

## 주물공장 근로자에서 발생한 국한성 석면폐증 1예

한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원, 동국대학교 의과대학 예방의학교실<sup>1)</sup>,  
연세대학교 원주의과대학 병리학교실<sup>2)</sup>

김태우 · 고통희 · 김민기<sup>1)</sup> · 유승원 · 류향우 · 한정희 · 정순희<sup>2)</sup>

— Abstract —

### A Case Study of a Foundry Worker with Localized Asbestosis: an Uncommon Occurrence in Korea

Tae-Woo Kim, Dong-Hee Koh, Min-Gi Kim<sup>1)</sup>, Seung-Won Yoo,  
Hyang-Woo Ryu, Jeong-Hee Han, Soon-Hee Jung<sup>2)</sup>

*Occupational Safety Health Research Institute, Korea Occupational Safety and Health Agency (KOSHA),  
Department of Preventive Medicine, College of Medicine, Dongguk University<sup>1)</sup>  
Department of Pathology, Wonju College of Medicine, Yonsei University<sup>2)</sup>*

**Background:** Foundry workers are known to be exposed to silica and have an increased risk of silicosis. There are also reports that state these foundry workers were associated with asbestos-related change in the X-ray results of the lungs. This report discusses a case of localized asbestosis developed in a foundry worker who worked in 12 Korean foundries.

**Case report:** A 49-year-old man who worked at molding and melting for 30 years, presented with sore throat, cough and yellow sputum for 1 month. From physical and clinical examination, pulmonary tuberculosis was highly suspicious; therefore, he was medicated for 6 months. After tuberculosis medication, the radiological finding was reactivation of tuberculosis, and an asbestos body was detected at a trans-bronchial lung biopsy. During an operation, operators found multiple palpable masses and bullae localized in the right upper lobe (RUL) and performed right upper lobectomy and right middle lobe wedge resection. Using hematoxylin-eosin stain and iron stain, we could detect asbestos bodies by light microscopy. We analyzed the asbestos fiber burden in dry lung tissue by transmission electron microscopy with energy dispersive X-ray spectrometer (TEM-EDX). The fiber type was chrysotile and the fiber burden was  $23.26 \times 10^6$  fiber/g dry lung.

**Discussion:** This case study of a foundry worker with localized asbestosis is uncommon in Korea. We found an occupational relationship between the foundry worker and localized asbestosis through various investigative techniques such as measurements taken at his working environment, clinical, radiological and pathological examination of the foundry worker and mineralogical examination of the asbestos fiber.

**Key Words:** Asbestosis, Foundry, Asbestos fiber

서 론

주물공장에는 다양한 유해인자가 존재하고 있으며<sup>1)</sup> 이 중 석면은 파이프 피복재(pipe lagging), 보일러 덮개(boiler covering), 환풍기 피복물(fan housing)의 절연재, 석면이 함유된 장갑, 앞치마, 커튼 그리고 용선로(cupola)와 래들(ladle)에서 단열재로 사용되었다<sup>2)</sup>.

외국의 연구를 보면, 미국 자동차 주물공장에서의 생산 업무를 수행한 근로자에서 석면 관련 질환이 증가했다는 보고가 있고<sup>3)</sup>, 뉴질랜드의 주물공장 근로자와 기술공에서 폐암 및 악성 중피종의 표준화사망비(Standardized Mortality Ratio, SMR)가 유의하게 높게 나타났다<sup>3)</sup>. 또한 미국 미시간의 주물공장 근로자, 특히 생산 업무 근로자에서도 석면 관련 방사선학적 변화가 증가하였다는 보고는<sup>4)</sup> 직접 노출뿐만 아니라 방관자 노출(bystander exposure)에 의해서도 석면 관련 질환이 발생할 수 있음을 보여준다. 이에 비해 국내에서는 석면방직업, 조선업, 조선수리업, 브레이크라이닝 제조업 근로자들에 대한 석면폐증 및 석면 관련 방사선학적 변화를 보고한 연구는 있으나<sup>5-7)</sup>, 주물공장 근로자의 석면 노출에 대한 연구나 증례보고는 이루어지지 않았다.

본 저자들은 30년간 주물공장에서의 생산 업무를 담당한 근로자에게 발생한 국한성 석면폐증에 대해 작업환경조사, 폐 조직의 석면소체와 석면 함유량 분석 등을 통해 작업 관련성을 평가하였기에 이를 문헌고찰과 함께 보고하는 바이다.

증 례

**환자:** 김 ○ ○ (남, 49세)

**주소:** 내원 1개월 전부터 발생한 목의 따가움, 기침, 노란 가래

**현병력:** 내원 1개월 전부터 목의 따가움, 기침, 노란 가래가 지속되며 심한 운동 시에 약간의 호흡곤란이 발생하여 타 병원 외래를 방문하여 흉부 전산화단층촬영(Computerized Tomography, CT)를 실시한 결과 폐의 우상엽에 종괴가 확인되어 확진 및 치료를 위해 내원하였다.

**과거력:** 내원 5개월 전 실시한 특수건강진단에서 비결핵성 질환, 단독 폐결절, 폐간질 음영증가 소견과 당뇨 의심 소견 보였으나 치료하지 않았다.

**개인력:** 하루에 30개비씩 20년간 흡연하였고, 1주일에 반 병정도 음주를 한다. 주로 아파트에서 거주하였고 가족 중에 석면 관련 직업력이 있는 사람은 없었다.

**직업력:** 1976년부터 2007년 9월까지 총 12곳의 주물공장에서 23년간 조형공, 7년간 용해공으로 총 30년간

근무하였고 그 사이에 약 1년간 휴직하였다. 조형공은 상자형태의 테두리 안에 형틀을 넣고 약품 처리한 규사를 다져 넣어 탄산가스를 주입한 후, 크레인으로 형틀을 뽑아내는 조형 작업을 한다. 이 조형을 합친 내부에 쇳물을 주입하고 식으면 포크레인으로 조형을 분해한 다음 후처리 작업으로 넘긴다. 용해공은 온도를 높인 전기로에 쇳덩이를 넣어 녹인 다음, 녹은 쇳물을 조형 내부에 붓는 업무를 한다. 작업장은 용해-조형-후처리로 이어지는 거의 하나의 작업공간으로 이루어져 있다.

**이학적 소견:** 내원 당시 혈압은 120/70 mmHg, 맥박수 70-80 회/분이었다. 병색은 보이지 않았고 심음은 규칙적이었으며, 심잡음은 들리지 않았다. 양측 폐야에서 정상 폐음이 들렸으나 곤봉지가 관찰되었다. 기타 복부, 사지, 신경학적 검사는 정상 소견이었다.

**검사실 소견:** 입원당시 대기 중 동맥혈가스검사서 pH 7.44, PaCO<sub>2</sub> 41.5 mmHg, PaO<sub>2</sub> 83.1 mmHg, 산소포화도 97.6%이었다. 말초혈액검사서 백혈구 5,800 개/ $\mu$ l, 혈색소 12.9 g/dl, 혈소판 332,000개 / $\mu$ l 이었다. 폐기능검사서 FVC 4.43 L(예측치의 113%), FEV1 2.88 L(예측치의95%), FEV1/FVC 65%, FEF25-75% 1.66 L/sec(예측치의 49%), PEF 7.09 L/sec(예측치의 96%)로 소기도의 폐쇄성 환기장애 소견을 보였다.

**방사선사진 소견:** 내원 시 실시한 흉부 단순방사선검사서 우상엽의 고립성 폐결절이 관찰되어 폐암과 폐결핵이 의심되었다. 흉부 CT에서는 우상엽 후분절에서 2×3 cm 크기 결절형 종괴 병변 내부의 불규칙한 공동화와 종괴 주위의 중심소엽성 결절들이 다수 관찰되어 재활성화된 폐결핵 육아종이 의심되었으나 폐암을 배제하지 못했다.

**임상경과:** 경기관지생검을 통한 우상엽 조직에서 이상 소견 보이지 않고 항산균도 보이지 않았으나 기침, 가래, 재활성화된 육아종 소견 등으로 폐결핵이 의심되어 결핵 약물요법을 실시하며 경과 관찰을 하였다. 치료 2개월 후 실시한 흉부 단순방사선검사서 병변이 호전되었으며, 치료 6개월째에 시행한 흉부 CT에서도 호전 소견 보였으며 증상도 개선되었다. 그러나 치료 7개월째에 실시한 흉부 단순방사선검사와 CT에서 이전에 보이던 우상엽의 종괴 같은 병변이 다수의 공동형성과 중심소엽성 결절로 변하여 기관지까지 퍼진 폐결핵의 재활성화나 공동을 형성하는 다른 질환 또는 폐암이 의심되었다(Fig. 1).

확진을 위해 재실시한 우상엽의 경기관지생검 결과 육아종은 보이지 않지만 몇 개의 작은 석면소체가 보이고 다양한 병소의 간질에 심하게 침착된 탄분 색소가 발견되어 석면폐증과 탄분증이 의심되고, 종류를 알 수 없는 몇 개의 기생충란 같은 구조가 있어 기생충 감염이 의심되었다. 폐암을 완전히 배제할 수 없고 정확한 진단을 위해

우상엽 절제술을 시행하였고 염전(torsion)을 예방할 목적으로 우중엽 췌기절제술을 실시하였고 인접한 2개의 림프절도 절제하였다. 절제술 당시 우상엽에 국한하여 딱딱하게 만져지는 종괴가 여러 개 있었고, 우상엽과 우하엽에서 기포들이 보였다. 우상엽의 조직병리검사에서 육안적으로 비교적 구분이 잘 되지 않는 흰색과 검은색을 띤 경화(consolidation)가 있고 우상엽의 25~50% 정도 침범한 소견을 보였다. 또한 Roggli-Pratt modification of the CAP-NIOSH system<sup>8)</sup>에 따른 등급에서 2기(grade 2, 인접한 세기관지들 사이에 적어도 약간의 폐포가 정상적으로 남아있고, 폐포관 또는 호흡기 세기관지에 인접한 폐포의 두 층 이상을 침범한 섬유화의 신장)의 석면폐증 소견이 보였으나 암세포는 보이지 않았다. 우중엽은 뚜렷한 병적 소견을 보이지 않았고 림프절은 반응성 과대형성(reactive hyperplasia)이 보였다. 수술 후 9일째에 퇴원하였으며 기침과 인후통은 호전되었으나, 폐 절제의 영향으로 심한 운동 시 호흡곤란은 심해졌으나 시간이 지날수록 호전되었다. 현재 외래로 추적 관찰 중이며, 호흡기 질환은 치료를 받지 않고 당뇨병만 치료 중이다.

**작업환경조사:** 발병 당시 근무했던 주물공장과 그 이전에 근무했던 주물공장으로부터 입수한 물질안전보건자료에 석면이 함유되어 있는 물질은 없었고, 그로 인해 석면에 대한 정기 작업환경측정은 실시하지 않았다.

환자가 마지막으로 근무한 주물공장에서 로 해체 및 축로 작업 중에 작업환경을 조사하였다. 로 해체 및 축로 작업은 생산직 근로자들이 출근하기 2시간 전에 시작한다. 로 1개 당 3달에 1번씩 정기적으로 실시하며, 문제가 있을 때 비정기적으로 보수 작업을 한다. 전기로는 약 2 m 정도 되는 높이에 설치되어 있으며, 로에서 약 3 m

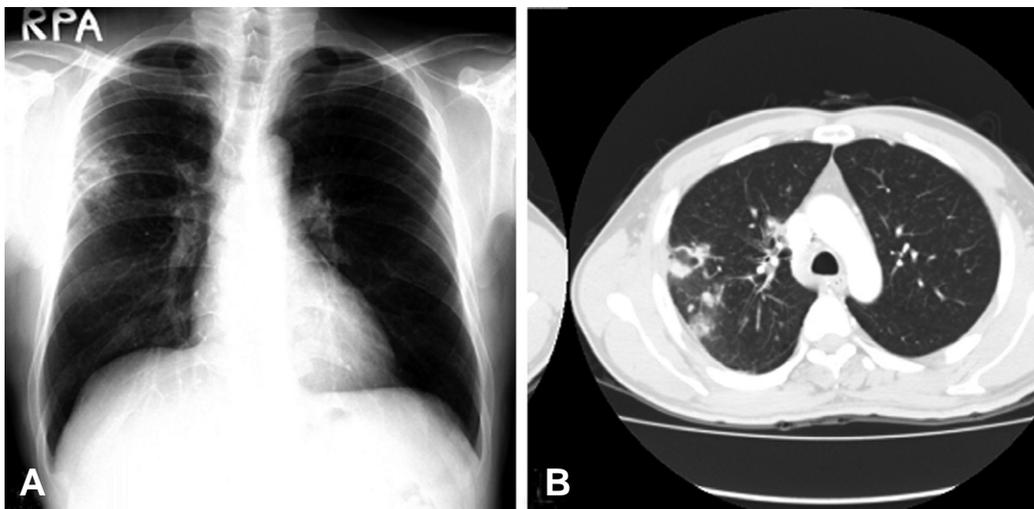
떨어진 곳에 조형공들이 작업하는 공간이 있었다. 이전에는 후처리 작업도 같은 작업장에서 이루어졌으나 현재는 작업장 밖 따로 마련된 공간에서 이뤄지고 있다.

로 해체 작업은 천장 크레인을 이용하여 챔버를 들어올려 제거하고, 남은 축로제를 곡괭이 등의 도구를 이용하여 제거하며 이때 많은 먼지가 날리고 있었다. 축로 작업은 해체된 로 내부에 천공된 부분을 백시멘트로 보수하고 로의 내부를 얇은 절연체로 완전히 감아주고 그 위에 챔버를 엮고 로의 외벽과 챔버 사이에 축로제를 메우고 굳히는 작업이다. 우리가 작업 관련성을 평가하기 위해 작업환경조사를 실시하기 4개월 전까지 절연체로 석면포를 사용하였다고 하나, 현재는 절연체로 석면 대체 물질을 사용하고 있다.

작업환경조사 도중에 석면으로 의심되는 축로제, 전선 피복제, 절연체 2종 등 4개의 고형시료를 투과전자현미경(Transmission Electron Microscopy, TEM, H-7100, Hitachi, Japan)과 에너지분산 X선 분석기(Energy Dispersive X-ray spectrometer, EDX, EX-200, Horiba, Japan)로 분석한 결과 전기로 하부 전선 피복제에서만 백석면이 1%를 초과해 함유되었을 뿐 다른 고형시료에서 석면은 발견되지 않았다. 그러나 이 전선 피복제의 해체 등이 실시되는 로의 배선과 관련된 보수는 주물공장에서 실시하지 않고 전문 보수업체에 맡긴다.

**석면분석:** 절제술 후 파라핀 블록으로 제작된 폐조직을 환자의 동의 하에 입수하여 분석하였다.

**1) 석면소체:** 병변이 있는 우상엽 폐 조직을 헤마톡실린-에오신 염색(H&E stain)과 철 염색(iron stain)하여 편광현미경으로 관찰하였다. H&E stain에서 건락성



**Fig. 1.** Radiologic examination after anti-tuberculosis medication for 7 months. (A) More increased patchy consolidation with some cavitary lesions in right upper lobe (RUL). (B) Previous mass-like nodule was changed to multiple cavitary lesions, centrilobular nodules, and branching opacity in RUL.

괴사가 있는 만성 육아종성 염증, 기관지 확장, 간질성 섬유화증과 출혈 소견 및 3개의 갈색 석면소체를 발견하였고(Fig. 2A), iron stain에서도 아령 모양의 석면소체를 발견하였다(Fig. 2B).

**2) 석면 함유량:** 정상 소견을 보이는 우중엽의 파라핀 블럭을 이용해 TEM으로 석면 섬유의 유무와 섬유의 형태, 길이, 결정구조를 파악한 다음 EDX로 석면 함유량을 분석하였다<sup>9-10</sup>. 건조 폐 조직에서 발견된 면비(aspect ratio)가 1:3 이상이고, 길이가 5 μm 이상인 석면 섬유만 분석한 결과, 백석면만 확인되었으며 함유량은 23.26×10<sup>6</sup> fiber/g이었다.

### 고 찰

석면폐증은 다량의 석면 섬유를 장기간 지속적으로 흡입해 발생하는 만성성 간질성 섬유화증이다<sup>11</sup>. 또한 석면폐증은 양-반응 관계가 있어서 노출 수준이 높을수록 발생률이 증가한다<sup>12</sup>. 간질성 섬유화증은 전형적으로 20년 이상의 잠복기를 가지며 그 기간이 길수록 석면폐증 유병률은 높아진다<sup>13</sup>. 축적된 석면 노출 기간은 흔히 석면폐증이 있는 개인에게서 6개월 이상이었으나 노출 정도가 심하면 더 짧아질 수 있다<sup>14</sup>.

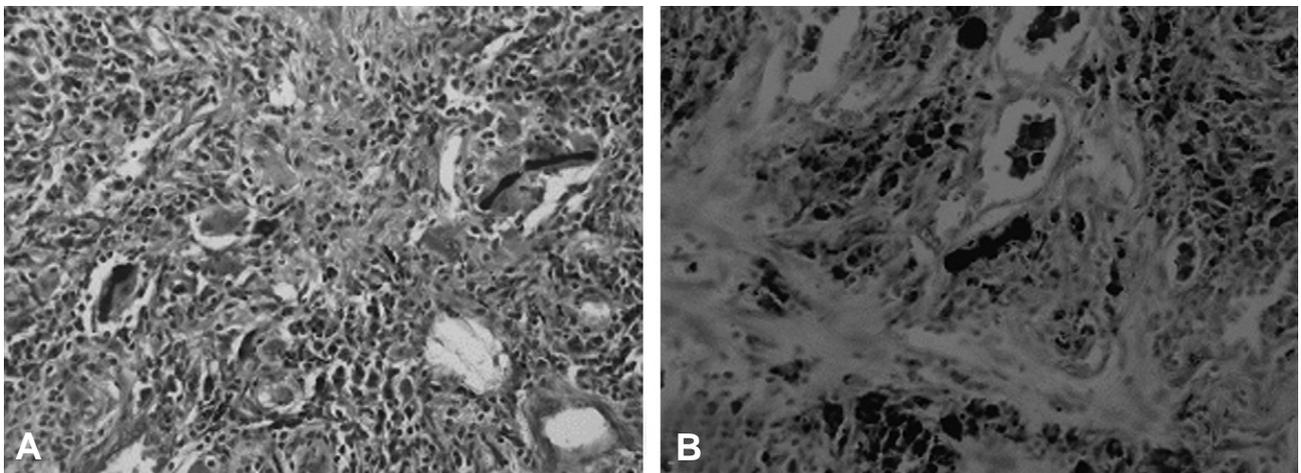
석면폐증의 가장 흔한 호흡기 증상은 점진적인 호흡곤란이다. 전형적으로 운동할 때 호흡곤란 증상을 보이며 병이 진행되면서 호흡곤란도 심해지는 양상을 보인다. 이외의 증상으로 기침, 흉통 등이 있다. 진찰 소견에는 폐기저부의 흡기말 수포음과<sup>15</sup>, 석면으로 인한 사망과 관련이 있는 곤봉지, 청색증이 있다<sup>13</sup>.

흉부 단순방사선검사에서 전형적으로 폐기저부에 양측성으로 작고 불규칙한 실질의 음영이 나타나며<sup>16</sup>, 시간이 지날수록 음영의 분포와 밀도가 폐중엽과 폐상엽으로 확대된다. 그러나 조직병리학적으로 확진된 석면폐증 환자

중 15~20%는 폐실질 섬유화증의 방사선학적 증거가 없다<sup>17</sup>. 고해상도전산화단층촬영(High Resolution Computerized Tomography, HRCT)이 조기 진단에 도움이 되며, 특히 양와위에서 실시한 HRCT가 초기 석면폐증의 진단에 유용하다<sup>18</sup>. 그러나 HRCT도 조직병리학적으로 증명된 석면폐증이 정상적인 소견을 보일 수 있어서 진단의 gold standard는 아니다<sup>19</sup>.

본 증례는 주물공장에서 31년간 일을 해왔고, 1년간의 휴직기를 제외 하면 노출 기간이 30년으로 석면폐증이 발생할 수 있는 잠복기와 석면 노출 기간을 충분히 만족한다. 그러나 증상, 징후 그리고 이학적 검사에서 운동 시 호흡곤란과 기침, 곤봉지의 소견이 보이지만, 방사선검사에서 우상엽에 병변이 국한되어 있으며, 폐의 섬유화와 흉막반이 명확히 보이지 않아 석면폐증의 진단이 어려웠던 것으로 추정된다. 또한 병변위치가 호발부위인 폐기저부가 아닌 폐상엽에 국한되어 있는데 이는 석면폐증과 폐결핵이 동반되었기 때문이라고 생각된다. 만약 경기관지 생검에서 석면소체가 발견되지 않았으면 진단이 어려웠을 것이다. 폐암이 의심되는 고립성 폐결절로 발견되었으나 조직병리검사를 통해 국한성의 진행증으로 확진된 사례가 있는데<sup>20</sup>, 본 사례에서 병변이 우상엽에 국한된 것은 우상엽에 폐결핵이 동반되어 석면이 침착하기가 쉽고 제거되기 어려운 상황이 만들어졌기 때문이라고 추정된다.

영상의학과 전문의에게 국제노동기구(ILO)의 분류법<sup>21</sup>으로 수술 전 흉부 단순방사선사진의 판독을 의뢰한 결과, 양폐야에 1.5 mm 미만의 소원형 음영(p)과 소불규칙 음영(s)이 보이는 1형(1/2)의 진행증이 보였고, 좌폐야에 5 mm 이하(width a), 흉벽 외측의 4분의 1이하를 침범(extent 1)한 흉막반이 보이며 결핵이 동반되어 있었다. 하지만 흉부 CT에서 양폐야에 미만성의 경계가 불분명한 미세결절이 보여 탄광부 진행증이나 규폐증의 가능성은 낮았으며, 석면폐증의 전형적인 중심소엽성 결



**Fig. 2.** Asbestos bodies with pulmonary hemorrhage in resected right upper lobe (A) H&E stain(×400) (B) Iron stain(×400).

질 양상과는 차이를 보였다. 이후 8개월 동안 추적 관찰한 CT에서 변화가 없는 미세결절들이 보여 용접공폐나 흡연으로 인한 세기관지염의 가능성은 떨어졌다. 또한 우상엽의 흉막 하부에서 흉막과 연결되고 내부에 저밀도의 피사를 동반한 결절이 보이고 추적 CT에서 그 수의 증가와 공동 변화 소견이 보여 폐흡충증으로 의심되었다. 그러나 하부 양폐야에서 미세한 흉막반이 후외측에 보여 석면 관련 폐 질환을 배제할 수 없었다. 이와 더불어 수술 전 시행한 폐기능검사에서도 보이는 소기도의 폐쇄성 환기 장애는 60갑년의 흡연력 뿐만 아니라 장기간 주물 작업을 하면서 노출된 가스 및 분진 등에 의해 발생한 것으로 생각된다.

미국의 주물공장 근로자를 대상으로 규폐증, 흉막반, 석면관련 폐질환의 유병률을 조사한 결과 각각 2.5%, 2.5%, 0.8%이었다<sup>2)</sup>. 그리고 캐나다 구리 제련 공장 주물 근로자의 11%, 50세 이상의 21%에서 흉막 변화가 있었다는 보고도 있다<sup>22)</sup>. 또한 주물공장 근로자와 기술공을 대상으로 한 코호트 연구에서 주물공의 폐암과 중피종의 표준화사망비가 각각 1.25, 6.58로 유의하게 높아 주물공장 근로자가 석면에 노출되었음을 알 수 있었다<sup>3)</sup>.

뿐만 아니라, 미국 미시간에서 진폐증, 규폐증, 폐섬유화증으로 진단 받은 사람들 중 115명에서 석면 관련 흉부 방사선학적 변화가 있었는데, 이들 중 주물공장에서 일했던 사람이 57명이었다. 7명은 유지보수 업무, 40명은 생산 업무, 10명은 업무를 알 수 없었다. 40명의 생산 업무 종사자 중 조형공이 11명(27.5%)으로 가장 많았고, 일반 인부, 그라인드공, 주조공 순이었다<sup>4)</sup>. 이것은 석면에 직접 노출되는 유지보수 업무 근로자뿐만 아니라, 같은 사업장 내에서 근무하는 생산 업무 근로자에서도 석면 관련 질환이 발생할 수 있다는 것을 보여준다. 이 밖에도 석면이 함유된 탈크(talc)를 주물사에서 이형제(detaching agent)로 사용하였을 경우, 석면과 관련된 방사선학적 변화를 일으킬 수 있다는 보고가 있으나<sup>23)</sup>, 이

에 대한 증거는 아직 부족하다<sup>24)</sup>.

본 증례는 환자가 직접 석면을 취급하지는 않았지만 주물공장 생산직으로 근무하면서 용선로와 래들의 절연제로 사용된 석면과 다른 시설에 설치된 석면을 해체할 때 비산된 석면에 노출된 것으로 보인다. 또한, 석면이 함유된 탈크를 이형제로 사용했다면 석면 노출량은 훨씬 많았을 것으로 추정된다. 본 연구원에서 로 해체 작업 시에 동일 작업장 내에서 생산 업무를 수행하는 근로자들의 석면 노출 여부와 정도를 알아보려고 하였으나 조사 4개월 전부터 석면을 사용하지 않아 석면은 검출되지 않았다.

석면폐증 진단의 gold standard는 조직학적 검사인데<sup>19)</sup>, Helsinki 진단기준에 의하면 조직학적으로 폐 간질의 섬유화와 1 cm<sup>2</sup>당 2개 이상의 석면소체가 보이면 석면폐증으로 진단할 수 있다<sup>26)</sup>. 또한 석면소체의 수는 석면폐증과 확실한 상관관계가 있고 진단에 특이적이다<sup>27)</sup>. 본 증례는 조직학적으로 2기의 석면폐증으로 진단되었고, 또한 건락성 피사가 있는 만성 육아종성 염증, 폐의 섬유화와 출혈 소견, cm<sup>2</sup>당 3개의 석면소체가 보여 폐결핵과 동반된 석면폐증으로 진단할 수 있었다.

석면폐증은 건조된 폐 조직에서 석면 섬유 함유량이 증가하며<sup>16)</sup>, 석면폐증의 정도는 폐 조직의 석면 함유량과 상관관계가 있다<sup>28)</sup>. 석면 함유량 분석은 석면 노출과 석면 관련 질환의 관련성을 이해하는 유용한 정보이고, 확실한 노출력이 없거나 노출력을 모를 때 유용하다<sup>29)</sup>. Helsinki 진단기준에 의하면 건조 폐 조직에서 5 μm를 초과하는 각섬석 섬유(amphibole)가 0.1×10<sup>6</sup> fiber/g 이상, 1 μm를 초과하는 각섬석 섬유가 1×10<sup>6</sup> fiber/g 이상일 때 직업적 석면 노출 가능성이 높다<sup>26)</sup>.

하지만 이런 국제적인 진단기준에도 불구하고 본 증례의 석면 함유량을 해석함에 있어 여러 제한점이 존재한다. 첫째, 석면 함유량의 분석이 표준화되어 있지 않아 분석기관에 따라 정량 결과에 차이가 있다<sup>29)</sup>. 그러나 분석기관별로는 매우 일정한 상관관계를 보여 자체적인 참고자료와 비교할 수 있지만<sup>30)</sup>, 본 연구원에서 처음으로 실시한 분석

**Table 1.** Asbestos fiber content in general population

Reference	Study population	Asbestos type	Asbestos fiber content (10 <sup>6</sup> fiber/g dry lung)
Case BW, et al. <sup>35)</sup>	81 deceased in Canada	Chrysotile	0.033 - 0.089
		Tremolite	0 - 0.101
		Crocidolite or amosite	0.006 - 0.012
		Total	0.048 - 0.202
Yu JJ, et al. <sup>36)</sup>	20 deceased in Seoul, Korea	Chrysotile	0.12
		Amphibole	0.14
		Total	0.26
Lim HS, et al. <sup>37)</sup>	22 deceased in Pohang, Korea	Chrysotile	0.06
		Amphibole	0.06
		Total	0.09

이기 때문에 자체적인 비교자료가 없다. 둘째, TEM이 SEM에 비해 석면 검출능력이 좋기 때문에<sup>31-32)</sup>, TEM을 이용한 분석 결과를 SEM을 이용하여 분석한 Helsinki 진단기준에 적용해서는 안 된다<sup>33)</sup>. 그래서 TEM을 이용한 우리의 결과는 Helsinki 진단기준에 적용할 수 없다. 셋째, 백석면의 반감기가 각섬석에 비해 낮아서<sup>34)</sup> 각섬석과 백석면 함유량을 같은 진단기준으로 해석할 수 없다<sup>33)</sup>. 따라서 백석면만 검출된 우리의 결과는 Helsinki 진단기준과 비교하는데 제한점이 있다.

이런 제한점 때문에 일반인구의 석면 함유량과 비교하여 보다 객관적인 해석을 하고자 하였다. 환경적 노출로 인해 일반인구 집단의 건조 폐 조직에서도 석면 섬유를 볼 수 있다. 여러 연구에서 TEM을 이용하여 일반인구의 건조 폐 조직 내 석면 섬유를 분석하였는데 종류는 다양하였으나 석면 함유량이  $1 \times 10^6$  fiber/g을 넘지는 않았다<sup>35-37)</sup>(Table 1). 석면 성분에 차이가 있어 해석이 다소 제한적이기는 하지만 본 연구원의 결과가 훨씬 많은 석면 함유량을 보임을 알 수 있었다. 그리고 백석면의 상대적으로 짧은 반감기를 고려한다면 최근까지도 지속적으로 고농도의 석면에 노출되었음을 추정하게 해준다. 더불어 우리나라에서 상업적으로 주로 많이 사용된 백석면만 검출되었다는 것은 직업적 노출을 더욱 의심케 하는 결과이다.

저자들은 30년간 주물공으로 근무한 49세 남자의 흉부 단순방사선검사서 1형의 진행증과 흉막반이 보이지만, 흉부 CT에서는 미세한 흉막반 이외에는 석면 관련 폐 질환을 의심할 만한 소견을 찾을 수 없었다. 이러한 결과만으로는 석면 노출의 가능성은 의심할 수 있지만 석면폐증으로 진단하기는 어려웠다. 그러나 절제된 우상엽의 조직학적 검사에서 폐간질의 섬유화와 석면소체가 있는 2기의 석면폐증 소견을 보이고 우중엽은 병적 소견이 관찰되지 않아 우상엽에 국한된 국한성 석면폐증으로 진단하였다. 우상엽의 병변은 흉부 단순방사선검사서 결핵, CT에서는 폐흡충증이 의심되었으나 조직학적 검사에서 건락성 괴사가 있는 만성 육아종성 염증의 소견이 보여 폐결핵이 동반된 것으로 진단하였다.

여러 문헌 고찰을 통하여 주물공장 근로자에게 석면 관련 폐질환이 발생함을 알 수 있었다. 이를 바탕으로 작업환경조사를 실시한 결과 석면이 검출되지는 않았으나, 조사 4개월 전부터 석면을 사용하지 않은 사실을 고려하면 과거의 노출정도를 반영하는 결과라고 볼 수 없다. 대신 4개월 전까지 석면을 사용하였으므로 석면 노출 가능성을 추정할 수 있다. 또한 31년 전부터 주물공으로 근무한 경력은 석면폐증의 잠복기로 충분하다. 그리고 건조 폐조직의 석면 함유량이  $23.26 \times 10^6$  fiber/g으로 일반인구에 비해 매우 많았다. 따라서 이러한 결과들을 종합하여 판

단할 때 근로자에서 발생한 석면폐증은 작업 관련성이 높음을 알 수 있었다.

요 약

**배경:** 주물공장 근로자에서 발생한 석면폐증의 작업 관련성을 평가하고 그 증례를 보고하고자 한다.

**증례:** 30년간 주물공장에서 근무한 환자로 인후통, 기침, 노란 가래가 있어 검사한 결과 결핵이 의심되어 치료하였으며, 치료 중 석면폐증으로 진단되었다. 작업 관련성 평가를 위해 실시한 폐 조직의 조직학적 검사에서  $1 \text{ cm}^2$ 당 3개의 석면소체가 발견되었고, 투과전자현미경으로 분석한 석면 함유량은  $23.26 \times 10^6$  fibers/g이었다.

**결론:** 작업환경조사, 폐 조직의 석면 분석 등을 통해 작업 관련성이 높다고 판단하였다.

참 고 문 헌

- 1) Burgess WA. Foundry operation. In: Burgess WA (eds) Recognition of health hazards in industry. 2nd ed. John Wiley & Sons Pub. Canada. 1995. pp106-39.
- 2) Rosenman KD, Reilly MJ, Rice C, Hertzberg V, Tseng CY, Anderson HA. Silicosis among foundry workers: Implication for the need to revise the OSHA standard. Am J Epidemiol 1996;144(9):890-900.
- 3) Firth HM, Elwood JM, Cox B, Herbison GP. Historical cohort study of a New Zealand foundry and heavy engineering plant. Occup Environ Med 1999;56(2):134-8.
- 4) Rosenman KD, Reilly MJ. Asbestos-related X-ray changes in foundry workers. Am J Ind Med 1998;34(2):197-201.
- 5) Paek DM, Paik NW, Choi JK, Son MA, Im JG, Lee WJ, Moon YH, Park JS, Choi BS. Prevalence of asbestosis in Korean asbestos industry. Korean J Occup Environ Med 1995;7(1):46-57. (Korean)
- 6) Lee YS, Jang TW, Yu HD, Jung MH, Lee YH, Suh JY, Hur B, Lee JS. A case of asbestosis. Korean J Occup Environ Med 1999;11(1):119-24. (Korean)
- 7) 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)
- 8) Sporn TA, Roggli VL. Asbestosis. In: Roggli VL, Oury TD, Sporn TA (eds) Pathology of asbestos-associated diseases. 2nd ed. Springer Pub. New York. 2004. pp71-103.
- 9) National Institute of Occupational Safety and Health(NIOSH): Method 7402. In Niosh Pocket Guide to Chemical Hazards and Other Databases(DHHS [NIOSH] Pub. No 2000-130). Cincinnati, Ohio: NIOSH, 2000.

- 10) Sakai K, Hisanaga N, Huang J, Shibata E, Ono Y, Aoki T, Takagi H, Ando T, Yokoi T, Takeuchi Y. Asbestos and nonasbestos fiber content in lung tissue of Japanese patients with malignant mesothelioma. *Cancer* 1994;73(7):1825-35.
- 11) Guidotti TL, Miller A, Christiani D, Wagner G, Balmes J, Harber Philip, Brodtkin CA, Rom W, Hillerdal G, Harbut M, Green FHY. Diagnosis and initial management of non-malignant diseases related to asbestos. *Am J Respir Crit Care Med* 2004;170(6):691-715.
- 12) Stayner L, Smith R, Bailer J, Gilbert S, Steenland K, Dement J, Brown D, Lemen R. Exposure-response analysis of risk of respiratory disease association with occupational exposure to chrysotile asbestos. *Occup Environ Med* 1997;54(9):646-52.
- 13) Markowitz SB, Morabia A, Lilis R, Miller A, Nicholson WJ, Levin S. Clinical predictors of mortality from asbestosis in the North American Insulator Cohort, 1981 to 1991. *Am J Respir Crit Care Med* 1997;156(1):101-8.
- 14) Brodtkin CA, Rosenstock L. Asbestosis and asbestos-related pleural disease. In: Rosenstock L, Cullen MR, Brodtkin CA, Redlich CA. *Textbook of clinical occupational and environmental medicine*. 2nd ed. Elsevier Saunders Pub. Philadelphia. 2005. pp364-77.
- 15) Murphy RL Jr, Gaensler EA, Holford SK, Del Bono EA, Epler G. Crackles in the early detection of asbestosis. *Am Rev Respir Dis* 1984;129(3):375-9.
- 16) 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(11):544-96.
- 17) Kipen HM, Lilis R, Suzuki Y, Valciukas JA, Selikoff IJ. Pulmonary fibrosis in asbestos insulation workers with lung cancer: a radiological and histopathological evaluation. *Br J Ind Med* 1987;44(2):96-100.
- 18) Staples CA. Computed tomography in the evaluation of benign asbestos-related disorders. *Radiol Clin North Am* 1992;30(6):1191-207.
- 19) De Vuyst P, Gevenois PA. Asbestosis. In: Hendrick DJ, Beckett WS, Burge PS, Churg A (eds) *Occupational disorder of the Lung*. WB Saunders Pub. London. 2002. pp535-42.
- 20) Lee GB, Park HC, Hong KW, Lee WJ, Kim KI, Choi KM, Kim TY, Ahn HK. Localized pneumoconiosis manifested by solitary pulmonary nodule mimicking lung cancer: One case report. *Korean J Thorac Cardiovasc Surg* 2002;35(8):611-5. (Korean)
- 21) International Labour Office. Guidelines for the use of the ILO international classification of radiographs of pneumoconiosis, International Labour Office Occupational Safety and Health series no. 22 (rev 80). Geneva, Switzerland: International Labour Office, 1980.
- 22) Ostiguy G, Vaillancourt C, Begin R. Respiratory health of workers exposed to metal dusts and foundry fumes in a copper refinery. *Occup Environ Med* 1995;52(3):204-10.
- 23) Scancarello G, Romeo R, Sartorelli E. Respiratory disease as a result of talc inhalation. *J Occup Med* 1996;38(6):610-4.
- 24) Langer AM, Nolan RP. Asbestos disease in foundrymen. *J Occup Med* 1997;39(8):699-700
- 25) Hiroshima K, Suzuki Y. Characterization of asbestos bodies and uncoated fibers in lungs of hamsters. *J Electron Microsc* 1993;42(1):41-7.
- 26) Tossavainen A. Asbestos, asbestosis, and cancer: the Helsinki criteria for diagnosis and attribution. Consensus report. *Scand J Work Environ Health* 1997;23(4):311-6.
- 27) Churg AM, Warnock ML. Asbestos and other ferruginous bodies, their formation and clinical significance. *Am J pathol* 1981;102(3):447-56.
- 28) Murai Y, Kitagawa M, Yasuda M, Okada E, Koizumi F, Miwa A. Asbestos fiber analysis in seven asbestosis cases. *Arch of environ health* 1994;49(1):67-72.
- 29) Churg A. Mineralogic analysis of lung tissue. In: Hendrick DJ, Beckett WS, Burge PS, Churg A (eds) *Occupational disorder of the Lung*. WB Saunders Pub. London. 2002. pp535-42.
- 30) Mossman BT, Churg A. Mechanisms in the pathogenesis of asbestosis and silicosis. *Am J Respir Crit Care Med* 1998;157:1666-80.
- 31) Rood AP, Streeter RR. Size distributions of occupational airborne asbestos textile fibres as determined by transmission electron microscopy. *Ann Occup Hyg* 1984;28(3):333-95.
- 32) Tuomi T. Fibrous minerals in the lungs of mesothelioma patients: comparison between data on SEM, TEM, and personal interview information. *Am J Ind Med* 1992;21(2):155-62.
- 33) Gibbs A, Attanoos RL, Churg A, Weill H. The "helsinki criteria" for attribution of lung cancer to asbestos exposure: how robust are the criteria? *Arch Pathol Lab Med* 2007;131(2):181-3.
- 34) Churg A. Deposition and clearance of chrysotile. *Ann Occup Hyg* 1994;38(4):625-33.
- 35) Case BW, Sebastien P, McDonald JC. Lung fiber analysis in accident victims: a biological assessment of general environmental exposure. *Arch Environ Health* 1988;43(2):178-9.
- 36) Yu IJ, Moon YH, Sakai K, Hisanaga N, Park JD, Takeuchi Y. 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.

37) Lim HS, Kim JY, Kim DH, Sakai K, Hisanaga N. Asbestos

and non-asbestos fiber content in lungs of autopsied subjects in Pohang with no known history of occupational asbestos exposure. Korean J Prev Med 2000;33(4):477-83.

(Korean)