

## 최근 10년간 우리나라에서 업무상질병으로 승인된 악성 림프조혈기계 질환의 특성

동국대학교 의과대학 일산병원 산업의학과

안 연 순

— Abstract —

### Occupational Malignant Lymphohematopoietic Diseases Compensated under the Industrial Accident Compensation Insurance from 1996 to 2005

Yeon-Soon Ahn

*Department of Occupational Medicine, Dongguk University International Hospital*

**Objectives:** To analyze the characteristics of malignant occupational lymphohematopoietic diseases compensated under the Industrial Accident Compensation Insurance that is operated by the Korea Labor Welfare Corporation (KLWC).

**Methods:** Using the KLWC database, we surveyed 50 cases of malignant occupational lymphohematopoietic diseases that received compensation during the 10 years between 1996 and 2005, inclusive. We analyzed the characteristics of occupational diseases using the KLWC electronic data and the epidemiologic data investigated by the Industrial Safety and Health Institute of the Korea Occupational Safety and Health Agency.

**Results:** KLWC approved 50 cases, including 12 deaths (24.0%). Men accounted for 94.0% of the approved cases. The most common age group was 40~49 years of age (36.0%). The most common size of enterprise was larger than 1,000 workers (20.0%). The most common lymphohematopoietic disease was myeloid leukemia (21 cases, 40.0%), followed by lymphoid leukemia and aplastic anemia (7 cases, 14%) and non-Hodgkin's lymphoma (6 cases, 12.0%). The mean working duration was 15.1 years and the most common decade was 10~19 years (48.0%). The mean latency was 15.5 years and the most common decade was 10~19 years (44.0%). The causal hazardous agents were benzene (43 cases, 86.0%), ionizing radiation (4 cases, 8.0%), and chemotherapeutics (1 case, 2.0%).

**Conclusions:** We were able to elucidate the kinds of occupational malignant lymphohematopoietic diseases and the characteristics of workers through this study. Benzene exposure sources emitted from coke-oven and foundry were very important findings that had not been identified in previous studies. The KLWC compensation received by several cases of Non-Hodgkin's lymphoma, the results for which were not consistently related to benzene exposure, was relevant data to decide the work-relatedness of lymphohematopoietic diseases of workers exposed to benzene.

**Key Words:** Lymphohematopoietic diseases, Workers' compensation, Benzene, Radiation

서 론

림프조혈기계 암은 미국에서는 연간 발생하는 130만 건의 악성종양 중 약 8%를 차지하며 남성이 15~25% 더 많이 발생한다(Kipen & Wartenberg, 2005). 우리나라는 2002년 암등록자료에 의하면 백혈병이 1.9%(1,858건), 호지킨 및 비호지킨림프종이 2.3%(2,273건)로 전체 암의 약 4.2%를 차지하고 있다(Korea Central Cancer Registry Cener; KCCRC, 2003).

림프조혈기계 암과 직업적 유해인자와의 관련성에 대한 많은 연구가 이루어졌지만 현재까지 국제암연구소(International Agency for Research on Cancer; IARC)에서 강한 관련성이 있는 표적장기로 림프조혈기계 암을 기술하고 있는 직업적 유해 인자는 벤젠, 전리방사선, 산화 에틸렌, 신발제조공정 등 소수이다(Siemiatycki et al, 2005).

직업성 암의 발생규모에 대해서 미국 국립산업안전보건 연구원(National Institute for Occupational Safety and Health; NIOSH)은 미국에서 매년 암으로 사망하는 50만 명 중 최소 4%인 2만 명이 직업적 발암물질에 노출되어 발생하고, 특히 폐암은 10%, 방광암은 21-27%, 악성종괴종은 100% 직업에 기인하여 발생한다고 추정하였다(Fine, 1997). 직업성 백혈병의 분율이 미국에서는 전체 암의 0.8~2.8%(Steenland et al, 2003), 핀란드에서는 남성에서 18%, 여성에서 2%라고 추정(Nurminen & Karjalainen, 2001)한 연구결과가 있다. 또, 최근 세계보건기구와 국제암연구소가 WHO 14개 지역권 단위로 사망 및 장애보정생존년수(Disability Ajusted Life Years; DALY)로 각종 질병에 대한 부담을 측정하였는데 직업성 백혈병의 분율이 지역에 따라 1%에서 3%이었고 전세계적으로 약 7,000여명이 사망하고 DALYs가 101,000년으로 계산되어 직업성 백혈병은 공중보건학적으로 중요한 질병임을 보여 주었다(Driscoll et al, 2005).

우리나라에서 악성 림프조혈기계 질환은 호흡기 암에 이어 두 번째를 차지하는 직업성 암으로(Ahn, 2006) 기록으로 확인 가능한 악성 직업성 조혈기계 질환은 1960년대 말 담배필터 원료섭취의 탈지를 위해 벤젠을 사용한 근로자 2명에서 발생한 재생불량성빈혈이다. 1974년에는 인쇄소 견습공과 피혁공장에서 본드를 사용하던 여성 근로자가 벤젠중독으로 진단을 받았다(Korea Industrial Health Association; KIHA, 1993). 방사선에 의한 림프조혈기계 암은 1990년에 첫 보고되었는데 1980년부터 약 10년간 비과피검사 업무에 종사하던 남성 근로자로 1981년 방사선 안전사고로 전신에 약 305 mSv의 피폭을 받았고, 1990년 급성골수성백혈병으로 진단 받았으나 당시 산업재

해보상보험(산재보험)의 보험자인 노동부는 이를 직업병으로 인정하지 않아, 이후 행정소송을 통하여 직업병으로 인정받았고 이것이 방사선에 의한 직업성 암이 산재보험에 의해 보상받은 첫 사례이다(Korea Occupational Safety and Health Agency; KOSHA, 2006).

우리나라에서 1970년대와 1980년대에 도장, 인쇄, 신발공장 등에서 벤젠 또는 벤젠 함유 혼합물질을 많이 사용했음에도 불구하고 위 기록을 제외하고 벤젠에 의한 조혈기계암 발생에 대한 공식보고나 산재보험에 의한 보상 기록은 1990년 이후에나 찾아 볼 수 있다. 우리나라의 산업화 과정, 인종 및 환경적 차이, 일반인구집단의 암 발생 경향 등이 외국과 달라 직접 비교할 수는 없지만, 직업성 암이 전체 암의 4%라는 추정을 받아들이면 우리나라 2004년도 총 암 사망자 64,731명 중 4%인 2,589명이고, 백혈병의 경우 1,483명이 사망하였으므로 4%로 추정하면 59명이 직업성 백혈병으로 사망하였다고 할 수 있다. 그러나 우리나라에서 직업성 백혈병을 포함하여 림프조혈기계 질환으로 인정되는 경우는 연간 5건 정도에 불과하다. 그러나 업무상질병으로 인정된 림프조혈기계 질환의 종류나 관련 유해인자 등에 대하여 체계적으로 보고된 것이 없다. 따라서 이 연구는 1996년부터 2005년까지 10년간 근로복지공단에서 업무상 질병으로 인정된 직업성 암 중 작업과의 인과관계가 비교적 분명하고 수적으로도 중요한 악성 림프조혈기계 질환을 대상으로 근로자 및 사업장의 특성을 체계적으로 분석하여 직업성 림프조혈기계 질환의 작업관련성 판단 및 직업성 암 예방사업이나 연구의 우선순위를 결정하는데 기초자료로 제공하기 위하여 실시하였다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

산업재해보상보험법에 의해 근로복지공단에서 업무상질병으로 산업재해로 요양승인(요양급여 또는 유족급여)한 근로자에 대한 전산자료를 한국산업안전공단에 요청하였다(근로복지공단과 한국산업안전공단이 일부 전산망을 공유하고 있음). 이 중 요양급여 승인일자(또는 유족급여 승인일자)가 1996년 1월 1일부터 2005년 12월 31일까지인 근로자의 질병명을 검토하여 악성 림프조혈기계 질환(한국표준질병·사인분류 C81-C96 림프, 조혈 및 관련조직의 악성신생물, D46 골수형성이상증후군, D61 무형성빈혈) 50건 전체를 연구대상으로 하였다. 질병명 확인은 근로복지공단에서 한국산업안전공단으로 전산망을 통하여 이관된 자료를 한국산업안전공단 통계 분류 전문가가 검토하였고 이를 연구자가 요양신청서의 의사진단서와 함께 재검토

하여 총 3회 분류함으로써 정확성을 제고하였다.

## 결 과

### 2. 연구 방법

#### 1) 조사 방법

연구 대상자의 요양승인 여부를 심사하는 과정에서 50건 중 38건에 대하여 산업안전보건연구원에서 산업의학적, 산업위생학적 평가를 통한 업무관련성 확인 등의 역학조사 절차가 수반되었다(근로복지공단에서 산업안전보건연구원에 직업성 유무를 판단하기 위한 역학조사를 의뢰하였던 건임). 따라서 산업안전보건연구원에 역학조사가 의뢰된 38건에 대해서는 역학조사 당시 수집하거나 조사한 자료를 우선적으로 이용하였다. 역학조사가 의뢰되지 않았던 12건은 근로복지공단 전산자료에 기록되어 있는 (사업장 및 근로자 기본정보와 재해발생 경위가 6하 원칙에 의해 기술되어 있음. 예를 들면 김00이 25년 동안 자동차 수리업에 종사하며 도장업무를 수행하던 중 도로 및 신나에 포함된 벤젠에 노출되어 백혈병이 발생 함) 자료를 통해 기본 정보를 수집하였다. 또, 산업안전보건연구원에서 심의하지 않은 12건 중 일부는 한국산업안전공단 조사통계팀에서 산업재해원인을 분석하기 위하여 재해자 또는 재해 사업장에 우편, 전화, 방문조사 등을 통하여 확보한 자료를 이용하여 전산자료에서 확보하지 못한 자료를 보충하였다.

#### 2) 조사 항목

림프조혈기계 질환 발생 사업장과 근로자의 특성을 파악하기 위하여 근로자 수, 업종 등 사업장관련 항목과 연령, 성, 진단명, 진단일, 직업력 (직종, 질병관련 직업 종사기간, 잠복기간, 첫 노출시 연령), 노출 발암물질 (노출된 발암성물질의 종류와 노출농도), 흡연력, 염색체 검사 및 과거 혈액검사 소견 등을 조사하였다. 잠복기간은 림프조혈기계 질환을 일으킨 유해물질에 처음 노출된 날로부터 림프조혈기계 질환 진단일까지의 기간으로 정의하였다.

#### 3) 자료 분석

이 연구는 단순 기술분석 연구로 SPSS 12.0 윈도우용 통계 프로그램을 이용하여 사업장 특성(사업장 위치, 근로자 수, 업종), 근로자의 비직업적 특성(연령, 성, 진단일, 과거 건강진단결과, 염색체검사 여부 및 결과) 및 직업적 특성(직업, 질병관련 작업 종사기간, 노출 발암성물질 및 발암성물질 농도) 변수에 대한 기술분석을 시행하였다.

### 1. 연구대상자 및 사업장의 일반적 특성

1996년부터 2005년까지 10년간 50명이 직업성 림프조혈기계 질환으로 업무상질병으로 승인받았다. 1996년부터 2000년까지와, 2001년부터 2005년까지 승인된 경우가 각각 14명, 36명으로 최근 5년 동안 2배 이상 증가하였다.

요양승인된 악성 림프조혈기계 질환의 종류는 최종 질병명을 기준으로 골수성백혈병이 21명으로 가장 많았고, 림프구성백혈병과 재생불량성빈혈이 각각 7명이었고, 비호지킨림프종 6명, 골수형성이상증후군 4명, 다발성골수종 2명이었고, 골수섬유화증 및 기타 질환이 3명이었다.

성별로는 남성이 47명, 여성이 3명이었다. 진단시 평균연령은 43.2세이었고, 연령별로는 40~49세가 18명으로 가장 많았고, 다음으로 30~39세 17명, 50~59세 14명 순이었고, 20대가 1명 있었고, 60세 이상 근로자는 없었다.

흡연력은 40명이 조사가 가능하였는데 현재 흡연자가 21명, 금연자 6명, 비흡연자 13명이었고 흡연자의 흡연력은 평균 15.4갑년이였다.

소속 사업장 규모는 5인 미만 2명, 5인 이상 50인 미만 12명, 50인 이상 300인 미만 11명, 300인 이상 1,000인 미만 5명, 1,000인 이상 20명으로 1,000인 이상 사업장의 비율이 가장 높았다.

사업장의 지역별 분포는 서울지역이 4명, 인천, 경기지역이 14명, 대전, 충청지역이 6명, 광주, 호남지역이 7명, 울산, 영남 지역이 19명으로 울산, 영남 지역의 비율이 가장 높았다(Table 1).

### 2. 연구대상자의 직업적 특성

#### 1) 노출 인자 및 노출 작업내용

림프조혈기계 질환을 일으킨 원인물질은 벤젠 43건 (95% 이상 고순도 벤젠 또는 벤젠 함유 혼합물질), 방사선 4건, 향암제 1건, 기타 2건(1건은 전기 및 벤젠에 복합노출, 1건은 불분명하나 벤젠으로 추정되지만 확인하지 못하였음)으로 86~88%가 벤젠에 의한 림프조혈기계 질환이었다.

벤젠에 노출되어 림프조혈기계 질환이 발생한 43명 중 95%이상 고순도 벤젠에 노출된 경우(원유정제 및 석유화학제품 생산 및 설비 보수 작업 등에 종사한 근로자는 95%이상 고순도 벤젠 및 벤젠 함량이 다양한 석유화학제품에 동시 노출됨)는 원유 정제 및 석유화학제품 생산 운 영부서 및 공무부서 근로자 7명, 원유 정제 및 석유화학제품 생산 공장의 건설이나 보수를 담당하는 배관 및 계

**Table 1.** General characteristics of the study subjects

Variables		No. of workers (%)
Approved year	1996~2000	14 (28.0)
	2001~2005	36 (72.0)
The kinds of diseases	Myeloid leukemia	21 (42.0)
	Lymphoid leukemia	7 (14.0)
	Aplastic anemia	7 (14.0)
	Non-Hodgkin's lymphoma	6 (12.0)
	Myelodysplastic syndrome	4 ( 8.0)
	Multiple myeloma	2 ( 4.0)
	Myelofibrosis and others	3 ( 6.0)
	Gender	Men
	Women	3 ( 6.0)
Age at diagnosis (years)	20~29	1 ( 2.0)
	30~39	17 (34.0)
	40~49	18 (36.0)
	50~59	14 (28.0)
	Mean(years)	43.2±8.6*
Smoking status	Current smoker	21 (52.5)
	Ex-smoker	6 (15.0)
	Non-smoker	13 (32.5)
Location of enterprises	Seoul	4 ( 8.0)
	Incheon, KyeongGi	14 (28.0)
	Daejeon, ChungCheong	6 (12.0)
	Kwangju, Honam	7 (14.0)
	Ulsan, YoungNam	19 (38.0)
Size of enterprises (No. of workers)	~4	2 ( 4.0)
	5~49	12 (24.0)
	50~299	11 (22.0)
	300~999	5 (10.0)
	1,000~	20 (40.0)

\*: Values are given as mean ± S.D.

관공 2명, 연구원 4명(의약품 제조 사업장 연구원 1명 포함), 도금공장 세척작업자 1명 등 14명이었다. 나머지는 벤젠을 함유한 혼합물질에 노출된 근로자들로 도장작업 중 도로 및 회석체에 함유된 벤젠에 노출된 근로자가 10명, 타이어 성형 중 시멘트 및 유기용제에 함유된 벤젠에 노출된 근로자 4명, 세척액에 포함된 벤젠에 노출된 근로자 4명, 주물작업 중 경화제의 열분해시 발생한 벤젠에 노출된 근로자 3명(1명은 벤젠이 포함된 도로를 이용한 도장작업도 수행), 코크스오븐배출물에 함유된 벤젠에 노출된 근로자 3명, 접착제에 포함된 벤젠에 노출된 근로자 2명이었다. 기타 폐수처리, 공무, 주유소 관리(저장탱크 관리) 업무 중 벤젠이 함유된 약품, 오일, 휘발유 등에 노출된 경우가 각각 1명이었다.

방사선에 노출된 근로자는 원자력발전소 설비·보수(용접) 작업자, 치과용 방사선장비 작동기(controller) 개발자, 방사선과전문의, 방사선안전관리자 등이 각각 1명이

었다. 기타 1명은 내과병동 항암제취급 간호사로 약품명 기준 39종의 항암제에 노출되었다(Table 2).

## 2) 노출 및 잠복기간

첫 노출 연령은 평균 27.5세 이었고, 20대가 36명으로 가장 많았고, 30대가 13명 이었고, 10대도 1명 있었다.

발암성물질 노출과 관련된 평균 작업기간은 15.1년이었고 10년 이상 20년 미만 근로자가 24명(48.0%)으로 가장 많았고, 다음으로 20년 이상 15명, 5년 미만 6명, 5년 이상 10년 미만 5명 순이었다.

잠복기간은 평균 15.5년 이었고, 10년 이상 20년 미만 근로자가 22명으로 가장 많았고, 다음으로 20년 이상 15명, 5년 이상 10년 미만 9명 순이었다. 5년 미만도 4명 있었다. 대상자 수가 적어 통계적 유의성을 검증할 수는 없지만 벤젠에 노출된 경우 잠복기가 평균 16.1년이었고, 방사선은 9.5년, 항암제는 1명이었지만 7.3년으로

**Table 2.** Distribution of the type of industry and job

Carcinogens	The type of industry	The type of job	No. of workers (%)	
Benzene (43)	Manufacture of refined petroleum products	Equipment operators	4 (8.0)	
		Mechanics	2 (4.0)	
	Manufacture of basic organic petrochemicals	Mechanics	1 (2.0)	
		Manufacture of pharmaceuticals	Researcher	1 (2.0)
	Manufacture and rebuilding of tires	Tires moulding	4 (8.0)	
	Manufacture of basic iron and steel	Coke oven workers	3 (6.0)	
		Sewage plant operator	1 (2.0)	
	Cast of iron and steel	Molding and pouring	1 (2.0)	
		Molding and painting	1 (2.0)	
	Metal product plating services	Metal cleaner	1 (2.0)	
	Manufacture of work trucks, lifting and handling equipment	Metal cleaners	2 (4.0)	
		Manufacture of general purpose machinery	Molding and pouring	1 (2.0)
	Manufacture of sound recording or related goods	Assembling and bonding	1 (2.0)	
	Manufacture of optical instruments	Cleaner	1 (2.0)	
	Manufacture of motor vehicles	Painters	2 (4.0)	
		Engine test and painting	1 (2.0)	
	Building of ships	Painter	1 (2.0)	
	Construction of industrial plants	Painters	2 (4.0)	
		Plumbers	2 (4.0)	
	Sale of motor vehicles and warehousing	Cleaner	1 (2.0)	
	Transit and ground passenger transportation	Mechanics; engine test & painting	1 (2.0)	
	Dangerous goods (petrochemical products) warehousing	Maintenance of gas station	1 (2.0)	
	Wireless telecommunications	Electrician	1 (2.0)	
	Research and experimental development on engineering and technique	Researchers	3 (6.0)	
		Maintenance and repair services of motor vehicles, and motorcycles	Sheet metal and painting	3 (6.0)
	Manufacture of footwear		Bonding	1 (2.0)
	Ionizing radiation (4)	General hospital	Radiologist	1 (2.0)
		University	Radiation safety manager	1 (2.0)
		Nuclear power plants maintenance and repair services	Welder	1 (2.0)
	Manufacture of radiation apparatuses	Technician	1 (2.0)	
	Chemotherapeutics (1)	General hospital	Nurse	1 (2.0)
	Indistinctness (2)	Manufacture of basic iron and steel	Mechanics	1 (2.0)
Commercial building maintenance services			Electrician	1 (2.0)

벤젠에 노출된 경우가 방사선에 노출된 경우에 비하여 잠복기가 길었다(Table 3).

3) 노출량

벤젠에 노출되어 직업성 림프조혈기계 질환으로 승인된 43명 중 한국산업안전공단 산업안전보건연구원에서 역학조사시 작업환경을 측정된 경우는 16건이었는데 노출량은 최고농도 기준 0.08 ppm부터 6.54 ppm까지 다양하였다. 95% 이상 고순도 벤젠 취급자를 제외하고 혼합물질에서 벤젠 성분을 분석한 것도 16건이었는데 검출되지

않은 경우(4건)부터 10.8 vol%까지 다양하였다.

방사선 피폭량은 4건 중 3건이 열형광선량계에 의한 누적피폭량 기록이 있었는데 각각 0.49, 19.9, 31.8 mSv 이었다(Table 3).

3. 연구대상자의 의학적 검사 소견

1) 염색체 검사 결과

염색체검사는 25명이 실시하였는데 8명이 정상이었고 17명이 이상이 있었다. 벤젠에 노출된 근로자 중 이상자

**Table 3.** Exposure characteristics of the study subjects

Variables		No. of workers (%)
Exposure duration of causative agents (years)	~ 4.9	6 (12.0)
	5.0~ 9.9	5 (10.0)
	10.0~19.9	24 (48.0)
	20.0~	15 (30.0)
	Mean (years)	15.1±7.6 <sup>†</sup>
Latent periods (years)	~ 4.9	4 ( 8.0)
	5.0~ 9.9	9 (18.0)
	10.0~19.9	22 (44.0)
	20.0~	15 (30.0)
	Mean (years)	15.5±7.2 <sup>†</sup>
First exposure age (years)	~19	1 ( 2.0)
	20~29	36 (72.0)
	30~39	13 (26.0)
	Mean (years)	27.5±4.1 <sup>†</sup>
Causative agents	Benzene	43 (86.0)
	Ionizing radiation	4 ( 8.0)
	Chemotherapeutic agents	1 ( 2.0)
	Indistinctness*	2 ( 4.0)
Exposure concentration of benzene at epidemiologic investigation (ppm)	~0.09	3 (18.8)
	0.10~0.49	7 (43.7)
	0.50~0.99	3 (18.8)
	1.00~	3 (18.8)
Benzene volume percent of compound chemicals (volume %)	0.00~	4 (25.0)
	0.01~0.09	3 (18.7)
	0.10~0.99	5 (31.3)
	1.00~4.99	1 ( 6.3)
	5.00~	3 (18.7)
Cumulative exposure dose of ionizing radiation (mSv)	~0.99	1 (33.3)
	1.00~9.99	0 ( 0.0)
	10.00~19.99	1 (33.3)
	20.00~	1 (33.3)

\*: Benzene is assumed to be causative agents

†: Values are given as mean±S.D.

가 15명이었는데, 염색체 전좌가 가장 많아 15명 중 10명이 11개 부위 전좌를 갖고 있었고(1명은 2개 부위 전좌), 필라델피아염색체인 9번, 22번 염색체 전좌[t(9,22)]가 4건, 15번, 17번 염색체 전좌[t(15,17)]와 1번, 4번 염색체 전좌[t(1,4)]가 각각 2건, 2번, 5번 염색체 전좌[t(2,5)], 4번, 11번 염색체 전좌[t(4,11)], 8번, 21번 염색체 전좌[t(8,21)]가 각각 1건이었다. 기타 결손 2건(각각 5번, 22번 염색체), 획득 2건(각각 5번, 22번 염색체) 및 모자이시즘 2건이었다.

방사선에 피폭된 근로자는 4명 중 2명이 염색체 검사 기록이 있었는데 각각 1번, 4번 염색체 전좌[t(1,4)]와 5번 염색체 모양 이상이였다.

## 2) 과거 건강진단결과

림프조혈기계 질환 진단 시점으로부터 1년 이상 전부터 건강진단에서 혈액소견 이상을 보인 근로자는 10명으로, 혈소판감소 3명, 혈색소 및 혈구용적치 감소 3명, 혈구용적치 감소 2명, 백혈구증가 2명이였다.

## 고 찰

이 연구의 대상자는 여러 산업재해 유무 판정 절차(첫 요양신청, 심사청구, 재심사청구 및 행정소송) 중 한 절차에서 1996년부터 2005년까지 10년 동안 직업성 악성 림프조혈기계 질환으로 요양이 승인된 근로자 전수이므로 높은 대표성을 가진 자료이다(법원에서 과로에 의한 백혈

병 인정 제외). 이 연구의 다른 장점은 질병명과 작업관련성 여부가 정확하다는 것이다. 근로자가 근로복지공단에 산업재해로 요양신청 당시 의사진단서가 첨부되어야 하고, 작업관련성을 심사하는 과정에서 한국산업안전공단 산업안전보건연구원의 역학조사를 거친 경우가 전체의 76%(38건)이고, 나머지 12건도 근로복지공단 지사에서 산업의학전문의의 자문을 거친 것으로 의학적 진단 및 산업의학 전문의의 작업관련성 확인 등의 절차가 수반되었기 때문이다. 다만 이 연구는 2차 자료를 이용한 관계로 작업환경, 염색체검사 등 몇몇 변수에 대한 전수조사가 이루어지지 못하였다는 제한점이 있다(현재 노출농도는 작업관련성 평가에 의미가 없는 경우가 많아 역학조사시 작업환경측정을 실시하지 않는 경우가 많아 구체적인 노출농도는 정확히 평가되지 못한 경우가 다수임).

산업재해보상보험법 시행규칙 제39조 제1항 관련 별표1 업무상 질병 또는 업무상 질병으로 인한 사망에 대한 업무상 재해 인정기준에는 22가지 작업조건 또는 유해물질 노출에 의해 질병이 발생하는 경우 업무상 질병으로 인정한다고 기술하고 있는데 림프조혈기계 질환과 관련하여서는 2가지 유해인자 노출에 의해 질병이 발생한 경우를 인정하고 있다. 첫째는 유해방사선에 노출되는 업무로 인한 재생불량성빈혈 등의 조혈기장해이고, 둘째는 1 ppm 정도 농도의 벤젠에 10년 이상 노출(10 ppm·years)된 근로자에게 백혈병·골수형성이상증후군·다발성골수종·재생불량성빈혈 등의 조혈기계질환이 나타나는 경우이다. 단, 노출기간이 10년 미만이라도 누적 노출량이 10 ppm 이상인 경우나 과거 노출력에 대한 기록이 불분명하여 현재의 노출농도를 기준으로 10년 이상 누적노출량이 1 ppm 이상 (1 ppm·year) 인 경우에는 이를 업무상 질병으로 본다고 벤젠과 조혈기계 질환에 대해서는 비교적 구체적으로 규정하고 있다(Korea Labor Welfare Corporation, 2006).

법에 규정된 것처럼 벤젠 노출과 관련된 업무상 질병 인정에 있어 중요한 것은 노출과 관련 있는 림프조혈기계 질환의 종류와 벤젠의 누적노출량(노출기간과 노출농도의 함수)이다. 산재보험법에는 벤젠 노출과 비호지킨림프종에 대해서는 규정이 없으나 벤젠 노출자 6명에서 발생한 비호지킨림프종을 다음과 같은 이론적 배경 하에 업무상 질병으로 인정하였다. 림프조혈기계 암은 혈액 및 림프조직의 다양한 세포 계열의 클론의 악성 변화로부터 발생하는 종양군이다. 각 림프조혈기계 암은 줄기세포의 어느 단계에서 성장이 억제되느냐와 관련이 있어, 성장 억제가 원시조혈모줄기세포(pluripotent stem cell) 단계에서 일어나면 무형성빈혈(aplastic anemia)이 발생되고, 억제가 이후 단계에서 나타나면 급성거핵구성백혈병(acute megakaryocytic leukemia)을 일으킨다(Kipen &

Wartenberg, 2005). 백혈병, 다발성골수종, 비호지킨림프종 모두 골수의 줄기세포(stem cell)가 림프구나 형질세포로 분화하는 과정에서 비정상적으로 특정 세포가 증식하는 질환이라는 점을 감안할 때, 벤젠이 원시조혈모줄기세포 및 이후 어느 단계에나 작용하므로 벤젠과 비호지킨림프종간의 관련성은 생물학적으로 타당하다(O'Connor et al, 1999). 이러한 이론은 역학연구를 통해서도 입증되고 있는데 몇몇 연구에서 벤젠 노출이 비호지킨림프종과 관련되어 있었다(Yin et al, 1996; Fritschi et al, 2005). 중국 12개 도시 벤젠 노출 근로자 74,828명과 비노출 근로자 35,805명으로 구성된 코호트를 1972년부터 1987년까지 추적한 결과, 벤젠 노출집단의 악성림프종 사망위험도가 4.5배(1.3~28.4), 발생위험도가 3.5배(1.2~14.9)로 밝혀졌다(Yin et al, 1996). 따라서 최근 우리나라에서는 이들 연구결과를 바탕으로 벤젠 노출량과 노출기간을 고려하여 림프종도 벤젠에 의해 발생할 수 있는 업무상질병으로 인정하고 있다.

다음으로 중요한 것은 벤젠 노출농도인데, 이 연구에서 전체 50명 중 43명(86%)이 벤젠 노출에 의한 림프조혈기계 질환으로 업무상질병으로 인정받았는데 95% 이상의 고농도 벤젠에 노출된 근로자를 제외하고 16명에서만 역학조사에 의해 벤젠농도를 측정하였는데 직업병 발생 후 벤젠 농도를 측정하는 것이 큰 의미가 없는 경우가 많기 때문이다. 그 이유는 이 연구에서 벤젠 노출로 림프조혈기계 질환이 발생한 근로자의 잠복기가 평균 15.1년인데 이 기간 동안 우리나라 사업장에서 벤젠 노출 상황은 큰 변화가 있었기 때문이다. 가장 큰 변화가 도료, 신너, 접착제 등에 포함된 벤젠 함량이다. 1990년대 이전(선진국에서는 1970년 이전에도 규제)에는 이 물질들에 벤젠이 성분으로서 일정량 함유되어 있었지만, 1990년대 중반 이후에는 불순물로 미량 포함된 정도이다. 제화작업 중 노출되는 벤젠을 예로 들면 검지관법으로 조사하였을 때 1979년 조사에서는 평균 61.0 ppm (Jeon et al, 1980), 1989~1990년 조사에서는 6.23 ppm (Lee et al, 1990)이었고, 2000년 한국산업안전공단 산업안전보건연구원에서 조사시에는 0.08 ppm (KOSHA Industrial Safety and Health Institute; ISHI, 2000)으로 연도별로 노출수준의 차이가 매우 컸다(검지관법과 개인시료 포집에 의한 가스크로마토그래피 분석이라는 차이는 물론 있음). 또, 최근 신너 등에 포함된 벤젠을 분석한 연구에서는 검사 시료의 약 10% 정도에서만 벤젠이 불순물로 포함되어 있고, 특정 용도로 사용되는 신너를 제외하고 그 양도 0.1 vol % 미만이었다(Paik et al, 1998; Kim & Kim, 1999). 그라비아 인쇄업 5개 사업장을 조사하였을 때도 벤젠이 불검출되거나 0.01 ppm 미만이었다(Chung et al, 2004). 따라서 현재 작업 환경에서

벤젠 노출량을 평가하여 업무상질병 유무를 판단한다는 것은 근로자의 노출을 과소평가할 가능성이 크기 때문에 역학조사에서도 측정을 시행하지 않은 경우가 많았다. 이런 이유로 산재보험법에서도 이러한 과거 노출농도 추정 의 불확실성을 고려하여 과거 노출력에 대한 기록이 불분명하여 현재의 노출농도를 기준으로 10년 이상 누적노출량이 1 ppm 이상 (1 ppm · year)(연간 0.1 ppm에 10년간 노출) 인 경우에는 이를 업무상 질병으로 본다고 규정하고 있는 것이다.

이 연구에서 주목할만한 것은 벤젠의 노출원인데 도료, 신너, 접착제, 휘발유 등은 벤젠을 성분이던 불순물이던 함유하고 있는 물질로 이미 널리 알려진 물질이나, 코크스 오븐배출물과 주물작업 중 경화제의 열분해시 발생하는 벤젠에 대해서는 사례나 연구 등이 국내 · 외적으로 매우 드물다. 따라서 이 연구에서 각각 3명의 근로자가 이들 공정에서 노출된 벤젠에 의해 림프조혈기계 질환으로 인정받은 사례는 매우 주목할만하다. 우리나라에서 코크스를 생산하는 사업장은 한 개뿐인데 7년간(1994~2000년) 이 사업장 코크스 공장의 벤젠 노출농도는 0~0.938 ppm으로 노출기준 1 ppm 미만이었지만, 1990년 보고서에 의하면 평균 0.88 ppm, 최고 5.08 ppm 으로 노출농도가 상당히 높았다(Seoul National University, 1990). 외국에서는 코크스공장 근로자들을 대상으로 암에 대한 위험을 평가하였을 때 림프조혈기계 암의 사망이나 발생 위험이 증가한 예가 없으나, 우리나라에서 일 제철소 근로자와 코크스오븐에 종사하는 협력업체 근로자를 대상으로 후향성 코호트연구를 수행하였을 때 코크스오븐 근로자가 관리직에 비하여 림프조혈기계 암이 246%(표준화비율비=3.46, 95%신뢰구간=1.02~8.91) 더 발생하는 것으로 분석되어(Ahn et al, 2006) 이들 근로자가 과거에 고농도 벤젠에 노출되었음을 간접적으로 시사하고 있다.

주물공장에서 벤젠에 노출되는 과정은 경화제로 사용한 방향족(벤젠, 크실렌) 술폰산이 용해된 금속을 주입하는 과정에서 고열에 의해 열분해되어 벤젠이 발생함으로써 노출된다. 한국산업안전공단 산업안전보건연구원에서 경인지역 30개 주물공장 조형부서에서 작업환경측정을 측정하였을 때 벤젠이 최고 0.35 ppm까지 검출되었고(Ahn, 2005), 창원지역에서 실시하였을 때 평균 0.02~0.38 ppm, 최고 2.46 ppm까지 검출되었다(KOSHA ISHI, 2002). 이러한 노출수준은 도장, 인쇄 등 벤젠이 흔히 노출되는 것으로 알려진 사업장보다 최근 노출수준만 비교하면 더 높다. 따라서 코크스제조 공정이나 주물공정 근로자는 림프조혈기계 질환을 일으킬 수 있을 만큼 충분한 양의 벤젠에 노출된다는 것이 산업위생학적 노출평가와 역학적 연구를 통해 입증되었으므로 이들 공정 종사자에 대한 직업병 예방대책 수립시 림프조혈기

계 질환이 우선순위로 고려되어야 할 것이다.

이 연구에서 4명(8%)은 방사선에 의한 백혈병으로 업무상질병으로 인정받았다. 현재까지 만성림프구성백혈병을 제외하고 모든 림프조혈기계 암이 전리방사선 노출에 의하여 증가하는 것으로 보고되고 있다. 백혈병의 경우 조혈세포의 방사선 피폭으로 발병위험도가 증가하는데 증가 정도는 방사선 피폭량, 피폭기간, 피폭시의 환경조건, 나이, 및 성별 등에 따라 다르다. 피폭 후 발병까지의 잠복기간도 여러 조건에 따라 다른데, 대략 피폭 후 5~10년 후에 발병위험도가 가장 높고, 25년이 경과하면 위험도는 피폭 이전 수준이 되는 것으로 알려져 있다(Kipen & Wartenberg, 2005). 이 연구 대상자들의 잠복기는 3년부터 15년까지이었고 모두 피폭 중이나 중단 후 1년 내에 발생하였다. 방사선의 입증된 안전 노출량은 없지만 5 rem 이하의 저선량 피폭에서도 백혈병 위험이 증가하는지에 대해서는 아직 논란 중이다. 근로자들의 저선량 방사선 피폭과 백혈병 위험 증가와 관련해서는 과거에는 부정적 결과가 많았으나 최근에는 방사선과 의사(Wang et al, 1990), 승무원(Band et al, 1996; Gundestrup et al, 1999), 원자핵 군사시설 근로자(Kubale et al, 2005) 등 다양한 직종에서 저선량 피폭에서도 백혈병이 증가한다는 연구결과가 다수 있다. 근로자들의 방사선 피폭과 관련된 암의 보상에 있어서 여러 나라에서 인과확률을 이용하고 있는데 우리나라에도 인과확률 프로그램이 개발되어 있고, 방사선피폭 근로자들의 업무상질병 판정시 이 프로그램을 참고로 하고 있다. 다만 이 프로그램에서 계산된 인과확률은 근로자의 과거 누적피폭량 측정이 정확하다는 것을 전제로 하고 있는데 대부분의 근로자들이 선량계를 자주 착용하지 않는 경우나 사업주가 지급하지 않은 것 등을 주장하여 이러한 근로자의 주장이 비교적 객관적으로 입증되는 경우 인과확률 계산에서 낮은 인과확률에도 불구하고 인정되는 경우가 있다. 이 연구에서 4명 중 3명은 누적피폭량 기록이 있었는데 각각 0.49, 19.9, 31.8 mSv이었다. 이 근로자들의 인과확률 값은 모두 50백분위수에서 50%미만으로 인과확률을 그대로 적용하면 모두 업무상질병으로 인정할 수 없는 경우이다. 그러나 이들 근로자 모두 열형광선량계에 기록된 피폭량 이외의 추가 피폭을 주장하였고, 이러한 주장이 정황상 타당하다는 것이 인정되어 업무상질병으로 인정되었다. 근로자와 사업주에게 피폭선량 측정과 관련된 이러한 논란에 대하여 제대로 교육하여 사업주는 피폭선량계를 반드시 지급하고 근로자는 반드시 착용하여 향후 방사선 관련 업무상질병은 피폭선량의 인과확률을 근거로 보상하도록 하여야 할 것이다.

이 연구에서 근로자 25명의 염색체검사 결과를 조사하였다. 이 중 백혈병은 17명이 실시하였는데 15명은 벤젠

노출자이고, 2명은 방사선 노출 근로자이다. 벤젠 노출 백혈병자는 15명 중 13명(86.7%)이 이상이 있었는데 전좌가 9명으로 가장 많았고, 소위 필라델피아염색체로 불리는 9번과 22번 염색체 전좌[t(9,22)]가 4명으로 가장 많았다(1명만 만성골수성백혈병으로 다소 이례적인 결과임). 벤젠 노출에 의한 백혈병 환자에서 5번과 7번 염색체 결손이 상대적으로 많이 관찰된다는 연구결과(Zhang et al, 1998) 후 동일 연구자들이 전형적인 소견이 없다고 다시 보고하고 있으며(Zhang et al, 2002), 기타 8번 염색체 이상(Crane et al, 1996; Davico et al, 1998), 1번, 7번 전좌[t(1,7)](Shen et al, 2004) 등이 주요 이상이라는 등 연구결과가 다양하다. 이 연구에서는 이상자 13명 중 5번, 7번 결손은 없었고 8번, 21번 염색체 전좌[t(8,21)]와 5번 염색체 획득이 각각 1명씩 있을 뿐이었다. 즉, 벤젠 노출에 의해 인정된 백혈병에서 염색체 이상 빈도는 기존 국내의 비직업성 백혈병 연구(Lee et al, 1998; Lowenberg et al, 1999)에서 밝혀진 이상 빈도보다는 다소 높았으나, 화학물질이나 벤젠 노출자에서 많이 보인다는 염색체 이상과는 관계가 없었다. 염색체 이상 유무나 종류만 가지고 유기용제나 벤젠 노출과 백혈병의 관련성을 판단하기는 어렵지만, 이 연구에서 일반 백혈병보다 염색체 이상이 더 많이 관찰된 것은 추후 더 많은 근로자를 대상으로 연구하여 염색체 이상의 빈도, 종류 등에 대한 구명이 있어야 할 부분이다.

흡연은 그 자체가 벤젠 노출원으로 1일 32개비를 피우는 흡연자는 매일 1.8 mg의 벤젠을 섭취하여 비흡연자보다 10배 정도 높다는 보고(Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 1997)가 있으므로 백혈병의 업무 관련성을 평가하는데 있어 고려하여야 할 대상이다. 흡연과 백혈병의 관계에 대한 역학적 연구가 상당 수 있는데 대부분의 연구결과가 흡연자에서 백혈병 위험이 증가한다고 하고 있고(Fridman, 1993; Kane et al, 1999), 특히 Korte 등(2000)은 흡연에 의한 담배 연기 중 포함된 벤젠의 급성골수성백혈병에 대한 기여도가 12~58%라고 보고하였다. 그러나 흡연과 백혈병 사이에 상관관계가 없다는 연구결과도 있다(Kabat et al, 1988; Adami et al, 1998). 이 연구에서 백혈병으로 인정받은 근로자 중 흡연시 노출된 벤젠의 양의 기여위험도를 거의 고려하지 않았는데 이는 흡연의 림프조혈기계 질환에 대한 영향이 폐암만큼 크거나 확실하지 않은 상태에서 직업적 유해인자 노출이 림프조혈기계 질환에 더 많이 기여하였음을 전제로 인정하였기 때문으로 판단된다.

이 연구에서 항암제를 취급하는 간호사의 만성골수성백혈병을 업무상질병으로 인정하였는데 이 간호사가 취급하였던 항암제는 약품명 기준 39가지이었고, 이 중 혈액소견 이상이나 백혈병 등 조혈계질환과 관계 있는 약품은

29가지이었다. 국제암연구소에서도 항암제와 면역억제제에 대한 발암위험성을 평가하여 Azathioprine, Chlorambucil, Cyclophosphamide, Treosulphan 각각의 약품과 Etoposide, Cisplatin과 Bleomycin을 병용할 경우, Bleomycin, Prednisone, Vinblastine Sulphate, Vincristine Sulphate를 병용하는 화학요법의 경우에 사람에서 발암성이 확실한 Group 1로 분류하고 있다(IARC, 1981). 그러나 이러한 약품들이 사람에서 노출되었을 때 건강영향이 발생되지 않는 최저 농도가 알려져 있지 않으므로 노출기준을 정할 수 없어 가능한 한 노출수준을 줄일 것을 권고하고 있다(Occupational Safety and Health Administration; OSHA, 1996). 우리나라에서는 항암제 취급과 관련한 작업환경 평가나 건강장애 연구가 체계적으로 이루어진 적이 없지만 외국에서 실제 작업환경 중 측정과 생물학적 모니터링 등을 통하여 평가한 것을 보면 환기시설, 보호구 착용 등에 따라 노출이 크게 영향을 받는 것으로 조사되었고 이들 약품에 노출되는 제조 및 병원 근로자에서 백혈병이 증가하는 것으로 되어 있다. 따라서 우리나라에서도 이들 항암제에 노출될 수 있는 약품 제조 근로자, 의료인 등의 노출에 대한 평가 및 관리 대책이 시급히 마련될 필요가 있다.

이 연구에서 진단 수년 전(최소 1년)부터 건강진단에서 혈액소견 이상이 관찰된 경우가 10명으로, 혈소관감소, 혈색소 및 혈구용적치 감소 각각 3명, 백혈구증가 2명, 혈구용적치 감소 2명이었다. 이들 이상 소견이 수 년이 지나 진단된 악성 림프조혈기계 질환과 관련이 있는 것인가는 단언할 수 없으나 문제는 이들 근로자가 지속적으로 벤젠 등 림프조혈기계 암을 일으키는 인자에 노출되었다는 것이고 특수건강진단에서 직업병유소견자로 판정된 경우도 없었다는 것이다. 특수건강진단의 목적이 직업병을 조기 진단하고, 소인이 있는 근로자를 조기에 발견하여 위험작업에 계속 노출시키지 않도록 하는 것이라면 이런 연구결과는 특수건강진단 후 사후관리가 효과적으로 작동하지 못하고 있음을 보여주는 하나의 예라고 할 수 있다. 특수건강진단에서 직업병 유소견자 선별 기능과 함께 이상자에 대한 실제적 관리를 어떻게 할 것인가가 구체적으로 검토되어야 할 것이다.

이 연구에서 직업성 림프조혈기계 질환으로 인정받은 근로자들의 소속 사업장이 1,000명 이상 사업장의 비율이 40%로 높아 다른 업무상질병 발생 사업장이 소규모 사업장인 것과 매우 대조적이었는데 이는 상대적으로 경제, 교육 수준이 좀 더 높은 대규모 사업장 근로자들이 암을 직업병으로 인식할 수 있기 때문으로 생각된다. 또, 암은 잠복기가 길어 퇴직 후 발생하면 소규모 사업장 근로자들은 직업력을 증명하기가 어려워 요양신청을 못한 이유도 작용하였을 것으로 생각된다.

이 연구를 통하여 우리나라에서 업무상 질병으로 인정 받은 악성 림프조혈기계 질환을 분석함으로써 연령, 성, 흡연력 등 질병 발생 근로자의 특성과 고위험 업종 및 직종, 발생원인 등을 전체적으로 파악할 수 있었던 것은 나름대로 의의가 있다. 그러나 1996년부터 2005년까지 10년간 행정소송을 통하여 승인된 업무상질병까지 림프조혈기계 암이 50명이라는 것은 우리나라의 벤젠 사용량, 1990년 이전의 열악한 작업환경 실태 등을 고려할 때 매우 적은 수로 판단된다. 2002년 암등록자료에 의하면 백혈병이 1,858건으로(KCCRC, 2003), 4%만 직업병이라고 하여도 연간 74명, 10년이면 740명의 백혈병을 직업병으로 추정할 수 있다. 직업성 암 예방도 중요하지만 보상을 받아야 할 근로자가 있다면 보상을 받을 수 있도록 건강관리수첩 제도의 산재보험 보상연계 등 제도적 정비도 검토할 필요가 있다고 판단된다.

요 약

목적: 이 연구는 1996년부터 2005년까지 10년 동안 악성 림프조혈기계 질환으로 업무상질병으로 요양 승인된 사례를 분석하여 질병의 종류와 특성을 밝힘으로써 직업성 림프조혈기계 질환 예방사업이나 연구의 우선순위를 제공하는데 기초자료로 활용하고자 실시하였다.

방법: 근로복지공단에서 1996년 1월 1일부터 2005년 12월 31일까지 산업재해로 요양 승인한(요양급여 또는 유족급여 수령자) 악성 림프조혈기계 질환 근로자에 대한 전산자료를 한국산업안전공단으로부터 받아 전체 50명을 연구대상으로 하였다. 연구대상자에 대하여 성, 연령, 근속기간, 직종, 질병종류, 질병 발생원인, 업종, 사업장규모 등에 대한 기술분석을 시행하였고, 염색체검사, 잠복기간 등 질병의 특성에 대한 정보는 한국산업안전공단 산업안전보건연구원 역학조사 당시 수집한 자료를 이용하였다.

결과: 악성 림프조혈기계 질환자 50명은 남성이 94.0%(47명), 여성이 6.0%(3명)이었다. 연령별로는 40대가 36.0%(18명)로 가장 많았고, 사업장 규모는 1,000인 이상 사업장이 40.0%(20명)로 가장 많았다. 림프조혈기계 질환의 종류는 골수성백혈병이 21명으로 가장 많았고, 다음으로 림프구성백혈병과 재생불량성빈혈이 각각 7명이었고, 비호지킨림프종 6명, 골수형성이상증후군 4명, 다발성골수종 2명이었고, 골수섬유화증 및 기타 질환이 3명이었다. 첫 노출 연령은 평균 27.5세 이었고, 20대가 36명(72.0%)으로 가장 많았다. 발암성물질 노출과 관련된 평균 작업기간은 15.1년이었고, 10년 이상 20년 미만 근로자가 24명(48.0%)으로 가장 많았다. 잠복기간은 평균 15.5년 이었고, 10년 이상 20년 미만 근로자가 22명으로 가장 많았고, 5년 미만도 4명 있었다. 림프조

혈기계 질환을 일으킨 유해 인자는 벤젠 43건(95% 이상 고순도 벤젠 또는 및 벤젠 함유 혼합물질), 방사선 4건, 항암제 1건, 기타 2건(1건은 전기 및 벤젠에 복합노출, 1건은 벤젠으로 추정되나 확인 못함)으로 86~88%가 벤젠에 의한 림프조혈기계 질환이었다.

결론: 이 연구를 통하여 최근 10년 동안 우리나라에서 악성 림프조혈기계 질환으로 업무상질병으로 인정된 사례를 분석함으로써 기존 통계자료에서 알 수 없었던 내용을 전체적으로 파악할 수 있었다. 이 분석을 통하여 밝혀 낸 새로운 중요한 사실은 코크스오븐과 주물공정이 중요한 벤젠의 노출원이라는 것과, 아직까지 벤젠 노출과의 관련성이 논란이 되고 있는 비호지킨림프종이 여러 건 인정되었다는 것이다. 이러한 사실은 향후 관련 연구가 더 필요한 부분이지만 이 연구가 악성림프조혈기계 질환의 업무관련성 판단에 있어 기초자료로 이용될 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

이 연구 사례의 업무관련성을 조사하는데 있어 한국산업안전공단단의 강성규 국장님을 비롯하여, 산업안전보건연구원 직업병연구센터 김은아 연구위원 등 여러 연구원과 산업위생분야 전·현직 연구원 20여명의 참여가 있었습니다. 저자에 포함하지 못하였지만 진심으로 감사드립니다.

참고문헌

Adami J, Nyren O, Bergstrom R, Ekblom A, Engholm G, Englund A, Glimelius B. Smoking and the risk of leukemia, lymphoma, and multiple myeloma. *Cancer Causes Control* 1998;9(1):49-56.

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological profile for benzene. ATSDR. Atlanta. 1997.

Ahn Y-S, Park RM, Stayner LT, Kang S-K, Jang J-K. Cancer morbidity in iron and steel workers in Korea. *Am J Ind Med* 2006;49(8):647-57.

Ahn YS. Occupational Cancer in Korea. In: *Proceedings of Industrial Safety and Health Conference*. Korea Occupational Safety and Health Agency (KOSHA). Incheon. 2006. (Korean. translated by Ahn YS)

Ahn YS. Respiratory Diseases in Foundry Workers: In KOSHA (eds) *Occupational Respiratory Diseases*. KOSHA. Incheon. 2005. pp171-90. (Korean. translated by Ahn YS)

Balases AN, Ali AS, Mosa HS, Hussain KO. Chromosomal aberration analysis in peripheral lymphocytes of radiation workers. *Mutat Res* 1992;271(3):209-11.

Band PR, Le ND, Fang R, Deschamps M, Coldman AJ, Gallagher RP, Moody J. Cohort study of Air Canada pilots:

- mortality, cancer incidence, and leukemia risk. *Am J Epidemiol* 1996;143(2):137-43.
- Chung SY, Kang SK, Kim DS, Lee SH. Assessment of neurobehavioral performance among rotogravure printing workers exposed to toluene. *Korean J Occup Environ Med* 2004;16(2):115-28. (Korean)
- Driscoll T, Nelson DI, Steenland K, Leigh J, Concha-Barrientos M, Fingerhut M, Pruss-Ustun A. The global burden of disease due to occupational carcinogens. *Am J Ind Med* 2005;48(6):419-31.
- Fine L. Statement of Occupational Cancer. Senate Cancer Coalition. Washington (D.C). 1997.
- Friedman GD. Cigarette smoking, leukemia, and multiple myeloma. *Ann Epidemiol* 1993;3(4):425-8.
- Fritschi L, Benke G, Hughes AM. Risk of non-Hodgkin's lymphoma associated with occupational exposure to solvents, metals, organic dusts and PCBs. *Cancer Causes Control* 2005;16(5):599-607.
- Gundestrup M, Storm HH. Radiation-induced acute myeloid leukaemia and other cancers in commercial jet cockpit crew: a population-based cohort study. *Lancet* 1999;354(9195):2029-31.
- International Agency for Research on Cancer (IARC). IARC monograph on the evaluation of carcinogenic risks to humans and their supplements: volume 26 some antineoplastic and immunosuppressive agents. IARC. Lyon. 1981. pp 1-411.
- Jeon JH, Kim YH, Bae KT, Kim JY, Kim JO, Kim JH. Investigation of working environment in rubber and chemical products manufacturing industry. *Inje J Med* 1980;1(2):231-43. (Korean)
- Kabat GC, Augustine A, Hebert JR. Smoking and adult leukemia: a case-control study. *J Clin Epidemiol* 1988;41(9):907-14.
- Kane EV, Roman E, Cartwright R, Parker J, Morgan G. Tobacco and the risk of acute leukaemia in adults. *Br J Cancer* 1999;81(7):1228-33.
- Kim KJ and Kim JC. A study on composition and exposure assessment of ethylene glycol ethers in industrial operations. *J Korean Soc Occup Environ Hyg* 1999;9(1):112-24.
- Kipen HM, Wartenberg D. Lymphohematopoietic malignancies. In: Rosenstock L (eds) *Textbook of clinical occupational and environmental medicine*. 2nd ed. Elsevier Saunders. Philadelphia. 2005. p 744.
- Korte JE, Hertz-Picciotto I, Schulz MR, Ball LM, Duell EJ. The contribution of benzene to smoking-induced leukemia. *Environ Health Perspect* 2000;108(4):333-9.
- Korea Central Cancer Registry Center (KCCRC). 2002 Annual report of the Korea central cancer registry. KCCRC. Seoul. 2003. (Korean)
- Korea Industrial Health Association (KIHA). *A Book in Celebration of 30th Anniversary of Korea Industrial Health Association*. KIHA. Seoul. 1993. pp 202-9. (Korean. translated by Ahn YS)
- Korea Labor Welfare Corporation. *Industrial Accident Compensation Insurance Law*. Available: <http://www.welco.or.kr> [cited 20 December 2006].
- KOSHA Industrial Safety and Health Institute (ISHI). *Investigation Report on Health and Safety of Workers Exposed to Radiation in Korea*. KOSHA ISHI. Incheon. 2006. (Korean. translated by Ahn YS)
- KOSHA ISHI. *Report on Epidemiologic Investigation in 2000*. KOSHA ISHI. Incheon. 2002 (unpublished data). (Korean. translated by Ahn YS)
- KOSHA ISHI. *The Study on Health Effects of Workers Exposed to Hazardous Chemicals (III)*. KOSHA ISHI. Incheon. 2000. p25. (Korean. translated by Ahn YS)
- Kubale TL, Daniels RD, Yiin JH, Couch J, Schubauer-Berigan MK, Kinnes GM, Silver SR, Nowlin SJ, Chen PH. A nested case-control study of leukemia mortality and ionizing radiation at the Portsmouth Naval Shipyard. *Radiat Res* 2005;164:810-9.
- Lee JY, Kim SJ, Lee JT, Moon DH, Lee CA, Bae KT. The concentration of compounding organic solvents in shoe making companies. *Inje J Med* 1990;11(4):435-45. (Korean).
- Lee KH, Seo EJ, Bae CW, Kim JK, Cho SH, Kim TW, Chang DY, Lee JH. Chromosome analysis of Korean adult patients with acute myelogenous leukemia. *Korean J Hematol* 1998;33(2):188-197. (Korean)
- Lowenberg B, Downing JR, Burnett A. Acute myeloid leukemia. *N Engl J Med* 1999;341(14):1051-62.
- Nuriman M, Kajalainen A. Epidemiologic estimate of the proportion of fatalities related to occupational factors in Finland. *Scand J Work Environ Health* 2001;27:161-213.
- O'Connor SR, Farmer PB, Lauder I. Benzene and non-Hodgkin's lymphoma. *J Pathol* 1999;189:448-53.
- Occupational Safety and Health Administration (OSHA). *Controlling occupational exposure to hazardous drugs*. *Am J Health Syst Pharm* 1996;53(14):1169-85.
- Paik NW, Yoon CS, Zoh KE, Jeong HM. A study on composition of thinners used in Korea. *J Korean Soc Occup Environ Hyg* 1998;8(1):105-114.
- School of Public Health, Seoul National University. 1990. *The report of worker's health and working environment for iron and steel workers*. Seoul. p29-31. (Korean. translated by Ahn YS)
- Shen YM, Xue YQ, Li JY, Pan JL, Wu JF. Clinical, cytogenetic and dual color FISH studies on five cases of myelodysplastic syndrome or acute myeloid leukemia patients with 1;7 translocation. *Chin Med J* 2003;116:231-4.
- Siemiatycki J, Richardson L, Straif K, Latreille B, Lakhani R, Campbell S, Rousseau MC, Boffetta P. Listing occupational carcinogens. *Environ Health Perspect* 2005;112(15):1447-59.
- Steenland K, Burnett C, Lalich N, Ward E, Hurrell J. Dying for

- work: the magnitude of US mortality from selected causes of death associated with occupation. *Am J Ind Med* 2003;43(5):461-82.
- Wang J, Inskip PD, Boice JD, et al. Cancer incidence among medical diagnostic x-ray workers in China, 1950 to 1985. *Int J Cancer* 1990;45:889-95.
- Yin SN, Hayes RB, Linet MS, Li GL, Dosemeci M, Travis LB, Li CY, Zhang ZN, Li DG, Chow WH, Wacholder S, Wang YZ, Jiang ZL, Dai TR, Zhang WY, Chao XJ, Ye PZ, Kou QR, Zhang XC, Lin XF, Meng JF, Ding CY, Zho JS, Blot WJ. A cohort study of cancer among benzene-exposed workers in China: overall results. *Am J Ind Med.* 1996;29(3):227-35.
- Zhang XC, Lin XF, Meng JF, Ding CY, Zho JS, Blot WJ. A cohort study of cancer among benzene-exposed workers in China: overall results. *Am J Ind Med* 1996;29(3):227-35.
- Zhang L, Eastmond DA, Smith MT. The nature of chromosomal aberrations detected in humans exposed to benzene. *Crit Rev Toxicol* 2002;32(1):1-42.
- Zhang L, Rothman N, Wang Y, Hayes RB, Li G, Dosemeci M, Yin S, Kolachana P, Titenko-Holland N, Smith MT. Increased aneusomy and long arm deletion of chromosomes 5 and 7 in the lymphocytes of Chinese workers exposed to benzene. *Carcinogenesis* 1998;19(11):1955-61.