 하였다. 그 결과의 사결정나무 분석을 이용하여 위험지수를 재지정하였고 등급 간의 간격이 좁아졌으며 지금까지 국내에서 사용해 왔던 기준치와 많은 차이를 보이는 새로운 위험지수표를 만들 수 있었다.

이 연구가 가지는 몇 가지 한계점이 있다. 첫째, 이 연구의 공간적 범위는 서울 수도권지역에만 국한되고 다양한 지역을 대상으로 연구하지는 못하여 통계적 결과를 구하는 데에는 아직 부족하다는 것이며, 둘째, 8년의 짧은 기간에 소수 피험자를 대상으로 실시되었다는 것이다. 마지막으로 비염 증상을 악화하는 요인이 꽃가루 외에도 미세먼지, 황사, 기온, 습도, 바이러스 감염 등 변수가 많은데 이런 교란변수를 보정하지 못했다는 점이 있다.

그러나 비록 환자 데이터 수가 적을 수는 있지만, 전향적으로 연구를 설계하여 알레르기 위험에 대한 보다 상세한 그림을 제시했다는 것과 우리나라 상황에 맞는 꽃가루알레르기 위험지수를 개발할 수 있는 토대를 마련했다는 데에 이 연구의 큰 의미가 있다고 할 수 있다.

향후 기후변화로 대기 중 꽃가루 수와 분포의 지속적인 변화가 예상되고 꽃가루알레르기 질환 환자가 늘어가고 있는 시점에서 한국에 맞는 독자적인 위험지수표를 만드는 것은 매우 중요하다. 더 넓은 지역과 다양한 꽃가루를 대상으로 기후와 환경 요인 등 여러 변수와 함께 연구를 지속하여 구체적이고 정확한 위험지수를 작성할 필요가 있으며 이 연구가 미래 연구에 기초 자료가 될 수 있을 것으로 기대한다.

결론적으로 이 연구는 한국에서 현재 사용하고 있는 위험지수의 단점을 제시하고 참나무, 소나무, 환삼덩굴, 돼지풀 꽃가루에 대한 서울 수도권지역에 맞춘 새로운 위험지수를 제안하였다. 이번 연구 결과는 꽃가루알레르기의 증상 발현 임계수치 개정이 꽃가루

위험도 예측 모델에 매우 중요하고 꽃가루알레르기 환자에게 유용할 수 있다는 것을 보여줌으로써 향후 한국 특유의 꽃가루알레르기 위험지수를 개발할 수 있는 토대를 마련하였다.

REFERENCES

- Kim JW, Oh JW, Lee HB, Kim SW, Kang IJ, Kook MH, et al. Changes in sensitization rate to weed allergens in children with increased weeds pollen counts in Seoul metropolitan area. *J Korean Med Sci* 2012;27:350-5.
- Burr ML, Emberlin JC, Treu R, Cheng S, Pearce NE. Pollen counts in relation to the prevalence of allergic rhinoconjunctivitis, asthma and atopic eczema in the International Study of Asthma and Allergies in Childhood (ISAAC). *Clin Exp Allergy* 2003;12:1675-80.
- Jin HJ, Kim EJ, Kim JH, Park HS. Impacts of climate change on aeroallergens. *J Korean Med Assoc* 2011;54:156-60.
- Kim KR, Park KJ, Lee HR, Kim M, Choi YJ, Oh JW. Development and evaluation of the forecast models for daily pollen allergy. *Korean J Agricul Forest Meteorol* 2012;14:265-8.
- Oh YC, Kim HA, Kang IJ, Cheong JT, Oh JW, Lee HB, et al. Evaluation of the relationship between pollen count and the outbreak of allergic diseases. *Pediatr Allergy Respir Dis (Korea)* 2009;19:354-64.
- Park KJ, Kim HA, Kim KR, Oh JW, Lee SY, Choi YJ. Characteristics of regional distribution of pollen concentration in korean peninsula. *Korean J Agricul Forest Meteorol* 2008;4:167-76.
- Lee HR, Kim KR, Choi YJ, Oh JW. Meteorological impact on daily concentration of pollens in korea. *Korean J Agricul Forest Meteorol* 2012;14:99-107.
- Asher MI, Stewart AW, Mallol J, Montefort S, Lai CK, Ait-Khaled N, et al. Which population level environmental factors are associated with asthma, rhinoconjunctivitis and eczema? Review of the ecological analyses of ISAAC Phase One. *Respir Res* 2010;11:8.
- Oh JW. An aerobiological study of pollen and mold in Seoul, Korea. *Allergol Int* 1998;47:263-70.
- Burr ML, Emberlin JC, Treu R, Cheng S, Pearce NE. Pollen counts in relation to the prevalence of allergic rhinoconjunctivitis, asthma and atopic eczema in the International Study of Asthma and Allergies in Childhood (ISAAC). *Clin Exp Allergy* 2003;12:1675-80.
- Rapiejko P, Stanlaewicz W, Szczygielski K, Jurkiewicz D. Threshold pollen count necessary to evoke allergic symptoms. *Otolaryngol Pol* 2007;61:591-4.
- Oh JW. Development of pollen concentration prediction model. *J Korean Med Assoc* 2009;52:579-91.
- Charpin D, Hughes B, Mallea M, Sutra JP, Balansard G, Vervloet D. Seasonal allergic symptoms and their relation to pollen exposure in south-east France. *Clin Exp Allergy* 1993;23:435-9.
- Taylor PE, Flagan RC, Miguel AG, Valenta R, Glovsky MM. Birch pollen rupture and the release of aerosols of respirable allergens. *Clin Exp Allergy* 2004;34:1591-6.
- Spiekma FT, Emberlin JC, Hjelmroos M, Jäger S, Leuschner RM. Atmospheric birch (*Betula*) pollen in Europe: Trends and fluctuations in annual quantities and the starting dates of the seasons. *Grana* 1995;34:51-7.
- Grote M, Valenta R, Reichelt R. Study of sensitivity of *Fraxinus* spp. (*Oleaceae*) in Córdoba, Spain. *J Invest Allergol Clin Immunol* 2003;5:166-70.
- Taylor PE, Flagan RC, Miguel AG, Valenta R, Glovsky MM. Birch pollen rupture and the release of aerosols of respirable allergens. *Clin Exp Allergy* 2004;34:1591-6.
- Thibaudon M. Allergy risk associated with pollens in France. *Eur. Ann. Allergy Clin Immunol* 2003;35:170-2.
- Traidl-Hoffmann C, Jakob T, Behrendt H. Determinants of allergenicity. *J Allergy Clin Immunol* 2009;123:558-66.
- Riedl M, Diaz-Sanchez D. Biology of diesel exhaust effects on respiratory function. *J Allergy Clin Immunol* 2005;115:221-8.
- Alcázar P, Galán C, Cariñanos P, Domínguez V. Effects of sampling height and climatic conditions in aerobiological studies. *J Investig Allergol Clin Immunol* 1999;9:253-61.
- Buters J, Kasche A, Weichenmeier I, Schober W, Klaus S, Traidl-Hoffmann C, et al. Year-to-year variation in release of Bet v 1 allergen from birch pollen: evidence for geographical differences between West and South Germany. *Int Archiv Allergy Immunol* 2008;145:122-30.
- Waisel Y, Mienis Z, Kosman E, Geller-Bernstein C. The partial contribution of specific airborne pollen to pollen induced allergy. *Aerobiologia* 2004;20:197-208.