

## 생쥐생체내 석면소체 발생양상에 관한 연구

박지완 · 정해원

서울대학교 보건대학원

### A Study on Formation of Asbestos Body in Mouse

Ji Wan Park · Hai Won Chung

*School of Public Health,  
Seoul National University*

#### Abstract

Formation of asbestos bodies in various organs of mouse in course of time after intraperitoneal injection of three types of asbestoses was studied.

Asbestos bodies as well as asbestos fibers were found both in intrapleural organs such as lung and heart and intraperitoneal organs after intraperitoneal injection of asbestos fiber; this suggested the possibility that asbestos fiber could migrate to the whole body.

When asbestos was injected intrapleurally asbestos fiber was found in the lung 15 days after injection but asbestos body was not found till 30 days after injection.

The process of asbestos body formation was described.

#### I. 서 론

석면은 천연적으로 산출되는 섬유상의 광물로서 규산마그네슘( $Mg_3Si_4O_{10} [OH]$ )이 그 주 성분이며 사문석류(Serpentines)와 각섬석류로 대별할 수 있다. 사문석류에는 백석면(Chrysotile)이 속하며 각섬석류에는 청석면(Crocidolite), 갈석면(Amosite), 엔토피라이트(Anthophyllite), 트레몰라이트(Tremolite)

가 속한다(Becklake, 1976; Klaassen et al., 1986).

석면에 관한 연구는 19C 말 영국과 이태리에 서부터 시작되었는데 1906년에 Marchand가 인간의 폐조직내에서 황갈색 소체를 처음 발견한 이후 1929년 Cooke와 Stewart에 의해 이것이 석면에 폭로된 환자들에서 나타난다는 사실이 밝혀졌다(Suzuki et al., 1969). 1970년대에는 주로 동물실험을 통해 석면소체의 구조 및 특성에 관한 연구가 시행되었고(Langer

et al., 1972; Roggli et al., 1984), 1980 년 대에는 석면섬유 및 석면소체의 정량분석과 인 구집단에 대한 연구가 시행되었는데 (Churg et al., 1979; Brown et al., 1980; Monson et al., 1980; Roggli et al., 1980; Meek et al., 1985; Vollmer et al., 1985; MacDonald et al., 1986) 현재는 석면이 호흡기계뿐만 아니라 다른 기관에도 암종을 유발하지 않을까 하는 의문이 제기되고 있으나 확실한 실험적 자료는 제시되지 않았고 단지 역학조사를 통해 추정해 보고있을 뿐이다. 1987년 미국 DHHS (Department of Health and Human Services) 는 역학조사를 통해 석면이 호흡계에 발생하는 석면폐증, 폐암, 중피종이외에 식수나 청과 음료, 주류, 식료품 및 의약품에 의해 소화기계 암을 유발할 가능성이 있다고 보고하였다. 만약, 석면이 순환기계를 통해 이동한다면 세포에 따라 민감성에 차이가 있겠지만 석면의 폭로경로와 관계없이 전신에 암종을 유발할 수 있어서 기존에 알려진 석면관계질환 뿐만 아니라 전신에 유해한 효과를 나타낼 것이다.

석면폭로의 지표로써 사용되는 석면소체의 발생양상에 관한 연구는 석면폭로 시간 및 경로를 추정하여 석면관계질환의 발생위험을 예측하는데 도움이 되며 진단 및 예방에 관계된 정보를 제공해주므로 중요하지만 인간에서 폭로기간에 따른 발생양상의 직접관찰이 불가능하므로 불가피하게 실험동물에서 얻은 결과를 인간에게 적용해야 한다.

그러므로 본 연구의 목적은 생쥐에 석면을 투여한 후 시간경과에 따라 각 장기내에서의 석면소체 발생양상을 파악함으로써 생체내에서의 석면폭로와 석면소체 발생간의 상관관계를 밝히고 석면폭로의 지표로서 석면소체 검출법의 활용가능성을 타진하며 석면이 인체의 순환기계를 통해 이동하여 전신에 유해한 영향을 미친다는 가설을 증명하기 위한 실험적 자료를 제시하고자 하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 재료

#### 1) 석면

본 연구에서는 영국 MRC (Medical Research Council) Pneumoconiosis Unit의 Timbrell 박사로부터 제공받은 UICC (Union Internationalis Contra Cancrum) 표준석면중 상업적으로 이용되는 석면의 98%를 차지하는 백석면, 청석면, 갈석면을 사용하였다 (Timbrell et al., 1968). 석면은 종류별로 Chloroform으로 세정한 후 0.85% 생리식염수에 부유시켜 5mg/ml 농도로 만들어 pH 7.4로 조정한다음 고압증기멸균하여 보관하였다.

#### 2) 실험동물

몸무게가 15~20g 정도인 생후 5주된 수컷 ICR mouse를 일정기간 사육하면서 실험에 사용하였다.

### 2. 방법

#### 1) 석면투여

본 연구는 순환기계를 통한 석면의 이동과 관계된 석면의 기관별 분포에 관한 실험과 석면소체의 형성기간에 관한 실험으로 대별하여 수행되었는데 석면의 기관별 분포에 관한 실험은 백석면과 청석면을 1mg/0.2ml씩 각 8마리의 ICR mouse에 복강내 주사 (Intraperitoneal Injection)하였고 석면소체 형성기간에 관한 실험에서는 백석면, 청석면, 갈석면을 1mg/0.2ml씩 각 15마리의 ICR mouse에 흉강내 주사 (Intraleural Injection)하였다.

#### 2) 석면소체 표본작성

준비된 석면을 주사한 생쥐를 일정기간 사육한 다음 부검하여 Smith & Naylor (1972)에 의해 개발된 조직소화법 (Tissue Digestion Method)에 준해 표본을 작성하였는데 석면의 기관별 분포에 관한 실험에 있어서는 주사후

45일간 사육하여 흉강내에서는 심장과 폐, 복강내에서는 소장, 신장, 간, 췌장, 고환을 적출하여 횡격막과 더불어 각 실험동물당 8개씩 총 128개의 표본을 작성하였고 석면소체 형성 기간에 관한 실험에서는 주사후 15일, 1, 2, 4, 7개월 후에 석면종류별 기간별로 각 3마리씩 부검한 다음 폐만을 적출하여 총 45개의 표본을 작성하였다.

표본을 작성하기 위해서는 먼저 실험동물과 적출기관의 무게를 측정한후 5% Sodium Hydroxide(NaOH)와 함께 마개가 있는 원심분리용 시험관에 넣어 소화시킨 다음 상등액을 조심스럽게 제거한다. 이때 시험관 저부에 가라앉은 석면소체나 석면섬유는 탄분침착으로 인해 회색으로 보이는 지방질 피막으로 단단하게 결합되어 있기때문에 Chloroform과 50% Ethyl Alcohol로 세정하여 모든 피막을 제거하고 80g에서 10분간 원심분리하면 Chloroform과 50% Ethyl Alcohol의 비중차로 인해 불용성 광물질과 석면소체는 시험관 바닥에 가라앉고 탄분과 찌꺼기(debris)는 중간층에 결집되므로 상등액과 기타 물질을 제거한후 침전물을 95% Ethyl Alcohol에 부유시켰다. 최종 부유물은 막여과지(직경 25mm, 공극크기  $0.45\mu\text{m}$ ; GELMAN)로 여과하여 슬라이드 위에 봉입(mounting)하였다(Rosen et al., 1972; Morgan et al., 1980; Roggli et al., 1983). 상세한 석면소체 분리과정은 Fig. 1에서 보는 바와 같다. 작성된 표본은 위상차현미경( $\times 100$ ,  $\times 400$ ; NIKON) 하에서 관찰하였다.

### III. 연구결과

#### 1. 석면의 기관별 분포

석면이 순환기계를 통해 이동하여 그 폭로경로와 관계없이 전신에 퍼진다는 가설을 증명하기 위해 앞에서 기술한 바와 같이 처리된 생쥐를 45일 경과후 부검하여 표본을 관찰한 결과

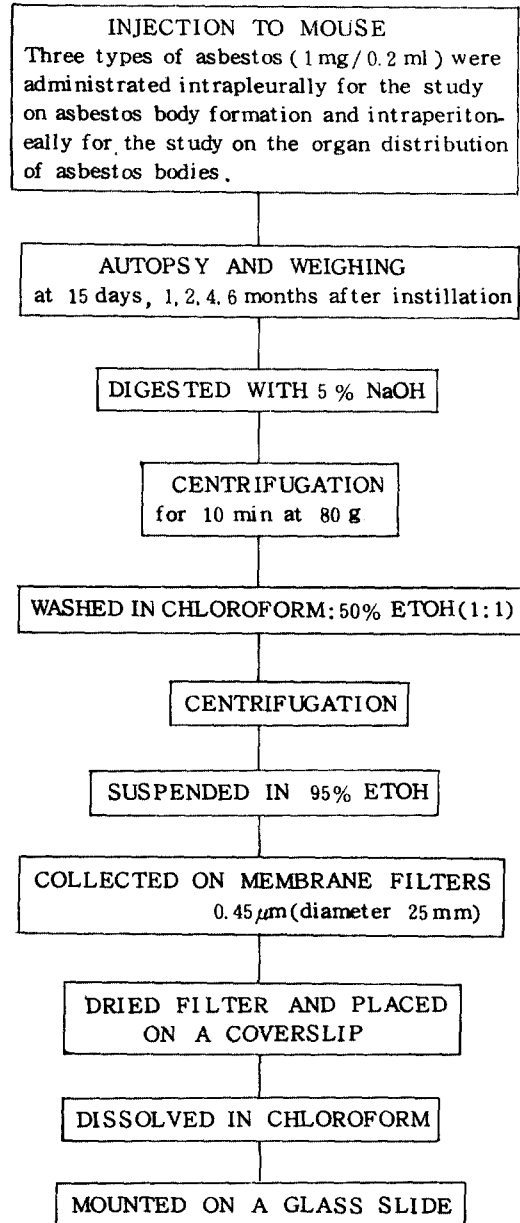


Fig. 1. Steps of the Method for Isolating Asbestos Bodies

세가지 유형의 석면으로 분류, 관찰할 수 있었다. 즉, 탐식세포에 의해 전혀 탐식되지 않은 석면섬유(asbestos fiber)와 부분적으로 탐식되었거나 완전히 탐식되어 기타 광물질이 침

착된 치밀한 구조의 완성된 석면소체(asbestos body)의 형태로 관찰되었으므로 본 실험의 결과는 이 두가지 유형의 석면으로 분류하여 분석하였다. Table 1에서 보는 바와같이 석면을 복강내로 주사했음에도 불구하고 모든 장기에서 석면이 발견되었는데 특히 흉강내에 존재하는 기관인 심장과 폐에서도 각종 형태의 석면이 존재함을 확인할 수 있었다. 상체내에서는 석면섬유의 수가 석면소체의 수에 비하여 아주 많이 관찰되었으며 각 장기별 석면의 분포를 보면 석면을 복강내로 주사하였기 때문에 전반적으로 복강내의 장기에서 흉강내의 장기에서 보다 많은 수의 석면이 관찰되었음을 알 수 있었는데 특히 백석면이나 청석면을 투여한 경우 모두 횡격막에서 가장 많은 석면이 발견되었으며 횡격막에서도 많은 수의 석면을 발견할 수 있었다. 그 외에 장기에서는 고환과 신장 그리고 심장에서도 중등도의 석면이 발견되었고 소장과 간에서는 비교적 소량의 석면이 발견되었으며 폐는 백석면에서만 관찰하였으나 극소량의 석면이 발견되었을 뿐이다. 흉강내 장기중 폐에서보다 심장에서 다량의 석면을 관찰할 수

있었고 폐에서는 석면섬유와 석면소체간의 수적인 차이가 비교적 적었으나 심장에서는 석면섬유의 수가 석면소체의 수에 비하여 많았다. 또한, 횡격막과 횡격막에서는 다른 장기에 비하여 수백배에 가까운 많은 수의 석면이 발견되었다.

## 2. 석면소체의 형성기간

본 실험에서는 석면섬유의 크기가 너무 작아 발견되지 않거나 여러개가 서로 뭉치거나 꼬여 있어 그 수를 정확하게 측정하기 어려웠기 때문에 Table 1과 Table 2에서 수치를 정확하게 기입하지 않고 양성여부 및 그 정도만을 나타내었으며 또한 총 표본중 석면 양성 표본수를 표시하였다.

석면소체의 형성기간을 알아보기 위하여 백석면, 청석면, 갈석면을 각각 생쥐의 복강내에 주사한 다음 15 일, 1, 2, 4, 7 개월 후 석면소체의 형성정도에 대하여 석면섬유, 석면소체 등 두가지 유형의 석면으로 분류하여 그 양성정도를 관찰한 결과 Table 2와 같았다. 즉, 관찰된 생체내 각종 형태별 석면의 수는 청석면을 투

Table 1. Occurrence of Asbestos Body and Fiber in Mouse after Intraperitoneal Injection of Asbestos

	Chrysotile				Crocidolite			
	*A - F		A - B		A - F		A - B	
Heart	8/8**	++***	5/8	+	6/6	+++	5/6	+
Lung	5/7	+	3/8	+	-	-	-	-
Pleura	7/7	++++	3/7	++	6/6	++++	5/6	++
Intestine(Small)	7/7	++	4/7	+	7/7	++	5/7	+
Kidney	8/8	++	3/8	+	6/6	+++	6/6	++
Liver	8/8	+	2/8	+	5/5	++	3/5	+
Spleen	7/7	++++	7/7	+++	8/8	+++++	8/8	+++
Testis	5/5	+++	0/5	-	2/2	++++	2/2	++
Total	55/57	++++	27/57	++	40/40	++++	34/40	+++

\* : A - F (Asbestos Fiber)

A - B (Asbestos Body)

\*\* : (No. of Asbestos Positive Slides) / (Total No. of Slides)

\*\*\* : Quantity of Asbestos (Asbestos Fiber, Asbestos Body)

Table 2. Occurrence of Asbestos Body and Fiber in Lung of Mouse in Course of Time after Intrapleural Injection of Asbestos

Type of Asbestos	Chrysotile		Crocidolite		Amosite		Total	
	*A-F	A-B	A-F	A-B	A-F	A-B	A-F	A-B
15 days	2/2** ++***	0/2 -	2/2 +++	1/2 -	- -	- -	4/4	1/4
1 Month	2/3 ++	1/3 +	3/3 ++	2/3 -	3/3 +++	1/3 -	8/9	4/9
2 Months	3/3 ++	3/3 +	3/3 +++	3/3 +	3/3 +++	2/3 -	9/9	8/9
4 Months	2/3 ++	2/3 +	3/3 +++	3/3 +	2/2 +++	2/2 ++	7/8	7/8
7 Months	3/3 +++	3/3 ++	3/3 +++	3/3 ++	3/3 ++	3/3 ++	9/9	9/9

\* : A - F (Asbestos Fiber)

A - B (Asbestos Body)

\*\* : (No. of Asbestos Positive Slides) / (Total No. of Slides)

\*\*\* : Quantity of Asbestos (Asbestos Fiber, Asbestos Body)

여한 경우가 갈석면을 투여한 경우보다 높았고 백석면을 투여한 경우가 가장 낮았음을 알 수 있었으며 투여한 석면의 종류와 관계없이 시간이 경과할수록 석면소체의 수가 다소 증가함을 알 수 있었다. 또한, 석면섬유는 석면을 투여한 후 15 일후에도 폐에서 발견되었으나 석면소체는 1 개월 이후부터 완전한 형태로 관찰되었다. 석면의 수는 실험동물마다 차이가 있었는데 어떤 생쥐에서는 다량의 석면이 발견되는 반면 어떤 생쥐에서는 아주 적은 수의 석면이 발견되어 같은 방법으로 흉강내 주사하여 폐를 부검했음에도 불구하고 그 결과에 차이가 많아 평균한 수치로 표시하였다.

### 3. 석면소체 형성과정

석면소체 발생양성에 관한 위의 두 실험을 통하여 여러 형태의 석면을 관찰할 수 있었고 이러한 관찰을 통하여 석면소체의 형성과정을 추측해 볼 수 있었다. Fig. 2 는 석면소체 형성과정을 추측하여 모델로써 제시한 것인데 보는 바와 같이 생체내에 폭로된 석면섬유는 세포들 사이에 둘러싸이게 되며 이 세포들중 탐식작용을 하는 세포들에 의하여 탐식이 가능한 부분부터 탐식되어 점점 세포가 염주알이 꿰이듯이

석면섬유에 꿰이게 되고 이렇게 꿰인 세포들은 인접세포와 세포막 융합을 일으켜 석면섬유를 고르게 둘러싸게 되며 여기에 세포자체내에 함유되어 있거나 적혈구 같은 생체내 구성물질로부터 철분등의 광물질이 침착되어 아령모양의 소체를 형성하게 된다. 세포는 탐식이 가능한 짧은 석면섬유를 무작위로 탐식하는데 어떤 방향성을 갖지는 않지만 대체로 돌출된부분 즉 양끝부분이 우선적으로 탐식되는 것 같아 보이며 너무 직경이 짧은 섬유는 탐식되지 않는 것으로 보인다. 또 길이가 아주 짧은 것은 단일 세포에 의해 탐식되어 버려서 석면소체를 형성하지 못하며 너무 긴 섬유는 많은 수의 세포에 의해 부분적으로 탐식되지만 완전히 탐식되어 석면소체를 형성하지는 못하는 것 같다. 대체로 한가닥이나 두가닥의 적당한 길이의 석면섬유는 석면소체를 형성하나 너무 길거나 여러 가닥이 모여있거나 꼬여있는 경우에는 석면소체 형성이 불가능한 것처럼 보였다. 이와같이 다양한 모양의 석면소체를 관찰하면서 도출해낸 모델을 뒷받침하기 위해 대표적인 석면소체 형성과정의 사진을 Fig. 3 에서 제시하였다. 단일 석면소체의 형성과정을 생체내에서 시간 경과 별로 관찰한다는 것은 실제로 불가능하기 때문

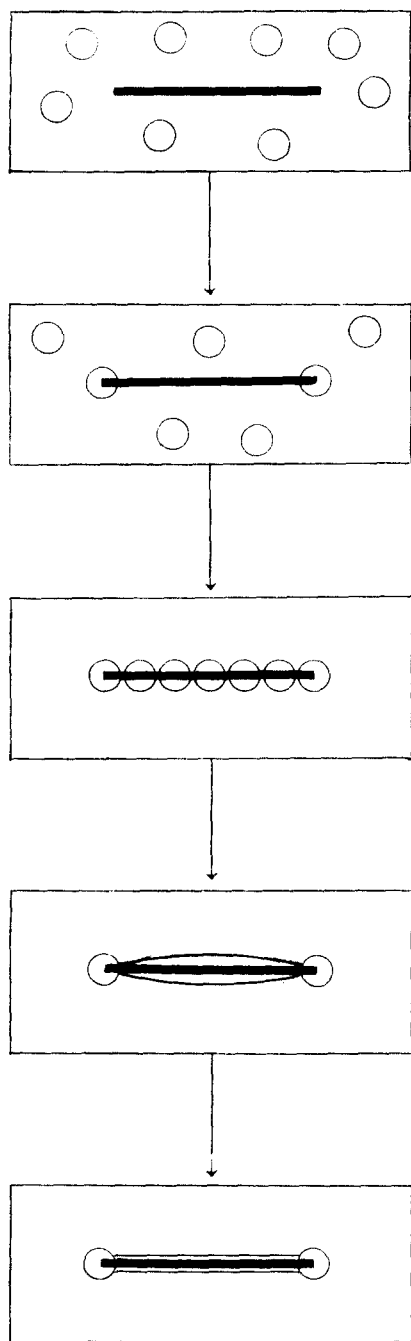
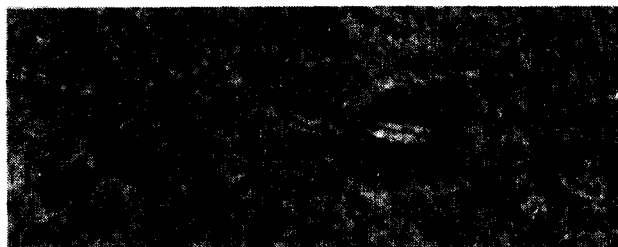


Fig. 2. Schematic Representation of the Asbestos Body Formation.



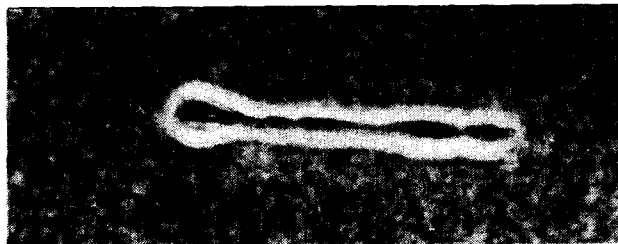
A: asbestos fiber



B: Phagocytosis of asbestos fiber



C: Asbestos fiber beaded along its length



D: Coated asbestos fiber



E: typical asbestos body  
(rod-shaped structure with clubbed ends)

Fig. 3. Photomicrograph of Proposed process of Asbestos Body Formation (x 400).

에 불가피하게 관찰된 석면소체중 비슷한 모양의 것들을 재조합해 보았더니 제시된 모델과 일치함을 알 수 있었다.

#### IV. 토 의

석면소체는 인체내 방어기전의 일환으로 생성된 황갈색 아령모양의 소체로서 그 길이는 주로  $10 \sim 30 \mu\text{m}$ 이고 두께는  $1 \sim 6 \mu\text{m}$  정도이며 철분 및 기타 광물질을 포함한 단백질 피막으로 싸여있고 이 피막은 주로 대식세포로부터 얻어진다(Churg et al., 1981). 석면소체의 수는 석면섬유의 총수에 비해 현저히 적어 Churg 등에 의하면 석면관계 작업장내에서 폭로되지 않은 20 명의 석면관계 질환자에서 석면섬유와 석면소체간의 비는 5,000:1로, Sebastien은 고농도의 작업장 폭로경험이 있는 6 명의 석면관계 질환자를 관찰한 결과 29:1로 보고하였는데(Churg, 1982) 본 연구에서도 석면섬유와 석면소체간의 비는 수백대 일에 달하였다. 물론 Churg의 보고는 사람에 대한 결과이고 본 논문은 생쥐를 대상으로 하였기 때문에 동일선상에서 비교하기 어렵다. 본 연구에서 사용된 막여과법은 보편적인 석면소체 식별방법으로 많이 이용되지만(Gross et al., 1968; Smith et al., 1972) 석면소체의 색이 황갈색이기 때문에 쉽게 관찰되지 않으므로 철분 염색 조직절편법(iron-stained tissue section)을 사용하기도 한다(Roggli et al., 1972). 본 연구에서는 청석면과 갈석면에 비하여 백석면은 무색으로 섬유 굵기가 가늘어 관찰하기 어려웠으므로 백석면에 있어서 그 결과가 실제 수치 이하로 관찰되었을 가능성이 있다.

Smith 등(1972)이 폐조직과 객담으로부터 석면소체 분리방법을 고안한 이후에 이 방법을 이용하여 많은 실험적, 역학적 연구들이 시행되었는데 특히, Auerbach 등(1980)은 석면관

계 노동자의 폐에서 많은 수의 석면소체를 발견했을 뿐 아니라 다른 여러기관에서도 석면소체를 발견하였다. 폐 이외의 다른 장기에서 석면소체가 한개이상 발견된 사람은 전체의 32~62%에 달하였으므로 석면이 폐 이외에 다른 장기에서도 발견된다는 가설을 뒷받침해주었다. 그러나 이 연구는 석면노동자를 부검시 얻은 결과이므로 그 폭로경로가 호흡에 의한 것인지 소화에 의한 것인지 혹은 접촉에 의한 것인지 확실치가 않으며 대부분이 이들이 병합되어 나타났을 가능성이 높다. 그러므로 이 자료로는 석면의 순환기계를 통한 이동에 관한 가설을 입증할 수 없기 때문에 일정한 경로를 통해 석면을 폭로시킨 후 그 이동관계에 관하여 알아 볼 필요가 있었다. 그 결과 본 실험을 통해서 복강내로 석면을 주사하여도 흉강내 장기에서 석면섬유 및 석면소체를 발견하므로써 그동안 논란이 되었던 석면이 석면관계 질환 이외에 다른 암종을 유발하는지 여부와 유반한다면 그 원인은 무엇인지에 대한 답을 얻을 수 있었다. 특히 심장에서는 흉강내 장기임에도 불구하고 복강내 장기보다 오히려 많이 발견되어 기대 이상의 결과를 보였으며 석면이 전신으로 이동함을 알 수 있었다. 그러므로 본 실험의 결과를 통해 인간이 주로 석면에 폭로되는 경로가 호흡기계이기 때문에 호흡계에 석면으로 인한 질환이 빈발하며 음식물 등의 소화에 의해서도 석면에 폭로되어 소화기계 암을 유발할 수 있지만 문제는 석면의 폭로경로가 아니고 석면의 인체내 폭로여부인데 석면이 폭로경로와 관계 없이 일단 체내에 들어오면 순환기계를 통해 전신으로 이동할 수 있으므로 소화기계 이외의 경로로 석면에 폭로된 경우에도 소화기계암을 유발할 가능성이 있다고 믿어진다. 그러나 Lechner 등(1985)은 석면이 인체의 기타 세포에서보다 중피세포에 미치는 영향이 크다고(10~100배) 보고한바 있으며 특히 담식작을 하는 대식세포에도 크게 영향을 미친다고 알려져

있으므로 인체내에 들어온 석면은 폭로경로와 관계없이 전신에 퍼져 유해한 영향을 주나 석면에 특히 민감한 기관의 세포에 더 큰 영향을 주어 그 부분에 더 많은 질환을 유발한다고 추론할 수 있다. 그러므로 석면이 폐암, 중피종, 골수종 같은 특정부위의 암을 더 빈번히 유발하지만 폭로경로와 관계없이 전신에 퍼지기 때문에 석면에 폭로되지 않도록 하여야 하겠다.

또한, 본 실험에서는 석면소체 형성기간을 알아보기 위해 ICR mouse 에 세 종류의 석면을 폭로시킨후 1개월후에 석면소체가 형성되었는데 Suzuki 등(1969)은 백석면을 hamster 의 기도내에 주사하여 폭로시킨후 16일 경과시 석면섬유를 관찰하였고 6개월후에 완성된 석면소체를 관찰하였지만 16일과 6개월 사이에 언제 석면소체가 형성되었는지 그 시기는 밝히지 못하였다. 인간에서 직접적으로 석면소체 형성기간을 측정한 논문이 없어 정확한 발생시기는 알 수 없지만 본 실험에서는 1개월후에, Suzuki 는 6개월안에 석면소체가 형성되었으므로 사람에서도 폭로후 수개월 내에 석면소체가 형성된다고 추측할 수 있다.

이러한 석면소체는 생쥐 생체내의 대식세포와 같은 탐식세포들이 석면을 이물질로 인지하여 방어기전의 일환으로 강한 탐식작용을 하게 되는데 석면섬유의 길이가 짧은 경우에는 단일세포에 의해 완전히 탐식되며 석면섬유가 너무 길거나 뭉쳐있는 경우에는 세포들이 무질서하게 쪼여진다. 특히 적당한 길이( $10 \sim 30 \mu m$ )의 단일섬유에서는 이러한 탐식세포가 석면의 표면을 둘러싼 단백질 피막을 형성하여 황갈색소체가 만들어지게 된다(Langer et al., 1972).

기존에 발표된 많은 논문에서 석면소체의 화학적, 물리적 특성에 대한 자료를 제시하고 있으나 실제로 일목요연한 형성과정에 대해서는 제시한 것이 없고 세포가 석면을 탐식하는 과정에 대한 자세한 관찰이 부족한다. 본 연구를 통해서 석면소체의 형성과정을 단순화시켜 모

델로서 제시하였고 세포가 석면을 탐식할때는 얇고 뾰족한 부분을 우선적으로 탐식하며 중복탐식을 하지 않고 석면소체를 형성해 나간다는 것을 알 수 있었다. 이와같이 전반적인 석면소체의 발생양상에 관한 연구를 통하여 석면의 유해성을 재인식하게 되었고 석면관계 질환의 예방을 위해서는 석면에 폭로되지 않도록 작업환경을 개선하고 석면에의 폭로예방에 주력하며 환경내 폭로를 최소화하기 위하여 환경오염 방지대책이 마련되어야 하겠다.

## V. 요약 및 결론

생쥐에 세 종류의 UICC표준석면중 백석면, 청석면, 갈색면을 주사한후 일정기간이 경과한 후 각 장기내의 석면소체 발생양상을 조사하여, 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 석면을 복강내에 주사한 결과 복강내의 장기는 물론 흉강내의 장기인 폐, 심장에서도 석면소체가 발견되어 석면이 순환기계를 통해 전신으로 이동함을 알 수 있었다.

2. 복강내로 석면을 주사시 기관별 석면의 분포는 췌장, 횡격막, 고환, 신장, 심장, 소장, 간, 폐의 순으로 관찰빈도가 높았다.

3. 흉강내로 석면을 주사한 후 15일후에 폐에서 석면섬유가 발견되었으나 석면소체는 한 달이 경과한 이후에 관찰되었다.

4. 석면소체 형성과정에서 세포는 석면을 탐식할때 무작위로 탐식을 하지만 주로 이것은 섬유와 섬유의 양끝부터 탐식되어 석면섬유 전체를 둘러싸게 되며 이것이 결국 아령모양의 석면소체를 형성하게 됨을 알 수 있었다.

## 참 고 문 헌

1. Auerbach, O., A.S. Conston, L. Garfinkel, V.R. Parks, H.D. Kaslow and E.C. Hammond, "Presence of Asbestos Bodies in



- Organs Other than the Lung", *Chest*, Vol. 77, No. 2, 133-137, 1980.
2. Becklake, M.R., "Asbestos-Related Disease of the Lungs and Other Organs: Their Epidemiology and Implications for Clinical Practice", *Am. Rev. Res. Dis.*, Vol. 114, 187-227, 1976.
3. Brown, D.P. and J.K. Wagner, "Retrospective Cohort Study of Mortality", Occupational Exposure to Talc Containing Asbestos, DHEW (NIOSH) Publication No. 80-115, Washington D.C., 29-50, 1980.
4. Churg, A.M., "Asbestos Fibers and Pleural Plaques in a General Autopsy Population", *Am. J. Path.*, Vol. 109, No. 1, 88-96, 1982.
5. Churg, A.M., "Fiber Counting and Analysis in the Diagnosis of Asbestos Related Disease", *Hum. Path.* Vol. 13, 381-392, 1982.
6. Churg, A.M. and M.L. Warnock, "Asbestos and Other Ferruginous Bodies", *Am. J. Path.*, Vol. 102, No. 3, 447-456, 1981.
7. Churg, A.M. and M.L. Warnock, "Numbers of Asbestos Bodies in Urban Patients with Lung Cancer and Gastro-Intestinal Cancer and in Matched Controls", *Chest*, Vol. 2, 143-149, 1979.
8. Churg, A.M., M.L. Warnock and N.B.A. Green, "Analysis of the Cores of Ferruginous (Asbestos) Bodies from the General Population: II, True Asbestos Bodies and Pseudo-asbestos Bodies", *Lab. Invest.*, Vol. 40, No. 1, 31-38, 1979.
9. DHHS Working Group, "Report on the Cancer Risk Associated with the Ingestion of Asbestos", *Env. Health. Persp.*, Vol. 72, 253-265, 1987.
10. Gross, P., R.T.P., Treville, L.J. Cralley and J.M.G. Davis. "Pulmonary Ferruginous Bodies: Development in Response to Filamentous Dusts and a Method of Isolation and Concentration", *Arch. Path.*, Vol. 85, 539-546, 1968.
11. Langer, A.M., I.B. Rubin and I.J. Selikoff, "Chemical Characterization of Asbestos Body Cores by Electron Microprobe Analysis", *J. Histochem. Cytochem.*, Vol. 20, No. 9, 723-734, 1972.
12. MacDonald, J.L. and A.B. Kane, "Identification of Asbestos Fibers within Single Cells", *Lab. Invest.*, Vol. 55, No. 2, 177-185, 1986.
13. Meek, M.E., H.S. Shannon and P. Toft, "Case Study-Asbestos", *Toxicological Risk Assessment*, Vol. 1, Biological and Statistical Criteria, D.B. Clayson, D. Kreusk and I. Munro, CRC Press, New York, 121-124, 1985.
14. Monson, R.R., "Asbestos and Respiratory Cancer". *Occupational Epidemiology*, CRC Press, New York, 194-220, 1980.
15. Morgan, A. and A. Holmes, "Concentration and Dimensions of Coated and Incoated Asbestos Fibres in the Human Lung", *Brit. J. Ind. Med.*, Vol. 37, 25-32, 1980.
16. Rosen, P., M. Melamed and A. Savino, "The Ferruginous Body" Content of Lung Tissue: A Quantitative Study of Eighty-Six Patients", *Acta Cyt.* Vol. 16, No. 3, 207-211, 1972.
17. Roggli, V.L., M.H. McGavran, J. Subach, H.D. Sybers and S.D. Greenberg, "Pulmonary Asbestos Body Counts and Electron Probe Analysis of Asbestos Body Cores in Patients with Mesothelioma", *Cancer*, Vol. 50, 2423-2432, 1982.

18. Roggli, V.L., S.M. Greenberg, L.H. Seitz -  
man, M.H. McGavran, G.A. Hurst, C.G.  
Spivey, K.G. Nelson and L.R. Hieger,  
"Pulmonary Fibrosis, Carcinoma and Fer-  
ruginous Body Count in Amosite Asbestos  
Workers: A Study of six Cases" AJCP ,  
Vol. 73, No. 4, 496-503, 1980.
19. Roggli, V.L., W.W. Johnston and D.B.  
Kaminsky, "Asbestos Bodies in Fine  
Needle Aspirates of the Lung", Acta  
Cytol. Vol. 28, No. 4, 493-498, 1984.
20. Roggli, V.L. and P.C. Pratt, "numbers of  
Asbestos Bodies on Iron-Stained Tissue  
Section in the Relation to Asbestos  
Body Counts in Lung Tissue Digests",  
Hum. Path., Vol. 14, No. 4, 355-361,  
1983.
21. Smith, M.J. and B. Naylor, "A Method  
for Extracting Ferruginous Bodies from  
Sputum and Pulmonary Tissue", Am. J.  
Clin., Path., Vol. 58, 250-260, 1972.
22. Suzuki, Y. and J. Churg, "Structure and  
Development of the Asbestos Body", Am.  
J. Path., Vol. 55, No. 1, 79-107, 1969.
23. Timbrell, V., J.C. Gilson and I. Webster,  
"UICC Standard Reference Samples of  
Asbestos", Int. J. Cancer, 406-408, 1968.
24. Vollmer, R.T. and V.L. Roggli, "Asbestos  
Body concentrations in Human Lung:  
Predictions from Asbestos Body Counts  
in Tissue Sections with a Mathematical  
Model", Hum. Path., Vol. 16, No. 713-  
718, 1985.