

## 우리나라 일부 석면광산 인근거주 주민의 흉막반 유병률

순천향대학교 석면폐질환 환경보건센터, 순천향대학교 의과대학 예방의학교실 및 산업의학연구소<sup>1)</sup>,  
순천향대학교 천안병원 산업의학과<sup>2)</sup>, 동국대학교 일산병원 영상의학과<sup>3)</sup>

이용진 · 박찬호 · 김용배<sup>1)</sup> · 장은철<sup>2)</sup> · 김승환<sup>2)</sup> · 신영식<sup>2)</sup> · 김정숙<sup>3)</sup>

— Abstract —

### The Prevalence of Asbestos Related Pleural Plaque among Residents Living Near Asbestos Mines in Korea

Yong-Jin Lee, Chan-Ho Park, Yong-Bae Kim<sup>1)</sup>, Eun-Chul Jang<sup>2)</sup>  
Seung-Hwan Kim<sup>2)</sup>, Young-Sik Shin<sup>2)</sup>, Jeung-Sook Kim<sup>3)</sup>

*The Environmental Health Center for Asbestos Related Disease, Chunan Hospital, Soonchunhyang University, The Department of Preventive Medicine and the Institute of Industrial Medicine, Soonchunhyang University<sup>1)</sup>, The Department of Occupational and Environmental Medicine, Soonchunhyang University Hospital, Cheonan<sup>2)</sup>, The Department of Radiology, Ilsan Hospital, Dongguk University<sup>3)</sup>*

**Objectives:** The investigation of the prevalence of pleural diseases in regards to those living within 1 km of 14 asbestos mines in Chungnam province.

**Methods:** We enrolled 4,057 residents (male: 1,887, female: 2,170) living within 1km of asbestos mines in Chungcheong province. They received checkups from Soonchunhyang Environmental Health Center for asbestos related diseases between March 2009 and December 2009. Chest X-rays were taken from all subjects and read by two experts according to International Labor Organization guidelines. Those subjects suspected of asbestos related lesions were further checked with HRCT(high-resolution computed tomography). The determination was done by two experts after reviewing the resulting data.

**Results:** The 4,057 exposed residents underwent the checkup, 859 of whom further underwent the HRCT(high-resolution computed tomography) check. The prevalence of pleural plaque was found to be 11.3% (29.2% non-occupational, 8.0% occupational) from the chest X-rays. The HRCT(high-resolution computed tomography) results revealed that 227 subjects (26.4%) out of the 859 positive subjects (110 (18.8%) non-occupational, 117 (42.9%) occupational) showed evidence of pleural plaque. The statistical analysis showed that the prevalence of pleural plaque increased with increases in age, residence time, and occupational family exposure to asbestos ( $p<0.05$ ).

**Conclusions:** We recommend better control of asbestos in the soil and mines. We also recommend that all affected residents living near asbestos mines receive medical checkups as mandated by the asbestos health damage relief policy.

**Key words:** Asbestos, Environmental exposure, Pleural plaque

서 론

석면은 섬유형태를 띤 비금속성 광물질로 성상에 따라 갈석면, 청석면, 액티노라이트, 트레몰라이트, 안쏘필라이트 등의 각섬석계열과 백석면을 포함하는 사문석 계열로 구분하는데 인장내력과 불연성, 내산성 및 내알칼리성 등 물리화학적으로 안정되고 내마모성, 흡음성질 및 값이 저렴하기 때문에 우리 일상생활에 상업적 제품으로 가공되어 국내에서는 주로 슬레이트 및 천정재, 벽면재, 보온단열재 등 건축용 자재의 원료와 브레이크라이닝 등의 자동차 부품에도 쓰이며, 직포의 형태로 기관이나 배관의 보온단열재로 주로 사용되었다<sup>1)</sup>. 그러나 석면은 다양한 장점에도 불구하고 악성중피종 및 폐암을 유발하며, 이러한 악성질환 외에도 석면폐증과 흉막반 등의 호흡기 질환을 유발하는 것으로 밝혀져 미국 산업안전 보건청(Occupational Safety & Health Administration, OSHA) 및 국제암연구소(International Agency for Research on Cancer, IARC)에 의해 확실한 발암물질로<sup>2)</sup> 규정되어 현재 서구유럽의 많은 국가에서 석면의 생산 및 사용이 중지된 상태로서 우리나라도 1997년 청석면과 갈석면의 사용금지 조치를 시작으로 석면사용을 단계적으로 금지하여 2009년부터 0.1%이상 석면함유 제품 사용을 전면 금지한 상태이다<sup>3)</sup>. 그러나 과거에 사용되었던 석면슬레이트 및 건축자재와 같은 석면제품 등의 마모와 철거, 또는 과거 가동되었던 폐석면 광산의 관리가 제대로 이루어지지 않을 경우 석면 노출은 지속적으로 발생할 수 있고, 석면에 의한 건강장애는 장기간의 잠복기를 거쳐 발생하므로 노출이 중지되었다 하더라도 이전에 노출되었던 사람에게는 석면으로 인한 질병발생 가능성을 배제할 수 없다. 일반적으로 석면노출 경로는 석면취급 작업장에서 노출되는 직업성 석면노출과 석면광산이나 공장 인근에 거주하는 지역주민들이 노출되는 환경성 석면노출로 구분할 수 있으며, 직업성 요인과 환경성 요인이 섞이는 경우도 있는데 가족일원이 석면광산이나 공장에서 석면을 문혀와 가정에서 석면에 노출되는 가족노출이 그 예이다.<sup>4)</sup> 작업장에서 석면을 취급하여 발생하는 직업성 석면노출은 석면질환 예방을 위하여 근로자들에 대한 호흡 및 방진보호구 착용 지도, 작업장 석면농도 측정, 건강검진 등의 의학적 감시를 통하여 지속적으로 보호 조치되고 있으나, 환경성 석면노출로 인한 석면공장 및 광산 지역 주민들의 석면질환 예방을 위한 의학적 감시는 미흡한 실정이다. 우리나라는 석면을 직접 채광한 국가로서 1930년대 일제에 의해 전국적으로 석면생산이 이루어져 해방당시에는 총 28개의 석면광산이 가동되었고, 이중 다수가 충청남도 홍성과 보령지역에 분포되어 있었다. 홍성에 위치한 광천광산은 아시아에서 가장 규모가 큰 백석면

광산으로 1984년 폐광될 때까지 총 145,000톤이 생산된 것으로 추정되고 있으며<sup>5)</sup>, 대부분의 석면광산이 해방이후에는 폐광되었으나 경제발전으로 인하여 1970년 후반부터 1983년 까지 다시 석면광산을 재가동하여 석면을 생산하다가 중단되었다<sup>6)</sup>. 최근 일부 석면광산 지역주민들에서 무작위로 추출한 주민 215명 중 흉막반이 87명으로 석면광산지역 환경성 석면노출로 인한 건강영향이 매우 높다고 보고되어<sup>7)</sup> 사회적 관심이 고조되었다. 과거 채광이 이루어졌던 석면광산 인근주민들의 석면관련 질환 발생은 석면광산 가동 중에 발생하였거나 폐광 후 과거 석면채광으로 인한 오염된 토양 및 공기 등에 의해 발생이 가능한 것으로서 충청남도 폐석면 광산은 채광 중단 이후 일부 복원을 실시한 곳도 있었지만 대부분의 폐석면 광산들은 그대로 방치되어 폐광산 주변 토양에서는 석면이 일부 외부로 노출된 상태로<sup>8)</sup>, 석면광산 가동이 중지된 이후에도 석면에 노출되어 왔을 가능성이 높고, 향후 지속적으로 석면으로 인한 건강피해가 증가할 것으로 예상된다. 석면으로 인한 질환 중 석면폐증 및 폐암은 고농도의 석면노출이 있어야 발생하므로 환경성으로 인한 저농도의 석면노출에 의한 질병발생은 매우 드물고, 악성중피종은 저농도의 환경성 석면노출로 발생 가능하지만 집단으로 악성중피종이 증가한다는 증거가 희박하다. 그러나 흉막반은 저농도의 환경성 석면노출로 인한 발생보고가 많이 되고 있고, 특히 흉막반은 과거 개인이나 집단의 석면노출을 나타내는 유용한 생체지표로서<sup>9-11)</sup> 석면노출로 인한 건강피해 규모를 파악하는데 도움이 된다.

이에 본 연구는 국내 석면광산 인근 주민들의 환경성 석면노출로 인한 건강피해 규모를 파악하고자 충청남도 5개 지역의 14개 폐석면 광산을 중심으로 반경 1 km 이내에 거주하고 있는 전체 주민을 대상으로 석면노출에 대한 구조화된 설문조사와 함께 단순 흉부방사선검사 및 HRCT(High-Resolution Computer Tomography)검사와 같은 체계적인 역학조사를 통하여 직업적 석면노출 없이 환경성으로 석면에 노출되는 군(직업적 석면노출 비경력자군)과 직업적 석면노출과 환경성 석면 노출이 함께 있는 군(직업적 석면노출 경력자군)으로 구분하여 흉막반 유병률을 조사하였고 이를 토대로 향후 환경보건학적 대응체계 기반을 수립하는데 있어 기초자료로 제공하고자 본 연구를 실시하였다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

본 조사 연구 대상자는 과거에 석면광산 가동을 하였으나 현재는 가동을 중지한 충청남도 홍성군, 예산군, 태안

군, 보령시, 청양군에 위치한 14개 폐석면 광산을 중심으로 반경 1 km 이내에서 현재 거주하고 있는 지역 주민을 선정하였으며, 이 중에서 연구에 동의한 주민 4,057명을 대상으로 직업적 석면노출 비경력자군과 직업적 석면노출 경력자군으로 구분하여 조사하였다.

## 2. 연구 방법

### 1) 설문조사

본 연구에서는 사전 건강 영향 조사의 목적과 검사방법에 대한 설명과 함께 자발적으로 건강조사연구에 참여 동의를 받은 후 일차적으로 설문조사를 실시하였다. 설문조사는 석면노출과 관련된 직업과 환경 등에 대한 석면관련 표준설문지를 구성하여 설문조사원들을 사전에 교육을 실시한 후 일대일 면접 방식으로 실시되었고, 석면 폭포에 대한 정보는 수검자의 사전 동의하에 수검자가 지참한 주민등록 관련 서류를 참고하여 태어나서 현재까지 일생동안의 실제 거주지역과 거주기간 등을 조사하였고, 설문내용은 검진 대상자의 신체 및 인구학적 특성, 흡연습관, 본인 및 가족의 호흡기질환 및 만성질환에 대한 질병력, 악성종양에 대한 질병력, 석면관련성 호흡기 질환의 자각 증상, 거주 지역 주변 석면관련 공장 및 광산 여부 및 거주지로부터의 거리, 석면관련 본인 및 가족의 직업력과 작업내용, 종사하였던 직장의 명칭 및 위치, 근무기간 등으로 구성 되었다. 또한 미비한 항목에 대하여서는 2차 정밀검사 및 유선을 통하여 보완하였으며, 의사 진료시 주민의 현재 건강상태 진찰과 과거 질환의 문진을 통하여 설문조사의 과거병력을 한 번 더 점검하였다.

### 2) 영상촬영

흉부 방사선학적 검사는 일차적으로 단순 흉부 x-ray 정면사진을 촬영하였으며, ILO (International Labour Organization)기준에 따라 x-ray 결과에서 질환이 의심되는 이상자를 선별하여 2차적으로 정밀검사를 위해 흉부전산화단층촬영(chest computed tomography, chest CT)을 실시하였다. CT 장비는 2-절편 다중검출기 (Emission DUO: Siemens, Erlangen, Germany)와 나선상 CT (XCT 7800-TE: Shimadzu, Kyoto, Japan)를 사용하였다. 영상 촬영방법은 대한 흉부영상의학회 석면관련 질환 특별위원회에서 추천한 방식에 따라 실시하였으며 다음과 같다. 모든 CT는 조영제는 사용하지 않고 완전선량(full radiation dose)으로 전체 폐경계(entire lung)가 포함되도록 목 하부부터 상부 복부까지 최대 흡입상태에서 숨을 멈추고 촬영하였다. CT 촬영은 110~130 kV와 60~100 mAs를 사용하여 똑바로 누운 자세와 옆드린 자세에서 두 번의 촬영을 시행하였다.

흉막판을 확인하기 위해 영상의 단절이 없는 5 mm 두께 5 mm 간격의 똑바로 누운 자세의 종격동 창조절 CT 영상과 석면폐증을 확인하기 위한 1 mm 두께 10 mm 간격의 똑바로 누운 자세와 옆드린 자세의 폐 창조절 고해상 CT (high-resolution computed tomography, HRCT) 영상을 획득하였다.

### 3) 영상의 판독

영상 판독 방법은 대한 흉부영상의학회와 협의하여 흉부 표준 흉부 X-ray 판독표와 표준 asbestos chest CT 판독표를 구성하여 사용하였고, CT촬영 대상자를 선별하기 위한 흉부 X-ray영상판독기준은 대한영상의학회와 사전에 상의하여 ILO 분류에 따라 0/1을 제외한 폐결절 음영이 관찰되는 경우 및 흉막 소견상 costophrenic angle (CPA) 소실의 경우를 제외한 흉막비후 및 석회침착 등 흉막 이상 소견시에는 HRCT 촬영을 실시하도록 기준을 정하였다. 단, 명백한 석면이외의 타 질환에 의한 소견은 HRCT 촬영 대상에서 제외하기로 하였다. 영상판독은 판독자들 간의 판독 오차를 줄이기 위해 석면관련 HRCT판독 교육을 사전에 2회에 걸쳐 실시한 후 대한 흉부영상의학회 추천으로 HRCT 판독 교육을 이수 받은 흉부영상의학 전문의 2명을 한 팀으로 약 20여개 팀을 구성하여 2명의 전문의가 합의판독을 원칙으로 실시하였으며, 진단과정에서 영상의학적 소견이 서로 일치되지 않거나 혹은 불분명한 경우, 석면노출력 판단이 불확실한 경우에는 영상의학 전문의, 호흡기 전문의, 산업의학전문 의 10명으로 구성된 판정위원회에서 논의하여 최종 판정 하였다.

### 4) 자료분석

인구학적 변수와 석면노출관련 요인 변수에 대한 흉막반 비교는 카이제곱 검정법을 실시하였으며 연령증가 및 거주기간에 따른 흉막반 발생의 경향분석을 선형 대 선형 결합(linear by linear association)으로 평가하였다. 모든 분석은 직업적 석면노출 비경력자군과 직업적 석면노출 경력자군으로 나누어 하였고 통계적 분석은 PC-SPSS 12.0 for window 프로그램을 이용하였으며, 유의수준 5%에서 검정이 이루어졌다.

## 결 과

### 1. 대상자의 일반적 특성

본 연구에 참여한 주민은 총 4,057명으로 직업적 석면노출 비경력자군 주민은 3,440명(84.8%), 직업적 석면노출 경력자군은 617명(15.2%) 이었고, 성별 분포는 전

체적으로 남자 46.5%, 여자 53.5% 이었다. 연령별 분포는 70~세가 1,244명(30.7%)로 가장 높은 분포를 보였고, 다음이 60~69세가 919명(22.7%), 50~59세가 655명(16.1%) 순이었고, 흡연 습관별로는 비흡연자가 2,658명(65.5%)으로 가장 높은 비율을 차지하였으며, 현재 흡연자는 722명(17.8%), 과거흡연자는 677명(16.7%) 이었다. 거주기간별로는 29년 이하 거주자가 1,010명(24.9%) 가장 높은 비율을 차지하였으며, 다음으로 70년 이상 거주자 851명(21.0%), 50~59년 거주자는 670명(16.5%), 60~69년 거주자는 614명(15.1%), 40~49년 거주자는 514명(12.7%), 30~39년 거주자는 398명(9.8%) 순 이었다. 석면가족 직업력이 없는 주민은 3,462명(85.3%)이었고, 석면가족 직업력이 있는 주민은 595명(14.7%)이었다.

단변량 분석에서 직업적 석면노출 비경력자군과 직업적 석면노출 경력자군에 유의한 차이를 보이는 변수는 성별, 연령, 흡연 및 거주기간이었다. 성별은 직업적 석면노출 비경력자군에서 상대적으로 여자비율이 58.2%로 유의하게 높았으며, 연령은 상대적으로 직업적 석면노출 비경력자군에서 39세 이하의 비율이 높았고, 직업적 석면노출

경력자군에서는 80세 이상에서 직업적 석면노출 비경력자군에 비해 유의하게 높았다(P<0.05). 흡연습관에서는 직업적 석면노출 비경력자군에서 비흡연자의 비율이 높았고, 직업적 석면노출 경력자군에서는 과거흡연자 및 현재 흡연자에서 직업적 석면노출 비경력자군에 비해 유의하게 높았다(P<0.05).

거주기간에서는 직업적 석면노출 비경력자군에서 29년 이하 거주자의 비율이 높았으며, 직업적 석면노출 경력자군에서는 70년 이상 거주자에서 직업적 석면노출 비경력자군에 비해 유의하게 높았다(P<0.05). 석면가족직업력 여부에서는 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 1).

2. 단순 흉부방사선검사 결과

전체 4,057명의 단순 흉부방사선검사 결과 석면질환 관련 흉막 및 폐실질 이상소견자는 총 973명(24.0%)으로 폐실질 병변이 있는 경우 516명(12.7%), 흉막 병변이 있는 경우 219명(5.4%), 흉막 병변과 폐실질 병변이 같이 있는 경우 238명(5.9%)으로 흉막만 유병률은 11.3% (457/ 4057) 이었다. 석면질환 관련 흉막 및 폐

Table 1. General characteristics of the study subjects

N(%)

Variables	Total (n=4,057)	Exposure	
		Non-occupational (n=3,440)	Occupational (n=617)
Gender*			
Male	1,887 (46.5)	1,437 (41.8)	450 (72.9)
Female	2,170 (53.5)	2,003 (58.2)	167 (27.1)
Age(yr)*			
≤ 39	562 (13.9)	559 (16.3)	3 ( 0.5)
40~49	339 ( 8.4)	328 (9.5)	11 ( 1.8)
50~59	655 (16.1)	581 (16.9)	74 (12.0)
60~69	919 (22.7)	751 (21.8)	168 (27.2)
70~79	1,244 (30.7)	987 (28.7)	257 (41.7)
≥ 80	338 ( 8.3)	234 ( 6.8)	104 (16.9)
Smoking*			
Non-smoker	2,658 (65.5)	2,404 (69.9)	254 (41.2)
Ex-smoker	677 (16.7)	483 (14.0)	194 (31.4)
Smoker	722 (17.8)	553 (16.1)	169 (27.4)
Residence duration(yr)*			
≤ 29	1,010 (24.9)	985 (28.6)	25 ( 4.1)
30~39	398 ( 9.8)	362 (10.5)	36 ( 5.8)
40~49	514 (12.7)	470 (13.7)	44 ( 7.1)
50~59	670 (16.5)	580 (16.9)	90 (14.6)
60~69	614 (15.1)	468 (13.6)	146 (23.7)
≥ 70	851 (21.0)	575 (16.7)	276 (44.7)
Family occupational asbestos exposure			
No	3,462 (85.3)	294 (85.5)	521 (84.4)
Yes	595 (14.7)	499 (14.5)	96 (15.6)

\*chi-square test p<0.05.

실질 이상소견자는 직업적 석면노출 경력자군에서 49.1%로 직업적 석면노출 비경력자군의 19.5%에 비해 유의하게 높았고(P<0.05), 단순 흉부방사선검사 결과에 따른 흉막반 유병률은 직업적 석면노출 경력자군의 흉막반은 180명(흉막 병변이 있는 경우 77명+흉막 병변과 폐 실질 병변이 같이 있는 경우 103명)으로 흉막반 유병률은 29.2% (180/ 617), 직업적 석면노출 비경력자군에서 흉막반은 277명(흉막 병변이 있는 경우 142명+흉막 병변과 폐실질 병변이 같이 있는 경우 135명)으로 8.0% (277/ 3,440)의 유병률을 보여 직업적 석면노출 경력자군에서 직업적 석면노출 비경력자군에 비해 흉막반 비율이 유의하게 높았다(P<0.05)(Table 2).

### 3. HRCT검사 결과

단순 흉부방사선검사 결과 총 973명이 석면관련 폐질환 소견을 보여 HRCT검사 대상자로 선정되었으나 HRCT검사에 참여한 수검자는 전체 859명으로 직업적 석면노출 비경력자군 586명(87.5%), 직업적 석면노출 경력자군 273명(90.0%)으로 직업적 석면노출 경력자군 참여률이 약간 높았고 전체 HRCT검사 참여율은 88.3%이었다. HRCT검사 결과 흉막반 유소견자는 227명(직업적 석면노출 비경력자군 110명, 직업적 석면노출 경력자

군 117명)으로 단순 흉부방사선검사 상 이상소견자 중 HRCT검사 상 흉막반은 전체 26.4% 이었고, 직업적 석면노출 경력자군에서는 42.9%로 직업적 석면노출 비경력자군의 18.8%에 비해 유의하게 높은 흉막반을 보였다 (P<0.05)(Table 3).

### 4. 일반적 특성에 따른 흉막반 유병률 비교

HRCT 결과 흉막반 유소견자 227명을 대상으로 성별, 연령별, 흡연습관, 거주기간, 석면노출 가족 직업력에 따른 흉막반 분포를 파악하고자 직업적 석면노출 비경력자군 110명과 직업적 석면노출 경력자군 117명을 구분하여 비교한 결과 성별 분포에서는 전체적으로 남자가 7.1%, 여자 4.3%로 남자가 유의하게 높은 분포를 보였으나 (P<0.05), 직업적 석면노출 비경력자군에서는 남자 3.3%, 여자가 3.1%, 직업적 석면노출 경력자군에서는 남자 19.3%, 여자가 18.0%로 석면노출 직업 유무에 따른 성별에 의한 흉막반 분포는 유의한 차이가 없었다 (P>0.05). 연령별 분포는 직업적 석면노출 비경력자군 뿐만 아니라 직업적 석면노출 경력자군에서도 연령이 증가할수록 유의하게 흉막반 유소견자가 증가됨을 보여주었다(P<0.05). 흡연습관별 분포는 비흡연자에 비해 현재 흡연자 및 과거 흡연자가 유의하게 흉막반 분포가 증가됨

**Table 2.** Result of asbestos related abnormal finding in chest X-ray N(%)

Chest X-ray	Total (n=4,057)	Exposure	
		Non-occupational (n=3,440)	Occupational (n=617)
Normal	3,084 (76.0)	2,770 (80.5)	314 (50.9)
Abnormal*	973 (24.0)	670 (19.5)	303 (49.1)
Parenchymal only	516 (12.7)	393 (11.4)	123 (19.9)
Pleural only	219 ( 5.4)	142 ( 4.1)	77 (12.5)
Pleural and parenchymal	238 ( 5.9)	135 ( 3.9)	103 (16.7)
Prevalence of pleural plaque <sup>†</sup>	457 (11.3)	277 ( 8.0)	180 (29.2)

\*based on chest x-ray (Parenchymal + Pleural + Pleural and parenchymal), chi-square test p<0.05.

<sup>†</sup>based on chest x-ray (Pleural only + Pleural and parenchymal), chi-square test p<0.05.

**Table 3.** Result of pleural plaques in HRCT N(%)

HRCT*	Total (n=859)	Exposure	
		Non-occupational (n=586)	Occupational (n=273)
Participation rate <sup>†</sup>	859/973 (88.3)	586/670 (87.5)	273/303 (90.0)
Normal	632/859 (73.6)	476/586 (81.2)	156/273 (57.1)
Prevalence of pleural plaque <sup>‡</sup>	227/859 (26.4)	110/586 (18.8)	117/273 (42.9)

\* high-resolution computed tomography.

<sup>†</sup>number of HRCT checkup/ number of chest X-ray abnormal.

<sup>‡</sup>based on chest x-ray and HRCT, chi-square test p<0.05.

을 보였으나(P<0.05), 직업적 석면노출 비경력자군 및 직업적 석면노출 경력자군에서는 흡연습관별 흉막반 유소견자 분포는 유의한 차이를 보이지 않았다. 석면광산 주변에 거주한 기간에 따른 전체 대상자 흉막반 분포는 거주기간 29년 이하 0.7%, 30~39년 3.5%, 40~49년 4.3%, 50~59년 5.2%, 60~69년 7.0%, 70년 이상이 12.5%로 석면 광산 주변에 거주 기간이 증가할수록 통계적으로 유의하게 흉막반 유소견자가 증가하는 경향을 보였고(P<0.05), 직업적 석면노출 비경력자군에서 흉막반 분포는 거주기간 29년 이하 0.4%, 30~39년 2.8%, 40~49년 3.0%, 50~59년 3.1%, 60~69년 4.5%, 70년 이상이 7.5%로 거주 기간이 증가할수록 유의하게 흉막반 유소견자가 증가하는 경향을 보여주었으나(P<0.05), 직업적 석면노출 경력자군에서는 거주기간별 흉막반 분포는 유의한 차이를 보이지 않았다(P>0.05). 가족 내 간접노출로 인한 흉막반 분포를 알아보기 위하여 가족 중에서 석면노출 직업력이 있는 주민과 석면노출 가족 직업력이 없는 주민을 구분하여 조사한 결과 전체적으로 가족 직업력이 없는 주민이 5.0%, 가족 직업력이 있는

주민이 9.2%로 가족직업력이 있는 주민에서 유의하게 높은 흉막반 분포를 보였고(P<0.05), 직업적 석면노출 비경력자군에서는 가족직업력이 없는 주민과 가족 직업력이 있는 주민이 각각 2.7%, 6.2%, 직업적 석면노출 경력자군에서는 가족 직업력이 없는 주민 및 가족 직업력이 있는 주민이 각각 17.9%, 25.0%로 가족 직업력이 없는 주민에 비해 석면노출 가족 직업력이 있는 주민에서 흉막반 분포가 높은 것으로 조사되었다(P<0.05) (Table 4).

### 고 찰

흉막반은 국소적 무혈성의 유리질성 변화를 동반한 콜라겐 조직으로서 주로 후외측 흉벽 7~10번 늑골사이와 외측 흉벽 6~9번 늑골사이에서 양측으로 주로 발생되고 또한 횡격막의 상부와 종격동 흉막에서 발견되는데 특히 폐와 뚜렷이 구별되는 흉막 병변은 석면노출의 특징이라고 할 수 있다<sup>12)</sup>. 석면과 관련된 질병은 주로 폐와 흉막에 생기므로 단순 흉부방사선 검사는 석면관련 질병의 진단에 객관적 방법으로 많이 이용되었다. 단순 흉부방사선

**Table 4.** Prevalence of pleural plaque by subject variables based on occupational asbestos exposure in 227 subjects

Variables	Total (n=227)	Plaque (HRCT)	
		Non-occupational (n=110)	Occupational (n=117)
Gender			
Male	134 ( 7.1)*	47 ( 3.3)	87 (19.3)
Female	93 ( 4.3)	63 ( 3.1)	30 (18.0)
Age(yr)			
≤ 39	0 ( 0.0)†	0 (0.0)†	0 ( 0.0)†
40~49	4 ( 1.2)	3 (0.9)	1 ( 9.1)
50~59	17 ( 2.6)	12 (2.1)	5 ( 6.8)
60~69	50 ( 5.4)	21 (2.8)	29 (17.3)
70~79	117 ( 9.4)	58 (5.9)	59 (23.0)
≥ 80	39 (11.5)	16 (6.8)	23 (22.1)
Smoking			
Non-smoker	120 ( 4.5)†	71 ( 3.0)	49 (19.3)
Ex-smoker	58 ( 8.6)	19 (3.9)	39 (20.1)
Smoker	49 ( 6.8)	20 ( 3.6)	29 (17.2)
Residence duration(yr)			
≤ 39	7 ( 0.7)†	4 (0.4)†	3 (12.0)
30~39	14 ( 3.5)	10 (2.8)	4 (11.1)
40~49	22 ( 4.3)	14 (3.0)	8 (18.2)
50~59	35 ( 5.2)	18 (3.1)	17 (18.9)
60~69	43 ( 7.0)	21 (4.5)	22 (15.1)
≥ 70	106 (12.5)	43 (7.5)	63 (22.8)
Family occupational asbestos exposure			
No	172 ( 5.0)*	79 (2.7)*	93 (17.9)*
Yes	55 ( 9.2)	31 (6.2)	24 (25.0)

\*chi-square test p<0.05.

† test for trend according to variable was performed by linear by linear association p<0.05.

검사에 의한 석면질환의 국내 보고는 평균 10.6년 석면 노출근로자 198명의 단순 흉부방사선검사 결과 7.7%가 흉막비후가 있었고<sup>13)</sup>, 평균 35년간 석면에 노출된 남자 판금공 42명의 단순 흉부방사선검사 결과 흉막 변화 및 폐실질 변화가 각각 26%, 5%이며 흉막 및 폐실질변화 모두는 31%에서 나타났다고 보고하였다<sup>14)</sup>. 국외 직업성 석면노출에 대한 연구는 30년 이상 석면 단열재 생산 근로자 2,907명의 단순 흉부방사선검사 결과 흉막병변 및 폐실질섬유화는 각각 23.7%, 11.6%이며 48.7%는 폐와 흉막 이상이 모두 나타났고<sup>15)</sup>, 인도에서 평균 15년 이상 석면 노출근로자 181명의 단순 흉부방사선검사 결과 흉막병변이 17% 이었고<sup>16)</sup>, 1990년에서 1992년 사이 핀란드의 조선 및 건축근로자 18,943명을 대상으로 International Labor Organization 진폐판독기준에 의거 흉부 X-ray를 재판독한 결과 약 22%에서 이상소견을 보였다<sup>17)</sup>. 환경성 석면노출에 의한 흉막반 유병률 연구를 살펴보면, 캘리포니아 학교에서 석면함유물질을 직접적으로 사용하지 않은 학교 직원들 중 흉부방사선검사 상 9%에서 석면관련 질환 소견을 보였고<sup>18)</sup>, 터키 아나톨리아 지방의 트레몰라이트에 노출된 11개 마을 30세 이상 923명의 단순 방사선검사상 흉막반 유병률은 14.4%<sup>19)</sup>, 중국 다야오 지방의 마을에서 태어나서 성장한 20세 이상 성인 2,175명의 단순 흉부방사선검사에서는 환경노출에 의한 흉막반 유병률이 11%이었고<sup>20)</sup>, 파리 소재 20년 이상 대학근무자 1,540명에 대하여 흉부방사선을 촬영한 결과 직업적 석면노출군이 14.3%, 환경적 석면노출군은 6.8%, 석면에 전혀 노출되지 않은 정상군에서도 4.7%의 흉막반이 발생되어 노출경로에 따른 흉막반 유병률이 차이가 있음을 보고하였고<sup>21)</sup>, 터키 광산이 없는 지역에서 수년 동안 트레몰라이트가 함유된 회반죽으로 집을 페인트 도색하는데 사용해오던 마을주민 20세 이상 167명의 흉부방사선검사 결과 석회화 흉막반 유병률은 14.4%로 보고하였다<sup>22)</sup>. 본 연구에서는 단순 흉부방사선검사 결과 직업적 석면노출 비경력자군에서 폐실질 변화 및 흉막 변화가 각각 11.4%, 4.1%이며 흉막 및 폐실질 변화 모두는 3.9%에서 나타나 단순 흉부방사선검사상 흉막반 유병률은 277명으로 8.0% 이었고, 직업적 석면노출 경력자군에서는 폐실질 변화 및 흉막 변화가 각각 19.9%, 12.5%이며 흉막 및 폐실질변화 모두는 16.7%로 조사되어 단순 흉부방사선검사상 흉막반 유병률은 180명으로 29.2%로 직업적 석면노출 경력자군이 직업적 석면노출 비경력자군보다 흉막반 유병률이 2.5배 정도 높은 것으로 조사되어 직업성 석면노출로 인한 흉막반 유병률이 환경성 석면노출로 인한 유병률 보다 높게 보고된 이전의 연구보고와 일치하였지만 흉막반 유병률에 있어서는 다소 차이를 보였다. 이러한 흉막반 유병률 차이는 연

구대상 연령 및 석면노출 정도, 석면오염도, 석면노출 기간 등에 따라 차이를 보일 수도 있지만, 연구자에 따라 흉부촬영 방식 및 흉막반 판독 기준 설정, 석면판독 방식이 각각 다르기 때문인 것으로 사료된다. 흉막병변에 대한 단순 흉부방사선 검사는 민감도가 낮아서<sup>23)</sup> 단순 흉부방사선검사에서 정상인 경우에도 HRCT검사에서 흉막병변으로 진단될 수 있고<sup>24)</sup>, 석면관련 폐질환의 발생 위험이 높은 사람에게 있어서 단순 흉부방사선 검사에서 흉막병변에 대한 판정이 정확하지 않을 때에는 HRCT검사가 선별검사로서 유용하다<sup>25)</sup>고 알려져 있다. HRCT검사에 의한 흉막반 연구 보고는 수리조선소 퇴직 배관공 및 영선공 18명의 HRCT 검사 결과 흉막병변이 88.9%이었다고 보고하였고<sup>26)</sup>, 수리조선소 현직 석면에 직간접으로 노출 근로자 각각 68명, 162명의 조사에서 직접노출군에서 HRCT 검사 결과는 14.7%가 석면관련 병변이 있었고, 흉막병변 및 폐실질병변, 폐와 흉막 병변 모두가 보인 것이 각각 8.8%, 4.4%, 1.5%이었고, 석면에 간접노출군에서는 7.6%가 석면관련 병변이 있었고 흉막병변 및 폐실질병변, 폐와 흉막 병변 모두가 보인 것이 각각 4.3%, 2.2%, 1.1%로 석면에 직접노출된 군이 석면에 간접노출군보다 흉막반 유병률이 높았는데<sup>27)</sup>, 본 연구에서도 전체 단순 흉부방사선검사상 이상소견자 973명 중 859명이 HRCT검사를 실시하여 직업적 석면노출 비경력자군에서 586명 중 110명(18.8%), 직업적 석면노출 경력자군에서는 273명 중 117명(42.9%)이 흉막반으로 판정되어 단순 비교는 어렵지만 HRCT검사에서도 직업성노출군이 환경성노출군보다 흉막반 발생이 높은 것으로 조사되었다. 또한 본 조사에서 흉부방사선검사 상 흉막반 이상소견자 457명 중 402명이 HRCT촬영한 결과 174명(43.3%)이 흉막반으로 진단되었고, 흉막병변 이외의 폐실질 이상소견자 516명 중 457명의 HRCT촬영 결과 53명(11.7%)이 흉막반으로 진단되어 단순 흉부방사선검사 상 흉막반 소견이 없다고 판정된 주민 중 상당수가 흉막반이 있을 것으로 추정된다. 본 연구에서 환경성 석면노출로 인한 직업적 석면노출 비경력자군에서 흉막반 유소견자의 성별 분포는 남자가 3.3%, 여자는 3.1%로 남자가 여자보다 흉막반 분포가 높은 것으로 조사되어 기존의 연구보고<sup>1,5,28)</sup>와 일치하였으며, 연령별 흉막반 분포에 대한 차이는 30대에 비해 60대 연령군에서 흉막반 유병률이 3.5-6배 높았고<sup>19)</sup>, 환경성 석면노출로 인한 흉막반 분포가 30대에서 0.4%인 반면에 60대 18.8%로 30대 군보다 60대 군에서 흉막반 질환이 높았는데<sup>21)</sup>, 본 연구에서 직업적 석면노출 비경력자군에서의 흉막반 분포는 40대의 3명(0.9%)에 비해 60대는 21명(2.8%), 70대는 58명(5.9%), 80세 이상 연령군에서는 16명(6.8%)으로 연령이 증가함에 따라 흉막반 유소견자 분포도 증가함을 보여

기존의 연구결과와 일치하였으며, 흉막반 유소견자의 최저 연령은 44세로 본인 뿐 만아니라 석면노출 가족 직업력이 없이 태어나서부터 44년 동안 광산 주변에서 살아온 것으로 조사되었다. 석면에 의한 흉막병변은 석면노출량과 무관하고 노출 후 기간이 중요한 지표로 흉막반은 석면에 최초 노출 이후 15~20년 지나서 보통 흉부 X선 촬영으로 발견되고<sup>25)</sup>, 스웨덴 Uppsala 지방의 15세 이상 일반건강조사 결과 흉막반 발생의 평균 잠복기는 33년이었고<sup>29)</sup>, 보스톤 지역 공립학교 건물관리 퇴직 근로자로 외부 석면에 노출이 없는 121명의 단순 흉부방사선검사 결과 흉막반 발생의 평균 잠복기가 31.9년<sup>30)</sup>으로 보고되었다. 본 연구의 환경성 석면노출군인 직업적 석면노출 비경력자군에서 흉막반 유소견자 110명 중 106명(96%)이 30년 이상 거주력이 있었고, 거주기간이 길수록 흉막반 유소견자가 증가됨을 보여 거주기간이 20~29년이 4명(0.4%)에 비해 30~39년은 10명(2.8%), 30~39년은 10명(2.8%), 40~49년은 14명(3.0%), 50~59년은 18명(3.1%), 60~69년은 21명(4.5%), 70년 이상거주자는 43명(7.5%)로 흉막반 발생위험이 높게 조사되어 기존의 연구결과와 일치하였다. 또한 본 연구조사 결과 석면노출 가족 직업력이 없는 주민에서 흉막반이 2.7%에 비해 석면노출 가족 직업력을 가지고 있는 주민은 6.2%로 흉막반 분포는 높은 것으로 조사되어 석면노출 업무에 종사하던 가족 중 옷에 묻은 석면을 집으로 가져오거나, 석면에 오염된 옷을 세탁하는 경우가 석면의 주 노출원으로 추정되므로 향후 석면직업 가족력과 석면질환 발생과의 관련성에 대한 역학적 연구가 필요할 것으로 사료된다.

이번 연구에서 제한점은 본인의 의사에 따라 조사 참여가 이루어져 선택적 편견이 있을 수 있고, 본 조사에서는 HRCT검사가 참여자 모두에서 이루어진 아니고 1차 단순 흉부방사선검사 이상소견자 중 HRCT검사가 이루어져 단순 흉부방사선검사에서 간과되어 미처 발견되지 못한 흉막 병변 유소견자가 있을 수 있으며, 석면영상 판독은 숙련도에 따라 판독팀 간의 변이가 있을 수 있으며, HRCT검사 대상자 중 HRCT검사를 미실시한 114명을 제외하고 분석할 경우 또는 HRCT 검사를 미실시한 사람 중 일부가 흉막반 양성소견이 나온다면 흉막반 유병률은 증가할 것으로서 본 연구가 과소평가되었을 수도 있으므로 검사결과를 일반화하는 데는 무리가 있을 수 있다. 그러나 본 연구조사에서는 영상 판독 전문의들에 대한 사전교육을 실시하고 2인 합의판독에 의한 결과를 도출하여 영상판독에 대한 변이를 줄이고 석면질환에 대한 판독을 보다 객관성 있게 평가할 수 있는 기틀을 마련했다는 점과 직업성 석면노출 근로자가 아닌 환경성 석면노출로 인한 폐석면 광산 거주 주민 전체를 대상으로 1차 단순 흉

부방사선검사 이상 소견자를 선별한 후 2차 HRCT검사 방법에 의한 대규모 역학조사를 실시하여 흉막반 유병률을 파악했다는 점은 의의가 있다고 하겠다. 충청남도 폐석면 광산은 대부분이 채굴이후 복구가 제대로 되지 않아 석면함유 암석이 노출되어 있었고, 광산주변으로는 폐석들이 흩어져 있었으며, 폐석더미가 쌓여있던 공터 및 광산 구릉지를 이용하여 논농사 및 밭농사를 운영하고 있어서 광산과 인접한 농경지에서는 광산에서 유실되거나 비산된 석면에 의해 영향을 받았을 가능성이 높은 것으로 추정되며 또한 일부 광산에서는 집중 강우에 의해서 노출된 석면폐석들이 침식되어 광산에 인접한 농수로를 통해 유출될 가능성도 있다. 따라서 폐석면 광산 및 채광된 석면을 저장하거나 가공한 지역이 제대로 복원되지 않았을 경우 남아 있는 석면에서 석면섬유가 방출될 위험이 그대로 남아있어 거주하는 주민들의 석면으로 인한 건강문제를 일으킬 수 있는 가능성을 가지고 있으므로 석면노출을 최소화할 수 있도록 규정에 따른 방법으로 복원을 실시하여 석면이 재비산하지 않도록 하여야 하며, 현재 석면피해 구제제도에 의한 석면 건강관리는 석면폐증 및 원발성 폐암, 원발성악성중피종으로 석면피해를 입은 사람은 석면피해의료수첩을 통하여 석면질환에 대한 진찰 및 추적검사가 가능하고, 석면질환으로 인정을 받지 못하는 못하였으나 중장기적으로 석면질환의 발병가능성이 높다고 인정되는 사람은 석면으로 인한 건강피해예방을 위하여 석면건강관리수첩을 발부하여 정기적인 건강검진을 받을 수 있도록 제도화되어 있다. 흉막반이 전암성(premalignant) 병변이거나 흉막반이 있음으로써 폐암이나 악성 중피종의 위험도가 증가된다는 증거는 없으나 석면노출을 나타내는 생체지표로서 석면으로 인한 다른 호흡기질환이 발생할 가능성이 있으므로 흉막반 유소견자는 석면건강관리수첩을 교부받아 석면질환에 대한 지속적인 건강검진이 가능하나 석면관련 소견이 없는 주민의 경우에는 아직 적용을 받지 못하고 있는 실정이다. 비록 이번 조사에서 석면관련 소견이 발견되지 않은 폐석면 광산 거주 주민들에서도 향후 석면질환이 발병할 가능성이 높다고 우려되는바 석면피해구제 제도에 의한 지속적인 석면 건강관리가 이루어져야 할 것으로 사료된다. .

요 약

목적: 본 조사는 충청남도 14개 석면광산 인근 1 km이내에 거주하는 주민들을 대상으로 체계적인 건강영향조사를 통하여 석면으로 인한 흉막반 유병률을 조사하고자 시행되었다.

방법: 본 연구조사에 자발적으로 참여한 폐석면 광산 지역 1 km이내 거주 주민 4057명을 대상으로 표준 설문

지를 이용한 일대일 면접 방식으로 석면 폭로력에 대한 설문조사와 함께 일차적으로 흉부 x-ray 정면사진을 촬영하였고, 이상 소견시 복와위 및 양와위 HRCT 촬영과 함께 spiral CT촬영을 실시하였으며, 판독자간의 변이를 줄이기 위하여 석면관련 HRCT판독 교육을 사전에 2회에 걸쳐 실시한 후 2명의 전문의가 합의판독을 원칙으로 시행되었다.

**결과:** 석면광산 1 km이내 거주 주민 4,057명(직업적 석면노출 비경력자군 3,440명, 직업적 석면노출 경력자군 617명) 분석 결과 단순 흉부방사선검사 흉막반 유병률은 전체 11.3%(직업적 석면노출 비경력자군 8.0%, 직업적 석면노출 경력자군 29.2%)이었고, 흉부촬영 이상 소견자 973명 중 859명에 대한 HRCT검사 결과 전체 흉막반 유소견자는 227명(26.4%)으로 직업적 석면노출 비경력자군에서 110명(18.8%), 직업적 석면노출 경력자군은 117명(42.9%)로 조사되었다. 연령이 증가할수록, 거주 기간이 길수록, 석면노출 가족 직업력이 없는 주민에 비해 석면노출 가족 직업력을 가지고 있는 주민에서 높은 흉막반 발생 분포를 보였으며 통계적으로 유의한 관련성이 있는 것으로 나타났다.

**결론:** 석면광산지역 오염도가 높은 상태에서 석면광산 인근 거주 지역주민의 연령이나 거주기간이 길수록 흉막반 유병률이 높게 나타나 석면관련성 질환 잠복기를 고려하면 향후 석면관련성 질환 발생 가능성이 높을 것으로 사료되는 바, 석면으로 오염된 광산 및 토양 복구에 대한 환경적 조치와 석면구제 제도에 의한 지속적인 제도적 관리가 이루어져 석면질환 발생을 최소화하여야 할 것으로 사료된다.

### 참 고 문 헌

- 1) Park JI, Yoon CS, Paik NW. A study on exposure among asbestos textile workers and estimation of their historical exposures. Korean Ind Hyg Assoc J 1995;5(1):16-39. (Korean)
- 2) Gardner MJ, Saracci R. Effects on health of non-occupational exposure to airborne mineral fibres. IARC Sci Publ 1989;90:375-97.
- 3) Ki YH, Kim JM, Roh YM, Chung L, Kim YS, Sim SH. A survey for some asbestos containing products in Korea. Korean Journal of Environmental Health 2008;34(1):108-15. (Korean)
- 4) Begin R, Samet JM, Shaikh RA. Asbestos. In: Harber P, Schenker MB, Balmes JR(eds) Occupational and environmental respiratory disease. Mosby. St Louis. 1997. pp 293-321.
- 5) Choi JK, Paek DM, Paik NW. The production, the use, the number of workers and exposure level of asbestos in Korea. Korean Ind Hyg Assoc J 1998;8(2):242-53. (Korean)
- 6) Woo YK, Park JS. Alteration processes of ultramafic rocks in the Beebong serpentine ore deposits area, Choongnam, Korea. J Nat Sci 2003;10:41-50. (Korean)
- 7) Ahn YS, Kim HR. Asbestosis epidemics caused by non-occupational neighborhood exposure. J Korean Med Assoc 2009;52(5):472-81. (Korean)
- 8) Song SH, Hwang JH, Hwang BG, Kim HW. Occurrence types and mineralogical characteristics of asbestos for the Kwangcheon area, Chungnam. J Korean Soc Occup Environ Hyg 2008;18(4):271-81. (Korean)
- 9) Boffetta P. Health effects of asbestos exposure in humans: a quantitative assessment. Med Lav 1998;89:471-80.
- 10) Becklake MR. Asbestos-related diseases of the lung and other organs: their epidemiology and implications for clinical practice. Am Rev Respir Dis 1976;114:187-227.
- 11) Craighead JE, Abraham JL, Churg A, Green FH, Kleinerman J, Pratt PC, Seemayer TA, Vallyathan V, Weill H. The pathology of asbestos-associated diseases of the lungs and pleural cavities: diagnostic criteria and proposed grading schema. Report of the Pneumoconiosis Committee of the College of American Pathologists and the National Institute for Occupational Safety and Health. Arch Pathol Lab Med 1982;106:544-96.
- 12) Murphy RL Jr. The diagnosis nonmalignant diseases related to asbestos. Am Rev Respir Dis 1987;136(6):1516-7.
- 13) Kim JW, Ahn HS, Kim KA, Lim Y, Yun IG. The effect of pleural thickening on the impairment of pulmonary function in asbestos exposed workers. Tuberc Respir Dis 1995;42(6):923-33. (Korean)
- 14) Loh IK. Asbestosis among sheetmetal workers. Tuberc Respir Dis 1982;29(4):213-9. (Korean)
- 15) Lilis R, Miller A, Godbold J, Chan E, Selikoff IJ. Radiographic abnormalities in asbestos insulators: effects of duration from onset of exposure and smoking. Relationships of dyspnea with parenchymal and pleural fibrosis. Am J Ind Med 1991;20(1):1-15.
- 16) V Murlidhar, Vijay Kanhere. Asbestosis in an asbestos composite mill at Mumbai: A prevalence study. Environ Health 2005;4:24.
- 17) Koskinen K, Rinne JP, Zitting A, Tossazainen A, Kiveks J, Reijula K, Royo P, Huuskonen MS. Screening for asbestos-induced disease in Finland. American J Ind Med 1996;30(3):241-51.
- 18) Balmes JR, Daponte A, Cone JE. Asbestos-related disease in custodial and building maintenance workers from a large municipal school district. Ann NY Acad Sci 1991;643:540-9.
- 19) Metintas M, Metintas S, Hillerdal G, Ucgun I, Erginel S, Alatas F, Yildirim H. Nonmalignant pleural lesions due to environmental exposure to asbestos: a field-based, cross-sectional study. Eur Respir J 2005;26(5):875-80.

- 20) Luo S, Liu X, Mu S, Tsai SP, Wen CP. Asbestos related diseases from environmental exposure to crocidolite in Da-yao, China. I. Review of exposure and epidemiological data. *Occup Environ Med* 2003;60(1):35-42.
- 21) Cordier S, Lazar P, Brochard P, Bignon, Ameille J, Proteau J. Epidemiologic investigation of respiratory effects related to environmental exposure to asbestose inside insulated buildings. *Arch Environ Health* 1987; 42(5):303-9.
- 22) Baris YI, Bilir N, Artvinli M, Sahin AA, Kalyoncu F, Sebastien P. An epidemiological study in an Anatolian village environmentally exposed to tremolite asbestos. *Br J Ind Med* 1988;45(12):838-40.
- 23) Lebedová J, Dlouhá B, Rychlá L, Neuwirth J, Brabec M, Pelclová D, Fenclová Z. Lung function impairment in relation to asbestos-induced pleural lesions with reference to the extent of the lesions and the initial parenchymal fibrosis. *Scand J Work Environ Health* 2003;29(5):388-95.
- 24) Falaschi F, Boraschi P, Antonelli A, Neri S, Bartolozzi C. Diagnosis with high resolution computerized tomography of early asbestos-induced diseases. *Radiol Med* 1993;86(3):220-6.
- 25) Muravov OI, Kaye WE, Lewin M, Berkowitz Z, Lybarger JA, Campolucci SS, Parker JE. The usefulness of computed tomography in detecting asbestos-related pleural abnormalities in people who had indeterminate chest radiographs: the Libby, MT, experience. *Int J Hyg Environ Health* 2005;208(1-2):87-99.
- 26) Kim KN, Kim JI, Lee KN, Jung KY, Kim JY. Imaging findings among retired workers who were long-term exposed to asbestos-lung and pleural diseases prevalence on chest radiograph and HRCT. *Korean J Occup Environ Med* 2006;18(2):87-93. (Korean)
- 27) Lee HJ, Son JE, Hong YS, Lee YI, Yeah BJ, You CH, Jung KY, Kim SH, Im HJ, Jang EC, Kim JM, Kim JY. Usefulness of high resolution computed tomography (HRCT) in the diagnosis of asbestos-related lung diseases. *Korean J Occup Environ Med* 2006;18(2):112-22. (Korean)
- 28) Wagner JC. The discovery of the association between blue asbestos and mesotheliomas and the aftermath. *Br J Ind Med* 1991;48(6):399-403.
- 29) Hillerdal G. Pleural plaques in the general population. *Ann NY Acad Sci* 1991;643:430-7.
- 30) Oliver LC, Sprince NL, Greene R. Asbestos-related disease in public school custodians. *Am J Ind Med* 1991;19(3):303-16.