

2. 제철소 내 발암물질 노출에 따른 암 발생 위험도 평가

Q 연구 기간	2024년 3월 ~ 2024년 12월
Q 핵심 단어	발암물질, 폐암, 단일노출, 복합노출, g-formula
Q Highlights	2021~2023년 수행한 제철소 집단 역학조사 결과 일부 공정에서 폐암 발생이 유의하게 증가하였음. 이번 연구에서는 폐암 증가의 원인으로 지목되는 발암물질(결정형 산화규소, 니켈, 6가 크롬, 석탄분진 등)의 단일노출이 폐암 발생에 미치는 위험과 복합노출이 미치는 교호작용 유무를 추가적으로 확인하였음. 연구 결과 제철소 근로자들이 노출 허용 기준보다 낮은 농도에 노출되었다 하더라도 복합노출의 교호작용에 의해 암이 발생할 수 있다는 과학적 근거를 제시할 수 있었음

1 연구배경

- 2021~2023년에 수행한 제철소 직업성질환 집단 역학조사에서 제철소 작업환경측정 자료를 공정 별로 분류하여, 주요 발암물질의 연도별 노출수준을 확인함.
- 제철소 인사자료 내 각 근로자들이 업무를 수행했던 공정과 제철소 작업환경측정 자료 내 공정 별 발암물질 노출수준을 연계하여 발암물질 노출에 의한 암 발생 위험을 평가할 수 있는 코호트를 구축하고자 함.
- 구축된 코호트를 활용하여 발암물질(결정형 산화규소, 니켈, 6가 크롬, 석탄분진 등) 단일노출이 암 발생에 미치는 위험과 복합노출이 폐암 발생에 미치는 교호작용 유무를 확인하고자 함.

2 주요연구내용

🔍 연구결과

- 직무노출매트릭스 구축을 위한 물질 및 가설의 우선순위 선정
 - 2021~2023년에 수행한 제철소 직업성질환 집단 역학조사 보고서를 검토하여 발생률이 높고 제철소 공정 근로자에서 유의하게 암 발생 위험비가 높게 확인된 폐암(ICD-10 코드: C33, C34)을 결과 변수로 선정함
 - 2021~2023년에 수행한 제철소 직업성질환 집단 역학조사 보고서 상 제철소에서 높은 수준으로 노출될 수 있는 폐암과 연관된 발암물질 중 작업환경측정자료에서 확인할 수

있는 발암물질(결정형산화규소, 광물성 분진, 니켈, 석탄분진, 6가 크롬)을 노출 변수로 선정함. 이 중 니켈과 6가 크롬에 대한 분석을 우선 수행하였음

○ 작업환경측정 자료 기반 직무노출매트릭스 구축

- 결정형산화규소, 광물성 분진, 니켈, 석탄분진, 6가 크롬에 대한 직무노출매트릭스 구축
- A지역은 1983-2021년까지, B지역은 1968-2021년까지 구축함.

○ 발암물질에 의한 암 발생 위험을 평가할 수 있는 코호트 구축

○ 발암물질 노출에 의한 암 발생 위험도 평가

- **니켈 단일 노출에 의한 폐암 발생 위험** : 니켈 단일 노출에 의한 폐암 발생 위험도를 위험 비를 통하여 산출하였을 때, 분석 결과는 현재 근로자의 노출 양상과 비교하여 모든 근로자가 추적관찰 기간 동안 노출수준이 0이었다면(즉, 검출되지 않는 수준이었다면) 발생했을 폐암의 누적 발생률은 약 0.9배로 나타났으며, 노출수준이 3*로 유지되었다면(즉, 노출기준 50% 초과로 노출되었다면) 약 1.5배 되는 것으로 나타남. 각 가설적 상황에서 위험비의 95% 신뢰 구간은 약 [0.7, 1.3]과 [0.5, 2.1]으로 신뢰 구간이 1을 포함하여 결과는 통계적으로 유의하지 않았으며, 위험 차이도 신뢰 구간이 0을 포함하여 통계적으로 유의하지 않았음. 폐암 누적 발생률의 차이를 보여주는 결과에 총 근로자 수(42,056명)를 곱하여 폐암의 평균 누적 발생자 수를 산출하면 노출수준 0은 약 4.2명($= -0.00010 \times 42056$ 명), 노출수준 1*은 약 6.7명($= 0.00016 \times 42056$ 명) 그리고 노출수준 3*는 약 20.2명($= 0.00048 \times 42056$ 명)임. 이 결과는 현재 노출수준과 비교하여 노출수준을 0으로 낮추면 폐암 발생자의 수를 4.2명 낮출 수 있으며, 노출수준을 1* 또는 3*로 상승시키면 폐암 발생자의 수가 각각 6.7명 또는 20.2명 증가한다는 것을 의미함.

- **6가 크롬 단일 노출에 의한 폐암 발생 위험** : 6가 크롬 단일 노출에 의한 폐암 발생 위험도를 위험 비를 통하여 산출하였을 때, 분석 결과는 현재 근로자의 노출 양상과 비교하여 모든 근로자가 추적관찰 기간 동안 노출수준이 0이었다면(즉, 검출되지 않는 수준이었다면) 발생했을 폐암의 누적 발생률은 약 1.0배로 나타났으며, 노출수준이 2로 유지되었다면 약 1.1배되는 것으로 나타남. 각 가설적 상황에서 위험비의 95% 신뢰 구간은 약 [0.8, 1.3]과 [0.3, 2.7]로 1을 포함하여 결과는 통계적으로 유의하지 않았으며, 위험 차이도 신뢰 구간이 0을 포함하여 통계적으로 유의하지 않았음. 폐암 누적 발생률의 차이를 보여주는 결과에 총 근로자 수(42,056명)를 곱하여 폐암의 평균 누적 발생자 수를 산출하면 노출수준 0은 약 0.42명($= -0.00001 \times 42056$ 명), 노출수준 1은 약 0.42명($= 0.00001 \times 42056$ 명), 노출수준 2는 약 1.68명($= 0.00004 \times 42056$ 명), 그리고 노출수준 3는 약 3.36명($= 0.00008 \times 42056$ 명)이었음. 이 결과는 현재 노출수준과 비교하여 노출수준을 0으로 낮추면 폐암 발생자의 수를 0.42명 낮출 수 있으며, 노출수준

을 1, 2 또는 3으로 상승시키면 폐암 발생자의 수가 각각 0.42명, 1.68명 또는 3.36명 증가한다는 것을 의미한다.

- **니켈과 6가 크롬 복합 노출에 의한 폐암 발생 위험** : 니켈과 6가 크롬 단일 노출에 의한 폐암 발생 위험도를 위험 비를 통하여 산출하였을 때, 분석 결과는 현재 근로자의 노출 양상과 비교하여 모든 근로자가 추적관찰 기간 동안 니켈과 6가 크롬의 노출수준이 모두 0이었다면(즉, 검출되지 않는 수준이었다면) 발생했을 폐암의 누적 발생률은 약 0.88배로 나타났으며, 니켈의 노출수준이 3*, 6가 크롬의 노출수준이 3으로 유지되었다면 약 1.65배되는 것으로 나타남. 각 위험 비의 95% 신뢰구간은 약 [0.67, 1.26] 그리고 [0.42, 3.87]로 신뢰 구간이 1을 포함하여 결과는 통계적으로 유의하지 않았으며, 위험 차이도 신뢰 구간이 0을 포함하여 통계적으로 유의하지 않았음. 폐암 누적 발생률의 차이를 보여주는 결과에 총 근로자 수(42,056명)를 곱하여 폐암의 평균 누적 발생자 수를 산출하면 두 중금속 모두 노출수준 0인 경우, 4.62명의 폐암 발생을 예방할 수 있는 것으로 나타났음.

3 연구활용방안

활용방안

- 제철소 근로자들이 노출 허용 기준보다 낮은 농도에 노출되었다 하더라도 복합노출의 교호작용에 의해 암이 발생할 수 있다는 과학적 근거를 제공
- 제철소 근로자의 건강 보호를 위해 사업장을 관리하고 취약한 근로자 집단을 관리하는 정책의 개발 시 근거자료로 활용
- 제철소 근로자의 건강 보호를 위한 안전보건기술지침 (KOSHA-GUIDE) 작성 근거로 활용
- 제철소 근로자의 질환 발생 시 산업재해 인정의 근거로 활용
- 산업재해보상보험법, 산업안전보건법, 근로기준법 개정 시 근거로 활용

연락처

- 연구책임자: 산업안전보건연구원 직업건강연구실 역학조사부 전교연
- 연락처: 032-510-0754
- e-mail: shinheeye88@gmail.com