

실내외 공기 중에서 진균 포자의 분포

연세대학교 의과대학 소아과학교실

김 규 언

=Abstract=

Distribution of Fungus Spores in Indoor and Outdoor Air

Kyu Earn Kim

Department of Pediatrics, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

The number of fungus spores in the air is greater compared to that of pollen and also is less influenced by season. Recently there is increasing interest in the role of fungus as an allergen and causative factor of sick building syndrome. There are several kinds of samplers for the collection of fungus spore in outdoor and/or indoor air such as Durham sampler, rotorod sampler, personal volumetric air sampler, seven-day recording volumetric spore trap, and portable air sampler for agar plates. Because personal volumetric air sampler is small, rechargeable and volumetric equipment, it is suitable for air sampling indoors. Portable air sampler for agar plates is useful for fungus culture from indoor and outdoor air. According to the results of our study on distribution of fungus spores in indoor and outdoor air by using personal volumetric air sampler, *Cladosporium* and *Leptosphaeria* were common spores in indoor and outdoor air. The number of spores in indoor air was closely correlated with that in outdoor air. Therefore it would be necessary to establish a standard method for collecting the fungus spores. We need to perform the nationwide study on distribution of fungus spores using this method, and to evaluate the allergenicity of fungus spores. [Kor J Med Mycol 6(1): 9-16]

Key Words: Fungus spores, Sampler, Indoor air, Outdoor air, Personal volumetric air sampler

서 론

진균은 인간이 생활을 시작한 이래 도움을 주기도 하고 질병을 일으키면서 생활과 불가분의 관계를 가지고 일상 주변에 존재해 오고 있다. 그리고 이들 진균은 온도와 습도만 적당히 유지되면 쉽게 번식하는 특성 때문에 우리의 주변 실내외 어느 곳에서

나 찾아볼 수 있으며 그 포자수가 화분 (pollen)에 비해 훨씬 많을 뿐만 아니라 계절적인 영향을 덜 받아서 일년 내내 발견되고 있다¹. 따라서 최근에 알레르기를 일으키는 흡입항원으로서 뿐만 아니라 질병빌딩증후군 (sick building syndrome)을 일으키는 한 인자로서 진균에 대한 관심이 높아지고 있다². 이에 필자는 진균 포자의 분포도를 측정했던 그 동안의 경험을 중심으로 우리나라의 실내외 공기 중에 분포하고 있는 진균의 양상에 대해 간단히 설명하고자 한다.

진균 포자 채집기의 종류와 선택

공기 중에 존재하고 있는 진균 포자의 수와 종류

[†]별책 요청 저자: 김규언, 135-720 서울시 강남구 도곡동 146-92, 영동세브란스병원 소아과
전화: 02-3497-3353, Fax: 02-3461-9473,
E-mail: kekim@yumc.yonsei.ac.kr

*본 논문의 요지는 2000년 6월 17일 대한의진균학회 제 7차 학술대회에서 발표되었음.

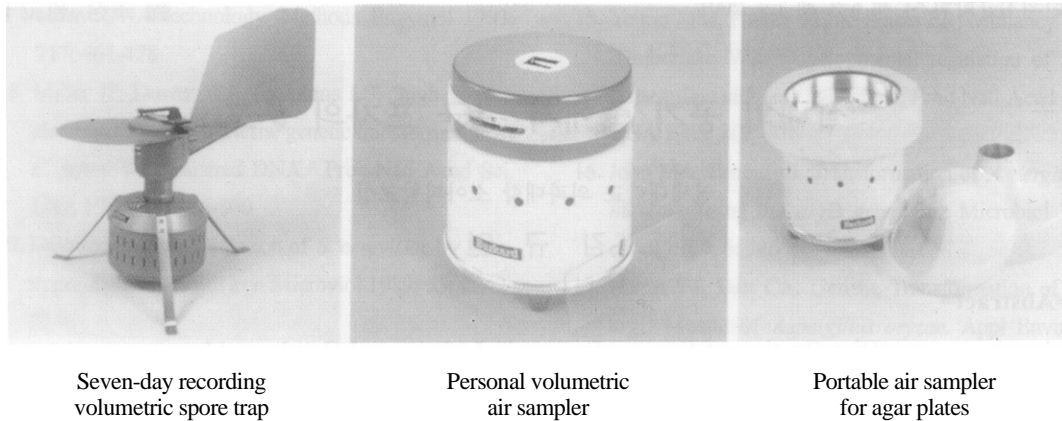


Fig. 1. Samplers useful for fungus spore and/or pollen

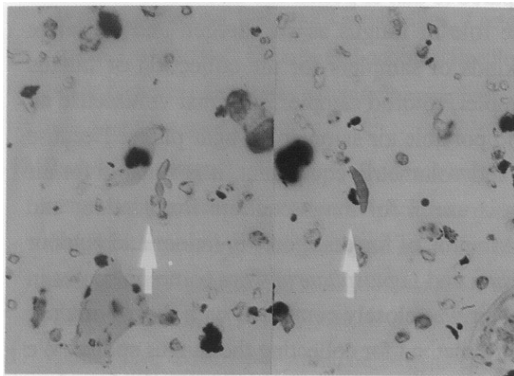


Fig. 2. Spores (X400) collected from outdoor air (Left: *Cladosporium*, Right: *Leptosphaeria*)

를 확인하기 위해서는 우선적으로 공기를 채집하게 되는데, 이를 위해 사용하는 기구를 채집기 (aeroallergen sampler)라고 부른다. 채집기는 채집 방법에 따라, 중력에 의해 자유 낙하되는 포자를 채집하는 Durham method와 포자를 흡인하여 채집 (suction spore trap)하는 용적법 (volumetric sampling method) 기구인 Rotorod sampler (Sampling Technologies Inc), Personal volumetric air sampler, Seven-day recording volumetric spore trap (이상 Burkard Manufacturing Co.) 등이 있다³ (Fig. 1). 그리고 포자를 배양해야 할 필요가 있는 경우에 사용할 수 있는 채집기인 Portable air sampler for agar plates (Burkard Manufacturing Co.) 있으며, 각 기구의 특성은 Table 1과 같다⁴. 따라서 진균 포자를 채집하는 목적과 채집할 장소에 적합

한 기구를 선택하여 사용하게 되지만, 유입되는 공기의 용적을 측정할 수 있는 용적법 기구를 선택하여 사용하는 것이 바람직하다.

Rotorod sampler와 Seven-day recording volumetric spore trap 기구는 24시간 동안 기계가 작동되면서 화분과 포자를 채집하게 구성되어 있으며 주로 실외에서 설치하여 사용할 수 있다. 그러나 1997년 미국 천식, 알레르기 및 면역학회 (AAAAI)에서는 Seven-day recording volumetric spore trap을 권장하고 있다 (Table 2)⁵. Personal volumetric air sampler는 그 크기가 작고 충전하여 사용할 수 있기 때문에 이동성이 높아 실내에서 사용하는데 적합하다. 특히 이 채집기는 진균 포자와 같이 크기가 작은 (> 2~3 μm) 입자를 포획할 뿐만 아니라 1분에 10 L의 공기 (10 L/min)가 기구의 주입구 (orifice)를 통과하도록 고안되어 있어서, 채집된 포자를 1 입방미터의 공기 중에 분포하고 있는 포자수 (spores/ M^3)로 환산하여 정량적으로 비교할 수 있기 때문에 이 분야의 연구에 많이 사용되고 있다. 그리고 Portable air sampler for agar plates를 사용하면 공기 중에 있는 포자를 진균 배양액 (Saubraud agar)이 들어 있는 petri dish 내로 직접 흡인하여 접종한 뒤에 배양할 수 있기 때문에, 진균의 종류를 보다 정확하게 동정할 수 있다⁶. 따라서 이 기구는 현미경하에서 보이는 형태학적 양상으로는 그 포자의 종류를 감별할 수 없는 경우나 특정한 진균을 확인해야 되는 경우에 활용할 수 있다.

Table 1. Samplers useful for bioaerosols*

Sampler	Mode of operation	Culture/Particulate	Particle size (>50% source efficient, µm)	Sampling rate (L/min)	Remarks
Seven-day recording volumetric spore trap	Continuous spore trap	Particulate	5	10	International standard, bulky, excellent for time-discriminated pollen and fungus spore counts
Rotorod sampler	Intermittent rotating impactor	Particulate	14	47	Small, inexpensive, useful for pollen and large spores, not affected by air movement
Personal volumetric air sampler	Grab spore trap	Particulate	4	10	Small, inexpensive, useful for indoor fungus spore spot checks
Portable air sampler for agar plates	Grab sieve impactor	Culture	4	10	Small, inexpensive, uses standard Petri plate

*Modified from ref. 4

Table 2. The AAAAI aeroallergen network*

I. There are two categories of participation

A. Category A

This will require accurate identification and counting of both pollen and fungus spores. It is strongly recommended (but not mandatory) that Category A stations use a suction spore trap (e.g., Burkard). Spores must be counted using a 100X oil immersion lens (1000X magnification, 400X magnification should be used for pollen).

B. Category B

This will require only pollen identification and counting. Stations in Category B may not report fungus spore counts in the annual reports or under the Academy name to the news media (400X magnification will be used for the pollen).

II. Basic requirements for stations include

- a. The use of a volumetric sampling device that has been tested in outdoor air (usually Seven-day recording volumetric spore trap).
- b. Sampling at least one story above the ground.
- c. Sampling at least three 24 hour periods per week.
- d. Supervision by an AAAAI member and allergist.
- e. Certified counters are the only ones allowed to do the counts that are reported to the Academy and to the news media under the Category of Certified Station.

*Modified from 1992 information sheet and ref. 5

진균 포자 채집기의 설치 및 운영 방법

채집기를 설치할 경우에 각 채집기별로 소개하고 있는 사용법에 따라 설치하면 되겠지만, 가장 중요한 것은 채집기를 어느 장소에 설치하여 얼마 동안 공기를 채집할 것인가 하는 것이다. 그러나 이에 대하여 명확하게 정해진 규정은 없다. 따라서 연구하는 목적에 따라 위치를 결정하게 되는데, 여기에

서는 Personal volumetric air sampler의 설치 및 운영에 대해서 간단히 설명하고자 한다.

Personal volumetric air sampler를 사용하여 시료를 채집할 경우, 공기는 코를 통해 흡입되므로 채집기를 사람의 코 높이에 설치해 놓고 공기를 채집하는 것이 바람직하다. 따라서 실내에서 활동하는 양식에 따라 사람이 앉아 있을 때를 가정하면 탁자 위에서, 서서 활동하는 경우라면 높이가 바닥에서 1.5 m 정

Table 3. Distribution of fungus spores in indoor and outdoor air (SP/m³)

Author Period No. of cases Sampler	Kim et al. ⁹ September to November 1999 198 houses Personal volumetric air sampler		Kim et al. ⁸ June to August 1995 1 house Personal volumetric air sampler			
	Place (Seoul)	Outdoor	Indoor	Outdoor	Indoor	Underground market (Kangnam station)
Cladosporium		942	469	927	313	388
Leptosphaeria		130	56	190	51	88
Massarina		82	34	118	20	42
Alternaria		32	14	55	9	29
Periconia		27	13	72	28	32
Ganoderma		14	7	-	-	-
Pithomyces		4	1	-	-	-
Rust		3	1	108	25	38
Agrocybe		2	1	41	15	28
Myxomycete		2	1	-	-	-
Amphisphaeria		1	-	-	-	-
Drechslera		1	1	132	29	70
Fusarium		1	-	-	-	-
Puffball		-	-	21	13	11
Coprinus		-	-	60	27	48
Aspergillus		-	-	49	20	33
Penicillium		-	-	33	28	19
Others		10	5	37	14	25
Total		1,251	603	1,843	592	851
Ratio to Outdoor		1	0.5	1	0.32	0.45

도 되는 곳에 기구를 설치하여 진균 포자의 수를 측정하도록 한다. 이때 포자는 채집기의 상부 중앙에 있는 주입구를 통해 기름 (grease)를 바른 슬라이드의 중앙 부위에 채집되게 되는데, 슬라이드 표본에 너무 많은 포자가 채집되면 포자 하나 하나를 감별하기가 어렵고 반대로 포자수가 적으면 자료로서 부적절 할 수 있다. 따라서 표본을 채집하는 기간은 측정하려는 장소에 분포하고 있는 포자의 밀집도에 따라 결정해야만 한다. 즉 포자가 많은 장소에서는 채집기간을 짧게 하고 포자가 적은 장소에서는 채집기간을 길게 해야 되기 때문에, 사전에 예비검사를 실시하여 그 결과에 따라 채집기간을 정하도록 한다.

진균 포자의 동정

채취된 진균 포자의 종류는 현미경 (400X 또는 1000X)하에서 표본을 관찰하여 확인하게 된다. 미국 천식, 알레르기 및 면역학회에서 추천하는 바에 의하면, 진균 포자의 종류를 1000배율 현미경하에서 확인하도록 권장하고 있으나, 실제로 관찰해보면 대개의 경우 400배율에서 그 종류를 판정할 수 있다. 따라서 400X에서 형태학적으로 구별이 안될 경우에 한해서 1000배율에서 확인해도 될 것 같다. 그리고 진균 포자를 현미경하에서 확인할 때 표본을 염색하지 않고도 할 수 있으나, 염색 (Calberla's fuchsin stain)한 뒤에 관찰하면 주변과 구별이 잘 되어 판독

Table 4. Distribution of fungus spores reported in Korean literatures

Author	Song ¹⁰ (1965)	Kim ¹¹ (1966)	Chun et al. ¹² (1975)	Koh et al. ¹³ (1977)	Baik et al. ¹⁴ (1990~92)
Method	Durham method	Durham method	Durham method	Durham method	Rotorod sampler
Place	Taegu (Outdoor)	Seoul (Outdoor)	Kwangju (Indoor)	Seoul (Indoor & outdoor)	Seoul (Outdoor)
Frequency	Horm Peni Alte Aspe Hemi	Alte Horm Rust Helm Smut	Horm Peni Aspe Alte M. st	Clad Peni Aspe Alte Rhod	Alte Clad Peri Stem Drec

Horm: *Hormodendrum* (*Cladosporium*), Peni: *Penicillin*, Alte: *Alternaria*, Aspe: *Aspergillus*, Hemi: *Hemispora*, Clad: *Cladosporium*, Helm: *Helminthosporium*, M. st: *Mycelia sterila*, Rhod: *Rhodotorula*, Peri: *Periconia*, Stem: *Stemphylium*, Dres: *Drechslera*

에 도움이 된다. 포자를 판독할 때 익숙한 연구자는 현미경하에서 한 눈에 그 종류를 확인할 수도 있겠지만, 진균 포자는 종류도 많고 모양이 비슷비슷하기 때문에 진균 포자의 도감 (atlas)을 현미경 옆에 두고 수시로 그 종류를 재확인하는 것이 바람직하다⁷. 그리고 포자의 종류가 명확히 구별되지 않을 경우에는 배양검사를 통해 확인하도록 한다. 또한 표본 채취가 정확히 되더라도 판독을 잘 못하게 되면 자료로서의 신빙성에 문제가 야기되기 때문에 미국에서는 일정한 자격을 갖춘 사람이 판독한 결과만을 자료로 받아드리고 있다. 그래서 화분과 포자를 판독하는 연구자를 양성하기 위한 교육프로그램을 운영하고 자격시험도 실시하고 있다. 따라서 우리나라에서도 이런 제도의 도입이 필요하다고 생각된다.

우리나라에서 진균 포자의 분포

필자가 1995년과 1999년에 실내외에서 실시했던 포자의 분포도 측정 결과에 따르면, 장소에 관계없이 흔히 발견되는 포자의 종류는 *Cladosporium*, *Leptosphaeria* 등이었으며 실내의 포자수는 실외의 포자수에 비례하여 증가하는 양상을 보였다 (Fig. 2)^{8,9}. 즉 실내에 분포하는 포자수는 실외에 분포하는 포자수의 약 1/2~1/3 정도였다 (Table 3)⁸. 그리고 실내외의 포자수는 온도가 높을수록 상대습도가 높을수록 증가하는 경향을 보이고 있었다. 그런데 필자의 보고와 다른 연구자들의 보고¹⁰⁻¹⁶를 비교해 볼 때 *Cladosporium*을 제외한 포자의 분포도가 서로 다르

다는 것을 알 수 있다 (Table 4). 이와 같은 차이는 아마도 시료를 채집한 장소와 시기 그리고 사용한 채집기의 종류가 다르기 때문에 야기되는 문제로 생각된다. 그러나 판독자의 능력 차이에 의한 것일 가능성도 배제할 수는 없다.

진균과 알레르기

알레르기 질환을 일으키는 중요한 흡입항원으로 집먼지 진드기, 화분, 바퀴, 애완동물의 털 등이 지적되고 있다. 그러나 진균의 포자는 화분에 비해 크기가 작으면서 그 수가 훨씬 많고 계절적인 영향 없이 연중 발견되기 때문에 진균이 흡입항원으로서 중요한 역할을 할 것으로 생각된다. 필자가 근무하는 영동세브란스병원 소아과에서 알레르기 피부시험을 받았던 어린이 1,050명의 결과를 분석한 자료에 의하면, 상당수가 *Alternaria*, *Aspergillus*, *Trichophyton*, *Candida*, *Rhizopus*, *Cladosporium*, *Mucor*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Pullularia* 등 다양한 진균에 양성반응을 보이고 있었으며 (Table 5), 이와 같은 결과는 다른 연구자의 보고^{17,18}에서도 찾아볼 수 있다. 또한 최근 대한 천식 및 알레르기학회에서 발간한 '한국의 기관지천식 치료 지침서'에서도 면역요법에 사용할 수 있는 흡입항원으로 집먼지 진드기, 화분과 더불어 *Alternaria*, *Cladosporium*를 추천하고 있다¹⁹. 따라서 이와 같은 사실들은 진균이 알레르기 질환을 일으키는 주요 흡입항원이라는 사실을 뒷받침해 주는 것으로 생각된다.

Table 5. Positive rate of skin test in 1,050 atopic children*

Allergens	SP**	P**	Total	%	Allergens	SP	P	Total	%
Mites and Insects					Animals				
<i>D. farinae</i>	732	25	757	72.1	Cat hair & dander	59	16	75	7.1
<i>D. pteronyssinus</i>	705	38	743	70.8	Dog hair	27	18	45	4.3
House dust	521	105	625	59.5	Chicken feather	23	14	37	3.5
Cockroach	83	29	112	10.7	Rabbit hair	22	9	31	3.0
Fungus					Foods				
Alternaria	78	9	87	8.3	Yeast bakery	56	12	68	6.5
Mucor	25	15	40	3.8	Crab	36	28	64	6.1
Fusarium	27	9	36	3.4	Tomato	18	41	59	5.6
Aspergillus	21	13	34	3.2	Buckwheat	45	6	51	4.9
Penicillium	25	8	33	3.1	Shrimp	29	16	45	4.3
Trychophyton	23	7	30	2.9	Spinach	12	25	37	3.5
Candida	23	6	29	2.8	Milk	18	14	32	3.0
Cladosporium	17	9	26	2.5	Soybean paste	16	16	32	3.0
Pullularia	20	5	25	2.4	Pork	22	6	28	2.7
Rhizopus	9	7	16	1.5	Soy sauce	10	16	26	2.5
Trees and Flowers					Others				
Cotton wood	27	25	52	5.0	Egg	16	5	21	2.0
Birch	38	6	44	4.2	Chicken	11	7	18	1.7
Acacia	35	5	40	3.8	Beef	8	8	16	1.5
Golden rod	24	8	32	3.0	Tuna	13	4	17	1.6
Chrysanthemum	21	6	27	2.6	Soybean immersion	11	4	15	1.4
Flag	15	11	26	2.5	Wheat flour	7	7	14	1.3
Cypress wood	14	2	16	1.5	Sardine	9	5	14	1.3
Sandal wood	8	5	13	1.2	Cheese	4	8	12	1.1
Cedar Japanese	6	3	9	0.8	Onion	5	6	11	1.0
Cedar (wood)	4	3	7	0.7	Peach	4	5	9	0.9
Pine red	2	6	8	0.7	Mackerel	7	1	8	0.8
Grasses					Chocolate				
Orchard grass	30	6	36	3.4	Chocolate	3	4	7	0.7
Red top	24	8	32	3.0	Others				
Timothy	28	0	28	2.7	Silk	36	13	49	4.7
Weeds					Flax				
Sagebrush	36	10	46	4.4	Rice plant	8	9	17	1.6
Ragweed	29	15	44	4.2	Kapok	9	2	11	1.0
Hop Japanese	14	10	24	2.3	Cattle leather	5	5	10	1.0

* have at least any one of following allergy indexes:

1) total eosinophil count > 250/mm³, 2) total IgE > 100 IU/L, 3) positive skin test to any one or more among 63 allergens

** SP: strong positive, P: positive

그 동안 많은 연구자들^{20,21}이 진균과 알레르기 질환 사이의 관계를 확인하고 항원의 특성을 규명하려고 노력해 왔지만 화분에 대한 연구보다는 미진한 상태에 있다고 볼 수 있는데 그 이유는 다음과 같다. 첫째, 화분의 분포는 계절적으로 뚜렷하여 알레르기 증상과의 연관성을 쉽게 확인할 수 있지만 포자는 계절에 따른 변화가 뚜렷하지 않아 알레르기 질환의 원인 항원으로서 연관성을 유추하는데 어려움이 있으며, 둘째는 여러 종류의 진균이 동시에 포자를 공기 중으로 분출하기 때문에 알레르기 증상을 유발하는 특정 포자를 검출하는 것은 거의 불가능하고, 셋째로 알레르기 연구에 필요한 항원을 추출하는데 있어서 화분인 경우 다량을 쉽게 얻을 수 있으나, 진균인 경우에는 충분한 양의 정제된 추출물을 얻기가 매우 어렵기 때문이다.

맺 음 말

진균은 국소 또는 전신적인 감염 질환 뿐만 아니라 알레르기, 질병병딩증후군 등 다양한 건강상의 문제를 일으킬 수 있으므로 진균에 대해 보다 깊은 관심을 가지고 이에 대한 연구가 이루어지길 바란다. 또한 진균 포자를 채집하는 방법의 표준화를 마련하고 포자를 정확히 동정할 수 있는 전문 연구자를 양성한 뒤에 진균 포자의 분포 양상에 대한 전국적인 역학조사가 필요할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- Burge HA. Monitoring for airborne allergens. *Ann Allergy* 1992; 69: 9-18
- Apter A, Bracker A, Hodgson M, Sidman J, Leung W-Y. Epidemiology of the sick building syndrome. *J Allergy Clin Immunol* 1994; 94: 277-288
- Muilenberg ML. Aeroallergen assessment by microscopy and culture. *Immunol Allergy Clin North Am* 1989; 9: 245-268
- Burge HA. Bioaerosols: Prevalence and health effects in the indoor environment. *J Allergy Clin Immunol* 1990; 86: 687-701
- AAAAI Academy News. 1997; October/November: 4
- KE Kim, KE Lee, CH Kim et al. Studies on identification and quantification of filamentous fungal isolated from indoor and outdoor in April and July. *J Allergy Clin Immunol* 2001; 107: S169
- Smith EG. Sampling and identifying allergenic pollen and molds. *Blewstone Press, U.S.A.*, 1990: 1-195
- 김용관, 김규언, 이현희 등. 실외, 실내 (아파트) 및 지하상가 공기 중 진균 포자 분포에 관한 조사 - 1995년 하절기 (6, 7, 8월). *소아알레르기 및 호흡기학회지* 1996; 6: 123-135
- 김규언, 김철홍, 최정운 등. 9, 10, 11월 서울지역 실내외 공기 중의 곰팡이 포자수 분포 양상. *천식 및 알레르기* 2000; 20(별호): 405
- 송준영. 공중진균총에 관한 연구. *중양의학* 1965; 9: 715-732
- 김종진. 서울에 있어서 공중알레르겐 분포. *소아과* 1973; 16: 597-599
- 전인기, 최점렬, 김영표. 병원내 공중에 존재하는 진균 (Air-born fungus)에 대한 연구. *대한피부과학회지* 1976; 14: 29-37
- 고춘명, 김주덕, 유준. 진균 알러지에 관한 연구 - 병원성 진균의 분포 및 동정에 관한 연구-. *최신의학* 1978; 21: 1031-1038
- 백수흠, 임연식, 박해심. Rotorod Sampler를 이용한 서울 대기중의 곰팡이 포자수 측정. *알레르기* 1992; 12(별호): 418
- 홍원표, 신중희, 신동현 등. 병원공기와 임상검체에서 분리된 사상형 진균. *병원감염관리* 1999; 4: 17-25
- J-W Oh, H-B Lee, H-R Lee et al. Aerobiological study of pollen and mold in Seoul, Korea. *Allergology International* 1998; 47: 263-270
- 김철우, 남동호, 홍천수. 기관지 천식 환자에서 시행한 피부단자시험: 연령 및 시대별 비교. *알레르기* 1994; 14(별호): 380
- 이기영. 아토피성 질환 환자 5,003예의 알레르기 피부시험 결과 (Allergens induced by allergy skin test in children with atopic dermatitis). 1998; 8(부록2): S43-48
- 대한 천식 및 알레르기학회. 한국의 기관지천식

- 치료 지침서. 천식 및 알레르기 1998; 18(별호): 375-380
20. 이현희, 김현영, 정병주 등. 진균 *Alternaria*의 항원 추출과 알레르기 항원성에 관한 연구. 소아 알레르기 및 호흡기학회지 1999; 9: 259-267
21. Lehrer SB, Lopez M, Butcher BT et al. Basidiomycete mycelia and spore-allergen extracts: Skin test reactivity in adults with symptoms of respiratory allergy. J Allergy Clin Immunol 1986; 78: 478-485
-