

OSH

Ri:

OSHRI:VIEW

보다 나은 미래,
연구로보다

VIEW

2023년 제2호

직업성 질병 모니터링 체계

Issue

직업병 안심센터를 운영하며
직업병 안심센터 개소의 의미
직업병 안심센터 현황 및 자료수집 체계
직업병 안심센터 운영에 따른 모니터링 결과 분석
고용노동부와 함께한 지역중심감시체계, 사례를 통해 보는 직업병안심센터
직업병 안심센터에 대한 전망과 기대

Practice

직업성암 지도 구축현황
인과추론 및 복합노출의 건강영향 평가 국문가이드라인 개발
근로자 사망통계 연보 시범개발

산업재해예방

안전보건공단

산업안전보건연구원





ISSN 2799-6166

독자 의견 설문조사



원고 모집 안내



표지

사용 후 고지(재생지)
30%를 함유한
인스퍼에코 222g/㎡

내지

사용 후 고지(재생지)
30%를 함유한
인스퍼에코 112g/㎡

환경보호를 위해
친환경용지를
사용하였습니다.



OSHRI:VIEW(오시리뷰)는

산업안전보건연구원을 뜻하는 'OSHRI(Occupational Safety & Health Research Institute)'와 '보다' 또는 '관점'의 뜻인 'View'의 합성어입니다. 또한 산업안전보건을 의미하는 OSH(Occupational Safety & Health)와 '논평'을 뜻하는 'Riview(review)' 동음이의어 조합으로 산업안전보건연구 분야에 있어 명실상부 연구 전문지로 나아가기 위한 의미도 포함합니다.

이번호의 대표색인 흰색을 추상화의 거장 칸딘스키는 아무것도 없는 비워진 색이자 모든 것이 채워진 완성의 색이라 평했습니다. 이렇듯 무궁한 가능성을 품고 있는 흰색처럼 항상 겸허한 자세로 최신의 연구동향을 습득하고 연구의 내실을 채워나가겠습니다. 동시에 탄탄하고 심층적인 연구를 통해 깊이를 더하겠습니다.

OSHRI:VIEW [Vol.17 No.2 (통권93호)]

발 간 번 호 2023-산업안전보건연구원-281

발행연월일 2023년 6월 30일

발 행 처 안전보건공단 산업안전보건연구원

발 행 인 안중주 이사장

편집위원장 조동제 안전보건정책연구실장

편 집 위 원 안전보건연구원 산업안전연구실 김정덕 부장

안전보건연구원 직업건강연구실 이경은 선임연구위원

안전보건연구원 직업환경연구실 박현희 선임연구위원

안전보건연구원 산업화학연구실 이혜진 연구위원

안전보건연구원 흡입독성연구센터 김용순 부장

안전보건공단 산업안전실 유영수 부장

안전보건공단 산업보건실 조덕연 부장

부경대학교 오창보 교수

가천대학교 함승현 교수

담 당 연구기획부 이정호 부장, 제유리 차장, 김이슬 대리

문 의 052-703-0812

주 소 울산 중구 중가로 400 산업안전보건연구원

편집디자인 엔프레임 주식회사

인 쇄 한결

* 본지에 실린 사진과 삽화, 원고는 저작권법의 보호를 받습니다.



차 례

Prologue 직업성 질환의 어둠을 밝히는 직업병 모니터링 체계	04
--	----

Issue

직업병 안심센터를 운영하며	08
직업병 안심센터 개소의 의미	10
직업병 안심센터 현황 및 자료수집 체계	14
직업병 안심센터 운영에 따른 모니터링 결과 분석	24
고용노동부와 함께한 지역중심 감시체계, 사례를 통해 보는 직업병 안심센터	32
직업병 안심센터에 대한 전망과 기대	40

Practice

직업성 암 지도 구축현황	48
인과추론 및 복합노출의 건강영향 평가 국문 가이드라인 개발	62
근로자 사망통계 연보 시범 개발	72

Brief

플라스틱제품 제조업과 중추신경계암	86
근로자 생식보건 역학연구(2)	92
플랫폼 노동자의 패널 구축 및 건강실태조사	98
국민건강보험자료를 이용한 직장가입자의 손상관련 질환 발생현황	108
건설업 종사자에서의 직종별 질환 발병위험도	126
잠수작업 사고사망 원인분석과 안전방안 마련	134

Now

AOSHRI 회의 참석	142
제3회 '적극행정 유공 포상' 국무총리 표창 수상	143
K-사다리 시연회 개최	144
농업인 안전 365 캠페인 동참	145

선행안전난간대 개발	146
------------	-----

Prologue



“직업성 질환의 어둠을 밝히는 직업병 모니터링 체계”

아픈 사람들이 병원을 찾았을 때 질병의 원인을 본인의 직업과 연관짓기란 쉽지 않은 일입니다. 진단과 진료에 맞추어 치료에 집중하는 경우가 대부분이고 왜?라는 물음표가 환자의 직업, 일터로 향할 수는 있으나 구체적인 연결고리를 찾기는 까다로운 과정임이 분명합니다.

그러나 직업병의 발병과 직업환경의 인과관계를 찾고 근로자가 안심하고 일할 수 있는 일터를 만드는 것 또한 안전보건체계의 중요한 한 축입니다. 과학적으로 직업성 질병을 예방하고 근로자 집단 전체를 아우를 수 있는 ‘직업병 모니터링 체계’ 구축은 직업건강과 직업환경 분야의 시대적 과업이 될 것입니다.

산업안전보건연구원에서는 그간 과학적인 직업성 질환 예방과 모니터링을 위하여 반도체, 건설업 등 근로자 집단의 질환 감시기반을 구축해오고 있습니다. 대표적으로 어떤 업종에서 직업성 암 발생률이 높은지를 확인할 수 있는 질환 발생률 시각화 사업도 활발하게 진행중이며, 데이터를 기반으로한 능동적인 역학조사 수행으로 선제적인 예방전략을 펼치기 위해 노력을 집중하고 있습니다. 또한, 지난해 개소한 ‘직업병 안심센터’는 직업병 예방업무를 최전선에서 수행할 것으로 기대되며 직업성 질환에 대한 포괄적 네트워크를 구축하여 빠짐없이 모니터링하고자 일선에서 노력하고 있습니다. 따라서 이번 이슈섹션에서는 직업병 안심센터의 첫 1년을 되짚어보고자 합니다. 더불어 브리프섹션에서는 산업보건 데이터기반의 직업병 위험도 예측 체계 마련을 위한 연구들을 살펴봅니다.

눈에 보이지 않는 물질들의 위험성과 정책적으로 당면한 과제 등 해결해야 할 숙제들이 산재하지만, 데이터 축적과 과학적 산재예방연구의 수립으로 ‘직업성 질병 모니터링 체계’ 확립에 앞장서는 산업안전보건연구원이 되겠습니다.

OSH

Risk View

01

Issue

직업병 안심센터를 운영하며

- 01. 직업병 안심센터 개소의 의미
- 02. 직업병 안심센터 현황 및 자료수집 체계
- 03. 직업병 안심센터 운영에 따른 모니터링 결과 분석
- 04. 고용노동부와 함께한 지역중심 감시체계,
사례를 통해 보는 직업병 안심센터
- 05. 직업병 안심센터에 대한 전망과 기대

Issue는 시의적절하고 중요성 있는 산업안전
보건 이슈를 소개하고 연구동향을 분석하여
새로운 인사이트를 제시합니다.

직업병 안심센터를 운영하며

고용노동부 산업안전보건본부

김 정 연 산업보건기준과장

직업병 안심센터 구축의 첫 삽을 뜬지 1년이 지났습니다. 그간 중앙관리본부인 고용노동부를 중심으로 전국 각지에 지역감시 협력체계를 구축하기 위해 열심히 달려 왔습니다. 직업성 질환 감시체계의 초석이 될 것으로 예측되는 직업병 안심센터는 우리나라 산업보건의 십년대계를 책임질 것으로 기대하고 있습니다. 저는 국내 직업성 질환 예방 정책을 마련하는 담당자로서 직업성 질환의 예방에 큰 책임감을 느끼고 있습니다. 이에, 본 지면을 통해 직업병 안심센터 운영에 관한 사항을 안내, 국민적 관심을 이끌어내고, 향후 발전적인 방향으로 나아가기를 염원하는 마음으로 말씀드리고자 합니다.



현재의 산업보건체계는 작업환경측정, 근로자 건강진단, 보건관리 등의 제도를 통하여 직업병을 예방하고 관리토록 하고 있습니다. 하지만, 이러한 제도는 만성적인 질병에 대한 감시에 보편화 되어 있고 산재신청 기피 성향 등으로 감시 범위 밖에 있거나 특히, 급성중독과 같이 갑자기 발생하는 질병을 조기에 발견하기는 어려운 특성이 있습니다. 또한, '22년 「중대재해 처벌 등에 관한 법률」 제정·시행으로 급성중독 등 직업성 질병을 중대재해 중 하나로 정하고 있어 사전에 직업병을 찾아내어 예방하는 것이 중요합니다. 특히, 중대법 기소 1호 사건이 근로자 16명의 급성중독 사고일 정도로 직업성 질병은 사회적 관심 및 파급력이 높은 상황이라고 생각합니다.

이러한 감시 사각지대의 취약계층을 보호하기 위한 방안으로 고용노동부에서는 직업병 안심센터 사업을 운영하게 되었습니다. 직업병 안심센터란 지역별 거점 종합병원을 중심으로 관할지역의 여러 의료기관과 협력을 통해 근로자들의 직업성 질병을 찾아내는 모니터링 체계를 말하는 것으로 질병이 발생한 근로자는 먼저 병원 또는 응급실에 방문하게 됩니다. 이때 초기 진단 단계에서 의사들이 질병과 직업의 관련성이 있다고 의심하게 되면 직업환경전문의에게 연계하게 되며, 이렇게 연계 받은 전문의는 환자의 상태와 직업과의 관련성을 파악, 유사한 질병이 확산될 가능성이 있다고 판단되면 관할 고용노동청 근로감독관 등과 협업하여 조사·지원에 나서는 등 후속조치를 수행해 직업성 질병을 조기에 인지하고 추가적인 환자 발생 예방에 효과적일 것으로 기대하고 있습니다.

2023년 4월 1일 최초로 서울특별시 한양대학교병원에서 직업병 안심센터를 개소하였고, 이후 현재까지 서울·충북(인천·경기·강원)·부산·대구·광주·대전 6개 권역에 10개의 거점 종합병원으로 확대하였으며, 총 104개의 협력병원이 업무협약을 체결, 주요 산업단지가 분포한 지역을 포괄하는 직업병 모니터링 체계를 갖추게 되었습니다. 특히, 올해 3월 경기도 이천의 한 제조업체에서 세척제(트리클로로메탄)에 의한 급성중독 사고를 본 감시망을 통해 조기 발견하였고, 임시건강진단 명령, 법 위반 수사 및 동종사고 예방을 위한 감독 등을 실시하여 추가 피해를 차단하는 성과를 이루어냈습니다. 이러한 경험으로 볼 때 직업병 안심센터 네트워크가 현장에서 작동할 수 있음을 실감할 수 있었고, 유기적인 네트워크 체계가 중요한 방향이라는 것을 확인할 수 있었습니다.

순간적으로 일어나는 안전사고와는 달리 직업성 질병은 눈에 잘 띄지 않습니다. 그래서, 근로자들은 자신이 왜 아픈지 모르고, 개인적인 질환으로 생각하기 쉽습니다. 일하는 사람이 있는 곳은 어디나 직업성 질병이 발현할 위험이 있습니다. 정부는 직업병 안심센터를 시작으로 직업성 질병을 제대로 관리할 수 있는 산업보건정책의 틀을 만들어 나갈 계획이며, 기초가 단단한 산업보건 정책을 통해 선진국 수준의 직업성 질병관리가 이루어지도록 모두가 노력해 나가겠습니다. 일하는 노동자의 건강한 일터를 위해 많은 관심 가져 주시길 바랍니다.

감사합니다.

01

서울 직업병 안심센터 소장
한양대학교 직업환경의학교실
송재철 교수



직업병 안심센터 개소의 의미



주요 내용 요약

| 직업병 안심센터는 2022년 시작된 직업성 질병 모니터링 사업으로 직업병 감시를 목적으로 함. 보건학적 문제해결의 첫단계는 규모를 포함한 문제(질병)의 현황을 파악하는 것인데 직업(산업) 보건의 목적은 직업병 예방과 노동자 건강증진으로 유해요인을 감시하는 활동으로부터 시작. 따라서 직업병 안심센터는 지속적이고 체계적으로 노출자료를 수집, 분석, 해석하여 정보를 알아야하는 사람(또는 기관)에게 배포하여야 하며, 직업병 예방계획을 세워 직업병을 조기에 발견하고, 예방을 위한 개입 및 과정에 대한 평가를 수행해야 함.

| 구체적으로 직업병 안심센터는 기존 산업보건시스템의 활용을 포함하여 직업병 환자가 처음 병원을 방문했을 때 각 임상과의 의료진이 업무기인성을 인지하여 직업병을 조기에 발견하고 예방을 포함한 후속조치를 수행하는 전국 규모의 정부사업임. 이는 직업병에 대한 노동자의 인식 제고 등 산업보건제도의 사각지대를 보완하고 다양한 질병을 판단하는데 도움을 주어 중대재해처벌법 시행에 따른 산업재해 예방체계 강화에도 기여할 것으로 기대.

직업병 안심센터(Occupational Diseases Surveillance Center, KCDC)는 환자를 직접 마주하는 의료진이 인지한 업무와 관련한 질병을 파악하기 위해 2022년 시작된 직업성 질병 모니터링 사업이다. 안심센터의 가장 중요한 역할은 직업병 감시이며, 이 과정에서 고용노동부, 안전보건공단, 근로복지공단 등 산업보건업무를 수행하는 공공기관과 협업하며 직업병 관리를 위한 의학적(전문적) 지원도 담당한다.

보건학적 문제해결의 첫 단계는 규모를 포함한 문제(질병)의 현황을 파악(무엇이 문제인가?)하는 것이다. 보건학의 한 분야인 직업(산업)보건의 목표는 직업병 예방과 노동자 건강증진이며, 이는 직업병 발생 또는 유해요인 노출 현황을 파악하는 감시(surveillance) 활동으로 시작한다. 세계보건기구(WHO)는 공중보건 영역의 감시체계를 질병관리의 계획, 집행, 평가를 위해 역학적 정보를 체계적으로 수집, 분석, 사용하는 것으로 정의한다. 또한, 미국 질병관리본부(CDC)는 좀 더 구체적으로, 보건 자료를 지속적이고 체계적으로 수집, 분석, 해석하여 필요한 곳에 적시에 배포하며, 이 정보를 질병 예방과 관리를 위한 보건사업과 각종 보건 프로그램의 계획, 실행, 조사연구를 위해 사용하도록 하는 것으로 정의한다. 따라서 보건학적 관점에서 직업병 안심센터는 지속적이고 체계적으로 직업병의 발생자료나 유해요인 노출자료를 수집·분석·해석하여, 도출된 정보를 알아야 (사용)할 사람(또는 기관)들에게 배포하여 직업병을 예방하기 위한 계획을 세우고, 이를 적용하여 직업병을 조기에 발견하고, 예방을 위한 개입(intervention)을 시행하며, 이러한 과정에 대한 평가를 수행하는 것이다.

우리나라의 전형적 직업병 감시는 1998년 안전보건공단 산업안전보건연구원의 직업성 천식 감시가 효시이다. 이후 2020년까지 산업안전보건연구원은 다양한 형태로 20여 개의 질병, 노출, 지역 등의 감시체계를 위탁 운영하였고(표 1), 이것이 우리나라 직업병 자료 수집체계의 기반이 되었다.

[표1] 우리나라의 직업병 감시체계 운영현황(산업안전보건연구원의 위탁 사업)

감시체계		운영 기간
직업병 감시	천식	1998~2002, 2004~2011
	근골격계질환	2000~2004
	피부질환	1998
	중피종암 및 백혈병 감시체계 구축	2001
	악성 종피종	2002~2013
	폐암	2006~2010
	조혈기계 암	2007~2010
	손상	2008~2011
	뇌·심혈관계질환	2010~2011
	인천지역	2001~2010
지역중심	부산 울산, 경남지역	2001~2003, 2005~2010
	구미지역	2002~2003
	창원지역	2004
	중/남부 권역 폐암, 조혈기계암	2011~2016
	건설근로자	2002
노출 감시	주사침 손상	2009~2013
	생체시료 분석실 감시(DMF, dimethyl formamide)	2010

감시체계		운영 기간
혼합형 감시	석유화학공단지역	1999~2000
	사업장 중심 직업성 질환 감시체계	2011~2012
	급성중독질환	2016~2020

출처: 직업환경의학, 개정판 2022

상대적으로 오랜 역사의 특수건강진단이나 산재보상자료를 보완하는 역할로서 직업병 감시는 짧은 역사에도 불구하고 다양한 직업병의 분포와 양상을 보여주는데 큰 역할을 해 왔다. 그러나 여건에 따라 주제(대상 직업병, 지역 등)가 바뀌어 장기적 변화를 파악하거나 산업현장 전체의 노동자를 포괄하기 어려웠던 것이 사실이다. 또한 각 감시체계의 통합관리, 정책개발, 행정지원, 재원조달, 정보제공, 교육 등의 업무를 주도할 중앙감시조직이 없었고, 때문에 감시체계의 필수 요건 중의 하나인 자료수집 체계나 형태의 표준화도 불가능하였다. 더욱이 정부와 공공기관과의 연계 부족으로 자료 수집 외의 직업병 감시의 주요 역할인 직업병 조기발견과 작업환경 개선을 위한 개입에는 한계가 있었다.

이를 개선하기 위해 시작한 직업병 안심센터는 기존 산업보건 시스템의 활용은 물론, 직업병 환자가 병원을 방문할 때 처음 마주하는 응급의학과를 포함한 각 임상과의 의료진이 업무기인성을 인지하여 직업성 질병을 조기에 발견함으로써 추가 피해를 예방하고, 필요시 원인조사 등 예방을 포함한 후속 조치를 수행하는 전국 규모의 정부사업이다. 20여 년간 축적한 산업안전보건연구원의 직업병 감시체계 운영경험을 바탕으로, 노동자 분포에 따른 10개 권역을 선정하였고, 안정적 예산도 확보하였다. 특히 센터별 수집자료의 표준화 작업을 진행하고 있으며, 데이터 통합관리와 모든 안심센터를 관리할 중앙조직을 준비하고 있다. 운영 방식도 지역감시를 기본으로 능동감시와 수동감시를 동시에 수행하는 체계가 가능하다.

직업병 안심센터는 정기적 작업환경측정이나 건강검진 사이에 발생하는 급성독성물질 노출이나 질병을 발견하고, 직업병에 대한 노동자의 부족한 인식(산재활용) 제고 등 직업성 질병 예방을 위한 산업보건제도의 사각지대를 해소할 수 있을 것이다. 또한 감독관이 유독물질에 노출되어 발생하는 급성 중독의 속성을 이해하고 다양한 질병의 업무기인성을 판단하는데 의학적 지원을 하여 중대재해처벌법 시행에 따른 산업재해 예방체계를 강화하는데도 기여할 것이다.

용어정의

능동감시/수동감시

- 감시체계는 운영방법에 따라서 수동적 감시와 능동적 감시로 분류된다. 수동적 감시는 일선 보건관리자나 의료기관을 통하여 산재발생이 의심되는 경우에 이를 신고하여 중앙에서 집계하는 체계이고, 능동적 감시체계는 수동감시 및 이차 자료 등의 질환 발생현황 모니터링 결과 산업재해가 의심되는 경우 중앙의 역학조사반이 출동하여 질환발생에 대한 업무관련성을 조사하는 체계이다.

급성중독

- 독성물질이 신체에 일으키는 급성 반응으로 인한 상태로 작업환경에서 급성중독을 일으키는 물질에 대하여 산업안전 보건법에서는 산업안전보건기준규칙 제395(급성 중독물질 등에 의한 위험방지)의 [별표 1]의 급성독성물질 등으로 정의하고 있다.

02

대구 직업병 안심센터 팀장
계명대학교 직업환경의학과
하 제 철 교수



직업병 안심센터 현황 및 자료수집 체계



**주요
내용
요약**

- | 현재 직업병 안심센터는 전국 10개 센터가 운영중이며 센터당 평균 11.5명이 근무. 인원은 센터당 평균적으로 직업환경의학 전문의는 3.4명, 전공의 3.1명, 간호사 1.9명, 기술사를 포함한 산업위생기사 2.3명으로 구성. 또한 모든 직업병 안심센터가 유기적으로 소통하여 전체 임상과 협진의뢰가 가능하도록 조직을 구성하였으며 공통적으로 호흡기내과, 응급의학과, 피부과를 포함.
- | 자료수집체계를 살펴보면 각 지역의 안심센터마다 다양한 방식을 선택함. 응급실 기반을 중심으로한 모니터링 체계 구축, 타 임상과의 네트워크를 기반으로 한 사례보고 방식의 연계, 모든 입원환자에 대해 직업력 조사를 시행하는 능동감시체계, 뉴스레터를 통한 사례 공유 등이 대표적.
- | 향후 조사된 자료수집체계 및 협력방식의 장점을 취합하여 직업병 안심센터 사업수준의 상향평준화를 도모할 필요가 있음. 직업병 안심센터에 대한 적극적인 홍보와 인식 확대가 뒷받침될 때 안정적인 직업병 안심센터의 운영이 가능할 것.

I. 서론

직업병 안심센터는 직업병의 조기 발견과 예방을 위해 기관별로 다양한 자료수집 체계를 구축하고 운영하고 있다. 이러한 자료수집체계는 의뢰, 분석, 환류의 세 가지 주요 단계로 구성되어 있다. 우선, 의뢰 단계는 직업병 여부 파악, 예방 및 관리에 관심이 있는 기업, 조직, 개인 등으로부터의 정보 수집 및 요청을 수렴하는 단계이다. 이를 통해 직업병 안심센터는 각 사례별 작업환경, 작업조건, 노출인자 등에 대한 정보를 수집하고 분석할 수 있다. 다음으로 분석 단계는 수집된 자료를 체계적으로 분석하고 해석하는 과정이다. 이를 통해 직업병의 유형과 빈도, 발생 원인 등을 분석하여 예방 및 관리에 필요한 정책과 가이드라인을 개발하는 근거를 마련할 수 있다. 마지막으로 환류 단계는 정부기관, 산업현장, 의료기관 등과의 협력을 통해 수집된 자료와 분석 결과를 공유하고 활용하는 단계이다. 이를 통해 직업병 예방 및 관리에 관련된 이해도를 높이고, 적절한 대응과 정책 시행을 촉진한다.

II. 직업병 안심센터 현황

인력 구성

10개 직업병 안심센터(서울, 인천, 강원, 경기남부, 경기북부, 대구, 부산·울산, 경남, 광주, 대전·충청)의 센터당 구성 인원은 7-17명, 평균 11.5명이었다. 직업환경의학 전문의는 센터당 2-5명, 전공의는 평균 3.1명, 간호사는 1-3명, 산업위생기사는 평균 2.3명이다(표 1).

[표 1] 직업병 안심센터 인력 구성

(단위: 명)

	서울	인천	경기 남부	경기 북부	강원	대구	부산 울산	경남	광주	대전 충청	범위	평균
총 인력(실인원)	13	17	13	7	10	12	12	13	9	9	7-17	11.5
직환전문의	3	5	3	2	5	3	4	5	2	2	2-5	3.4
직환전공의	4	4	4	0	3	4	3	5	4	0	0-5	3.1
간호사	2	1	2	2	1	2	2	2	2	3	1-3	1.9
산위사(기술사 포함)	3	5	3	3	1	2	3	1	1	1	1-5	2.3
기타	0	2	보건학 석사 ¹	0	0	보건학 석사 ¹	0	0	0	3	-	-

원내 타과 및 협력병원 구성

모든 직업병 안심센터에서 전체 임상과 협진의회가 가능하도록 구성하고, 공통적으로 호흡기내과, 응급의학과, 피부과를 포함하였다. 협력병원의 수는 5-14개로, 평균 9.6개였다. 서울과 경기북부, 강원 직업병 안심센터는 대학병원과 권역응급의료센터, 대구는 대학병원 및 직업환경의학과, 부산·울산은 권역응급의료센터 및 직업환경의학, 경기남부는 지역응급의료센터

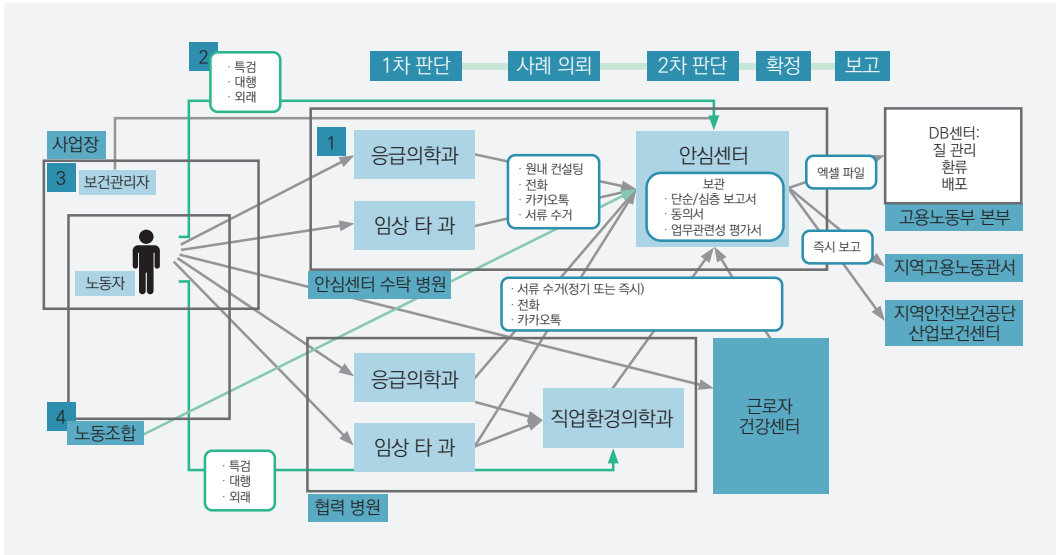
또는 지역응급의료기관 및 직업환경의학, 인천, 경남은 권역응급의료센터 및 직업환경의학과, 광주 직업병 안심센터는 직업환경의학과, 대전·충청 직업병 안심센터는 종합병원 및 응급의학과 중심으로 구성하였다[표 2].

[표2] 직업병 안심센터 협력병원

	서울	인천	경기 남부	경기 북부	강원	대구	부산· 울산	경남	광주	대전 충청
협력병원 총 개수	14	11	7	5	6	12	14	10	13	12
의료기관 종류1										
상급종합병원	9(64.3)	3(27.3)	2(28.6)	2(40.0)	1(16.7)	3(25.0)	3(21.4)	2(20.0)	3(23.1)	2(16.7)
종합병원	5(35.7)	7(63.6)	4(57.1)	3(60.0)	4(66.7)	8(66.7)	8(57.15)	7(70.0)	8(61.5)	8(66.7)
병원	-	-	1(14.3)		-	1(8.3)	2(14.3)	-	1(7.7)	2(16.7)
의원	-	-	-		-	-	1(7.15)	1(10.0)	1(7.7)	
의료기관 종류2										
대학병원	10(71.4)	4(36.4)	3(42.9)	3(60.0)	3(50.0)	5(41.7)	3(21.4)	3(30.0)	4(30.8)	4(33.3)
의료기관 종류3										
공공의료기관	4(28.6)	1(9.1)	2(28.6)	1(20.0)	1(16.7)	3(25.0)	2(14.3)	3(30.0)	1(7.7)	3(25)
의료기관 종류4										
중앙응급의료센터	1(7.1)	-	-		-	-	-	-	-	
권역응급의료센터	5(35.7)	2(18.2)	-	3(60.0)	2(33.3)	3(25.0)	1(7.15)	1(10.0)	5(38.5)	3(25)
지역응급의료센터	3(21.4)	4(36.4)	1(14.3)	2(40.0)	1(16.7)	1(8.3)	7(50.0)	1(10.0)	8(61.5)	5(41.7)
지역응급의료기관	-	-	3(42.9)		-	1(8.3)	3(21.4)	-	2(15.4)	4(33.3)
진료과 수	20		11		4	12	41	11	19	95
직업환경의학과	6(30.0)	6(54.5)	5(45.5)		-	6(50.0)	11(26.8)	8(72.7)	16(30.2)	7(7.4)
응급의학과	9(45.0)	10(90.9)	4(36.4)	5(100)	4(66.7)	5(41.7)	10(24.4)	2(18.2)	5(9.4)	12(12.6)
혈액종양내과	1(5.0)	1(9.1)	1(9.1)		-	-	2(4.9)	-	4(7.5)	4(4.2)
호흡기내과	1(5.0)	1(9.1)	-	1(20.0)	5	-	4(9.8)	-	3(5.7)	8(8.4)
알레르기내과	-	1(9.1)	-		-	-	2(4.9)	-		5(5.3)
소화기내과	-	-	-		3	-	2(4.9)	-	1(1.9)	9(9.5)
종양내과	1(5.0)	1(9.1)	-		-	-	-	-		
흉부외과	1(5.0)	-	-	-	-	-	-	-		5(5.3)
암센터	1(5.0)	-	-	-	-	-	1(2.4)	-		2(2.1)
피부과	-	1(9.1)	-	1(20.0)	-	-	4(9.8)	-	4(7.5)	6(6.3)
신경과	-	-	-	1(10.0)	2	-	2(4.9)	-	3(5.7)	7(7.4)
신장내과							1(2.4)		1(1.9)	8(8.4)
안과							1(2.4)		1(1.9)	5(5.3)
영상의학과							1(2.4)			9(9.5)
가정의학과	-	-	-	-	-	1(8.3)	-	1(9.1)		8(8.4)
재활의학과	-	-	-	-	-	-	-	-	2(3.8)	
신경외과	-	-	1(9.1)	-	-	-	-	-	3(5.7)	
감염내과									2(3.8)	
순환기내과									1(1.9)	
류마티스내과									1(1.9)	
이비인후과									1(1.9)	
병리과									1(1.9)	
핵의학과									2(3.8)	
치과	-	-	-	-	-	-	-	-	1(1.9)	

III. 자료수집 체계

직업병 안심센터마다 지역 상황을 고려하여 다양한 방식으로 자료수집 체계를 구축하고 있다. 대략적인 절차는 다음과 같다. 이 때 노동자는 산업안전보건법 대상인 노무를 제공하는 자는 물론, 경찰, 소방관 등 공무원과 선원 등을 포함하여 그 대상범위가 일하는 사람 전반을 대상으로 하고 있다.



[그림1] 직업병 안심센터 사례보고 절차

각 센터별 운영체계는 다음에 이어지는 내용과 같으며, 예시되지 않은 센터 역시 필요에 따라 이러한 협력체계를 부분적으로 적용하고 있다. 그리고 모든 센터는 월 1회의 정기 회의를 통해 성과를 교류하고 있다.

응급의학과와의 협력체계 (서울 직업병 안심센터, 한양대학교병원)

서울 직업병 안심센터 운영기관인 한양대학교병원은 중앙응급의료센터 및 서울권역 6개 권역응급의료센터 중심으로 구성된 대표적인 기관이다. 응급실 기반을 중심으로 모니터링 체계를 구축하였으며 응급의학과와 실시간으로 소통하고 신속한 대응을 위한 단톡방을 운영하고 있다. 2023년 2분기부터 능동감시체계도 구축하여 응급실 의무기록 열람을 통해 의심환자를 보고하고 있다.

공사 현장에서 약 6m 가량 높이에서 떨어진 다발성 외상 환자 있는데 케이스 리포트 드릴 상황일까요? 오전 8:50

추락 사고 명확한 상황이라 보고 대상은 아닙니다... 환자 상태는 중증인가요? 오전 8:54

중증입니다 오전 8:58

그러게요 6미터면... 일딘 보고해주셔요

추락의 다른 원인이 있을 수 있으니... 오전 9:00

서울직업병안심센터(콜론)

[원내 독성간염 능동감시_0509]
직업성 독성간염 의심되는 환자 없습니다.

[원내 응급실 능동감시_0509]
응급실 내원환자 총 119명 중 의심되는 환자 1건 있습니다.

(F/38)

1. 응급실 초기평가지 상 작업: 사무직
2. 주증상: presyncope(발생일시:)
3. 내원경위: 기저질환 없음. 과거 전 실신으로 미주신경성 실신 소견 들었음. (정밀 검사 x) 금일 아침 출근직후 발생한 전실신. 갑자기 어지러워서 쓰러짐.
- 유발인자 (피로, 음주, 수면 부족 등) 없음
4. 검사결과
- Lab: NSF
5. 응급실 퇴원기록: 경과 관찰 후 증상 호전됨. brain w/u 은 거부. CV opd f/u

오전 8:49

[그림2] 카카오톡 단톡방을 활용한 응급의학과와의 협력체계 (서울 직업병 안심센터)

타 임상과의 네트워크를 통한 사례보고 (경남 직업병 안심센터, 양산부산대학교병원)

경남 직업병 안심센터의 운영기관인 양산부산대학교병원은 지난 10년간 석면환경보건센터를 운영한 경험이 있어 특히 호흡기내과와의 연계가 활발하다. 석면건강영향조사를 통해 발굴된 폐암이나 석면폐증, 만성폐쇄성폐질환 등의 호흡기질환에 대해 직업환경의학과에서 호흡기내과로 진료를 의뢰하고, 호흡기내과에서도 외래 진료 단계에서 직업력이 있는 환자 또는 흉부 영상 소견에서 흉막반이나 진폐증 등의 소견이 관찰되는 경우 직업환경의학과로의 진료 의뢰가 이전부터 활발하게 이루어져왔다.

의뢰일자

의뢰진료과	호흡기내과	의뢰의사	환자위치	외래
			(전화 핸드폰 호출기)	

진단 >

lung cancer, unspecified, unspecified side / IMP / 2022-05-31

의뢰내용 >

도로 청소 10년, 석탄 탄광 사무직 14년 직업력있는 분으로
폐암으로 진단되었습니다.
석면공장 근처 거주력도 있어 진료 의뢰드립니다.

회신일자

수진진료과	직업환경의학과	수진의사	응급여부	정규	왕진여부	이송
-------	---------	------	------	----	------	----

회신내용 >

Description

의뢰감사합니다. 용접, 디젤엔진연소물, 유리규산, 석면 등 직업적 노출 확인됩니다. 산재신청하겠습니다.

[그림3] 협진 의뢰를 통한 타임상과의 네트워크 (경남 직업병 안심센터)

능동감시체계 운영

(경기북부 직업병 안심센터, 한양대구리병원 / 강원 직업병 안심센터, 원주세브란스 기독병원)

경기북부 직업병 안심센터의 운영기관인 한양대학교 구리병원은 입원환자에 대한 능동감시체계를 구축하고 있는 점이 특징이다. 한양대구리병원의 모든 입원환자에 대해 초기에 간호사가 직업력 조사를 시행하고 있으며, 매일 안심센터 전담직원이 입원환자의 의무기록을 확인한다. 입원환자 중 호흡기질환(천식, COPD, 간질성 폐질환 등), 독성 간염, 뇌심혈관질환, 암, 신경계질환 등이 모니터링 대상으로 의심되는 질병으로 진단하고, 직업력이 “무직”, “주부” 등이 아닌 경우 능동감시 대상으로 분류한 후 의사와 안심센터 전담직원(간호사, 산업위생사)이 함께 병동을 방문하여 환자를 면담하는 프로세스로 진행한다.

강원 직업병 안심센터 원주세브란스 기독병원 역시 응급실 손상환자에 대한 능동감시체계를 구축하고 있다. 다섯 단계로 진행하는데, 1) 의료정보팀에 요청하여 응급구조사가 기재한 데이터 신청 및 취득, 2) 데이터 정리 및 직업성 질병으로 추정되는 데이터 표시, 3) 검토 알고리즘 구축 및 유요건수 기재, 4) 회의를 통한 검토 결과 공유 및 사례 논의, 5) 확정된 사례 정리 및 보관 등이다.

예시) 응급실 내원환자 원본 데이터

순서	환자번호	성명	생년월일	성별	직업	입원일자	입원부서	진단명	진단코드	진단일자	진단의사	진단내역	진단결과	진단비고	진단일자	진단의사	진단내역	진단결과	진단비고
1	001	김민준	1990.01.01	남	무직	2023.01.01	응급실	뇌출혈	I60.0	2023.01.01	김민준	뇌출혈	중증	뇌출혈	2023.01.01	김민준	뇌출혈	중증	뇌출혈
2	002	이민준	1990.01.01	남	무직	2023.01.01	응급실	뇌출혈	I60.0	2023.01.01	이민준	뇌출혈	중증	뇌출혈	2023.01.01	이민준	뇌출혈	중증	뇌출혈
3	003	박민준	1990.01.01	남	무직	2023.01.01	응급실	뇌출혈	I60.0	2023.01.01	박민준	뇌출혈	중증	뇌출혈	2023.01.01	박민준	뇌출혈	중증	뇌출혈
4	004	정민준	1990.01.01	남	무직	2023.01.01	응급실	뇌출혈	I60.0	2023.01.01	정민준	뇌출혈	중증	뇌출혈	2023.01.01	정민준	뇌출혈	중증	뇌출혈
5	005	최민준	1990.01.01	남	무직	2023.01.01	응급실	뇌출혈	I60.0	2023.01.01	최민준	뇌출혈	중증	뇌출혈	2023.01.01	최민준	뇌출혈	중증	뇌출혈
6	006	한민준	1990.01.01	남	무직	2023.01.01	응급실	뇌출혈	I60.0	2023.01.01	한민준	뇌출혈	중증	뇌출혈	2023.01.01	한민준	뇌출혈	중증	뇌출혈
7	007	정민준	1990.01.01	남	무직	2023.01.01	응급실	뇌출혈	I60.0	2023.01.01	정민준	뇌출혈	중증	뇌출혈	2023.01.01	정민준	뇌출혈	중증	뇌출혈
8	008	최민준	1990.01.01	남	무직	2023.01.01	응급실	뇌출혈	I60.0	2023.01.01	최민준	뇌출혈	중증	뇌출혈	2023.01.01	최민준	뇌출혈	중증	뇌출혈
9	009	한민준	1990.01.01	남	무직	2023.01.01	응급실	뇌출혈	I60.0	2023.01.01	한민준	뇌출혈	중증	뇌출혈	2023.01.01	한민준	뇌출혈	중증	뇌출혈
10	010	정민준	1990.01.01	남	무직	2023.01.01	응급실	뇌출혈	I60.0	2023.01.01	정민준	뇌출혈	중증	뇌출혈	2023.01.01	정민준	뇌출혈	중증	뇌출혈

순서	환자번호	성명	생년월일	성별	직업	입원일자	입원부서	진단명	진단코드	진단일자	진단의사	진단내역	진단결과	진단비고
1	001	김민준	1990.01.01	남	무직	2023.01.01	응급실	뇌출혈	I60.0	2023.01.01	김민준	뇌출혈	중증	뇌출혈
2	002	이민준	1990.01.01	남	무직	2023.01.01	응급실	뇌출혈	I60.0	2023.01.01	이민준	뇌출혈	중증	뇌출혈
3	003	박민준	1990.01.01	남	무직	2023.01.01	응급실	뇌출혈	I60.0	2023.01.01	박민준	뇌출혈	중증	뇌출혈
4	004	정민준	1990.01.01	남	무직	2023.01.01	응급실	뇌출혈	I60.0	2023.01.01	정민준	뇌출혈	중증	뇌출혈
5	005	최민준	1990.01.01	남	무직	2023.01.01	응급실	뇌출혈	I60.0	2023.01.01	최민준	뇌출혈	중증	뇌출혈
6	006	한민준	1990.01.01	남	무직	2023.01.01	응급실	뇌출혈	I60.0	2023.01.01	한민준	뇌출혈	중증	뇌출혈
7	007	정민준	1990.01.01	남	무직	2023.01.01	응급실	뇌출혈	I60.0	2023.01.01	정민준	뇌출혈	중증	뇌출혈
8	008	최민준	1990.01.01	남	무직	2023.01.01	응급실	뇌출혈	I60.0	2023.01.01	최민준	뇌출혈	중증	뇌출혈
9	009	한민준	1990.01.01	남	무직	2023.01.01	응급실	뇌출혈	I60.0	2023.01.01	한민준	뇌출혈	중증	뇌출혈
10	010	정민준	1990.01.01	남	무직	2023.01.01	응급실	뇌출혈	I60.0	2023.01.01	정민준	뇌출혈	중증	뇌출혈

회의를 거쳐서 사례로 채택할 것과 채택하지 못하는 것을 구분한다.

순서	환자번호	성명	생년월일	성별	직업	입원일자	입원부서	진단명	진단코드	진단일자	진단의사	진단내역	진단결과	진단비고
1	001	김민준	1990.01.01	남	무직	2023.01.01	응급실	뇌출혈	I60.0	2023.01.01	김민준	뇌출혈	중증	뇌출혈
2	002	이민준	1990.01.01	남	무직	2023.01.01	응급실	뇌출혈	I60.0	2023.01.01	이민준	뇌출혈	중증	뇌출혈
3	003	박민준	1990.01.01	남	무직	2023.01.01	응급실	뇌출혈	I60.0	2023.01.01	박민준	뇌출혈	중증	뇌출혈
4	004	정민준	1990.01.01	남	무직	2023.01.01	응급실	뇌출혈	I60.0	2023.01.01	정민준	뇌출혈	중증	뇌출혈
5	005	최민준	1990.01.01	남	무직	2023.01.01	응급실	뇌출혈	I60.0	2023.01.01	최민준	뇌출혈	중증	뇌출혈
6	006	한민준	1990.01.01	남	무직	2023.01.01	응급실	뇌출혈	I60.0	2023.01.01	한민준	뇌출혈	중증	뇌출혈
7	007	정민준	1990.01.01	남	무직	2023.01.01	응급실	뇌출혈	I60.0	2023.01.01	정민준	뇌출혈	중증	뇌출혈
8	008	최민준	1990.01.01	남	무직	2023.01.01	응급실	뇌출혈	I60.0	2023.01.01	최민준	뇌출혈	중증	뇌출혈
9	009	한민준	1990.01.01	남	무직	2023.01.01	응급실	뇌출혈	I60.0	2023.01.01	한민준	뇌출혈	중증	뇌출혈
10	010	정민준	1990.01.01	남	무직	2023.01.01	응급실	뇌출혈	I60.0	2023.01.01	정민준	뇌출혈	중증	뇌출혈

채택된 사례 예제 정리

[그림4] 알고리즘을 이용한 응급실 손상환자 후향적 검토 (강원 직업병 안심센터)

뉴스레터를 통한 사례 공유 (중부 직업병 안심센터)

4개 센터(인하대병원, 원주세브란스기독병원, 고려대안산병원, 한양대구리병원)가 속해있는 중부 직업병 안심센터는 “중부 직업병 안심센터 뉴스레터”를 매달 발간하고 있다(www.kodscjbnews.org). PDF 형태와 웹기반으로 발간하여 중부 직업병 안심센터 거점병원 및 협력병원의 실무자, 고용노동부와 중부지방고용노동청, 산업안전보건공단 산업보건센터, 유관기관 등과 공유하고 있다.



[그림5] 중부 직업병 안심센터 뉴스레터 홈페이지 화면과 pdf 자료

IV. 맺음말

직업병 안심센터는 현 산업보건체계에서 확인할 수 없었던, 직업병의 조기 발견과 예방을 위해 기관별로 다양한 자료수집 체계를 구축하여 운영하고 있으며, 지속적으로 각 기관별 특성을 고려한 자료수집체계의 고도화 및 발전 방안을 모색하고 있다. 앞에서 언급된 협력체계, 사례보고, 능동감시체계, 뉴스레터 등 각 센터별로 우수한 사례들의 장점들을 취합하여 직업병 안심센터 별 사업수행 수준의 상향평준화를 도모할 필요가 있다. 또한 데이터의 질적 향상 및 표준화, 다양한 관련 기관들의 협력 강화, 그리고 의료진 등을 대상으로 한 안심센터 홍보 및 의식 확대는 물론, 이를 위해 보고체계를 포함한 데이터 표준화와 중앙감시본부 마련 등 정부의 적극적인 지원이 필요하다.

용어정의

임상

- 단어 그대로는 (환자가 있는) 침상에 임한다라는 뜻으로 의료진이 환자를 대하는 현장의 의미를 함축하며 주로 의료 서비스가 제공되는 환경, 상황을 표현할때 사용된다.

COPD

- 만성폐쇄성폐질환(Chronic Obstruvtive Pulmonary Disease)

후향적 모니터링

- 감시(=monitoring)하는 방식에 따라 후향적 모니터링과 전향적 모니터링으로 구별된다. 사건이 발생된 이후의 시점에 기 수집된 자료를 통해 질환발생 현황을 파악하는 방식을 후향적 감시, 수집된 자료가 없거나, 개입이나 사고이후의 효과등을 평가하기 위해 앞으로 새롭게 발생하는 질환을 실시간으로 파악해가는 방식을 전향적 감시라고 한다.

결측치

- 데이터에 값이 없음을 의미하는 것으로 수집되어야할 정보가 완전히 수집되지 못하고 누락됨을 의미한다.

KCD코드

- 한국표준질병사인분류(Korea Classification of Disease)는 질병이환 및 사망자료를 그 성질의 유사성에 따라 분류하는 체계로 질병 및 기타 보건문제를 분류하는데 표준화된 기준을 적용하여 정보를 수집하기 위해 개발된 질환분류체계이다.

퇴원손상심층조사

- 질병관리청에서 의료기관 퇴원환자 의무기록조사를 통해 수집하는 손상발생 규모 및 역학적 특성을 파악하기 위한 조사이다.

03

인천 직업병 안심센터 부센터장
인하대병원 직업환경의학과
이동욱 교수



직업병 안심센터 운영에 따른 모니터링 결과 분석



주요 내용 요약

- | 전국 10개의 직업병 안심센터가 2022년부터 2023년 1분기까지 취합한 직업성 질병 모니터링 사례는 총 2,503건이며, 점차적으로 증가하는 추세. 효과적인 관리를 위해서는 직업성 질병의 규모와 양상을 파악하고 기초자료를 생산하는 것이 중요하지만 보완도 필요. 응급의료체계뿐만 아니라 지역사회 의료진을 모두 포괄할 수 있는 보고체계를 구축한다면 대표성을 가진 데이터를 생성할 수 있을 것.
- | 직업병 안심센터를 통해 보고되는 사례들은 기존의 체계에서 발견할 수 없었던 것들로 직업적 유해요인을 찾아낼 수 있는 귀중한 자료. 다만 데이터의 가치를 높이려면 전문가들의 노력과 정부의 지원 등 데이터 표준화 활동이 필요. 또한, 표준화된 한국형 분류 체계도 고려해볼만한 사항임.

I. 서론

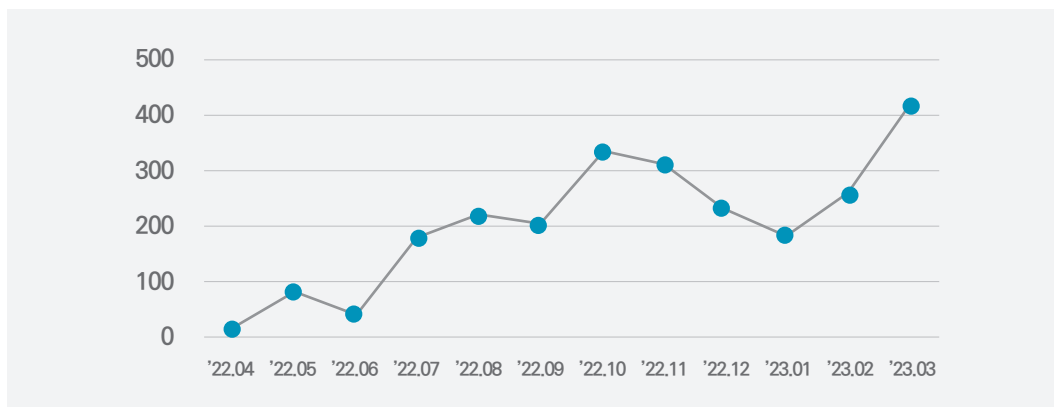
직업병 안심센터는 지역별로 거점 종합병원이 중심이 되어, 진료 단계에서 직업성이 의심되는 환자에 대한 보고체계를 마련하는 것을 목적으로 한다. 2022년 4월 서울 직업병 안심센터를 시작으로, 중부 4개소(인천, 강원, 경기남부, 경기북부), 충청, 대구, 부산·울산, 경남, 광주 총 10개의 직업병 안심센터를 설치, 운영하고 있다. 직업병 안심센터는 근로자들의 직업성 질병을 신속하게 발견하여 추가 피해를 예방하고, 원인조사 및 재발방지 등 후속조치를 수행하는 체계를 구축하는 역할을 한다. 직업병 안심센터는 센터 내원 환자 및 임상진료과, 응급의학과, 협력병원, 지방고용노동관서 등 협력기관의 협조 및 보고를 받아 직업병 질병 의심사례를 수집하고, 필요시 심층진료와 업무관련성 조사를 수행한다.

또한 직업병 모니터링 체계에서 수집된 자료를 활용하여, 현재까지 정확히 파악하지 못했던 직업성 질병의 현황에 대한 데이터베이스를 구축하는 기능 또한 기대하고 있다. 이를 위해 직업성 질병 모니터링 조사항목에 따라 사례를 정리하여 관리하고, 주기적으로 정리된 사례를 보고하도록 한다. 이 글은 전국 10개 직업병 안심센터 개소부터 2023년 3월(1분기)까지의 직업성 질병 모니터링 사례를 취합하여, 보고규모, 보고형태와 보고방법, 유해인자별 현황, 질환 분류별 현황을 살펴보고자 한다. 또한 직업병 안심센터의 향후 발전방향과 데이터 측면의 제언을 하고자 한다.

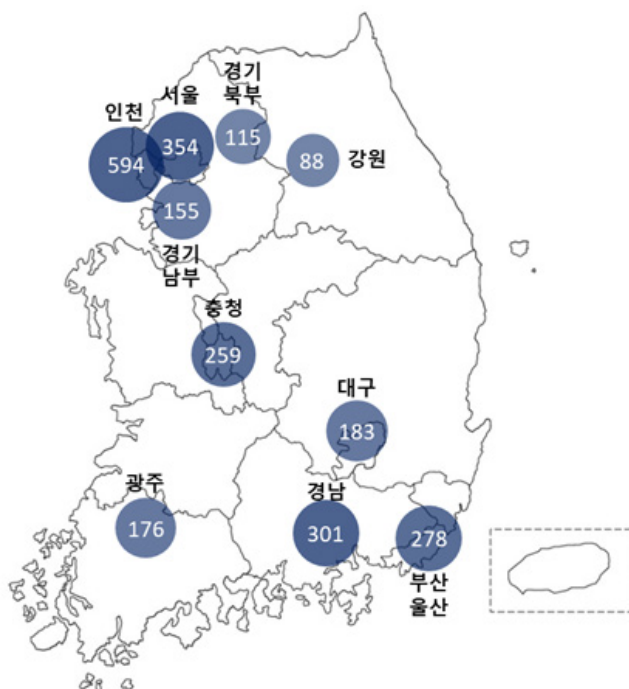
II. 사업결과

직업성 질병 모니터링 현황

전국 10개 센터로부터 비식별화된 직업병 질병 모니터링 조사항목 서식에 따른 2022년도 및 2023년도 1분기 보고를 획득하여 취합 및 정리하였다. 사업 개시부터 2023년도 1분기까지 총 2,503건의 모니터링 대상 질병이 보고되었다. 월별 질병 보고 건수는 점차적으로 증가하고 있으며, 2023년 3월에는 425건이었다(그림 1). 2022년부터 2023년 1분기까지 센터별로 보고 건수를 시각화하여 제시하였다(그림 2).



[그림1] 월별 모니터링 대상 질병 보고 건수 (2022년~2023년 1분기)



[그림2] 센터별 모니터링 대상 질병 보고 건수 (2022년~2023년 1분기)

보고형태 및 보고방법

각 센터의 보고경로와 데이터 입력 포맷은 아직 통일되어있지 않다. 때문에 단순보고, 협진의뢰, 전화, 협진, 외래, 응급실, 직업환경의학과 외래, 콜센터전화, 카톡채널 등과 같은 형태로, 각 데이터의 보고형태 및 보고방법을 검토하여 가공하였다. 보고형태는 단순보고, 협진의뢰, 수사지원요청, 후향적 모니터링 등으로 분류하였고, 원 데이터에서 파악이 어려운 경우에는 결측치로 처리하였다. 보고방법은 원내협진, 콜센터, 외래, 카카오톡, 메일, 기타 등으로 분류하였고, 원 데이터에서 파악이 어려운 경우는 결측치로 처리하였다.

보고형태를 파악하기 어려운 983건을 제외한 1,520건은, 단순보고가 864건(56.8%), 협진의뢰(42.2%), 수사지원(1.0%)로 나타났다. 보고방법의 경우 파악이 어려운 987건을 제외한 1,516건은, 원내협진 1,138건(75.1%), 외래(9.4%), 기타(4.5%), 콜센터(4.2%), 후향적 모니터링(3.9%), 메일(1.9%), 카카오톡(1.1%)였다.

유해인자별 현황

유해인자의 경우 원 데이터에서 보고된 형태나 범주상의 준위가 각 센터별로 상이하였기 때문에, 특수건강진단 대상 유해인자의 분류를 기반으로 생물학적 요인, 농약, 살생물제, 사회심리적 요인, 기타, 미상 등을 추가하여 재분류하였다. 보고된 사례에서 유해인자는 분진(23.6%), 유기화합물(16.1%), 미상(12.0%), 가스상 물질류(10.0%), 생물학적 요인(7.8%), 산 및 알칼리류(7.6%), 금속류(6.2%), 기타(4.9%), 사회심리적요인(1.6%), 금속가공유(0.5%), 농약, 살생물제 등(0.3%) 순으로 많았다(표 1).

[표1] 유해인자별 보고 건수(2022년~2023년 1분기)

유해인자	건수	비율(%)
유기화합물	402	16.1
금속류	156	6.2
산 및 알칼리류	189	7.6
가스상 물질류	250	10.0
금속가공유	12	0.5
분진 ¹⁾	591	23.6
물리적 인자 ²⁾	237	9.5
생물학적 요인	194	7.8
농약, 살생물제 등	8	0.3
사회심리적요인 ³⁾	40	1.6
기타	123	4.9
미상	301	12.0
계	2,503	100.0

1) 곡물 광물성 면 목재 용접 유리섬유 석면 등

2) 소음, 진동, 방사선, 고기압, 저기압, 자외선, 유해광선

3) 스트레스 등

질환 분류별 현황

질환 분류의 경우 진단코드, 진단명이 기재된 형태나 범주상의 준위가 각 센터별로 상이하였기 때문에, KCD 코드에 따라 다시 분류하였다. 보고된 사례의 빈도는 호흡기계질환(19.6%), 화학화상 등 손상(14.7%), 중독성 질환(13.7%), 안과적 질환(13.1%), 악성 종양(8.9%), 피부질환(8.3%), 질환으로 분류되지 않은 증상(7.1%), 감염성 질환(5.5%), 순환기계 질환(3.3%), 신경계질환(2.1%), 소화기계질환(1.3%) 순이었다. 기타 질환은 이과적 질환, 정신과적 질환 등(2.4%)이 있었다(표 2).

유해인자별 질환으로는, 분진에 의한 호흡기계질환(328건, 13.1%), 가스상 물질류에 의한 중독성 질환(177건, 7.7%), 분진에 의한 악성 종양(136건, 5.4%) 등이 상위를 차지했다.

[표2] 질환 분류별 보고 건수(2022년~2023년 1분기)

질환 분류	건수	비율(%)
호흡기계질환	490	19.6
화학화상 등 손상	369	14.7
중독성질환	343	13.7
안과적질환	327	13.1
악성 종양	223	8.9
피부질환	208	8.3
질환으로 분류되지 않은 증상	178	7.1
감염성 질환	137	5.5
순환기계질환	82	3.3
신경계질환	53	2.1
소화기계질환	32	1.3
기타	61	2.4
계	2,503	100.0

업무관련성 평가

업무관련성은 확실(Definite), 가능성 높음(Probable), 가능성 있음(Possible), 가능성 낮음(Unlikely)으로 분류하였으며, 평가 불가한 경우 또는 진행 중인 조사 사항 등의 이유로 평가하지 않는 경우들이 있었다. 가능성 높음(Probable)로 평가된 경우가 31.6%, 확실(Definite)로 평가된 경우가 22.8%였으며, 가능성 있음(Possible)은 4.9%, 가능성 낮음(Unlikely)는 6.9%였다. 평가가 진행 중이거나 공란인 경우 또한 18.9%였다(표 3).

[표3] 업무관련성 분류별 보고 건수(2022년~2023년 1분기)

업무관련성 분류	건수	비율(%)
확실(Definite)	570	22.8
가능성 높음(Probable)	791	31.6
가능성 있음(Possible)	123	4.9
가능성 낮음(Unlikely)	173	6.9
평가불가(Unidentifiable)	373	14.9
기타(진행 중, 공란 등)	473	18.9
계	2,503	100.0

III. 결론 및 정책제언

전국 10개 센터가 2022년도부터 2023년도 1분기까지 보고받은 직업성 질병 모니터링 사례는 총 2,503건이며, 점차적으로 보고가 증가하고 있다. 보고형태는 단순보고가, 보고경로는 원내보고가 가장 많았다. 보고사례의 유해인자로는 분진(23.6%), 유기화합물(16.1%), 가스상 물질류(10.0%) 순이었으며, 질환은 호흡기계질환(19.6%), 화학화상 등의 손상(14.7%), 중독성질환(13.7%) 등이 많았다. 업무관련성은 가능성 높음(Probable, 31.6%), 확실(Definite, 22.8%)로 평가된 사례들이 가장 많았다. 유해인자와 관련있는 질환을 함께 보았을 때는 분진에 의한 호흡기계질환(13.1%), 가스상 물질류에 의한 중독성 질환(7.7%), 분진에 의한 악성 종양(5.4%) 등이 많았다.

직업성 질병의 위험을 효과적으로 관리하기 위해서는 직업성 질병의 규모와 양상을 파악하고 기초자료를 생산하는 것이 필요하다. 비록 직업병 안심센터를 통해 취합된 자료는 현재까지 만들어진 자료들 중 가장 가치있고 가능성 있는 자료임에도 불구하고, 여러 한계점이 있어 아직 전국의 직업성 질병 상황을 대표하기에는 무리가 있다.

직업병 안심센터에 2022년 4월부터 2023년 3월까지 보고된 직업성 질병 모니터링 사례 중 중독성 질환은 343건이었다. 우리나라의 연간 직업성 중독 환자 규모는 아직 정확히 보고된 바 없다. 사전 연구로 2016년 퇴원손상심층조사 원시자료를 활용하여 추정된 바 있는데, 연간 약 3,136명 수준으로 추정하였다. 이에 반해 질병관리청에서 23개의 참여병원 응급실을 2021년 방문한 190,496명의 손상환자를 보고받아 정리한 손상 유형 및 원인 통계에서 '작업장 중독'으로 명시되어 보고된 사례는 34명이었다. 사례정의 및 시기가 다르기 때문에 사전 연구와 직접적인 비교는 어렵지만, 기존 응급실손상감시체계가 보고한 직업성 중독 사례를 상회하는 성과를 보이고 있으나 포괄 범위를 확대하기 위해 보다 치밀한 보고 체계를 구축할 필요가 있다.

직업성 질병 모니터링 사례 총 2,503건이 국내의 직업성 질병 사례 건수를 대표할 수 있는지에 대한 부분도 향후 해결해 나갈 과제이다. 중독성 질환은 중증으로 나타나 응급의료 서비스를 이용할 가능성이 높아 많은 사례를 포괄할 가능성이 크지만, 그 외의 직업성 질환은 대부분 아급성 또는 만성 경과를 밟아 정확히 파악하기 어렵다. 따라서 응급의료체계 뿐 아니라 지역사회 의료진을 모두 포괄할 수 있는 보고체계를 구축한다면 대표성을 가진 데이터를 생성할 수 있을 것이다.

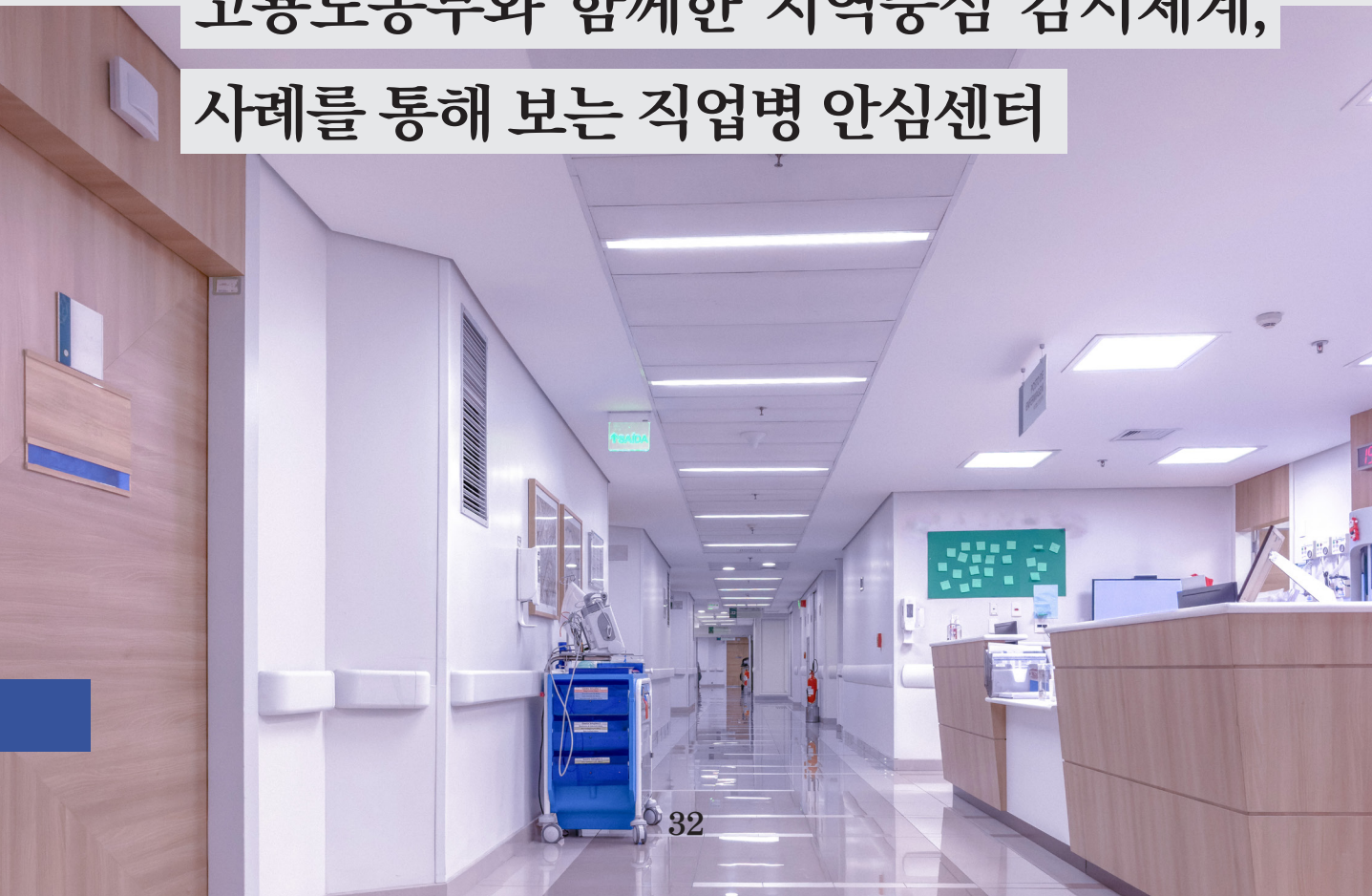
직업병 안심센터를 통해 보고되는 사례들은 기존의 산업보전 체계에서 파악할 수 없었던 업무상 질병과 그와 관련된 직업적 위해요인들을 찾아낼 수 있는 귀중한 자료원임에 틀림없다. 다만 정책 수립을 위한 최고 품질의 데이터 생성으로 나아가기 위해서는 전문가들의 노력과 정부의 지원이 추가적으로 필요할 것으로 보인다. 직업병 안심센터 전체 구성원들과 외부전문가들이 참여하는 데이터 표준화 활동이 필요할 것으로 파악된다. 또한 미국의 직업성 손상 및 질환 분류 체계(Occupational Injury and Illness Classification System, OIICS)와 같은 질병 및 손상의 성격과 사건 또는 노출에 대한 표준화된 한국형의 분류 체계가 필요하다. 관련기관, 전문가들이 힘을 모아 만들어 나간다면 이미 역사적인 걸음을 내딛고 있는 직업병 안심센터가 세계적으로 전례없는, 선도적인 우수사례가 될 수 있을 것으로 기대한다.

04

서울 직업병 안심센터 조사분석팀장
한양대학교병원 직업환경의학과
민지희 교수



고용노동부와 함께한 지역중심 감시체계,
사례를 통해 보는 직업병 안심센터



주요 내용 요약

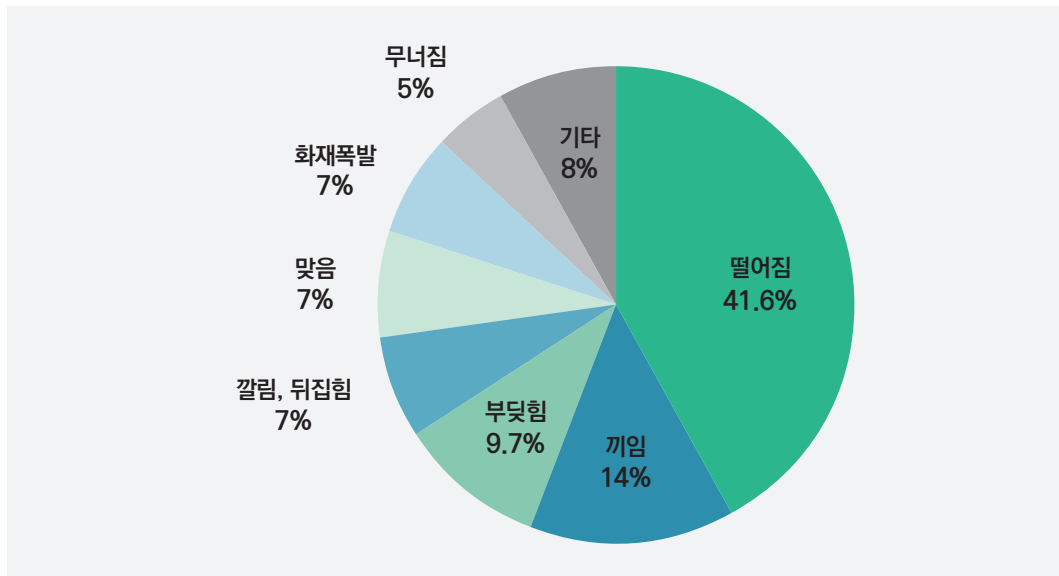
- | 사업장 사고 발생시 이를 중대산업재해로 인식하는 경로는 응급실에 이송된 재해자 자신 또는 의료진이 해당 고용노동지청 보고로 가능. 두 경로 모두에서 직업병 안심센터는 핵심적인 역할을 수행. 병원에 찾아온 재해자를 찾아내는 역할은 직업병 안심센터가 가장 집중하는 대면 지점. 그리고 중대산업재해로 고용노동부에 보고된 경우, 지청이 관할 직업병 안심센터에 연락해 중대재해의 업무관련성을 평가하는 신속 수사지원체계 구축. 직업병 안심센터는 중대재해 수사 중 가장 핵심적인 '업무와의 관련성' 및 '의무기록의 해석과 판단' 지원업무를 수행.
- | 직업병 감시체계가 효과적으로 작동하기 위해서는 잘 짜여진 지역단위 보고체계와 협력체계가 필요. 또한, 안심센터는 지방 고용노동관서 및 안전보건공단과 긴밀히 협조하여 사업장 작업환경을 파악하고 개선하는데도 기여할 것임.

2022년 1년간 발생한 중대재해는 고용노동부 보고에 따르면 총 644명 (611건)의 사고 사망자가 발생했다. 또한 2022년 1월 27일 중대재해처벌법 시행 이후 발생한 중대재해는 총 596명 (568건)이었다. 이들 중 2022년 12월 31일까지 총 229건의 중대재해처벌법 적용대상의 중대 산업재해가 발생했다. 사업체 규모별로 살펴 보면 50인 미만의 사업장에서 388명 (381건)의 사고 사망자가 발생해 전체 사고 사망자의 60.2%를 차지했다. 또한 건설업 (53.0%), 제조업 (26.6%)에서 전체 중대 재해의 79.6%가 발생해 취약 산업을 확인할 수 있었다.

[표1] 2022년 1월 27일 이후 중대재해 발생 현황¹⁾

구분	전업종			건설업			제조업			기타업종		
	계	50인 (억) 미만	50인 (억) 이상	계	50억 미만	50억 이상	계	50인 미만	50인 이상	계	50인 미만	50인 이상
사망 자수	596	365	231	316	215	101	154	74	80	126	76	50
사고 건수	568	358	210	308	213	95	146	74	72	114	71	43

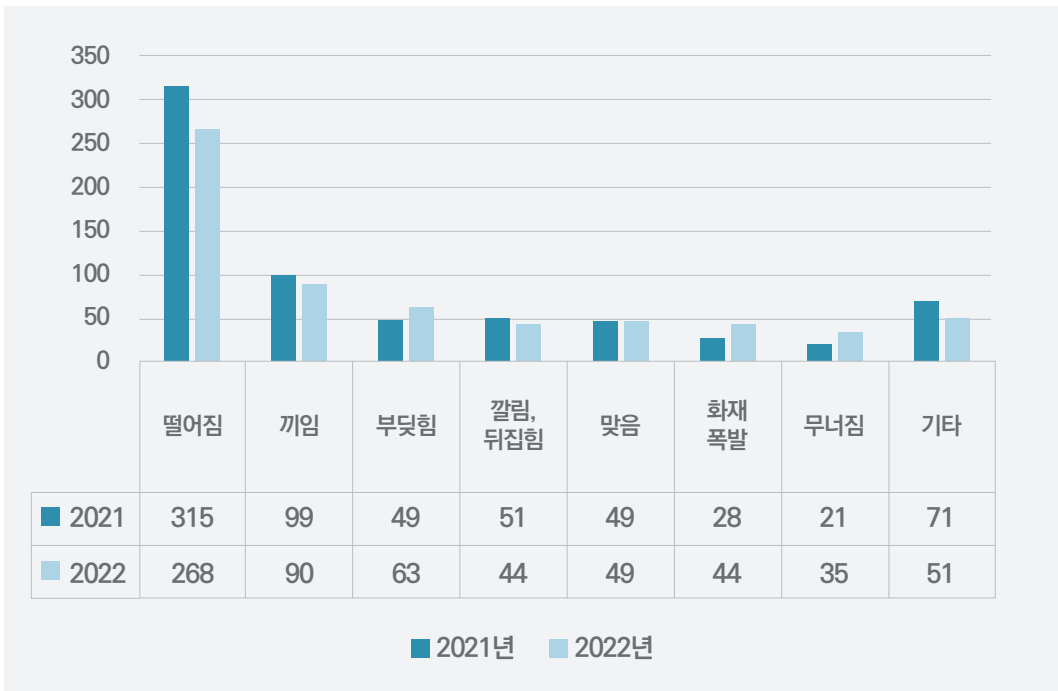
재해 유형별로 살펴 보면 떨어짐 사고가 41.6%로 가장 큰 부분을 차지했으며 끼임 재해는 90명 (14.0%), 부딪힘은 63명 (9.7%) 순으로 3대 사고 유형이 총 421명으로 전체 사고 사망자 중 65.3%였다. 또한 한번의 사고로 다수의 근로자가 다치는 대형사고에 해당하는 무너짐 사고 또는 화재, 폭발 중대재해 역시 전년도에 비해서 각각 66.7%, 57.1% 큰 폭으로 증가했다.



[그림2] 중대재해의 재해유형

1) 고용노동부 1.27 중대재해처벌법 시행 1년 현황 및 과제 토론회 발제

[표2] 재해유형별 중대재해 건수



이렇게 중대 재해, 중대 산업 재해가 발생시의 초기 대응방법을 살펴보자. 중대산업 재해 예방 매뉴얼을 살펴 보면 사고가 발생하면 작업을 즉시 중지하고 최초 발견자는 사고 발생을 주변 동료들에게 전파한다. 그리고 119에 신고한 후에 재해자를 안전한 장소로 이동한 후 피해자를 즉시 병원으로 이송한다. 인근 응급실로 이송된 재해자는 필요한 의료 조치를 받는다. 중대 산업재해 또는 중대 재해의 경우 해당 고용노동지청에 사고 발생 즉시 보고해야 한다. 그 후 필요하면 사고 수습의 복구를 위한 활동 및 조사에 협조하고 사업주는 재해 방지 대책을 수립하는 순서로 진행한다. 중대 산업 재해 매뉴얼에서 알 수 있듯이 사고가 발생했을 때 이것을 “중대산업재해”로서 인식할 수 있는 경로는 2가지이다. 첫째는 응급실로 이송된 재해자를 통한 경로와 둘째는 해당 고용노동지청에 보고하는 경로이다. 직업병 안심센터는 이 두 경로 모두에서 핵심적인 역할을 할 수 있다.

첫 번째 병원에서 진료를 보는 재해자를 찾아내는 역할은 현재 직업병 안심센터가 가장 집중하고 있는 대면 지점이다. 전국의 직업병 안심센터는 모두 공통적으로 의료진이 직업성 질병이 의심되는 환자의 직접 보고를 독려하고 있다. 각 센터가 속한 병원과 협력 병원 그리고 온라인을 통해서도 진료하는 의료진 모두가 신고할 수 있는 체계를 갖추고 있다. 두 번째로 고용노동 지청에 보고된 경우에는 고용노동지청에서 관할 직업병 안심센터에 연락해 빠르게 중대재해의 업무와의 관련성을 평가하는 체계도 구축되어 있다. 이러한 체계는 “수사 지원”이라고 하는데, 중대 재해의 수사 중 가장 핵심적인 역할을 하는 “업무와의 관련성” 및 “의무 기록의 해석과 판단” 업무를 수행한다. 중대재해 처벌법 시행 이후 근로감독관의 업무의 과도한 증가와 적은 숫자에 대해서 우려하는 견해가 많았다. 직업병 안심센터와 협업하는 수사 지원 체계는 근로감독관이 작업장 관리 및 감독이라는 본연의

의무에 충실할 수 있도록 직업환경의학과의 전문 영역인 “업무관련성 평가”에 대해서 협업체계를 구축하고 있다. 실제로 지난 1년간 고용노동부와와의 협업으로 재해예방에 기여한 예를 소개한다.

세척제 사용으로 인한 급성 독성간염 집단 발생

첫째, 서울 직업병 안심센터의 사례로, 전자 부품을 제조하는 공정에서 제품을 세척액으로 닦아내는 작업을 수행하는 업무를 한 근로자가 2022년 말 황달, 피로, 식욕 부진을 사유로 서울시 소재의 대학 병원에 내원한 후 독성간염을 진단 받았다. 그 후 서울 직업병 안심센터에서 진료를 본 후 동일 작업장의 다른 노동자 역시 독성간염 발생 위험이 높다고 판단했다. 바로 서울지방 고용노동청과 의심사례를 공유하였고 해당 지역 고용노동청과 연계해 사업장 작업환경을 파악하고 작업환경 측정을 통해 원인 물질인 트리클로로메탄을 확인하였다. 서울센터는 이로 인하여 더 많은 독성간염 환자가 발생했을 가능성을 추정하고 고용노동부 장관의 명령에 의한 임시건강진단을 시행하였다. 임시건강진단 결과 추가로 6명의 독성간염 의심(특수건강검진 상 직업병 유소견자, D1) 근로자를 확인하였다. 이를 근거로 동일 직종 근로자에 대하여 안전보건 직업성 질병 발생 경보 (KOSHA ALERT)를 배포하였다.



KOSHA Alert
March 2023

세척제 트리클로로메탄 급성중독 발생경보

'23.3월 경기도 이천시 소재 전자부품 제조업체에서 근로자 7명이 세척제에 함유된 **트리클로로메탄(클로로포름)**에 노출되어 **독성간염 발생**

【 재해 개요 및 원인 】	【 예방 대책 】
[작업내용] 전자 부품을 제조하는 작업장에서 제품 가공 후 제품에 묻어있는 절삭유(가공 과정에서 에미의 미활성을 낮추는 윤활유)를 제거하기 위해 소분 용기에 담긴 세척제를 영검에 적셔 표면을 직접 닦는 작업 수행  원자재 [사용물질] 황달, 간독성, 신장 손상 등의 유해성이 있는 트리클로로메탄이 함유된 세척제 사용 ⇒ '22년 6월부터 기존 세척제(디브로모메탄)보다 세척력이 좋은 신규 세척제(트리클로로메탄)로 변경했으나, 신규 세척제 유해성 미인지 및 소분용기 기존 경고표지 그대로 부착 [재해원인] ① 유해성 미인지(유해성교육 미실시, 소분용기에 변경된 세척제 경고표지 미부착 등) ② 국소배기장치 미설치 ③ 적정보호구 미착용(KF마스크 등 부적정 마스크 착용) ⇒ 재해자들은 세척작업에서 근무하면서 세척제 증기에 반복 노출되어 황달, 간수치 상승 등 급성중독 증상 발생	■ 유해물질 취급 장소에는 반드시 국소배기장치 설치 - 유해증기나 가스 등이 작업자 호흡기로 노출되지 않도록 차단 ■ 유해물질 노출 근로자의 적정보호구 착용 - 방독마스크, 불침투성 보호장갑 및 보호의 등 ■ 취급 화학물질에 대한 유해성 주의 - 사용물질에 대한 인체영향 등을 교육을 통해 작업자에게 주지 - 변경된 화학물질은 반드시 사전 교육 실시 최근 변경된 세척제 사용에 따른 중독사고가 '22년(29명)에 이어 지속 발생하고 있습니다. 취급하는 세척제의 유해성 확인이 예방의 시작입니다! ※ 고용노동부와 안전보건공단이 비용지원 합니다 세척제를 사용하는 사업장에서 국소배기장치 또는 밀폐설비를 설치하는 경우 설치비용의 50~70%를 지원합니다 (대표전화 : ☎1644-8845)

☀ 세척제 등 화학물질을 사용하거나 최근 사용하면 세척제가 변경되었고, 검진 결과 **간수치 상승, 황달, 간손상** 등의 증상으로 **직업병에 의심된다면 직업병 안심센터**(대표전화 : ☎1588-6798)로 문의하세요

| 배포처 안전보건공단 산업보건실 | 주소 울산광역시 중구 중가로 400 | 전화 052-703-0388 | 홈페이지 www.kosha.or.kr |

[그림3] 안전보건 직업성 질병 발생 경보

세척제의 피부 노출에 의한 급성 독성간염 발생

둘째, 경기 남부 직업병 안심센터에 보고된 급성 독성 간염 사례로, 평소 건강하며 특이 병력이 없던 24세 남성 근로자가 내원 2일전부터 지속된 오심, 구토 및 우상복부 통증으로 응급실에 내원하였다. 당시 근로자는 반도체 소재 공장의 생산팀 근로자 였는데 내원 4일전에 제품을 세척하는 공정에서 흘러 나온 DMF¹⁾용매에 노출되었다고 진술했다. 구체적으로 근로자는 작업 중에 드레인 밸브를 잠그지 않아 DMF용매가 누출됐으며 바닥에 용매가 고였는데, 이로 인해 넘어져 하반신 전체가 용매에 젖었다고 했다. 그 후 응급 샤워장에서 물로 씻어내기는 했으나 당시 방진복을 모두 탈의할 수 없어 하의가 젖은 채로 1시간 거리의 숙소로 돌아가 환복을 하였는데, 이 과정에서 피부가 많은 양의 DMF에 노출되었을 것으로 추정하였다. 입원 후 급성 독성간염으로 진단되었고 DMF의 생물학적 노출지표인 요중 NMF²⁾ 역시 높아 노출력의 진술과도 부합하였다. 경기남부 직업병 안심센터는 해당 고용노동지청에 보고하였고, 사업장에는 재해경위 파악, 건강진단 및 작업환경측정결과를 요청했다. 해당 근로자는 급성 독성간염이 호전되어 퇴원하였으며 산업재해 신청 이후 2022년 11월 승인되었다. 또한 DMF용매가 누출된 사고 발생 후에 뒤 정리와 청소를 한 조원들도 급성 독성간염 발생 가능성이 있어 건강진단을 시행했으나 다행히 특이 소견이 없었다. 고여있던 용매에 전도되었던 근로자만 피부 노출로 독성간염이 발생했을 뿐 호흡기계 등 다른 경로를 통한 노출은 없었던 것으로 추정한다.

독성간염은 산업보건서비스만으로도 예방효과가 큰 직업성 질환이다. 독성 간질환의 주요 원인으로 알려진 세척제는 비교적 빠른 시간 내에 증상이 나타난다. 또한 독성 간질환은 진단 자체가 배제진단의 역할을 하기 때문에 직업적 유해요인에 의한 독성 간질환을 진단하기 위해서는 정밀검사와 노출력 확인이 중요하다. 동일한 노출원이 의심될 경우에는 해당 작업장의 작업 공정에서 원인 물질의 사용을 줄이거나 대체하는 방법만으로도 독성 간염 발생을 예방할 수 있다.

조리사의 안증상 발생 사례

세번째는 중부 직업병 안심센터에 보고된 조리사 안증상 발생 사례이다. 인천 소재지의 해당 사업장은 총 15명이 근무하는 사업장이었다. 2022년 7월의 작업환경 측정 (혼합유기화합물, 벤젠, 포름알데히드, 아크릴 아미드, 일산화탄소 등)은 모두 노출 기준 미만이었다. 그런데 2022년 09월 조리원 13명이 안증상을 호소하였고 이 중 6명이 병원 진료를 받았다. 이후 보안경 지급 및 일부 환기성능 개선 등을 시행하였지만 개선 이후에도 안증상을 호소해 고용노동부 인천북부지청에 문의해 중부 직업병 안심센터로 연계되었다.

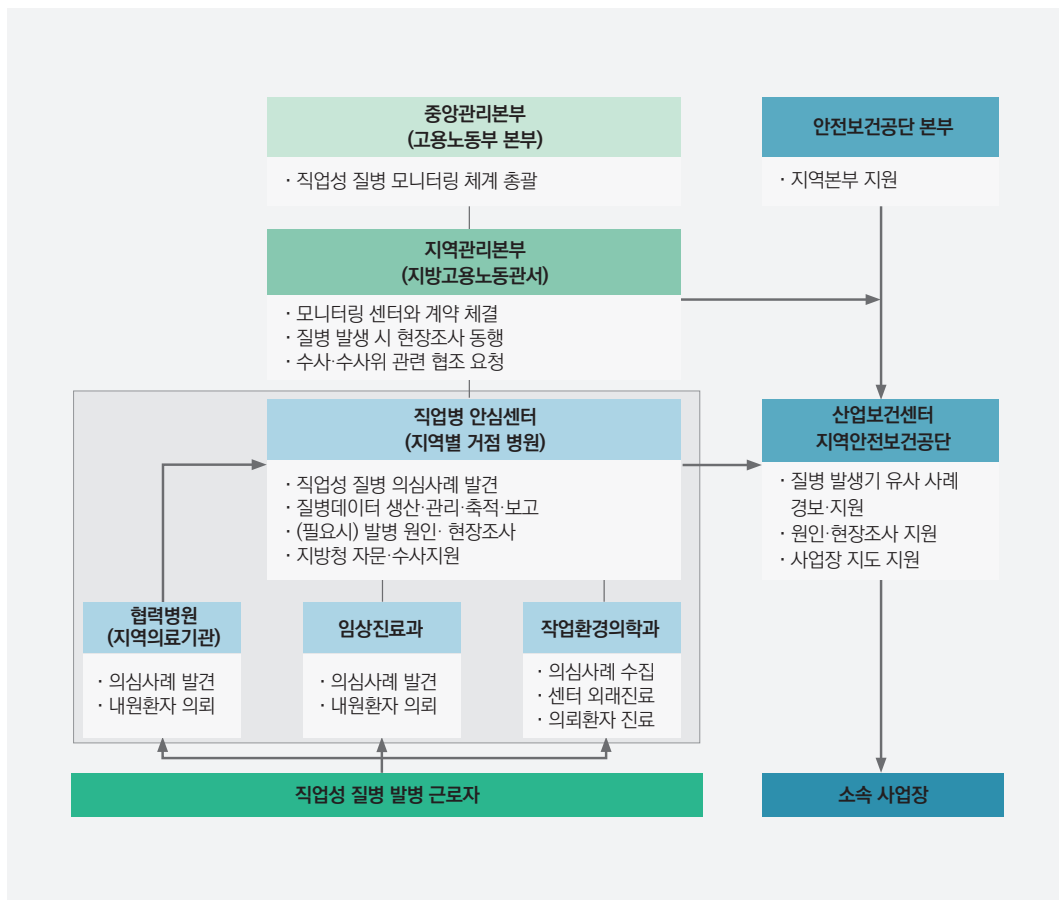
중부 직업병 안심센터에서는 고용노동부 중부청, 안전보건공단 등과 협의하여 2022년 12월,

1) DMF(Dimethylformamide): 디메틸포름아미드

2) NMF(N-methylformamide): N-메틸포름아미드

2023년 4월 두차례에 걸쳐 합동 현장조사를 수행하였고, 또한 증상을 호소하는 종사자들을 대상으로 안과진료를 진행하였다. 현장조사 결과, 선풍기 등으로 인한 방해기류 및 환기성능 부족으로 확인되어 개선이 필요한 것으로 평가되었다. 이는 고용노동부, 안전보건공단, 직업병 안심센터의 신속한 협력체계를 확인할 수 있는 사례이다.

직업병 감시체계를 효과적으로 운영하기 위해서는 지역 단위로 보고체계와 협력 체계가 촘촘해야 한다. 그림의 조직도에서 확인할 수 있듯이 직업병 안심센터는 지방고용노동관서와 지역 안전보건공단과 긴밀히 협조한다. 지역 단위로 운영되면 해당 지역에서 발생하는 직업병 환자를 직접 진료하는 의료기관의 보고를 받기 용이하다는 장점이 있다. 또한 안전보건공단 및 지방 고용노동관서와 협업해 소속 사업장의 작업환경을 파악하고 작업환경 개선을 위한 보건기술지원 등을 빠르게 진행할 수 있다는 장점이 있다. 빠른 개입은 직업병 발생 전에 관리차원에서 작업환경 개선과 보완이 가능하다. 앞으로 직업병 안심센터가 직업성 질환 예방을 위한 협력체로서 전문적이고 신속한 직업병 예방 사업을 수행할 수 있기를 기대한다.



[그림4] 직업성 질병 발병 근로자 보고체계





직업병 안심센터에 대한 전망과 기대



주요 내용 요약

- | 우리나라는 산업재해보상보험통계와 산업재해발생보고 통계를 이용해 직업성 질병현황을 모니터링하고 있지만 보상 목적이기 때문에 직업병 질병의 전체 발생규모를 추정하지 못하는 한계가 있음. 또한 질병을 직업과 연관 짓지 못하고 의사의 진료로 완결되는 경우 보험통계에서 누락될 수 있으며, 시간적 간극으로 적시에 직업성 질병을 파악하기 어려운 현실. 이를 극복하기 위해 '직업병 안심센터' 개소.
- | 이전에도 직업성 질병 통계의 한계를 극복하기 위한 노력이 있었으나 직업병 안심센터의 특징은 1)폭넓은 네트워크구축을 기반으로 다양한 사례보고 통로를 확보 2)고용노동부 및 안전보건공단과의 상호협조를 통해 개입을 강화 3)'센터'라는 물리적 유형의 토대로 운영 안정성과 장기적 전망 확보 4)첫해 10개의 센터 개소로 전국 포괄성 확보 5)운영의 자율성과 유연성이 존중되는 경향
- | 직업병 안심센터는 개소 이후 직업성 질환에 대한 인식 제고의 중요한 계기가 되었으며 직업병을 발굴하는데 그치지 않고 개입을 가능케 하는 국가적 시스템을 만드는 전초기지가 될 것임. 신속한 현장조사 권한, 중앙지원조직 등의 고려할 사항이 남아있으나 고용노동부 및 안전보건공단과 사업장개입을 위한 협력관계를 공고히 하고, 직업성 질병 의심사례보고와 예방을 위한 개입을 의무화하는 등의 노력을 한다면 직업병 질환에 대한 적시 조치가 가능한 미래가 가능.

서론¹⁾

우리나라는 산업재해보상보험(이하 산재보험) 통계와 산업재해 발생 보고 통계를 이용해 직업성 질병 현황을 모니터링하고 있다. 그러나 보상을 목적으로 만들어진 산재보험 통계로는 직업성 질병의 전체 발생 규모를 정확하게 추정할 수 없다는 한계가 있다. 대부분의 직업성 질병은 환자가 직업에서 기인한 질병이라는 것을 인지하지 못한 채, 직업환경의학과 이외의 타 임상과 의사의 진료를 받고 종결된다. 이 경우 직업성 질병에 대한 보상으로 이어지지 않기 때문에 산재보험 통계에서 누락될 소지가 높다. 또, 산재보상 지연 등으로 인해 직업성 질병 발생 시점과 산재보험 통계를 통한 현황 파악 시점에 큰 간극이 존재한다. 업무상 질병 신청부터 승인까지 산업재해 처리 기간은 2020년 기준 평균 172일로, 산재보험 통계로는 직업성 질병의 지체 없는 현황 파악을 기대하기 어려운 상황이다.

산업재해 발생 시 한 달 이내에 사업장에서 고용노동부에 산업재해조사표를 제출하도록 하여, 산업재해 발생 보고를 기반으로 한 재해 통계도 일부 공개되고 있으나, 이 보고 체계 역시 직업성 질병의 경우 누락되기 쉽다. 산업재해 발생 보고 제도의 목적 중 하나는 사업장에서 동종 재해 재발 방지를 위한 계획을 수립하고 진행하도록 하는 것이나, 이러한 재발 방지 계획과 시행은 개별 사업장의 노력과 역량에 맡겨져 있는 것이 현실이다. 직업성 질병 발생을 신속하게 파악하여 민첩하게 대책을 모색하고 대응하는 적시성은 직업성 질병 확산 예방에 중요한 요소이나, 이러한 체계에도 공백이 존재하는 셈이다.

이와 같이 기존의 제도로는 직업성 질병을 발생 시점 당시 정확하게, 지체 없이 포착하는 데 한계가 있고, 개선을 위해 개입하는 체계로의 연계가 이루어지기 어렵기 때문에 이를 극복하기 위해 2022년 초 고용노동부는 직업병 안심센터 운영 위탁사업을 시작하였다.

직업병 안심센터 출범

2022년 4월 서울 직업병 안심센터를 시작으로 12월 대전·충청 직업병 안심센터까지 전국에 열 개의 직업병 안심센터가 개소하였다. 직업병 안심센터는 직업성 질병 환자가 병원에 내원했을 때, 각 임상 진료과 진료 단계에서 업무기인성을 파악하여 직업성 질병을 신속하게 발견하고 보고하여 추가 피해를 예방하고 필요시 원인조사 등 후속 조치를 수행하는 역할을 한다. 또한 업무기인성이 있는 것으로 판단된 질병의 경우 해당 사업장의 작업환경조사를 통해 집단 발병 등을 예방하며, 근로감독관의 업무기인성 여부 판단에 대한 자문 역할도 수행한다.

직업병 안심센터 이전에도 직업성 질병 통계의 한계를 극복하기 위한 노력의 일환으로 직업성 질환 감시체계 사업이 운영된 바 있다. 1998년 직업성 피부질환 및 직업성 천식 감시체계 운영을 시작으로 다수의 질병별 감시체계, 지역 및 권역별 감시체계, 기타 감시체계(주사침 손상, 사업장/의료기관 중심 감시체계, 응급실 손상 감시체계 등)가 구축·운영되었다. 이러한 감시체계의 맥을 직업병 안심센터가 잇고 있는 점은 분명하나, 직업병 안심센터가 가지는 두드러진 특징이 있다.

1) 이 원고는 2022년 수행된 〈직업성 질병 모니터링 체계 사업 운영 현황 분석〉 연구 결과를 기반으로 작성되었음.

첫째, 직업병 안심센터는 폭넓은 네트워크 구축을 기반으로 다양한 사례보고 통로를 확보하고자 한다. 직업병 안심센터는 안심센터가 속한 병원 내 다양한 타 임상과 의료진과 협력 체계를 구성할 뿐만 아니라 외부 협력 병원, 근로자건강센터와도 사례보고 체계를 구축하였다. 더불어 안심센터를 운영하는 직업환경의학과에서 특검, 대행, 외래를 통해 만나는 노동자들의 사례도 수집 가능하며, 사업장 보건관리자 또는 노동조합과도 협력체계 구축이 가능하다.

둘째, 직업성 질병 모니터링을 통한 현황 파악을 넘어서 개입을 강화하고자 한다. 이를 위해 고용노동부 및 안전보건공단과의 상호 협조를 강조한다.

셋째, 직업병 안심센터는 ‘센터’라는 물리적 유형의 토대를 가진다. 이는 운영의 안정성을 강화하고 장기적 전망을 보다 용이하게 한다.

넷째, 전국 포괄성을 담보하기 위해 지역 배치를 고려하여 2022년 한 해에만 열 개의 직업병 안심센터를 설치하였다. 이는 상대적으로 적은 예산에 전국 확대 속도도 느렸던 근로자건강센터와 대비되는 것으로, 직업병 안심센터를 통해 직업성 질병 모니터링과 적시 대응을 강화하겠다는 고용노동부의 분명한 의지를 엿볼 수 있다.

다섯째, 안심센터 운영의 자율성과 유연성이 존중되는 경향을 보인다. 직업병 안심센터의 기본적인 틀은 발주처인 고용노동부에서 제시하지만, 직업병 안심센터의 세부적인 구성과 운영은 지역의 상황을 고려하며, 안심센터 운영진의 판단 하에 진행한다. 이는 안심센터 운영진으로 하여금 각 지역에서 최적의 모형을 고민하도록 유도하는 효과를 기대하는 것이다.

성과와 보완점

직업병 안심센터는 개소 이후 약 1년 동안 2,500여건의 직업성 질병 의심사례를 보고하였다. 이 가운데 업무관련성이 확실하거나 가능성이 높은 사례는 1,360여건으로 54%를 상회하였다. 직업병 안심센터 체계 구축 기간을 고려하면 약 7-9개월간 달성한 것으로, 직업병 안심센터에 대한 저변의 인식이 축적되지 않은 초기에 거둔 괄목할 만한 성과이다. 이런 직업성 질병 사례보고가 가능하도록 직업성 질병 발굴을 위한 체계를 구축하고 직업성 질병 인식 제고의 틀을 마련한 것도 중요한 성과이다. 2022년 상반기 개소 이후 직업병 안심센터들은 체계 구축에 주안점을 두었다. 직업병 안심센터를 중심으로 원내 타 임상과, 협력병원과 네트워크를 구축하였다. 특히 안심센터 수탁병원 외부의 협력병원과 네트워크를 구축하는 것은 직업병 안심센터 사업이 아니라면 거의 불가능했을 것이다. 또 직업병 안심센터는 직업성 질환에 대한 인식을 증가시킬 수 있는 중요한 계기를 제공해주었다. 아직 직업병에 대한 인식 수준이 낮은 의료계 전반 뿐 아니라, 다양한 홍보 경로를 통해 비의료인에게도 직업병에 대한 인지도를 높일 수 있는 기반이 마련되었다.

다만, 직업병 안심센터의 사업이 안정 궤도에 오르기 위해 고민해봐야 할 지점들이 있다. 첫째, 직업병 안심센터 자료가 직업성 질병 감시에 충분한, 대표성 있는 통계를 생산할 수 있도록 제도적·기술적 보완이 필요하다. 이미 안정화 단계에 접어든 암 감시체계나 국가응급진료정보망(NEDIS) 등 기존 모니터링 체계를 활용하여 직업성 질병 모니터링의 효율을

높일 수 있는 방안이 고려되어야 한다. 해당 질환의 업무 관련성을 추정할 수 있는 항목을 기존 모니터링 자료에 추가하여 수집하고 분석한다면, 직업성 질병의 현황을 입체적으로 파악할 수 있고 기존 자료의 활용도도 배가시킬 수 있다. 직업병 안심센터는 보고원으로부터 사례를 보고받는 수동 감시에 초점을 맞추고 있으나, 직업성 질병별 특성에 따라 능동 감시도 적극적으로 검토할 필요가 있다. 장기적으로는 직업성 질병이 의심되는 환자를 발견한 모든 의료인은 의무적으로 신고하도록 하는 방안을 강구하도록 한다. 사회적으로 심각한 문제라고 인식되는 아동 학대에 대해서는 의심이 되는 경우 의료인으로 하여금 신고하도록 하고, 정당한 예외 사유가 없으면 즉시 조사하도록 한 「아동학대범죄의 처벌 등에 관한 특례법」을 참조할 만하다.

둘째, 현재 직업병 안심센터에서 직업성 질병으로 사례 발견 시 필요한 경우 유관기관의 협조로 현장조사를 하고 있는데, 이 절차를 보다 간소화하여 직업병 안심센터에서 바로 현장 조사를 더 긴밀하고 신속하게 할 권한이 필요하다. 유관기관은 업무상 질병 및 사고 이외에도 수많은 역할을 동시에 수행하고 있으므로 여건상 모든 현장을 확인하기 어렵다. 반면, 상대적으로 직업병 안심센터의 경우 보건학적, 산업위생학적 전문가들로 구성되어있고, 제한적이지만 직업병에 특화된 업무를 담당하고 있기 때문에 안심센터의 권한이 강화된다면 보다 신속하고 많은 현장조사 사례를 얻을 수 있을 것이다.

셋째, 중앙 지원 조직이 필요하다. 물론 전국 직업병 안심센터 각각의 운영과 노력이 중요하지만, 각 센터 성과의 합 이상의 알파가 생산되기 위해서는 중앙 지원 조직이 반드시 필요하다. 직업병 안심센터 중앙 지원 조직은 직업병 안심센터 사례 원자료 수집 및 데이터베이스화, 수집 사례 질 관리 및 평가, 전국 수집 사례 검토 및 분석을 통한 정책 우선순위 파악, 직업병 안심센터 장단기 계획 수립 및 평가, 직업병 안심센터 간 교류 활성화, 직업병 안심센터 직원 표준 교육 프로그램 운영, 직업병 안심센터 운영 및 성과지표 개발 및 지원, 직업병 안심센터 중앙 홍보 및 국내 및 국제 협력 사업 등을 지원할 수 있다.

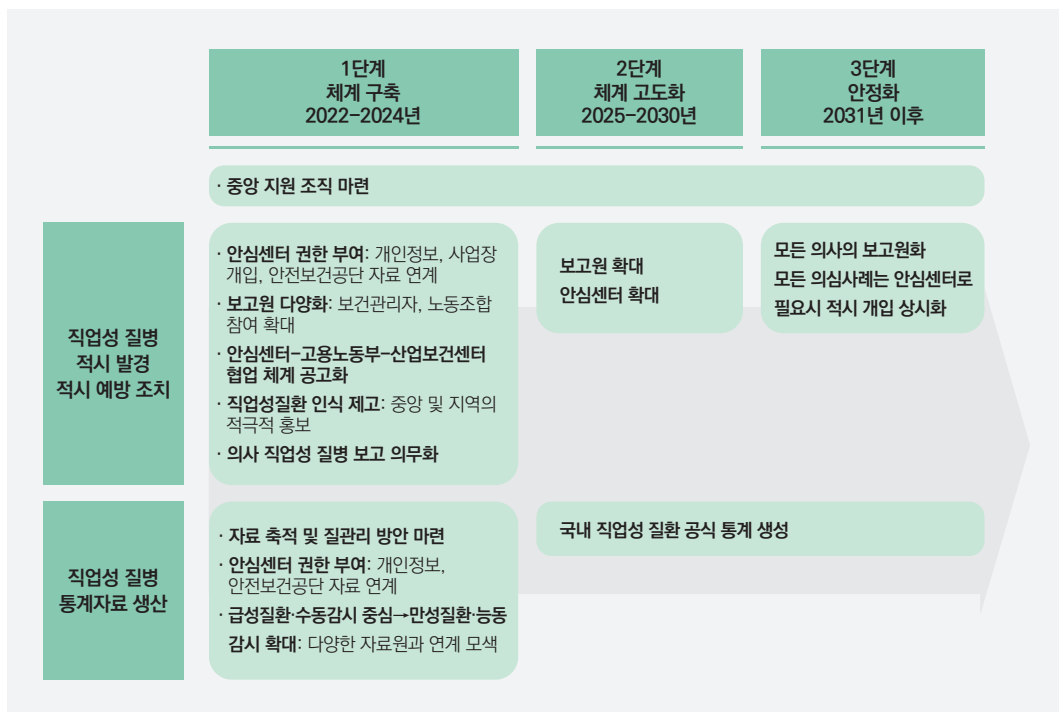
마지막으로 근로자건강센터와 마찬가지로 직업병 안심센터도 직원 고용 안정화라는 과제를 안고 있다. 직업성 질병의 특성상 직업성 질병을 발굴하고 개입할 때 전문가의 숙련도 및 지역에 대한 이해도가 절대적으로 중요한 조건임에도 불구하고 안심센터 전담 직원들의 경우 장기적인 고용이 불안정하며, 이는 업무의 질 저하로 이어질 수 있다. 불안정한 고용상태는 개인 직원에게는 업무 집중도를 떨어뜨릴 뿐만 아니라, 언제든 다른 일자리로 이직하게 하는 동인이며, 잦은 이직은 센터 업무의 질 저하로 이어진다. 고용 안정화 방안 마련이 필요하다.

전망과 기대: 직업성 질병 모니터링과 개입의 전진기지

직업병 안심센터는 직업성 질병 적시 발견을 통한 적시 예방 조치와 직업성 질병 모니터링을 위한 통계 자료 생산이라는 양대 목표를 지닌 조직이다(그림1). 이 목표를 달성하고 이를 위한 안정적인 구조를 확보하기 위해서는 여러 제도적 장애를 개선해나가는 노력이 필요하다. 직업병 안심센터는 단지 직업성 질병을 발굴하는 데서 그치는 것이 아니라 직업성 질병 모니터링과 개입을

가능하게 하는 국가적 시스템을 만드는 전진기지의 역할을 할 것으로, 희망 섞인 기대를 한다. 현장 일선에서 직업성 질병의 수집, 관리, 발표, 그리고 환류가 어떻게 작동해야 하는지, 직업성 질병 예방을 위한 사업장 개입은 어떤 관점에서 어떤 방식으로 진행되어야 하는지 국내에서 가장 깊은 고민을 하는 단위가 직업병 안심센터가 될 것이다.

직업병 안심센터에서 수집되는 자료의 대표성과 정확성을 담보하기 위해 직업성 질병 감시의 방법을 다양화하고 기존에 구축된 질병 모니터링 체계와 적극 협력·연계하면서 자료의 질관리 체계를 탄탄히 구축한다면, 직업병 안심센터가 발굴한 자료는 국내 직업성 질병 공식 통계 자료로서 지위를 얻을 수 있을 것이다. 그간 현황도 추세도 파악하기 어려웠던 직업성 질병의 분포를 이해하고, 이를 기반으로 자료에 입각한 국가 단위의 직업성 질병 예방 계획을 수립할 수 있는 것이다. 또한 고용노동부 및 안전보건공단과 사업장 개입을 위한 협력관계를 공고히 하고, 직업성 질병 의심 사례보고와 예방을 위한 개입을 의무화하는 가운데, 직업성 질병 예방을 위한 적시 조치가 상시화 되는 미래를 기대케 한다. 직업병 안심센터 체계 구축의 초기 단계인 현재, 당면한 과제들이 적지 않으나 크고 작은 도전을 멈출 수 없는 이유이다.



[그림1] 직업병 안심센터 발전 로드맵

OSH

Ri:VIEW

02

Practice

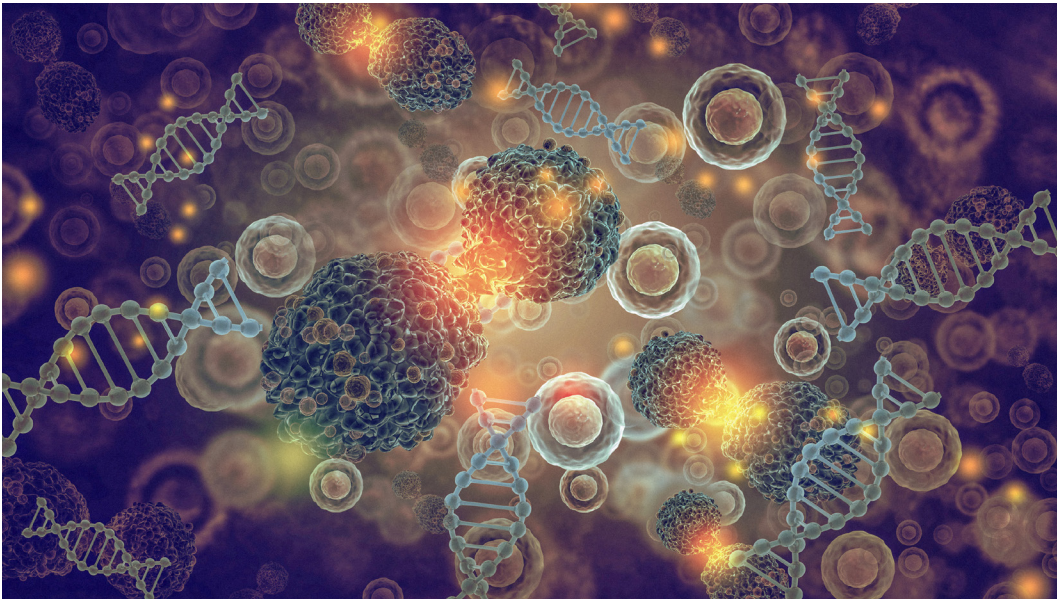
- 01. 직업성 암 지도 구축현황
- 02. 인과추론 및 복합노출의 건강영향 평가 국문 가이드라인 개발
- 03. 근로자 사망통계 연보 시범 개발

Practice는 산업안전보건연구원이 연구사업을
통해 실용화된 사례(실제 정책반영, 지침개발,
제품생산 등)를 소개합니다.

01

직업성 암 지도 구축현황

산업안전보건연구원(이하, 연구원)에서는 암 질환 예방을 위한 역학조사 사업의 일환으로 공공기관 및 학계 연구진 등과의 협력 통해 업종에 따른 근로자의 암 발생위험도와 발암물질 노출현황에 대하여 조사사업을 수행해왔음. 현재 연구원에서는 근로자집단에서의 업종별 발암위험도 결과와 발암물질 노출 모니터링 방법론을 활용·융합하여 「직업성 암 지도」의 시각화콘텐츠를 시범적으로 개발 중에 있음. 포름알데히드 노출에 따른 백혈병에 대한 「직업성 암 지도」 시각화 모형의 시범 구축결과, 기초화학물질제조업, 가구제조업, 병원업(남성)은 작업환경에 의한 포름알데히드 노출로 인하여 백혈병을 유발시킬 수 있는 고위험 업종으로 분류되었음. 「직업성 암 지도」시각화 개발모형은 고위험 집단의 암 조기검진의 권고, 건강관리수첩 제공 등의 다양한 예방정책의 근거로서 활용될 수 있음. 동시에 발병률이 증가한 암과 연관성이 있으면서 노출수준이 높은 발암물질의 정보를 구체적으로 제공해준다는 점에서 효율적인 작업환경 노출 관리 및 질환예방에도 기여를 할 수 있을 것으로 기대됨.



연구책임자

이경은 선임연구위원 | 산업안전보건연구원 직업건강연구실 중부권역학조사팀
032-510-0753 | kyeong85@kosha.or.kr



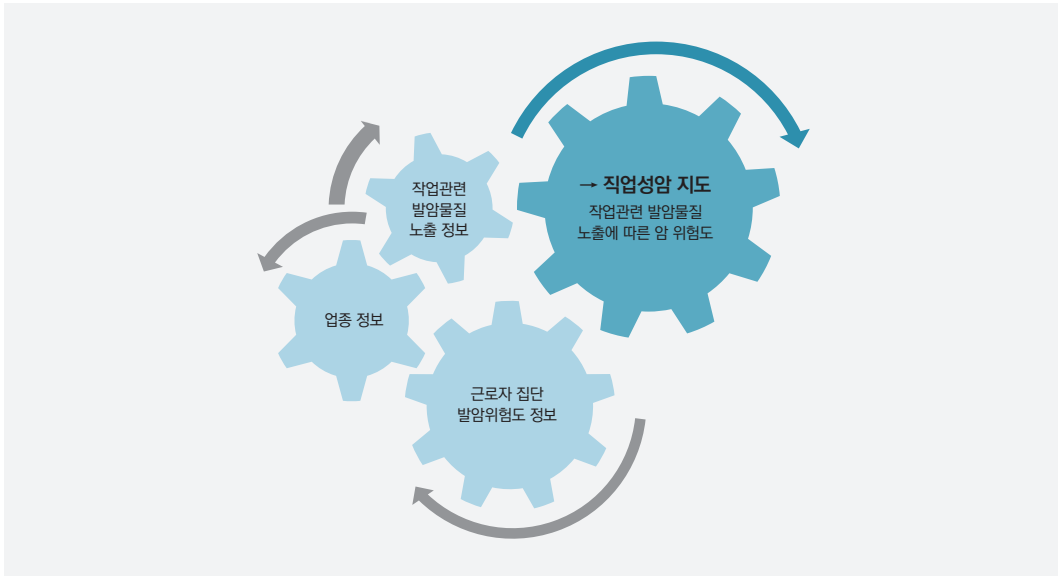
이경은
선임연구위원

I. 배경

인구 노령화와 기대수명이 증가되면서 암으로 인한 질병부담이 커지고 있는 만큼 전 세계적으로 암 예방 및 조기진단에 대한 관심이 높아지고 있다. 국제노동기구(ILO)는 세계적으로 매년 666,000건의 직업성 암이 발생한다고 추산하고 있으며 2016년에 WHO는 전 세계적으로 총 349,000명의 직업적 노출로 인해 암이 발병하여 사망했고, 이는 전체 암 사망의 약 3.9%라고 추정했다. 우리나라 역시 전체 사망원인 중 암으로 인한 사망이 가장 높은 순위를 차지하고 있다.

암의 예방을 위해서는 암을 발생시키는 원인을 규명하는 것이 매우 중요하다. 원인이 되는 요인을 차단하는 것이 예방의 기본이기 때문이다. 그러나 암의 원인을 과학적으로 확실히 밝혀내는 것은 상당히 까다롭고 시간의 소모가 많은 작업이다. 노출 이후 질환발현까지의 잠재기간이 긴만큼 노출과 질환발병의 인과관계를 설명하는데 수많은 요인들이 동시다발적으로 작용하기 때문이다. 직업성 암은 직업을 통해 노출되는 유해요인이 암 질환의 원인이 되었다는 것이 핵심적 개념이지만 결과적으로 암의 임상적 특징에서는 직업적 노출에 의한 암과 그렇지 않은 암 사이에 명확한 차이가 없는 경우가 대부분이다. 따라서 직업성 암이라고 설명할 수 있는 유일한 기준은 “직무활동을 통해 유해요인에 얼마나 노출이 됐는가?”로 여겨지고 있다.

이에 산업안전보건연구원(이하, 연구원)에서는 암 질환 예방을 위한 역학조사 사업의 일환으로 공공기관 및 학계 연구진 등과의 협력 통해 업종에 따른 근로자의 암 발생위험도와 발암물질 노출현황에 대하여 조사사업을 진행해왔다. 연구원에서는 2017년부터 예방적 역학조사 사업의 일환으로 국민건강보험공단 의료수진 청구자료 및 암 등록 자료 등을 이용하여 전체 직장근로자를 대상으로 암 발생위험도 분석을 수행해왔다. 이러한 과정에서 연구원이 역학조사 사업을 통해 연세대학교 윤진하 교수팀과 협력하여 수행한 건강보험자료의 분석결과가 언론에 보도되면서 ‘업종별 암 지도’라는 용어가 사용되기 시작하였다. 이러한 성과에도 불구하고 시간에 따라 다양하게 변화하는 수많은 발암요인에 대한 직업적 노출수준과 노출 이후 잠재기를 거쳐 발생하는 암의 위험도를 근로자집단에서 파악하는 것은 결코 쉽지 않았다. 특정업종에서 암 발병률이 아무리 높다하더라도 직업성 암의 핵심질문인 “직무활동을 통해 유해요인에 얼마나 노출이 됐는가?”에 대한 역학적 근거를 제시하기 어려웠기 때문이다. 이에 연구원에서는 직업적 노출에 따른 발암위험도를 평가할 수 있는 직업성 암 지도를 구현해내기 위해 연구원의 연구 산출물 및 수집자료를 이용하여 산업보건정보를 이용한 시각화 사업을 수행 중에 있다.



[그림1] 직업성 암 지도 구축을 위한 산업보건정보 활용 모식도

이번 글에서는 지금까지 연구원에서 산업보건데이터를 이용하여 개발한 근로자집단에서의 업종별 발암위험도 및 발암물질 노출 모니터링 현황과 결과를 요약하여 소개하고, 이를 융합하여 시범적으로 설계된 「직업성 암 지도」의 시각화콘텐츠 개발모형(prototype)을 최종적으로 소개하고자 한다. 모형개발에 적용된 역학적 개념이나 통계적 분석 결과에 대한 이해도를 높이기 위하여 백혈병 및 백혈병과 관련되어 알려진 주요 발암요인 중 ‘포름알데히드’를 예시로 들어 구체적인 결과를 제시하고 해석방법을 기술하였다. 백혈병은 발암물질에 노출된 시점으로부터 5년 이내에도 발생할 수 있으나 평균 5-10년의 잠재기를 거쳐 발생하는 것으로 알려져 있으며 이는 노출 이후 임상적인 발현까지의 기간이 10년 이상인 고형암과 비교하여 상대적으로 짧은 편이다. 이러한 점은 노출 이후 모니터링 기간 또한 상대적으로 짧다는 측면에서 작업환경에서의 발암물질 노출에 따른 근로자집단의 암 발생을 관찰하는데 최근 10년 정도의 산업보건정보만을 가지고 직업성 암 지도를 설계해볼 수 있다는 점에서 상대적으로 용이하기 때문이다.

II. 근로자집단 업종별 발암위험도

연구원에서는 2017년에 업종별 암 지도가 이슈가 된 이후에 지속적으로 근로자의 개인정보 유출 위험을 줄이고, 전수 규모의 근로자 질환 집계 결과를 활용할 수 있는 방안을 찾고자 다양한 각도에서 역학적 질환 감시 모형을 설계·보완하면서 근로자 집단에서의 암 발생 모니터링을 위한 자료의 가공 및 집계를 시도하였다. 이러한 노력의 결과, 2021년에 국립암센터와의 업무협약을 통해 사업장기반 암 질환 감시자료를 구축하였고 한국표준산업분류의 소분류 단위에서의 암 발생률을 '00-'18년에 걸쳐 성·입사시기·입사 시 연령에 따른 발병률을 산출할 수 있게 되었다.



[그림2] 사업장기반 암 감시자료 테이블 레이아웃

사업장기반 암 질환 감시자료는 한 사업장에 2년 이상 종사한 고용보험 적용 근로자를 포함시켜 만든 집계 자료이다. 입사 후 5년 이후부터 새롭게 발생하는 암에 대하여 사업장 단위로 입사자, 퇴직자, 재직자, 질환자 규모를 집계한 테이블이다. 사업장기반 암 질환 감시자료는 퇴사자를 포함한 질환 감시기반을 마련했다는 점에서 중요한 의미를 갖으며 암 질환을 모니터링 하는 목적에 따라 다양한 방식으로 암 발생 추이를 모니터링 할 수 있다.

「직업성 암 지도」 시각화 개발모형에서는 전체 고용보험집단으로 표준집단으로 설정하여 전체 고용보험적용 근로자의 성·입사 시 연령분포에 따라 한국표준산업분류의 소분류 업종단위로 최근 5년('14-'18) 동안의 표준화발병비를 산출하여 암 위험도 지표로 설계하였다. 기대수가 5건 미만인 경우 즉, 특정 업종의 대상자(관찰인년) 규모가 매우 작거나 혹은 발생률이 매우 낮은 경우에는 통계적으로 추정된 표준화발병비가 과대 혹은 과소평가 될 위험이 있다는 점에서 결과에서 제외하였다. [표 1]은 최근 5년('14-'18) 동안 전체업종 대비 백혈병의 발생률이 통계적으로 유의하게 높은 업종을 추출하여 정리한 것이다.

[표1] 전체업종 대비 최근 5년간 백혈병 발생률이 높은 고위험 업종

성별	한국표준산업분류 10차 소분류	발생수	기대수	관찰인년	표준화 발병비	95% 신뢰구간	
						하위	상위
전체	912 유원지 및 기타 오락관련 서비스업	20	10	237,538	2.04	1.31	3.16
	105 낙농제품 및 식용빙과류 제조업	22	11	226,576	1.91	1.26	2.91
	642 신탁업 및 집합 투자업	14	8	168,344	1.85	1.10	3.13
	192 석유 정제품 제조업	16	9	162,634	1.84	1.13	3.00
	106 곡물가공품, 전분 및 전분제품 제조업	16	9	173,722	1.75	1.07	2.85
	711 법무관련 서비스업	41	28	728,627	1.48	1.09	2.01
	320 가구 제조업	35	24	436,482	1.45	1.04	2.02
	201 기초 화학물질 제조업	33	23	433,338	1.45	1.03	2.03
	841 입법 및 일반 정부 행정	70	52	983,850	1.35	1.07	1.71
	872 비거주 복지시설 운영업	108	84	3,492,232	1.29	1.07	1.56
남자	912 유원지 및 기타 오락관련 서비스업	17	7	140,315	2.37	1.38	3.79
	106 곡물가공품, 전분 및 전분제품 제조업	14	7	121,889	1.91	1.04	3.20
	105 낙농제품 및 식용빙과류 제조업	16	9	147,376	1.83	1.05	2.98
	320 가구 제조업	33	19	324,920	1.74	1.19	2.44
	861 병원	69	44	945,095	1.55	1.21	1.97
	711 법무관련 서비스업	29	19	368,101	1.54	1.03	2.21
	841 입법 및 일반 정부 행정	58	42	630,063	1.39	1.06	1.80
	351 전기업	61	46	669,510	1.32	1.01	1.70
여자	871 거주 복지시설 운영업	47	34	1,200,674	1.39	1.02	1.85
	872 비거주 복지시설 운영업	94	73	3,234,412	1.29	1.04	1.58

업종별 암 위험도에 대하여 <표 1>을 다음과 같은 방법으로 해석할 수 있다.

“○○업종에서 성별, 입사시기, 입사 시 연령분포에 따른 백혈병 발생률이 전체업종 수준과 같다면 '14-'18년 동안 ○○업종에서는 백혈병이 □□명(=기대수) 발생했을 것으로 예상된다. 그러나 실제로 ○○업종에서 '14-'18년에 발생한 백혈병의 수는 △△명(=발생수)으로 예상 값의 ××배(=표준화발병비) 이었다.”

여기서 표준화발병비가 1보다 클 경우, “○○업종 종사자의 백혈병 발병위험도는 전체업종대비 ××배(=표준화발병비) 높다”로 해석하며, 1보다 작을 경우 “○○업종 종사자의 백혈병 발병위험도는 전체업종대비 ××배(=표준화발병비)로 낮았다”로 해석한다.

'14-'18년 동안 백혈병의 발암위험도가 높았던 고위험 업종에는 유원지 및 기타 오락관련 서비스업, 낙농제품 및 식용빙과류 제조업, 신탁업 및 집합 투자업, 석유 정제품 제조업이 포함되었으며 전체업종과 비교하여 백혈병의 위험도가 약 1.85-2.04배 높았다. 남성 근로자 집단에서는 백혈병 위험도가 높은 순으로 유원지 및 기타 오락관련 서비스업, 곡물가공품, 전분 및 전분제품 제조업, 낙농제품 및 식용빙과류 제조업, 가구 제조업, 병원 등이 백혈병 고위험 업종으로 포함되었다. 한편, 여성 근로자 집단은 소분류 업종단위에서 근로자의 규모가 작아서 통계적으로 유의하게 위험도가 높은 업종이 많지 않았으나 거주 및 비거주 복지시설 운영업 종사자에서 백혈병 위험도가 높았다.

백혈병 고위험 업종 중 석유 정제품 제조업, 가구 제조업, 기초 화학물질 제조업, 병원 등과 같이 백혈병 관련 유해인자(벤젠, 포름알데히드, 전리방사선 등)의 취급이 잘 알려져 있어 발암물질의 노출출처 및 유해인자가 어느 정도 유추되는 업종도 포함되어 있었다. 한편, 유원지 및 기타 오락관련 서비스업, 법무관련 서비스업, 신탁업 및 집합 투자업 등과 같이 직업적 노출여부를 평가하기에 해당 업종에서 어떠한 작업을 수행되는지 조차 가늠이 되지 않는 업종도 포함되어 있었다.

후자의 경우와 같이 산업보건관리체계의 사각지대에 있는 업종에서의 높은 암 위험도 모니터링 결과는 발암물질의 사용실태보고가 수집되고 있는지, 인지되지 못하는 발암물질 노출이 직무수행 과정에서 발생하는지 등 추가적인 심층조사의 필요성과 조사의 근거를 제공해준다는 점에서 예방적 조기개입을 지원해주는 역할을 한다. 이처럼 발암위험도 모니터링 결과는 위험요인이 잘 알려지지 않은 업종이나 암에서의 환경 노출 시나리오 설계 혹은 환경적 개입 후의 평가도구 등으로 활용될 것으로 기대된다. 뿐만 아니라 업종별 발암위험도 모니터링 결과는 업무기인성을 떠나 발병률이 높은 업종 종사자를 대상으로 암 조기검진을 권고하는 등 근로자의 만성질환관리 지표로 활용될 수 있다.

이러한 다양한 활용가능성에도 불구하고 작업환경 위험요인이 잘 알려진 업종이든지 아니든지

고위험 업종에서 발생한 암에 대하여 발암위험도 모니터링 결과만을 가지고 업무관련성을 평가하기에는 한계가 있다. 업종별 발암위험도 정보는 작업환경노출에 대한 정보가 극히 제한적이기 때문이다. 국제암연구소(IARC)에서도 특정업종에서 발생률이 매우 높은 일부 암에 대하여 특정 발암요인을 규명 할 수 없을 때 업종 자체를 발암요인으로 분류하여 기술하기도 한다. 백혈병에서는 고무제조업이 그 대표적인 예이다. ‘업종’자체를 통째로 발암요인으로 지정 한다는 것은 고위험 업종에서의 발암관련 위험요인을 구체화하지 못했다는 것을 의미하기 때문에 암 위험도가 높은 것을 인지했다 하더라도 작업 환경적 예방조치가 제한적일 수밖에 없다.

이에 업종 안에서 노출될 수 있는 발암물질 정보를 직업성 암 지도에 담기 위해 “한국형 산업별 발암물질 노출 추정(Korean CARcinogen EXposure, K-CAREX)” 모형의 방법론을 적용하여 업종별 작업환경 측정정보를 융합하였다. 다음 장에서는 연구원에서 시각화 서비스를 제공하고 있는 콘텐츠 중 K-CAREX의 업종별 발암물질 노출모니터링 정보를 소개하고자 한다.

III. 업종별 발암물질 노출 모니터링

업종별 발암위험도 모니터링 결과를 「직업성 암 지도」로 발전시키기 위해서는 위험 업종에서의 직업적 노출정보가 뒷받침될 필요가 있다. 모든 발암인자에 대한 정보를 파악하는 것은 불가능하지만, 적어도 특정 암 발생에 대하여 인간에서의 발암성이 보고된 인자의 노출에 대해서는 검토가 동반되어야 한다. 연구원에서는 근로자 전체에서의 발암물질 노출에 대한 모니터링의 필요성을 인지하고 가톨릭관동대학교 고동희 교수팀과 협업을 통해 “한국형 산업별 발암물질 노출 근로자수 추정(Korean CARcinogen EXposure, K-CAREX)”프로그램을 최초로 개발하여 해당 콘텐츠에 대한 시각화 서비스를 2022년 12월에 연구원 홈페이지를 통해 제공하기 시작하였다.

한국형-CAREX는 한국의 233개 산업별로 20종의 인체 발암물질에 대한 노출 규모와 노출 근로자수를 추정하였다. 연구원이 보유하고 있는 작업환경측정자료, 특수건강진단자료, 작업환경실태조사 자료를 근거로 37명의 직업환경의 및 산업위생 전문가 평가를 통해 국내 발암물질 노출 근로자수를 추정하였다. 발암물질 노출 이후 암의 발현기간을 고려하여 2010년을 기준으로 근로자 규모 및 발암물질 노출분율(%)을 추정하였다. [표 1]의 백혈병 고위험 업종 중 남성근로자 집단에서 가장 많은 규모의 백혈병이 발생한 병원업종의 경우, 한국형 CAREX의 결과에 따르면 추정되는 전체근로자 378,253명 중 12.0%(45,390명)가 방사선, 3.53%(3,246명)는 포름알데히드, 2.5%(6,456명)는 산화에틸렌에 노출되었을 것으로 추정되었다.

산업별 발암물질 노출 노동자수 추정(K-CAREX)

CAREX= CARcinogen EXposure (산업별 발암물질 노출추정)*

그래프 결과는 'Microsoft Edge' 및 'Chrome'에서 보여집니다.

☒ 업종명(한글) ☐ 업종명(English) ☐ 업종코드		(861)병원
발암물질 노출분율(%)	최종 추정치	☒ 전문가 중앙값
추정 년도		☒ 2010년
		☐ 2020년 (업데이트 예정)

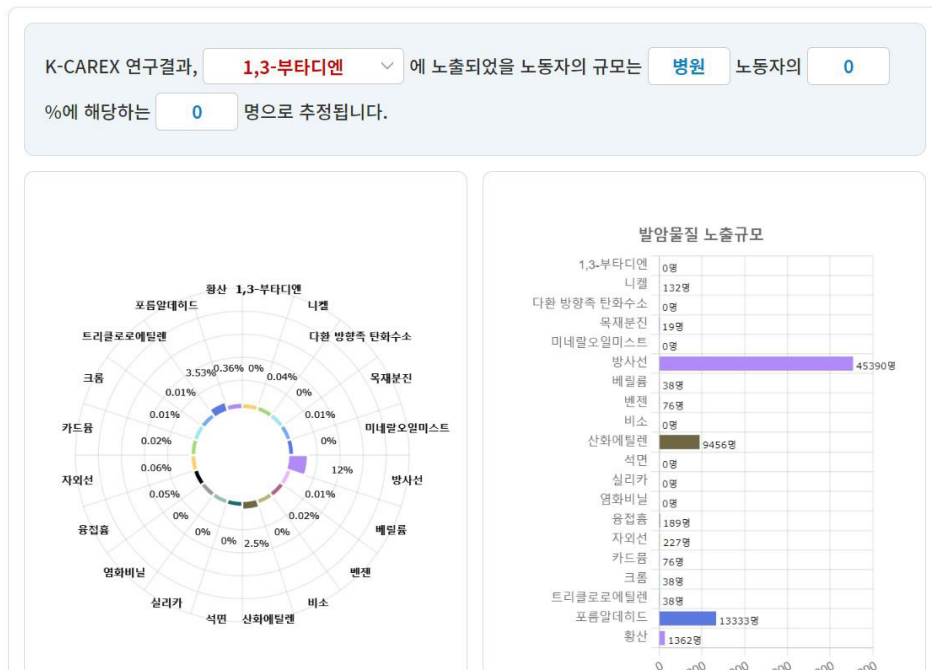
초기화

검색

병원 전체 종사자 378,253 명¹⁾ 중에서

1) 2010년 통계청 인구주택총조사 (2010 Korean Population and Housing Census)

1. 발암물질별 노동자 노출분율(%); 전문가 중앙값



[그림3] 한국형-KAREX 시각화서비스 병원업종 검색결과

출처: 산업안전보건연구원 홈페이지¹⁾

1) 홈페이지(<http://oshri.kosha.or.kr>) → 전문사업 → 역학조사 → 질환 발생률 시각화 참조

한편, 여성근로자 집단에서 백혈병 발생규모가 가장 컸던 비거주 복지시설운영업 종사자의 전체 규모는 351,067명으로 해당업종에서의 20종의 인체 발암물질에 대한 노출은 없는 것으로 추정되었다. 이처럼 한국형 CAREX는 전문가들의 최종 의사결정 지원 자료원으로 활용된 작업환경측정자료, 특수건강진단자료, 작업환경실태조사의 조사대상으로 포함되지 않는 업종(비제조업, 서비스업 등)에 대한 작업환경 노출 정보(간접흡연 등)는 상대적으로 부족할 수 있다는 제한점도 고려할 필요가 있다.

이러한 제한점에도 불구하고 국가수준의 산업보건 모니터링 정보를 이용하여 개발된 발암물질 노출 추정 프로그램은 한국형 CAREX가 유일하며, 무엇보다 국내 산업의 특성이 가장 잘 반영되어 있다는 장점이 있다. 이를 이용하여 특정업종에서의 발암물질 노출실태와 직업성 암의 기여율, 작업환경 관리 효과 예측 등 산업보건 분야에서 직업성 암 예방 정책의 우선순위를 정하고 관심 산업을 식별하는데 활용할 수 있다.

현재, 연구원에서 시각화 자료로 제공하고 있는 한국형 CAREX에는 업종별 근로자의 노출 규모 정보만 제공되고 있지만 고동희 등(2021)에 의해 개발된 한국형 CAREX는 20종의 발암물질에 대한 업종별 노출수준(강도)을 반영한 지표도 포함하여 개발되었다. 구체적인 개발 내용은 연구원이 발간하고 있는 국제학술지인 SH@W(Safety and Health at Work) 저널지에서 확인할 수 있으며 간략히 요약하면 한국형 CAREX에서는 95분위수가 노출기준의 초과여부에 따라 0-5점까지 총 6단계로 나누어 노출강도를 업종별로 분류하였다. 3개년 동안의 작업환경측정결과의 시료수가 소분류 업종 기준 20개 미만인 경우 정보부족 또는 비노출 (그룹 0), 노출결과의 95분위수가 노출기준의 1% 미만 (그룹 1), 노출기준의 1% 이상 10%미만 (그룹 2), 노출기준의 10% 이상 50%미만 (그룹 3), 노출기준의 50% 이상 100%미만 (그룹 4), 노출기준 초과 (그룹 5)로 노출강도를 분류하고 있다. 이러한 발암물질 노출평가 방식을 직업성 암 지도구축과정에 반영하여 '09-'11년의 업종별 95분위수의 노출수준을 바탕으로 2010년 당시의 작업환경 발암물질에 대한 노출수준을 직업성 암 지도의 시각화에 반영하였다.

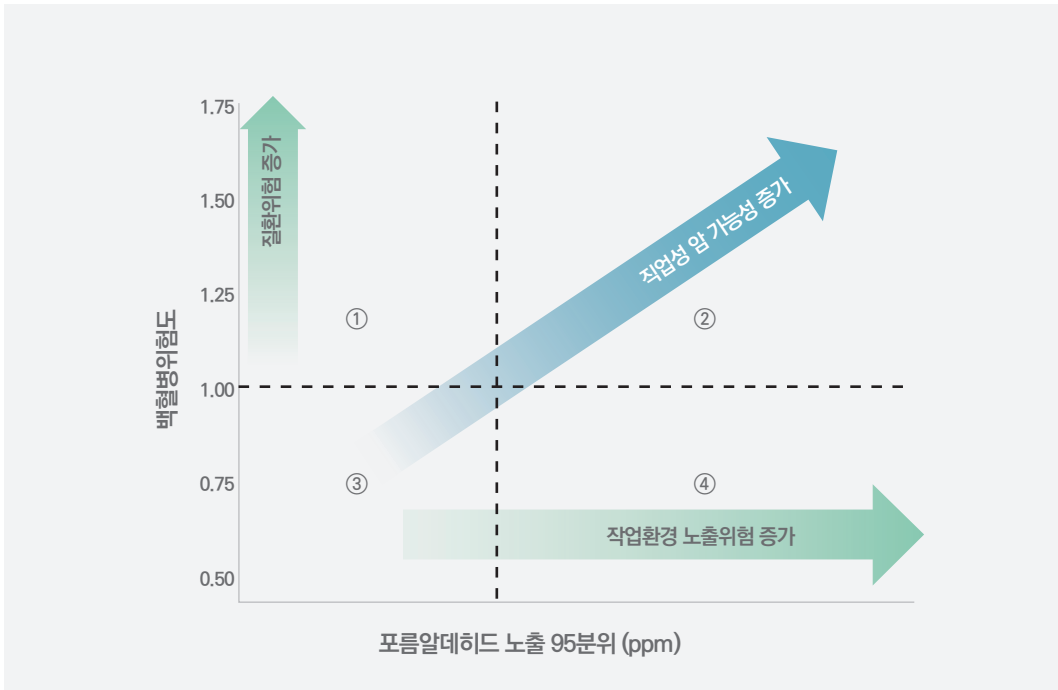
IV. 직업성암 지도의 시각화 개발모형

일반적으로 지도(Mapping)는 지리적(Geographic) 정보를 일정한 축적에 따라 평면에 도식화하여 나타내는 작업으로 알려져 있다. 그러나 최근에는 지도(Mapping)가 유전체지도제작(Genome mapping)¹⁾, 마인드맵 등과 같이 '사상'의 의미로 사용되어 하나의 값을 다른 값으로 대응시키거나 또는 한 데이터 집합과 다른 데이터 집합 사이에 대응 관계를 설정하여 추가적인 정보를 생산해내는 작업을 표현하는 용어로 사용되기도 한다. 연구원에서 지원하는 「직업성 암 지도」에서의 '지도(Mapping)' 역시 후자의 의미로 사용된 경우이다. 「직업성 암 지도」는 근로자집단에서의 발암물질 노출정보와 암 발생 모니터링 정보의 매핑을 통해 직업적 노출수준과 비례하여 증가하는 직업성 암의 유형정보와 발병위험도가 높은 고위험 집단의 정보를 제공해준다.

다음 그림은 연구원에서 수행해온 근로자 발암위험도 평가와 발암물질 노출수준 평가의 방법론을 적용한 작업환경 측정정보를 융합한 「직업성 암 지도」시각화 개발모형이다. 작업환경에서의 포름알데히드 노출에 따른 '14-'18년의 백혈병 발병위험도를 전체, 남자, 여자근로자 순으로 제시하였다. 작업환경측정정보는 백혈병의 잠재기간(5-10년)을 고려하여 '09-'11년의 작업환경 측정정보의 업종별 95분위수를 산출하여 적용하였고, 발암위험도와는 달리 측정정보는 성별에 따라 수집되는 정보가 아니기 때문에 측정정보가 동일하게 반영되었다. 작업환경 노출강도에 대한 정보를 담기 위해 작업환경측정자료를 이용하다보니, 측정결과가 없거나 95분위수가 '0', '불검출', '검출한계미만'의 업종은 직업성 암 시각화에서 제외되었다. 따라서 서비스업을 포함한 비제조업, 소규모사업장 등 측정제도의 사각지대에서의 작업환경 노출위험은 반영되지 못했다는 한계점이 있다.

「직업성 암 지도」시각화 개발모형에서 세로축(Y축)은 백혈병의 발병위험도를, 가로축(X축)은 포름알데히드의 노출수준을 나타낸다. 따라서 그림 4의 ②번과 ④번에 위치한 업종에서는 현재에도 포름알데히드에 대한 작업환경 노출수준이 높은지 확인이 필요하며, 노출수준이 여전히 높다면 작업환경에 대한 개선관리가 수행되어야 한다. 특히 그림 4의 ②번에 위치한 업종에서 발생한 백혈병의 경우 포름알데히드 노출에 의한 직업성 암일 가능성이 높음을 나타낸다. 한편, 그림 4의 ①번과 ②번(= 백혈병위험도가 1을 초과한 영역에 위치한 업종)에 종사하는 집단에서는 전체 업종과 비교하여 백혈병의 발병위험이 높음을 의미한다. ①번의 업종에 해당하는 백혈병의 경우 포름알데히드 이외의 발암물질이 작업환경에서 노출되었거나 작업환경 이외의 위험요인(흡연물, 감염물 등)에 의해 발생률이 증가되었을 수 있다.

1) 특정 질환 조직의 유전정보를 해독하고 같은 환자들에서 추출한 정상세포의 유전정보를 분석 비교하여 질환세포와 정상세포 간에 서로 다른 염기서열을 분석하여 질환과 관련된 유전적 변이를 찾는 작업



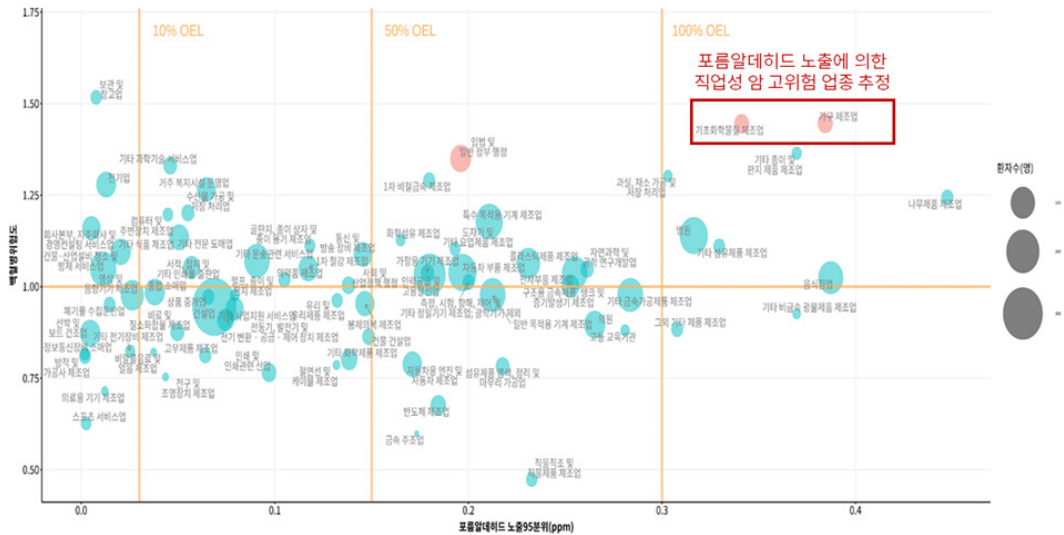
[그림4] 직업성 암 지도의 기본구조

「직업성 암 지도」시각화 개발모형에서 업종을 나타내는 원의 반경은 발생한 백혈병 환자의 수를 반영한다. 즉 해당 업종에서 위험도가 낮더라도 원의 반경이 크다면 백혈병의 발생자는 많지만 전체 근로자 집단의 규모에 비해 발생비율은 전체업종과 비교하여 높지 않음을 의미한다. 또한 직업성 암 지도의 시각화 개발모형에서는 업종을 나타내는 원의 색깔이 붉은색과 푸른색으로 구별되어있고 붉은색 업종은 발암위험도가 통계적으로 유의하게 높은 업종을 나타낸다.

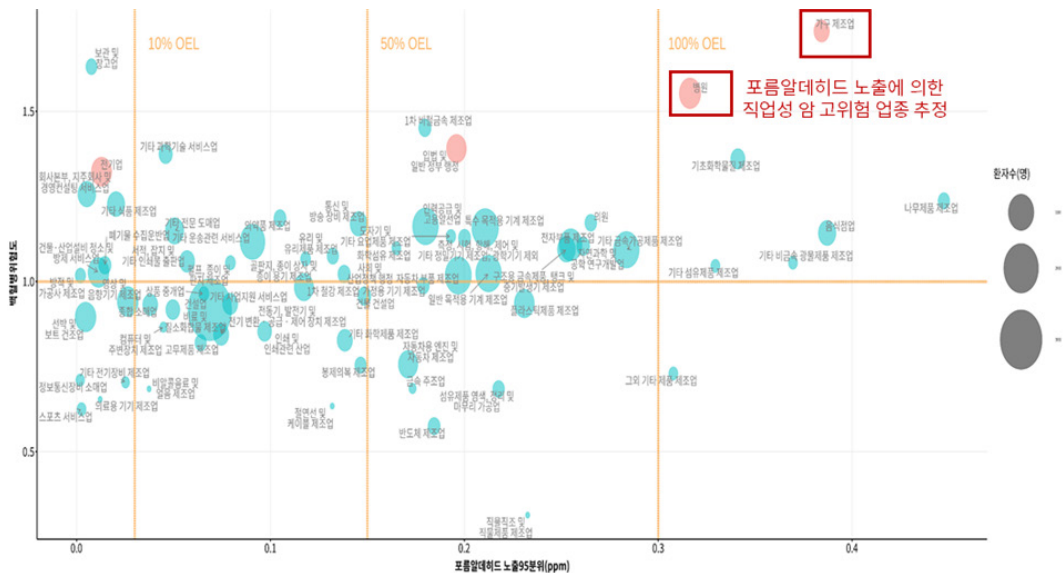
이러한 방식으로 그림 4의 ②번의 영역에 속하는 업종을 「직업성 암 지도」시각화 개발모형 결과(그림5, 그림6, 그림7)에 적용하여 해석하면, 기초화학물질제조업, 가구제조업, 병원업(남성)에서 종사하는 근로자에서 발생한 백혈병은 작업환경에 의한 포름알데히드 노출로 인하여 발생한 직업성 암일 가능성이 높음을 시사한다. 물론 「직업성 암 지도」시각화 개발모형은 집단 정보를 이용한 거시적인 역학정보라는 측면에서 개인의 사례에 무조건 적용하여 해석하기에는 한계가 있다. 그러나 이러한 결과를 이용하여 해당되는 고위험 업종에서 백혈병을 사유로 산재 신청이 발생한 경우 맡은 직무에서의 포름알데히드 노출가능성을 가장 먼저 검토 할 수 있도록 조사의 방향성을 제시해주는 등의 역할을 통해 조사기간의 단축에 기여할 수 있다.

「직업성 암 지도」의 정보는 고위험 집단의 암 조기검진의 권고, 건강관리수첩 제공 등의 다양한 예방정책의 근거로 활용될 수 있으며 이를 통해 경제활동 인구집단에서의 암 사망률을 줄이고 조기진단에 따른 사회복귀율 증진 등에 기여할 수 있다. 동시에 발병률이 증가한 암과 연관성이

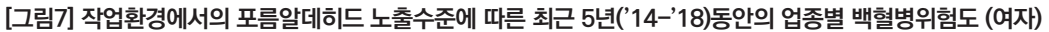
있으면서 노출수준이 높은 발암물질의 정보를 구체적으로 제공해준다는 점에서 효율적인 작업환경 노출 관리 및 질환예방에도 기여를 할 수 있을 것으로 기대된다. 연구원에서는 사업장기반 암 감시자료와 작업환경측정정보를 활용하여 주요 발암물질에 따른 「직업성 암 지도」 시각화 모형을 잠재기간이 긴 고형암까지 확대하기 위하여 앞으로도 정보 업데이트를 통한 지속적인 집단 역학조사 사업을 수행할 예정이다.



[그림5] 작업환경에서의 포름알데히드 노출수준에 따른 최근 5년('14-'18)동안의 업종별 백혈병위험도 (전체)



[그림6] 작업 환경에서의 포름알데히드 노출수준에 따른 최근 5년('14-'18)동안의 업종별 백혈병위험도 (남자)



특정 집단의 질환의 발생률이 높고 낮음을 파악하기 위하여 기준이 되는 집단(대조집단)과 비교할 때, 질환의 발생률에 영향을 줄수있는 주요 지표(성, 연령 등)의 분포를 기준이 되는 집단과 동일하게 맞추어 보정하여 산출한 질환 발생률을 표준화발생률이라고 한다. 표준집단의 발생률에 대한 특정집단의 표준화 발생률의 비(ratio)로 표현한 값을 표준화발병비라고 한다. 따라서 표준화발병비가 1인 경우 기준이 되는 집단의 발생률과 특정집단의 발생률이 동일한 수준이라고 평가하며, 1보다 큰 경우 기준집단보다 발생률이 높음, 1보다 작은 경우 기준집단보다 발생률이 낮음으로 해석된다.

발암물질(Carcinogen)과 노출(Exposer)의 합성어로 발암물질의 노출현황에 대한 데이터베이스를 광범위하게 표현하며, 발암물질의 노출규모와 노출강도 등에 대한 정보를 포함한다.

게놈(genome)지도라고 하며 게놈은 유전자(gene)와 염색체(Chromosome)의 합성어이다. 하나의 세포에 들어있는 유전자(DNA)와 유전자를 구성하는 염기서열의 위치와 상대적인 거리를 표현하는 정보를 의미한다.

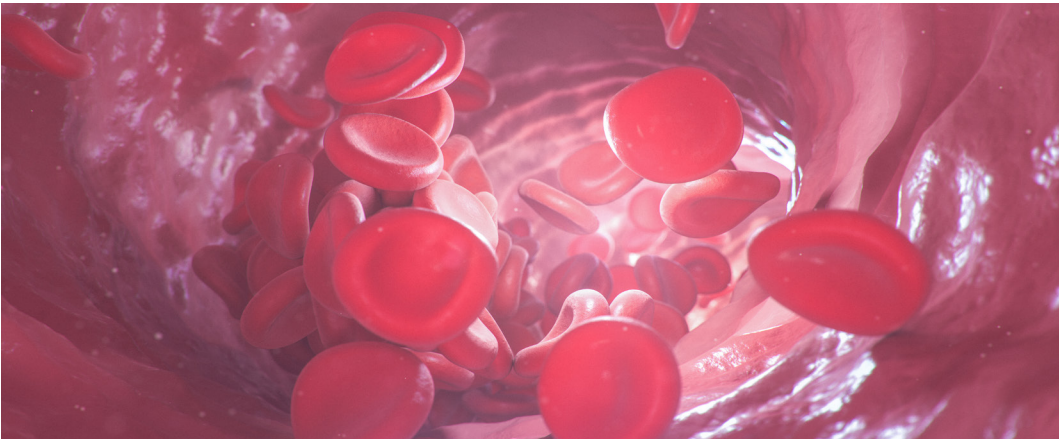
참고문헌

- GBD 2016 Occupational Carcinogens Collaborators. Global and regional burden of cancer in 2016 arising from occupational exposure to selected carcinogens: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Occup Environ Med* 2020;77:151-9.
- 백성욱, 이완형, 유기봉, 이우리, 이원태, 김민석, 윤진하. (2022). 건강보험 빅데이터를 통한 전체 근로자 및 공무원 근로자의 암 발생률 분석.
- 윤진하, 고상백, 안연순 등. 빅데이터 기반 직업코호트 구축을 통한 질병발생연구. 안전보건공단 산업안전보건연구원. 2017.
- 윤진하, 유기봉, 이완형, 김영광, 김지현, 임성실, 윤세현, 김양욱, 정승훈, 국민건강보험공단 자료를 활용한 직업코호트 구축, 안전보건공단 산업안전보건연구원, 2018.
- 이상길, 이경은, 윤민주, 등. 빅데이터를 활용한 직업성 질환 코호트 운영, 산업안전보건연구원, 2019-2020
- KBS 뉴스 9. (2021). “최초분석‘업종별 암지도’…폐암·백혈병 잘걸리는 일터는?” 1월 31일.
- 이경은, 이상길, 예신희, 전교연, 윤민주, 성정민, 빅데이터를 활용한 직업성 질환 코호트의 운영: 사업장기반감시자료(1), 산업안전보건연구원, 2021
- Cogliano, V. J., Baan, R., Straif, K., Grosse, Y., Lauby-Secretan, B., El Ghissassi, F., ... & Wild, C. P. (2011). Preventable exposures associated with human cancers. *Journal of the National Cancer Institute*, 103(24), 1827-1839.
- Koh, D. H., Park, J. H., Lee, S. G., Kim, H. C., Choi, S., Jung, H., ... & Park, D. (2021). Development of Korean CARcinogen EXposure: an initiative of the occupational carcinogen surveillance system in Korea. *Annals of Work Exposures and Health*, 65(5), 528-538.
- Koh, D. H., Park, J. H., Lee, S. G., Kim, H. C., Jung, H., Kim, I., ... & Park, D. (2022). Development of Korean CARcinogen EXposure: Assessment of the Exposure Intensity of Carcinogens by Industry. *Safety and Health at Work*, 13(3), 308-314.

02

인과추론 및 복합노출의 건강영향 평가 국문 가이드라인 개발

산업안전보건연구원 직업건강연구실에서 2021년과 2022년에 수행한 연구과제 ‘직업병 인과추론 가이드라인 및 통계분석법 개발 (1), (2)’에서는 인과추론 및 복합노출의 건강영향을 평가하는 통계방법론을 국내 산업보건 역학 연구자들이 수월하게 사용할 수 있도록 G-formula와 BKMR에 대한 국문 가이드라인을 다음과 같이 작성하였다. 치료-교란 요인 되먹임이 존재하는 인과 그래프에서 G-formula가 올바른 추정치를 제공하기 위해 필요한 가정들을 소개하였다. 또한, 예제를 사용하여 이러한 자료에서 전통적인 통계 분석 방법을 적용하였을 때 나타나는 문제점을 소개하고 설명함으로써 G-formula의 필요성을 기술하였다. G-formula에 대한 R 패키지 소개: Robins JM의 G-formula를 통계 분석 프로그래밍 언어 R로 구현한 R 패키지인 ‘gfoRmula’를 소개하고, R 패키지에 내장되어있는 함수와 그 사용법에 대해 예제를 통해서 설명하였다. 또한, G-formula를 사용하여 복합물질을 다룰 수 있도록 패키지에 대한 설명을 추가하였다. 복합물질의 건강 영향 평가를 할 때, 복합물질에 대한 노출과 건강영향 사이의 복잡한 비선형 또는 비가산적 관계, 건강영향과 복합물질 사이의 교호작용, 복합물질의 구성 성분 사이의 높은 상관성이 있는 경우 이를 통계 모형에 반영할 수 있어야 한다. 이러한 세 가지 고려해야 할 점을 반영하여 복합물질에 대한 건강 영향 평가를 하기 위해 Bobb JF의 BKMR를 통계 분석 프로그래밍 언어 R로 구현한 R 패키지 ‘bkmr’를 소개하고, 패키지에 내장되어있는 함수와 그 사용법을 예제를 통해 설명하였다.

**연구책임자**

예신희 선임연구위원 | 산업안전보건연구원 직업건강연구실 중부권역학조사팀
032-510-0754 | shinheeye@kosha.or.kr

부분위탁 연구책임자

이우주 교수 | 서울대학교 보건대학원



예신희
선임연구위원



이우주 교수

I. 배경

작업환경에서 노출될 수 있는 여러 종류의 유해물질에 의한 근로자의 건강영향을 평가할 때, 건강근로자 편향 (healthy worker bias)과 같이 복합노출의 건강영향을 평가할 때 고려해야 할 특성들을 고려하지 않고 표준적인 회귀모형 (standard regression)만을 이용하여 분석한다면 노출 변수의 인과효과 추정치에 편향(bias)이 발생한다는 것이 잘 알려져 있다.

G-formula는 건강근로자 효과에 의한 편향을 효과적으로 통제하기 위하여 치료-교란 요인 되먹임 (treatment-confounder feedback)을 반영하여 인과효과를 추론하는 방법이다. 또한, G-formula는 두 가지 이상의 노출 (multiple exposures)을 동시에 고려할 수 있다. 하지만 역학 연구자들은 G-formula에 대한 개념과 기술적인 세부 내용에 대한 이해 부족으로 G-formula의 사용에 어려움을 겪고 있으며, 현재 국내 산업보건 영역에서 많이 사용되고 있지 않다.

복합물질의 건강 영향 평가 방법은 (i) 복합노출 원인 물질 각각과 근로자의 건강 지표 사이의 관계가 비선형이며 비가산 관계일 수 있고, (ii) 원인 물질들 사이의 교호작용이 건강 지표에 작용할 수 있으며, (iii) 원인 물질 사이의 연관성이 매우 클 수 있다는 점을 고려해야 한다. 하버드대학교의 Bobb JF, Valeri L 교수는 기존 kernel machine regression (KMR) 방법에 베이지안 접근법(bayesian approach)을 적용한 bayesian kernel machine regression(BKMR)을 개발함으로써 이러한 문제들을 해결하고자 하였다.

복합물질의 건강 영향 평가 방법 중 하나인 BKMR은 국외에서 널리 사용되고 있으며, 국내에서도 적용된 사례가 일부 있지만, 현재 국내 산업보건 영역에서 널리 사용되고 있지 않다. 따라서, 복합물질의 건강 영향 평가 방법인 G-formula 또는 BKMR에 대한 장단점을 검토하고 복합물질과 관련된 국내 산업보건 자료에 각 방법을 적재적소에 쉽게 따라하여 적용할 수 있도록 가이드라인의 제공이 필요하였다.

이러한 국문 가이드라인을 통해 국내 산업보건 역학 연구자들이 두 방법을 근로자 종적 자료에 적용하고 역학연구에서 인과 관계를 도출할 수 있도록 하여 국내 산업보건 역학조사 및 역학연구 결과의 신뢰성을 높일 수 있을 것으로 기대하며, 나아가, 작업장 내 여러 복합물질에 대한 위험을 평가하고, 위험성이 높은 물질에 대해서는 제한 기준을 마련할 수 있는 과학적 근거를 제공하여, 작업장 내에서 발생하는 직업성 질환의 발생률과 사망률을 감소시켜 근로자의 건강을 보호하고자 한다.

II. 실용화 내용

인과추론 및 복합노출에 대한 국문 가이드라인은 1) 인과 그래프를 그리고 해석하는 방법, 2) 인과추론 용어 소개, 3) G-formula의 개발 배경, 4) G-formula의 이론 설명, 5) G-formula R package를 사용하는 방법, 6) BKMR의 개발 배경, 7) BKMR의 이론 설명, 8) BKMR R package를 사용하는 방법을 포함하고 있다.

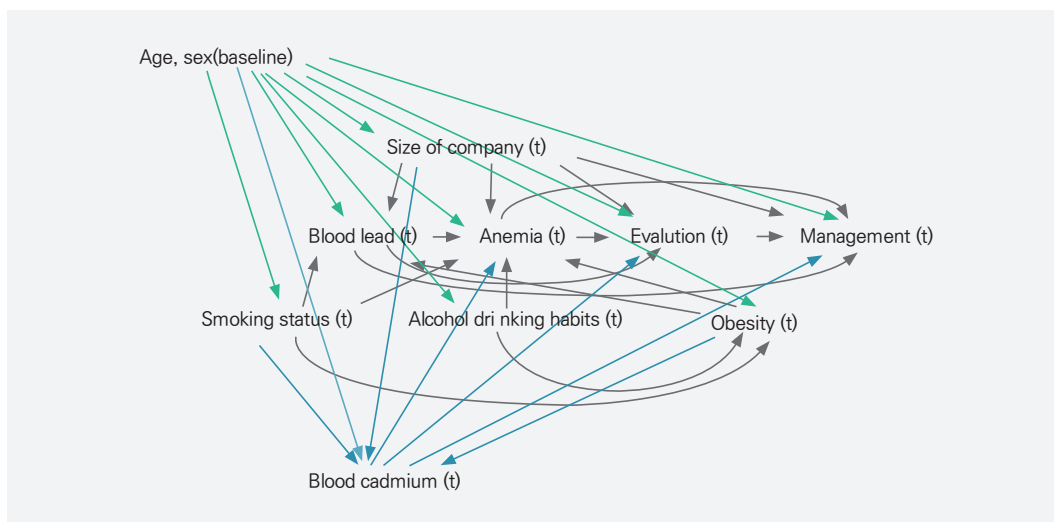
인과 그래프를 그리고 해석하는 방법에서는 통계적 인과추론 분야에서 결과에 대한 원인의 인과효과의 크기에 대한 편향(교란, 선택 편향 등)을 줄이기 위하여 널리 사용되는 그래프 이론을 소개하고, 인과 그래프를 해석할 때 필요한 규칙을 예시를 통하여 설명하였다.

인과추론 용어 소개에서는 인과추론에서 자주 사용되는 ‘개인에 대한 인과효과, 평균 인과효과, 인과성과 연관성, 무작위화, 조건부 무작위화, 표준화, 역 확률 가중치, 교환가능성, 양의 조건, 일관성의 조건, 표준화와 모수적 G-formula, 치료-교란 요인 피드백, 전통적인 회귀분석과 G-formula의 차이’와 같은 내용들의 정의 또는 의미를 소개하였다.

G-formula의 배경은 근로자 종적 자료와 같이 반복측정자료에서 시간에 따라 변하는 내생 교란 요인, 노출 변수 그리고 결과 변수가 있는 자료의 인과 그래프에서 시간에 따라 변하는 치료-교란 요인 되먹임 구조를 반영하여 결과 변수에 대한 노출 전략의 인과효과의 크기를 추론할 수 있도록 하버드 보건대학원의 James M. Robins가 개발한 방법이다. G-formula의 이론 설명에서는 시간에 따라 변하는 치료-교란 요인 되먹임이 존재하는 반복측정자료에 대한 인과 그래프에서 G-formula가 올바른 추정치를 제공하기 위해서 필요한 가정들을 소개하였다. 또한, 예제를 사용하여 이러한 자료에서 전통적인 통계 분석 방법을 적용하였을 때 나타나는 문제점을 소개하고 설명함으로써 G-formula의 필요성을 기술하였다. G-formula R package를 사용하는 방법에서는 James M. Robins의 G-formula를 통계 분석 프로그래밍 언어 R로 구현한 R package인 gfoRmula를 소개하고, R package에 내장되어있는 함수와 그 사용법에 대해서 예제를 통해서 설명하였다. 또한, G-formula를 사용하여 복합물질의 건강영향을 평가할 수 있도록 이와 관련된 설명을 작성하였다.

복합물질의 건강 영향 평가를 할 때, 평가 방법은 복합물질에 대한 노출과 건강영향이 복잡한 비선형 또는 비가산적 관계를 가질 수 있고, 건강영향과 복합물질 사이의 교호작용이 허락되어야 하며, 복합물질의 구성 성분 사이의 높은 상관성을 모형이 반영하여야 한다. 이러한 3가지 고려해야할 점을 반영하여 복합물질에 대한 건강 영향 평가를 하기 위해 Bobb JF는 bayesian kernel machine regression (BKMR)을 개발하였다. BKMR은 kernel machine regression (KMR)에 기초한 방법으로 여러 유해물질이 존재하는 상황에서 유해물질의 비선형성, 비가법적 관계 그리고 유해물질 사이의 높은 상관성을 각각 kernel 행렬을 이용한 혼합 모형 그리고 베이지안 관점의 변수 선택법을 사용하여 모형에 반영한다. BKMR에 대한 R package를 사용하는 방법에서는 Bobb JF의 BKMR를 통계 분석 프로그래밍 언어 R로 구현한 R 패키지 ‘bkmr’를 소개하고, 패키지에 내장되어있는 함수와 그 사용법을 예제를 통해 설명하였다.

또한, 특수건강진단 자료를 활용하여 납과 카드뮴에 동시에 노출되는 근로자들의 빈혈 위험도를 G-formula로 분석해보았다. 특수건강진단 자료는 노출-교란 요인 피드백이 있는 자료로 BKMR 보다는 G-formula가 더 적절한 분석 방법이었다. ‘납과 카드뮴에 대한 장기적인 복합노출이 빈혈 발생의 위험을 높인다.’라는 가설과 관련된 변수들(빈혈 여부, 혈중 납 농도, 혈중 카드뮴 농도, 나이, 성별, 사업장 규모, 음주 여부, 흡연 상태, 비만도, 건강진단 결과에 대한 의사의 판정 결과 그리고 그로 인한 사후관리조치 결과)을 활용하여 먼저 인과 그래프로 표현하였다. 근로자 건강진단 실무지침 내 노출 기준치에 대해 납의 경우, 직업병 요관찰자에 해당하는 혈중 납 농도 기준치는 30 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 이며, 직업병 유소견자에 해당하는 혈중 납 농도 기준치는 40 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 이다. 카드뮴의 경우, 5 $\mu\text{g}/\text{L}$ 이다. 따라서 납과 카드뮴 그리고 납과 크실렌에 대한 복합노출에 따른 빈혈 발생률을 산출하기 위해 혈중 납 농도 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40(단위: $\mu\text{g}/\text{dL}$)와 혈중 카드뮴 농도 1, 2, 3, 4, 5 (단위: $\mu\text{g}/\text{L}$)를 개입 노출량 (hypothetical intervention)으로 설정하여 각 조합마다 특수건강검진 대상 근로자의 빈혈의 누적 발생률을 산출하고 등고선 그림을 통해 시각적으로 그 추이를 살펴보았다. [그림 1]은 시간에 따라 변하는 납 및 카드뮴 노출과 빈혈 발생에 대한 인과 그래프이다.



[그림1] 납과 카드뮴의 복합노출이 빈혈에 미치는 영향에 관한 가설을 표현한 인과 그래프

연구대상자는 산업안전보건연구원의 직업건강연구실에서 수집하고 있는 근로자의 특수건강진단자료에서 2013년도부터 2019년까지 총 7년 동안 연 1회 이상 혈중 납 농도와 혈중 카드뮴 농도를 동시에 측정된 근로자였으며, 근로자 수는 총 23,336명이었다. 이 자료는 반복 측정된 종적 자료로, 아이디(개인식별변수), 검진 연도(검진 순서), 성별, 나이, 사업장 규모, 흡연 상태, 음주 여부, 비만도, 혈중 납 농도, 혈중 카드뮴 농도, 혈중 헤모글로빈 수치, 사후관리조치 결과, 판정결과에 대한 정보를 포함하고 있다. 빈혈 여부는 남성의 경우, 혈중 헤모글로빈 수치가

13g/dL 보다 작은 경우, 여성의 경우 12g/dL 보다 작은 경우, 빈혈이 있다고 정의하였다. 흡연 상태는 과거 흡연자 또는 현재 흡연자인 경우 1, 흡연 경험이 전혀 없으면 0이라고 정의하였고, 음주 여부는 특수건강진단을 받을 당시 음주를 하였으면 1, 음주를 하지 않았다면 0으로 정의하였다. 비만도는 근로자의 몸무게를 근로자의 키(m)의 제곱으로 나눈 체질량 지수를 사용하였다. 혈중 납 농도와 혈중 카드뮴 농도는 근로자의 특수건강진단 결과로 확인할 수 있는 값으로 각각 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 와 $\mu\text{g}/\text{L}$ 의 단위로 표현된다. 판정결과는 특수건강진단 결과에 따른 의사의 판단결과를 기록한 내용이며, 총 6가지의 범주(D1; D2 또는 DN; C1; C2 또는 CN; U 또는 R; A)를 가지는 것으로 가정하였다. 사후관리조치 결과는 판정결과에 따라 결정되는 사후관리조치 내용이며, 총 3가지의 범주(작업 장소 변경 및 타 업무로 전환조치 등 노출이 중단되는 경우, 보호구 착용 등 노출수준이 낮아지는 경우, 사후관리가 필요 없는 경우)를 가지는 것으로 가정하였다. 나이는 근로자의 나이를 의미하며, 현재 자료에는 18세 이상의 근로자에 대한 자료만 포함되어 있다. 자료에서 나타나는 성별은 남성과 여성 두 종류의 성만 있으며, 사업장 규모는 근로자가 근무하는 사업장에서 근무하는 총 근로자의 수를 나타낸다. 혈중 납 농도와 혈중 카드뮴 농도가 빈혈의 발생에 미치는 효과를 알아보는 것이 연구 가설이기 때문에, 빈혈 여부가 결과 변수, 혈중 납 농도, 그리고 혈중 카드뮴 농도가 노출 변수이며, 그 외 나머지 변수는 교란 요인에 해당한다.

특수건강진단 자료를 사용하여 연구 가설 “장기간에 걸쳐 납과 카드뮴에 노출될 가능성이 있는 작업장에서 일한 근로자들을 대상으로, 7년 동안 특정 농도로 일정하게 혈중 납 농도와 혈중 카드뮴 농도가 고정되었을 때, 빈혈의 발생률에 얼마나 영향을 미치는가?” 그리고 일반인구 집단에 비교하여 그 누적 발생률은 얼마나 높게 나타날 것인가?”에 대하여 알아보고자 하였다. 연구 가설은 두 종류의 유해물질(혈중 납 농도, 혈중 카드뮴 농도)의 노출 수준의 조합에 따른 빈혈의 누적 발생률의 추이를 확인하고자 하며, 그에 따라 특수건강진단을 받은 근로자 집단에 각 유해물질의 특정 노출 수준에 대한 개입(intervention)을 지정하고, 이를 등고선 그림을 통해 그 추이를 확인하고자 하였다. 연구 가설에서 확인하고자 하는 효과를 두 유해물질에 대한 근로자의 혈중 농도가 특정 농도로 고정되어 있을 때의 빈혈의 누적 발생률과 일반인구 집단의 노출 수준에 해당하는 혈중 농도로 고정되었을 때 나타나는 빈혈의 누적 발생률의 비로 정의하였다. 예를 들어, 유해물질의 노출 수준에 대한 개입으로 “총 7년 동안 모든 근로자의 혈중 납 농도가 $30 \mu\text{g}/\text{dL}$, 혈중 카드뮴 농도가 $5 \mu\text{g}/\text{L}$ 로 유지되었을 때”를 지정할 경우, 이러한 노출 수준에 해당하는 개입을 받은 근로자들의 누적 발생률을, 대조군에 해당하는 일반인구 집단의 혈중 납 농도 ($1.6 \mu\text{g}/\text{dL}$ ¹⁾)와 혈중 카드뮴 농도 ($0.9187 \mu\text{g}/\text{L}$ ²⁾)일 때의 빈혈의 발생률과 비교하여 유해물질의 노출 수준에 따른 빈혈의 누적 발생률을 산출하였다. G-formula를 적용하여 특수건강검진자료를 분석하기 위해서는 결과 변수, 노출 변수 그리고 교란 요인에 대한 모형이 필요하며, 모형에 포함하는 요인은 인과 그래프를 통하여 결정되었다. 혈중 납 농도와 혈중 카드뮴 농도의 조합에 관한 연구 가설을 분석하기 위한 모형에 포함된 변수는 각각 [표 1]에 기술되어 있다.

1) 환경부 국립환경과학원의 국민환경보건기초조사 DB에서 2017년 자료 내 성인의 혈중 납 기하평균 $1.6 \mu\text{g}/\text{dL}$ 을 참고하였음.

2) 보건복지부 질병관리청의 국민건강영양조사 자료에서 2016년과 2017년에 측정된 자료 내 만 19세 이상 성인의 혈중 카드뮴 기하평균 $0.9187 \mu\text{g}/\text{L}$ 를 참고하였음.

[표1] 특수건강검진자료에서 혈중 납 농도와 혈중 카드뮴 농도에 대한 연구 가설을 분석하기 위해 설정한 결과 변수, 노출 변수 그리고 교란 요인에 대한 모형과 모형에 포함된 변수

모형의 종류	분석을 위한 모형에 포함된 변수	
결과 변수에 대한 모형	시점 t에서의 빈혈 여부	혈중 납 농도 (시점 t), 혈중 카드뮴 농도 (시점 t), 흡연 상태 (시점 t), 음주 여부 (시점 t), 비만도 (시점 t), 혈중 납 농도 (시점 t-1), 혈중 카드뮴 농도 (시점 t-1), 사후관리조치 결과 (시점 t-1), 혈중 납 농도 (시점 t-2), 혈중 카드뮴 농도 (시점 t-2) 그리고 나이, 성별, 사업장 규모
	시점 t에서의 혈중 납 농도	음주 여부 (시점 t), 흡연 상태 (시점 t), 비만도 (시점 t), 혈중 납 농도 (시점 t-1), 사후관리 조치 결과 (시점 t-1), 혈중 납 농도 (시점 t-2), 혈중 납 농도 (시점 t-3) 그리고 나이, 성별, 사업장 규모, 검진 순서
노출 변수에 대한 모형	시점 t에서의 혈중 카드뮴 농도	음주 여부 (시점 t), 흡연 상태 (시점 t), 비만도 (시점 t), 혈중 카드뮴 농도 (시점 t-1), 사후관리조치 결과 (시점 t-1), 혈중 카드뮴 농도 (시점 t-2), 혈중 카드뮴 농도 (시점 t-3) 그리고 나이, 성별, 사업장 규모, 검진순서
	시점 t에서의 음주 여부	음주 여부 (시점 t-1) 그리고 나이, 성별, 검진순서
교란 요인에 대한 모형	시점 t에서의 흡연 상태	흡연 상태 (시점 t-1), 흡연 상태 (시점 t-1) 그리고 나이, 성별, 검진순서
	시점 t에서의 비만도	음주 여부 (시점 t), 흡연 상태 (시점 t), 비만도(시점 t-1) 그리고 나이, 성별, 검진순서
	시점 t에서의 판정결과	혈중 납 농도 (시점 t), 혈중 카드뮴 농도 (시점 t) 그리고 나이, 성별, 사업장 규모
	시점 t에서의 사후관리조치	판정결과 (시점 t), 혈중 납 농도 (시점 t), 혈중 카드뮴 농도 (시점 t) 그리고 나이, 성별, 사업장 규모

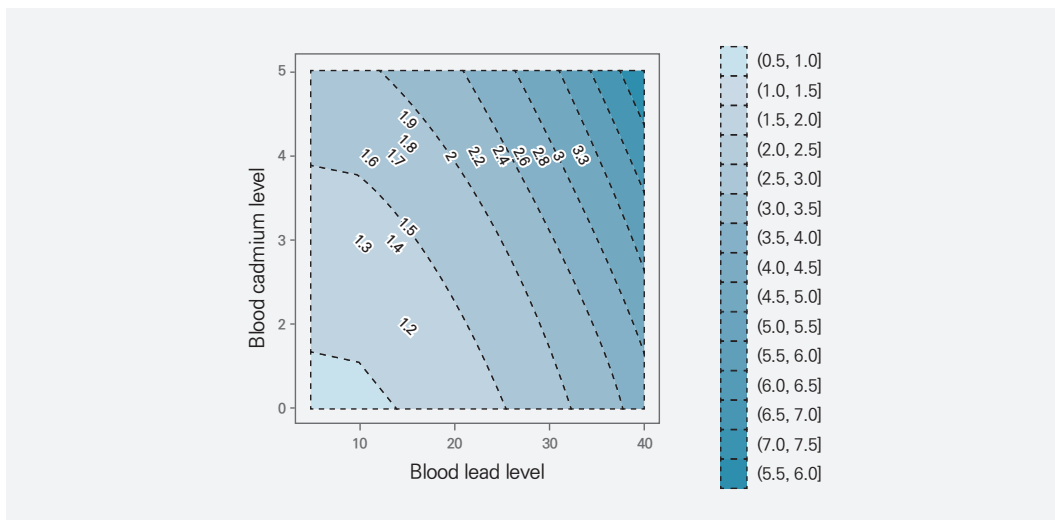
[표 2]는 혈중 납 농도와 혈중 카드뮴 농도의 조합에 따른 빈혈의 누적 발생률을 일반인구집단에서 측정되는 혈중 농도인 혈중 납 농도 ($1.6 \mu\text{g/dL}$)와 혈중 카드뮴 농도 ($0.9187 \mu\text{g/L}$)일 때의 빈혈의 누적 발생률로 나누어 구한 위험 비를 기술한 표이며, 95% 신뢰구간은 bootstrap 방법을 사용하여 산출하였다. [표 2]에서 혈중 카드뮴 농도가 고정되어있을 때, 혈중 납 농도가 증가함에 따라 위험 비가 증가하는 것을 확인할 수 있었으며, 마찬가지로 혈중 납 농도가 고정되어있는 경우, 혈중 카드뮴 농도가 증가함에 따라 위험 비가 증가하는 것을 확인할 수 있다. 저 농도에서의 혈중 납 농도와 혈중 카드뮴의 조합의 일부에서 빈혈에 대한 위험 비의 95% 신뢰구간들 중 일부가 1을 포함하고 있지만, 고 농도를 포함하여 그 외의 혈중 납 농도와 혈중 카드뮴 농도의 조합에서 95%

신뢰구간의 왼쪽 경계 값이 모두 1보다 크며, G-formula가 유의한 결과를 제공하고 있음을 알 수 있다.

[그림 2]는 혈중 납 농도와 혈중 카드뮴 농도의 조합에 따른 빈혈의 누적 발생률의 위험 비를 시각적으로 확인하기 위한 등고선 그림으로, [표 2]에서 확인한 것과 같이 혈중 납 농도와 혈중 카드뮴 농도가 모두 증가함에 따라 빈혈의 발생률의 위험 비 또한 증가하는 것을 확인할 수 있다.

[표2] 혈중 납 농도와 혈중 카드뮴 농도에 따른 빈혈의 발생률에 대한 위험 비를 기술한 표

혈중 납 농도 ($\mu\text{g/dL}$)	혈중 카드뮴 농도 ($\mu\text{g/L}$)	위험 비(Risk ratio)	위험 비의 95% 신뢰구간	
			왼쪽 경계 값	오른쪽 경계 값
1.6	0.9187	Reference (1.0000)	-	-
5	1	0.8811	0.7884	0.9854
5	2	1.0453	0.9113	1.2160
5	3	1.2619	1.0384	1.5628
5	4	1.5321	1.1450	2.0900
5	5	1.8608	1.2495	2.7630
10	1	0.8999	0.7428	1.0732
10	2	1.0676	0.8621	1.2967
10	3	1.2892	0.9912	1.6799
10	4	1.5658	1.1543	2.1672
10	5	1.9010	1.2091	2.9435
15	1	1.0138	0.7777	1.2560
15	2	1.1991	0.8912	1.4774
15	3	1.4436	1.0230	1.8725
15	4	1.7463	1.1672	2.4428
15	5	2.1106	1.3490	3.2974
20	1	1.1971	0.8372	1.5493
20	2	1.4096	0.9637	1.8312
20	3	1.6879	1.1031	2.1498
20	4	2.0291	1.2316	2.8534
20	5	2.4356	1.4685	3.6415
25	1	1.4504	0.9333	2.0399
25	2	1.6979	1.0665	2.3277
25	3	2.0187	1.2843	2.7492
25	4	2.4080	1.4015	3.4354
25	5	2.8660	1.5829	4.2732
30	1	1.7814	1.0544	2.6648
30	2	2.0705	1.1997	3.0672
30	3	2.4417	1.4351	3.5540
30	4	2.8864	1.6837	4.1293
30	5	3.4062	1.8051	5.2302
35	1	2.2006	1.2159	3.5577
35	2	2.5371	1.3723	3.9055
35	3	2.9656	1.6347	4.5729
35	4	3.4811	1.9632	5.2125
35	5	4.0892	2.1902	6.2649
40	1	2.7229	1.4304	4.6238
40	2	3.1172	1.5998	5.0553
40	3	3.6244	1.8106	5.6505
40	4	4.2449	2.2264	6.4824
40	5	4.9756	2.5131	7.5492



[그림2] 혈중 납 농도 (blood lead level)와 혈중 카드뮴 농도 (blood cadmium level)에 따른
빈혈의 발생률에 대한 위험도 비를 표현한 등고선 그림

후속 과제로 연구원에서는 2023년에 G-formula 및 BKMR의 단점을 개선하기 위한 연구를 수행하고 있다. G-formula의 경우 용량-반응 곡선과 교호작용을 표현하는 시각화 코드를 개발하고 분석 결과의 안정성 평가 방법을 개발하고자 하며, BKMR의 경우 분석 시간 단축 방법을 개발하고 로지스틱 회귀 모델로 확장하고자 한다(현재는 프로빗 모델만 가능함). 또한, 반복측정 자료에서 기울기에 랜덤 효과를 적용(현재는 절편에만 랜덤 효과를 적용할 수 있음)할 수 있게 통계분석법을 개발하고자 한다. 이러한 개선 방법을 직접 활용하는데 참고할 수 있는 가이드라인도 작성할 예정으로, 국내 산업보건 역학연구에서 인과추론과 복합노출의 건강영향 평가가 활발히 이루어지기를 기대한다.

용어정의

G-formula

G-formula는 연구자가 가정하는 노출 시나리오 하에서 잠재적 결과를 생성하기 위해, 관측된 데이터의 결합 밀도(joint distribution)를 모델링한다. 또한, 시간에 따라 변화하는 노출과 교란요인으로 인해 발생하는 치료-교란요인 되먹임과 경쟁사건을 다룰 수 있는 통계방법이라는 장점이 있다.

BKMR

베이지안 커널 기계 회귀(Bayesian kernel machine regression, BKMR)는 사후포함확률 추정을 통해 여러 노출들 중 건강결과에 영향을 주는 노출을 식별하면서, 복합노출의 건강효과를 추정하고, 각 노출과 결과 간의 비선형성 및 노출들 간의 상호작용을 허용하는 복합노출의 건강영향을 추정할 때 사용하는 통계 방법이다. 하지만 현재 매우 큰 자료의 경우에는 분석속도가 느려 활용이 불가능하다는 단점이 있다.

치료-교란 요인 되먹임

치료-교란요인 되먹임(treatment-confounder feedback)이란 다음의 조건을 만족하는 시간에 따라 변하는 교란요인 L 을 의미한다. 1) 요인 L 이 시간에 따라 변하는 노출 변수와 영향을 주고받는다. 2)인과 그래프에서 요인 L 이 t 시점의 노출변수와 결과변수의 교란요인이면서 또한 충돌변수(collider)도 될 수 있다.

KMR 방법

비모수 통계(non-parametric statistics)에서 kernel은 비모수 추정 기법(non-parametric estimation techniques)에 사용되는 가중치 함수(weighting function)이다. 직관적으로 설명하자면, kernel은 데이터 포인트 간의 유사성을 측정하는 방법으로 데이터의 패턴을 찾을 수 있게 하는 방법이다. KMR(Kernel Machine Regression)은 비모수 회귀(non-parametric regression) 한 형태로 커널 방법을 회귀 분석에 적용한 것이다.

베이지안 접근법

베이지안 통계는 베이즈 정리(Bayes' theorem)에 기반한 데이터 분석과 매개변수 추정에 대한 접근 방식이다. 베이지안 통계의 고유한 점은 통계 모델 내 모든 관찰된 매개변수와 관찰되지 않은 매개변수가 사전 분포와 데이터 분포라고 하는 결합 확률 분포로 주어진다. 더 간단히 설명하면, 베이지안 통계란 사전 지식(prior knowledge)을 반영하는 사전 분포(prior distribution)와 데이터에 기반하여 도출한 우도비(likelihood)를 결합하여, 사전 지식에 데이터 기반 정보를 업데이트한 사후 분포(posterior distribution)를 추정한다.

개인에 대한 인과효과

연구자들은 $Y_i^a=1$ 라고 써서, “개인 i 는 결과 $Y^a=1$ 을 가진다”라는 표현을 축약하여 표현한다. 개인의 인과효과를 정의하기 위해서는 관심 결과 Y , 비교할 치료들 $a=1$ 과 $a=0$, 개인에서 관찰된 반사실적 결과들 $Y^{a=1}$ 과 $Y^{a=0}$ 이 필요하다. 만약 $Y^{a=1} \neq Y^{a=0}$ 일 경우, 치료 A 는 개인의 결과 Y 에 인과효과를 가진다고 할 수 있고, $Y^{a=1} \neq Y^{a=0}$ 가 개인에 대한 인과효과라고 정의할 수 있다.

평균 인과효과

하지만 일반적으로 개인의 인과관계를 확인하는 것은 불가능하기 때문에, 우리는 여러 명의 인과효과가 합쳐진 인과효과인 ‘집단의 평균 인과효과’에 주목한다. 이를 정의하려면 관심 결과 Y , 비교할 치료들 $a=1$ 과 $a=0$, 잘 정의된 집단 내 개인들에서 관찰된 반사실적 결과들 $Y^{a=1}$ 과 $Y^{a=0}$ 이 필요하다. 만약 $E[Y^{a=1}=1] \neq E[Y^{a=0}=1]$ 인 경우, 치료 A 는 인구집단의 결과 Y 에 평균 인과효과를 가진다고 할 수 있고, $E[Y^{a=1}=1] \neq E[Y^{a=0}=1]$ 가 인구집단의 평균 인과효과라고 정의할 수 있다.

조건부 무작위화

L 에 대한 조건부 무작위화란, L 이 1과 0이라는 값을 가질 때, $L = 1$ 인 상태를 가진 사람들로 이루어진 하위집단 안에서 치료 유무에 대한 무작위화가 이루어져 치료 받은 사람들과 치료 받지 않은 사람들 간에 교환가능성이 만족하고, $L = 0$ 인 상태를 가진 사람들로 이루어진 하위집단 안에서 치료 유무에 대한 무작위화가 이루어져 치료 받은 사람들과 치료 받지 않은 사람들 간에 교환가능성이 만족하는 경우를 말한다.

역 확률 가중치

어떤 개인에서 예후인자 L 이 주어졌을 때, 그 개인이 치료를 받거나 받지 않을 조건부 확률의 역수를, 관찰된 원래 인구집단의 각 개인에 가중치로 부여하여, 가상의 인구집단을 생성할 수 있다. 이렇게 가상의 인구집단을 생성한 후, 평균 인과효과를 계산하는 방법을 역 확률 가중치라고 한다. 즉, 표준화(standardization)와 역 확률 가중치(inverse probability weighting)는 관찰연구에서 바이어스를 유발하는 L 이란 변수를 통제하는 방법이다. 표준화와 역 확률 가중치는 동일한 결과를 제공하며, 이는 수학적으로 증명된 사실이다.

교환가능성

교환가능성(exchangeability)이란, 비조건부 무작위 시험에서 치료를 받은 군이 치료를 받지 않았더라면, 치료를 받지 않은 군과 동일한 평균 잠재적 결과를 가질 것이라는 것을 의미한다. 조건부 무작위 시험에서의 교환가능성은, 특정 변수에 대한 값이 주어지면(즉 특정 변수의 특정 값을 가지는 하위그룹에서), 치료를 받은 군이 치료를 받지 않았더라면, 치료를 받지 않은 군과 동일한 평균 잠재적 결과를 가질 것이라는 것을 의미한다.

전통적인 회귀분석과 G-formula의 차이

전통적인 회귀분석은 치료-교란요인 되먹임에 의해 발생하는 바이어스와 정보적 중도절단(informative censoring)에 의해 발생하는 바이어스를 통제하기 어려워, 이러한 바이어스를 통제하기 위해서는 g-formula를 사용해야 한다.

참고문헌

- ... 예신희, 이경은, 성정민, 박동준, 이우주. 직업병 인과추론 가이드라인 및 통계분석법 개발 (1): g methods 국문 가이드라인 개발. 산업안전보건연구원. 2021.
- ... 예신희, 이경은, 윤민주, 박동준, 마성원, 이영신, 이우주. 직업병 인과추론 가이드라인 및 통계분석법 개발 (2): 복합노출의 건강 영향평가 국문 가이드라인 개발. 산업안전보건연구원. 2022.

03

근로자 사망통계 연보 시범 개발

2019년 통계청 사망원인 자료와 고용정보원의 고용보험 가입자료를 결합하여, 2019년 사망자 중 1995년 이후 고용보험이 가입된 이력이 있는 자에 대하여 사망 통계를 제시하였으며 성, 연령, 재직기간, 지역, 업종, 사망원인에 따른 사망률, 표준화사망비 등을 산출하였다. 또한 향후 활용 가능성 및 연보의 발전방안을 파악하기 위해 통계를 직접 이용하고자 하는 수요자 중심으로 설문조사를 시행하였다.

**연구책임자**

정인철 교수 | 아주대학교 직업환경의학과

연구상대역

김유진 과장 | 산업안전보건연구원 직업건강연구실 역학조사부
052-703-0875 | yujin178@kosha.or.kr



정인철 교수



김유진 과장

I. 배경

건강을 나타내는 지표 중 사망은 가장 치명적이고 비가역적인 중요한 지표로서 직업건강 분야의 주요 역학적 근거로 활용될 수 있다. 국가적으로 발행되는 사망과 관련된 통계로는 통계청의 사망원인통계와 노동부에서 집계하는 산업재해 현황분석이 있으나, 업무관련성과 무관한 근로자 전체의 사망을 집계하는 국가 공식 통계는 아직 없다. 이에 산업안전보건연구원에서는 2020-2021 '근로자 사망통계 연보개발 시범사업(1, 2)'을 통해 근로자의 사망 통계를 제시한 바 있으며, 2022년에 기존 연구 내용을 보완하여 '근로자 사망통계 연보개발 시범사업(3)'으로 근로자 사망통계 연보를 제시하였다.

II. 실용화 내용

2019년 통계청 사망원인 자료와 고용정보원의 고용보험 가입자료를 결합하여, 2019년 사망자 중 1995년 이후 고용보험이 가입된 이력이 있는 자에 대하여 사망 통계를 제시하였다. 대상자는 사망 및 사망을 일으킨 사건이 발생한 당시 고용보험에 가입 또는 가입되어 있었을 것으로 추정되는 자를 근로자로 정의하였으며 직역연금 가입자, 고용보험 제도에 따라 적용 제외 대상 사업 및 적용 제외 대상 근로자는 제외되었다. 2019년에 사망한 고용보험 가입 근로자 수는 총 95,018명으로 이들의 전체 고용보험기록은 총 354,209건이었다. 마지막 고용보험 기록(최종 근로 사업장)을 기준으로 사망 정보가 누락된 경우는 167건이었다. 이 중 사망 이후 보험을 취득한 사례 9건을 제외한 7,638건(내인사 4,937건, 외인사 2,701건)이 최종적으로 분석에 포함되었다.

2019년 근로자 사망통계 요약

- 총 사망자 수는 7,638명, 조사망률(인구 10만 명당 명)은 55.3명임.
- 연령별 사망자 수는 50대(2,247명), 60대(1,621명), 40대(1,530명) 순으로 많고, 조사망률은 70세 이상(319.5명), 60대(125.7명), 50대(80.0명) 순으로 높음.
- 지역별 사망자 수는 서울(1,835명), 경기(1,667명), 경남(527명) 순으로 많음.
- 업종별 사망자 수는 제조업(1,862명), 건설업(801명), 운수 및 창고업(710명) 순으로 많음.
- 업종별 조사망률은 광업(214.6명)과 농업·임업 및 어업(170.6명), 국제 및 외국기관(126.5명) 순으로 많고, 연령표준화 사망률(2005년 연령별 인구로 표준화한 사망률)은 광업(171.7명), 국제 및 외국기관(163.4명), 농업·임업 및 어업(161.2명) 순으로 높음.
- 사망원인별 조사망률은 악성신생물(12.6명), 자살(9.9명), 심장 질환(8.5명), 운수사고(4.9명), 뇌혈관 질환(6.8명) 순으로 높음.
 - 연령별 사망원인 1위는 19세 이하는 운수사고, 20대, 30대, 40대는 자살, 50대 이후는 악성신생물임.
 - 외인에 대한 조사망률은 자살, 운수사고, 낙상 순으로 높음.
 - 내인에 대한 조사망률은 악성신생물, 허혈성 심장질환, 뇌혈관 질환 순으로 높음.

[표1] 사망자 수 및 조사망률

연도	사망자 수			조사망률			사망률 성비 (남/여)
	전체	남	여	전체	남	여	
2018년	7,661	6,478	1,183	58.7	86.1	21.4	4.0
2019년	7,638	6,417	1,221	55.3	81.9	20.4	4.0
'18년 대비	증 감	-23.0	-61.0	38.0	-3.4	-4.2	-1.0
	증감률	-0.3	-0.9	3.2	-5.8	-4.9	-4.5

[표2] 사망원인 순위

순위	2018년		2019년		구성비	'18년 대비
	사망원인	사망률	사망원인	사망률		
1	악성신생물	13.3	악성신생물	12.6	22.9	0.1
2	자살	9.9	자살	9.9	17.8	0.0
3	심장 질환	9.0	심장 질환	8.5	15.4	-3.6
4	운수사고	5.7	운수사고	4.9	8.8	-0.6
5	뇌혈관 질환	3.6	뇌혈관 질환	3.8	6.8	0.4

[표3] 주요 사망원인별 사망률

사망원인	조사망률		'18년 대비		비례사망률
	2018년	2019년	증감	증감률	
전체	58.67	55.30	-3.38	-5.8	
특정 감염성 및 기생충성 질환	0.79	0.70	-0.09	-11.0	1.3
신생물	13.63	12.89	-0.74	-5.4	23.3
악성신생물	13.26	12.65	-0.62	-4.7	22.9
위의 악성신생물	1.49	1.24	-0.25	-16.7	2.2
결장, 직장 및 항문의 악성신생물	1.10	1.15	0.05	4.4	2.1
간 및 간내 담관의 악성신생물	2.76	2.48	-0.27	-9.9	4.5
췌장의 악성신생물	1.07	1.09	0.02	2.0	2.0
기관, 기관지 및 폐의 악성신생물	2.17	2.19	0.02	0.9	4.0
림프조혈기계 악성신생물	1.65	1.17	-0.48	-29.1	2.1
혈액 및 조혈기관질환과 면역메커니즘을 침범하는 특정 장애	0.10	0.14	0.05	45.4	0.3

사망원인	조사망률		'18년 대비		비례사망률
	2018년	2019년	증감	증감률	
내분비, 영양 및 대사 질환	0.89	0.75	-0.14	-15.2	1.4
당뇨병	0.64	0.55	-0.09	-13.4	1.0
정신 및 행동장애	0.28	0.22	-0.06	-21.2	0.4
신경계통의 질환	0.30	0.33	0.03	9.1	0.6
순환계통의 질환	13.69	13.18	-0.52	-3.8	23.8
허혈성 심장 질환	5.47	5.52	0.05	0.9	10.0
뇌혈관 질환	3.61	3.76	0.16	4.4	6.8
호흡계통의 질환	1.62	1.45	-0.17	-10.4	2.6
폐렴	0.82	0.69	-0.13	-16.1	1.2
소화계통의 질환	1.91	1.72	-0.19	-10.0	3.1
간 질환	1.42	1.17	-0.25	-17.7	2.1
피부 및 피하조직의 질환	0.01	0.02	0.01	183.6	0.04
근골격계통 및 결합조직의 질환	0.13	0.20	0.07	50.1	0.4
비뇨생식계통의 질환	0.39	0.30	-0.09	-22.2	0.5
임신, 출산 및 산후기	0.07	0.03	-0.04	-58.0	0.1
선천 기형, 변형 및 염색체이상	0.08	0.07	-0.02	-22.7	0.1
달리 분류되지 않은 증상, 징후와 임상 및 검사의 이상 소견	3.80	3.74	-0.06	-1.5	6.8
사망의 외인	21.08	19.55	-1.53	-7.3	35.4
고의적 자해(자살)	9.91	9.85	-0.06	-0.6	17.8
운수사고	5.66	4.86	-0.80	-14.2	8.8
낙상(추락)	1.72	1.51	-0.20	-11.8	2.7
불의의 익사 및 익수	0.61	0.55	-0.06	-10.2	1.0

[표4] 업종·연령별 사망률(39세 이하)

업종	연령			
	전체	19세 이하	20~29세	30~39세
농업·임업 및 어업	170.6	645.2	29.9	37.7
광업	214.6	-	349.7	106.5
제조업	51.7	7.0	20.9	29.7
전기, 가스, 증기 및 공기조절 공급업	58.0	-	6.9	32.9
수도, 하수 및 폐기물처리, 원료재생업	120.9	-	15.5	41.2
건설업	112.4	-	26.6	25.6
도소매업	44.2	12.6	15.1	30.3
운수 및 창고업	110.9	-	26.4	40.6
숙박 및 음식점업	33.5	21.4	14.0	31.8
정보통신업	34.3	30.2	7.9	21.2

업종	연령			
	전체	19세 이하	20~29세	30~39세
금융 및 보험업	36.0	-	9.0	18.6
부동산업	98.0	-	16.7	28.5
전문, 과학 및 기술서비스업	62.6	24.5	11.1	18.5
사업시설관리, 사업지원 및 임대서비스업	54.8	16.5	13.5	28.8
공공행정, 국방 및 사회보장 행정	99.8	68.4	17.4	24.6
교육 서비스업	36.6	-	7.3	13.2
보건업 및 사회복지 서비스업	27.1	-	9.6	17.0
예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업	41.4	-	25.5	10.6
협회 및 단체, 수리 및 기타 개인서비스업	57.7	-	18.3	38.9
국제 및 외국기관	126.5	-	115.2	48.7

[표5] 업종·연령별 사망률(40세 이상)

	연령			
	40~49세	50~59세	60~69세	70세 이상
농업·임업 및 어업	89.0	214.1	246.6	399.7
광업	86.4	329.2	196.9	-
제조업	47.7	80.8	124.5	382.0
전기, 가스, 증기 및 공기조절 공급업	52.5	129.0	184.6	-
수도, 하수 및 폐기물처리, 원료재생업	60.8	188.8	206.3	268.9
건설업	66.5	162.5	258.0	953.4
도소매업	42.9	64.1	129.6	535.9
운수 및 창고업	84.1	123.7	224.6	397.3
숙박 및 음식점업	37.7	40.2	56.4	212.3
정보통신업	40.5	99.9	230.6	722.0
금융 및 보험업	51.0	69.1	37.3	724.6
부동산업	42.9	93.0	116.7	246.1
전문, 과학 및 기술서비스업	45.3	118.4	210.6	799.6
사업시설관리, 사업지원 및 임대서비스업	37.3	46.2	89.1	189.6
공공행정, 국방 및 사회보장 행정	42.9	123.7	190.1	431.8
교육 서비스업	31.7	34.2	105.7	360.6
보건업 및 사회복지 서비스업	16.3	32.8	56.0	147.6
예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업	50.1	88.1	57.9	189.8
협회 및 단체, 수리 및 기타 개인서비스업	43.9	73.0	119.8	192.2
국제 및 외국기관	-	83.4	439.4	1,204.8

[표6] 업종별 사망률

업종	조사사망률		연령표준화 사망률	
	2018년	2019년	2018년	2019년
농업·임업 및 어업	195.0	170.6	140.2	161.2
광업	309.7	214.6	170.1	171.7
제조업	55.0	51.7	69.4	68.3
전기, 가스, 증기 및 공기조절 공급업	49.6	58.0	49.7	53.8
수도, 하수 및 폐기물처리, 원료재생업	112.3	120.9	92.5	86.3
건설업	114.3	112.4	151.0	131.9
도소매업	48.1	44.2	80.2	75.0
운수 및 창고업	116.6	110.9	106.7	94.8
숙박 및 음식점업	33.8	33.5	44.1	43.8
정보통신업	31.4	34.3	92.1	98.6
금융 및 보험업	39.1	36.0	52.4	76.1
부동산업	95.9	98.0	54.1	57.6
전문, 과학 및 기술서비스업	66.7	62.6	117.9	104.7
사업시설관리, 사업지원 및 임대서비스업	65.5	54.8	51.6	44.9
공공행정, 국방 및 사회보장 행정	120.1	99.8	100.9	85.2
교육 서비스업	34.8	36.6	63.9	48.8
보건업 및 사회복지 서비스업	25.3	27.1	34.4	28.2
예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업	59.3	41.4	84.3	47.1
협회 및 단체, 수리 및 기타 개인서비스업	51.7	57.7	55.0	54.7
국제 및 외국기관	138.3	126.5	133.2	163.4
전체	58.7	55.3		

[표7] 연령별 5대 사망원인 사망률 및 구성비

	19세 이하	20-29세	30-39세	40-49세	50-59세	60-69세	70세 이상
1위	운수사고	자살	자살	자살	악성신생물	악성신생물	악성신생물
	8.1	7.1	9.5	11.7	20.8	32.3	94.1
	52.9	46.7	36.1	26.2	26.0	25.7	29.4
2위	자살	운수사고	악성신생물	악성신생물	심장 질환	심장 질환	심장 질환
	3.6	3.0	3.3	9.9	13.1	25.0	62.8
	23.5	20.0	12.5	37.6	16.3	19.9	19.7
3위	심장 질환	심장 질환	운수사고	심장 질환	자살	운수사고	운수사고
	0.9	1.0	3.0	5.3	9.9	10.9	19.8
	5.9	6.5	11.4	20.1	12.4	8.6	6.2
4위	뇌혈관 질환	악성신생물	심장 질환	뇌혈관 질환	운수사고	자살	뇌혈관 질환
	0.9	0.5	2.7	4.2	6.4	10.6	18.8
	5.9	3.5	10.2	16.1	8.0	8.5	5.9
5위		낙상	뇌혈관 질환	운수사고	뇌혈관 질환	뇌혈관 질환	자살
		0.4	1.7	3.1	5.4	7.9	14.1
		2.4	6.4	11.9	6.7	6.3	4.4

※ 차례대로 사망원인, 사망률, 구성비를 의미함

전체 인구와 근로자 집단의 비례사망률

- 전체 인구의 경우 고령자 사망이 많은 반면, 근로자 집단에는 고령자가 적으므로 20세에서 64세에 한해 비교를 수행함(비례 사망률 1% 이상의 사망원인).
- 전체 인구와 근로자 집단 모두 비례사망률은 악성신생물, 자살, 심장 질환 순으로 높음.
 - 근로자 집단에서 비례사망률이 더 높은 사망원인은 심장 질환, 자살, 운수사고 순임.
 - 전체 인구에서 비례사망률이 더 높은 사망원인은 악성신생물, 간 질환, 폐렴 순임.

[표8] 전체 인구와 근로자 집단 비례사망률

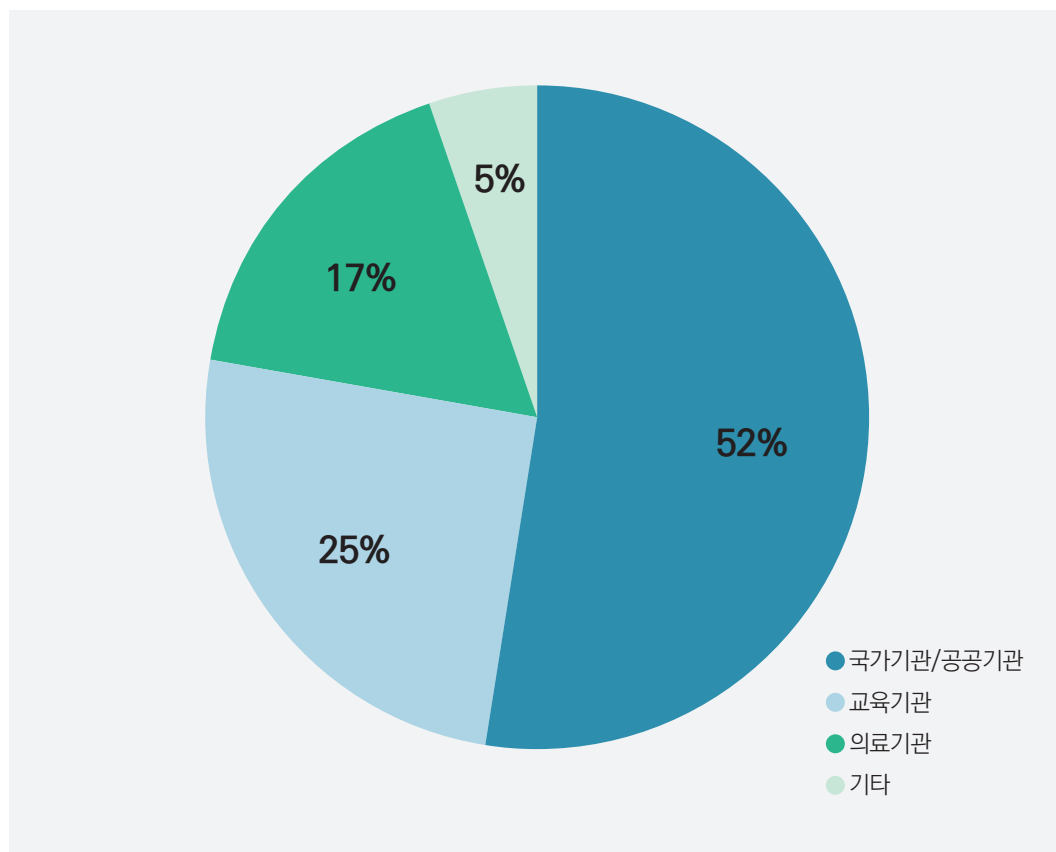
사망원인	전체 인구		근로자		비례 사망률 차이
	사망자 수	비례 사망률	사망자 수	비례 사망률	
특정 감염성 및 기생충성 질환	1,343	2.0	60	1.0	-1.0
악성신생물	23,084	35.0	1,294	21.7	-13.3
당뇨병	1,376	2.1	55	0.9	-1.2
정신활성 물질 사용에 의한 정신 및 행동 장애	706	1.1	25	0.4	-0.7
심장 질환	5,036	7.6	841	14.1	6.4
뇌혈관 질환	3,660	5.6	413	6.9	1.4
폐렴	1,286	2.0	45	0.8	-1.2
간 질환	3,952	6.0	146	2.4	-3.5
운수사고	2,069	3.1	539	9.0	5.9
낙상(추락)	1,025	1.6	170	2.8	1.3
불의의 익사 및 익수	239	0.4	63	1.1	0.7
고의적 자해(자살)	9,893	15.0	1,266	21.2	6.2

근로자 사망통계 연보개발 발전방안 설문 결과

다음은 설문조사 내용 중 일부분을 정리하였다.

응답자 소속 기관 유형

응답자들이 속한 기관의 유형으로는 국가기관/공공기관(48명, 52%), 교육기관 (23명, 25%), 의료기관(16명, 17%) 순으로 많았다. 기타 응답으로는 공공산업보건서비스 민간위탁기관, 사기업, 중소기업, 센터, 소속기관 없음이 각각 1명씩 있었다.

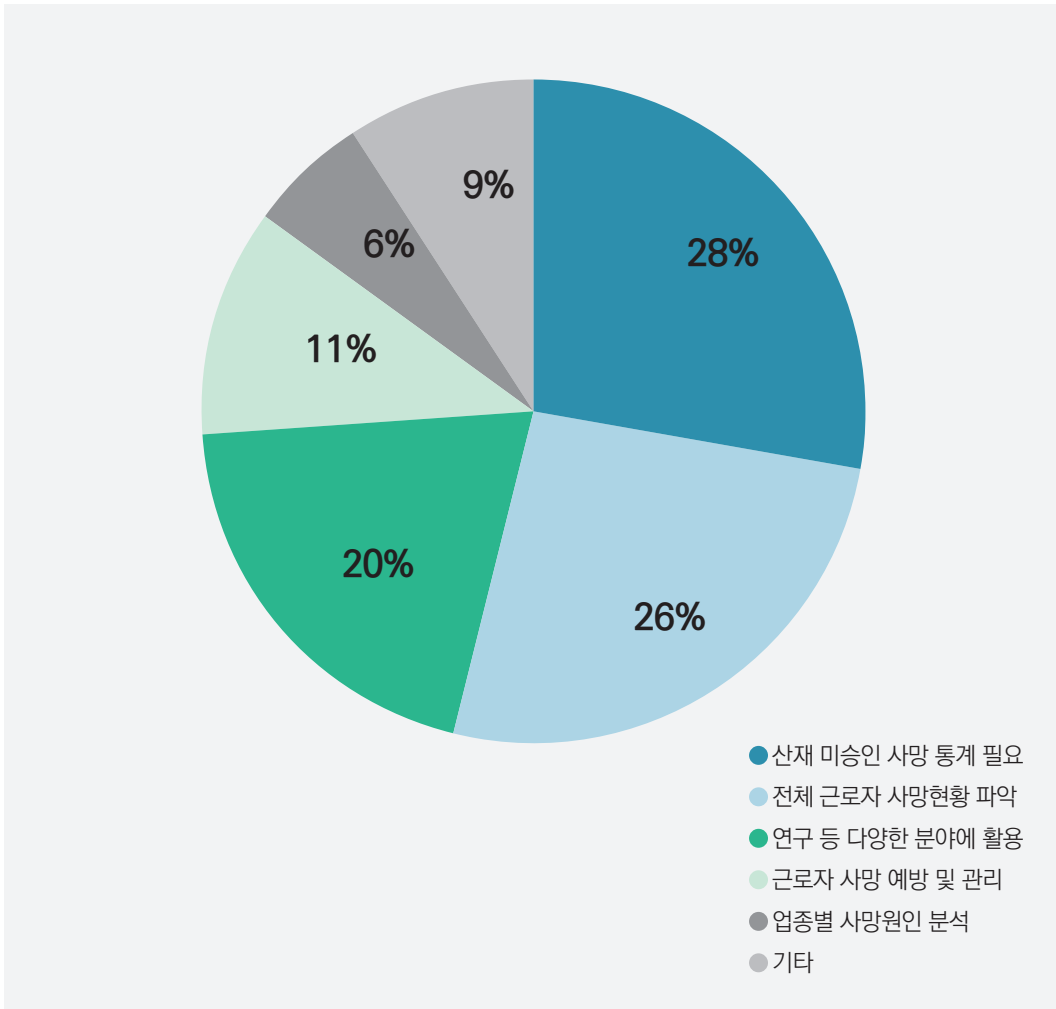


[그림1] 설문 참여자들의 소속 기관

근로자 전체 사망 통계 필요 여부

통계청의 전 국민을 대상으로 한 사망원인통계와 고용노동부의 산재로 인정된 사례를 대상으로 한 산업재해 현황분석 외에 추가로 고용보험적용 근로자 전체의 사망 현황을 파악하는 근로자 사망 통계가 필요한가에 대한 물음에 참여자들은 예(85명, 92%), 아니오(7명, 8%)로 응답하였다.

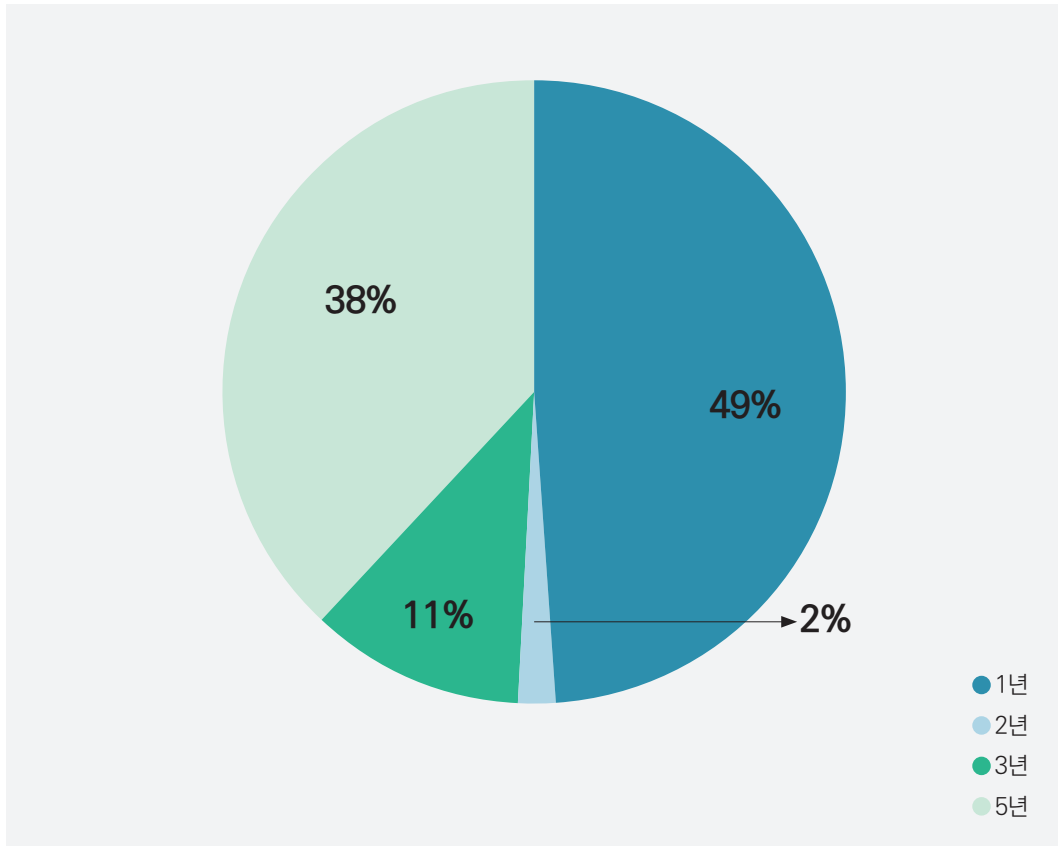
필요하다는 이유에 대해서 65명이 응답하였다. 항목별로 산업재해로 인정되지 않은 사망 통계 필요(18명), 전체 근로자의 사망현황 파악(17명), 연구 등 다양한 분야에 활용(13명), 근로자 사망요인 예방 및 관리(7명), 업종별 사망원인 분석(4명) 순으로 많았으며, 기타 의견으로는 중대재해 예방(2명), 고용보험 적용자의 확대 반영, 근로자 집단 간 비교, 원인별 특수사망률 파악, 고용보험 근로자 특성 분석이 필요하다는 의견이 각각 1명씩 있었다. 필요하지 않다는 이유로는 2명이 의견을 내었으며, 근로자의 개인 사망원인을 산재로 오인할 가능성, 고용보험만 따로 할 필요성을 못 느낀다는 응답이 각각 1명씩 있었다.



[그림2] 근로자 사망 통계가 필요한 이유

발간 주기

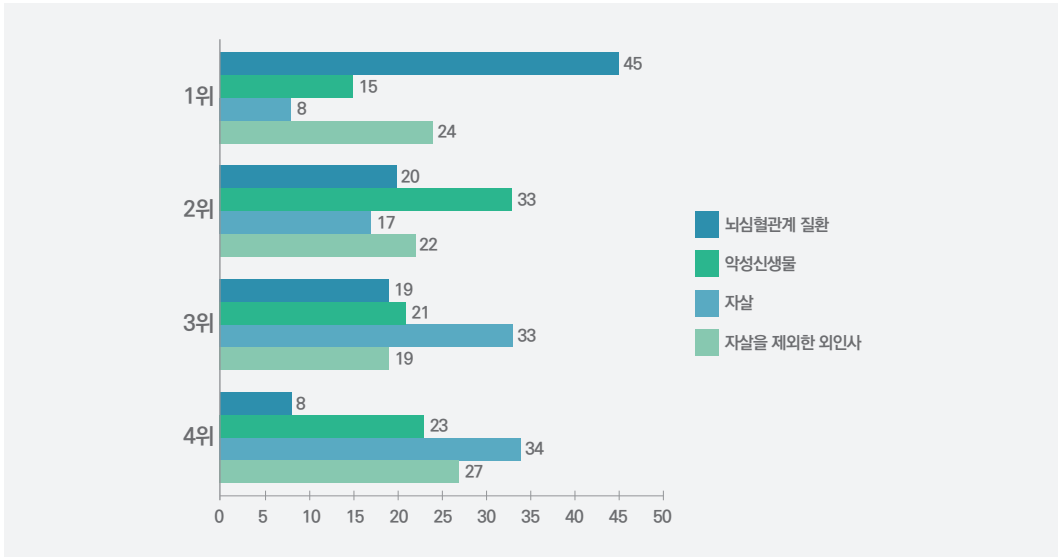
근로자 사망통계가 필요한 경우 발간 주기는 어느 정도가 적절한가에 대한 문항에 1년(45명, 49%), 5년(35명, 38%), 3년(10명, 11%), 2년(2명, 2%) 순으로 많이 응답하였다.



[그림3] 근로자 사망 통계 적절한 발간 주기

사망원인의 중요도

근로자의 사망에 있어서 중요하게 분석되어야 하는 사망원인으로 뇌심혈관계 질환, 악성신생물, 자살, 운수사고, 낙상 등 자살을 제외한 외인사에 대해 순위를 매겼다. 참여자들이 1위로 택한 사망원인은 뇌심혈관계 질환이 45명으로 가장 많았으며, 자살을 제외한 외인사(24명), 악성신생물(15명), 자살(8명) 순이었다.



[그림4] 근로자 사망원인의 중요도 순위

연구 결과, 자문결과 및 수요자의 의견을 고려하였을 때 연구진이 제시하는 향후 근로자 사망통계 연보의 발간 방법은 다음과 같다.

- 발간주기는 통계청의 사망원인통계 발간 주기에 맞추어 1년의 주기로 발간되는 것이 적절할 것으로 생각된다. 또한 5년 주기로 추세에 대한 분석이 필요하다.
- 분석기준 및 산출지표는 현재 제시하는 방안을 그대로 활용할 수 있으나, 직종·업종은 사망 전 마지막으로 일한 사업장(현재 기준)과 가장 오래 종사한 직종·업종(내인사의 경우)이 동시에 고려되어야 할 필요가 있다.
- 사망원인의 경우 현재 다빈도 사망원인에 대해 주로 분석하였기 때문에 이를 그대로 활용할 수 있으나 여기 더하여 사례가 많지 않다고 하더라도 중독과 관련된 분석을 추가하는 것을 고려해 볼 수 있다.
- 결과의 제시는 현재와 같이 표 형태로 제시하는 것이 바람직할 것으로 보이며, 이를 보기 쉽게 그림, 그래프 등으로 간략히 요약된 자료가 동시에 제공된다면 연보가 교육에 효과적으로 활용될 수 있다. 보다 구체적인 분석을 원하는 연구자에게는 별도로 개인정보가 삭제된 원자료를 제공한다면 연구에 유용하게 활용될 수 있다.

또한 향후 근로자 사망통계 연보의 제한점을 극복하고 이용성을 확장하기 위하여 고려해볼 수 있는 방안은 다음과 같다.

- 암 등록자료 연계를 통하여 근로자의 사망 중 가장 큰 비중을 차지한 악성신생물의 업종별 발생 위험도를 파악해 볼 수 있다. 악성신생물의 경우 유해요인 노출부터 진단까지 잠재기가 길고, 진단부터 사망까지도 긴 시간이 걸리며, 사망 시에는 직업을 유지하지 못하는 경우가 많기 때문에 발생에 대한 현황 파악이 더 중요할 수 있다.
- 근로자의 건강과 관련되어 중요한 직업적 요인 중 하나인 직무 불안정성에 따른 근로자의 사망 현황을 파악해 볼 수 있다. 고용보험 자료를 통하여 실업, 일용직 여부 등 직무 불안정과 관련된 요인을 파악하여 그에 따른 사망 현황을 파악한다면 근로자의 사회 심리적 요인과 관련된 사망위험에 대한 현황을 보여줄 수 있을 것으로 생각된다.
- 다른 자료와의 연계를 통해 이용성을 높일 수 있다. 고용형태별근로실태조사를 통해 파악되고 있는 업종별 근로시간 및 임금, 산업별 발암물질 노출, 직무노출매트릭스 등을 이용하면 다양한 학술적 연구가 가능할 것으로 생각된다.

용어정의

조사망률

전체사망자수/연앙인구 × 100,000

사망률

해당업종 연령별 근로자수/업종·연령별 전체근로자수

비례사망률

요인내 특정상인 사망수/요인별 전체 사망자수, 직종 내에서 주 사망원인을 확인하고 다른 사인과의 사망률을 비교하기 위해 사용

참고문헌

- 2020년 사망원인통계. 통계청. 2021
- 2020년 산업재해현황분석. 고용노동부. 2021
- 2021년 연간 고용동향. 통계청. 2022.
- 박재범, 정인철, 이승호 등. 근로자 사망통계 연보개발 시범사업. 산업안전보건연구원 연구보고서. 2020
- 정인철, 박재범, 이승호 등. 근로자 사망통계 연보개발 시범사업(2). 산업안전보건연구원 연구보고서. 2021
- Lim J, Ko K, Lee KE, Park JB, Lee S, Jeong I. Inequalities in external-cause mortality in 2018 across industries in Republic of Korea. Saf Health Work 2021;13(1):117-125.
- Statistics Canada, Canadian Vital Statistics – death database. Statistics Canada. 2020.
- Vital statistics: occupational and industrial aspects. The Ministry of Health, Labour and Welfare (MHLW) of Japan. 2015.
- Vital Statistics System. National Center for Health Statistics (NCHS). 2020.

OSH

Ri:VIEW

03

Brief

01. 플라스틱제품 제조업과 중추신경계암
02. 근로자 생식보건 역학연구(2)
03. 플랫폼 노동자의 패널 구축 및 건강실태조사
04. 국민건강보험자료를 이용한 직장가입자의 손상관련 질환 발생현황
05. 건설업 종사자에서의 직종별 질환발병위험도
06. 잠수작업 사고사망 원인분석과 안전방안 마련

Brief는 산업안전보건연구원의 주요 연구를
간략히 정리하여 소개합니다.

플라스틱제품 제조업과 중추신경계암



연구책임자

산업안전보건연구원
직업건강연구실 중부권역학조사팀
이경은 선임연구위원

연구원에서 2021년에 빅데이터를 활용한 코호트운영(2021) 사업을 통해 구축한 사업장 기반 질환 감시자료와 특수건강 진단자료를 활용하여 플라스틱제품 제조업에서의 중추신경계암 발생위험과 관련한 잠재적 유해요인을 분석하였다. '96-'00년에 플라스틱제조업에 입사한 집단에서 중추신경계암의 표준화발병비는 입사 후 약 5-11년의 경과된 '05-'07년 시점에 전체업종 대비 1.81-1.88배, 제조업집단 대비 1.82-1.92배로 가장 높았다. 다른 제조업 대비 플라스틱 제조업에서 노출(수검)빈도가 높으면서 중추신경계암 오즈비가 높았던 대표적 물질은 연 (무기분진 및 흙)(OR= 2.03; 95%신뢰구간1.06-3.87)이었다. 이번 연구결과와 함께 뇌종양을 포함한 일부 암 발생위험도와 남의 연관성에 대한 증거의 강도가 증가하고 있어 남 노출에대한 생체노출감시지표를 활용하여 직업적 남 노출에 따른 발암위험도에 대한 후향적 코호트 연구를 수행하여 역학적 근거를 마련할 필요가 있다.

I. 서론

산업안전보건연구원(이하, 연구원)에서 수행된 빅데이터를 활용한 코호트운영2(2021)에서는 사업장기반 암 감시결과¹⁾ 암 종별 고위험업종 가운데 중추신경계암의 경우 플라스틱제품 제조업이 발병률이 높은 업종으로 보고한 바 있다. 중추신경계를 포함한 뇌종양의 조발생률은 2019년 암 등록통계 집계를 기준으로 십만 명당 3.9명(연령표준화발생률: 2.9명)으로 매우 낮고

국제암연구소(IARC, International Agency for Research on Cancer)의 발암요인 근거분류에도 전리방사선 (수막종, 신경교종, 슈반세포종)을 제외하고 중추신경계암과 관련된 직업적·환경적 위험요인이 명확히 밝혀지지 않고 있다(표 1).

[표1] 국제암연구소에서 분류되는 중추신경계암의 환경적 발암요인

암 발생 부위	인간발암성에 대한 근거수준	
	충분	제한적
중추신경계 암	엑스선, 감마선	고주파전자기장 (신경교종, 청신경종)

1) 2000년 이전 입사, 입사 시 연령이 40대 미만 입사자를 대상으로 수행된 암 시범감시분석결과

이경은 등(2021)은 사업장 기반 질환 감시자료의 여러 활용방안 중 아직까지 직업적 위험요인이 잘 알려져 있지 않은 질환분야에서 코호트 내 환자-대조군 연구 등의 역학연구 설계를 통해 질환 관련 위험요인 파악을 위한 시범연구에 활용할 수 있다고 제안하였다. 이에 사업장 기반 질환 감시자료와 특수건강진단자료를 활용하여 플라스틱제조업 종사자집단에서의 중추신경계암 발병위험도를 산출하고 국내 플라스틱제조업 종사자 집단에서 중추신경계암 발병 관련 직업환경적 위험요인을 분석하였다.

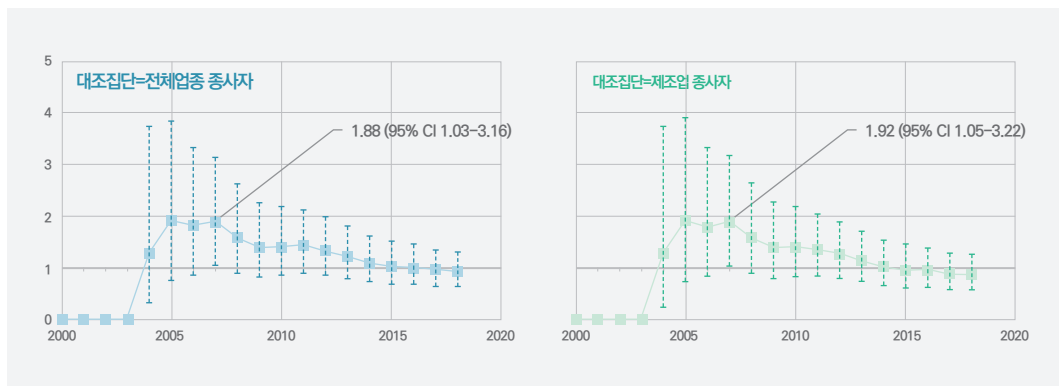
II. 연구내용

플라스틱제품제조업 종사자 집단에서 중추신경계 암의 발생률이 높은 특성을 분석하고자 사업장기반 질환 감시자료를 이용하여 동기간 고용보험적용 전체집단의 인구구조에 맞추어 플라스틱제조업 종사자의 중추신경계암 표준화발병률 및 발병위험도를 산출하였다.

1995년부터 2018년까지 사업장기반 암 감시자료에 포함된 플라스틱제조업 사업체수는 총 29,854개로 이중 7,317개(24.5%) 사업장은 2000년과 그 이전에 고용보험에 적용된 사업장이었으며 2018년까지 추적된 4,798,388 인년¹⁾ 동안 93건의 중추신경계암이 발생하였다.

국내 플라스틱제조업에서의 중추신경계암 표준화발병비

입사시기에 따라 10년째 되는 시점의 표준화발병률은 1996-2000년 입사자 집단에서 십만 인년 당 2.17명으로 가장 높았으며, 중추신경계암에 대한 표준화발병비가 2007년에 통계적으로 유의하게 높았다. 1996-2000년 입사자 집단에서 2007년에 중추신경계암 표준화발병비는 전체업종 대비 1.88(95% CI 1.03-3.16), 제조업 대비 1.92(95% CI 1.05-3.22)로 통계적으로 유의하게 높았고 이후 추적기간이 지날수록 대조집단과 유의한 차이는 없었다.



[그림1] '96-'00년에 플라스틱제품 제조업 입사자에서의 중추신경계암 표준화발병비

1) 각 대상자에 대한 관찰기간의 합으로 1명을 8년 관찰한 결과 8인년으로 표현한다.

[그림 1]은 플라스틱제품 제조업 특정시기('96-'00년)의 입사자 집단에서 약 5-11년의 경과된 2007년에 중추신경계암의 표준화발병비가 1.8-1.9로 유의하게 증가하였다가 최근 시점으로 올수록 전체 업종 및 제조업 집단과 발병비의 차이가 감소하는 경향을 보여준다.

아직까지 화학물질에 의한 독성노출 이후의 뇌종양 발현시기에 대해 수행된 연구는 없지만 Hemblin et al.(2002)의 코호트연구에서 치료용 방사선 노출 이후 발생한 2차 뇌종양의 시기를 고려하면 악성종양의 경우 평균 중앙값 8.3(7.5-27.3)년, 양성종양은 17.7(3-50.8)년으로 확인되었다. Elsamadicy(2015)의 연구에서 방사선 노출 이후 신경교종의 발현까지의 잠재기간의 중앙값이 약 10.5년으로 이번 연구는 암의 종류(양성/악성)로 구분하여 수행하지는 못하였지만 선행연구의 결과와 유사한 범위의 잠재기간을 보여주었다.

한편, 최근 시점으로 올수록 대조집단과의 표준화발병비의 차이가 없어지는 경향에 대해서는 여러 측면에서 해석이 가능하다. 첫째, 석면이나 납(연), 벤젠 등과 같이 2000년 전후로 사용의 제한 또는 금지로 인해 플라스틱제조업에서 뇌종양발병의 위험도를 높이는 잠재적 위험요인에 대한 노출수준의 감소로 인한 효과일 수 있다. 둘째, 노출수준의 감소 외에 2년 이상 종사자 집단을 대상으로 구성된 사업장기반 감시자료의 특성상 시간이 지남에 따라 분석집단과 대조집단 사이의 노출이 뒤섞여 이후에는 해당 업종만의 노출에 대한 위험도가 희석되는 관찰연구의 한계로 인한일 수 있다.

플라스틱제품 제조업의 유해물질 취급 특성과 중추신경계암 관련 잠재적 유해인자

1996-2000년 시기에 플라스틱제품 제조업으로 입사한 근로자 집단에서 중추신경계암의 표준화발병비가 증가시킨 직업 환경적 원인을 조사하고자 연구원에서 수집관리하고 있는 유사시기('00-'02년)의 특수건강진단 자료를 이용하여 유해물질 분포를 분석하였다. '00-'02년에 포함된 제조업의 사업장 규모는 30,535개소로, 플라스틱제품제조업으로 연계된 1,851개소 사업장과 비교 분석하였다.

다른 제조업대비 플라스틱제품 제조업에서 수검비율(노출위험)이 높았던(즉, 비수검 사업장 대비 수검(노출) 사업장의 플라스틱제품 제조업에 대한 오즈비(OR; Odds Ratio)가 통계적으로 유의하게 높았던) 인자에는 스티렌(OR= 2.77; 95% CI 2.27-3.38), 노말헥산(OR= 2.12; 95% CI 1.78-2.52), 메틸이소부틸케톤(OR= 2.03; 95% CI 1.64-2.51), 아세톤(OR= 1.69; 95% CI 1.43-1.98), 이소프로필알콜(OR=1.30; 95% CI 1.10-1.52), 톨루엔(OR= 1.33; 95% CI 1.21-1.46), 연(무기분진 및 흙)(OR= 1.20; 95% CI 1.05-1.37), 크실렌(OR= 1.20; 95% CI 1.06-1.37)이 포함되었다. 이는 다른 제조업 대비 상대적으로 노출 위험이 높은 요인이라고 생각할 수 있다.

플라스틱제품 제조업 내에서 유해물질 취급 특성에 따른 중추신경계 암 발병 위험도를 검토하기 위해 '00-'02년에 포함된 플라스틱제품 제조업으로 연계된 1,851개소를 대상으로 추가분석을 수행하였다. 플라스틱제품 제조업 중 특수건강진단

수검규모가 상대적으로 높은 물질에 대하여 중추신경계암 발생에 대한 오즈비를 산출하였다. 중추신경계 암발생에 대한 오즈비가 1 이상의 유해인자는 비노출 사업장 대비 노출집단에서의 중추신경계암 발병 위험도가 높은 것을 의미한다.

다른 제조업과 비교하여 수검비가 유의하게 높았던 대상 물질 가운데 연(무기분진 및 흙) 노출(수검) 사업장에서의 중추신경계암 발생 오즈비는 2.03(95%신뢰구간1.06-3.87)으로 통계적으로 유의하게 높았다. 연(무기분진 및 흙)은 국제암연구소(IARC) 모노그래프 프로그램에 의해 반복적으로 인간발암성에 대한 근거수준이 평가되었으며 실험동물에서 발암성에 대한 충분한 증거와 인간에 대한 발암성에 대한 제한된 증거에 기초하여 인간에게 발암 가능성이 있는 그룹2A로 분류되고 있다. 플라스틱 제품제조업에서 납 화합물은 열가소성 소재인 폴리염화비닐(poly vinyl chloride; PVC)에 혼합하여 열에 안정하고 유연성을 높여주는 안정제로 2009년까지 사용되어왔으며 다른 업종(금속산업, 조립금속제품제조업 등과 비교하여 사용형태가 분말형태이며 배합과정 등에서 비산되어 인체에 노출되는 위험성이 더 클 수 있다.

2009년 7월부터 폴리염화비닐관에 납 안정제의 사용이 금지 되었고, 2011년 6월부터 납 화합물에 대한 취급제한 규제가 시행됨에 따라 이와 관련된 플라스틱제조업에서의 납사용량도 영향을 주었을 것으로 여겨진다. 이는 무연휘발유 상용화와 함께 플라스틱제조업에 국한되어 납 노출이 줄어든 현상은 아니겠지만 작업환경에서 납 노출 위험이

높았던 플라스틱제조업에서의 납으로 인한 건강피해는 상대적으로 더 크게 감소했을 수 있다.

이번 분석결과에서 연(무기분진 및 흙)이외에 톨루엔 2,4-다이소시아네이트(OR=3.46; 95%신뢰구간 1.32-9.06), N,N-디메틸포름아미드(OR=5.09; 95%신뢰구간 2.07-12.53), 디클로로메탄(OR=3.2; 95%신뢰구간 1.12-9.39)을 수검한 플라스틱제조업 사업장에서 중추신경계암 발병에 대한 오즈비가 높게 분석되었으나, 중추신경계암 발생수가 적어서 통계 추정값에 대한 신뢰구간이 넓어 해석에 주의가 필요하다.

한편, 다른 제조업과 비교하여 특수건강진단 수검규모가 높지는 않았으나 비노출(미수검) 사업장과 비교하여 노출(수검)사업장에서의 중추신경계암 발생 오즈비가 가장 큰 물질은 전리방사선(OR=7.30; 95% CI: 2.69-19.83)으로 암 발생 사례수가 작아 제한적이기는 하나 중추신경계암의 알려진 발암요인에 대한 선행연구와 일치하는 결과를 보여주었다. 플라스틱제품 제조업에서 방사선은 화학첨가제를 대신하여 방사선으로 고분자 물질의 가교반응을 일으켜 재질을 향상시키는 방법으로 활용된다. 방사선을 이용한 내열 전선, 열수축 튜브, 플라스틱 단열재 등이 대표적으로 상업화 되어 활용되는 방사선 처리 제품이며 방사선 가교를 통한 발포체 제조 기술이 개발되어 폴리에틸렌, 폴리프로필렌 등과 같은 폴리올레핀 고분자에 대하여도 발포시킬 수 있는 것으로 조사되었다(최재학등, 2007).

III. 결론 및 정책제언

이번 연구에서는 사업장 기반 질환 감시자료와 특수건강진단자료를 활용하여 플라스틱제조업에서의 중추신경계 암 발병위험과 관련한 잠재적 유해요인을 분석하였다.

사업장 수준에서의 생태학적 연구라는 점에서 개인의 특성 (흡연, 가족력, 질환력 등) 이 반영되지 못한다는 한계가 있으나 근로자의 개인정보에 대한 노출위험을 줄이고, 대규모의 질환 집계를 활용하여 사업장 단위의 특성을 분석할 수 있다는 장점이 있다. 특수건강진단 결과를 활용한 분석결과는 특수건강검진 수검규모에 따른 분석결과로 다른 제조업 대비 노출규모가 작으나 노출강도가 높아 위험도가 증가했을 경우(방사선, 포름알데히드), 특수건강진단 대상물질이 아닌 경우(플라스틱 열분해 산물 등)에 대한 노출특성이 반영되지 못했다는 한계점이 있다는 점에서 해석에 주의가 필요하다.

플라스틱제조업에서 노출빈도가 높으면서 중추신경계암 오즈비가 높았던 대표적 물질은 연(무기분진 및 흡)(OR= 2.03; 95%신뢰구간1.06-3.87)이었다. 국제암연구소(IARC) 모노그래프에서 납 노출의 발암성을 검토한 이후로 새롭게 수행된 역학 연구에서 뇌종양을 포함한 일부 암 발병위험도와 납의 연관성에 대한 증거의 강도가 증가하고 있어 납 노출에 대한 생체 모니터링을 실시하는 국가의 근로자에 대한 통합 분석의 가용성 및 결과에 따라 중간 우선순위의 재평가를 권장한바 있다(IARC, 2014).

우리나라는 특수건강진단을 통해서 국가수준에서 직업적 납 노출위험 집단을 대상으로 생체노출감시지표 (혈중 납, 요중 납 농도 등) 검사를 수행하고 있다. 국제암연구소의 우선순위 보고서 제언과 이번 연구의 결과를 고려했을 때 향후 특수건강진단의 생체노출감시지표를 활용하여 직업적 납 노출에 따른 발암위험도에 대한 후향적 코호트 연구를 수행하여 역학적 근거를 마련할 필요성이 있다고 생각된다.

용어정의

조발생률

해당 관찰기간동안 특정 인구집단에서 새로이 발생한 암환자수

표준화발병비

대조집단에서 동일한 연령 구간에서의 발생률을 분석집단에 적용했을 때 기대되는 발생자수에 대하여 실제로 관찰된 발생수의 비를 뜻하며 1보다 크면 대조집단대비 발생률이 높음을 의미한다.

오즈비

역학연구에서 발암 위험도의 양적 표현방법에는 오즈비, (직접/간접)표준화발병비, 비교위험도 등의 여러 지표가 사용 되며 오즈비는 위험 비율이 낮은 경우 통상적으로 “비교집단 대비 분석집단의 위험도는 몇(오즈비)배 높다”로 해석된다.

CI

Confidence Interval. 신뢰구간

참고문헌

- Elsamadicy AA, Babu R, Kirkpatrick JP, Adamson DC. Radiation-induced malignant gliomas: a current review. World neurosurgery, 83(4), 530-542, 2015
- Hamblin R, Vardon A, Akpalu J, Tampourlou M, Spiliotis I, Sbardella E, Karavitaki, N. Risk of second brain tumour after radiotherapy for pituitary adenoma or craniopharyngioma: a retrospective, multicentre, cohort study of 3679 patients with long-term imaging surveillance. The Lancet Diabetes & Endocrinology, 10(8), 581-588, 2022
- IARC Advisory Group, IARC Monographs on the Identification of Carcinogenic Hazards to Humans, Report of the Advisory Group to Recommend Priorities for the IARC Monographs during 2020-2024, IARC Press, Lyon, 2019
- IARC, Chemical agents and related occupations. IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum. 100F:1-599, 2012b.
- Meng Y, Tang C, Yu J, Meng S, Zhang W. Exposure to lead increases the risk of meningioma and brain cancer: A meta-analysis. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology, 60, 126474, 2020
- 국가암관리사업본부, 국가암등록사업 연례보고서(2019년암등록통계), 국립암센터, 2021
- 이경은, 이상길, 예신희, 전교연, 윤민주, 성정민, 빅데이터를 활용한 직업성 질환 코호트 운영-사업장 기반 질환감시자료(1), 산업안전보건연구원, 2021
- 정은교, 하권철, 제조업 사업장 공정별 유해물질 노출실태 편람 개발연구, 산업안전보건연구원, 2018
- 최재학, 이윤종, 임윤목, 강필현, 신준화, 노영창. 방사선을 이용한 고분자 재료의 가공. 고분자과학과 기술. 18(3), 253-258, 2007

근로자 생식보건 역학연구 (2)



연구책임자

산업안전보건연구원
직업건강연구실 중부권역학조사팀
예신희 선임연구위원

예신희 등(2020)이 최근 20년 간 보고된 국내외 근로자 생식보건에 관한 선행연구를 검토한 결과, 남성 근로자를 대상으로 생식보건 건강영향을 평가한 역학연구는 여성 근로자를 대상으로 한 연구에 비하여 매우 부족하였다. 따라서 예신희 등(2021)은 건강보험공단의 2010-2018년 국민건강정보 DB와 가족관계도 DB(Kim et al., 2019)를 연계하여 남성과 여성 근로자가 종사하는 업종에 따른 유산/조산/저체중아 출산의 위험도 평가에 초점을 맞추어 연구를 진행하였고, 일부 업종에서 증가된 위험도가 관찰되었다. 본 연구에서는 국민건강정보 DB와 가족관계도 DB(Kim et al., 2019)의 분석자료 기간을 2010-2019년으로 갱신하여 업종별 생식보건 위험도를 평가하고, 특수건강진단자료를 활용하여 작업환경에서 노출된 생식독성 물질이 유산/조산/저체중아 출산/선천성 기형에 미치는 영향을 평가하며, 생식보건 위험도가 높게 평가된 업종에 대하여 문헌검토 및 작업환경측정 자료 분석 등을 통해 그 원인을 추정하고자 하였다.

I. 서론

저출산, 노산, 난임, 불임 등의 이슈와 함께 근로자의 생식보건은 항상 사회적 관심이 높은 이슈였으나, 남성 근로자의 생식보건 위험인자 또는 남성 및 여성 근로자의 생식보건 위험인자를 함께 고려한 근로자의 생식보건과 근로자의 자녀 건강 영향을 평가한 국내 선행연구는 찾기 어렵다.

이에 예신희 등(2020)이 최근 20년 간 보고된 국내외 근로자 생식보건에 관한 선행연구를 검토한 결과, 남성 근로자를 대상으로 생식보건 건강영향을 평가한 역학연구는 여성 근로자를 대상으로 한 연구에 비하여 매우 부족하였다. 따라서 예신희 등(2021)은 건강보험공단의 2010-2018년 국민건강정보 DB와 가족관계도 DB(Kim et al., 2019)를 연계하여 남성과 여성 근로자가 종사하는 업종에 따른 유산/조산/저체중아 출산의 위험도 평가에 초점을 맞추어 연구를 진행하였고, 일부 업종에서 증가된

위험도가 관찰되었다. 본 연구에서는 국민건강정보 DB와 가족관계도 DB(Kim et al., 2019)의 분석자료 기간을 2010-2019년으로 갱신하여 업종 별 생식보건 위험도를 평가하고, 특수건강진단자료를 활용하여 작업환경에서 노출된 생식독성 물질이 유산/조산/저체중아 출산/선천성 기형에 미치는 영향을 평가하며, 생식보건 위험도가 높게 평가된 업종에 대하여 문헌검토 및 작업환경측정 자료 분석 등을 통해 그 원인을 추정하고자 하였다.

II. 연구내용

국민건강정보 DB와 가족관계도 DB(Kim et al., 2019)의 분석자료 기간을 2010-2019년으로 갱신하여 업종 별 생식보건 위험도를 평가한 결과는 다음과 같다.

먼저 남성 근로자의 업종 별 유산 발생 위험도 분석 결과, ‘공공행정, 국방 및 사회보장 행정(84)’

대조군과 ‘교육 서비스업(85)’ 대조군 모두에서 유의하게 대조군에 비해 유산 발생 위험도가 높았던 업종은 펄프, 종이 및 종이제품 제조업(17), 인쇄 및 기록매체 복제업(18), 코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업(19), 고무 및 플라스틱제품 제조업(22), 1차 금속 제조업(24), 금속 가공제품 제조업; 기계 및 가구 제외(25), 기타 운송장비 제조업(31), 종합 건설업(41), 소매업; 자동차 제외(47), 창고 및 운송관련 서비스업(52), 숙박업(55), 보건업(86), 스포츠 및 오락관련 서비스업(91), 개인 및 소비용품 수리업(95) 이었다.

여성 근로자의 업종별 유산 발생 위험도 분석 결과, ‘공공행정, 국방 및 사회보장 행정(84)’ 대조군과 ‘교육 서비스업(85)’ 대조군 모두에서 유의하게 대조군에 비해 유산 발생 위험도가 높았던 업종은 식료품 제조업(10), 섬유제품 제조업; 의복 제외(13), 의복, 의복 액세서리 및 모피제품 제조업(14), 인쇄 및 기록매체 복제업(18), 의료용 물질 및 의약품 제조업(21), 고무 및 플라스틱제품 제조업(22), 금속 가공제품 제조업; 기계 및 가구 제외(25), 전자 부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업, 전기장비 제조업(26), 기타 기계 및 장비 제조업(28), 자동차 및 트레일러 제조업(29), 기타 운송장비 제조업(30), 기타 운송장비 제조업(31), 종합 건설업(41), 도매 및 상품 중개업(46), 소매업; 자동차 제외(47), 항공 운송업(51), 창고 및 운송관련 서비스업(52), 숙박업(55), 음식점 및 주점업(56), 사업 지원 서비스업(75), 보건업(86), 사회복지 서비스업(87), 스포츠 및 오락관련 서비스업(91), 기타 개인 서비스업(96) 이었다.

이 중 특이할만한 점은 분석결과(예신희 등, 2021)와 내용과 마찬가지로 항공 운송업에 종사하는 여성 근로자의 유산 위험도가 매우 다른 업종과 비교하여 매우 컸다.

남성 근로자의 업종별 조산 발생 위험도 분석 결과, ‘공공행정, 국방 및 사회보장 행정(84)’ 대조군과 ‘교육 서비스업(85)’ 대조군 모두에서 유의하게

대조군에 비해 조산 발생 위험도가 높았던 업종은 섬유제품 제조업; 의복 제외(13), 펄프, 종이 및 종이제품 제조업(17), 인쇄 및 기록매체 복제업(18), 화학 물질 및 화학제품 제조업; 의약품 제외(20), 고무 및 플라스틱제품 제조업(22), 비금속 광물제품 제조업(23), 1차 금속 제조업(24), 금속 가공제품 제조업; 기계 및 가구 제외(25), 전자 부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업(26), 의료, 정밀, 광학 기기 및 시계 제조업(27), 전기장비 제조업(28), 기타 기계 및 장비 제조업(29), 자동차 및 트레일러 제조업(30), 기타 운송장비 제조업(31), 종합 건설업(41), 자동차 및 부품 판매업(45), 도매 및 상품 중개업(46), 소매업; 자동차 제외(47), 육상 운송 및 파이프라인 운송업(49), 창고 및 운송관련 서비스업(52), 출판업(58), 정보서비스업(63), 금융업(64), 전문 서비스업(71), 건축 기술, 엔지니어링 및 기타 과학기술 서비스업(72), 보건업(86), 협회 및 단체(94), 개인 및 소비용품 수리업(95) 이었다.

여성 근로자의 업종 별 조산 발생 위험도 분석 결과, ‘공공행정, 국방 및 사회보장 행정(84)’ 대조군과 ‘교육 서비스업(85)’ 대조군 모두에서 유의하게 대조군에 비해 조산 발생 위험도가 높았던 업종은 기타 기계 및 장비 제조업(29), 소매업; 자동차 제외(47), 정보서비스업(63), 금융업(64), 건축 기술, 엔지니어링 및 기타 과학기술 서비스업(72), 보건업(86) 이었다.

남성 근로자의 업종 별 저체중아 출산 위험도 분석 결과, ‘공공행정, 국방 및 사회보장 행정(84)’ 대조군과 ‘교육 서비스업(85)’ 대조군 모두에서 유의하게 대조군에 비해 저체중아 출산 위험도가 높았던 업종은 섬유제품 제조업; 의복 제외(13), 화학 물질 및 화학제품 제조업; 의약품 제외(20), 1차 금속 제조업(24), 전기장비 제조업(28), 기타 기계 및 장비 제조업(29), 자동차 및 트레일러 제조업(30), 기타 운송장비 제조업(31), 종합 건설업(41), 도매 및 상품 중개업(46), 창고 및 운송관련 서비스업(52), 금융업(64), 건축 기술, 엔지니어링 및 기타 과학기술 서비스업(72),

사업 지원 서비스업(75), 보건업(86)이었다. 여성 근로자의 업종 별 저체중아 출산 위험도 분석 결과, ‘공공행정, 국방 및 사회보장 행정(84)’ 대조군과 ‘교육 서비스업(85)’ 대조군 모두에서 유의하게 대조군에 비해 저체중아 출산 위험도가 높았던 업종은 기타 기계 및 장비 제조업(29), 보건업(86)이었다.

마지막으로 남성 근로자의 업종별 선천성 기형 위험도 분석 결과, ‘공공행정, 국방 및 사회보장 행정(84)’ 대조군과 ‘교육 서비스업(85)’ 대조군 모두에서 유의하게 대조군에 비해 선천성 기형 위험도가 높았던 업종은 1차 금속 제조업(24), 전자 부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업(26),

수도업(36)이었다. 여성 근로자의 업종별 선천성 기형 위험도 분석 결과, ‘공공행정, 국방 및 사회보장 행정(84)’ 대조군과 ‘교육 서비스업(85)’ 대조군 모두에서 유의하게 대조군에 비해 저체중아 출산 위험도가 높았던 업종은 보건업(86)이었다.

남성 및 여성 근로자에서 동시에 생식보건 위험도가 높이 평가된 업종은 [표 1]과 같고, 남성 근로자에서 두 가지 이상의 생식보건 결과 지표에서 동시에 위험도가 유의하게 높게 관찰된 업종은 [표 2], 여성 근로자에서 두 가지 이상의 생식보건 결과 지표에서 동시에 위험도가 유의하게 높게 관찰된 업종은 [표 3]과 같이 관찰되었다.

[표1] 남성 및 여성 근로자에서 동시에 생식보건 위험도가 높이 평가된 업종

결과 지표	업종	성별	OR (95% CI)
유산	인쇄 및 기록매체 복제업(18)	남	1.11(1.01-1.21)
		여	1.23(1.08-1.41)
	고무 및 플라스틱제품 제조업(22)	남	1.08(1.02-1.14)
		여	1.27(1.14-1.41)
	금속 가공제품 제조업; 기계 및 가구 제외(25)	남	1.10(1.04-1.15)
		여	1.19(1.08-1.30)
	기타 운송장비 제조업(31)	남	1.06(1.01-1.11)
		여	1.20(1.04-1.38)
	종합 건설업(41)	남	1.05(1.01-1.08)
		여	1.10(1.03-1.16)
조산	소매업; 자동차 제외(47)	남	1.05(1.01-1.10)
		여	1.13(1.07-1.19)
	창고 및 운송관련 서비스업(52)	남	1.06(1.00-1.11)
		여	1.11(1.03-1.19)
	보건업(86)	남	1.08(1.04-1.13)
		여	1.16(1.12-1.21)
	스포츠 및 오락관련 서비스업(91)	남	1.09(1.01-1.18)
		여	1.27(1.14-1.41)
	기타 기계 및 장비 제조업(29)	남	1.20(1.11-1.29)
		여	1.17(1.01-1.34)
저체중아 출산	소매업; 자동차 제외(47)	남	1.12(1.03-1.21)
		여	1.15(1.04-1.28)
	정보서비스업(63)	남	1.21(1.03-1.43)
		여	1.21(1.02-1.44)
	금융업(64)	남	1.16(1.07-1.25)
		여	1.09(1.00-1.19)
	건축 기술, 엔지니어링 및 기타 과학기술 서비스업(72)	남	1.14(1.06-1.24)
		여	1.16(1.02-1.32)
	보건업(86)	남	1.24(1.15-1.33)
		여	1.27(1.19-1.37)
	기타 기계 및 장비 제조업(29)	남	1.20(1.10-1.31)
		여	1.25(1.06-1.48)
	보건업(86)	남	1.12(1.02-1.23)
		여	1.13(1.04-1.23)

[표2] 남성 근로자에서 두 가지 이상의 생식보건 결과 지표에서 동시에 위험도가 높게 관찰된 업종

남성 근로자의 업종	OR (95% CI)	
섬유제품 제조업; 의복 제외(13)	조산	1.24(1.05~1.46)
	저체중아 출산	1.40(1.15~1.69)
펄프, 종이 및 종이제품 제조업(17)	유산	1.11(1.01~1.22)
	조산	1.33(1.11~1.59)
인쇄 및 기록매체 복제업(18)	유산	1.11(1.01~1.21)
	조산	1.31(1.10~1.55)
화학 물질 및 화학제품 제조업; 의약품 제외(20)	조산	1.12(1.02~1.22)
	저체중아 출산	1.13(1.02~1.26)
고무 및 플라스틱제품 제조업(22)	유산	1.08(1.02~1.14)
	조산	1.13(1.02~1.26)
1차 금속 제조업(24)	유산	1.06(1.00~1.12)
	조산	1.23(1.10~1.37)
	저체중아 출산	1.21(1.06~1.38)
	선천성 기형	1.09(1.03~1.15)
금속 가공제품 제조업; 기계 및 가구 제외(25)	유산	1.10(1.04~1.15)
	조산	1.15(1.05~1.26)
전자 부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업(26)	조산	1.07(1.01~1.14)
	선천성 기형	1.04(1.01~1.07)
전기장비 제조업(28)	조산	1.21(1.10~1.34)
	저체중아 출산	1.17(1.04~1.32)
기타 기계 및 장비 제조업(29)	조산	1.20(1.11~1.29)
	저체중아 출산	1.20(1.10~1.31)
자동차 및 트레일러 제조업(30)	조산	1.16(1.08~1.25)
	저체중아 출산	1.19(1.09~1.31)
기타 운송장비 제조업(31)	유산	1.06(1.01~1.11)
	조산	1.26(1.15~1.38)
	저체중아 출산	1.33(1.19~1.48)
종합 건설업(41)	유산	1.05(1.01~1.08)
	조산	1.16(1.08~1.24)
도매 및 상품 중개업(46)	조산	1.16(1.09~1.24)
	저체중아 출산	1.09(1.01~1.19)
소매업; 자동차 제외(47)	유산	1.05(1.01~1.10)
	조산	1.12(1.03~1.21)
창고 및 운송관련 서비스업(52)	유산	1.06(1.00~1.11)
	조산	1.16(1.05~1.28)
	저체중아 출산	1.16(1.03~1.31)

[표3] 여성 근로자에서 두 가지 이상의 생식보건 결과 지표에서 동시에 위험도가 높게 관찰된 업종

여성 근로자의 업종	OR (95% CI)	
기타 기계 및 장비 제조업(29)	유산	1.15(1.07-1.24)
	조산	1.17(1.01-1.34)
	저체중아 출산	1.25(1.06-1.48)
소매업: 자동차 제외(47)	유산	1.13(1.07-1.19)
	조산	1.15(1.04-1.28)
	유산	1.16(1.12-1.21)
보건업(86)	조산	1.27(1.19-1.37)
	저체중아 출산	1.13(1.04-1.23)
	선천성 기형	1.06(1.03-1.10)
	선천성 기형	1.06(1.03-1.10)

종합적으로 판단하였을 때, 유산의 경우에는 여성 근로자에서 생식보건 고위험 업종이 더 많이 관찰되었으나, 조산/저체중아 출산/선천성 기형의 경우에는 남성 근로자에서 생식보건 고위험 업종이 다수 관찰되었으며, 그중에서도 특히 제조업이 차지하는 비중이 컸다. 또한, 남성 근로자에서 네 가지 생식보건 결과 모두 위험도가 높게 평가된 업종은 1차 금속 제조업(24)이었고, 여성 근로자에서 네 가지 생식보건 결과 모두 위험도가 높게 평가된 업종은 보건업(86)이었다.

또한, 이 연구에서는 생식독성 물질 노출과 생식보건 위험도도 평가하였는데, 2013-2019년 특수건강진단 자료 중 출산한 해의 전년도에 측정된 생물학적 노출지표 분석결과 (혈중 납, 혈중 카복시헤모글로빈, 요중 N-메틸포름아미드, 요중 2,5-헥산디온, 요중 마노산)를 기 구축된 코호트에 근로자의 주민등록번호와 특수건강진단을 실시한 해를 매개변수로 하여 연계하였다. 그 결과, 요중 N-메틸포름아미드와 저체중아 출산만 유의미하게 증가된 오즈비가 확인되었다. 남성 근로자의 요중 N-메틸포름아미드에 따른 저체중아 출산 위험도를 평가하였는데, 요중 N-메틸포름아미드가 0.01 미만일 때와 비교하였을 때

요중 N-메틸포름아미드가 0.74이상인 경우 저체중아 출산이 발생할 위험이 유의하게 증가하였다.

상기 분석 결과와 외에 선행 문헌 고찰, 작업환경측정 자료 분석, 특수건강진단 자료 분석, 작업환경실태조사 자료 분석 결과를 종합적으로 고려하였을 때, 작업환경의 생식보건 위험요인에 다수 노출되는 생식보건 고위험 업종은 제조업과 건설업, 보건업 등인 것으로 판단하였다. 제조업과 건설업은 금속과 유기용제 등 다양한 생식독성 물질에 노출될 가능성이 높은 업종이며, 선행 문헌에서 일관되게 금속과 화학물질을 취급하는 근로자, 제조업과 건설업에 종사하는 근로자들에서 유의하게 생식보건 위험도가 증가하였다는 결과를 보고하였다. 따라서, 제조업과 건설업 근로자에서 생식보건 위험도가 증가하는 이유는 금속과 유기용제 등 생식독성을 가진 화학적 유해인자 노출이 원인으로 추정된다. 보건업의 경우, 보건업의 생식보건에 대한 역학연구에서는 대부분 여성 근로자가 연구대상자였으며, 간호사와 의사, 치과종사자 등 의료기관 종사자에서 여러 가지 생식보건 위험도의 증가가 일관되게 보고되었다. 또한, 보건업 종사자에서 생식보건 위험도가 증가하는 이유는 항암제, X-선, 마취가스, 교대근무, 야말감의 수, 병원체 감염 등이 원인으로 추정된다.

III. 결론 및 정책제언

근로자 생식보건 연구의 궁극적인 목표는 근로자의 생식 건강과 자손의 건강을 보호하는 것이며, 이는 미래 세대의 건강에 근본적으로 중요하다. 이 중 특히 남성 근로자의 생식보건을 더 잘 이해해야 하는 다른 이유는, 남성 생식보건의 직업 및 환경의 위험을 감지하기 위한 감시원 역할을 할 수 있기 때문이다.

본 연구는 생식보건 취약 근로자 집단을 위한 예방정책 개발 시 과학적 근거를 제공하기 위해, 남성 근로자의 생식보건 자료를 포함한 국내 산업보건의 다양한 자료를 분석하여 국내 생식보건 고위험 업종을 추정하였다. 특히, 모든 생식보건 결과 지표에서, 1차 금속제조업 종사 남성 근로자와 보건업 종사 여성 근로자의 생식보건 위험도가 대조군에 비해 높은 것으로 확인되었다. 선행연구에서도 일관된 결과를 보고한 바 있으며, 작업환경실태자료, 작업환경측정자료, 특수건강진단자료에서도 1차 금속제조업 및 보건업에 종사할 시에 생식독성 물질의 노출이 있을 수 있음을 확인하였다. 이 두 업종에 특히 초점을 맞추어 취약 근로자 집단에 대한 개입이 필요하다고 판단하였다. 또한 이 과제의 내용은 생식보건 관련 산업재해 인정의 근거로도 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

참고문헌

- 예신희, 이상길, 성정민, 최병주. 근로자 생식보건 역학적 연구 체계 구축. 산업안전보건연구원. 2020.
- 예신희, 이상길, 이경은, 성정민, 조규동, 이우주, 정승필. 근로자 생식보건 역학연구 (1). 산업안전보건연구원. 2021.
- 예신희, 이상길, 이경은, 윤민주, 조규동, 이우주, 정승필. 근로자 생식보건 역학연구 (2). 산업안전보건연구원. 2022.
- Kim YY, Hong Hy, Cho KD, Park JH. Family tree database of the National Health Information Database in Korea. Epidemiol Health. 2019;41.e2019040.

플랫폼 노동자의 패널 구축 및 건강실태조사



연구책임자
강모열 교수
가톨릭대학교



연구상대역
산업안전보건연구원
직업건강연구실 중부권역학조사팀
윤민주 연구위원

최근 다양한 산업영역에서 소비자와 노동자를 매개하는 새로운 형태의 플랫폼 노동시장의 규모가 급속하게 증가하고 있는 추세이나, 현재까지 산업보건 측면에서 플랫폼 노동의 실태를 정확히 모니터링하기에는 부족한 상황이다. 따라서 본 연구는 플랫폼 노동자의 건강실태 추이를 지속적으로 관찰하고 다양한 정책사업의 효과를 살펴보기 위하여 플랫폼 노동특성을 반영한 산업안전보건 조사도구 등을 활용한 플랫폼 노동자 패널 구축 및 산업보건 실태조사를 수행하였다.

I. 서론

플랫폼 노동은 디지털 혁명을 통해 출현된 새로운 형태의 노동으로, IT기술이 접목된 디지털 플랫폼을 매개로 하여 노무를 제공하는 사람과 노동 결과물을 향유하는 사람 간의 온·오프라인 거래 방식을 일컫는다. 2018년 국제노동기구(ILO; International Labour Organization)에서는 플랫폼 노동의 등장이 지난 10년간 노동영역에서 가장 두드러지고 주목해야하는 현상이며, 미래의 노동공급 방식 및 일자리 규모 등 산업구조를 크게 변화시킬 수 있는 잠재력을 갖고 있는 것으로 평가하였다. 최근 4차 산업혁명 및 공유경제 등 새로운 시대의 용어와 함께 다양한 산업영역에서 이러한 플랫폼 노동시장의 규모가 급속하게 증가하고 있으나, 현재까지는 플랫폼 노동의 실태를 지속적으로 분석한 통계자료는 확인하기 어려우며 플랫폼 노동자에 관한 산업보건적 모니터링 역시 부족한 상황이다. 향후 플랫폼 노동시장의

규모가 점차 증가할 것임을 고려하였을 때 사회경제적 상황 변화에 따른 플랫폼 노동자의 대응과 그에 따른 건강영향을 지속적으로 추적관찰하여 노동자의 안전과 건강을 보호하는 방안을 모색하는 것이 필요하다. 따라서, 본 연구는 1차년도 과제(2021년)에서 개발한 설문조사 도구를 활용하여 플랫폼 노동자에 대한 패널을 구축하고 산업보건 실태조사를 수행하고자 한다.

II. 연구내용

연구대상자 선정 및 패널구축을 위한 연구설계

1) 플랫폼 노동자 및 플랫폼 노동자의 정의

국내에서 보고한 여러 연구결과들을 통해 플랫폼 노동자에 대한 규모를 추정하였을 때, 한국노동연구원 연구보고서(장지연, 2020)에서는 국내 취업자 중 플랫폼을 매개로 노무를 제공하는 광의의 플랫폼 종사자(단순 구인구직앱 이용자

포함)는 약 179만명(취업자의 7.46%), 협의의 플랫폼 종사자(단순 구인구직앱 이용자 제외)는 약 22만명(취업자의 0.92%)로 보고하였다. 또한 한국고용정보원 연구보고서(김준영 등, 2018)에 따르면 지난 1년간 플랫폼 중개를 통해 유급 노동을 제공하는 근로자는 약 54만명(취업자의 2%)로 추정하였다. 공식적인 플랫폼 노동의 통계는 아니나, 위의 결과들을 종합하였을 때 우리나라의 플랫폼 노동자의 비율은 전체 취업자 중 약 1~2% 정도를 차지하는 것으로 보인다.

또한 과거 플랫폼 노동이 운송서비스(대리운전, 화물운송, 음식배달 등) 중심이었다면, 최근에는 예술, 온라인 크리에이터 등의 여러 영역에서 확대되고 있는 추세를 보인다. 이처럼 플랫폼 노동의 범위가 확대되고 노동자의 규모가 증가할 것으로 예상되는 가운데, 여전히 플랫폼 노동에 대한 정의는 사회적으로 합의되지 않은 채 연구자에 따라 상이한 정의를 내리고 있다. 국내·외 여러 단체에서 이러한 플랫폼 노동에 대해 내린 정의는 다음과 같다.

[표1] 국내외 단체별 플랫폼 노동의 정의

주관단체	정의
OECD(2019)	무선기기에 설치된 앱이나 데스크탑 웹사이트에 의해 매개된 노동의 거래로서, 알고리즘을 수단으로 하여 노동과 고객을 연결시키고, 노무제공자가 그 대가를 수취하는 노동
미국 노동통계국 (BLS)	① 웹사이트나 모바일 앱을 이용해 고객으로부터 단기 일자리, 프로젝트, 업무(task) 등의 일감을 획득하며, ② 웹사이트나 모바일 앱을 소유한 회사에 의해 또는 그 회사를 통해 노무 제공의 대가를 지불받고, ③ 노무 제공자가 일의 수행 여부와 수행 시기를 선택하며, ④ 이러한 노동을 대인 접촉(in person) 또는 온라인으로 수행하는 형태
Eurofound	유급노동을 목적으로 플랫폼의 중개를 통해 노동을 제공하고 노동 수요와 매칭되는 고용형태
한국고용정보원 (김준영 등, 2018)	디지털 플랫폼의 중개를 통하여 일자리를 구하며, 단속적(1회성, 비상사적, 비정기적) 일거리 1건당 일정한 보수를 받으며, 고용계약을 체결하지 않고 일하면서 근로소득을 획득하는 근로 형태
한국노총 (장진희 등, 2020)	① 알고리즘 방식 기반의 디지털 플랫폼을 통해 거래되는 서비스(노동) 또는 생산 노동이며, ② 디지털 플랫폼을 통해 단기 일자리, 프로젝트, 과업 등의 일거리를 구해야 하고, ③ 노무 제공자는 디지털 플랫폼으로부터 보수를 지급받아야 하고, ④ 디지털 플랫폼상의 일자리는 디지털 플랫폼을 통해 일자리를 얻고자 하는 사람 누구에게나 열려있어야 함
한국노동연구원 (장지연, 2020)	① 디지털 플랫폼을 통해 거래되는 것이 서비스(용역) 또는 가상재화 생산 노동일 것 ② 디지털 플랫폼을 통해 일자리가 아닌 '일거리(short jobs, projects, tasks)'를 구할 것 ③ 디지털 플랫폼이 노동의 대가(보수)를 중개할 것 ④ 플랫폼을 통해 연결되는 일거리가 특정한 한 명이 아니라 다수에게 열려있을 것

따라서 본 연구에서는 기존 조사에서 사용한 조작적 정의를 검토하고 선행논의를 통해 다음의 플랫폼 노동 및 플랫폼 노동자에 대한 정의를 내렸다.

〈플랫폼 노동의 정의〉

- ① 알고리즘 방식 기반의 디지털 플랫폼을 통해 거래되는 서비스(노동) 또는 생산노동
- ② 디지털 플랫폼을 통해 단기 일자리, 프로젝트, 과업 등의 일거리를 구하는 형태여야 함
- ③ 노무제공자가 디지털 플랫폼으로부터 보수를 지급받아야 함
- ④ 디지털 플랫폼 상의 일자리는 디지털 플랫폼을 통해 일자리를 얻고자 하는 사람 누구에게나 열려있어야 함

〈플랫폼 노동자의 정의〉

- ① (앞서 정의된) 플랫폼노동에 '전업'으로 종사하는 자
- ② 서비스의 가격을 '플랫폼업체 또는 중개업체가 결정'하여 지급받는 자
- ③ 플랫폼업체 또는 중개업체와 어떠한 형태로든 노무계약을 체결한 자

2) 연구대상자 선정 및 패널구축

위의 정의된 플랫폼 노동자들 중, 건강에 취약한 직종 중심의 패널을 구축하였다. 플랫폼 노동자의 사회적 보호 논의를 위해 정책적 측면에서 연구를 수행한 선행 문헌들을 고찰한 결과, 우리나라 플랫폼 노동 중 차지하는 비중이 가장 높으면서 신체적, 정신적으로 매우 취약한 집단으로 음식배달노동자, 대리운전노동자, 가사관리사 3개의 직종을 플랫폼 노동자 건강 실태조사 모니터링을 위한 패널로 선정하였다. 음식배달노동자와 대리운전노동자는 각각 400명, 가사관리사는 200명으로 총 1,000명의 플랫폼 노동자를 조사하였고 해당 직종에 종사하는 비율과 지역별 비율에 맞게 대상자를 선정하였다.

설문지 최종안 도출 및 도구 활용도 평가

2021년 선행연구에서 설문문항의 조사도구 타당성 검토를 위해 포커스 그룹 인터뷰 (FGI) 및 16 명의 학계전문가와 직종별 현장전문가의 자문 등을 통해 설문문항에 대한 타당도 검증을 진행하였다. 또한 신뢰도 검증을 위하여 플랫폼

노동자 529 명을 대상으로 1:1 설문조사 혹은 온라인 설문조사를 시행하였고, 이를 통해 신뢰도 검증 (Cronbach's alpha) 을 실시하였다. 본 연구에서는 플랫폼 노동의 공통적인 특성과 각각의 플랫폼 노동 종류에 따른 고유 특성을 함께 살펴보기 위하여 2021년에 활용되었던 설문조사도구를 종합적으로 검토하였고, 최종 설문항목은 개인특성, 노동환경, 건강상태, 정신건강에 대한 문항으로 --구성하였다. 개인특성에서는 플랫폼노동 이력, 수입결정방식 등이 있고, 노동환경에서는 업무 중 부당한 일에 노출된 이력이 있는지 여부, 교육훈련 여부 등을 질문하였으며 3개 업종 공통설문과 업종별 유해인자에 대한 개별 질문으로 나누어 구성하였다. 건강상태에서는 건강상 문제 여부, 프레젠테즘¹⁾을 질문하며 정신건강에서는 자가보고식 형태의 우울증 선별도구인 Patient Health Questionnaire-9 (PHQ-9) 설문을 포함하였다. PHQ-9는 1999년 Spitzer 등에 의해 개발되었으며 국내에서는 해당 도구에 대한

1) 프레젠테즘 : 신체적 정신적으로 건강한 상태가 아님에도 불구하고 출근하는 현상

신뢰도와 타당도를 확인하기 위한 연구들을 진행 후 국내판 PHQ-9을 표준화하였다. 2021년도 연구와 비교하였을 때 설문지 개발 및 변경에 반영한 내용은 다음과 같다.

(1) 플랫폼 노동자의 생활습관

생활습관 중, 흡연과 음주에 대한 내용을 추가하여 현황을 파악할 수 있도록 간결한 문장으로 정리하였다.

Q4. 지금까지 살아오는 동안 피운 일반담배(궐련)의 양은 총 얼마나 됩니까?

- ① 5갑(100개비) 미만
- ② 5갑(100개비) 이상
- ③ 피운 적 없음

Q5. Q5-1, Q5-2 문항에 답변하여 주십시오.

Q5-1. 최근 1년 사이에 술을 마신 적 있습니까? 마신 적 있다면 술을 얼마나 자주 마십니까?

- ① 최근 1년간 전혀 마시지 않았음.
- ② 한 달에 4번 이내
- ③ 일주일에 2-3번 정도
- ④ 일주일에 4번 이상

Q5-2. 술을 한 번에 마실 때 평균적으로 얼마나 마십니까? (소주, 양주 구분 없이 각각의 술잔으로 계산합니다. 단, 캔맥주 1개 (355cc)는 맥주 1.6잔과 같습니다.)

- ① 1-2잔
- ② 3-4잔
- ③ 5-6잔
- ④ 7-9잔
- ⑤ 10잔 이상
- ⑥ 마시지 않음



(2) 플랫폼 노동의 경제적 비중

가구 소득 중 플랫폼 노동이 차지하는 비율을 추가하여 노동, 경제, 사회적 중요도를 산출하였고 비교가 가능하도록 노동패널의 설문지를 추가 보완하였다.

Q2-1. 현재 플랫폼 노동으로 얻는 전체 소득은 월평균 얼마입니까? () 만원

Q2-2. 소모 비용(플랫폼 서비스 이용비, 유류비, 소모용품 구입 등)을 제외한 순수입은 월평균 얼마입니까? () 만원

Q3. 가구 소득 중 비용 및 주부양자 여부

1. 귀하의 세대에 동거하고 있는 사람은 몇 명입니까?

☐	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
☐	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

Q. 전체 가구소득 중 귀하가 플랫폼 노동으로 얻는 소득이 차지하는 비중이 얼마인가요? ()%

(3) 유해인자와 근골격계 위험인자 논의

플랫폼 노동자의 유해환경과 근골격계 위험인자 노출수준을 타 직종과 비교하여 현황을 조사하고 비교성을 높이기 위해 근로환경조사의 유해인자 항목과 근골격계 유해인자 부분을 차용하였다.

공통 설문 (유해인자, 근골)

- 유해인자

귀하는 근무시간 중 다음과 같은 환경에서 일하는 시간은 어느 정도 됩니까?

문항	근무 시간 내내	거의 전부 시간	근무 시간3 /4	근무 시간 결반	근무 시간1 /4	거의 없음	전혀 없음	모름/ 무응 답	거절
수공구, 기계 등에서 발생하는 진동	1	2	3	4	5	6	7	8	9
다른 사람에게 말할 때 목청을 높여야 할 정도의 심한 소음	1	2	3	4	5	6	7	8	9
일하지 않을 때조차 양을 흘릴 정도로 높은 온도	1	2	3	4	5	6	7	8	9
실내/실외에 관계없이 낮은 온도	1	2	3	4	5	6	7	8	9
연기, 흙(흙집 흙 또는 배기가스), 가루나 먼지(목 분진, 광물 분진 등) 등의 흡입	1	2	3	4	5	6	7	8	9
시내와 같은 유기 용제에서 발생한 증기 흡입	1	2	3	4	5	6	7	8	9
화학 계량/물질을 취급하거나 피부와 접촉함	1	2	3	4	5	6	7	8	9
다른 사람이 피우는 담배 연기	1	2	3	4	5	6	7	8	9
폐기물, 체액, 실험 물질과 같은 감염을 일으키는 물질을 취급하거나 직접 접촉함	1	2	3	4	5	6	7	8	9

- 근골

귀하는 근무시간 중 다음과 같은 상황에서 일하는 시간은 어느 정도입니까

문항	근무 시간 내내	거의 전부 시간	근무 시간3 /4	근무 시간 결반	근무 시간1 /4	거의 없음	전혀 없음	모름/ 무응 답	거절
피로하거나 통증을 주는 자세 (계속 서 있거나 앉아 있는 자세 제외)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
사람을 들어 올리거나 옮김	1	2	3	4	5	6	7	8	9
무거운 물건을 옮기거나, 밀거나, 옮김	1	2	3	4	5	6	7	8	9
계속 서 있는 자세	1	2	3	4	5	6	7	8	9
앉아 있는 자세	1	2	3	4	5	6	7	8	9
반복적인 손 동작이나 팔 동작	1	2	3	4	5	6	7	8	9
고객, 승객, 학생, 환자 등 같은 직장 동료나 아닌 사람들을 직접 상대함	1	2	3	4	5	6	7	8	9
화가 난 고객이나 환자, 학생을 다룸	1	2	3	4	5	6	7	8	9
경서적으로 불안해하는 상황에 놓임	1	2	3	4	5	6	7	8	9

(4) 직종별 특화 설문지

대리기사와 라이더스(음식배달 등 라이더 업무 종사자)에 존재했던 특화 설문지에 대응하는 기사관리사 특화 설문지를 개발하고, 업무간 물품파손에 대한 책임과 비난, 오해에 대한 스트레스를 조사하였다.

Q7. 업무 시 운전 도중(자동차, 오토바이, 자전거 등) 다음과 같은 상황에 해당하십니까? (대리, 대행)

문 항	전혀 하지 않는다	대체로 하지 않다	대체로 한다	항상 한다	해당없음
1. 운전 도중 콜을 받기 위해 휴대폰 조작	①	②	③	④	⑤
2. 운전 도중 경로 수정을 위한 네비게이션 세팅	①	②	③	④	⑤

기사관리사 특화 설문 추가 (손해배상)

Q7. 업무 도중 다음과 같은 상황에 대해 얼마나 경험하십니까? (기사관리사, 비구조화된 설문)

문 항	전혀 아니다	대체로 아니다	대체로 그렇다	항상 그렇다	해당없음
1. 업무 간 집안 물품의 파손에 대해 내가 책임진다.	①	②	③	④	⑤
2. 업무 간 집안 물품의 파손 및 분실에 대해 비난 받거나 오해받은 적이 있다.	①	②	③	④	⑤

(5) 사회보험 가입여부에 대한 조사수행

사회보장 보호의 수준조사를 위해 사회보험 가입여부에 대한 조사를 수행하였다.

Q 12. 귀하는 다음 중 어느 사회보험에 가입되어있습니까? (복수응답가능)

사회보험의 종류는 다음과 같습니다.

	가입되어 있다	가입되어 있지 않다	잘 모르겠다
A. 국민연금	①	②	③
B. 국민건강보험	①	②	③
C. 고용보험	①	②	③
D. 산재보험	①	②	③

(6) 사회적 관계망 추가

플랫폼 노동자는 동료 및 일터의 개념이 부족하여 사회적 관계망에 취약성이 있기 때문에 산업보건적 위험이 존재할 수 있으므로 사회관계망 수준을 조사하였다.

Q5. 최근 한 달간 자신의 상태를 잘 설명하는 항목에 표시해주세요.
(플랫폼 노동을 한 지 한달이 되지 않았다면, 일을 시작한 때부터)

문항	응답				
1. 나는 외롭다고 느낀다	0. 거의 그렇지 않다	1. 다소 그렇지 않다	2. 다소 그렇다	3. 매우 그렇다	
2. 나는 소외되어 있다고 느낀다	0. 거의 그렇지 않다	1. 다소 그렇지 않다	2. 다소 그렇다	3. 매우 그렇다	
3. 나는 가족이나 친구들에게 편하게 의지할 수 있다.	3. 거의 그렇지 않다	2. 다소 그렇지 않다	1. 다소 그렇다	0. 매우 그렇다	
4. 나의 일상적인 일에 도움을 줄 수 있는 사람이 있다.	3. 거의 그렇지 않다	2. 다소 그렇지 않다	1. 다소 그렇다	0. 매우 그렇다	
5. 월 1회 이상 사적으로 만나거나 주 1회 이상 연락을 할 정도로 친한 사람은 몇 명입니까? (가족, 친척, 친구 포함)	3. 0명	2. 1-2명	1. 3-6명	0. 7명 이상	
6. 친구나 가족과 사적인 연락을 하는데 하루 중 평균 몇 분 정도를 사용하십니까? (전화, 문자, 카카오톡 등 메신저)	3. 전혀 안 함	2. 15분 이하	1. 15분-1시간	0. 1시간 이상	

위의 개발 및 수정된 설문지를 반영하여 최종 설문지 항목을 정리하면 다음과 같다.

[표2] 최종 설문지 항목

구분	항목	비고
I. 개인 특성	일반특성, 노동 이력, 노동 시간, 국적, 생활 습관, 사회 보험 가입	
II. 노동 환경	노동 인식, 직무 스트레스, 폭력, 업무 범위, 교육 훈련, 유해인자, 근골격계 유해인자	
	직종 특화 라이더스/대리 : 안전 기사관리사 : 보상과 스트레스	
III. 건강상태	건강 증상, 업무 관련성 인식 프리젠테즘, 앵셴티즘, 수면이상	
IV. 정신 건강	직무 스트레스, 우울, 자살, 사회관계망	

1:1 개별면접을 통한 조사 및 산업보건 실태조사

플랫폼 노동자의 산업안전보건 실태조사 개요는 다음과 같다.

[표3] 플랫폼 노동자 산업안전보건 실태조사 개요

구분	내용
조사 대상	대리운전, 음식배달, 가사노동에 종사하는 플랫폼 노동자
회수 현황	- 대리운전 : 400명 - 음식배달 : 400명 - 가사관리사 : 200명
조사 기간	2022년 10월 7일 ~ 2022년 10월 17일
조사 방법	구조화된 설문지를 통한 현장면접조사

음식배달노동자 400명과 대리운전노동자 400명, 가사관리사 200명을 대상으로 플랫폼 노동자 대상의 실태조사 결과, 주요내용을 살펴보면 응답자의 평균 나이는 45.8세로 가사관리사, 대리운전, 음식배달 순으로 평균나이가 젊어지는 흐름을 보였다. 이들 중 87.6%가 플랫폼 노동에 주업으로 종사하였으며 대리운전의 경우 다른 직종에 비해 야간근무를 하게 되는 특성이 있어 부업의 비중이 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 또한 일과 관련하여 자신의 위치를 근로자 또는 자영업자로 묻는 질문에 본인을 근로자로 생각하는 비율은 60.1%였으나, 대리운전의 경우 51.8%가 자신을 자영업자로 인식하였다. 이는 업무의 특성상 자율성이 높거나 업무량에 따라 소득이 달라지기 때문인 가능성이 있다. 폭력 경험의 경우, 2020년 근로환경조사 내 근로자 집단과 비교하여도 플랫폼 노동자들이 높은 비율의 폭력 경험을 보였으며, 특히 대리운전에서 다른 직종에 비해 폭력에 노출되기 쉬운 비율이 높게 나타났다.

또한 고객으로부터 플랫폼을 통한 별점으로 피드백을 받는데, 업무로 인한 평점이 본인의 잘못이 아님에도 불구하고 불리한 평점을 받은 경우가 52.2%로 나타나 이로 인해 업무에 지장을 받은 경우가 42.2%를 차지하였다. 건강상태를 살펴보았을 때, 플랫폼 노동자는 근골격계 증상을 호소하는 경우가 많았고 특히 가사관리사에서 해당 질환에 대한 위험이 높은 것으로 나타났다. 그 외에도 불안감 및 수면장애 등을 비롯하여 사고로 인한 손상 등의 위험 역시 높게 나타났다. 이를 종합하면 플랫폼 노동자는 본인을 고용된 근로자라고 생각하는 반면 현실은 사회보험의 사각지대에 있으며, 플랫폼을 이용하는 고객들의 평점 혹은 고객의 직간접적인 폭력에 쉽게 노출되기 쉬운 특징이 있다. 또한 직종별로 상이한 업무에 종사하고 있으나 다른 근로자 집단 혹은 일반인구집단 대비 근골격계질환위험 및 사고 위험, 스트레스와 우울, 불안 등의 정신건강에 취약한 것으로 나타났다.

III. 결론 및 정책제언

패널조사는 시간에 따른 응답성향에 대한 정보를 획득할 수 있고, 시점 간 추정치의 차이를 구하고자 할 때 유용하게 사용될 수 있다. 그러나 이러한 장점에도 불구하고 조사과정의 복잡성, 패널조사의 수명 등 예상되는 단점을 보완하기 위한 노력이 필요하다. 본 연구에서는 플랫폼 노동자의 건강실태 모니터링을 위해 2가지 방안을 검토하였다. 첫 번째는 근로환경조사 등 기존에 수행되고 있는 대표성 있는 연구조사를 기반으로 하여 시계열적으로 활용하는 것이다. 이를 통해 대표성 있는 자료를 활용한다는 점에서 전체 노동인구집단과의 비교성을 높일 수 있는 장점을 갖고 있으나, 4년 주기로 시행되는 근로환경조사의 특성상 빠르게 변화하는 플랫폼 노동 시장의 흐름을 반영하기에 한계가 있다. 두 번째는 한국노동패널조사 등과 함께 조사를 실시하여 기존에 구축된 패널에 플랫폼 노동자 정의를 명확히 하고 건강영향에 대한 설문을 강화하는 방안이다. 이 경우, 장기간 추적관찰되고 있는 패널을 활용하는 장점이 크지만, 이를 위해서는 여러 부처 간의 면밀한 협의가 필요하다. 그러므로, 가능한 정부산하 기관에서 산업보건 사업의 형태로 패널을 운영해나가는 것이 적절하고, 패널 조사를 담당할 조직과 담당자를 지정하는 것이 권장된다. 한편, 패널 조사는 주로 전국 규모로 장기간 운영되며, 자료 수집 이외에도 조사 기획과 조사의 질 관리 등이 필요하기 때문에 실제 조사를 담당할 조사기관과 조사운영의 전반적인 부분에 대한 기획과 관리를 담당할 조사연구팀으로 이원화하여 운영할 필요가 있다.

플랫폼 노동자들의 사회보험 가입을 의무화하는 등의 방안을 통해 제도권 내로 편입시키기 위해서는 본 연구와 같은 패널을 활용한 정기적인 실태조사 혹은 맞춤형 건강검진 등을 통해 플랫폼 노동자들에 대한 정기적인 노동환경 및 건강실태를 파악할 필요가 있다. 또한 본 연구에서 수행한 대리기사, 음식배달대행, 가사관리사 직종 외에도 상대적으로 규모가 작은 문화예술, 창작, 이사대행 등의 취약한 업종에 종사하는 플랫폼 노동자에 대해서도 향후 조사대상 및 규모를 확장할 필요가 있다.

참고문헌

- 장지연. 플랫폼노동 종사자 보호방안 마련을 위한 실태조사. 한국노동연구원. 2020.
- 김준영 등. 플랫폼경제종사자 규모 추정과 특성 분석. 한국고용정보원. 2018.
- 장진희·손정순 외. 지역수준 취약계층 보호방안 연구-서울시 음식배달노동자를 중심으로. 한국노총중앙연구원. 2019., 장진희 외. 플랫폼노동 종사자 보호를 위한 공제회 설립방안 외. 한국노동조합총연맹. 2021., 김영아·이승호 외. 배달업 확산이 고용에 미치는 영향. 한국노동연구원. 2019.
- 이승현 외. 플랫폼 노동자 건강보호를 위한 산업보건체계 개발. 산업안전보건연구원. 2021.
- R L Spitzer et al., Validation and utility of a self-report version of PRIME-MD: the PHQ primary care study. Primary Care Evaluation of Mental Disorders. Patient Health Questionnaire. JAMA(1999)
- 박승진 외. 한글판 우울증선별도구(Patient Health Questionnaire-9, PHQ-9)의 신뢰도와 타당도. 대한불안학회지. 2010.
- 안제용 외. 한국어판 우울증 선별도구(Patient Health Questionnaire-9, PHQ-9)의 표준화 연구. 대한생물치료정신의학회지. 2013



국민건강보험자료를 이용한 직장가입자의 손상관련 질환 발생현황



연구책임자

연세대학교
윤진하 교수



원고작성자

산업안전보건연구원
직업건강연구실 역학조사부
이지혜 부장

손상질환은 근로자에게 중대한 결과를 초래하는 질병 중 하나임에도 불구하고, 성·연령·시기에 따른 손상 수준에 대한 체계적인 발병 위험도 분석은 없었다. 이에 본 연구에서는 먼저 손상 관련 연구의 최근 동향을 확인하고 적절한 통계분석 및 위험도 파악을 위한 연구방법론을 검토하였고, 손상 질환의 정의 및 근로자 집단 정의를 검토하였다. 이를 바탕으로 건강보험공단 자료를 활용하여 손상 중심의 근로자 표준 집단을 구축하였다. 손상질환의 종류와 그 빈도를 성·연령·시기에 따라 나누어진 집단에 대해 파악하였다.

I. 서론

산업보건 분야에서 근로자 암 발생 위험과 질병 발생을 분석하려는 노력이 지속되어 왔으며, 최근 빅데이터에 관한 관심이 증가함에 따라 이를 활용한 건강 위험분석이 꾸준히 이어져 왔다(백성욱 등, 2022). 산업안전보건연구원에서는 빅데이터를 활용한 연구로 『근로자 표준 대조집단 구축 및 건강위험 선별 프로그램 개발 (2021)』, 『역학조사 우선순위 의사결정 지원을 위한 빅데이터의 활용 (2020)』, 『직업성 질환 코호트 노출평가 모델 개발 및 위험군 분석 (2019)』, 『국민건강보험공단 자료를 활용한 직업코호트 구축(2018)』등이 있다. 개인 혹은 집단에서 발생한 질병이 직업적 노출에 기인하였다고 추론하기 위해서는 유해 요인과 질병 사이의 합리적 인과성이 증명되고 동시에 노출 집단에서 질병 발생이 유의하게 증가하여야 한다(ILO, 2009). 역학 연구를 통해 확인되는 집단 수준의 질병 이환율 증가는 업무 관련성 판단을 위한 핵심적 증거로 사용된다. 노출 집단의 질병 발생이 실제 대조군에 비해 유의미하게 증가하여 있는지

확인하기 위해서는 연령, 성별 등 교란변수를 보정한 통계적 지표를 산출해야 한다(백성욱 등, 2022). 하지만, 세부 노출별 연관성 지표를 산출해내기 전에, 우리나라 근로자 전체 집단의 질환별 발생 건수와 발생률을 먼저 개괄적으로 분석하여 일반 인구 대비 근로자 집단의 건강 수준과 질환 발생 수준을 전체적으로 파악할 필요가 있다.

더불어, 최근 국내에서 집단 수준의 직업성 질병 발생위험도에 대한 역학 연구들이 광범위하게 진행되고 있으나 이러한 역학 연구들은 현재 표준화된 대조집단을 공유하고 있지 않기 때문에 상호 비교 분석이 불가능하다는 한계가 꾸준히 지적되어왔다. 역학 연구들 사이 상이한 결과들이 도출될 수 있고 이는 역학 연구 결과의 일반화 과정에서 한계점으로 작용하고 있다. 본 연구는 이와 같은 한계를 극복하고자 한국 근로자 집단에 대해 대표성을 가지면서 충분한 인구수가 포함된 표준 대조 집단을 구축하고

분석함으로써 우리나라 근로자 전체 집단의 전체적인 손상 관련 질환 발생 현황을 분석하여 제시하고자 한다.

손상 관련 질환은 근로자에게 중대한 결과를 초래하는 질병 중 하나임에도 불구하고, 성·연령·시기에 따른 손상 수준에 대한 체계적인 발병 위험도 분석은 없는 실정이다. 또한 각 층화집단별 손상 수준에 대한 표준 집단을 구축하면 산업보건 연구 및 사업에 활용될 수 있다.

본 연구의 목적은 대한민국 근로자의 손상 관련 질병 발병 현황 및 추세를 파악하고, 손상 관련 질환의 종류와 그 빈도를 성, 연령, 시기에 따라 나누어진 집단에 대해 파악하는 것이다. 이에 따라 먼저 손상 관련 역학 연구의 최근 동향을 확인하고 적절한 통계 분석 및 위험도 파악을 위한 연구 방법론을 검토한다. 이를 바탕으로 건강보험 자료를 활용하여 손상 중심의 근로자 표준 집단을 구축한다. 이 과정에서 분석을 위해 손상 질환 정의 및 근로자 집단 정의를 검토한다.

II. 연구내용

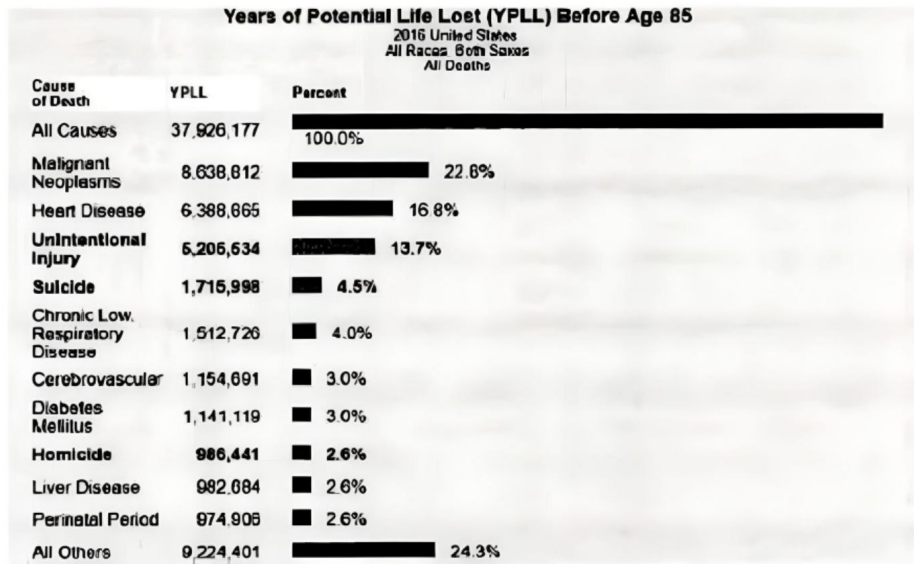
1. 손상 역학의 국내외 동향 및 방법론 검토

손상역학의 방법론

통계적으로 손상은 '입원 및 보행과 같은 특정 범주의 숫자를 세어 얻은 중증도별 분포 또는 관심 중증도 척도'로 정의될 수 있다. 예를 들어, 부상중증도는 피라미드 형태로 분포되어 상단에 사망, 중간에 입원, 하단에 기타 유형이 분포하는 것으로 설명된다.

잠재수명손실연수(Years of Potential Life Lost, YPLL)도 주된 손상정도를 정의로 활용된다. 각 사인에 대해 사망한 사람 연령을 평균 사망 연령에서 빼고, 총 손실 연수를 합산하여 계산할 수 있다. 미국 질병통제예방센터(Centers for disease control and prevention, CDC)에서는 아래 [그림 1]과 같이 각 질환별 YPLL을 제시하고 있다. YPLL을 기준으로 하였을 때, 악성신생물, 심장질환에 이어 세 번째 질병 부담을 차지하고 있는 것으로 이해할 수 있다. 게다가, 타살과 자살을 다른 부상 사망과 합산하면 손상으로 인한 YPLL은 심장질환의 수치에 육박하며, 85세 전 YPLL 중으로는 악성신생물 다음 2위로 집계된다. 손상의 YPLL이 이처럼 높은 이유는 부상으로 사망하는 사람들이 암 등 주요 사망 원인으로 사망하는 사람들보다 평균적으로 수십 년 젊기 때문이다.

Figure 5-1. Years of Potential Life Lost Prior to Age 85 in 2016. Source: Centers for Disease Control and Prevention



[그림1] 질환별 잠재그림 수명손실년수 (YPLL)

이보다 더 간단한 척도로 손상률(injury rate)을 제시할 수 있다. 손상률 정의는 부상자 수를 해당 집단 인구수로 나누어 계산한 값이다.

감시체계(surveillance)란 누가, 언제, 어디서, 때로는 어떻게 사람들이 질병에 걸리거나 부상을 입는지에 대한 데이터 수집을 의미하는 역학적 용어이다. 감시체계를 통하여 손상 당한 사람이 누구인지, 언제, 어디서, 어떻게 부상을 당했는지에 대한 자세한 데이터가 있는 경우 손상을 어떻게 예방할지에 관한 정책에 대한 근거로 사용될 수 있다. 주어진 유형의 부상 경향을 측정하려면 연구 기간 동안 유형의 정의가 변경되지 않아야 하며 유형의 모든 부상을 계산할 수 없는 경우

표본추출 방법이 계수의 비교 가능성을 바꾸는 방식으로 변경되지 않아야 한다. 손상을 다른 요인과 연관시키기 위해 감시체계 자료 또는 데이터를 사용하려면 분류 문제와 부상 통제와의 관련성에 주의하여야 한다. 비율을 계산할 때는 조사기간동안 노출된 인구의 변화나 노출 측정의 변화가 고려되어야 한다. 예를 들어, 인구당 부상 경향은 인구의 연령 분포 변화에 따라 달라질 수 있다. 집단의 연령분포조차도 시간의 흐름에 따라 변화할 수 있는데, 예를 들어 자동차 부상이나 알코올 중독의 경우 운전자의 연령 제한 또는 법적 알코올 사용 연령 제한이 변경되는 경우. 단순한 통계적 보정이 연령대별 노출의 변화를 설명하기에 부적절할 수 있다.

손상 역학과 관련된 주요 연구 사례 정리

다른 역학 분야와 마찬가지로 통제된 실험연구(controlled experiments), 환자-대조군 연구(case-control studies), 전향적 코호트 연구(prospective cohort studies), 후향적 코호트연구(retrospective cohort studies), 단면 연구(cross-sectional studies), 생태학적 연구(ecological studies), 그리고 혼합된 설계(mixed designs)가 모두 사용될 수 있다. 각 연구의 증거수준 위계 또한 다른 역학 분야와 크게 다르지 않다.

손상역학에서 주목하는 지표 중 가장 특징적인 것은 그 목적이 예방에 있다는 것이다. 약물 중재역학 등은 치료 효과에 초점을 맞추고 있으나, 질환의 위험요인을 다루는 다른 역학 연구와 마찬가지로 예방을 초점을 맞추고 있기 때문에 이와 관련한 지표가 중요하다.

사망자료를 이용한 연구는 다른 형태의 자료보다 확보하기 용이하다. 일례로, 국내에서도 통계청 사망 자료를 활용하여 표준화사망비(standardized mortality ratio, SMR)를 구해볼 수 있다.

1970년대 이후, 미국의 국립직업안전위생연구소(National Institute of Occupational Safety and Health; NIOSH)는 코호트 데이터를 바탕으로 종단적 분석을 시행하기 위해 생명표 분석 시스템(Life Table Analysis System; LTAS)을 구축하고 이를 유지해왔다. LTAS의 경우 각 층화된 집단에 따라 SMR을 도출하고 있는데, 이를 응용하여 각 층화 집단에 따라 표준화발병비(standardized incidence ratio: SIR)을 계산하는 방법을 구현해 볼 수 있을 것이다. 또한 LTAS는 각

층화집단별 기대 사망수와 관측 사망수를 비교하여 SMR 수치와 신뢰구간 계산하는 과정을 자동화하여 수행하고 있다. 이 방식을 R shiny 등을 활용하여 자동화하여 서버에 구축하여 개인 이용자들이 표준 집단에 비해 질환 발생 위험을 비교할 수 있도록 구현하는 작업 또한 이루어질 수 있을 것이다.

한편 건강보험자료를 활용한 근골격계질환 선형문헌에서 질병을 정의하는 방법은 질병 코드로만 정의하는 방법, 질병 코드와 처치 코드를 함께 정의하는 방법이 있다. 민감도를 높여 탐색적 분석을 수행하기 위해서는 대표 코드만을 적용하는 것이 합당하며, 중증도가 높은 질환의 경우 처치코드의 유무로 초회 진단인지, 실제 수술까지 요했던 중증화된 질환인지 감별이 가능하다. 따라서 각 질환 정의를 위해서 다양한 전공의 전문가들이 합의한 정의에 따라 질병을 정하고 연구를 진행하는 것이 필요하다.

질병코드의 변경은 통계 해석에서 고려해야 할 또 다른 지점이다. 이는 정기적으로 개정되기 때문에 연구자는 코드의 개정 경향을 신중하게 조사해야 한다. 코드는 부상의 일부 원인에 상대적으로 구체적이지만 만약 더 정교한 범주가 필요한 경우에는 원인 집계가 어려울 수 있다. 질병의 국제 분류(internal classification of diseases: ICD)의 경우, 현재 사용하고 있는 최신판인 ICD-10에서는 과거에 사용되던 사고원인 특정코드인 E 코드가 없다. (ICD-11이 가장 최신판이지만 그 이전에 널리 사용된 버전은 ICD-10이고, 현재 국내에도 ICD-10을 변안한 한국표준질병사인분류(Korean standard classification of diseases: KCD)-8을

사용하고 있으므로 이에 맞추어 서술하였다.)

마지막으로 직업적 근골격계 질환은 그 특성상 미세한 손상의 누적으로 인해 발생하는 퇴행성 질환의 성격을 갖는다. 그러므로 대부분은 단면적인 분석보다는 후향적 코호트 연구설계가 적절하다. 이러한 후향적 코호트 구축을 위해서는 우선 코호트정의를 하여야 한다. 다이나믹 코호트는 코호트 추적기간 내 단 한 번이라도 포함된 경우 대상자가 된다. 직업성 근골격계 질환은 누적외상성 질환으로 특별히 잠복기가 있는 질환이 아니므로, 다이나믹 코호트를 사용하는 것이 적절하다.

질환 발생 위험도 산출

직업적 유해요인에 의한 업종별 건강 위험을 기술하기 위해서는 연구집단과 대조집단간의 적절한 방법으로 비교가 수행되어야 한다. 가장 간단한 방법으로는 연구집단과 대조집단간의 조율(crude rates)을 비교해 볼 수 있다. 하지만, 연령은 대부분의 질환에서 가장 강한 상관관계를 갖는 인자이다. 일반적으로 높은 연령에서 질병에 이환될 경우 사망이 증가하는 경향이 있으나, 질병 특성에 따라 경향성은 달라질 수 있다. 따라서 두 집단 간의 질병 발병 위험이나 사망 위험을 비교하기 위해서는 연령을 보정한 분석이 반드시 필요하다. 연령 보정을 위해서는 직접 표준화법과 간접 표준화법, 두 가지 방법이 사용될 수 있다. 직접 표준화법은 비교하려는 집단에서 각 연령별 발생률/사망률을 알고 있는 경우, 가상적인 표준인구를 적용하여 산출할 수 있다. 반면 간접 표준화법에서는 이미 알려진 인구집단(한 나라의 전체 인구집단을 이용하는 경우가 일반적)을 기준으로 하여 관심집단에서 발생하는 각 연령별 기대 발생/사망자수의

합을 산출하고, 실제 관심집단에서 발생하는 발생/사망자 수를 이와 비교하여 볼 수 있다. 이를 표준화비(standardized ratio)라고 정의하며, 관심 사건이 질병의 발생일 경우는 표준화발생비(standardized incidence ratio: SIR), 질병으로 인한 사망일 경우에는 표준화사망비 (standardized mortality ratio: SMR)가 산출된다.

업종별 위험도 산출시, 질환 발생 시점의 업종과 질환 발생 1년 전의 업종까지만 분석기간으로 선정해도 큰 오류는 없을 것으로 예상된다. 이때 중요한 것은 해당 업종에 대한 근속년도를 고려하여, 몇 년 정도 근무하였을 때 질환 발생 위험이 높아지는 지에 대해서도 분석하여야 한다.

2. 국민건강보험청구자료를 활용한 근로자 대조집단 및 질환 정의 검토

국민건강보험 청구자료 검토

손상 질환에 대한 근로자 집단 정의를 위해 사용할 수 있는 데이터 중에서 국민건강보험 청구자료는 국민건강보험이 공개하는 자료 중 표준 집단을 정의하는데 다음과 같은 측면에서 유용하게 활용될 수 있다. 특히 대한직업환경의학회는 건강보험공단과 양해각서를 통해 '국민건강보험공단 자료를 활용한 직업성 질환 코호트(직업코호트)'를 개발한 바 있다.

본 연구의 목적은 대한민국 근로자의 손상 질환 발병 현황 및 추세를 파악하고, 손상 질환의 종류와 그 빈도를 성, 연령, 시기에 따라 나누어진 집단에 대해 파악하는 것이다. 앞서 국민건강보험공단의 청구자료를 검토해 볼 때, 국민건강보험공단의 청구자료 빅데이터는 우리나라의 근로자 전체 집단을

아우를 수 있다는 장점을 가졌을 뿐만 아니라, 질병 발병 시기, 근로자의 연령에 대한 정보를 담고 있다. 또한 건강보험공단 자료는 한국표준질병분류 코드를 사용하여 임상 의사에 의해 분류되기 때문에 신뢰성이 높은 자료라고 볼 수 있다. 손상 질환의 분류는 질병코드의 S 및 T 코드를

통해 정의될 수 있으며, 이밖에도 입원 및 외래 손상을 나누어 분석할 수 있다는 장점이 있다. 따라서 건강보험공단 빅데이터의 자료는 본 손상질환 중심의 표준 대조집단 구축 및 질병 발생 위험 분석을 위해 적합한 자료로 사료된다.

[표1] 국민건강보험공단 빅데이터 내 직업 관련 변수

가입자구분		
1: 지역세대주	5: 직장가입자	7: 의료급여세대주
2: 지역세대원	6: 직장피부양자	8: 의료급여세대원
직역상세코드		
11: 지역(농어촌)	53: 공교(공무원)	9: 의료급여
12: 지역(도시)	54: 공교(교직원)	
13: 지역(NONE)	7: 일반직장	
직종코드		
01: 정무직	08: 교육직	18: 전임전문직
02: 일반직	09: 법관, 검사	19: 청원경찰
03: 기능직	10: 일용직	20: 지도직
04: 공안직	11: 군인	30: 원어민 영어교사
05: 경찰, 소방직	12: 미통보군인	33: 계약직
06: 1,2종 고용직	15: 연구직	34: 공익수의사
07: 경노무 고용직	17: 공중보건의	
사업장업종세분류		
01: 농업,수렵업,임업	07: 도·소매 및 소비자용품 수리업	13: 교육서비스업
02: 어업	08: 숙박 음식점업	14: 보건, 사회복지사업
03: 광업	09: 운수, 창고, 통신업	15: 기타공공사회,개인서비스
04: 제조업	10: 금융, 보험업	16: 가사서비스업
05: 전기,가사,수도사업	11: 부동산, 임대, 사업서비스	17: 국제, 기타외국기관
06: 건설업	12: 공공국방 및 사회보장행정	99: 기타

대조집단 연구방법론 고찰

근로자 집단의 정의에서 고려해야 할 점으로는 관찰 시점, 분석 방법, 손상 질환의 특성이 고려되어야 한다. 먼저 직업코호트에서는 관찰 시점을 2008년부터 2015년까지로 설정하고 있다. 손상 질환의 경우 근로자의 암과 다른 특성으로 인해 종단적 코호트 중심의 근로자 집단 외에 다른 방식의 연구대상자 선정 방식이 필요하다. 손상 및 근골격계 질환의 경우 손상 질환의 특성 상 암 질환과는 달리 반복적으로 발생하는 질환으로 보는 것이 타당하며, 따라서 코호트 방식 외에도 반복적으로 발생한 손상 질환을 고려하는 연구 방법론 결정이 필요하다. 이는 특히 손상 질환 위험도에 노출되고 있는 근로자의 경우 손상 및 근골격계 질환이 반복적으로 발생할 가능성이 있으므로, 반복되는 손상을 고려한 디자인의 분석 방식이 필요하다.

또한 손상 및 근골격계 질환의 경우 발생률이 상대적으로 낮고 60-70세 이상의 고령층에서 주로 발생하는 것으로 알려져 있는 암 질환과는 달리 손상 질환의 경우 비교적 자주 발생하는 질환 중 하나로 알려져 있다. 또한 손상 질환의 경우 고령층에서 집중적으로 발생하는 암과 달리 생산가능연령(15-64세)과 같이 활동량이 높은 특성을 가진 연령에서 발생하는 것으로 알려져 있다.

이와 같이 손상 및 근골격계 질환의 특성과 발생률, 재발가능성, 위험도를 종합적으로 고려할 때, 중도절단을 고려하는 종단적 방식의 연구접근과는 달리 년도별로 반복적으로 발생하는 손상 발생을 확인할 필요가 있다.

마지막으로 고형암의 경우 최소 10년 이상의 잠복기를 가지는 것으로 알려져 있는데, 손상 질환의 경우 물리적 요소에 의해 급성으로

발생하는 질병이다. 따라서 시기별 손상 질환의 추세를 살펴보는 것은 우리나라 전체 근로자의 손상 발생 추이를 살펴보고 예방적 정책을 개발·구현하는데 유효한 정보를 제공할 수 있다.

근로자 표준 대조집단 정의

표준 대조집단의 정의는 『근로자 표준 대조집단 구축 및 건강위험 선별 프로그램 개발(2021)』에서 사용되었던 대조집단 구축 방식을 본 연구에 반영하여 적용하는 것이 적절하다. 여기서 대조군을 선정한 방식은 크게 전체근로자 집단과 교육공무원 집단 두 가지이다. 교육공무원 집단은 상대적으로 안정된 환경에서 근무하고, 직업적 유해인자 노출이 적으며, 상대적으로 충분한 여가 시간과 비교적 자유로운 병가 사용으로 질병을 초기 진단·치료하기 때문에 질병을 관리하지 않고 내버려 두었을 때 발생하는 합병증이 상대적으로 적을 것으로 생각된다. 다만, 이 업종에서도 장시간 서 있기, 컴퓨터 작업 등의 인간공학적 신체 부담과 직무 스트레스 등의 사회심리적 위험요인이 있을 수 있으므로, 분석 후 결과 해석 시, 근로자 전체 집단과의 비교를 함께 진행할 필요가 있다. 본 연구에서는 공무원 집단의 경우 직장가입자이면서 직역이 공무원이면서 직종이 일반직과 교육직인 경우로 선정하였다.

근로자 전체 집단은 공무원 수보다 전체 근로자 수가 약 100배 이상 많으므로 대조군 대상자 수가 적어서 유의하지 않았던 새로운 업종 또는 공정과 질병 연관성을 찾을 수 있다. 그리고 해석상 우리나라 전체 근로자의 평균 질병 발생보다 해당 업종의 위험성이 높다고 판단할 수 있으므로 우선 관리 업종과 직업병을 선정하는데 기초적인 자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

손상 질환 정의

한국표준질병사인분류(Korean Standard Classification of Diseases, KCD)는 '손상, 중독 및 외인에 의한 특정 기타 결과에서 S00부터 T14까지를 손상으로, T15부터 T98까지는 이물, 화상, 부식, 동상, 중독 및 외인에 의한 합병증으로 나누고 있다. 또한, KCD 코드 V01-X59에서 운수사고(V00-V99) 및 기타 외인(W00-X59)를 다루고 있으며, 고의적 자해(X60-X84) 및 가해(X95-Y09)도 포함하여 분석하였다. 손상 관련 KCD 코드와 이에 상응하는

질병명은 [표 2]과 같이 정리할 수 있다.

손상 질환의 경우 그 위치와 중증도에 따라 외래에서 진료 가능한 손상과 입원 치료가 필요한 손상으로 나눌 수 있다. 외래 손상의 경우 입원 손상에 비해 질환의 중증도가 낮고, 진단의 정확성 역시 다소 적다고 볼 수 있다. 따라서 본 연구는 진단의 정밀성과 중증도가 보장되어 있다고 사료되는 입원 손상을 대상으로 연구를 진행하였다.

[표 2] 한국표준질병 분류에 따른 손상 질환 분류 코드

질병명	질병코드
머리의 손상	S00-S09
목의 손상	S10-S19
흉부의 손상	S20-S29
복부, 아래등, 요추 및 골반의 손상	S30-S39
어깨 및 위팔의 손상	S40-S49
팔꿈치 및 아래팔의 손상	S50-S59
손목 및 손의 손상	S60-S69
고관절 및 대퇴의 손상	S70-S79
무릎 및 아래다리의 손상	S80-S89
발목 및 발의 손상	S90-S99
여러 신체부위를 침범한 손상	T00-T07
몸통, 사지 또는 신체부위의 상세불명 부분의 손상	T08-T14
자연개구를 통해 들어간 이물의 영향	T15-T19
화상 및 부식	T20-T32
동상	T33-T35
약물, 약제 및 생물학적 물질에 의한 중독	T36-T50
출처가 주로 비의약품인 물질의 독성효과	T51-T65
외인의 기타 및 상세불명의 영향	T66-T78
외상의 특정 조기합병증	T79
달리 분류되지 않은 외과적 및 내과적 치료의 합병증	T80-T88
손상, 중독 및 외인에 의한 기타 결과의 후유증	T90-T98
운수사고	V01-V99
불의의 손상의 기타 외인	W00-X59
고의적 자해	X60-X84
가해	X95-Y09

정리하면 본 연구는 국민건강보험 청구 데이터를 사용하였다. 국민건강보험은 대한민국 국민을 의무 가입 대상으로 하는 사회보험이며, 우리나라에 거주하는 98%의 인구를 포함하고

있다(Seong et al., 2017). 건강보험공단은 기준 년도인 2022년 약 5,291만명에 대해서 적용되고 있으며, 이중 직장가입자는 약 3,744만명으로 약 70.7%를 포함하고 있다(NHIS, 2022). 국민건강보험공단의

청구자료는 의료급여권자와 건강보험 대상자 전체에 대해서 상병 내역, 외래 및 입원 진료 내역, 처방 내역 등 의료 자료를 기록하고 있다(백성욱 등, 2022). 본 연구의 분석에 사용된 직업코호트는 직장가입자를 대상으로 구축되었다. 근로자 표준 대조 집단을 정확하게 정의하는 것 역시 성별 및

연령에 따른 질병 발생률을 파악하는데 핵심적인 요소이다. 데이터 정제 과정에서 전체 근로자 대조군은 직장가입자만을 포함하였으며, 공무원 대조군의 경우 공무원 직역으로 포함되어 있으면서 직종이 일반직과 교육직인 경우로 정의하였다.

3. 질환 분류별 층화지표 설정 및 질환 발병 집계

표준 대조집단의 성, 연령 층화 전체 손상 질환 발병 집계

전체 근로자 및 공무원 대조 집단에서 성과 연령으로 층화된 모든 원인에 의한 손상에 따른 입원수 및 100,000 인년당 입원률(Hospitalization rate)이 제시되었다.

전체 근로자 대조집단의 모든 손상 원인에 따른 입원 발생률이 [표 3]에 제시되어 있다. 남성

근로자의 경우 전체 손상에 따른 입원 발생률이 젊은 근로자에서 높다가 30-40세 사이 줄어들고 50세 이후 다시 증가하는 U자형으로 표현될 수 있다. 반면 여성 근로자의 경우 연령이 증가함에 따라 입원률이 증가하는 선형으로 표현으로 표현될 수 있다. 또한 여성의 경우 폐경기 이후 발생률이 가파르게 증가하는 양상을 보인다는 점 또한 특징적이다.

[표3] 전체 대조집단의 전체 손상 질환에 따른 입원 발생률

나이	남자 (인년)			여자 (인년)		
	전체 관찰 인년	발생 건수	입원률 (십만인년당)	전체 관찰 인년	발생 건수	입원률 (십만인년당)
25-29	6,796,968	139,164	2047.4	6,572,804	59,990	912.7
30-34	10,290,306	182,741	1775.9	6,057,062	52,486	866.5
35-39	10,482,236	179,330	1710.8	5,022,598	48,603	967.7
40-44	10,188,290	180,477	1771.4	5,112,276	58,970	1153.5
45-49	8,816,853	166,125	1884.2	4,596,831	70,834	1540.9
50-54	7,578,387	151,744	2002.3	3,690,616	83,451	2261.2
55-59	5,170,977	108,896	2105.9	2,315,219	64,522	2786.9
60-64	2,725,709	58,665	2152.3	1,121,692	35,885	3199.2

공무원 근로자 대조집단의 모든 손상 원인에 따른 입원 발생률이 [표 4]에 제시되어 있다. 전체 근로자에서 나타난 발생률의 추이는 남성(U자형)과 여성(선형)에서 모두 동일한 형태로 공무원

근로자에서도 발견된다는 점을 확인할 수 있다. 다만 공무원 근로자의 경우 전체 근로자 대조집단에 비해 연령별 발생률이 적게는 1.5배에서 많게는 3배까지도 차이가 나는 점을 확인할 수 있다.

[표4] 공무원 대조집단의 전체 손상 질환에 따른 입원 발생률

나이	남자 (인년)			여자 (인년)		
	전체 관찰 인년	발생 건수	입원률 (십만인년당)	전체 관찰 인년	발생 건수	입원률 (십만인년당)
25-29	105,993	4,824	4551.2	358,174	5,944	1659.5
30-34	286,260	8,749	3056.3	614,088	7,515	1223.8
35-39	364,341	10,224	2806.2	564,654	7,793	1380.1
40-44	422,918	11,846	2801.0	491,942	8,334	1694.1
45-49	486,272	13,567	2790.0	413,165	8,832	2137.6
50-54	524,657	13,999	2668.2	279,331	8,433	3019.0
55-59	397,136	11,707	2947.9	143,641	6,291	4379.7
60-64	105,717	5,001	4730.6	41,220	3,057	7416.3

다음으로 년도별 전체 근로자 및 공무원 전체적으로 2008년도 이후 입원률이 꾸준히 근로자에서 손상 질환의 입원률이 [표 5]와 증가하는 추세를 그리는 것으로 보여진다. [표 6]에서 제시되어 있다. 전체 근로자에서

[표5] 전체 근로자 대조집단의 년도별 전체 손상 질환 발병 건수

연도	남자 (인년)			여자 (명)		
	전체 관찰 인년	발생 건수	입원률 (십만인년당)	전체 관찰 인년	발생 건수	입원률 (십만인년당)
2008	6,971,826	116,939	1677.3	3,377,475	38,167	1130.0
2009	7,167,927	129,142	1801.7	3,618,073	45,013	1244.1
2010	7,386,019	138,199	1871.1	3,878,461	52,266	1347.6
2011	7,659,412	142,540	1861.0	4,178,814	56,202	1344.9
2012	7,890,198	149,994	1901.0	4,450,217	62,782	1410.8
2013	8,088,808	157,929	1952.4	4,722,807	67,855	1436.8
2014	8,351,929	165,145	1977.3	5,007,876	74,219	1482.0
2015	8,533,607	167,254	1959.9	5,255,375	78,237	1488.7

공무원 근로자 집단에서 전체 근로자 것으로 보여진다. 또한 전체 근로자 대조집단에 집단에서 보이는 추세와 같이 2008년도 이후 비해 년도별 발생률이 높은 것으로 분석되었다. 입원률이 꾸준히 증가하는 추세를 그리는

[표6] 공무원 대조집단의 전체 손상 질환에 따른 입원 발생률

연도	남자 (인년)			여자 (명)		
	전체 관찰 인년	발생 건수	입원률 (십만인년당)	전체 관찰 인년	발생 건수	입원률 (십만인년당)
2008	341,771	9,519	2785.2	327,706	6,128	1870.0
2009	338,652	9,805	2895.3	338,831	6,292	1857.0
2010	338,948	9,920	2926.7	350,167	6,644	1897.4
2011	337,117	9,832	2916.5	358,330	6,976	1946.8
2012	333,543	9,943	2981.0	365,395	7,182	1965.5
2013	332,872	10,185	3059.7	376,139	7,249	1927.2
2014	334,128	10,261	3071.0	388,106	7,757	1998.7
2015	336,263	10,452	3108.3	401,541	7,971	1985.1

성, 연령, 시기 증화 집단에 따른 세부 손상 질환 발병 집계

세부 손상질환은 기타 내부장기의 손상(S26-27, S36-37), 기타 및 상체불명 외인의 영향(T33-35, T66-73, T75-T78), 기타 사지뼈의 골절(S42, S52, S62, S82, S92, T10, T12), 눈 및 안와의 손상(S05), 다발성 신체부위를 침범하는 골절(T02), 달리 분류되지 않은 외상의 특정 조기 합병증과 외과적 및 내과적 처치의 합병증(T79-88), 대퇴골의 골절(S72), 두개골 및 안면골의 골절(S02), 두개내 손상(S06), 명시된 다발성 신체부위의 압궤손상 및 외상성 절단(S38, S47-48, S57-58, S07-S08, S17-S18, S28, S67-S68, S77-S78, S87-S88, S97-S98, T04-T05), 명시된 다발성 신체부위의 탈구, 염좌 및 긴장(S03, S13, S23, S33, S43, S53, S63, S73, S83, S93, T03), 명시된 상체불명 및 다발성 신체부위의 기타 손상(S00-S01, S04, S09-S11, S14-S16, S19-S21, S24-S25,

S29-S31, S34-S35, S39-S41, S44-S46, S49-S51, S54-S56, S59-S61, S64-S66, S69-S71, S74-S76, S79-S81, S84-S86, S89-S91, S94-S96, S99, T00-T01, T06-T07, T09, T11, T13-T14), 목, 흉곽 또는 골반의 골절(S12, S22, S32, T08), 손상, 중독 및 외인의 기타 결과의 후유증(T90-T98), 약물 및 생물학적 물질에 의한 중독(T36-T50), 자연개구를 통해 들어온 이물의 효과(T15-T19), 주로 비의약품 물질의 중독작용(T51-T65), 학대 증후군(T74), 화상 및 부식(T20-T32)으로 분류하였다.

그림 2)에서는 전체 근로자 집단에서 연령별 세부 손상질환입원률이 성별 증화되어 시각화되어 있다.





[그림2] 전체 근로자의 성별 층화 연령별 세부 손상 질환 입원률

[그림 3]에서는 공무원 근로자 집단에서 연령별 세부 손상 질환 입원률이 성별 층화되어 시각화되어 있다.



[그림3] 공무원 근로자의 성별 층화 연령별 세부 손상 질환 입원률

[그림 4]에서는 전체 근로자 집단에서 년도별 세부 손상 질환 10만 인년당 입원률이 성별 층화되어 시각화되어 있다.



[그림4] 전체 근로자의 성별 층화 년도별 세부 손상 질환 입원률

[그림 5]에서는 공무원 근로자 집단에서 년도별 세부 손상 질환 10만 인년당 입원률이 성별 층화되어 시각화되어 있다.



[그림5] 전체 근로자의 성별 층화 년도별 세부 손상 질환 입원률

4. 대조집단을 이용한 건강위험분석을 위한 활용 지침 개발

성별, 연령에 대해 층화되어 계산한 본 연구의 성과를 바탕으로, 연구 집단의 위험성을 파악하기 위해 대조 집단 간 위험성의 적절한 비교가 필요하다. 조율(crude rate)은 대조 집단의 손상 발생에 대한 개괄적인 현황을 엿볼 수 있는 수치이며, 연령 보정을 통해 비교 집단 사이의 연령 구조를 보정함으로써 상대적인 위험도를 계산할 수 있다.

5. 연구의 제한점

전체 근로자 집단과 일반직·교육직 공무원 집단의 특성 차이에 의한 한계

본 연구는 전체 근로자 집단과 일반직·교육직 공무원 두 집단에 대해서 손상 발생 실태를 파악하고 대조집단을 구축하는 것을 목표로 하였다. 그럼에도 불구하고, 본 연구의 손상 발생 건수 통계에서 드러나는 바와 같이 전체 근로자와 공무원은 성별, 연령별, 손상 질환 특성별 서로 다른 차이점을 가지고 있기 때문에 주의점이 필요하다. 예를 들어, 사지뼈의 골절, 안면골의 골절, 두개내 손상, 기타 손상의 경우 전체 근로자와 공무원 사이의 월별 유병률이 일치하는 것처럼 보인다. 그러나 기타 및 상세불명 외인의 영향, 화상 및 부식 약물 및 생물학적 물질의 중독과 같은 손상 유형의 경우 전체 근로자와 공무원 집단의 발생 특성 차이가 존재하기 때문에, 대조집단으로 이를 활용 시 주의해야 한다.

손상의 심각성

연구는 손상의 심각성이나 중증도에 대한 고려를 정보의 부족으로 인해 수행하지 못하였다. 같은 입원 손상이라고 할지라도 손상의 심각성이나 중증도에 따라 그 의미가 달라질 수 있다. 입원기간이나

처치코드 등을 활용한 추후 연구에서 손상의 중증도에 따른 손상 발생 정도와 특성이 분석되어야 할 것이다.

직업성 손상 여부

본 연구는 건강보험공단의 진단 코드를 활용하여 손상을 분류하였다. 그러나 건강보험공단 자료는 해당 손상이 직업성 손상인지에 대한 여부를 확인할 수 있는 정보를 가지고 있지 않다. 따라서 본 연구에서 발생한 다양한 손상의 발생들이 모두 직업성 손상으로 이해되어서는 아니 된다. 따라서 건강보험공단 데이터를 이용하여 표준 대조집단을 구축하는 과정에서 발생하는 근본적 한계점에 대해서 이해하고 결과를 해석할 필요가 있다.

후향적 다년도 단면조사로서의 제한점

본 연구의 대조집단 설계는 후향적 조사로서, 다년도의 단면조사 정보를 바탕으로 설계되었다. 따라서 근로자의 전향적인 손상 위험을 나타내지는 않았다. 그러나 본 연구의 관심 질환으로써의 손상은 암과 같은 희귀 질환과는 달리 같은 근로자에게 반복적으로 발생한다는 특징이 있다. 이러한 손상 발생의 특징은 본 연구의 설계 방식인 다년도 단면조사를 합리화하는 근거가 된다. 본 연구에서는 전체 근로자와 공무원 근로자를 바탕으로 단면조사를 통해 손상 발생의 통계를 집계하였으므로, 추후 연구에서는 전향적인 손상이나 근골격계 질환 발생의 통계를 확인하는 작업을 통해 특정 업종이나 직종의 손상 발생 위험도를 파악하는 작업이 요구된다고 보여진다.

III. 결론 및 정책제언

본 연구는 전체 근로자와 공무원 근로자를 바탕으로 손상 질환에 대한 표준 대조집단을 구축하는 것을 목표로 하였다. 여러 제한점에도 불구하고 본 연구는 근로자의 성, 연령, 시기별 손상 발생 통계를 집계하였다는 점에서 의의가 있다고 할 것이다. 특히 건강보험공단 직장가입자 정보의 경우 우리나라의 대부분 근로자(피고용인)를 포함하고 있으므로, 데이터의 범용성과 대표성이 매우 높다고 할 것이다.

향후 연구에서 본 손상 질환 집계 연구의 활용성을 높이기 위해서 사업장의 규모나 업종에 따른 자료를 통해 세부 분석이 수행될 필요가 있다. 특히, 근로자의 손상의 경우 사업장의 규모, 업종, 직종 등 직업적 특성에 따라 크게 영향을 받는 것으로 선행문헌들이 일관되게 보고하고 있다. 근로자 및 사업장의 다양한 특성을 반영할 경우 구체적으로 어떤 위험 요소나 업종 등에 대해 적절한 중개자 필요할지 파악하는 것에 도움이 될 것으로 생각한다.

정리하면, 여러 제한점이 있음에도 불구하고, 본 연구는 국내 근로자의 손상 통계를 파악하는 과정에 있어 기초자료나 탐색적 연구로서의 가치가 충분할 것으로 판단한다.

용어정의

이환율

일정 기간 내에서 질병이 있는 사람 수의 특정 인구에 대한 비율

악성신생물

정상보다 빠른 속도로 자라나는 비정상적인 조직. 예를들면 폐의 악성신생물은 즉 폐암을 의미

전향적 코호트 연구

연구자가 우선 코호트를 구축한 후 추적관찰을 통해 질병 발생을 확인하는 과정이다. 긴 추적 관찰기간이 필요하여 연구가 종료될 때까지 시간이 많이 소요된다.

후향적 코호트 연구

연구자가 연구시작 시점에서 질병발생을 파악하고 있고, 위험요인 노출 여부는 과거 기록을 이용한다.

단면연구

질병과 특정 노출 요인에 대한 정보를 같은 시점, 또는 짧은 기간 내에 얻는 연구이다. 예를 들어, 혈중 콜레스테롤 증가와 관상동맥질환의 관련성을 연구할 때 모든 연구대상자들의 혈중 콜레스테롤 수치와 심전도를 검사하였다.

생태학적 연구

다른 목적을 위해 생성된 기존 자료 중 질병에 대한 인구집단 통계 자료와 관련 요인에 대한 인구집단 통계자료를 이용하여 상관분석을 시행한다. 이 연구는 개인이 아닌 인구집단을 관찰 단위로 하여 분석한다.

혼합된 설계

여러 역학적 연구 설계의 특성들을 혼합한 설계이다.

표준화발병(사망)

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

기대 사망수

표준집단의 성·연령 층화 사망률을 코호트 집단에 적용했을 때 기대되는 사망자수(간접법의 경우)

관측 사망수

실제로 관찰된 사망 수. 표준화사망비는 관측사망수를 기대사망수로 나누어서 구한다.

R shiny

R은 통계 계산과 그래픽을 위한 프로그래밍 언어이다. “shiny”는 R 사용자들에게 웹앱(web app)을 제작을 가능하게 하는 패키지이다.

조율

전체 인구를 대상으로 표현되는 종합적인 지수로서 일정 기간에 대상 인구집단에서의 환자 수를 전체 인구로 나누어 산출한다. 표준화되지 않은 율이다.

S코드, T코드

한국표준질병사인분류(KCD)란 세계보건기구에서 발표하는 국제질병분류 체계를 골격으로 대한민국 실정에 맞게 제정한 분류이다. 질병이환 및 사망자료를 그 성질의 유사성에 따라 체계적으로 유형화한 것으로 대·중·소·세·세세 분류체계로 구성되어있다. 한국표준질병사인분류에서 첫 글자가 S 이거나 T인 질병들로 세부 질환들은 <표 2>를 참고 할 수 있다.

인년

각 개인의 서로 다른 관찰기간의 합. 예를 들어 2명을 5년간 관찰하였다면 10인년으로, 10명을 1년간 관찰하였을 때도 10인년으로 동일하다.

참고문헌

- ILO. Identification and recognition of occupational diseases: criteria for incorporating diseases in the ILO list of occupational diseases. Geneva: ILO.: 2009
- National Health Insurance Sharing Services (NHIS). Sample research DB: details of DB and cost. 2022.
- Seong SC, Kim YY, Khang YH et al. Data resource profile: the national health information database of the National Health Insurance Service in South Korea. Int J Epidemiol. 2017;46(3):799–800
- 백성욱, 이완형, 유기봉 등. 건강보험 빅데이터를 통한 전체 근로자 및 공무원 근로자의 암 발생률 분석. 한국산업보건학회지. 2022;32(3):268–278
- 윤진하, 유기봉, 이완형 등. 근로자 표준 대조집단 구축 및 활용-건강위험 선별 프로그램 개발(2). 산업안전보건연구원. 2022.

건설업 종사자에서의 직종별 질환발병위험도



연구책임자
부산대학교
김세영 교수



연구상대역
산업안전보건연구원 직업건강연구실
중부권역학조사팀 전교연 연구위원

건설업 종사자는 고용이 유동적이고, 근무 기간이 짧으며, 다단계 도급 구조로 업무를 수행하고 있어 산업보건 제도를 통하여 직업성 질환의 위험요인을 밝혀내거나 예방하기가 힘든 집단이다. 또한, 건설업은 업종 특성상 공정에 따라 다양한 직종이 존재하며, 직종에 따라 노출 요인, 유해인자, 발생 질환이 다르므로 건설업 종사자의 직업성 질환의 예방을 위해서는 직종별로 장기적인 추적관찰을 통하여 직업성 질환 위험도를 평가하는 것이 필요하다.

I. 서론

건설업 종사자는 일용직 비율이 높고 근무 기간이 짧아 고용이 유동적이며, 다단계 도급 구조로 업무를 수행하고 있어 고용의 구조적인 문제가 존재한다. 따라서 건설 산업에서 안전보건 문제 발생 시 책임 소재가 불명확할 때가 있으며 현행 산업보건 제도를 통하여 건설업 종사자의 건강의 위험요인을 밝혀내거나 예방하기는 쉽지 않다.

또한 건설근로자의 건강수준 및 직업적 건강영향에 대해 파악하는 시도를 할 때, 정확한 대상자를 특정하기도 어려우며 이들의 직업적 노출 정보를 얻는 것은 더욱 어려운 일이다. 이로 인해 다른 산업군에 비해 건설업 종사자의 건강영향에 관한 연구는 제한적으로 수행되었고, 건설업 종사자는 많은 유해인자에 노출되는 것으로 알려졌음에도 불구하고, 이 근로자 집단의 직업성 질환 예방이나 산재 보상을 위한 역학적 근거는 매우 부족한 실정이다.

따라서 산업안전보건연구원에서는 건설업 종사자의 직업적 건강영향 파악 및 직업성 질환 예방 방안을 수립하기 위해 5개년 간 연구를 수행하였고, 최종적으로 건설업 종사자의 직종별,

유해인자 노출별 직업성 질환 발생 위험을 평가하여 고위험군을 선별하고, 예방 및 중재를 위한 근거를 마련하였다.



II. 연구내용

1. 연구방법

건설업 종사자 코호트 구축

이 연구에서는 건설근로자공제회 퇴직공제 DB에 2006-2018년 13년간 한번이라도 건설업 종사자로 등록된 적이 있는 국내 근로자 총 4,610,506명을 대상으로, 퇴직공제 DB를 활용한 직종별 코호트에 국민건강보험자료를 연계하여 ‘건설업 종사자 직종별 코호트’를 구축하였다.

건설업의 직업적 노출 분류

3가지 기준으로 건설업 종사자의 노출을 분류하였는데, 각 분류 기준은 아래와 같다.

[표1] 건설업 종사자 노출 분류 방법

No.	노출 분류	분류 기준
1	주요 직종 노출군	건설업 60개 통합직종 중 종사자 빈도 비율이 1% 이상인 16개 직종을 선정하고, 해당 직종 내에서 총 근로일수가 상위 30%인 종사자만 선정 - 16개 주요 직종: 건축목공, 내선전기, 형틀목공, 건축배관, 철근공, 강구조, 조경, 석공, 미장공, 비계공, 도장공, 조적공, 건설기계, 타일공, 방수공, 보통인부 - ‘보통인부’는 노출을 특정할 수는 없지만 60개 통합직종 중 가장 높은 비율을 차지하는 직종으로 주요 직종군에 포함시킴
2	유사 노출 직종군 (Similar Exposure Group, SEG)	건설업 60개 통합직종을 건설업 직무-노출 매트릭스(Job Exposure Matrix, JEM) 기반으로 유해인자 노출 관점으로 재분류한 16개의 직종군 내에서 총 근로일수가 상위 30%인 종사자만 선정
3	유해인자 유사 노출군 (Hazard Material Similar Exposure Group)	건설업 60개 통합직종을 대표적인 4개의 유해인자(금속 흠 및 분진, 목분진, 유리규산(실리카), 유기용제)에 대한 노출 수준(상, 중, 하)을 기반으로 분류했을 때 각 유해인자에 대하여 노출 수준이 ‘상’에 해당하고 노출군 내에서 총 근로일수가 상위 30%인 종사자만 선정

건강영향평가 대상 질환

건강영향평가는 6개 질환군(악성종양, 호흡기계 질환, 신경·면역계 질환, 손상, 만성 퇴행성 근골격계질환, 피부질환)의 총 22가지 대상 상병에 대해 분석하였다.

[표2] 건설업 종사자 건강영향평가 대상 질환 (6개 질환군)

No.	질환군	대상 상병
1	악성종양	① 호흡기 및 흉곽내기관의 악성신생물 ② 폐암 ③ 흉막 및 림프절의 종피종 ④ 림프, 조혈 및 관련 조직의 신생물 ⑤ 흑색종 및 기타 피부의 악성 신생물 ⑥ 난소의 악성신생물
2	호흡기계질환	⑦ 만성폐쇄성폐질환 ⑧ 천식 ⑨ 간질성 폐질환 ⑩ 진폐증 ⑪ 석면폐증 ⑫ 흉막판
3	신경·면역계 질환	⑬ 파킨슨병 ⑭ 사르코이드증
4	손상	⑮ 손상·중독 및 외인에 의한 특정 기타 결과
5	만성 퇴행성 근골격계질환	⑯ 무릎 관절염 ⑰ 척추증 ⑱ 경추 및 기타 추간판장애 ⑲ 회전근개 증후군
6	피부질환	⑳ 접촉성 피부염 (알레르기, 자극성, 상세불명) ㉑ 건선 ㉒ 피부 및 피하조직의 방사선 관련장애)

통계분석 방법

노출 카테고리별로 각 22개 질환에 대해 아래의 통계분석을 수행하였다. 공무원 집단을 비교군으로 사용하였다.

- ① 평균발생률 : 1,000인년당 상병 발생자 수로 산출
- ② 표준화발생비(Standard Incidence Ratio, SIR) : 나이, 성별, 관찰인년을 보정하여 산출
- ③ 위험비(Hazard Ratio, HR): 콕스 비례위험 모형을 통해 나이, 성별, 흡연력을 보정하여 산출
- ④ 프레일티 모형 분석 수행

공무원보다 표준화발생비가 유의하게 낮았다. 이는 건설업 종사자의 피부질환 위험이 낮아서 보다는 외부대조군(공무원)보다 병원 이용률이 더 낮으면서 기인한 결과로 추정된다. 선행연구에서는 접촉성 피부염(알레르기, 자극성, 상세불명), 피부 및 피하조직의 방사선 관련 장애의 경우, 일부 직종에서 피부 자극성 또는 과민성 물질

노출(유기용제, 시멘트), 옥외작업자들의 태양 자외선 노출에 의한 발생 위험 보고가 있었다. 이 연구에서도 조경, 건설기계차량운전원, 용접원, 제관원, 조경벌목원에서는 접촉성 피부염(알레르기, 자극성, 상세불명)의 위험이 상승하였다.미장과 용접원에서 위험이 두드러졌다.

[표3] 건설업 노출 분류에 따른 악성종양 발생 위험

대상상병			악성종양											
			호흡기 및 홍파내기관의 악성신생물		폐암		홍막 및 림프절의 종피종		림프조혈 및 관련 조직의 악성신생물		흑색종 및 기타 피부의 악성신생물		난소의 악성신생물	
구분	유사 노출 직종	60개 통합직종명	SIR	HR	SIR	HR	SIR	HR	SIR	HR	SIR	HR	SIR	HR
유사 노출 직종군	보통인부		1.58	1.37	1.61	1.38	2.53	1.96	0.94	0.90	0.83	0.84	0.82	0.87
	SEG 1		1.74	1.83	1.82	1.93	-	-	0.69	0.69	0.50	0.56	0.23	0.31
	건설기계 차량운전원	보링												
		준설												
		건설기계	1.68	1.81	1.76	1.93	-	-	0.75	0.75	0.43	0.50	0.25	0.35
		일반기계												
	건축 목공	SEG 2	1.40	1.43	1.44	1.48	1.73	1.64	0.84	0.83	0.78	0.84	0.91	0.96
		형틀목공	1.19	1.29	1.20	1.32	1.52	1.85	0.79	0.82	0.72	0.76	0.75	0.78
		건축목공	1.65	1.59	1.72	1.66	2.12	1.90	0.85	0.84	0.75	0.79	1.09	1.17
		창호												
	건축마감 기능원	SEG 3	1.11	1.20	1.16	1.26	0.40	0.97	0.76	0.80	0.61	0.66	1.24	1.37
		코킹												
		타일	1.25	1.38	1.31	1.46	0.84	2.06	0.80	0.88	0.59	0.68	0.77	0.86
		도배												
	기계설비 설치장비원	유리												
		수장												
		SEG 4	1.49	1.47	1.54	1.52	2.64	2.36	1.18	1.16	0.88	0.88	0.72	0.65
		건축 기계설비												
	기타 건설 구조 기능원	보일러												
		플랜트 기계설비												
		일반 기계설비												
		SEG 5	1.23	1.45	1.22	1.48	-	-	0.77	0.79	0.82	0.95	-	-
유사 노출 직종군	철거	비계	1.18	1.40	1.18	1.45	-	-	0.69	0.69	0.85	0.96	-	-
		지붕												
		SEG 6	0.76	0.88	0.89	1.02	-	-	0.95	1.01	0.51	0.46	1.82	1.57
		철거												
	기타 건설, 채굴 기능원	SEG 7	1.92	1.54	1.99	1.56	-	-	1.12	0.99	0.84	0.73	1.56	1.45
		토공												
		포장												
		궤도												
	단열공	측량												
		발파												
		SEG 8	1.25	1.40	1.16	1.35	7.52	7.14	1.11	1.17	1.04	1.02	0.95	0.86
		보온												
	도장방수공	플랜트보온												
		SEG 9	1.55	1.27	1.62	1.32	1.90	1.65	0.90	0.84	0.70	0.64	0.65	0.62
		방수	1.87	1.40	1.95	1.42	1.75	1.16	0.89	0.81	0.67	0.56	0.43	0.48
		도장	1.26	1.18	1.32	1.22	2.00	2.06	0.89	0.87	0.70	0.69	0.84	0.74
유사 노출 직종군	배관공	SEG 10	1.09	1.25	1.09	1.28	4.53	4.85	0.74	0.79	0.74	0.82	1.00	1.05
		건축배관	1.07	1.24	1.08	1.28	3.56	3.92	0.75	0.80	0.69	0.77	1.05	1.11
		상하수도 배관												
		플랜트배관												
	용접원	덕트												
		플랜트덕트												
		SEG 11	0.84	1.01	0.88	1.10	-	-	0.86	0.88	0.52	0.64	-	-
		일반용접												
	전기전자 통신설비 설치	일반 특수용접												
		플랜트용접												
		플랜트 특수용접												
		SEG 12	1.13	1.26	1.16	1.31	2.07	2.47	0.71	0.77	0.72	0.84	0.99	1.07
유사 노출 직종군	배관공	플랜트 전기설비												
		플랜트 계측설비												
		송변전												
		배전												
		내선전기	1.09	1.22	1.11	1.27	2.01	2.27	0.72	0.78	0.73	0.82	0.97	1.08
유사 노출 직종군	배관공	외선전기												
		철도 신호제어												
		정보통신												

대상상병			악성종양											
			호흡기 및 흉곽내기관의 악성신생물		폐암		홍막 및 림프절의 종피종		림프조혈 및 관련 조직의 악성신생물		흑색종 및 기타 피부의 악성신생물		난소의 악성신생물	
구분	유사 노출 직종	60개 통합직종명	SIR	HR	SIR	HR	SIR	HR	SIR	HR	SIR	HR	SIR	HR
유사 노출 직종군	제관원	SEG 13	0.77	0.96	0.74	0.98	-	-	0.48	0.48	0.33	0.30	-	-
		제관												
		플랜트제관												
	조경발목원	SEG 14	2.07	1.24	2.12	1.23	4.55	2.63	0.95	0.81	1.12	0.96	0.61	0.41
		조경	2.01	1.21	2.07	1.20	4.65	2.71	0.97	0.83	1.17	0.99	0.64	0.44
		벌목부												
	철구조물 제작원	SEG 15	1.31	1.39	1.34	1.43	2.74	2.75	0.81	0.84	0.81	0.85	0.50	0.71
		철근	1.26	1.36	1.28	1.40	0.97	0.94	0.79	0.80	0.70	0.74	0.31	0.54
		판넬조립												
	콘크리트 / 석재 취급원	강구조	1.23	1.39	1.20	1.40	2.07	2.59	0.86	0.90	0.84	0.98	0.71	0.74
		SEG 16	1.42	1.39	1.46	1.44	1.45	1.23	0.86	0.86	0.67	0.72	0.79	0.81
		조적	1.39	1.40	1.39	1.40	1.18	1.01	0.86	0.87	0.62	0.68	0.73	0.70
	콘크리트 / 석재 취급원	미장	1.35	1.27	1.39	1.33	1.87	1.52	0.83	0.79	0.67	0.76	0.62	0.65
		견출												
		석공	1.59	1.50	1.66	1.55	3.98	3.51	0.87	0.90	0.65	0.65	1.19	1.47
	유해인자 유사 노출군	콘크리트												
		금속 흙 및 분진	1.18	1.31	1.20	1.35	3.30	3.41	0.79	0.83	0.77	0.83	0.86	1.01
		목분진	1.41	1.44	1.45	1.48	1.72	1.64	0.84	0.83	0.78	0.84	0.73	0.79
유사 노출군	유리규산(실리카)	유리규산(실리카)	1.48	1.42	1.54	1.48	2.11	1.75	0.84	0.83	0.65	0.70	0.85	0.89
		유기용제	1.55	1.27	1.62	1.31	1.95	1.69	0.87	0.81	0.70	0.64	0.64	0.61

III. 결론 및 정책제언

5개년 간 건설업 연구결과를 종합하여, 건설업 종사자의 업무 관련성이 높은 질환으로 악성종양(호흡기계 및 석면 관련 암), 호흡기질환(COPD, 간질성 폐질환, 진폐증, 석면폐증, 홍막판, 일부 직종(방수, 조경, 미장, 용접원)에서 천식), 근골격계질환(만성 퇴행성 질환), 손상 및 중독을 제안한다. 해당 상병들은 건설업 직종 전반에 걸쳐 공무원 대비 높은 발생을 보여 건설업 직종 전반에 대한 질병 발생 예방 및 유해요인 저감 대책이 필요하다. 또한 건설업의 유리규산 고농도 노출직종에서는 사르코이드증을 업무상 질환으로 고려하는 것이 필요하다고 제안한다. 이 외에도 도출된 건설업 직종별 건강영향 및 노출평가를 바탕으로 제도적 차원 및 현장 차원의 질병 발생 예방 및 중재의 개선책 도입을 제안한다.

현재 「건설근로자 고용개선에 관한 법률(건설근로자법)」 개정안이 통과되어 2021년 5월 27일부터 건설근로자 기능 등급제가 도입되어 시행되고 있다. 이로 인해 건설근로자공제회는 공제회 퇴직공제 DB(경력증명서) + 고용보험 DB의 근로 내역 등 개인식별번호를 통해 통합 데이터로 만들어서 개인별로 통합 건설 노출 경력을 산출하여 DB화시키고 있다.

이 연구에서 구축한 코호트는 국내 건설업 종사자 전체를 대표하는 국가적 통합 DB로써 현재는 플랜트, 정보통신공사 등 민간공사(100억 미만)는 제외되어 있으나 향후 고용보험 DB와 연계하여 코호트를 보완하고, 이를 활용해 후속연구를 진행하면 업무상질환 인정기준 확립 등 산재보상 및 질병 예방과 중재의 큰 틀을 구축할 수 있을 것으로 기대한다.

용어정의

건강영향

근로자 건강연구에서 건강영향은 직업적 노출로 인해 질환이 발생하거나 건강상태에 영향을 주었는지 파악하는 것

코호트

역학연구에서 코호트는 어떤 특성을 공유하는 집단을 말하며, 건설업 코호트는 건설업 종사 이력이 있는 근로자 집단으로 구성됨

표준화발생비(Standardized Incidence Ratio, SIR)

표준인구집단(또는 참고집단, reference population)의 질환 발생률을 기준으로 특정 인구집단의 질환 발생 ratio를 비교하는 것으로, 이 연구에서는 공무원을 표준인구집단으로 설정하여 나이, 성별, 관찰인년을 보정한 간접표준화법(indirect standardization)을 이용하여 SIR을 산출함

위험비(Hazard Ratio, HR)

공무원을 참고집단(reference population)으로 설정하여 노출 그룹, 성별, 나이를 변수로 한 다변량 Cox 회귀분석을 시행하여 산출함. 건설업 일용직들의 직종별 노출에 따른 질환 발병 위험도를 정성적으로 해석하기에 유용함

콕스 비례위험모형(Cox proportional hazard model)

시간(Time)-사건(Event) 데이터를 기반으로 예측모형을 만드는 생존분석 방법

프레일티 모형(Frailty model) 분석

프레일티 모형은 콕스 비례위험모형의 확장형으로 관측이 불가능한 변량 효과를 의미하는 프레일티를 고려함. 프레일티 모형 분석을 통해 산출한 위험률은 1 이상이면 수치가 클수록 질병 발생 위험률이 크다는 것을 의미함. 이 연구에서 프레일티 모형 분석은 60개 통합직종군을 공무원을 참고집단(reference population)으로 설정하여 위험률을 산출하였으며 나이, 성별, 관찰기간 등이 보정되지 않은 crude 값으로 해석에 유의해야 함(공무원 집단에 비해 건설업 집단은 남성 비율이 매우 높음). 이 분석 결과는 시각적으로 직 종별 상대적 질병 발생위험도를 파악하는데 유용함

COPD

만성 폐쇄성 폐질환(Chronic Obstructive Pulmonary Disease)

참고문헌

- 고용노동부. 산업재해현황 통계정보 보고서. 2017.
- 한국근로환경조사. 산업안전보건연구원. 2014.
- 2011-2016년 산업재해현황분석. 고용노동부. 2016.
- 김용규. 건설업 근로자 직종별 건강진단 방안연구. 산업안전보건연구원. 2008.
- 권영준. 건설업 근로자 업무상 질병 발생 특성. 안전보건 이슈리포트. 산업안전보건연구원. 2015.
- 김종은 외. 건설업 종사자 코호트 설계 및 타당성 연구. 산업안전보건연구원. 2017.
- 김세영 외. 건설업 종사자 코호트 구축. 산업안전보건연구원. 2018.
- 김세영 외. 건설업 종사자 코호트 연구. 산업안전보건연구원. 2019.
- 김세영 외. 건설업 종사자 코호트 연구 - 질환발병 추적 코호트 구축. 산업안전보건연구원. 2020
- 김세영 외. 건설업 종사자 코호트 구축 - 직무기반 질환 감시자료 구축. 산업안전보건연구원. 2020
- 심규범. 건설업 기초산업안전교육의 문제점과 개선방안. 한국건설산업연구원. 2012.
- 최석인. 건설안전사고 저감 대책의 문제점과 안전관리 체계의 개선 방향. 한국건설산업연구원. 2016.
- 김수원 외. 건설기능인 경력 산정 「통합 DB 모델 구축」 연구, 한국직업능력개발원. 2019
- 박현희 등. 건설업 직종별 노출 유해인자, 노출량, 노출분율에 관한 연구. 2020.
- 이상길 외. 빅데이터를 활용한 직업성질환 코호트 구축. 산업안전보건연구원. 2018.
- 이지혜 외. 유해물질 복합노출로 인한 건강영향에 대한 통계적 분석방법. 산업안전보건연구원. 2019
- 이상길 외. 빅데이터를 활용한 직업성 질환 코호트 운영. 산업안전보건연구원. 2019
- 김영기 외. 배치전 건강진단 개선방안-건설업 근로자를 중심으로. 산업안전보건연구원. 2019

잠수작업 사고사망 원인분석과 안전방안 마련 - 재해조사 의견서를 중심으로



연구책임자

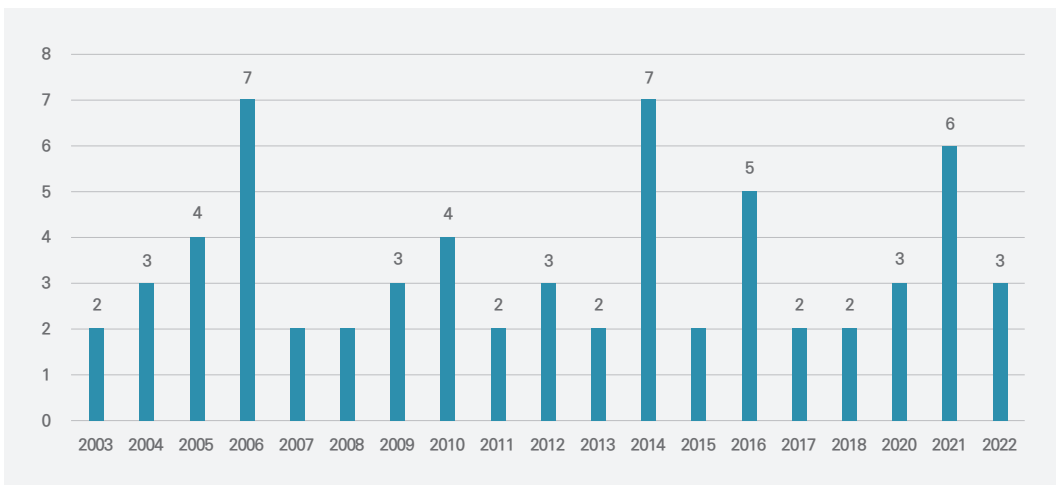
한국폴리텍대학 강준혁 교수

잠수작업의 위험성은 세월호 침몰과 구조과정에서 잠수작업자가 사망한 사건으로 사회적 관심의 대상이 된 바 있었다. 2003년부터 2022년 4월까지 잠수작업 중 사망한 사례에 관한 보고는 61건이었으므로 연평균 최소 3.1건의 재해가 발생하였다. 산업잠수의 재해 특성과 안전보건공단 중대재해조사상의 제한된 역할등으로 인하여 일부 재해조사 의견서는 재해원인과 유사한 재해의 재발방지를 위한 분석보다 법령 위반사항에 초점이 맞춰져 잠수작업 재해감소에 기여하지 못하는 경우도 있었다. 또한 재해원인을 법의학적 관점과 같은 “의사”로 추정하는 경우 의사에 이르게 한 원인이 드러나지 않기 때문에 재해 예방을 위한 조치를 마련하는 자료로 활용하기에 어려움이 있었다. 따라서, 이 연구에서는 재해조사 의견서를 발생형태가 아닌 발생원인별로 재해분석하여 위험요인과 대응방안을 제시함으로써 산업현장에서 유사작업 시 안전대책을 수립할 수 있도록 정보를 제공하고 제도개선(안)에 기여하고자 하였다.

I. 서론

2003년부터 2022년 4월까지 안전보건공단 DB에 등록된 재해조사 의견서 중 안전보건공단 재해조사 의견서 데이터베이스에서 “잠수”, “수중”, “의사”를 입력하여 추출한 재해사례 319건 중 중복사례를 제외한 잠수작업 관련 의견서는 61건(총 63명 사상)이었다. 연평균 약 3.1건의 재해가

발생하였으나, 잠수작업자에 대한 정확한 통계가 없어 사망만인율을 논하기에 어려움이 있었다. 다만, 2005년도 연구에서 추정한 국내 산업잠수분야 잠수작업자 1,040~1,380명을 모수로 하는 경우 사망만인율은 최소 22.4퍼밀리어드인 것으로 추정되었다.



[그림1] 2003~2022. 4. 잠수작업 재해조사 의견서 작성 건수

잠수작업 재해사례의 발생형태는 조사자별로 다소간의 차이를 보이거나 재분류한 결과, 익수·잠김 17건(27.9%), 끼임·감김 16건(26.2%),

산소결핍·질식·중독 13건(21.3%), 감압병·공기색전 4건(6.6%), 맞음·깎림 4건 (6.6%) 기타 2건(3.3%), 분류불능 5건(8.2%)으로 분류되었다.

II. 연구내용

발생한 사건의 연계를 추적하기에 알려지지 않은 사항이 많은 잠수작업 재해의 특성상 요인들간의 연계를 합리적 추정에 근거하는 Denoble 등¹⁾이 제안한 순차분석을 적용하여 재해조사 의견서의 재해사례 61건을 원인별로 분류하였다. 재해의 원인으로는 차압이 19건(31.1%)으로 가장 많았고, 공기 소진 6건(9.8%), 공기공급중단 4건(6.6%), 낙하물에 의한 충격, 미숙련,

의식상실 각 3건(4.9%), 테트라포드에 끼임, 급상승, 불충분한 감압, 호흡보호구 미착용 각 2건(3.3%), 회전체 감김, 마스크 파손, 호흡기체 오염, 수중 폭발, 낮은 수온, 질환(심근비후), 공구 파손, 계류 불량 각 1건(1.6%), 원인 불명 7건(11.5%) 순이었다. 발생형태와 발생원인을 교차분석하면 [표1]과 같다.

[표1] 국내 잠수작업 중대재해 발생형태별 재해원인(2003. 1. ~ 2022. 4.)

발생형태 발생원인	익수 잠김	끼임 감김	산소결핍 질식	공기색전 감압병	맞음 깎림	기타	분류불능	합계
차압	5	12	2					19
공기소진	1		5					6
공기공급중단	1		3					4
낙하물					3			3
미숙련	3							3
의식상실	2							3
TTP 끼임		2						2
급상승				2				2
불충분한 감압				2				2
호흡보호구 미착용	1		1					2
회전체 감김		1						1
마스크 파손		1						1
호흡기체 오염			1					1
수중 폭발						1		1
낮은 수온							1	1
질환(심근비후)						1		1
공구파손					1			1
계류불량	1							1
원인불명	3		1				3	7
합계	17	16	13	4	4	2	5	61

1) Denoble PJ, Caruso JL, Dear DL et al.

차압은 인접한 두 공간이 연결되었을 때 유체의 이동을 일으키는 압력의 차이를 뜻한다. 댐이나 저수지의 수문, 취수탑 수문, 사통 수문, 수로 갑문, 선박 추진기와 스러스터(thruster), 펌프 또는 사이펀(siphon)을 이용한 취수설비 등에서 차압으로 인한 재해가 발생할 수 있다.

막힌 수로를 개통할 경우 갑자기 발생하기도 하는 차압은 수심이 낮은 곳에서 그 위험성이 저평가되기도 하며, 도구 없이 맨눈으로 식별하기 어렵다. 차압이 발생한 곳에 작용하는 이론적인 힘은 포획된 공간의 단면적에 작용하는 압력과 같고, 포획 유속은 0.5m/s 또는 1knot 이상으로 알려져 있으며, 펌프와 같은 기계적 에너지가 작용하지 않는 취수구에서 0.5m/s 이상의 유속이 발생하는 위험거리는 아래의 식과 같이 구할 수 있다.

$$DZ = C \times \sqrt{\left(\frac{A \times \sqrt{2gH}}{\pi} \right)}$$

DZ: 위험거리(m)

C: 지형에 따른 가중치

A: 수문 개방 단면적(m²)

g: 중력가속도(9.8m/s)

H: 수위차(m)

불충분한 감압이란 고용노동부 고시 「고기압 작업에 관한 기준」(이하 “기준”) [별표 4] 공기 잠수작업의 기준에 따른 감압시간을 준수하지 않고 잠수작업을 종료한 것을 말한다. 공기잠수 후 충분히 감압하지 않을 때는 과포화된 질소가 잠수작업자를 병적 상태에 이르게 하는 감압병이 발생하는데, 장시간 감압을 하지 않아 발생한 폐감압병은 고압산소치료를 하더라도 사망에 이르는 질환으로 알려져 있으므로 주의가 필요하다. 1일 2회 이상 잠수작업 시 각 잠수 간 수면 위 또는

선박에서 대기한 시간이 10분 이상이고, 같은 기준 [별표 6] 잠수작업 수심 및 시간 산정방법 ‘그림 2’의 가장 긴 휴식시간을 초과하지 않을 때는 이전 잠수에서 흡수된 질소가 배출되지 않은 상태에서 행하는 잠수로써 질소의 잔류량을 감안하여 잠수작업 시간에 잔여 질소 시간(residual nitrogen time)을 더하여 [별표 4] 공기 잠수작업의 기준에 따라 감압하여야 한다. 1일 4회 잠수하여 조개를 채취하는 잠수기어업에 종사한 재해자들은 2회 이상의 잠수 후에도 1회차 잠수와 같거나 비슷한 시간 동안 감압하여 감압시간이 충분하지 못했던 것으로 판단된다.

잠수 유형별 재해유형에서 표면공급식 잠수 38건(49.2%), 스쿠버 잠수 14건(23.0%), 혼합기체 스쿠버 잠수(technical diving) 1건(1.6%), 숨참음 잠수 1건(1.6%), 잠수 유형이 기재되지 않은 잠수 7건(11.5%)이었다. 표면공급식 잠수 38건 중 중대재해 사례는 후카(hookah) 20건(52.6%), 전면마스크 12건(31.6%), 상세 불명 6건(15.8%)이었다.

[표2] 잠수 유형(diving mode) 및 호흡기 종류에 따른 재해 현황

잠수 유형		합계
표면공급식 잠수	후카(hookah)	20
	전면마스크	12
	상세 불명	6
스쿠버 잠수	압축공기	14
	혼합기체	1
숨참음 잠수		1
미기재		7
합계		61

공기압축기의 공기조에 스쿠버용 호흡기를 분무용 호스로 연결하여 사용하는 후카는 잠수작업을 보조하는 자가 잠수작업자의 작업 수심을 알 수 없어 적절한 감압계획을 수립하여 이행하기 어렵고, 통화장치를 사용하지 않음으로써 잠수작업자가 정상적인 호흡을 하는지 감시할 수 없다. 후카 잠수에 사용되는 분무용 호스는 상용압력이 통상 5MPa로 내압성은 충분하나 굽힘에 대한 저항(kink resistance)이 취약하여 잠수용 호스로

적합하지 않았다. 「산업안전보건기준에 관한 규칙」제547조제3항제2호에서 전면마스크를 사용할 때는 비상기체공급밸브, 역지밸브(non return valve) 등이 “달려 있는” 제품을 사용하도록 정하고 있으나, 해당 부품 없이 전면마스크를 단독으로 사용한 사례도 있었다.

잠수작업유형 및 비상기체통 착용에 따른 재해자 63명 중 착용자는 3명(4.8%)이었고, 미착용 38명(60.3%), 미기재 22명(34.9%)이었다.

[표3] 비상기체통 착용 여부에 따른 잠수유형별 재해자 수

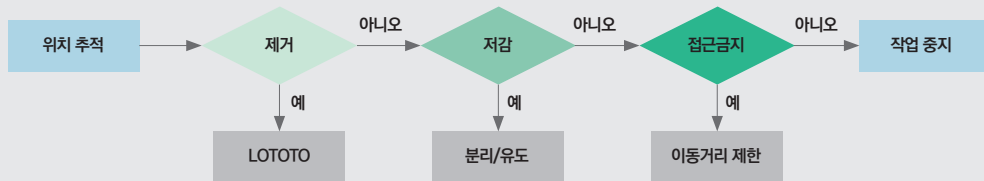
비상기체통	잠수유형	잠수장비/호흡기체	합계
착용	표면공급식	전면마스크	1
		후카	2
미착용	표면공급식	전면마스크	6
		후카	15
	스쿠버	압축공기	15
		혼합기체	1
	숨참음	-	1
미기재	표면공급식	전면마스크	5
		후카	3
		상세불명	7
	상세불명	-	7
합계			63

후카를 이용한 잠수작업자 21명 중 18명은 비상기체통을 착용하지 않는 것으로 나타났으며, 전면마스크를 사용한 작업자 13명 중 비상기체통 착용자는 1명이었다.

III. 결론 및 정책제언

압력차에 의해 발생한 중대재해 사례에서 잠수작업자들의 진술에 따르면, 차압에 의한 위험을 작업 의뢰인에게 전달하고 수문을 닫거나 수위차를 해소하는 등의 방법을 제안하여 위험을 줄이고자 하였으나 의뢰인이 이를 수용하지 않자 위험 저감조치 없이 작업을 수행하던 중 재해가 발생하였다. 관련 재해에서 잠수작업자는 위험요인을 인지하고 있었던 반면 작업을 의뢰한 사람은 해당 위험의 강도를 과소평가하는 경향이 있었다. 또한 차압의 위험을 알고 있는 잠수작업자는 차압을 제거하고자 요청한 밸브·수문잠금 등의 조치가 작업 의뢰인에 의해 거절되었을 때 차압 위험을 줄이기 위한 대안을 채택하지 않았는데, 차압을 제거할 수 없을 때 저감하거나 회피할 수 있는 대안 발굴이 필요하다. 또한 공사를 발주한 사업주가 잠수작업 종사자들의 안전보건을 관리할 수 있도록 안전보건관리자 교육과정에 잠수작업 위험요인 및 안전보건조치에 대한 교육이 필요한 것으로 판단된다.

해외 잠수업계에서 제안하고 있는 방안으로는 차압이 발생한 지점의 ①위치 추적, ②제거, ③저감, ④접근금지, ⑤작업 중지 등이 있으며, 각 단계별 조치 사항은 아래 그림과 같다.



전면마스크와 비상기체를 함께 착용한 때는 압축공기의 공급이 중단되었을 때 최소한의 동작으로 비상기체를 사용할 수 있도록 비상기체 공급밸브와 공기호스로 기체가 빠져나가는 것을 방지하기 위한 역지변(non return valve, check valve)이 함께 설치된 기체전환장치(gas switching block)를 함께 사용하여 잠수사의 익사 가능성을 예방하여야 한다.

수산업법 시행령에 따라 잠수기를 설치하여 정착성 수산동물을 채취하는 잠수기어업의 경우 공기압축기에 클러치를 사용하고, 수심 18미터를 이상인 지역에서 작업을 수행함에도 불구하고 전면마스크, 비상기체, 통화장치를 사용하지 않았으며, 감압절차 등을 준수하지 않았다. 주로 채취한 수산동물을 판매하기 위해 시간 내에 회항하거나 더 많은 수확량을 위해 감압시간을 희생하는 것으로 알려진 잠수기어업 분야는 잠수작업자의 작업량에 따라 소득이 결정되는 계약구조의 개선을 차치하더라도 클러치가 있는 공기압축기를 사용할 수밖에 없는 때는 ①공기압축기가 정지하였을 때 경보기가 동작하고 예비공기조의 압축공기를 자동으로 송기하는 잠수설비의 개발 및 보급, ②공기공급 중단 시 한 번의 조작으로 호흡을 할 수 있는 비상기체통 착용의 의무화, ③반복잠수의 한계를 인지하고 적절한 감압을 위한 표준감압절차의 정기교육 및 상당 기간의 계도가 필요한 것으로 사료된다. 또한 해당 조치의 실효성 향상을 위해 부처간 협의를 통하여 수산업법 시행령 별표 2의 잠수기어업 어구에 비상기체통 및 통화장치와 같은 안전장치를 보완할 수 있도록 조치할 필요가 있다.

OSH

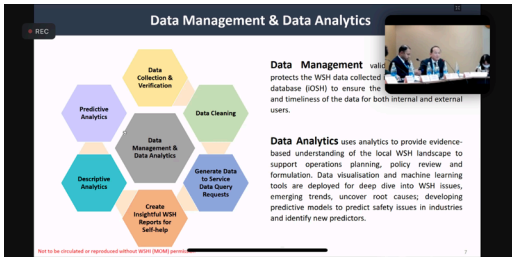
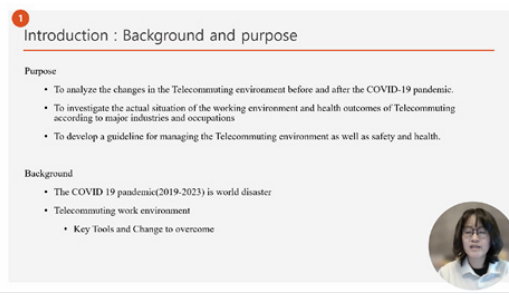
Ri:View

04

Now

- 01. AOSHRI 회의 참석
- 02. 제3회 '적극행정 유공 포상' 국무총리 표창 수상
- 03. K-사다리 시연회 개최
- 04. 농업인 안전 365 캠페인 동참

Now는 산업안전보건연구원
동정 및 현안을 전달합니다.



AOSHRI 회의 참석

AOSHRI 회의 참석

산업안전보건연구원(이하 연구원)은 지난 3월 15일부터 17일까지 태국에서 온라인으로 개최된 ‘아시아 산업안전보건연구원 협의체(AOSHRI) 회의’에 참석하였다. AOSHRI(Asia Occupational Safety and Health Research institute)는 아시아 국가의 직업안전보건 연구기관들의 협의체로 아시아 각국의 안전보건 연구동향을 공유하기 위한 플랫폼이다.

올해는 8개의 세션으로 회의가 구성되었으며, 김은아 연구원장은 가장 첫 번째 세션인 ‘직업건강 및 환경의 미래 : 혁신과 실험’의 기조연설을 진행하였다. ‘산업재해의 근본적인 해결책을 위한 패러다임 전환’을 주제로 한국의 산재감소 정책의 변화와 노력, 특수형태근로자의 이슈 등에 대한 내용을 담았다.

회의에서는 코로나19라는 팬데믹 시기 이후의 산업보건적 도전과제들에 대한 관심도 높았다. 연구원에서는 직업건강연구실 이유진 연구위원이 ‘건강한 재택 근무환경 조성을 위한 가이드 개발’ 연구과제를 주제로 세계의 재택근무 경향을 진단하고 가이드 개발을 위한 물리적, 심리학적 요소들을 살펴보았다.

산업안전보건연구원은 활발한 국제회의 참석을 통하여 국제동향을 파악하고 연구성공과를 공유하며 산업보건분야의 화두를 제안할 수 있도록 노력해나갈 예정이다.



‘국무총리 표창’을 수상한 황종문 연구위원

제3회 ‘적극행정 유공 포상’ 국무총리 표창 수상

한 해 동안 전문성과 창의성을 바탕으로 적극적으로 업무를 처리하여 우수한 성과를 창출한 직원에게 수여되는 ‘적극행정 유공포상’에서 산업안전보건연구원 산업안전연구실의 황종문 연구위원이 국무총리 표창을 수상하였다.

행정안전부와 인사혁신처가 공동 주관한 ‘제3회 적극행정 유공포상’은 적극적이고 책임감있게 일하는 공직사회 구현을 위하여 적극 행정을 통해 성과를 창출한 직원을 선발하여 포상하는 제도로 2021년 시작되었다. 황종문 연구위원은 산업현장의 추락사고 사망자 감소를 위해 위험요인을 원천적으로 제거할 수 있는 안전 신기술을 공공·민간·스타트업업과 함께 개발하는 성과를 냈다. 그 과정에서 특허기술을 기술이전함으로써 민간시장 활성화 및 산업현장 추락사고 사망자 감소에 기여한 공로를 인정받았다.

특히, K-사다리(한국형 안전 사다리)는 매년 발생하는 사다리 작업자 사망사고 예방을 위하여 A사다리를 대체할 수 있는 혁신적인 제품으로 하반기부터 사고가 집중되는 중·소규모 사업장에 적극적으로 보급을 추진할 예정이다.



K-사다리(한국형 안전 사다리) 시연회 개최

K-사다리 시연회 개최

산업안전보건연구원(이하 연구원)은 사고위험이 높은 기존 A형 사다리의 대체품으로 개발한 K-사다리(한국형 안전 사다리)의 시연회를 4월 27일 개최하였다. 이번 시연회는 K-사다리를 홍보하는 동시에 사고예방을 위한 공공 영역의 사회적 책임 의식을 공유하고 안전문화 의식을 확산시키기 위해 마련된 자리로 한국토지주택공사 등 17개 공공기관의 안전보건 업무 관계자들이 참석하였다.

시연회에서 소개된 K-사다리는 한국형 안전사다리로 지난해 개발완료된 연구결과물이다. 이동식 사다리 작업 중 발생하는 사망사고 예방을 위해 A사다리의 대체품으로 개발되었으며, 바닥의 지형과 지물에 맞추어 자동으로 고정되는 능동형 아웃트리거를 갖추고 있어 전도사고 예방에 특화되어 있다. 또한, 경량화를 극대화시킨 단일형 제품과 다양한 높이에서 작업을 할 수 있도록 적용성을 향상시킨 조절형 제품의 두 종류로 개발되었다.

시연회에서는 K-사다리의 구조와 특징, 설치·해체, 보관 및 이동방법 등을 소개하여 K-사다리의 우수성을 알리고 참석자들의 제품에 대한 이해도를 높일 수 있도록 하였다. 더불어 발주공사 안전관리 모범사례를 소개하여 산재 예방에 대한 공공영역의 중요성을 강조하는 시간을 가졌다.



농업인 안전 365 캠페인

농업인 안전 365 캠페인 동참

산업안전보건연구원(이하 연구원)이 '농업인 안전 365 캠페인'에 동참했다. 이 캠페인은 농촌진흥청 주관으로 농작업 안전사고 발생을 줄이고 이에 대한 경각심을 심어주기 위해 시작되었으며, 다양한 분야의 참여자가 농작업 안전수칙 지키기 실천을 다짐하는 영상을 SNS에 올리고 다음 참여자를 지목하는 방식이다. 연구원은 대한직업환경의학회(강동욱 회장)의 지명으로 뜻깊은 릴레이 캠페인에 참여하게 되었다.

연구원은 안전하고 건강한 농업환경 조성을 위하여 근골격계질환 예방법 실천을 제안하였다. 근골격계질환이란 무리한 힘을 사용, 반복적인 동작, 부적절한 작업 자세 등의 요인으로 인해 근육과 신경, 인대관절 등의 조직이 손상되어서 신체에 나타나는 건강장애이다. 2022년 농업인 질병 종류별 조사에 따르면 근골격계질환이 5.2%로 가장 큰 비중을 차지하기도 했다. 근골격계질환을 예방하기 위해서는 중량물 취급 시 허리를 편 상태에서 다리 힘으로 물건을 들어올리고 운반 시에는 바퀴가 달린 기구를 사용해야 한다. 또한, 허리를 구부리거나 쪼그려 앉는 작업 자세는 가급적 지양하도록 해야 한다.

김은아 원장은 “농업인들의 작업 특성상 근골격계 질환이 많이 발생하는 만큼 작업중 규칙적인 휴식, 작업 전·후 적절한 스트레칭은 필수적이다”라며 “안전하고 건강한 농업환경을 만들어 나가기 위한 안전문화 확산을 위하여 연구원이 함께 하겠다”고 밝혔다.



※ 좌측의 QR코드를 통해
캠페인 추진 내용을 확인하실 수 있습니다.

안전한 하부 작업발판에서 상부의 안전난간 설치가 가능한 선행안전난간대 개발

최근 5년간('18~'22) 건설현장의 강관 및 시스템비계 관련 사고사망자는 총 116명으로 추락에서 87.1%(101건) 발생, 그 중 안전난간이 원인으로 76.2%(77명), 비계 설치·해체 시 27.7%(28명) 발생하는 등 비계의 안전한 설치와 해체가 중요한 시점입니다. 이처럼 건설현장 재해 예방의 핵심인 안전난간이 현장에서 좀 더 안전하게 쓰일 수 있도록, 산업안전보건연구원(이하 연구원)에서는 연구개발을 지속 해왔으며 '보조수직재 결합형 수평 선행안전난간대(이하 선행안전난간대)' 개발에 성공하였습니다.

비계는 건축공사 시 높은 곳에서 일할 수 있도록 설치하는 임시시설물입니다. 건설현장에서는 외부 비계로 주로 강관비계와 시스템비계를 사용하고 있습니다. 강관비계의 경우 작업 발판이나 안전난간을 미흡하게 설치하여 추락사고가 발생합니다. 이에 건설 현장의 추락사고 예방을 위하여 고용노동부와 안전보건공단(연구원)에서는 현장에서 시스템비계를 사용할 수 있도록 여러 정책 및 연구를 펼치고 있습니다. 그러나 시스템비계를 통해 안전시설 설치상태가 개선되었지만 비계를 설치하거나 해체할 때 여전히 추락위험이 존재합니다. 안전난간이 없는 상태에서 안전난간을 설치해야했기 때문입니다.



시스템비계 설치작업자(①, ②) 추락 위험



시스템비계 설치작업자(①, ②) 추락 위험

따라서 연구원에서는 건설현장의 비계 설치 및 해체 시 문제점을 해결하기 위하여 '선행안전난간대'를 개발하였습니다. 선행안전난간대는 안전난간대가 설치된 하부 작업발판에서 상부의 작업발판에 안전난간을 미리 설치할 수 있는 기술이 반영되었습니다. 위로 올라가기 전에 안전난간을 미리 설치할 수 있어, 항상 안전난간이 설치된 상태에서 작업 가능하다는 점이 장점입니다. 이 기술은 국내 최초로 연구원에서 특허를 출원하여 등록되었으며, 제작된 선행안전난간대가 안전인증을 취득했습니다. 또한 기술이전을 통해 건설현장의 사망사고 감축에 기여하고 '선행안전난간대'의 보급을 활성화하기 위해 노력하고 있습니다.

선행안전난간대 설치방법



1. 하부작업발판에서 보조수직재를 상부에 설치합니다.



2. 안전난간대 2본을 연결합니다.



3. 보조수직재를 안전난간대에 연결합니다.



4. 안전난간대가 연결된 보조수직재를 상부에 설치합니다.

숏인터뷰(산업안전보건연구원 박주동 연구위원)



산업안전보건연구원
박주동연구위원

건설현장에서 선행안전난간대 사용을 활성화하기 위해서는 발주단계에서 설계도서에 반영할 필요가 있습니다. 그리고 공공공사와 대형공사 현장부터 시범 적용하여 중소규모 현장으로 점차 확대될 수 있도록 유도할 필요가 있습니다. 선행안전난간대는 산업안전보건관리비로 집행할 수 있으니 적극적으로 활용하시기 바랍니다.

기술허여업체

DHK 기술산업(주) | 이메일 : vorxh@hanmail.net

(주)광덕스틸 | 연락처 : 055-345-1045
이메일 : gdst4755@daum.net

(주)진아스틸 | 연락처 : 033-522-2842
이메일 : jina31723@naver.com

MEMO