

## 석면관련 폐질환의 진단에 있어서 흉부고해상도전산화단층촬영검사(HRCT)의 유용성

동아대학교의료원 산업의학과, 동아대학교 의과대학 예방의학교실<sup>1)</sup>, 동아대학교 암분자치료 연구센터<sup>1)</sup>,  
동아대학교 의과대학 산업의학교실<sup>2)</sup>, 인천사랑병원 직업환경의학센터<sup>3)</sup>,  
한림대학교 성심병원 산업의학과<sup>4)</sup>, 순천향대학교 의과대학 산업의학교실<sup>5)</sup>

이현재 · 손지언<sup>1)</sup> · 홍영습<sup>1)</sup> · 이영일 · 예병진 · 유창훈<sup>1)</sup>  
정갑열<sup>2)</sup> · 김상훈<sup>3)</sup> · 임형준<sup>4)</sup> · 장은철<sup>5)</sup> · 김정만<sup>1)</sup> · 김준연<sup>1)</sup>

### — Abstract —

### Usefulness of High Resolution Computed Tomography (HRCT) in the Diagnosis of Asbestos-Related Lung Diseases

Hyun Jae Lee, Ji Eun Son<sup>1)</sup>, Young Seoub Hong<sup>1)</sup>, Young Ill Lee, Byung Jin Yeah,  
Chang Hun You<sup>1)</sup>, Kap Yeol Jung<sup>2)</sup>, Sang Hoon Kim<sup>3)</sup>, Hyoung June Im<sup>4)</sup>,  
Eun Chul Jang<sup>5)</sup>, Jung Man Kim<sup>1)</sup>, Joon Youn Kim<sup>1)</sup>

*Department of Occupational Medicine, Dong-A University Hospital*  
*Department of Preventive Medicine, College of Medicine, Dong-A University<sup>1)</sup>*  
*Medical Research Center for Cancer Molecular Therapy, Dong-A University<sup>1)</sup>*  
*Department of Occupational Medicine, College of Medicine, Dong-A University<sup>2)</sup>*  
*Center of Occupational and Environmental Medicine, Incheon Sarang Hospital<sup>3)</sup>*  
*Department of Occupational Medicine, Hallym University Sacred Heart Hospital<sup>4)</sup>*  
*Department of Occupational and Environmental Medicine, College of Medicine, Soonchunhyang University<sup>5)</sup>*

**Objectives:** This study was carried out to improve the medical surveillance program of workers exposed to asbestos by examining the usefulness of High Resolution Computed Tomography (HRCT) in the diagnosis of asbestos-related lung disease.

**Methods:** The study subjects comprised 162 workers in a ship-repairing yard, 68 of whom had been directly exposed to asbestos and 94 indirectly exposed. The 'Occupational Safety & Health Administration (OSHA) asbestos standard, medical surveillance program' and HRCT were conducted to analyze the aspects of the asbestos-related lung disease. The OSHA asbestos standard, medical surveillance program consists of simple chest x-ray, spirometry and medical questionnaire.

**Results:** Seventeen (10.5%) of the 162 subjects, 10 (14.7%) directly exposed and 7 (7.4%) indirectly exposed, revealed asbestos-related lung disease on HRCT. The sensitivity and specificity of simple chest x-ray for asbestos-related lung disease were 70.6% and 98.6%, and the positive and negative predictive values were 85.7% and 96.6% respectively, as compared with HRCT. HRCT was an effective diagnostic tool especially to detect early asbestos-related lung disease. The study results indicated a relative significant association between the results of spirometry and HRCT. The variables significantly associated with asbestos-related lung disease on HRCT were work duration, smoking history (pack-years), past history of respiratory disease, cough and dyspnea.

〈접수일: 2006년 3월 3일, 채택일: 2006년 6월 14일〉

교신저자: 홍 영 습 (Tel: 051-240-2888) E-mail: yshong@daunet.donga.ac.kr

교신저자: 손 지 언 (Tel: 051-240-2932) E-mail: sonjieun7@hanmail.net

\* 본 연구는 보건장학회의 지원으로 수행하였음.

**Conclusions:** In the diagnosis of asbestos-related lung disease, HRCT should be considered not only for workers with positive findings on simple chest x-ray, but also workers with specific findings on spirometry, occupational history, smoking history, and past history of respiratory disease, or with respiratory symptoms such as cough and dyspnea.

**Key Words:** Asbestos, High Resolution Computed Tomography (HRCT), Medical surveillance

## 서 론

석면 노출에 의해 발생하는 비악성 석면관련 폐질환(asbestos-related lung disease)은 흉막 비후, 흉막반(plenural plaque), 미만성 흉막 비후, 양성 삼출성 흉막염(benign exudative pleuritis), 원형무기폐 등의 흉막 병변과 석면폐증과 같은 폐실질 병변이 있으며(Rosenstock 등, 2005), 악성 폐질환으로는 폐암과 중피종 등이 알려져 있다(Wagner 등, 1960). 그 외 석면은 장관계의 암(Frumkin과 Berlin, 1988)과 인후두암(Stell 등, 1975), 신장암(Maclure, 1987), 췌장암(Selikoff 등, 1981), 부고환암(McDonald 등, 1983), 임파선암(Kagan과 Jacobson, 1983) 등도 일으킬 수 있는 것으로 알려져 있다.

우리나라에서 석면은 유해성으로 인해 1997년부터 갈석면(amosite), 청석면(crocidolite)은 수입, 제조, 사용 금지품목으로, 백석면(chrysotile)은 수입, 제조, 사용 허가품목으로 정하고 있다.

미국 산업안전보건청(Occupational Safety and Health Administration, OSHA)에서는 1994년부터 석면의 종류에 관계없이 0.1 fiber/cm<sup>3</sup>를 허용노출기준(Permissible Exposure Level)으로 규정하고 있으나, 우리나라에서는 이전까지 1일 8시간 석면 노출기준을 백석면 2 fiber/cm<sup>3</sup>, 갈석면 0.5 fiber/cm<sup>3</sup>, 청석면 0.2 fiber/cm<sup>3</sup>, 기타 석면 2 fiber/cm<sup>3</sup>로 규정하고 있었으며, 2003년 7월 이후에서야 석면의 노출기준을 0.1 fiber/cm<sup>3</sup>로 개정하였다. OSHA는 1994년 석면표준, 의학적 감시프로그램(OSHA asbestos standard, medical surveillance program)을 발표하여 허용노출기준인 0.1 fiber/cm<sup>3</sup>를 초과하는 작업환경에 근무하고 있거나 근무할 예정인 모든 작업자들은 호흡기계, 심혈관계, 그리고 소화기계에 중점을 둔 병력, 작업력 조사, 호흡기질환에 관한 설문조사, 그리고 단순 흉부방사선검사와 노력성폐활량(FVC), 1초간 노력성호기량(FEV<sub>1</sub>)을 포함한 폐활량검사(spirometry)를 실시하도록 정하고 있다. 석면관련 폐질환에 대한 가장 정확한 검사로서 현재까지 알려진 확진검사는 흉부고해상도전산화단층촬영검사(High Resolution Computed Tomography, HRCT)이다. 그러나 일반적으로 HRCT를 실시하기 위해서는 고가의 장비와 시설이 필요하고 피검사자가 부담하여야

하는 경제적 비용이 높으며, 검사시 방사선 노출 등에 의한 건강장해가 발생할 가능성이 있어 일반적으로 선별검사나 일상적 검사로서는 추천되지 않는다.

우리나라 석면 취급 작업자의 건강관리는 산업안전보건법 시행규칙 제 99조 건강진단의 실시 시기와 관련하여 2000년 1월 1일부터 석면을 제조하거나 취급하는 업무에 종사하는 작업자는 배치 후 1년에 1회 이상 주기적으로 특수건강진단을 실시할 것을 규정하고 있고, 검사항목은 필수검사항목과 선택검사항목으로 구분하며, 각 세부검사항목은 시행규칙 별표에 따라 시행하도록 하고 있다. 또한, 1999년 2월부터 산업안전보건법 제 44조와 산업안전보건법 시행규칙 제 108조와 109조에서는 석면을 제조하거나 취급하는 업무에 3년 이상 종사한 자는 건강관리수첩의 교부대상과 요건이 되므로 매년 특수건강진단기관에서 건강진단을 받도록 규정하고 있다.

그러나 아직 우리나라에서는 OSHA 석면표준, 의학적 감시프로그램과 같은 석면에 노출된 작업력이 있거나 현재 석면에 노출되는 작업에 종사하고 있는 작업자에 대해 효율적이고 체계적인 관리가 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 그러므로 본 연구에서는 석면관련 폐질환에 대한 의학적 감시프로그램으로서 널리 인정받고 있는 OSHA 석면표준, 의학적 감시프로그램과 확진검사로서 알려진 HRCT를 이용하여 석면관련 폐질환의 양상을 분석하고, 진단에 있어 HRCT의 유용성을 연구하여 우리나라의 석면관련 폐질환에 대한 의학적 감시프로그램의 개발에 기여하고자 하였다.

## 대상 및 방법

### 1. 연구 대상

본 연구는 2005년 5월부터 9월까지 모 수리조선소에 근무하는 작업자 중 전체 특수건강진단대상자 1469명 중에서 2004년 특수건강진단 수검번호의 끝자리가 0, 5번인 293명을 선정한 후, 이 중에서 연구에 동의한 석면에 직접 노출되는 작업자 68명과 간접 노출되는 작업자 94명 등 총 162명을 대상으로 실시하였다.

### 2. 연구 방법

본 연구는 연구 대상자 총 162명에 대해 OSHA 석면

표준, 의학적 감시 프로그램에 따라 단순 흉부방사선검사, 폐활량검사 및 우리나라 실정에 맞게 일부 수정한 의학적 설문지(medical questionnaire)를 통해 면접조사의 방식으로 환자에 관한 정보를 수집하였으며, 면접조사는 자료의 신뢰성을 확보하기 위하여 1달 이상의 기간을 두고 2차례에 걸쳐 실시한 후 확인, 수정하였다. 또한, 석면관련 폐질환을 확진하기 위하여 HRCT를 추가적으로 실시하였다.

1) 면접조사

(1) 노출분류

본 연구에서는, 보일러, 온수탱크의 취외, 수리, 취부 작업, 선체 외판의 보온재 교체 작업에서 석면포, 석면분, 석면로프 등의 단열재를 재단, 부착하는 작업을 석면에 직접 노출되는 작업으로 분류하였고, 상기 작업 외에 직접 석면을 취급하는 작업에 종사하지는 않지만 석면의 노출이 가능한 공간 내에서 하는 작업을 석면에 간접 노출되는 작업으로 분류하였다. 석면에 직접 노출되는 작업자 군(직접 노출군)과 간접 노출되는 작업자 군(간접 노출군)의 2005년 작업환경측정에서 평균 석면 농도는 각각 1.423 fiber/cm<sup>3</sup>와 0.495 fiber/cm<sup>3</sup>이었다.

(2) 흡연자의 구분

흡연자의 분류와 정의는 2000년 대한예방의학회에서 실시한 '건강통계자료 수집 및 측정의 표준화'에 근거하여 우리나라의 "전국 흡연실태조사" 분류에 따라 '비흡연자(non-smoker)'는 전혀 담배를 피운 경험이 없는 자, '과거 흡연자(ex-smoker)'는 과거에 때때로 혹은 규칙적으로 담배를 피웠으나 조사 당시에는 담배를 피우지 않고 있는 자, '현재 흡연자(current smoker)'는 조사 당시에 규칙적으로 또는 때때로 담배를 피우고 있는 자로 분류하였다.

(3) 과거병력

과거에 심한 기관지염, 폐렴, 건초열, 만성 기관지염, 폐기종, 천식 등을 앓은 병력이 있었던 경우 '호흡기질환'으로, 광산, 도자기, 분진이 발생하는 작업에 종사한 후 발생한 호흡기질환은 '작업관련성 호흡기질환'으로 분

류하였다.

(4) 기침, 가래

평소 기침을 자주 하거나, 아침에 일어나자마자 기침을 하거나, 하루 종일 기침을 하는 편이거나, 거의 매일 기침을 하는 기간이 1년에 3개월 이상인 경우 '기침'으로, 기침과 가래가 동반되는 경우는 '가래'로 분류하였다.

(5) 천명, 호흡곤란

감기에 걸렸을 때나, 감기와 상관없이 종종, 또는 대부분의 낮 또는 밤에 천명이 있는 경우 '천명(Wheezing)'으로 정의하였다.

계단, 오르막길 등을 걸을 때 숨이 심하게 차는 경우가 있거나, 같은 연령대의 사람들과 비교해서 숨이 차서 더 늦게 걷는 경우가 있거나, 걷다가 숨이 차서 쉬어야 하는 경우가 있거나, 걷기 시작한 후 100 m 또는 수 분이 못 되어 숨이 차서 쉬어야 하는 경우가 있거나, 옷을 입거나 계단을 오르는 등 가벼운 동작에도 숨이 차는 경우 '호흡곤란'으로 정의하였다.

2) 단순 흉부방사선검사, HRCT, 폐활량검사

단순 흉부방사선검사는 FCR 5501 (FUSIFILM, JAPAN) 기기를 사용하여 흉기에서 후전면 및 측면을 촬영하여 실시하였다. HRCT는 Aquillion 16 (TOSHIBA, JAPAN) 기기를 사용하여 흉막-폐 조건 1500/-700 HU (Hounsfield unit), 종격동 조건 350/-50 HU로 호기와 흉기에서 10 mm 간격, 1 mm 두께의 양와위 영상을 촬영하였으며, 필요할 경우 복와위 영상을 촬영하여 증가음영과 의존적 증가음영과의 감별이 용이하도록 하였다. 단순 흉부방사선검사 결과는 국제노동기구 판독기준(International Labour Organization, 1980)에 따라 판독하여 석면관련 폐질환을 흉막반, 미만성 흉막 비후, 양성 흉막 유출, 흉막 석회화 같은 흉막 병변, 석면폐증, 양성 섬유화성 종괴, 폐실질 띠와 같은 폐실질 병변, 그리고 흉막 병변과 폐실질 병변이 모두 있는 병변으로 분류하였다. HRCT도 석면관련 폐질환을 단순 흉부방사선검사와 마찬가지로 세 병변으로 분류하였다. 단순 흉부방사선검사와 HRCT는 촬영 후 서로 다른 진단방사선과 전문의 2명이 맹검법에 따라 교차판독을 실

표

해석	%FVC	%FEV <sub>1</sub>	FEV <sub>1</sub> /FVC%
정상	80% 이상	80% 이상	70% 이상
폐쇄성 환기기능 장애	80% 이상	80% 미만	70% 미만
제한성 환기기능 장애	80% 미만	80% 미만	70% 이상
혼합성 환기기능 장애	80% 미만	80% 미만	70% 미만

시하고 서로 일치하지 않는 결과에 대해서는 면접조사의 방식으로 조사된 의학적 설문지의 병력, 작업력, 증상 등을 참고하여 재판독한 결과를 채택하였다.

폐활량검사는 ST-300 (FUKUDA SANGYO CO.LTD. JAPAN) 기기를 사용하여 숙련된 검사자가 미국흉부학회의 지침(American Thoracic society, 1995)에 따라 실시하였으며, 검사의 결과는 가장 검사치가 좋은 2개의 노력성폐활량과 1초간 노력성호기량이 5% 이내의 차이가 있을 때 높은 검사치를 채택하였다. 노력성폐활량의 예측식은 Baldwin (male more than 18 years old)의 예측식(FVC(%)=(27.63-0.112×나이)×신장÷1000)을 사용하였으며, 1초간 노력성호기량은 Berglund (male more than 18 years old)의 예측식(FEV<sub>1</sub>(%)= 0.0344×신장-0.033×나이-1.00)을 사용하였다. 폐활량검사치의 해석은 나라와 학회마다 약간의 차이가 있으나 대부분 사용하고 있는 아래와 같은 기준을 이용하였다(Occupational Safety and Health Research Institute, 2000). (표)

### 3. 자료의 분석

결과는 SAS version 9.1을 사용하여 통계적으로 분석하였다. 직접 노출군과 간접 노출군의 평균분석은 stu-

dent t-test를, 빈도분석은 Chi-square test를 사용하였다. HRCT 결과 석면관련 폐질환을 종속변수로 하였고 의학적 설문지의 근무력, 흡연력, 과거병력(호흡기질환, 작업관련성 호흡기질환)과 호흡기 증상(기침, 가래, 천명, 호흡곤란)을 독립변수로 하여 Chi-square test를 통한 단변량 분석을 실시하였다. 각 분석의 결과는 p-value가 0.05미만일 때 통계학적으로 유의하다고 하였다.

## 결 과

### 1. 일반적 특성

나이는 직접 노출군과 간접 노출군에서 각각 42.6세와 51.6세이었고, 근무기간은 각각 15.1년과 25.0년으로 두 군 사이에 각각 유의한 차이가 있었다(Table 1).

흡연자의 분류에서 직접 노출군과 간접 노출군에서 각각 비흡연자 9명(13.2%)과 13명(13.8%), 과거 흡연자 11명(16.2%)과 12명(12.8%), 현재 흡연자 48명(70.6%)과 69명(73.4%)이었고, 누적 흡연량은 각각 9.8갑·년(pack·year)과 12.7갑·년이었으며, 두 군 사이에 유의한 차이는 없었다.

과거 호흡기질환, 작업관련성 호흡기질환이 있었던 작

**Table 1.** General characteristics in study subjects

Variables	Exposure	
	Direct (N = 68)	Indirect (N = 94)
Age* (yr)	42.6 ± 9.5	51.6 ± 5.1
Work duration* (yr)	15.1 ± 11.4	25.0 ± 5.0
Drinking		
Social	36 (52.9%)	49 (52.1%)
Heavy	32 (47.1%)	45 (47.9%)
Smoking (pack-year)	9.8 ± 11.5	12.7 ± 12.2
Smoking habit		
non- smoker	9 (13.2%)	13 (13.8%)
ex-smoker	11 (16.2%)	12 (12.8%)
smoker	48 (70.6%)	69 (73.4%)
Past History		
Respiratory disease	14 (20.6%)	13 (13.8%)
Work-related respiratory disease	12 (17.6%)	12 (12.8%)
Symptoms		
Cough	13 (19.1%)	19 (20.2%)
Sputum	10 (14.7%)	13 (13.8%)
Wheezing	9 (13.2%)	8 (8.5%)
Dyspnea	10 (14.7%)	14 (14.9%)

\* : p-value < 0.05

업자는 직접 노출군과 간접 노출군에서 각각 14명(20.6%)과 13명(13.8%), 12명(17.6%)과 12명(12.8%)이었다.

기침, 가래가 있었던 작업자는 직접 노출군과 간접 노출군에서 각각 13명(19.1%)과 19명(20.2%), 10명(14.7%)과 13명(13.8%)이었으며, 천명, 호흡곤란이 있었던 작업자는 직접 노출군과 간접 노출군에서 각각 9명(13.2%)과 8명(8.5%), 10명(14.7%)과 14명(14.9%)이었다.

## 2. 단순 흉부방사선검사

직접 노출군의 단순 흉부방사선검사 결과 8명(11.8%)에서 석면관련 폐질환이 있었는데, 흉막 병변(pleural), 폐실질 병변(parenchymal) 및 흉막 병변과 폐실질 병변이 같이 있는 경우(mixed)가 각각 6명(8.8%), 1명(1.5%)과 1명(1.5%)이었다(Table 2). 간접 노출군에서

는 6명(6.4%)에서 석면관련 폐질환이 있었는데, 흉막 병변과 폐실질 병변이 각각 5명(5.3%)과 1명(1.1%)이었다.

## 3. 폐활량검사

직접 노출군의 폐활량검사 결과 5명(7.4%)에서 환기 기능장해소견이 관찰되었는데 폐쇄성, 제한성, 혼합성 소견은 각각 3명(4.4%), 1명(1.5%), 1명(1.5%)이었다. 간접 노출군에서는 폐활량검사 결과 3명(3.2%)에서 환기 기능장해소견이 관찰되었고 폐쇄성, 제한성, 혼합성 소견은 각각 2명(2.1%), 1명(1.1%), 0명(0.0%)으로 두 군간에 유의한 차이는 없었다.

## 4. HRCT와 단순 흉부방사선검사, 폐활량검사와의 비교

**Table 2.** Results of simple chest radiography in directly and indirectly exposed groups Unit:n (%)

Simple chest x-ray	Exposure		
	Direct	Indirect	Total
Normal	60 (88.2)	88 (93.6)	148 (91.4)
Abnormal			
Pleural	6 ( 8.8)	5 ( 5.3)	11 ( 6.8)
Parenchymal	1 ( 1.5)	1 ( 1.1)	2 ( 1.2)
Mixed	1 ( 1.5)	0 ( 0.0)	1 ( 0.6)
Total	68 (100.0)	94 (100.0)	162 (100)

**Table 3.** Results of HRCT in directly and indirectly exposed groups Unit:n (%)

HRCT	Exposure		
	Direct	Indirect	Total
Normal	58 (85.3)	87 (92.5)	145 (89.5)
Abnormal			
Pleural	6 ( 8.8)	4 ( 4.3)	10 ( 6.2)
Parenchymal	3 ( 4.4)	2 ( 2.1)	5 ( 3.1)
Mixed	1 ( 1.5)	1 ( 1.1)	2 ( 1.2)
Total	68 (100.0)	94 (100.0)	162 (100.0)

**Table 4.** Sensitivity and specificity of simple chest x-ray relative to HRCT Unit:n (%)

Simple chest x-ray	HRCT		
	Normal	Abnormal	Total
Normal	143 (98.6)	5 (29.4)	148 (91.4)
Abnormal	2 ( 1.4)	12 (70.6)	14 ( 8.6)
Total	145 (100.0)	17 (100.0)	162 (100.0)

직접 노출군의 HRCT 결과 10명(14.7%)에서 석면관련 폐질환이 있었는데 흉막 병변, 폐실질 병변 및 흉막 병변과 폐실질 병변이 같이 있는 경우가 각각 6명(8.8%), 3명(4.4%)과 1명(1.5%)이었다(Table 3). 간접 노출군에서는 흉막 병변, 폐실질 병변 및 흉막 병변과 폐실질 병변이 같이 있는 경우가 각각 4명(4.3%), 2명(2.2%)과 1명(1.1%)이었다

HRCT 결과 정상으로 판정된 군에서 단순 흉부방사선검사 결과 정상으로 판정된 군은 143명으로서 단순 흉부방사선검사의 특이도(specificity)는 98.6%이었고, HRCT 결과 석면관련 폐질환으로 판정된 군 중에서 단순 흉부방사선검사 결과 석면관련 폐질환으로 판정된 군은 12명으로서 단순 흉부방사선검사의 민감도(sensitivity)는 70.6% 이었다. 그리고 단순 흉부방사선검사의 양성 예측도(positive predictive value)와 음성 예측도(negative predictive value)는 각각 85.7%와 96.6%이었다(Table 4).

HRCT 결과 정상인 군의 폐활량검사 결과 1명에서 폐쇄성 환기기능장애 소견이 있었으며, 석면관련 폐질환인 군에서는 폐쇄성, 제한성, 혼합성 환기기능장애소견이 각각 4명(23.5%), 2명(11.8%), 1명(5.9%)이었다(Table 5).

HRCT 결과 정상으로 판정된 군에서의 노력성폐활량과 1초간 노력성호기량은 각각 114.3%와 105.9%로 각각 유의한 차이를 보였다.

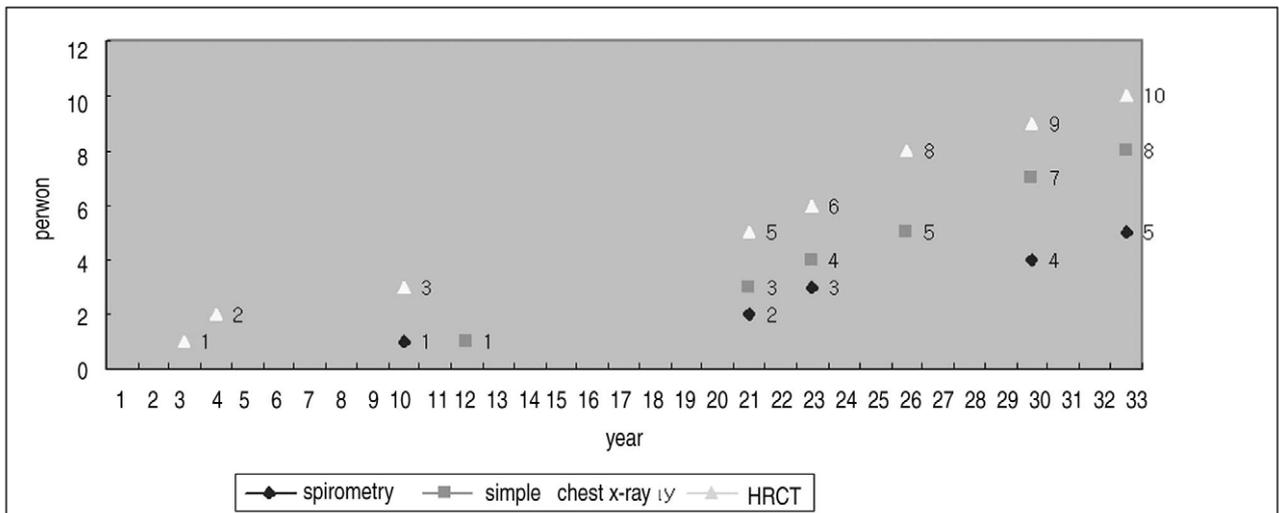
직접 노출군에서는 폐활량검사와 단순 흉부방사선검사가 21년의 근무기간에서 이상소견이 각각 2명(40.0%)과 3명(37.5%)으로 진단율이 급격히 상승하였으나, HRCT는 10년에서 3명(30.0%), 21년에서 5명(50.0%)의 진단율을 보였다(Fig. 1).

간접 노출군에서는 폐활량검사가 12년에서 1명(33.3%), 23년에서 2명(66.7%)이었고, 단순 흉부방사선검사는 10년 1명(16.7%), 23년 2명(33.3%), HRCT에서는 5년 1명(14.3%), 21년 2명(28.6%)의 진단율을 보였다(Fig. 2).

**Table 5.** Results of spirometry depending on HRCT findings

	HRCT	
	Normal (N = 145)	Abnormal (N = 17)
%FVC* (M+SD)	114.3 ± 13.2	101.3 ± 15.7
%FEV1* (M+SD)	105.9 ± 15.3	94.7 ± 17.4
Ventilation abnormality		
Obstructive	1 (0.7)	4 (23.5)
Restrictive	0 (0.0)	2 (11.8)
Mixed	0 (0.0)	1 (5.9)
Total	1 (0.7)	7 (41.2)

\* : p-value < 0.05



**Fig. 1.** Detection rates of asbestos-related lung disease by 3 diagnostic methods according to work duration in directly exposed group

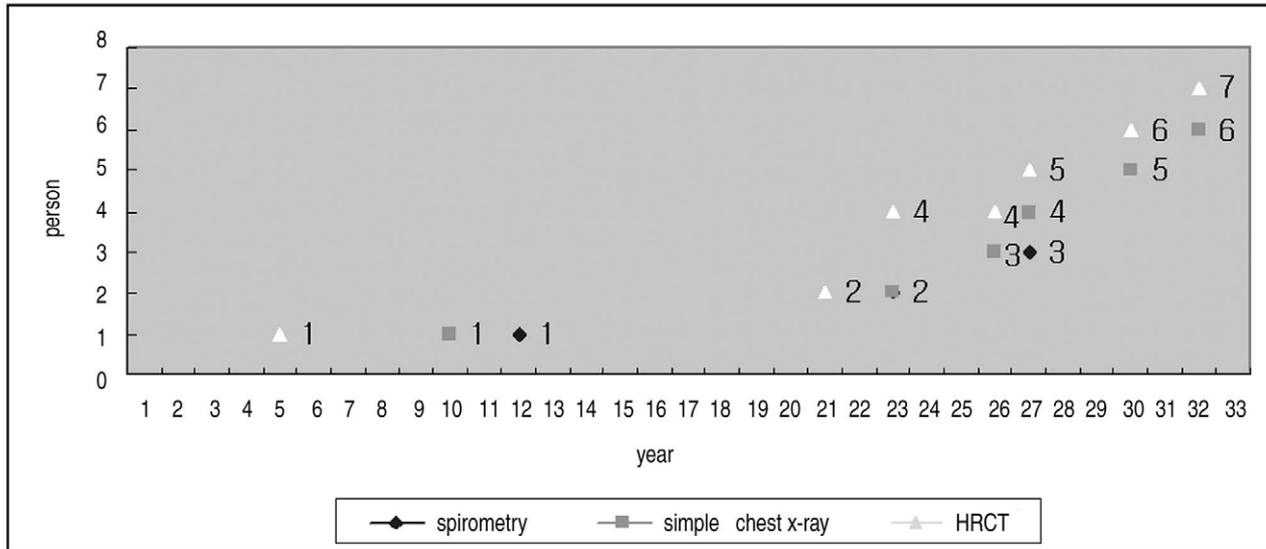


Fig. 2. Detection rates of asbestos-related lung disease by 3 diagnostic methods according to work duration in indirectly exposed group

Table 6. Results of medical questionnaire depending on HRCT findings Unit:n (%)

Variables	HRCT	
	Normal (N = 145)	Abnormal (N = 17)
<b>Working duration (yr)*</b>		
< 15	80 (55.2)	4 (23.5)
> 15	65 (44.8)	13 (76.5)
<b>Smoking (pack-year)*</b>		
< 10	83 (57.2)	4 (23.5)
> 10	62 (42.8)	13 (76.5)
<b>Respiratory disease*</b>		
No	125 (86.2)	10 (58.8)
Yes	20 (13.8)	7 (41.2)
<b>Work-related respiratory disease</b>		
No	126 (86.9)	12 (70.6)
Yes	19 (13.1)	5 (29.4)
<b>Cough*</b>		
No	121 (83.4)	9 (52.9)
Yes	24 (16.6)	8 (47.1)
<b>Sputum</b>		
No	127 (87.6)	12 (70.6)
Yes	18 (12.4)	5 (29.4)
<b>Wheezing</b>		
No	129 (89.0)	16 (94.1)
Yes	16 (11.0)	1 (5.9)
<b>Dyspnea*</b>		
No	127 (87.6)	11 (64.7)
Yes	18 (12.4)	6 (35.5)

\* : p-value < 0.05

## 5. HRCT와 의학적 설문조사 결과 비교

HRCT결과 석면관련 폐질환군과 정상군에서 15년 이상의 근무력을 가진 작업자는 각각 13명(76.5%), 65명(44.8%)이었으며, 10년 이상의 흡연력을 가진 작업자는 각각 13명(76.5%), 62명(42.8%)으로 두 군 사이에 유의한 차이가 있었다(Table 6).

석면관련 폐질환군과 정상군에서 과거 호흡기질환이 있었던 작업자는 각각 7명(41.2%), 20명(13.8%)으로 유의한 차이가 있었으며, 과거 작업관련성 호흡기질환이 있었던 작업자는 각각 5명(29.4%)과 19명(13.1%)으로 유의한 차이는 없었다.

석면관련 폐질환군과 정상군에서 기침, 호흡곤란은 각각 8명(47.1%)과 24명(16.6%), 6명(35.5%)과 18명(12.4%)으로 유의한 차이가 있었으며, 가래, 천명은 각각 5명(29.4%)과 18명(12.4%)과, 1명(5.9%)과 16명(11.0%)으로 유의한 차이가 없었다.

## 고 찰

석면관련 폐질환의 국내 보고를 보면, Loh(1982)는 평균 35년간 석면에 노출된 남자 판금공 42명의 단순 흉부방사선검사 결과 정상, 흉막 변화, 폐실질 변화가 각각 38%, 26%, 5%이며 31%는 흉막 변화와 폐실질 변화가 모두 나타났다고 보고하였고, Yun 등(1993)은 석면에 노출된 378명 작업자의 단순 흉부방사선검사 결과 흉막 비후, 흉막 석회화, 폐실질의 망상형 음영이 의심되는 경우가 각각 17명, 3명, 3명이었다고 보고하였다. 또한, Kim 등(1995)은 석면에 노출되는 작업 기간이  $10.6 \pm 7.8$ 년인 198명의 작업자에서 단순 흉부방사선검사 결과 흉막 비후와 폐실질의 망상형 음영이 각각 7.7%, 0.9%이었다고 보고하였다. 본 연구에서는 단순 흉부방사선검사 결과 석면관련 폐질환이 평균 근무기간이 15.1년인 직접 노출군에서 8명(11.8%), 25.0년인 간접 노출군에서 6명(6.4%)이, HRCT 결과에서는 직접 노출군에서 10명(14.7%), 간접 노출군에서 7명(7.5%)으로 판정되었다. Paek 등(1995)은 조선수리업의 석면폐증 유병률이 적어도 2% 이상일 것으로 제시한 바 있다. 본 연구의 결과로 수리조선업에서의 석면관련 폐질환이 예상보다 많음을 알 수 있으며 간접적으로 석면에 노출되면서 작업하는 근로자들도 석면으로 인한 건강의 위해에 직면하고 있음을 알 수 있다.

석면폐증은 석면 노출과 질병 발생과의 사이에 양-반응 관계(dose-response relationship)가 있고(Becklake 등, 1980), Epler(1992)와 Becklake(1991)는 흉막 병변은 석면 노출량과는 무관하고 노출 후 기간이 중요한

지표라고 보고하였다. HRCT 결과 직접 노출군의 폐실질 병변 및 흉막 병변과 폐실질 병변이 같이 있는 경우는 4명(5.9%)이었고, 간접 노출군에서는 3명(3.2%)이었다. 이와 같이 본 연구에서는 폐실질 병변의 발생 비율이 직접 노출군에서 2배 정도 높게 발생하여 이전의 연구 결과와 비슷하게 석면의 노출 농도와 폐실질 병변의 발생 사이에 관련성이 있는 것으로 생각된다. 폐실질 병변의 결과와 유사하게 HRCT 결과 직접 노출군에서 흉막 병변 및 흉막 병변과 폐실질 병변이 같이 있는 경우를 더하면 7명(10.3%), 간접 노출군에서는 5명(5.4%)이었다. 이와 같이 흉막 병변의 발생 비율도 직접 노출군에서 2배 정도 높게 발생하여 이전의 연구 결과와는 달리 석면의 노출 농도와 흉막 병변의 발생 사이에도 관련성이 있을 것으로 생각되나 이러한 연구 결과를 일반화시키기 위해서는 보다 많은 연구 결과가 뒷받침되어야 할 것이다. 또한, 폐실질 병변은 모두 근무기간이 20년 이상에서 나타나는 결과를 보였고, 흉막 병변은 근무기간이 3년, 5년에서부터 20년 이상까지 다양하게 나타나는 결과를 보여서 흉막 병변의 잠복기간은 폐실질 병변에 비해 짧을 것으로 생각된다.

석면폐증은 가장 기본이 되는 방사선학적 검사인 단순 흉부방사선검사보다 HRCT에서 더욱 민감하게 발견되는 것으로 보고되었고(Solomon과 Kreel, 1989), Neri 등(1994)은 조선소에서 근무하는 70명을 대상으로 한 연구에서 석면에 노출된 사람에게서 임상적 증상이 나타나기 이전에 HRCT가 폐실질과 흉막의 병변을 진단하는데 민감도와 특이도가 높다고 보고하였다. Ross(2003)는 석면 폐증에 대한 단순 흉부방사선검사의 양성 예측도가 50% 미만에 불과하므로 병리조직학적 소견과 임상적 관찰이 반드시 필요하다고 하였고, Lebedova 등(2003)은 HRCT와 비교할 때 흉막 병변에 대한 단순 흉부방사선검사의 민감도와 특이도는 각각 64.9%와 98.5%라고 하였다. 본 연구에서는 HRCT와 비교할 때 단순 흉부방사선검사의 민감도와 특이도는 각각 70.6%와 98.6%이었고, 양성 예측도와 음성 예측도는 각각 85.7%와 96.6%로 조사되어 Lebedova 등(2003)의 연구와 비슷한 결과를 보였으나 양성 예측도는 Ross(2003)보다 높게 조사되었다. 이러한 결과는 석면관련 폐질환의 선별검사에 있어 기존의 단순 흉부방사선검사가 유용하나 석면관련 폐질환의 진단에 있어 민감도를 높이는 도구로서 HRCT의 이용을 고려해야 함을 보여 준다.

임상 증상이 없고 단순 흉부방사선검사서 정상인 경우에서도 HRCT에서 흉막 병변으로 진단될 수 있고(Falascchi 등, 1993), Muravov 등(2005)은 석면관련 폐질환의 발생 위험이 높은 사람에게 있어 단순 흉부방사선검사서 흉막 병변에 대한 판정이 정확하지 않을 때

HRCT를 선별검사로써 고려하여야 한다고 보고하였다. 또한, Neri 등(1994)은 단순 흉부방사선검사와 폐활량검사에서의 석면관련 폐질환의 소견이 없는 50명의 석면에 노출된 작업자의 HRCT에서 초기 폐실질 병변과 흉막 병변을 발견하였다고 보고하였다. 본 연구에서 폐활량검사와 단순 흉부방사선검사에서도 모두 정상으로 판정된 근무기간이 10년 미만인 작업자에서 3명(1.9%)이 HRCT 결과 석면관련 폐질환으로 진단되어 이전의 연구결과와 일치하였으며, 이러한 결과로 HRCT가 초기 폐질환을 진단하는데 효과적임을 알 수 있다.

HRCT의 소견과 폐활량검사의 소견은 다를 수 있다. Delpierre 등(2002)은 단순 흉부방사선검사에서의 이상 소견을 보이는 집단과 그렇지 않은 집단에서 폐활량의 차이가 없었다고 하였고, Rui 등(2004)은 석면에 노출되었던 조선소 근무자 103명에 대한 전향성 코호트 연구에서 폐기능의 감소는 흡연과 이전의 석면 폭로와 관련이 있으며 HRCT의 소견과는 무관하다고 보고하였다. 또한, Rodriguez-Roisin 등(1980)과 Wang 등(1998)은 흡연을 전혀 하지 않은 석면에 노출된 남자와 여자 작업자들에게서 호기 유속의 감소는 석면 노출에 의한 단순 흉부방사선검사의 소견과는 관련이 없었다고 보고하였다. 본 연구에서는 HRCT 결과 정상으로 판정된 군에서의 노력성폐활량과 1초간 노력성호기량은 각각 114.3%와 105.9%이었고 석면관련 폐질환으로 판정된 군에서의 노력성폐활량과 1초간 노력성호기량은 각각 101.3%와 94.7%로 모두 정상범위안에 포함되어 임상적인 의미는 없었지만 각각 유의한 차이를 보였다. 또, HRCT 결과 정상으로 판정된 군에서의 폐활량검사 결과 1명(0.7%)에서 환기기능장해소견을 보였고, 석면관련 폐질환으로 판정된 군에서는 폐활량검사 결과 7명(41.2%)에서 환기기능장해소견을 보였다. 이러한 결과는 기존 연구의 결과들과는 차이를 보여주는 결과로 HRCT의 석면관련 폐질환과 폐활량검사 사이에 상호 관련성이 있을 것으로 생각된다. 환기기능장해소견자들에서 비장해소견자들에 비해 의학적 설문항목 중 흡연량이 유의하게 높게 나타나 HRCT소견과 흡연력이 폐활량검사의 결과에 복합적으로 작용할 것으로 생각된다. 또한 환기기능장해 판정에 큰 영향을 미치는 요인 중의 하나가 예측치 공식으로 예측치 공식은 나이, 키, 성별, 인종에 따라 달라지므로 어떤 예측치 공식을 선택하는가에 따라 폐질환의 소견과 그 유형에 크게 차이가 있을 수 있어 신중한 해석이 요구된다.

Lebedova 등(2003)은 폐기능의 감소가 있을 때 단순 흉부방사선검사에서는 폐질환이 없다고 하더라도 HRCT에서는 흉막 병변 또는 초기의 폐실질의 섬유화가 있을 가능성이 높다고 보고하였다. 그리고 Oksa 등(1994)은 단순 흉부방사선검사에서는 발견되지 않으나 단지

HRCT에서만 발견된 폐실질 병변은 임상적으로 중요한 의미가 있다고 보고하였고, 폐기능에 장애는 있으나 단순 흉부방사선검사에서의 ILO 분류 1/0 미만으로 진단된 경우에는 항상 HRCT를 고려하여야 한다고 보고하였다. 본 연구에서는 2명(1.2%)이 단순 흉부방사선검사 결과 석면관련 폐질환 소견을 보였으나 HRCT 결과에서는 정상이었다. 5명(3.1%)은 단순 흉부방사선검사에서는 정상이었으나 HRCT에서 석면관련 폐질환으로 진단되었고, 그 중 1명(0.6%)은 환기기능장해가 동반되어 있어 HRCT는 단순 흉부방사선검사에 비해 폐활량검사와 더욱 밀접한 관련성이 있을 것으로 생각된다. 그러나 본 연구에서는 폐활량검사에서의 폐질환으로 판정된 경우가 적어 단순 흉부방사선검사 및 HRCT와의 관련성을 증명하기가 충분하지 않았으며, 이를 위해서는 향후 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

Algranti 등(2001)은 828명의 석면이 함유된 시멘트를 생산하는 작업자에서 흉막 비후와 석면폐증의 발생은 잠복기간과 유의한 상관이 있다고 보고하였고, Neri 등(1994)은 HRCT에서 진단된 폐실질 병변의 유병율과 폐를 침범한 정도(severity of lung involvement)는 노출 기간과 관계가 있다고 보고하였으며, Falaschi 등(1993)은 HRCT에서 석면관련 폐질환은 석면 노출 여부와 잠복기간이 유의한 상관이 있다고 보고하였다. 직접 노출군의 폐활량검사 및 단순 흉부방사선검사에서 환기기능장해소견과 석면관련 폐질환이 노출후 21년에서 상승하기 시작하였으나 HRCT에서는 석면관련 폐질환이 10년에서 상승하였다. 간접군에서는 HRCT에서 5년 14.3%, 21년 28.6%, 23년 42.9%의 근무기간에 따른 이상소견 진단율을 보였다. 그러나 위와 같은 결과는 폐활량검사에서의 환기기능장해소견과 단순 흉부방사선검사 및 HRCT에서 석면관련 폐질환으로 진단된 발생자 수가 적어 이후 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

HRCT 결과 석면관련 폐질환의 유무를 종속변수로 하고 관련 변수들에 대하여 빈도분석을 실시한 결과 정상군에 비해 석면관련 폐질환군에서 유의하게 빈도가 높은 변수는 15년 이상의 작업기간, 10갑·년 이상의 흡연량, 호흡기질환의 과거력, 기침, 호흡곤란의 호흡기 증상이었다. 예상과는 달리 작업관련성이 없는 호흡기질환의 과거력이 유의하게 나타난 것은 호흡기계에 취약한 대상자들에서 석면관련 폐질환이 발생할 위험이 높다는 것으로 생각될 수 있으나, 연구대상자의 적은 수 때문에 일반화시키기에는 오류가 있다고 판단된다. 또한, 유의한 결과가 나온 기침과 호흡곤란과 같은 증상들은 석면관련 폐질환의 초기에 나타날 수 있는 유일한 증상이 될 수 있어 석면관련 폐질환의 조기 발견에 있어 세심한 주의가 필요하다. 단순 흉부방사선검사는 HRCT에 비해 민감도가 떨

어지기 때문에, 이러한 변수를 가진 직간접적으로 석면에 노출되는 근로자는 단순 흉부방사선검사 결과 정상 소견을 보이는 경우라도 HRCT의 선택적인 시행을 고려할 필요가 있다고 생각된다. 먼저 일정 기간의 석면 노출력을 가진 근로자 중 유의한 변수를 많이 포함한 근로자를 대상으로 우선적으로 HRCT를 시행하여 석면관련 폐질환의 진단에 있어 HRCT의 비용-효율적인 측면을 살펴보는 것이 타당하다고 판단된다. 이러한 변수들의 대부분은 현행 특수건강진단에서 확인할 수 있는 항목들이기 때문에 접근이 용이하나, 호흡기 증상들은 더욱 구체적으로 조사하여 본 연구에서 정의한 호흡기 증상의 일정한 기준에 해당되는지를 확인하는 것이 필요하다.

본 연구의 제한점은 먼저 1개 작업장의 근로자를 대상으로 한 단면적 연구 형태로 명확한 인과관계의 규명이 어렵다는 점이고, 본 연구의 대상인 조선수리업체는 2003년 8월 이전까지 작업환경측정을 실시하지 않음으로 인해 과거의 석면노출에 대한 정확한 정보를 얻을 수 없어 정확한 양-반응 관계를 알아보기 위한 노출정도를 평가하지 못하였다는 점 등이다. 이러한 제한점들은 이후 추가적이고 광범위한 연구를 통해 평가되고 관리되어야 할 것으로 생각된다.

## 요 약

**목적:** 석면에 노출된 근로자에서 석면관련 폐질환의 양상을 분석하고 진단에 있어 HRCT의 유용성을 연구하여 석면에 대한 의학적 감시프로그램의 개발에 기여하고자 하였다.

**방법:** 석면에 직접 노출되는 작업자 68명과 간접 노출되는 작업자 94명 등 총 162명에 대해 OSHA 석면 표준, 의학적 감시 프로그램에 따라 단순 흉부방사선검사, 폐활량검사 및 우리나라 실정에 맞게 일부 수정한 의학적 설문지를 통해 면접조사의 방식으로 환자에 관한 정보를 수집하였으며, 자료의 신뢰성을 확보하기 위하여 면접조사는 1달 이상의 기간을 두고 2차례에 걸쳐 실시된 후 확인, 수정하였다. 또한, 석면관련 폐질환을 확진하기 위하여 HRCT를 추가적으로 실시하였다.

**결과:** HRCT결과 석면관련 폐질환의 유병율은 162명의 근로자중 17명으로 10.5%였는데, 직접 노출군에서 10명(14.7%), 간접 노출군에서 7명(7.4%)이었다. HRCT와 비교할 때 단순 흉부방사선검사의 민감도와 특이도는 각각 70.6%와 98.6%이었고, 양성 예측도와 음성 예측도는 각각 85.7%와 96.6%으로, HRCT는 단순 흉부방사선검사에 비해 민감도가 높아 초기 석면관련 폐질환을 진단하는데 효과적이었다. 석면관련 폐질환의 진단에 있어 HRCT와 폐활량검사 사이에 유의한 관련성이

관찰되었다. HRCT 결과 석면관련 폐질환의 유무와 의학적 설문조사 결과의 빈도분석을 실시한 결과, 유의한 변수는 작업기간, 흡연량, 호흡기질환의 과거력, 기침, 호흡곤란이었다.

**결론:** HRCT는 석면관련 폐질환의 진단에 있어 단순 흉부방사선검사와 비교하여 민감도가 높아 초기 진단에 유용하므로 단순 흉부방사선검사 결과 석면관련 폐질환 소견을 보일 때뿐만 아니라, 정상소견을 보이더라도 폐활량 검사결과와 근무력, 흡연력, 호흡기질환의 과거력, 기침, 호흡곤란 등의 호흡기 증상을 참고하여 HRCT검사를 고려해야 한다. 또한, 본 연구에서 관련성이 없었던 요인들에 대해서도 향후 연관성을 규명하는 광범위한 전향적 연구가 필요하다.

## 참고문헌

- Algranti E, Mendonca EM, DeCapitani EM, Freitas JB, Silva HC, Bussacos MA. Non-malignant asbestos-related diseases in Brazilian asbestos-cement workers. *Am J Ind Med* 2001;40(3):240-54.
- American Thoracic Society. Standardization of spirometry, 1994 update. *Am J Respir Crit Care Med* 1995;152(3):1107-36.
- Becklake MR, Arhirii MI, Gibbs GW, Hurwitz S. Exposure to asbestos and respiratory abnormality: the influence of fibre type and nature of exposure. *IARC Sci Publ* 1980;(30):763-8.
- Becklake MR. Asbestos and other fiber-related diseases of the lungs and pleura. Distribution and determinants in exposed populations. *Chest* 1991;100(1):248-54.
- Delpierre S, Delvolgo-Gori MJ, Faucher M, Jammes Y. High prevalence of reversible airway obstruction in asbestos-exposed workers. *Arch Environ Health* 2002;57(5):441-5.
- Epler GR. Clinical overview of occupational lung disease. *Radiol Clin North Am* 1992;30(6):1121-33.
- Falascchi 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.
- Frumkin H, Berlin J. Asbestos exposure and gastrointestinal malignancy review and meta-analysis. *Am J Ind* 1988;14:79-95.
- International Labour Organization. Guidelines for the use of the ILO international classification of radiographs of pneumoconioses. *Occupational Safety and Health Series* 22, Rev. 80. Geneva. 1980.
- Kagan E, Jacobson RJ. Lymphoid and plasma cell malignancies: asbestos-related disorders of long latency. *Am J Clin Pathol* 1983;80(1):14-20.

- 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)
- Lebedova J, Dlouha B, Rychla L, Neuwirth J, Brabec M, Pelcova D, Fenclova 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.
- Loh IK. Asbestosis among sheetmetal workers. *Tuberc Respir Dis* 1982;29(4):213-9.(Korean)
- Maclure M. Asbestos and renal adenocarcinoma: a case-control study. *Environ Res* 1987;42(2):353-61.
- McDonald RE, Sago AL, Novicki DE, Bagnall JW. Paratesticular mesotheliomas. *J Urol* 1983;130(2):360-1.
- 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.
- Neri S, Antonelli A, Boraschi P, Falaschi F, Rizzini D, Baschieri L. Asbestos-related lesions detected by high-resolution CT scanning in asymptomatic workers. Specificity, relation to the duration of exposure and cigarette smoking. *Cin Ter* 1994;145(8):97-106.
- Occupational Safety and Health Research Institute. Quality Control of Pneumoconiosis. Incheon. 2000. pp157-76.
- Oksa P, Suoranta H, Koskinen H, Zitting A, Nordman H. High-resolution computed tomography in the early detection of asbestosis. *Int Arch Occup Environ Health* 1994;65(5):299-304.
- 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)
- Rodriguez-Roisin R, Merchant JE, Cochrane GM, Hickey BP, Turner-Warwick M, Clark TJ. Maximal expiratory flow volume curves in workers exposed to asbestos. *Respiration* 1980;39:158-65.
- Rosenstock L, Cullen MR, Brodtkin CA, Redlich CA. Textbook of clinical occupational and environmental medicine. second edition. Elsevier Inc. Philadelphia. 2005. pp 371.
- Ross RM. The clinical diagnosis of asbestosis in this century requires more than a chest radiograph. *Chest* 2003;124(3):1120-8.
- Rui F, De Zotti R, Negro C, Bovenzi M. A follow-up study of lung function among ex-asbestos workers with and without pleural plaques. *Med Lav* 2004;95(3):171-9.
- Selikoff IJ, Seidman H. Cancer of the pancreas among asbestos insulation workers. *Cancer* 1981;47(6 suppl):1469-73.
- Solomon A, Kneel L. Radiology of occupational chest disease. Springer-Verlag Inc. New York. 1989.
- Stell PM, McGill T. Exposure to asbestos and laryngeal carcinoma. *J Laryngeal Otol* 1975;89(5):513-7.
- Wagner JC, Sleggs CA, Marchand P. Diffuse pleural mesothelioma and asbestos exposure in the North Western Cape Province. *British J Ind Med* 1960;17:260-71.
- Wang XR, Yano E, Nonaka K, Wang M, Wang Z. Pulmonary function of nonsmoking female asbestos workers without radiographic signs of asbestosis. *Arch Environ Health* 1998;53(4):292-8.
- Yun IG, Park CY, Lee WC, Lim Y, Kim KA. Epidemiological survey on the environmental and health status in asbestos factories. *Korean J Occup Environ Med* 1993;5(1):137-51.(Korean)