

# 직업적으로 노출된 근로자의 폐조직 내 석면 섬유량

원제 : Asbestos Fiber Burden in Lung Tissues  
of Occupationally Exposed Workers

저자 : Dave K. Verma and Nancy E. Clark

출처 : J. Occup. Environ. Hyg. Vol.9 D:177~182, 2012

## 서론

석면에 직업적으로 노출되는 경우 석면폐증, 폐암, 악성중피종이 발생할 수 있다. 석면폐증은 비교적 장시간에 걸쳐 상대적으로 많은 양의 석면에 노출되어야 발생하는 질병이지만, 중피종의 경우는 상대적으로 단기간에 노출되어도 발생할 수 있다. 잠복기도 이전에 알려진 바와는 다르게 최장 75년인 경우도 있다.

스웨덴 연구에서는 평균 잠복기가 48년이었고, 이탈리아 연구에서는 중앙값이 45년이였다. 폐조직 내 석면의 형태와 농도를 조사하면, 과거노출 분석과 병리학적 진단에 도움이 된다. 보통 길이가 5 $\mu$ m 이상이고 직경이 3 $\mu$ m 이내 석면의 형태 및 농도를 결정하는 데는 전자현미경이 가장 적당하다. 이런 연구는 캐나다 온타리오에서는 진행된 바 없기 때문에 16개 케이스를 대상으로 정성 및 정량 분석을 수행하였으며, 흡연의 영향을 관찰하고자 하였다.

## 목적 및 방법

본 연구에 사용된 시료는 직업적 노출이 있는 사망자의 부검한 폐 조직 14건, 그리고 질병을 가진

생존자 2건 등 총 16건이었다. 16건 모두 남성이었고, 45개 시료를 채취하여 분석하였다. 포르말린에 고정되었던 시료와 냉동 건조된 폐 분말을 과산화수소로 65°C에서 18시간 동안 소화시켰다. 소화된 무기성물질을 47mm 직경, 기공 0.1 $\mu$ m의 MCE 필터에 여과시킨 후, 24시간 동안 저온 플라즈마기로 회화시켰다. 회화된 물질을 이중 증류수에 부유시키고 다시 47mm 직경, 기공 0.1 $\mu$ m의 MCE 필터에 여과시켰다. 오염 여부는 증류수와 냉동된 돼지 폐를 대상으로 점검하였다. 시료는 투과전자현미경(ATEM, JEOL 1200 EX TEM, Peabody, Mass)을 사용하여 분석하였다.

시료는 8개로 균등 분할 후 4개를 무작위로 선정하고, 현미경용 슬라이드 유리에 테이프로 고정 후, 필터 매트릭스를 아세톤 증기로 투명화하였다. 다음에 시료는 20~30 나노 두께의 탄소로 진공 증착한 후, 필터를 녹여 제거하고 200 메시 EM 니켈 그리드에 올렸다. 처음 2개의 그리드에서 최소 75% 탄소 필름이 온전한 곳을 찾아 분석하였다. 각 그리드에서 10개의 그리드 개구면을 무작위로 선택하여 분석하였고, 1000배 확대하여 사진을 찍었다. 최종 배율은 26,400배였으며, 길이와 직경을 측정하였고, 각각의 위치도 표시하였다. 각 섬유에 대해 x-선 분석과 원소 분석을 하였다. 백석면, 갈석면, 청석면 및 투석석에 대한 표준 물질로 UICC 석면 표준을 사용하였다.

## 결과

연구 대상 시료에 대한 직업력, 흡연, 병리학적 진단, 석면 섬유 농도(건조폐 1그램당 백만 개)에 대한 자료를 얻었다. 백석면과 갈석면은 16개 시료중 13개 시료에서 발견되어 81% 검출되었고, 청석면과 투석석은 50%에서 검출되었다. 모든 석면 섬유를 망라한 평균 농도는 건조폐 1그램당 0.3~784.6 백만 개였다. 악성중피종인 경우는 1그램당 2.3~33.2 백만 개였고, 악성중피종이 아닌 경우는 1그램당 0.3~784 백만 개였다.

## 토의 및 결론

본 연구와 기존 연구에서 발표된 악성중피종인 경우(〈표 1〉에서 참고문헌 번호 3~5)와 악성중피종이 아닌 경우(참고문헌 번호 1~3)에 대한 폐조직 내 석면 섬유 농도 사례를 표에 요약하였다.

비록 연구 대상, 분석방법, 시료 전처리 등이 상이하기 때문에 직접적인 비교는 어렵지만 상대적인 비교를 하였다. 본 연구에서 악성중피종이 아닌 케이스는 타 연구와 비슷하였지만 약간 낮은 농도를 보였다. 그램당 1~2백만 개 이상이면 직업적 노출이 있는 것으로 보는데, 본 연구에서는 16개중 12개가 1백만 개 이상을 보였다. 석면과 흡연과는 밀접한 관계를 가지는데, 흡연이 폐에서 분진의 제거를

방해하는 것으로 알려져 있다. 그러나 본 연구에서는 자료 수가 적어 흡연과의 관련성을 입증하지는 못하였다. 🌀

<표 1> Total Asbestos Fiber Concentration in Millions of Fibers/Gram of Dried Lung Tissue

Studies	Concentration				Occupation/Industry	Main Fiber Types
	N	Range	Mean	Median		
Non-Mesothelioma Cases						
Churg and Wiggs(1986) <sup>1)</sup>	20	3.3~470	94.0	56.0	Miners	Chrysotile
Tossavainen et al(1994) <sup>3)</sup>	7	6.0~280	106.0	65.0	Asbestos sprayer, insulators	Crocidolite, anthophyllite
Rees et al(2001) <sup>2)</sup>	9	0.67~49.1	8.36	2.39	Miners	Chrysotile
Verma and Clark(2012) This study	12	0.3~784.0	86	2.8	Miners, steel worker transite pipe worker	Chrysotile, amosite, crocidolite
Mesothelioma Cases						
Toumi et al.(1991) <sup>4) (A)</sup>	23	0.1~370	35.3	5.5	Electrician insulator, painter, construction worker, others	Anthophyllite, crocidolite, amosite
Tossavainen et al.(1994) <sup>3)</sup>	3	1300 ~ 3000	1943	2700	Asbestos sprayer, insulator	Crocidolite, anthophyllite
Edward et al.(1995) <sup>5)</sup>	73	4.2~8370	566.8	42.4	Textile, filter, insulation	Amosite, crocidolite, chrysotile
Verma and Clark(2012) This study	4	2.3~33.2	12.4	7.1	Miners, steel workers, transite pipe worker	Chrysotile, amosite, crocidolite

<sup>A</sup> Excluding five non-detectable samples.

**참고문헌**

1. Churg, A, and B. Wiggs. Fiber size and number in workers exposed to processed chrysotile asbestos, chrysotile miners and the general population. Am J. Ind. Med. 9:143~152(1986)
2. Rees, D, J.I. Phillips, E. Garton, et al. Asbestos lung fiber concentration in South African chrysotile mine workers. Ann. Occup. Hyg. 45(6):473~477 (2001)
3. Tossavainen, A, A. Karjalainen, and P.J. Karhunen. Retention of asbestos fibers in the human body. Environ. Health Perspect. 102(Suppl 5):253~255 (1994)
4. Toumi, T, M.S. Huuskonen, L. Tammillehto, et al. Occupational exposure to asbestos as evaluated from work histories and analysis of lung tissues from patients with mesothelioma. Br. J. Ind. Med. 48:48~52(1991)
5. Edward A.T., D. Whitaker, K. Browne, et al. Mesothelioma in a community in the north of England. Occup. Environ. Med. 53:547~552(1995)