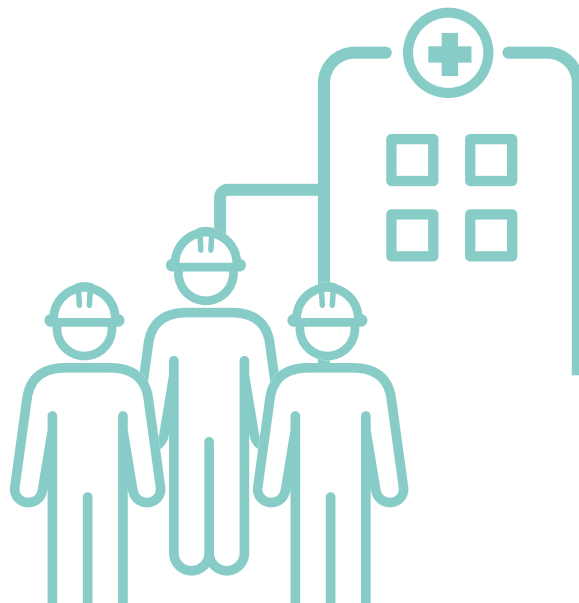


03

issue

특수건강진단 코호트를 이용한 근로자집단 암 발생연구

직업건강연구실 역학조사부
이경은 선임연구위원



주요 내용 요약



- ▶ 산업안전보건연구원에서는 암 등록자료와 특수건강진단 자료를 활용하여 총 4,130,797명의 근로자로 구성된 특수건강진단 코호트를 구축하였음
- ▶ 코호트에 포함된 근로자집단의 64%이상이 2개 이상의 유해요인에 복합 노출 위험 집단으로 분류되었으며 국제암연구소(IARC) 발암물질 분류에 따른 Group1 유해 물질에 10년 이상 노출위험이 있는 근로자는 65,869명(4.3%)수준이었음
- ▶ 특수건강진단 코호트 분석을 통해 업종 중분류 수준 및 노출 위험 물질별로 암 유형에 따른 표준화발생비*를 산출하여 일반인구집단과 비교하여 고위험 집단을 제시하였음
 - » 암종별 고위험 업종에는 고무타이어제조업에 종사하는 남성에서의 위암과 광업에 종사하는 남성에서의 폐암으로 표준화발생비는 각각 1.26(95% 신뢰구간 1.07-1.49), 1.42(95% 신뢰구간 1.17-1.73)로 높았음

서론

1

직업성 암이란?

“직업성 암은
직업 활동을
통해 노출되는
유해요인이 암
발생의 주요
원인으로 작용한
암을 의미”

대부분의 암질환은 명백한 원인이 밝혀져 있지 않으며, 암 발병 요인이 밝혀진 암 질환은 일부에 불과하다. 반면, 근로자에게 발생하는 암 질환 중 일부는 원인 또는 관련 위험요인이 상대적으로 많이 탐구되어 있어 “예방 가능한” 또는 “예방해야 하는” 암 질환으로 간주되고 있다.

직업성 암은 직업을 통해 노출되는 유해요인이 암질환의 원인이 되었다는 것이 핵심적 개념이다. 그러나 유해요인에 노출된 경우에도 암질환의 병리학적인 특징이 노출되지 않은 암과 차이를 보이지 않는 경우가 대부분이다. 따라서 직업성 암이라고 설명할 수 있는 유일한 기준은 “직무 활동을 통해 유해요인에 얼마나 노출이 됐는가?”로 여겨지고 있다.

* 역학연구에서 발암위험도의 양적 표현방법에는 오즈비, (직접/간접)표준화발생비, 비교위험도 등의 여러 지표가 사용된다. 통상적으로 “비교집단 대비 노출집단의 질환 발병(사망) 위험도가 몇 배 높다.”로 해석된다.

2

직업성 암과 특수건강진단 코호트 구축

근로자의 발암물질 노출과 암 발생의 관련성을 연구할 수 있는 가장 효과적인 방법론 중의 하나는 발암물질에 노출된 근로자로 구성된 코호트를 구축하는 것이다.

코호트 방법론은 암 질환처럼 치명적면서 노출이후로 질환발병까지 지연된 잠재기간을 갖는 질환이나 다중적인 발병요인이 있는 만성 질환에 있어서 발병 인과관계를 분석하는데 적합한 연구 설계로 평가받고 있다.

“코호트 조사는 근로자의 발암 물질 노출과 암 발생의 관련성을 연구할 수 있는 효과적인 조사 설계”

국내에서는 주물, 철강제조, 석유화학업종, 반도체제조업 등 특정 업종에 한하여 근로자 코호트를 구축하거나, 폐암위주의 조사가 수행되어 왔다.

특수건강진단은 산업안전보건법에서 정한 178종의 위험요인에 노출되는 근로자에 대한 검진으로, 국제암연구소 (International Agency of Research on Cancer, IARC) 발암물질 분류 기준으로 Group2B* 이상의 위험요인 69종이 포함되어 있어 작업환경에서 노출되는 발암 물질에 의한 암 발생 현황을 조사하는데 유용하게 활용할 수 있다. 따라서 산업안전보건연구원에서는 근로자 특수건강진단 자료를 활용하여 코호트를 구축하고 간접 표준화발생비(Indirect Standardized Incidence Ratio, SIR)를 산출하여** 국내 근로자 집단에서의 암 발생위험을 검토하고자 하였다.

본론

1

유해인자 노출분포

“특수건강진단 코호트는 약 4백만 명의 노동자로 구성”

특수건강진단코호트는 총 4,130,797명의 근로자로 구성된 코호트이며 코호트에 포함된 노동자의 67.4%이상이 2개 이상의 유해요인에 복합 노출되어 단일 유해요인 분석이 쉽지 않다는 특징이 있다(표 1).

* 국제암연구소(IARC): 1965년 세계보건기구가 암 퇴치를 위해 설립한 국제연구기관으로, 발암물질을 Group1(인체 발암성이 확인된 물질), Group2A(인체 발암 추정 물질), Group2B(인체 발암 가능 물질), Group3(인체 발암성 비분류 물질), Group4(인체 비발암성 추정 물질)로 분류하고 있다.

** 간접 표준화발병(사망)비= 표준집단의 성·연령 층화 발생률을 코호트 집단에 적용했을 때 기대되는 발생자 수 대비 실제로 코호트 집단에서 발생한 수의 비

표 1 특수건강진단 코호트 집단 중 노출 위험 유해요인 분포

동시노출위험 유해인자 수	근로자 수(명)	비율(%)
1개	1,347,226	32.6
2개	720,669	17.4
3 ~ 4개	699,021	16.9
5 ~ 9개	778,389	18.8
10개 이상	585,492	14.2
합계	4,130,797	100

“국제암연구소(IARC) 발암물질 분류에 따라 작업장에서 Group2B 이상 발암물질에 한 번 이상 노출될 위험이 있었던 노동자는 전체 코호트의 67.3%”

한편, 국제암연구소(IARC) 발암물질 분류에 따라 작업장에서 Group2B 이상 발암물질에 한 번 이상 노출될 위험이 있었던 노동자는 전체 코호트의 67.3%(2,778,236명)이었고 10년 이상 Group1 발암물질에 노출될 위험이 있었던 근로자는 65,869명(4.3%)수준이었다(표 2).

표 2 노출기간별 IARC분류에 따른 발암물질 노출인원(단위 : 명)

IARC 발암물질 분류	① Group1	② Group2A	③ Group2B	①-③ 중 1개 이상
1개	663,181	793,602	322,286	1,194,044
2개	286,486	462,425	130,153	635,831
3 ~ 4개	281,547	283,563	116,876	522,731
5 ~ 9개	238,992	60,074	80,487	332,368
10개 이상	65,869	11,301	15,064	93,262
합계	1,536,055	1,610,965	664,866	2,778,236

Group1 노출 위험 발암물질 중에 용접흄이 470,267명으로 가장 많았으며, 황산 308,084명, 니켈화합물 164,675명, 염화수소 275,715명, 오일미스트 264,899명, 포름알데히드 157,285명, 방사선 142,795명, 크롬 128,130명, 벤젠 127,977명, 트리클로로에틸렌 81,851명의 순으로 규모가 컸다.

“Group1 발암물질 중 노출 규모는 용접흄, 황산, 니켈화합물, 염화수소, 오일미스트, 포름알데히드, 방사선, 크롬, 벤젠, 트리클로로에틸렌 순”

노출위험 규모가 가장 큰 용접흄의 경우, 10년 이상 장기 노출 위험 집단은 80,557명으로 노출자의 17%였고, 황산은 125,095명으로 총 노출위험 근로자의 30%가 10년 이상 종사자였다. 벤젠은 총 노출위험 근로자의 11.7%(23,327명)가 10년 이상 장기간 노출 위험 근로자로 다른 발암물질과 비교하여 장기 노출위험 규모는 상대적으로 작았다.

10년 이상 노출위험이 있는 근로자의 규모는 황산(105,700명), 용접흄(80,557명), 포름알데히드(51,286명), 염화수소(58,638명), 크롬(47,094명) 순으로 많았다. 업종별로는 노출위험이 있는 Group2B이상의 발암물질 종류가 가장 많은 업종은 전자제품제조업이었다.

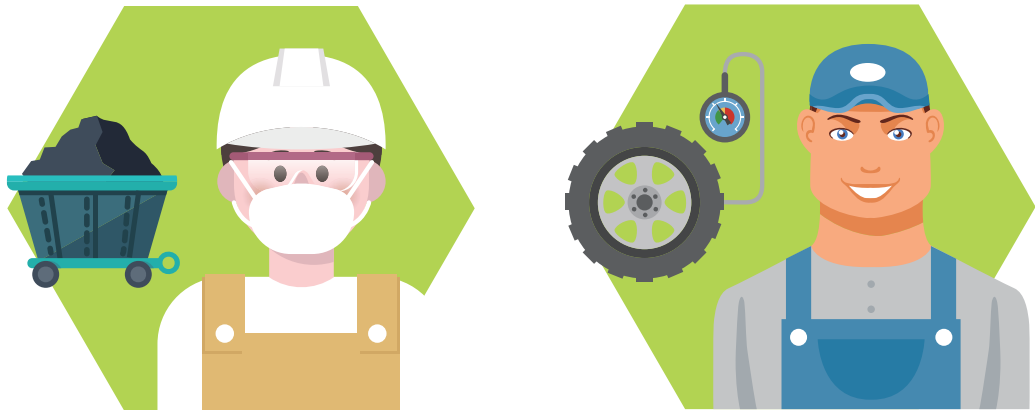
2

암 발생 고위험 근로자 집단

“고무타이어
제조업에
종사하는
남성의 위암,
광업에 종사
하는 남성의
폐암 발생율은
일반인 대비
각각 1.26,
1.42배 높은
수준”

2000-2016년 기간 동안 특수건강진단을 받은 근로자를 모집단으로 하여 암 등록 자료를 기준으로 2015년까지의 암 발생을 분석하였다.* 특수건강진단 대상 유해요인 177종을 유기화합물, 산염기, 분진, 소음, 진동, 고열, 유해광선, 야간작업 등의 노출위험 집단으로 나누어 이들 요인에 한 번이라도 노출될 위험이 있었던 근로자를 대상으로 주요 유해인자별 서브코호트 분석을 수행하였다.

선행연구결과와 유사하게 암 발생 위험도가 높고 일반인구집단을 표준집단으로 했을 때 표준화 발생비가 높았던 업종분류별 암질환에 대하여 고위험 업종으로 정의하였다. 암 유형에 따른 고위험 업종에는 고무타이어제조업에 종사하는 남성에서의 위암과 광업에 종사하는 남성에서의 폐암으로 표준화발생비는 각각 1.26(95% 신뢰구간 1.07-1.49), 1.42(95% 신뢰구간 1.17-1.73)로 높았다. 이외에 표준화발생비가 유의하게 높아 고위험 집단으로 분류된 업종은 암 유형별로 표 3과 같았다.



암 발생 고위험 업종(“광업-폐암”, “고무타이어제조업-위암”)

* 국립암센터의 중앙암등록 데이터베이스에 보유되어 있는 1998년부터 2015년까지의 자료를 활용

표 3 중분류 업종별 암 발병 유형에 따른 고위험 집단

암	성별	중분류 업종	암 표준화 발생비 (95% 신뢰구간)
위장암	남자	도매 및 상품중개업	1.13(1.03-1.24)
	여자	하수 폐기, 분뇨 처리업	4.15(1.35-9.70)
담낭 및 기타 담도 암	여자	섬유제품 제조업	1.37(1.02-1.85)
		비금속 광물제품 제조업	2.08(1.25-3.24)
		1차 금속 제조업	1.99(1.09-3.34)
		종합 건설업	3.37(1.35-6.94)
폐암	남자	석탄 원유 및 천연가스 광업	1.73(1.24-2.41)
	남자	비금속광물광업	1.39(1.07-1.82)
기타피부암	남자	전기가스 증기 공기조절 공급업	1.98(1.19-3.1)
	남자	공공행정 국방사회 보장행정	1.84(1.24-2.75)
	남자	보건업	1.87(1.13-2.92)
방광암	남자	펄프 종이 및 종이제품 제조업	5.68(1.84-13.25)
	여자	교육 서비스업	2.58(1.33-4.51)
		하수 폐수 분뇨 처리업	2.50(1.00-5.15)
자궁암	여자	전자부품 컴퓨터제조업	2.20(1.17-3.76)
전립선암	남자	출판 방송 정보업	1.13(1.01-1.27)
		전문과학기술업	1.35(1.07-1.70)
		보건사회 복지업	1.35(1.03-1.78)
		항공운송업	3.0(1.37-5.7)
		통신업	1.17(1.03-1.33)
		건축기술 엔지니어링 서비스업	1.54(1.14-2.09)
		보건업	1.38(1.04-1.82)
고환암	남자	전문 과학기술	1.93(1.03-3.3)
		전자부품컴퓨터생산업	1.36(1.02-1.81)
신장암	남자	반도체제조업	1.44(1.05-1.96)
		전기수도업	1.49(1.09-2.03)
		펄프 종이 및 종이제품 제조업	3.28(1.64-5.87)
		코크스 연탄 및 석유정제업	1.94(1.30-2.89)
		전기가스 증기공기조절	1.44(1.04-1.99)
		창고운송관련서비스업	1.42(1.08-1.86)
비호지킨림프종	여자	반도체제조업	1.85(1.23-2.78)
다발성골수종	여자	섬유제품제조업	1.89(1.22-2.92)
백혈병	여자	반도체제조업	1.72(1.16-2.57)
골수이형성 증후군	여자	전기장비제조업	2.35(0.86-5.11)
		기타기계장비제조업	1.84(0.74-3.79)

“방사선에 노출된
남성의 위암,
유해광선에
노출된 여성의
유방암, 비소에
노출된 남성의
신장암 발생
위험이 높음”

한편, 노출 위험 물질에 따른 일반 인구집단을 기준으로 표준화발생비(SIR)가 높았던 집단은 방사선 노출위험 남성(위암, SIR=1.05(95% 신뢰구간: 1.00-1.10)), 유해광선 노출위험 여성(유방암, SIR=2.31(95% 신뢰구간: 1.11-4.25)), 비소 노출위험 남성(신장암, SIR=1.86(95% 신뢰구간: 1.04-3.08)) 등 이었다. 이외에도 암 유형별로 일반 인구집단 보다 표준화발병률이 유의하게 높은 고위험 노출위험집단은 표 4와 같다.

표 4 노출 위험 물질별 암 발병 유형에 따른 고위험 집단

암	성별	노출 위험 유해물질	암 표준화 발생비 (95% 신뢰구간)
위장암 담낭 및 기타 담도 암	남자	카드뮴	1.18(1.01-1.37)
		납	1.07(1.00-1.14)
		방사선	1.05(1.00-1.10)
		분진	1.05(1.02-1.07)
		산, 염기 가스	1.06(1.02-1.11)
담낭 및 기타 담도 암	여자	염화수소	2.20(1.06-4.05)
		황산	2.43(1.21-4.35)
		산, 염기 가스	1.64(1.08-2.48)
기타피부암	여자	포름알데히드	2.53(1.26-4.52)
방광암	남자	크롬화합물	3.09(1.24-6.37)
	남자	유해광선	2.32(1.11-4.27)
고환암	남자	염화수소	1.81(1.3-2.52)
신장암	남자	비소화합물	1.86(1.04-3.08)
		하이드라진	2.47(1.35-4.15)
부신암	남자	벤젠	4.14(1.52-9.01)
백혈병	여자	전리방사선	1.90(1.04-3.19)
골수증식성질환	남자	아크릴로니트릴	2.86(1.15-5.9)

결론

1 특수건강근로자 코호트의 의의

이번 코호트 구축을 통해 충분한 관찰 인년(person-year)⁵⁾을 추적하여 발생률이 상대적으로 낮은 암 발생에 대한 고위험집단 또한 모니터링 할 수 있게 되었다.

업종 및 유해인자 노출집단별 암 발생위험률의 산출결과를 토대로 선행연구와 일치하는 초과 위험집단을 발견함으로써 분석결과에 대한 코호트의 신뢰성을 확인할 수 있으며 연구가 많이 수행되지 않은 집단에서의 암 발생 위험도를 제시함으로써 향후 분석방향을 제시하였다.

국내 노출정보에 대하여 대표성 있는 노출 집단에 대한 자료를 활용하여 포괄적인 암 발병 위험에 대한 검토를 수행하였고 다양한 연구에 활용할 수 있는 기초를 구축하였다.

2 제한점 및 결과 해석 시 유의점

다양한 업종 및 유해인자 노출집단별 암 발생위험률을 이용해 산출된 표준화발생비는 탐색적 차원에서 수행되는 반복된 통계학적 결과다. 따라서 반복적인 계산에 의해 통계학적 추정치의 오류가 발생 할 수 있다는 점에서 정확한 위험의 유무를 정량화한다기 보다는 상대적인 경향 파악 차원에서 해석해야할 것이다.

특수건강진단의 검진대상 선정은 비정형 노출, 저농도 노출, 간헐적 노출을 모두 포함하므로 노출집단의 노출강도가 다소 희석될 가능성이 있다. 이를 보완하기 위해서 생물학적 모니터링 지표를 활용하거나, 노출 기간 및 강도에 대한 분석을 포함하여 구성한 추가 조사분석이 요구된다.

5) 각 개인에 대한 서로 다른 관찰기간의 합

참고문헌

- » 산업안전보건연구원, 「특수건강진단 근로자 코호트 구축을 통한 한국 근로자의 암 위험도 평가」, 2018
- » 산업안전보건연구원, 「화학물질에 의한 암발생 관리체계 DB구축, 프로토콜개발과 활용 방안 개발-폐암과 조혈기계암」, 2014
- » 산업안전보건연구원, 「진폐근로자 코호트를 통한 폐암 발생 예측에 관한 연구 (II)」, 2004
- » 산업안전보건연구원, 「진폐근로자 코호트를 통한 폐암 발생 예측에 관한 연구 (I)」, 2002
- » 산업안전보건연구원, 「주물공장 근로자의 건강장애에 관한 역학적 연구1」, 2000
- » Ahn, Y. S., Park, R. M., Stayner, L., Kang, S. K., & Jang, J. K. (2006). Cancer morbidity in iron and steel workers in Korea, *Am J Ind Med*, 49(8), 647-57.
- » Checkoway, H., & Eisen, E. A. (1998). Developments in Occupational Cohort Studies. *Epidemiologic Reviews*, 20(1), 10-11.
- » Ward, E. (1995). Overview of preventable industrial causes of occupational cancer. *Environmental Health Perspectives*, 103(Suppl 8), 197-203
- » IARC. (2018). IARC Monographs-Classifications. Retrieved January 28, 2018, from <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php>