

포항지역 부검 폐조직에서 석면과 비석면 섬유농도에 관한 연구

임현술, 김지용, 김동훈¹⁾, 사카이 기요시¹⁾, 히사나가 나오미³⁾

동국대학교 의과대학 예방의학교실, 병리학교실¹⁾, 나고야시 위생연구소²⁾, 일본 노동성 산업의학총합연구소³⁾

Asbestos and Non-Asbestos Fiber Content in Lungs of Autopsied Subjects in Pohang with no Known History of Occupational Asbestos Exposure

Hyun-Sul Lim, Ji Yong Kim, Dong Hoon Kim¹⁾, Kiyoshi Sakai²⁾, Naomi Hisanaga³⁾

Department of Preventive Medicine, Department of Pathology¹⁾, College of Medicine, Dongguk University
Environmental Health Department, Nagoya City Public Health Research Institute, Japan²⁾
National Institute of Industrial Health, Ministry of Labor, Japan³⁾

Objectives : To obtain reference values for the pulmonary asbestos and non-asbestos fiber contents of residents in Korea and to compare them with similar results from Japan.

Methods : The autopsied lung specimens from 22 deceased people (20 males and 2 females) in Pohang, without any known occupational history of asbestos exposure, were analyzed for incidence of asbestos and non-asbestos fibers by transmission electron microscopy with energy dispersive X-ray analysis after using low temperature ashing procedures.

Results : Chrysotile fiber (46.2%) was the major fiber type found in the lungs of the subjects. The asbestos fiber concentrations found in males and females were 0.09×10^6 fibers/(g of dry lungs) and 0.30×10^6 fibers/(g of dry lungs), respectively, showing a geometric mean

concentration 0.09×10^6 fibers/(g of dry lung tissue), due to the predominance of males in the sample. The non-asbestos fiber contents in males and females were 4.61×10^6 fibers/(g of dry lungs) and 17.79×10^6 fibers/(g of dry lungs), respectively, with a geometric mean concentration 5.21×10^6 fibers/(g of dry lung tissue).

Conclusions : Residents in Pohang had significantly lower levels of both asbestos and non-asbestos fibers than urban residents in Korea. Furthermore, Koreans had significantly lower levels of both asbestos and non-asbestos fibers than Japanese.

Korean J Prev Med 2000;33(4):477-483

Key Words: Asbestos, Non-asbestos fiber, Reference value, Lung, Korean

서 론

우리 나라는 1930년부터 석면 사용이 시작되었지만 한국의 근대산업화가 시작된 1970년 중반부터 산업에 널리 사용되기 시작하였다(최정근 등, 1998). 따라서 석면을 사용한 지 30년이 지난 현재 석면과 관련된 질병이 발생할 가능성이 높다고 할 수 있다. 1993년 석면 노출과 관련된 악성 중피종 사례가 직업성 암으로 공식적으로 인정되었으며, 1995년 석면에

10년 이상 종사한 4명의 근로자가 석면 폐증으로 보고된 이후 현재까지 매년 한 두 건의 건강장해가 보고되고 있다(Yu et al., 1998, 강대회, 2000).

정상 폐조직내 석면과 비석면 섬유의 함유량에 대한 연구는 중격동 종양과의 환자-대조군 연구를 통한 Case et al. (1988), McDonald et al.(1989), Roders et al.(1991), Rdelsperger et al.(1999) 및 정상 일본인을 대상으로 실시한 Sakai et al.(1999)의 연구가 있으나 한국에서는

Yu et al.(1998)에 의한 서울 지역의 주민들에 대한 연구가 있을 뿐이다. Sakai et al.(1999)은 한일 국가간의 성별 비교 연구 및 일본 지역 비교를 실시하였는데, 일본인의 폐조직내 석면 및 비석면 섬유의 함유량이 한국인에 비해 많았으며 일본 내 도시 지역이 농촌 지역에 비해 함유량이 많음을 밝혔으나 한국인의 지역간 비교는 행하지 못하였다. 따라서 본 연구자들은 포항지역의 석면 노출력을 알지 못하는 주민의 폐조직 내 석면과 비석면 섬유의 함유량을 파악하고, 이를 통해 한국인과 일본인의 폐조직 내 석면과 비석면

섬유의 함유량을 비교함으로써 국가간, 지역간 비교를 하고자 하였다.

연구 대상과 방법

1. 연구대상

연구대상의 폐조직은 동국대학 포항병원에서 부검한 사례에서 얻을 수 있었다. 사망의 원인은 사고사인 경우가 대부분이었고 석면을 취급한 직업력과는 무관하였다. 대부분 폐질환을 앓은 과거력이 없었고 및 현재 폐질환을 앓고 있는 사람도 없었다. 조사 대상자 22명은 표 1과 같이 남성은 20명, 여성은 2명이었다. 대상자의 평균연령은 남성은 38.6세, 여성은 52.0세이었다. 이들의 직업은 생산직 근로자 7명, 사무직 근로자 4명, 무직 4명, 점원 2명, 선원 2명, 택시 운전자 1명이었다. 여성 대상자는 2명 모두 주부였다. 부검기록상 상세한 직업력은 없고, 대상자의 사망시 직업상태만 언급되어 있어 과거 직업력을 추적하거나 과거 이주 기록을 추적하기 어려웠다.

2. 폐조직표본

폐조직은 우엽 또는 좌엽에서 폐엽의 늑막으로부터 약 1-2 cm 깊은 실질 조직에서 얻었다.

3. 폐조직의 전처리 분석방법

모든 폐조직은 분석전 10% formaldehyde with phosphate buffered saline에 저장되었다. 폐조직의 전처리와 분석방법은 Sakai et al.(1994)에 의하여 개발된 방법을 사용하였다. 약 0.5 g (wet weight)의 폐조직을 섬유상 물질이 전혀 포함되어 있지 않은 증류수로 세척한 후 작은 조각으로 잘라 냉동 건조시켰다. 건조된 조직은 저온플라즈마회화기(LTA-2S, Yanagimoto, Kyoto, Japan)에서 플라즈마에너지를 낮게 하여 6시간 동안 회화시켰다. 회화잔류물을 50 ml 증류수로 부유시켜 초음파조(45 Hz, power density 0.02 W/ml, Branson 3200, Yamato, Tokyo, Japan)에서 5분 동안 처리하여 교반한 다음 0.2 µm Nuclepore filter(Nuclepore Corp., Pleasanton, CA)로 여과하였다. 약간의 침전물이 있는 걸러진 여과지들을 sputtering device (JEE-4X, JEOL, Akishima, Japan) 내에서 탄소로 피복하였다. 탄소피복된 여과지를 무작위로 절편을 얻어 탄소코팅된 니켈 그리드(200 mesh, Veco, Eerbeek, Holland)에 옮기고 클로로포름을 가하여 여과지를 용해시켰다.

전처리된 시료는 투과전자현미경(TEM, H-800, Hitachi, Tokyo, Japan) 하에서 10,000배의 배율로 각 시료당 5-50

개의 그리드 분획(grid opening)을 관찰하였다. 긴 편이 서로 평행하고 길이가 지름의 3배 이상인 물질을 섬유상 물질로 간주하였으며, 관찰된 모든 섬유들은 그 형태를 기록하고 에너지 분산 x-선 분석기(EDXA, 7000Q, Kevex, Foster City, CA)로 원소 구성성분을 분석하여 석면 섬유와 비석면 섬유로 구분하였다. 전자현미경 하에서 관찰된 섬유 중 가장 짧은 섬유의 길이는 0.2 µm였고 가장 가는 섬유의 직경은 0.02 µm이었다. 각 시료의 검출한계는 건조중량 1g 당 0.04 x 10⁶ fibers 이었다. 석면 섬유는 일본석면협회에서 얻은 표준참조시료(JAA 1993)와 비교하여 석면 종류를 구분하였고 비석면 섬유는 원소 구성성분과 형태에 따라 분류하였다.

통계적 분석은 SPSS/WIN 8.0으로 Kruskal-Wallis의 순위에 의한 일원분산 분석, Mann-Whitney U 검정 등을 사용하였다.

연구결과

이들의 폐조직을 에너지 분산 x-선 분석기를 가진 투과전자현미경을 이용하여 석면 및 비석면 섬유 함유량을 분석하였다. 표 2와 같이 이들의 폐조직 내 석면 섬유는 백석면(chrysotile)이 18개(46.2%)로 석면 섬유의 주 형태이었고 14명(63.6%)에서 관찰되었다. 각섬석계(amphiboles)는 7명(31.8%)에서 관찰되었는데 갈석면(amosite) 12개(30.8%), 토면(tremolite) 7개(17.9%) 및 양기석(actinolite) 2개(5.1%)의 순이었다.

비석면 섬유는 표 3과 같이 알루미늄

Table 1. Demographic characteristics of the subjects

Sex	Age	Occupation	Number
Male	38.6 (20-57)	Production worker	7
		Office worker	4
		Unemployed	4
		Others	5
		House wife	2
Female	52.0 (30-74)		
Total	39.8 (20-74)		22

Table 2. Number and incidence of asbestos fiber by fiber type in the lung (22 cases).

Fiber type	Chry* (%)	Amphiboles				Subtotal (%)	Total (100.0)
		Amo. † (30.8)	Tre. † (17.9)	Act. ‡ (5.1)	Cro. § (0.0)		
No. of fibers	18	12	7	2	0	21	39
(%)	(46.2)	(30.8)	(17.9)	(5.1)	(0.0)	(53.8)	(100.0)
No. of cases	14	2	5	2	0	7	22
(%)	(63.6)	(9.1)	(22.7)	(9.1)	(0.0)	(31.8)	(100.0)

*Chrysotile, †Amosite, ‡Tremolite, §Actinolite, ¶Crocidolite

규산염 (57.9%)이 가장 많이 관찰되었으며, 조사대상자 전원에서 관찰되었다. 다른 비석면 섬유 수는 인산철, 규산염, 불순 인산, 철 및 티타늄의 순으로 감소하여 관찰되었다. 인산철은 21명(95.5%), 규산

염은 19명(86.4%), 불순 인산은 14명(63.6%), 철은 18명(81.8%), 티타늄은 19명(86.4%)의 폐조직에서 관찰되었다.

석면 섬유의 수는 표 4와 같이 남성에서 건조중량 1g 당 0.09×10^6 개였고, 여

성은 0.3×10^6 개였다. 비석면 섬유의 농도는 남성에서 건조중량 1g 당 4.61×10^6 개였고, 여성은 17.79×10^6 개였다. 석면 섬유와 비석면 섬유 수는 모두 유의하게 여성에서 많았다($p < 0.05$). 폐조직내 석면 섬유의 양은 남성에서 총 섬유의 2.1%였고, 여성에서는 총 섬유의 2.0%였다.

여러 연령 그룹에서 석면 및 비석면 섬유 수는 표 5와 같으며, 연령 그룹별로 석면섬유 및 비석면 섬유 수는 유의한 차이가 관찰되지 않았다.

석면 섬유와 비석면 섬유의 길이, 직경, 면비(길이/직경)는 표 6과 같다. 백석면 섬유의 길이는 기하 평균[기하 표준편차]이 $1.04[1.52] \mu\text{m}$, 직경은 $0.05[1.62] \mu\text{m}$, 면비는 $19.87[1.58]$ 이었다. 각섬석계(amphibole) 섬유는 면비의 기하평균[기하 표준편차]이 $10.49[2.03]$ 로 백석면 섬유에 비하여 작았다. 비석면 섬유의 총 면비는 기하평균[기하 표준편차]이 $7.17[1.62]$ 이었으며, 비석면 섬유 종류별 면비

Table 3. Number and incidence of non-asbestos fiber by fiber type in the lung (22 cases)

Fiber type	No. of fibers (%)	No. of cases (%)
Al + Si	993 (57.9)	22 (100.0)
P + Fe	398 (23.2)	21 (95.5)
Si	76 (4.4)	19 (86.4)
P	76 (4.4)	14 (63.6)
Fe	52 (3.0)	18 (81.8)
Ti	40 (2.3)	19 (86.4)
Mg + Si	9 (0.5)	7 (31.8)
Al	6 (0.4)	5 (22.7)
P + Ca	5 (0.3)	4 (18.2)
Fe	5 (0.3)	1 (4.5)
Si + K	5 (0.3)	1 (4.5)
Ca	3 (0.3)	1 (4.5)
Si + Fe	3 (0.3)	3 (13.6)
Others*	7 (0.4)	6 (27.3)
Total	1,714	22

* CR, Cu, FR, Mn, P + K, SC, XX

Table 4. Geometric means of asbestos and non-asbestos fiber concentrations in the lung (unit: 106 fibers/g of dry lung)

Sex	Number	Asbestos			Non-asbestos	Total fibers
		Chrysotile	Amphiboles	Total		
Male	20	0.06 ($<0.04-0.23$)*	0.06 ($<0.04-0.89$)	0.09 ($<0.04-0.98$)	4.61 (0.53-23.31)	4.71 (0.53-23.53)
Female	2	0.30 (0.17-0.54)	0.09 ($<0.09-0.09$)	0.30 (0.17-0.54)	17.79 (17.77-17.80)	18.14 (17.98-18.31)
Total	22	0.06 ($<0.04-0.54$)	0.06 ($<0.04-0.89$)	0.09 ($<0.04-0.98$)	5.21 (0.53-23.31)	5.33 (0.53-23.53)
Mann-Whitney U		2.00	11.50	7.00	2.00	2.00
p-value (2-tailed)		0.04	0.33	0.14	0.04	0.04

*Range from minimum to maximum

Table 5. Geometric means of pulmonary asbestos and non-asbestos fiber concentration by age group

Age (yrs)	Number	Asbestos			Non-asbestos	Total fibers
		Chrysotile	Amphiboles	Total		
below 30	5	0.03 ($<0.04-0.12$)*	0.05 ($<0.04-0.09$)	0.06 ($<0.04-0.12$)	2.55 (1.26-12.58)	2.62 (1.38-12.70)
30-39	7	0.07 ($<0.04-0.54$)	0.07 ($<0.04-0.89$)	0.13 ($<0.04-0.98$)	5.69 (0.53-17.77)	5.84 (0.53-18.31)
40-49	4	0.04 ($<0.04-0.10$)	0.04 ($<0.04-0.39$)	0.06 ($<0.04-0.49$)	4.01 (2.20-9.55)	4.08 (2.20-10.04)
above 50	6	0.13 ($<0.06-0.23$)	0.07 ($<0.06-0.14$)	0.15 ($<0.06-0.28$)	10.19 (1.08-23.31)	10.31 (1.08-23.53)
χ^2 value†		7.37	2.39	2.98	5.68	5.48
P-value		0.06	0.50	0.39	0.13	0.14

* Range from minimum to maximum

† Estimated by Kruskal-Wallis test

Table 6. Length, diameter, and aspect ratio of pulmonary asbestos and non-asbestos fibers by fiber type

Fiber type	No. of fiber	Length (μm) GM* [GSD] [†]	Diameter (μm) GM [GSD]	Aspect ratio GM [GSD]
<i>Asbestos</i>				
Chrysotile	18	1.04 [1.52] (0.60-2.50) [†]	0.05 [1.62] (0.02-0.15)	19.87 [1.58] (5.3-35.7)
Amphiboles	21	3.77 [1.96] (1.30-14.00)	0.36 [1.79] (0.10-1.10)	10.49 [2.03] (4.1-48.0)
Total	39	2.08 [2.36] (0.60-14.00)	0.15 [3.02] (0.02-1.10)	14.08 [1.97] (4.1-48.0)
<i>Non-asbestos</i>				
Al + Si	993	1.32 [2.03] (0.20-13.00)	0.17 [2.38] (0.03-3.50)	7.59 [1.64] (3.0-60.0)
P + Fe	398	1.19 [1.72] (0.20-7.50)	0.17 [1.89] (0.04-1.70)	6.99 [1.56] (3.0-45.0)
Si	76	1.89 [2.18] (0.40-12.00)	0.31 [2.24] (0.05-2.20)	6.02 [1.62] (3.0-36.7)
P	76	1.52 [1.92] (0.50-9.50)	0.25 [1.90] (0.06-1.20)	6.17 [1.52] (3.3-24.3)
Fe	52	1.17 [1.94] (0.30-5.00)	0.21 [2.22] (0.04-1.20)	5.56 [1.47] (3.2-16.7)
Ti	40	1.56 [1.87] (0.60-4.50)	0.23 [1.84] (0.06-0.50)	6.72 [1.42] (3.5-13.3)
Mg + Si	9	2.35 [1.86] (0.70-6.00)	0.34 [1.80] (0.10-0.75)	6.87 [1.35] (4.4-12.0)
Al	6	0.86 [1.61] (0.40-1.30)	0.16 [1.49] (0.08-0.25)	5.30 [1.17] (4.7-6.5)
P + Ca	5	1.50 [1.70] (1.00-3.50)	0.24 [1.57] (0.12-0.40)	6.37 [1.41] (4.0-8.8)
Fe	5	1.17 [1.57] (0.60-1.80)	0.18 [1.60] (0.10-0.30)	6.56 [1.46] (4.5-12.5)
Si + K	5	1.96 [1.24] (1.50-2.70)	0.39 [1.46] (0.25-0.70)	5.09 [1.34] (3.9-8.0)
Ca	3	0.96 [1.42] (0.70-1.40)	0.11 [1.83] (0.06-0.20)	8.49 [2.18] (3.5-15.0)
Si + Fe	3	2.19 [1.54] (1.50-3.50)	0.33 [1.95] (0.20-0.70)	6.69 [1.43] (5.0-10.0)
Others	7	2.42 [2.96] (0.90-15.00)	0.36 [3.25] (0.10-2.70)	6.70 [1.46] (4.0-12.5)
Total	1,714	1.33 [1.97] (0.20-15.00)	0.19 [2.24] (0.03-3.50)	7.17 [1.62] (3.0-60.0)

* geometric-mean; † geometric standard deviation

† range from minimum to maximum

는 5.09부터 8.49로 비슷하였다.

석면섬유의 길이에 따른 수, 지름, 면비는 표 7과 같다. 석면 섬유중 5 μm 보다 긴 것이 20.5% 였다. 백석면 섬유의 경우 대부분 2.9 μm 보다 작았으며 1.0 μm 보다 짧은 것은 모두 백석면 섬유였으며, 각섬석계 섬유는 대부분 1.0 μm 이상 길었는데 3.0 μm 이상의 경우 모두 각섬석계였다.

백석면 섬유는 대부분 직경이 0.1 μm 보다 짧았고, 길이가 증가하면서 면비가 증가하는 경향을 보였으나 통계적으로 유

의하지 않았다. 각섬석계 섬유는 지름이 0.1 μm 이상이였으며 5 μm 이상인 균이 미만인 균에 비하여 면비가 유의하게 증가하였다.

일본 주민, 한국의 서울지역 주민과 포항지역 주민에 대하여 동일인이 동일한 분석 장비와 방법, 측정기술을 사용하여 분석한 내용을 비교한 결과는 표 8과 같다.

석면과 관련된 직업력을 가진 일본 남성은 석면과 관련된 직업력이 없는 일본 여성, 석면 노출력을 모르는 한국 남성 및

여성보다 유의하게 석면섬유 수가 많았다($p<0.05$). 일본 남성 및 여성은 석면 노출력을 모르는 한국 남성과 여성보다 유의하게 석면섬유 수가 많았다($p<0.05$). 석면 노출력을 모르는 한국 남성에서 서울지역 거주자가 지방도시 거주자에 비하여 석면섬유 수가 많았다.

고찰

석면은 석면폐와 더불어 폐암, 종격동

Table 7. Distributions of number, concentration, diameter and aspect ratio of pulmonary asbestos fiber by length of fiber

Type	Class of length (μm)				F-value
	< 1.0	1.0-2.9	3.0-4.9	5.0 ≤	
Number					
Chrysotile	9	9	-	-	
Amphiboles	-	8	5	8	
Total	9	17	5	8	
Concentration(10⁶ fibers/g of dry lung)					
Chrysotile					
AM*[ASD] [†]	0.11 [0.55]	0.11 [0.06]	-	-	
Range	(0.02-0.15)	(0.04-0.12)	-	-	
Amphiboles					
AM [ASD]	-	0.05 [0.03]	0.08 [0.05]	0.08 [0.04]	
Range	(0.10-0.60)	(0.25-1.10)	(0.25-0.60)		
Total					
AM [ASD]	0.11 [0.05]	0.08 [0.06]	0.08 [0.03]	0.08 [0.05]	
Range	(0.02-0.15)	(0.04-0.60)	(0.25-1.10)	(0.25-0.60)	
Diameter(μm)					
Chrysotile					
GM [†] [GSD] [‡]	0.04 [1.74]	0.06 [1.36]	-	-	5.41 [§]
Range	(0.02-0.15)	(0.04-0.12)	-	-	
Amphiboles					
GM [GSD]	-	0.26 [1.94]	0.51 [1.69]	0.41 [1.41]	4.59
Range		(0.10-0.60)	(0.25-1.10)	(0.25-0.60)	
Total					
GM [GSD]	0.04 [1.75]	0.12 [2.36]	0.51 [1.69]	0.41 [1.41]	25.08 [§]
Range	(0.02-0.15)	(0.04-0.60)	(0.25-1.10)	(0.25-0.60)	
Aspect ratio					
Chrysotile					
GM [GSD]	17.00 [1.70]	23.22 [1.38]	-	-	1.23
Range	(5.3-35.0)	(15.0-35.7)			
Amphibole					
GM [GSD]	-	7.57 [1.88]	7.14 [1.50]	18.46 [1.80]	8.04 [§]
Range		(4.2-20.0)	(4.1-12.0)	(8.3-48.0)	
Total					
GM [GSD]	17.00 [1.70]	13.70 [2.11]	7.14 [1.50]	18.46 [1.80]	6.79
Range	(5.3-35.0)	(4.2-35.7)	(4.1-12.0)	(8.3-48.0)	

* arithmetic mean; † arithmetic standard deviation

‡ geometric mean; § geometric standard deviation

‡ p-value < 0.05; § p-value < 0.01

Table 8. Comparison of asbestos and non-asbestos fiber contents in lungs between area, sex, country

Area	Sex	Country	Number	Age at death or operation*	Fiber conc.(x 10 ⁶ fibers/g of tissue) [†]	
					Asbestos	Non-asbestos
Urban	Male	Korea ¹	23	40.7 [†]	0.25 (0.03-2.41) [†]	8.90 (1.95-40.60) [†]
		Japan ¹	30	62.8	1.54 (0.30-7.99)	49.60 (11.90-206.00)
	Female	Korea ¹	7	45.6 [†]	0.27 (0.10-0.76) [†]	9.10 (2.71-30.60) [†]
		Japan ¹	26	66.0	1.07 (0.28-4.07)	21.15 (3.22-139.00)
Rural	Male	Korea ²	20	38.6 [†]	0.09 (<0.04-0.98) ^{‡§}	4.61 (0.53-23.31) ^{‡§}
		Japan ¹	7	71.0	2.27 (0.51-10.10)	34.10 (13.20-87.90)
	Female	Korea ²	2	52.0	0.30 (0.17-0.54)	17.79 (17.77-17.80)
		Japan ¹	23	65.6	1.30 (0.38-4.46)	20.50 (2.62-161.00)

* arithmetic mean; † geometric mean

1 ; data were obtained from references: Sakai et al. 1999

2 ; data were obtained from this study

† p-value < 0.01 : comparing with Japanese by area and sex

‡ p-value < 0.01 : comparing with Korean by area

암, 장관계의 암, 인후두암, 유방암, 난소암, 신장암을 발생시키는 유해성이 큰 물질로 알려져 있으며(최정근 등, 1998) 선진국에서는 이미 오래 전부터 규제 대상이거나 사용금지 물질로 정하고 있고 우리나라에서도 석면은 제조사용허가 품목으로 규정되어 있다. 우리나라에서 석면이 생산된 것은 문헌상 1930년대 중반 전국에 걸쳐 일본의 군수물자 조달을 위해 석면 광산이 개발되었다. 이때 생산된 석면은 전량 일본으로 수출되었으며 해방 후 생산량은 급속히 감소되었다가 1978년부터 1983년까지 연간 약 10,000톤 이상 생산되었으며 1990년 이후 인건비 등의 문제로 생산이 이루어지지 않고 주로 수입에 의존하게 되었다. 우리나라에서 사용되는 석면은 석면 마찰제인 석면 브레이크라이닝과 산업기계 등에 사용되었을 뿐만 아니라 석면판, 석고보드, 방열판 등에도 사용되어 취급 근로자 뿐만 아니라 거주 환경 등에 의한 일반 국민들에 대한 폭로도 심각하다고 할 수 있을 것이다(최정근, 1998).

Lippmann(1988)의 연구에 의하면 석면폐의 경우 길이가 $2 \mu\text{m}$ 이상이고 지름이 $0.15 \mu\text{m}$ 이상인 섬유에 의해, 종격동암은 길이가 $5 \mu\text{m}$ 이상이고 지름이 $0.1 \mu\text{m}$ 이하인 섬유의 수에 의해, 폐암은 길이가 $10 \mu\text{m}$ 이상이고 지름이 $0.15 \mu\text{m}$ 이상인 섬유의 수에 의해 발생 빈도가 높다고 밝히고 있으나 이는 주로 대기중 석면의 형태를 통한 동물 실험에 근거한 것들이다. 폐에 함유된 석면으로 인한 건강 장애를 일으키는 문제에 대한 양-반응 관계를 밝히고자, 종격동암과 대조군과의 폐조직내 석면 섬유를 분석한 연구가 독일, 캐나다, 호주에서 진행되었다.(Case et al., 1988; McDonald et al., 1989; Roders et al., 1991; Rdelsperger et al., 1999). 각 연구의 대상이나 방법에는 차이가 있지만 이 연구들에 의하면 석면 섬유중 길이가 $5 \mu\text{m}$ 이상의 각섬석계(amphibole) 섬유가 종격동암과 주된 양-반응 관계를 보이고 있으며 백석면(chrysotile) 섬유의 경우 직접적 관계라기보다는 각섬석계 섬유에 대한 상가적(additive or multiplicative)

관계일 것이라고 추정하고 있다. 우리나라의 경우 종격동암 환자군에 대한 결과가 충분하지 않아 직접적 비교는 할 수 없지만 위 연구들의 대조군에 대한 자료는 본 연구와 비교하는데 있어 유용할 것이라 생각된다. 이들 연구의 대조군의 경우 본 연구와 연령별 및 통계적 차이는 있지만, 길이가 $5 \mu\text{m}$ 이상의 각섬석계 섬유의 경우를 독일 연구(Rödelsperger et al., 1999)와 비교하여 볼 때 종격동암을 유발한 환자군에서는 $1.14 \text{ fibers}/\mu\text{g dry lung}$ 의 농도를 보인 반면 대조군에서는 $0.03 \text{ fibers}/\mu\text{g dry lung}$ 를 보여 본 연구의 $0.03 \text{ fibers}/\mu\text{g dry lung}$ 과 유사한 결과를 보였다.

Yu et al.(1998)의 연구에 의하면 서울 지역에 거주하는 총 20인에 대한 폐조직 검사결과 백석면 섬유가 총 석면 섬유 119개 중의 65.5%로서 각섬석계 섬유의 약 2배를 차지하고 있는데 반해 본 연구에서는 46.2%로 오히려 각섬석계 섬유보다 약간 적은 비율을 차지하고 있다. 또한 Yu et al.(1998)의 연구결과 총 대상 20명중 백석면 섬유가 있는 대상자수는 11명(55.0%), 각섬석계 섬유가 있는 대상자수는 16명(80.0%)으로서 각섬석계 섬유가 내재되어 있는 경우가 많았음에 비해 본 연구 결과 백석면 섬유는 14명(63.6%)으로서 비슷한 양상을 보이고 있으나 각섬석계 섬유는 단지 7명(31.8%)에 불과했다.

대도시와 농촌에 따른 폐조직내 석면 농도의 차이를 본 연구는 Sakai et al.(1988)의 연구와 Case et al.(1988)의 연구가 있다. 연구 결과 각섬석계 섬유와 백석면 섬유를 내재한 군과 내재하지 않은 군간의 수치상 유의한 차이를 보인 반면, 백석면 섬유의 경우 두 군간의 차이를 볼 수 없었다는 소견을 보이고 있는데 이는 본 연구 결과를 Yu et al.(1998) 연구 결과와 비교한 것과 동일한 소견을 보인다고 할 수 있다. 또한 섬유의 형태학적 측면에서 Yu et al.(1998)의 연구와 비교하여 볼 때 백석면 섬유가 각섬석계 섬유보다 짧은 섬유의 분포로 이루어졌다는 점이나, 백석면 섬유가 각섬석계 섬유에 비해 지름, 면비가 크다는 점에서 본 연구와 유

사하였으나, 각섬석계 섬유의 경우 본 연구에 비해 길이가 다양한 분포를 이루고 있었다.

이러한 소견들은 유사한 다른 연구(酒井 et al., 1988, Case et al., 1988)에서도 같은 소견을 보이고 있는데, 그 이유로 백석면 섬유의 체내 특징중 길이가 긴 것들이 각섬석계 섬유 등 다른 섬유군에 비해 우선적으로 제거(clearance)가 쉽기 때문이라고 하였다(Case et al., 1988). 따라서 각섬석계 섬유는 일생동안 대기중에서 흡입되어 축적된 지표라고 볼 수 있으나, 백석면 섬유는 일생동안의 축적이라기 보다는 최근의 흡입에 대한 지표라고 볼 수 있다고 하였다. 즉 이러한 소견을 통해 본 연구 결과를 해석하여 보면, 서울과 같은 대도시 지역에 비해 백석면 섬유의 비율이 적은 것은 최근의 흡입의 양이 적기 때문일 뿐만 아니라, 각섬석계 섬유가 폐에 내재된 주민의 수가 적은 것으로 미루어 일생동안 축적된 석면의 양이 대도시 지역에 비해 적었기 때문이라고 할 수 있을 것이다.

비석면계 섬유에 대한 연구는 국내 서울지역 주민을 대상으로 실시한 Yu et al.(1998)의 연구에서는 알루미늄 규산염(56.2%), 인산철(22.7%) 순으로 많았으며, 일본인을 대상으로 실시한 Sakai et al.(1998)의 연구에서도 알루미늄 규산염(62.3%), 인산철(18.4%) 순으로 많았는데, 이는 본 연구의 57.9%, 23.2%와 유사한 소견을 보이고 있다. Sakai et al.(1988)은 이를 대기중 섬유상 물질 농도와 비교하였는데 주된 성분이 알루미늄 규산염은 16.3%, 인산철은 0.4%로서, 알루미늄 규산염은 대기중에서 비롯되어 폐에 축적되는 반면, 인산철은 대기에 의한다기보다는 폐실질내에서 비롯될 가능성을 제기하고 있다.

한국인과 일본인 사이에 폐조직 내 석면 섬유와 비석면 섬유를 비교하여 보면, 한국인에서 일본인에 비하여 섬유의 수가 유의하게 적었다. 이는 우리나라에서 석면 사용 기간이 일본보다 짧고 사용량도 적었기 때문이다. 문헌을 보면 일본의 경우 우리나라보다 약 30년 전부터 석면

을 사용하였고 수입량은 1980년대에서 1990년대까지 매년 우리나라가 평균 약 10만 톤의 수입을 한 반면 일본의 경우 같은 시기에 매년 평균 약 30만 톤의 수입을 하고 있었다(최정근, 1998). 우리나라 건물이 시멘트나 목재 건물이 많은 것도 한 원인이라고 생각하지만 대기 중에서 섬유 농도를 측정하여 직접적으로 비교해 볼 필요가 있다.

연령과 흡연에 의한 영향에 대해서 환자-대조군 연구를 통한 독일이나 일본의 연구 결과 연령이나 흡연자와 비흡연자 간의 폐조직내 석면 농도의 차이는 보이지 않았다고 하였다(酒井 et al., 1999, Rdelsperger et al., 1999). 그러나 Case et al.(1988)이 캐나다에서 사고사로 사망하여 부검한 81건에 대한 연구에서는 연령이 증가함에 따라 비석면계 섬유에 비해 석면계 섬유의 양이 증가하고 있는 소견을 보인다고 하여 본 연구와 상이한 소견을 보이고 있는데, 본 연구의 경우 대상자수에 한계가 있어 추후 연구가 필요하다고 하겠다.

본 연구에서는 여성의 경우에는 대상자수가 너무 적어 분석에 한계가 있지만 타 연구에서는 여성군에 비해 남성군의 농도가 높은 소견을 보이고 있는데(Case et al., 1988, 酒井 et al., 1999, Rdelsperger et al., 1999), 이는 남성군이 여성군에 비해 외부 대기나 직업에 의한 노출이 높기 때문이라고 볼 수 있을 것이다. 그렇지만 본 연구의 경우 과거 거주력에 대한 조사가 부족하기 때문에 이에 대한 설명이 어렵다고 볼 수 있다.

결 론

대상자 폐조직 내 석면 섬유는 백석면(chrysotile)이 18개(46.2%)로 석면 섬유의 주 형태이었고 14명(63.6%)에서 관찰되었다. 각섬석계(amphiboles) 섬유는 7명(31.8%)에서 관찰되었는데 갈석면

(amosite) 12개(30.8%), 토면(tremolite) 7개(17.9%) 및 양기석(actinolite) 2개(5.1%)의 순이었다. 비석면 섬유는 알루미늄 규산염(57.9%)이 가장 많이 관찰되었으며, 조사대상자 전원에서 관찰되었다. 다른 비석면 섬유 수는 인산철, 규산염, 불순 칼륨, 철 및 티타늄의 순으로 감소하여 관찰되었다.

석면 섬유의 수는 남성에서 건조중량 1g 당 0.09×10^6 개였고, 여성은 0.3×10^6 개였다. 비석면 섬유의 농도는 남성에서 건조중량 1g 당 4.61×10^6 개였고, 여성은 17.79×10^6 개였다. 석면 섬유와 비석면 섬유 수는 모두 유의하게 여성에서 많았다($p < 0.05$). 폐조직 내 석면섬유의 양은 남성에서 총 섬유의 2.1%이었고, 여성에서는 총 섬유의 2.0%이었다. 연령 그룹별로 석면섬유 및 비석면 섬유 수는 유의한 차이가 관찰되지 않았다.

백석면 섬유의 길이는 기하평균[기하 표준편차]이 $1.04[1.52] \mu\text{m}$, 직경은 $0.05[1.62] \mu\text{m}$, 면비는 $19.87[1.58]$ 이었다. 각섬석계 섬유는 면비의 기하평균[기하 표준편차]이 $10.49[2.03]$ 로 백석면섬유에 비하여 작았다. 비석면 섬유의 총 면비는 기하평균[기하 표준편차]이 $7.17[1.62]$ 이었으며, 비석면 섬유 종류별 면비는 5.09부터 8.49로 비슷하였다. 석면섬유의 길이는 79.5%가 $5 \mu\text{m}$ 보다 짧았고 20.5%가 $5 \mu\text{m}$ 보다 길었다. 백석면섬유는 대부분 직경이 $0.1 \mu\text{m}$ 보다 짧았고 길이는 $3 \mu\text{m}$ 보다 길었다. 또한 면비는 길이가 증가하면서 증가하는 경향을 보였으나 통계적으로 유의하지 않았다. 각섬석계 섬유는 $1 \mu\text{m}$ 이하부터 $5 \mu\text{m}$ 이상까지 넓은 범위를 보였고, $5 \mu\text{m}$ 이상에서 그 미만에 비하여 면비가 유의하게 증가하였다.

석면과 관련된 직업력을 가진 한국 남성은 석면과 관련된 직업력이 없는 한국 여성, 석면 노출력을 모르는 일본 남성 및 여성보다 유의하게 석면섬유 수가 적었다($p < 0.05$). 한국 남성 및 여성은 석면 노

출력을 모르는 일본 남성과 여성보다 유의하게 석면섬유 수가 적었다($p < 0.05$). 석면 노출력을 모르는 한국 남성에서 지방 거주자가 서울지역 거주자에 비하여 석면섬유 수가 적었다.

참고문헌

강대회. 직업성 암은 증가할 것인가. 제33회 산업안전보건 강조주간 세미나. 2000 URL: <http://www.home.kosha.net/~coddr/index-2.htm>

최정근, 백도명, 백남원. 우리나라의 석면 생산과 사용 및 근로자 수와 노출농도의 변화. 한국 산업위생학회지 1998; 8(2): 242-253

Case BW, Sebastien P, McDonald JC. Lung fiber analysis in accident victims: A biological Assessment of general population. *Arch Environ Health* 1988; 43(2): 178-179

Lippmann M. Asbestos exposure indices. *Environ Res* 1988; 46(1): 86-106

McDonald JC, Armstrong B, Case B, Doell D, McCaughey WTE, et al. Mesothelioma and asbestos fiber type. *Cancer* 1989; 63(3): 1544-1547

Rdelsperger K, Weitowitz HJ, Brukel B, Arhelger R, Pohlabein H, et al. Dose-response relationship between amphibole fiber lung burden and mesothelioma. *Cancer Detection and Prevention* 1999; 23(3): 183-193

Rodgers AJ, Leigh J, Berry G, Ferguson DA, Mulder HB, et al. Relationship between lung asbestos fiber type and concentration and relative risk of mesothelioma. *Cancer* 1991; 67(7): 1912-1920

Sakai, K.; Kojima, A.; Hisanaga, H.; Shibata, E.; One, Y.; Takeuchi, Y. Inhaled non-asbestos fiber content in lung tissue of Japanese patients with malignant mesothelioma. *Cancer* 1994; 73: 1825-1835

Yu JJ, Moon YH, Sakai K, Hisanaga N, Park JD et al. Asbestos and non-asbestos fiber content in lungs of Korean subjects with no known occupational asbestos exposure history. *Environment International* 1998; 24(3): 293-300

酒井潔, 兪日在, 林鉉述, 久永直見, 紫田英治, et al. 日韓兩國における一般住民の肺内石綿および非石綿纖維濃度. *衛生誌* 1999; 41: 334