



## 유리섬유와 폐암(2)

산업안전보건연구원 직업병연구센터 / 김 은 아

유해한 화학물질의 대체물질인 경우, 독성학적 평가가 충분히 이루어지지 않아서 논란에 휩싸이게 되는 경우가 많다. 유리섬유 역시 잘 알려진 발암물질인 석면의 대체물질로 도입된 후, 혹시 발생 가능한 건강위험에 대하여 많은 학자들이 장기간 연구를 거듭 하고 있다.

1995년에 유리섬유에 대한 사회적 이목이 집중되었던 이유는, 유리섬유가 주민에서 건강장해를 광범위하게 발생시켰다는 의구심을 일으켰기 때문이었다.

그런데 이 사건이 산업보건 및 환경역학 전문가들의 관심을 집중시켰던 또 하나의 이유는 석면의 대체물질로 '섬유' 상의 형태를 하고 있었기 때문이다. 당시까지 유리섬유가 발암물질로 입증되지는 않았으나 연구가 좀 더 진행되면 발암성을 나타낼지도 모른다는 즉, 섬유상의 물질이 갖고 있는 병리학적 특징을 유리섬유 역시 갖고 있을지도 모른다는 정당한 과학적 의구심도 있었기

때문이다.

### 유리섬유

흔히 산업보건 전문가는 '유리섬유'라는 문제를 석면과 관련하여 만나게 된다. 유리섬유가 외양이나 용도가 석면과 비슷하기 때문에, 근로자들이나 (과거에는 보건관리자 조차도 가끔은) 유리섬유를 석면으로 잘못 알고 있는 경우가 많았기 때문이다. 유리섬유라고 통상 불리는 물질들은 단일한 제품이 아니다. 이것을 성분으로 말하면 무정형의 규산염이라 할 수 있는데, 유리와 암석, 고령토, 화산암 등으로부터 인공적으로 제조된 섬유모양의 물질을 일컫는다.

이 물질들은 용도와 형태에 따라 여러 가지가 있다. 국제 암연구소(International Agency for Research on Cancer, IARC)에서는 MMVF(man made vitre-

ous fiber)라고 명명해 왔고, 2002년에는 가는 섬유모양이나, 솜 모양이나에 따라서 필라멘트(filament)와 울(wools) 두 가지로 크게 나누고 있다.

필라멘트로는 continuous glass filaments(연속유리필라멘트)가 있으며, wools에는 glass wool(유리섬유), rock wool(암 섬유), slag wool(슬래그 섬유), refractory ceramic fibers(세라믹 강화 섬유), 기타 섬유가 있다. 유리섬유(glass wool)는 다시 insulation wool과 special purpose wool로 나눈다. 각각의 유리섬유는 종류에 따라 동물실험이 일부 시행되고 있지만, 인간에 대한 역학적 연구는 섬유의 종류에 따라 수행되기는 어려워서, 일부 유리섬유는 동물실험만 수행된 경우도 있다.

위와 같이 다양한 종류의 유리섬유에 대해서 근로자들은 대부분 '유리분진' 또는 '유리섬유'라고 부르거나 '암면'이라고 부르며, 이를 석면과 혼동하기도 한다.

우리나라에서 주로 생산되는 유리섬유는 유리솜과 연속유리필라멘트이며, 슬래그 섬유도 일부 생산된다.

1995년에 폐암이 발생하여 역학조사를 했던 사업장은 연속유리필라멘트 제조업이었다.

## IARC의 발암성 평가(2002)

MMVF는 세계적으로 60년 이상 사용되어 왔고, 석면의 건강장해가 알려진 이후에는 점점 더 사용량이 늘어나고 있다. 이 물질들은 고장력의 강도와 탄력성, 보온성, 전도성, 내습성, 내부식성을 띄고 있어서 산업장에서 중요성이 점차 증가되고 있다.

1988년 IARC는 일차적으로 유리섬유에 대한 발암성 연구들에 대해 평가하고 결론을 내린 바 있는데, glass wool, Rock wool, Slag wool, Ceramic fiber는 group 2B(possibly carcinogenic to human)로, Glass filaments는 group 3(cannot be evaluated as to its carcinogenicity to human)으로 분류하였다.

1995년 산업안전보건연구원의 역학조사에서는 근로자에서 발생한 폐암의 업무 관련성을 평가함에 있어 1988년 IARC의 견해를 참조하였다. 그러나 10월호에 밝힌 바 있듯이, 당시까지는 유리섬유의 건강장해에 대하여 연구 자료가 불충분할 수도 있으니, 직업병심의위원회의 전문가들은 당시 관찰된 여러 가지 사실들을 참조하여 신중하게 재검토 하는 것이 필요하다는 태도를 견지하고 있었다.

그러면 1988년의 IARC의 견해가 2002년에 얼마나 바뀌었는지, IARC의 재검토 결

과를 살펴보자.

### 역학적 연구에 대한 평가

IARC의 사람에 대한 역학적 자료에 대한 평가는 두 개의 큰 코호트 연구와 환자-대조군 연구(미국과 유럽)를 대상으로 하였다. 이 코호트에서 노출된 유리섬유는 glass wool, continuous glass filaments, rock wool, slag wool 제조업이었다.

1988년의 검토 결과에 이어서, 미국의 코호트는 16개의 공장을 대상으로 조사기간을 1992년까지 확장하였고 1988년에는 할 수 없었던 흡연력과 과거 노출수준까지 추정하였으며, 석면이나 포름알데히드, 실리카에 대한 노출 가능성을 평가하는 과정이 포함되었다.

먼저, glass wool에 대한 미국의 코호트 연구에서는 전체적으로 호흡기 암이 6%가 통계적으로 유의한 증가를 보였다. 그러나 장기간 근무한 근로자들로 제한한 경우 통계적 유의성이 사라졌으며, 흡연력을 보정하자 더욱 희석되었고 노출기간에 따른 용량 반응 효과도 관찰되지 않았다. 유럽의 코호트에서는 폐암이 증가하였는데, 노출기간과 시기에 따른 증가는 보이지 않았다.

Continuous glass filaments에 대한 연구 결과, 미국과 유럽의 코호트들은 전체 근로자와 장기간 근무 근로자로 분석해 보아도

호흡기 암이 증가하지 않았다. Rock wool과 slag wool의 경우, 분리하여 연구하기가 어려웠는데, 이 두 물질에 노출된 코호트에서는 호흡기암의 증가가 용량반응 관계를 보이지 않았으며, 일부 증가된 경우에도 흡연력을 보정할 경우 더 이상 증가 현상을 보이지 않았다. 유럽의 코호트에서도 초기 노출군에서 증가를 보였던 호흡기 암의 사망률이 흡연력을 보정하고 나자 사라졌다. Refractory ceramic fibers는 역학적 자료가 불충분하여 정확한 평가가 어려웠다.

### 동물에 대한 연구 평가

실험실에서 토끼에게 continuous glass filaments를 직경별로 주입하여 동물의 암 발현을 보았다. 그 결과, 종양 발생은 증가하지 않았다. Insulation glass wool의 경우 만성 흡입성 실험을 토끼와 쥐에게 실시하였다. 그 결과가, 폐종양이나 중피종이 증가하는 소견은 없었다.

Special-purpose glass fiber도 만성 흡입실험에서 조사되었는데, 토끼와 햄스터, 기니아피그에게 실험하였다. 조기 흡입 실험에서 폐종양이나 중피종이 증가하지 않았다. 일부 실험에서 special-purpose glass fiber는 기관 내 삽입을 통해 실험되었는데 이 때는 폐암과 중피종이 햄스터에서 증가하였다.

Rock Wool과 Slag wool에 대한 만성흡입 독성 실험에서는 폐암과 중피종 모두 증가하지 않았다. 복강 내 주입을 고농도로 한 경우, 중피종의 증가가 유의하게 나타났다. Refractory ceramic fiber는 만성흡입 독성 실험에서 폐암이 유의하게 증가하였고 중피종암도 몇 사례가 발생하였다. 복강 내 주입실험에서 암종의 발생은 섬유유 길기와 용량과 관련성을 보였다.

2002년 IARC의 평가를 종합적으로 볼 때, 일부 유리섬유들은 1988년에서보다 발암성의 등급이 하향되게 되었다. 즉, special-purpose glass fiber, refractory ceramic fiber는 group 2B로, insulation glass wool, continuous glass filaments, rock wool, slag wool은 group 3으로 분류하게 되어, 이전에 group 2B였던 여러 가지 wools가 group 3으로 내려오게 되었다. 2002년 IARC의 평가는 사람에게 대한 연구자료와 동물에 대한 연구자료 두 가지로 나누어 볼 수 있다.

물론, IARC의 이러한 연구 결과들은 1988년의 결정에 사용된 연구보다는 진전된 평가였지만, 여전히 흡연력과 정확한 노출 평가 자료의 부족, 분류 오류의 가능성 등을 염두에 두고 조심스럽게 적용하자고 권고하고 있다.

## 산업보건에서 인과성의 추론

유리섬유로 알려진 MMVF의 병리학적 기전은 섬유상의 물질이 매크로파지에 의해 탐식되는 과정에서 찾는다. 즉 섬유의 길이가 너무 긴 경우, 매크로파지에 의해 불완전하게 탐식된 후, 강력한 염증반응이 일어나게 되는데, 이 때 염증반응의 매개물질들과 반응성 산소, 질소들이 방출되게 되고, 이것이 결국 유전자 손상과 함께 종양세포의 증식을 가져오게 된다는 설명이다.

실험실에서 직접적으로 섬유를 세포로 주입하면 세포분할이 유도되고 이에 따라 염색체나 핵의 이상과 함께 유전학적 변화가 관찰되며 조절되지 않는 세포증식이 유도되게 된다. 동물실험에서도 유리섬유에 노출된 경우 심한 염증반응과 섬유화가 일어난다. 이러한 변화는 종양과 관련이 크다는 확설이 많기 때문이다.

이러한 기전을 볼 때, 과학자는 “석면에서 나타났던 강력한 발암성이 없다고 확신할 수 있는가?”라는 질문을 던져야 한다. 산업안전보건연구원에서 실시한 역학조사는 당시까지 폐암 유발물질로 확정되지 않은 유리섬유에 대한 문제였지만, 폐암에 이환된 근로자의 폐암조직 속의 유리섬유 함유 정도를 살펴보기도 하였다. 이러한 조사 과정에서 혹시 국내외에서 간과했을지도 모르는 또 다른 역학적 진실을 발견할 수도 있기

때문이다.

명확히 밝혀지지 않은 유리섬유에 대해 과학자가 의심을 갖고 계속 살펴보는 것은 아주 중요하다. 첫째, 많은 과학적 발견들이 유사성의 논리(analogy)에 의해 추론되다가 밝혀지기도 하기 때문이며, 둘째, 인간에서 명확히 유해하지 않다고 확신하기 전까지는 의심을 갖고 계속 추적 조사하는 것이 인간에 대한 과학을 하는 사람들의 기본 자세이기 때문이다.

그러나 정책적 결정을 하는 입장에서는 조금 다른 관점이 필요하게 된다. 현재까지 밝혀지지 않은 문제에 대해 끊임없이 탐구하는 것이 연구하는 사람의 자세이긴 하나, 정책을 입안하고 보완하며 공공의 재원을 투자하는 행정가들은 현재 확실히 되지 않는 위험보다는 현재 확실한 위험의 예방과 관리에 투자하게 되기 때문이다.

1995년에 발생하였던 유리섬유와 지방종에 대해 우리나라 산업보건계의 학자와 연

구기관들은 최선을 다해 각자의 입장에서 과학적 진실을 추구하고, 근로자의 건강을 보호하고자 노력하였다. 폐암과 지방종이 유리섬유와 명확한 인과관계를 보인다는 연구자도 있었지만, 객관적 근거가 매우 부족하다는 연구자도 있었다.

결국, 유리섬유 제조공장 주변 주민들은 재판을 통해 보상을 받았지만, 폐암에 이환된 근로자가 직업병이라는 근거는 당시로서는 찾을 수 없다는 결론을 얻게 되었다. 이러한 결론은 당시의 과학적 지식에 근거하여 내리게 된 결론들로 수십 년이 지나 또 다른 과학적 연구들에 의해 비판받을 날이 올 수도 있다.

우리의 산업보건이 발전하게 되면, 보다 구체적인 유리섬유의 모습과 병리학의 규명 속에, 근로자의 건강 영향에 대한 조금 더 발전된 견해를 얻을 수 있을 것으로 기대한다.

그러기 위해서는 아직 밝혀지지 않은 원인에 대해 활발한 문제 제기와 연구가 학계로부터 끊임없이 지속되어야 한다. ☺