JESK J Ergon Soc Korea 2025; 44(5): 571-590
https://dx.doi.org/10.5143/JESK.2025.44.5.571
https://jesk.or.kr eISSN:2093-8462

Aged Society, Occupational Safety and Health, and Work Sustainability: Current Issues and Future Directions

Byung Yong Jeong

Industrial and Systems Engineering, Hansung University, Seoul 02876

고령사회, 안전보건과 일의 지속 가능성: 현재 이슈와 미래 방향

정 병 용

한성대학교 산업시스템공학부

Corresponding Author
Byung Yong Jeong
Industrial and Systems Engineering,
Hansung University, Seoul 02876
Email : byjeong@hansung.ac.kr

Received : July 02, 2025
Revised : July 09, 2025
Accepted : August 31, 2025

Copyright@2025 by The Human Factors & Ergonomics Society of Korea. All right reserved.

Objective: The purpose of this paper is to summarize research trends related to older workers in an aging society and to explore future directions for worker safety and health.

Background: Countries worldwide face pressure to effectively manage their aging populations; however, there has been a lack of systematic reviews on workforce and safety and health issues in aging societies.

Method: A total of 107 articles related to the research purpose were selected after reviewing the titles, abstracts, and contents from articles retrieved through a search of the Web of Science, Google, and DBpia databases, and then classified by subject.

Results: The characteristics of the aged society selected through a review of related literature were divided into the aged society and workers, and occupational safety and health. In the aged society and workers field, the areas were divided into human ageing and older workers, ageism and gender inequity, decent work and precarious work, and physical and psychological health problems. In the occupational safety and health field, areas of focus include work sustainability, age-friendly workplaces, and operators in the era of Industry 4.0/5.0.

Conclusion: To help older workers work sustainably, companies must modify work conditions and address human rights issues to support their reduced physical abilities. Additionally, there needs to be stronger and more effective collaboration among the private sector, public agencies, and society as a whole.

Application: This study summarizes the characteristics of older workers in terms of safety and health, and serves as a basic data source for developing safety and health policies for workers in the aged society.

Keywords: Older worker, Sustainable work, Flexible working, Age-friendly workplace, Industry 5.0

1. Introduction

전 세계적으로 노인의 수는 기대 수명이 증가하고 출산율이 감소함에 따라 증가하고 있다. 2020년에는 65세 이상 인구가 7억 7,200만 명에 이르고, 65세 이상 전 세계 인구의 비율은 2020년 9.3%에서 2050년에는 16.0%로 증가 할 것으로 예상된다(UN, 2020). 전체 인구 중 65세 이상 인구의 비율이 전체 인구의 14% 이상에 도달하면 고령사회, 7~14%를 차지하면 고령화, 전체의 7% 미만인 경우 고령화 되지 않은 사회로 분류된다(JICA, 2006). 2020년에 54개 국가가 고령사회로 분류되며 이들은 대부분이 선진국에 해당되는 반면, 42개 국가는 고령화 사회로 분류되며 주로 신흥개발국가로 분류되고 있다(ILO, 2020).

전 세계 국가들은 고령화 인구를 효과적으로 관리해야 한다는 압력에 직면 해 있다. 많은 국가에서 평균 은퇴 연령이 점차 증가 할 것이며(UN, 2020), 노년층에 더 나은 인센티브와 더 쉽게 일할 수 있는 옵션을 제공하는 것은 지속적인 경제 성장을 보장하는 데 중요할 수 있다(Husic et al., 2020). 무엇보다도 인구 고령화의 경제적 부담을 완화하기 위한 정책이 필요하다. 고령화 인구의 증가는 노동력 감소와 높은 사회적 비용 등 다양한 경제적 문제를 야기한다. 산업안전 및 건강은 의학, 경제, 예술, 공학 및 정치와 같은 분야를 포함하여 학제간 노력이 필요하다. 사회적 차별을 방지하고 건강한 일과 적극적인 노화를 촉진하기 위하여 이들 모든 영역이 함께 협력하여야 한다. 활동적인 노화는 모든 연령대의 자율적 작업 스타일에 적합한 조건을 만들기 위한 공동 노력과 밀접한 관련이 있다. 직장은 고령 근로자의 부정적인 요인보다는 고령화의 긍정적인 측면을 지원하는 데 더 집중해야 한다. 세계의 많은 국가에서 건강하고 활동적인 삶을 연장하고 노동 인구를 유지하는 것이 중요한 정책 문제이다(ILO, 2020). 지금까지 고령사회에 관한 많은 논의가 있었지만, 고령사회에서의 직장의 노동력과 직업적 안전보건문제에 관한 체계적인 검토는 부족하였다. 최근 각 분야에서 많은 문헌고찰 논문이 게재됨에 따라, 저자가 어떤 접근 방식의 문헌고찰 방식을 선택하고 기존 문헌을 바탕으로 발전방향을 제시하는 것은 중요한 이슈이며(Post et al., 2020), 문헌고찰 유형을 선택하는 것은 기본 가정, 맥락과 검토자의 경험 및 전문성에 따라 달라질 수 있다.

문헌 검토는 기존 연구를 체계적으로 수집하고 종합하는 방법이다(Snyder, 2019). 문헌고찰의 방법은 크게 체계적 문헌고찰법(systematic literature review)과 통합적 고찰법(integrative review)으로 나눌 수 있다(Cho, 2022). 통합적 문헌 검토는 주제에 대한 대표적 문헌을 통합적인 방식으로 검토하고 종합하여 주제에 대한 새로운 틀과 관점을 생성하며(Torraco, 2005), 광범위한 주제를 포괄하며, 여러 출처를 검색하여 학제적 접근을 목표로 한다. 통합적 문헌 검토는 Torraco (2005)에 의해 도입되었으며, 인력관련 분야에서 가장 일반적인 검토 유형이다. 체계적 문헌 검토는 체계적이고, 포괄적이며, 투명하고, 재현 가능하다는 특징이 있으며, 잘 수행된 연구에 적용되는 것과 동일한 수준의 엄격성을 문헌 검토 프로세스에 적용한다는 것을 의미한다(Siddaway et al., 2019). 체계적 문헌 검토에는 질적 및 양적의 두 가지 접근 방식이 있으며, 메타분석이라고도 불리는 양적 체계적 고찰은 PRISMA 지침을 사용하여 고찰자가 고찰을 수행한 이유, 저자가 수행한 작업 및 발견한 내용을 투명하게 보고할 수 있도록 지원한다(Page et al., 2021). 하지만, 메타분석은 일련의 통계 기법을 사용하여 과학적 연구의 결과를 종합하는 특성으로 인해 주제의 범위가 일반적으로 좁게 정의되는 한계가 있다. 반면, 질적 접근 방식은 여전히 검토 과정에서 내재된 편향과 주관성의 가능성을 피할 수 없다(Siddaway et al., 2019).

고령사회에서 직장의 고령 노동력으로 제기되는 이슈와 안전보건문제에 관한 문제는 광범위한 주제를 포괄하며, 학제적 접근이 필요하다. 따라서, 본 연구는 통합적 문헌 검토 방식에 의하여, 고령사회 관련 고령화와 노동력에 관한 연구를 요약하고자 한다. 또한, 직장에서의 고령사회의 노동력과 안전보건문제를 검토하고, 향후 방향과 해결책을 모색하고자 한다.

2. Method

2.1 Data collection

본 연구에서는 통합적 문헌 검토 방식에 의하여 고령사회의 특징과 안전보건문제를 요약하고, 발전방향을 모색하기 위하여 문헌 검색을 하였다. 문헌 검색을 위한 전자 데이터베이스는 Web of Science, Google, DBpia 데이터베이스를 사용하였다. 검색어는 'ageing', 'older workers', 'ageism', 'gender inequity', 'decent work', 'precarious work', 'health problem', 'work sustainability', 'age-friendly workplace', 'universal design', 'flexible working', 'industry 4.0', 'industry 5.0'을 이용하였다. 검색 결과의 논문을 살펴보고 Aged society and workers와 Occupational safety and health in the aged society와 관련 연구를 선별하여 논문을 검토하였다.

2.2 Data analysis

Table 1은 통합적 문헌 검토 방식에 의하여 저자가 정리한 문헌 검색의 영역분류에 따른 논문의 분류내용을 나타낸다. 본 연구에서는 관련 문헌 검토를 통해 선별된 고령사회의 특징을 Aged society and workers와 Occupational safety and health in the aged society로 나누어 분류하였다. 검색 전략에 따른 데이터베이스 검색을 통해 도출된 전체 논문을 대상으로 문헌 제목, 초록, 내용 검토를 통해 학제적 접근을 통해 연구 목적과 관련이 있는 총 107의 문헌을 선정하여 주제별로 분류한 결과, Aged society and workers 분야에서는 Human ageing and older workers, Ageism and gender inequity, Decent work and precarious work, Physical and psychological health problems으로 나누어 영역을 나누었으며, Occupational safety and health in the aged society 분야에서는 Work sustainability, Age-friendly workplace, Operator in the era of Industry 4.0/5.0으로 영역을 나누어 분류하였다. Table 1에서 보면 Human ageing and older workers 영역은 14편, Ageism and gender inequity 영역은 13편, Decent work and precarious work 영역은 14편, Physical and psychological health problems 영역은 16편, Work sustainability 영역은 18편, Age-friendly workplace 영역은 17편, Operator in the era of Industry 4.0/5.0 영역은 18편으로 구성되어 있음을 볼 수 있다. 107편의 논문 중에서 3편은 영역에 중복분류 된 것으로 나타났다.

Table 1. Results of the literature survey and classification of references by topic

Category	Topic	References	N
Aged society and workers	Human ageing and older workers	Converso et al., 2018; Driscu et al., 2017; Elder and Kring, 2016; European Parliament, 2021; Husic et al., 2020; ILO, 2020; JICA, 2006; Marchiondo et al., 2019; Moher et al., 2009; Saito, 2006; Smith et al., 2018; UN, 2020; Yeung and Yang, 2020; Young et al., 2009	14
	Ageism and gender inequity	Ayalon and Tesch-Romer, 2017; Bongaarts and Zimmer, 2002; Carral and Alcover, 2019; Dhanani et al., 2017; Fekedulegn et al., 2019; Harris et al., 2018; Hooftman et al., 2009; Jeong and Shin, 2014; Marques et al., 2020; Messing et al., 2000; Officer and de la Fuente-Núñez, 2018; Oró-Piqueras and Marques, 2017; Taylor et al., 2019	13
	Decent work and precarious work	Benach et al., 2014; Blustein et al., 2016; Burgard and Lin, 2013; Ferraro et al., 2018; Frey and MacNaughton, 2016; ILO, 2003; ILO, 2019; Jetha et al., 2020; Kim and Jeong, 2020; Lee et al., 2018; Lewchuk, 2017; Rantanen et al., 2020; Tompa et al., 2007; WHO, 1995	14
	Physical and psychological health problems	Balfour and Kaplan, 2002; Beard et al., 2009; B´eguin and Duarte, 2017; Berke et al., 2007; European Commission, 2020; Fujiwara et al., 2016; Mezuk and Rebok, 2008; OECD, 2019; Park, 2018; Thomese and Tilburg, 2000; Tomioka et al., 2018; Welsh et al., 2016; WHO, 2024; WHO, 2017; Yen and Anderson, 2012; Zhang et al., 2015	16
Occupational safety and health in the aged society	Work sustainability	Biggeri et al., 2019; Bratianu and Bejinaru, 2020; Dias et al., 2025; Díaz-Chao et al., 2016; Eurofound, 2015; Eurofound, 2017; Fonseca et al., 2020; Gálvez et al., 2020; Garthe and Hasselhorn, 2021; Gyllensten et al., 2020; Huysse-Gaytandjieva et al., 2013; Littig, 2018; Pavania and Ganugi, 2024; Pedersen et al., 2020; Schoolman et al., 2012; Tonia, 2020; United Nations Brundtland Report, 1987; Vogt and Weber, 2019	18
	Age-friendly workplace	Baik et al., 2014; Baek and Jeong, 2021; Center for Universal Design, 1997; CIPD and TUC, 2011; Government of Western Australia, 2010; Jeong and Shin, 2014; Kim and Jeong, 2020; Mace, 1985; Patrick and Kumar, 2012; Poscia et al., 2016; Seike, 2016; Silverstein, 2008; Sippli et al., 2021; Varianou-Mikellidou et al., 2019; WHO, 2007; WHO, 2017; WHO, 2018	17

Table 1. Results of the literature survey and classification of references by topic (Continued)

Category	Topic	References	N
Occupational safety and health in the aged society	Operator in the era of industry 4.0/5.0	Bispo and Amara, 2024; Coronado et al., 2022; Faccio et al., 2023; Frank et al., 2019; Kadir and Broberg, 2021; Longo et al., 2020; Lu, 2017; Mattsson et al., 2020; Ordieres-Meré et al., 2023; Osterrieder et al., 2020; Romero et al., 2016; Romero et al., 2020; Sylla et al., 2014; Tortorella et al., 2023; Trstenjak et al., 2025; Xu et al., 2021; Zolotová et al., 2020; Zorzenon et al., 2022	18

3. Aged Society and Workers

3.1 Human ageing and older workers

고령화의 인구 통계학적 변화는 건강에 문제가 있는 근로자 수가 증가하고, 일할 수 있는 능력이 감소 함을 의미한다. 근로자가 나이가 들면 신체적, 생리적, 심리적 능력이 변화한다. 고령 근로자의 건강을 유지하는 것이 노동 정책의 핵심 목표이다(European Parliament, 2021). 노화에 대처하는 방법에 대한 몇 가지 이론이 있다. 분리 이론은 고령자들이 사회적 역할과 대인 관계에서 물러나는 경향이 있다고 설명한다. 활동 이론에 따르면 노인들은 활동 수준을 유지하기 위해 잃어버린 역할을 새로운 역할로 대체하는 경향이 있다. 연속성 이론은 나이가 들어감에 따라 습관과 일과를 계속 보존하지만 여전히 심리적 능력의 변화, 새로운 상황 및 삶의 경험에 적응하기를 원한다고 설명한다(Moher et al., 2009).

성공적인 노화는 생리적 측면(질병 없음), 심리적 측면(정서적 활력), 사회학적 측면(삶과의 관계)으로 해석 될 수 있다(Converso et al., 2018). 노인의 신체적, 정신적 건강에 따라 노인과 관련된 고민이나 이슈가 다를 수 있다. 신체적으로나 정신적으로 건강하지 않은 '의료가 필요한 노인'의 경우에는 요양 시설이나 치료 시설이 도움이 될 수 있다(Driscu et al., 2017). 반면 '정신적으로 건강하지 않은 노인'과 '신체적으로 건강하지 않은 노인'의 경우에는 건강 문제를 극복 할 수 있는 신체 기능 보조 장비가 중요한 이슈가 될 것이다(Driscu et al., 2017). 반면, 신체적, 정신적으로 건강한 노인의 경우에는 건강하고 활동적인 삶을 연장하고, 노동력을 유지하기 위해 재취업이나 보수 교육과 같은 정책적 고려가 필요하다. 또한 고령 근로자가 안전하고 효율적으로 일할 수 있도록 근로 환경, 근로 유형, 근로 시간 등 안전 보건 이슈가 중요한 관심사가 될 것이다(Young et al., 2009).

노인들은 변화에 적응할 수 있다. 노화는 신체적, 사회적 환경의 영향을 많이 받는다. 따라서 노인의 존재를 지원하기 위해 열려있는 활동적인 지역 사회 참여의 영향을 인식하는 것이 중요하다(Moher et al., 2009). 노년층으로 일하는 추세는 수명 연장, 퇴직 연령 증가, 건강 개선, 재정적 필요성 등 여러 요인으로 인한 세계적인 현상이다. 많은 노인들은 직장에서 노인을 수용하려는 환경을 경험하지 못하는 경우가 흔하다. 고령 근로자에 대한 부정적인 고정 관념은 창의력이 부족하고, 성과가 나쁘고, 변화에 저항하고, 투자 효율이 낮고, 배우고 적응할 능력이나 의지가 적은 것으로 해석되기 때문이다(Marchiondo et al., 2019).

3.2 Ageism and gender inequity

직장 차별은 원칙에 따라 다르며, 일반적으로 인종, 성별 또는 연령과 같은 특정 사회 집단의 구성원이나 개인적 특성에 기반한 불공정 한 조건 또는 부정적인 대우로 특징 지어진다(Dhanani et al., 2017). 연령 차별은 일반적으로 늙었기 때문에 '사람에 대한 체계적인 고정 관념과 차별의 과정'을 지칭하는 데 사용된다(Harris et al., 2018). 연령 차별은 신체적 또는 기능적 건강 저하, 정신 건강 저하 및 음주 문제, 심리적 복지 저하, 심리적 고통 증가와 같은 고령 근로자의 건강 악화와 관련이 있다(Carral and Alcover, 2019). 연령에 따른 차별은 고령 근로자가 변화를 수용하려는 의지와 역량 수준에 대한 고정 관념에서 비롯 될 수 있으며, 이는 고용, 승진, 훈련 또는 기타 연령으로 인한 기회 확대를 꺼리는 것으로 나타날 수 있다(Fekedulegn et al., 2019). 건강과 기대 수명의 사회 경제적 불평등뿐만 아니라 열악한 건강과 노동력 감소는 근로 수명을 연장하는데 장애요인으로 여겨진다. 연령에 따른 차별은 가장 일반적인 형태의 차별로, 고령화, 선입견, 고령 근로자 자신의 전반적인 인식에 대한 부정적인 이미지에서 비롯된다(Taylor et al., 2019).

연령 차별은 인지적(예: 고정 관념), 반응적(예: 편견), 행동적(예: 차별)의 세 가지 차원을 포괄하는 다각적인 개념이다. 연령 차별은 미시적 수준(개인), 중간 수준(소셜 네트워크) 및 거시적 수준(조직 및 문화)의 세 가지 수준으로 표현된다(Marques et al., 2020). 연령 차별은 활동적인 노화에 대한 주요 위협 중 하나이며 개인에서 제도적, 문화적 수준에 이르기까지 다양한 영역에서 나타난다(Ayalon and Tesch-Romer, 2017). 연령 차별 문제 해결은 정책 입안자들에게 우선 순위가 되어야 하며, 연령 차별 퇴치 캠페인은 반드시 다양한 수준과 영역에 걸친 요인을 고려해야 한다(Officer and de la Fuente-Núñez, 2018). 노인과의 접촉 그 자체만으로도 연령 차별을 줄이기에 충분하다는 것이 일반적으로 받아 들여지고 있으며, 세대 간 접촉을 자극함으로써 연령 차별을 줄일 수 있다(Oró-Piqueras and Marques, 2017). 사회가 경제적으로 발전함에 따라 연령 차별이 감소 할 것이라고 가정하는 것은 합리적이다(Marques et al., 2020).

노인의 생활 방식은 경제적 복지뿐만 아니라 신체적, 심리적 건강 및 삶의 만족도와 관련이 있다(Smith et al., 2018). 혼자 사는 노인은 배우자나 가족과 함께 사는 노인보다 사망 위험이 더 높다(UN, 2020). 노인을 위한 생활 방식과 가족 지원은 특히 인구 고령화 단계의 국가에서 점점 더 중요한 정책 관심사가 되었다. 노인의 생활 방식, 사회 경제적 지위, 건강 및 웰빙 간의 상호 연결을 이해하는 것은 특히 지속 가능한 개발을 위한 2030 의제(Husic et al., 2020)와 관련이 있다. 인구 고령화는 전 세계에서 일어나고 있는 광범위한 사회 경제적 변화와 함께 발생하고 있다(Smith et al., 2018). 사회가 산업화되고 도시화됨에 따라 가족의 규모는 감소하며, 나이든 여성은 나이든 남성보다 혼자 살 가능성이 더 크다(Bongaarts and Zimmer, 2002). 혼자 사는 노인들 사이에서 여성은 삶에 대한 만족도가 낮다고 보고하는데, 사회 경제적 지위와 웰빙 측면에서 상대적으로 불리한 점 때문일 수 있다(UN, 2020).

여성의 직업 건강 문제는 생물학적으로 발생하는 것이 아니라 직장이 다양성을 인식하고 수용하지 못하기 때문에 발생한다(Messing et al., 2000). 동일한 위험 요인에 유사한 노출은 신체적 또는 심리적 요인의 차이로 인해 남성보다 여성에게 더 큰 영향을 미칠 수 있다(Hooftman et al., 2009). 그러나 여성의 신체적 능력은 전통적으로 남성에게 할당 된 직업에 덜 적합하도록 고려되었다(Messing et al., 2000). 그러나, 여성 근로자의 수가 증가함에 따라 모든 근로자가 쉽고 편안해야 한다는 패러다임을 고려하는 것이 중요하다(Jeong and Shin, 2014).

3.3 Decent work and precarious work

노동력은 세계화, 특히 직업 건강에 대한 사회적 영향은 보편적으로 긍정적이지 않다. 세계화는 번영과 불평등을 가져 왔고 집단적 사회적 책임의 한계를 시험하고 있다(Ferraro et al., 2018). 국제 노동 기구(ILO)는 고용과 노동의 불평등을 해결하기 위해 양질의 일자리 개념을 도입했다. 양질의 일자리(Decent Work)는 작업의 원칙과 가치, '근무 시간 및 작업량', '실현 및 생산적 작업', '의미있는 보상', '기회', '건강 및 안전'의 7가지 차원으로 구성된다(Ferraro et al., 2018). 모든 사람은 차별없이 동일한 노동에 대해 동일한 임금을 받을 권리가 있다. 인간 존엄성과 복지의 핵심인 일자리의 중요성에 따라, 양질의 일자리의 개념은 UN에 의해 채택되었다(Rantanen et al., 2020). UN 선언과 마찬가지로 ILO는 일하기를 원하는 모든 사람의 근로 가능성, 직장 근로자의 기본 권리, 안전하고 생계 가능한 소득을 제공할 수 있는 근로 조건의 중요성을 강조하였다(Frey and MacNaughton, 2016).

근로 시장에서 다운 사이징과 아웃소싱과 같이 기업 구조가 일반화되었으며, 시간제나 임시직과 같이 근로 계약으로 세분화되었다. 근로자 유연성이 증가하고 고령 근로자의 참여가 증가함에 따라 임시 및 시간제 근로자의 수가 증가하고 있다. 이들은 주로 아웃소싱 위험으로 인해 고위험 업무에 종사하고 있어, 정규직보다 더 많은 위험에 노출되어 있다. 따라서 차별을 없애고 안전을 보장하기 위해서는 이들의 특성과 요구 사항을 배려한 정책과 설계가 필요하다. 안전하고 건강한 근무 조건은 양질의 작업을 위한 기본이다(ILO, 2019). 직장에서는 안전과 건강을 지속적으로 개선하는 데 핵심이 되는 예방적 접근과 안전 문화를 육성하기 위한 노력과 조치가 필요하다(Rantanen et al., 2020). 근로자의 비공식적 지위는 건강, 안전 및 근로자의 권리에 관한 부족을 결정하는 핵심 요소이다. 비공식 근로자는 고위험 직업에서 일하고, 많은 수의 화학적, 물리적, 생물학적 및 사회적 위험에 노출되어 있다(ILO, 2003).

근로자의 건강은 전통적인 산업안전보다 더 넓은 개념이다. 또한 건강 측면, 즉 직장과 직장에서의 건강 위험 및 위험 예방을 포함한다(Rantanen et al., 2020). 경제학 연구자들은 산업재해와 질병의 통제, 근로 조건 및 산업안전과 건강의 개선이 재정적으로 생산적이라는 사실을 발견했다. 모두를 위한 직업 건강에 관한 WHO 글로벌 전략은 'universal OHS' (WHO, 1995)를 주장했다. 보편적 직업 건강은 근로자를 대상으로 최소한의 기본적인 직업 건강과 안전을 확보하는 것을 의미한다. 제품 디자인, 작업 방식, 작업 환경에서 사회적 약자를 고려한 안전 보증 정책이 필요하다. 사회적 취약 계층은 인종, 연령, 성별, 장애 등에 따라 과반수에 속하는 집단과 분리

되어 차별을 받거나 소외될 가능성이 있는 소수 집단으로 정의된다(Kim and Jeong, 2020). 근로자 입장에서 사회적 약자는 비정규직, 여성 노동자, 노인 노동자, 외국인 근로자, 장애 근로자 등 산업재해에 취약한 집단으로 해석 될 수 있다(Lee et al., 2018).

불안정한 노동(precarious work)은 불확실하고, 예측 불가능하며, 보호되지 않거나 저임금 고용을 포함할 수 있는 개념이다(Tompa et al., 2007). 직장의 불안정성 증가에 기여하는 요인으로는 세계화로 인한 사회 정치적 힘과 노동의 성격 변화가 있다(Benach et al., 2014). 불안정한 근로자는 시간제 근로, 임시직 계약 또는 노조 대표가 없는 근로자로 종종 간주된다(Lewchuk, 2017). 여성과 신체적, 정신적으로 매우 힘든 직업에 고용된 사람들은 불안정하게 일할 가능성이 더 높다(Burgard and Lin, 2013). 건강을 유지하는 자원에 대한 접근이 적고 작업장 위험에 노출될 가능성이 더 높기 때문이다(Jetha et al., 2020). 불안정한 작업과 관련된 요소를 이해하는 것은 건강 불평등을 해결하기 위한 정책과 프로그램을 개발하는 데 중요하다(Blustein et al., 2016).

3.4 Physical and psychological health problems

근로자의 근로 조건과 작업 환경을 고려하여 기대되는 생산성을 확보하고 근로자의 건강과 안전을 보장하는 것이 필요하다(Fujiwara et al., 2016). 산업재해의 주요 원인은 작업의 성격, 근로자의 행동, 작업 환경의 현장 위험에 따라 달라진다(Tomioka et al., 2018). 작업 환경에서의 안전대책과 근로자의 산업안전에 대한 인식은 산업재해에 대한 중요한 대책이다(Welsh et al., 2016).

근로자는 나이가 들수록 신체 기능과 인지 능력이 저하된다. 연령 증가에 따라 부주의와 같은 Perception error와 제어불량과 같은 action error에 의한 재해자 비율은 증가하는 경향이 있다. 즉, 노인 근로자는 노화로 인해 균형 감각과 근력뿐 아니라 감각 기능과 지각 능력도 저하되기 때문에 미끄러짐/낙상 사고 비율이 증가하고, 골절 부상자의 비율도 증가한다(Park, 2018). 고령 근로자는 젊은 근로자와 중년 근로자에 비해 부상률이 낮지만, 부상이 발생하면 더 심각하고 비용이 많이 드는 경향이 있다(Park, 2018). 인지 기능은 감각 시스템(청각, 시각 및 균형)의 생물학적 손실과 심혈관 질환, 뇌졸중, 고혈압 등 노인의 여러 동시 질병 또는 의학적 상태와 관련이 있다(Mezuk and Rebok, 2008). 노인 근로자가 통증과 위험 노출에 더 민감하게 느낄 수 있으므로, 노인 근로자의 건강, 안전 및 편안함을 증진하기 위해서는 위험에 대한 노출을 개선하는 것이 필수적이다(Beard et al., 2009). 작업자의 안전과 건강은 위험의 농도, 빈도, 지속 기간에 따라 영향을 받는다(Yen and Anderson, 2012). 단기 근로자로 근무하는 건설 현장의 고령 근로자는 위험에 대한 노출이 간헐적이므로, 노출 기간이나 빈도를 줄이는 것보다 위험의 집중도나 강도를 줄이는 개선이 더 효과적이다(Beard et al., 2009).

건강 문제는 신체적, 정신적 건강으로 구성된다. 신체적 건강 문제는 근골격계 문제(요통, 상지 문제, 하지 문제)와 신체 문제(청력, 피부, 두통 및 눈, 전반적인 피로)로 나눌 수 있으며, 건강 문제는 웰빙과 건강 상태 등으로 표현된다(Berke et al., 2007). 신체적, 정신적으로 위험한 상황은 직업상 부상이나 건강 관련 문제의 여러 측면에 영향을 미친다(Balfour and Kaplan, 2002).

여성은 부상과 청력 문제를 제외하고 남성보다 건강 문제를 더 많이 호소하는 것으로 보고되고 있다(European Commission, 2020). 신체적 취약성이나 통증에 대한 민감도에는 성별 차이가 있으며, 여성은 남성에 비해 근골격계 통증을 더 빈번하고 심하게 호소한다(OECD, 2019) 우울증, 수면 문제, 근골격계 통증은 산업재해의 증가와 관련이 있을 수 있으므로, 증상을 파악하고 관련 질환을 치료함으로써 산업재해를 줄일 수 있다(WHO, 2024). 고령 근로자들은 경제적 어려움과 독거 생활 등으로, 만성 질환에 대한 적절한 치료의 어려움 등의 문제를 안고 있다. 그들은 계속해서 일을 해야 하므로 자신의 증상이 심각하다고 생각하지 않고 의료 시설을 방문하지 않는 경향이 있으며, 작업을 수행할 수 없을 때까지 악화될 수 있다(WHO, 2017).

고령화로 인해 혼자 사는 사람이 늘어나면서 심리적인 문제도 부각되고 있다. 피로, 불안감, 수면장애, 우울증 등은 활력을 감소시키며, 낮은 수준의 활력은 조기 퇴직 선호도와 관련이 있다(B´eguin and Duarte, 2017). 일은 근로자에게 사회적 역할, 개인적 성취감, 사회적 유대감을 제공할 수 있기 때문에, 기능적 능력에 긍정적인 영향을 미치는 핵심 메커니즘이다(Fujiwara et al., 2016). 노년 근로는 몸과 마음의 기능을 자극하는 역할을 할 수 있기 때문에, 노화와 관련된 기능 저하를 예방하는 데 기여할 수 있다(Tomioka et al., 2018). 많은 노인들은 만성 질환을 앓게 되고, 은퇴 후 더 오래 집에 머물게 되어, 가족 및 친구와의 사회적 상호작용에서 변화를 경험하게 된다(Thomese and Tilburg, 2000). 점점 더 많은 노인들이 친척, 친구, 자녀와 떨어져 외롭게 지내게 된다. 노인은 사회적 지지와 가족, 친구와의 사회적 관계망이 낮으며, 노인의 우울증세는 만성 질환이나 신체장애가 있는 노인일수록 높다. 우울증은 평생 동안 지속되는 부정적인 결과로 이어질 수 있는 정신 건강 문제이다(Zhang et al., 2015).

열악한 연령친화적 환경은 사회적 상호작용의 부족 또는 노인의 사회적 참여에 관련된 기회 감소와 관련이 있다(Mezuk and Rebok, 2008). 연령친화 지원적인 이웃은 노인이 사회적 연결 및 참여를 유지할 수 있도록 한다(Yen and Anderson, 2012). 연령친화적이지 못한 환경은 우울증과 연관되어 있다(Beard et al., 2009; Berke et al., 2007). 사회 경제적 지위가 낮고 이웃 문제에 대한 인식이 낮은 노인일수록 우울증 가능성이 더 높은 반면, 걷기 좋은 동네에 살고 사회적 지원이 더 높은 노인일수록 우울증 가능성이 더 낮다. 또한 노인에게 연령친화적이지 못한 환경은 만성 질환과 연관성이 있는 것으로 나타났다(Balfour and Kaplan, 2002).

4. Occupational Safety and Health in the Aged Society

4.1 Work Sustainability

지속 가능성은 환경적, 사회적, 경제적 시스템을 포함하며, 장기적인 업무활동을 촉진한다(Littig, 2018). 지속 가능한 업무를 달성하기 위해서는 근로자의 고용 및 유지를 저해하는 장벽을 제거하는 것이 중요하다. 따라서 참여를 촉진하고 지속적인 고용을 지원하는 생활 및 업무 환경을 개선하는 것이 중요하다(Gálvez et al., 2020). 직장의 근무 조건은 직원들이 신체적 제약이나 직무 역할에 관계없이 지속 가능하게 일할 수 있도록 신체적 능력이 저하된 고령 근로자에 맞게 근로 조건을 조정하는 전략이 필요하며, 근무 조건 개선 및 인권 문제 해결과 같은 지속 가능한 기업책임 정책을 채택하면 조직 성과를 향상시킬 수 있다. 이를 위해 정부, 기관, 단체, 민간 부문 및 공공 기관, 사회 전반의 다양한 산업, 지역 및 수준에 걸쳐 더욱 강렬하고 효과적인 협력이 이루어져야 한다(Bratianu and Bejinaru, 2020).

지속 가능한 개발은 유엔 환경 개발 위원회에서 미래 세대가 스스로의 필요를 충족시킬 수 있는 능력을 저해하지 않으면서 현재 세대의 필요를 충족시키는 개발로 정의되었으며, 전 세계 조직에서 지속 가능성을 실행하고 통합하도록 장려하고, 현재와 미래의 이해관계자 요구를 해결하며, 사회 전반의 지속 가능한 발전 달성에 기여하는 것을 목표로 한다(United Nations Brundtland Report, 1987). 지속 가능성은 경제 발전(기업가 정신, 혁신, 지식 경제 개발 및 디지털화, 일반적으로 세계 자본주의 경제로의 통합을 통해 빈곤을 감소시키는 것을 수반함), 환경적(오염 방지, 환경 보호, 생물 다양성 보존, 기후 변화 저항), 사회적 포용(빈곤 퇴치, 국민 복지, 취약 계층 보호)의 조합을 목표로 하므로, 상호연계성과 통합성은 지속 가능 발전 달성에 매우 중요하다(Biggeri et al., 2019; Fonseca et al., 2020). 지속 가능성은 주로 환경적 측면과 경제적 측면, 사회적 측면이라는 세 가지 기둥으로 보는 것이 일반적이며, 최근에는 녹색 경제라는 개념이 환경적 목표와 경제적 목표를 연결하고자 했다(Tonia, 2020). 지속 가능성이 경제적, 환경적, 사회적 차원을 포함하는 세 가지 상호 연관된 기둥으로 구성된다는 해석은 문헌에서 널리 퍼져 있으며(Schoolman et al., 2012; Vogt and Weber, 2019), 지속 가능성을 달성하기 위해 고려되고 통합되어야 하는 상호 연결된 차원들을 나타낸다. 경제적 차원은 자본 유지를 목표로 하는 생산 과정을 의미하고, 환경적 차원은 환경 피해를 유발하지 않고 폐기물 배출을 환경에 유지하는 것을 의미한다. 또한, 경제적, 환경적 위기가 취약한 개인과 지역 사회에 불균형적으로 영향을 미친다는 인식으로 인해 사회적 기둥 개념이 지속 가능성 담론에서 중요성을 얻게 되었다(Pavania and Ganugi, 2024).

사회학적, 심리학적 연구는 직무 품질 개념을 주관적인 접근 방식인 근로자의 특성(태도, 동기, 만족도, 헌신, 참여, 충성도 등)과 객관적인 접근 방식인 작업 환경(안전, 신체적 및 심리적 조건, 사회적 지원, 직업 안정성 등)으로 정의한다. 일반적인 관점에서(Díaz-Chao et al., 2016)는 양질의 일자리란 직원의 근무 조건을 개선하고, 기술과 역량 개발을 촉진하고, 실업률을 감소시키고, 기업 생산성을 높이고, 경제적 경쟁력에 기여하고, 점점 더 세계화되는 환경에서 개인 및 사회적 복지를 증진하는 일자리로, 좋은 일자리란 근로자가 자신의 중요한 기대치와 개인마다 다른 다양한 개인적 목표에 적합한 수준의 복지에 도달할 수 있도록 하는 일자리라고 할 수 있다.

직무 품질의 다차원적 특성을 고려할 때 웰빙을 창출하는 요소는 고용 및 직무 특성(근로 시간, 임금, 필요한 기술 등), 일반적인 근무 환경 및 노동 시장(근로 조건, 교육, 동등한 기회 등), 근로자의 주관적 직무 인식 또는 평가(직무 만족도, 경력 기대 등)와 관련된 요소이며, Eurofound (2017)는 일자리 질 평가는 일자리 양 측정을 보완하여 고용 정책의 성과에 대한 보다 전체적인 평가를 제공할 수 있도록 물리적 환경, 사회적 환경, 근로 강도, 기술 및 재량권, 근무 시간의 질, 전망, 소득의 7가지 차원에서 객관적이고 관찰 가능한 직무 특성을 제시하고 있다. 신체적 또는 심리사회적 위험에 대한 노출과 과도한 노동 시간은 지속 가능한 노동의 실행에 부정적인 영향을 미친다. 조직 및 생산 공정의 추세는 주로 노동 강도 강화에 초점을 맞춘다. 그러나 신체적, 정신적 능력이 저하된 고령 근로자를 위한 작업 환경의 조정 노력이 충분하지 않으면 이러한 근로자는 계속 일하는 것을 주저할 수 있다(Eurofound, 2017).

근로자들의 심리적 요인을 향상시키는 것은 직장에서의 개인의 존엄성과 밀접한 관련이 있으며, 이는 지속 가능한 업무의 핵심 요소이다(Gálvez et al., 2020). 지속 가능한 작업을 보장하기 위해서는 인간 중심의 업무 조직 정책, 신체적 및 심리사회적 위험 노출을 줄이기 위한 전략을 포함한 포괄적인 심리적 전략이 필수적이다(Eurofound, 2015). 작업시간단축은 직원의 웰빙과 조직 성과 모두에 기여할 수 있으며, 스트레스 감소, 일-가정 양립 개선, 가사 책임 재분배, 여성 채용에 대한 긍정적인 면으로 여성 노동력 참여 증가와 가사 책임의 공평한 분배 개선 측면에서 성평등에 대한 긍정적인 영향을 미쳐 균형 잡힌 가정 및 직업적 역할을 촉진함으로써 사회적 평등 목표를 지원할 수 있음을 시사한다(Dias et al., 2025).

고령 근로자가 변화를 주저하게 만드는 장애물은 실업 위험 외에도 변화 후 임금 감소에 대한 우려, 임시 계약이나 새로운 직무에 대한 기술 및 지식 부족 등이 있다. 건강이 좋지 않고 육체적으로 힘든 일을 하는 고령 근로자는 직무 고정과 직장 고착으로 이어져, 익숙한 직장을 떠나고 싶어 하지 않으며, 변화 관리에 대한 자신감이 낮다. 하지만, 고착된 직업 상황은 일과 건강에 부정적인 영향을 미칠 수 있다(Huysse-Gaytandjieva et al., 2013). 따라서 고용주 변화와 고령 근로자의 근로 동기, 근로 능력, 건강 및 고용 관점을 조사할 때 자발적인 고착과 달리 비자발적인 고용주 고용 유지 측면도 고려해야 한다. 고령 근로자가 일반적으로 고용주를 변경하는 것은 불리한 심리사회적 작업 환경을 개선하기 위함이지만, 자발적인 변경은 정신 건강과 작업 능력을 향상시킬 수 있는 잠재력을 가지고 있다. 자발적으로 변경하는 그룹과 비자발적으로 변경하는 그룹 모두 고용주 변경으로부터 이익을 얻는다면, 높은 직업 이동성을 허용하는 고령 근로자를 위한 포용적 노동 시장 정책이 될 수 있으며, 고령 근로자의 작업 참여를 높이고 작업 수명을 연장할 수 있다. 이직을 꺼리는 집단은 원치 않는 직장에 머무르는 동안 자신의 근로 상황이 점점 더 열악하다고 평가하여, 근로 능력, 근로 동기, 고령 취업 연령에서 고용 참여와 관련하여 위험 집단으로 분류될 수 있다. 따라서, 자발적 변화와 비자발적 변화를 구분하고, 이직을 꺼리는 집단이라는 큰 위험 집단을 간과해서는 안되며, 신체적, 정신적 건강은 근로 능력과 구분되어야 한다(Garthe and Hasselhorn, 2021).

기업 지속 가능성은 기업의 직접 및 간접 이해관계자(예: 주주, 직원, 고객, 압력 단체, 지역 사회 등)의 요구를 충족하는 동시에 미래 이해관계자의 요구를 충족하는 능력을 저해하지 않는 것으로 정의될 수 있다. 재택 근무/원격 근무가 일과 삶의 균형을 달성하기 위한 척도로 성공하면 개인, 조직, 그리고 공동체 간의 생산적인 조화를 이루면 근로자들이 일과 삶의 균형을 이루는 데 도움이 될 수는 있지만, 그 자체로는 지속 가능성을 촉진하는 도구가 될 수 없으며, 조직 문화와 직결되는 지원과 홍보의 맥락 속에서 이루어져야 한다. 조직 문화를 변화시켜 이러한 근무 형태와 그 고용이 가져올 수 있는 전반적인 지속 가능성을 촉진하는 것은 지식 기반 경제가 직면한 큰 과제 중 하나일 수 있다(Gálvez et al., 2020). 생산직 블루칼라 근로자의 높은 스트레스는 조기 은퇴와 관련이 있으므로, 고령 근로자를 유지하기 위해서는 지속 가능한 작업 환경을 조성하는 것이 중요하다(Gyllensten et al., 2020). 근로자의 높은 육체노동 요구가 예상 근로 수명 단축, 병가 및 실업 기간 증가의 주요 위험 요인이며, 특히, 육체노동 요구가 높은 젊은 여성에서 더 크게 나타나므로 감소대책 노력이 필요하다(Pedersen et al., 2020).

4.2 Age-friendly workplace

많은 사람들이 전통적인 은퇴 연령 이후에도 일하고 싶어 하지만, 이를 위해서 고용주는 고령 근로자를 채용, 유지 및 재참여 시키기 위한 다양하고 포용적인 인력을 지원하기 위해 새로운 접근 방식과 전략을 설계하고 실행할 수 있어야 한다. 또한, 고령 근로자를 위한 업무 관련 스트레스나 신체적 부담을 줄이기 위해 업무 환경, 업무 조직 및 근무 조건을 조정하는 것이 요구된다(Sippli et al., 2021). 고령친화적인 직장은 고령자의 심리적, 신체적 안전이 적절하게 보장될 때 달성된다. 신체적 측면은 조직의 고령친화성에 영향을 미치며, 고령 근로자의 직무 수행을 돕고 업무 관련 부상을 줄이는 데 도움이 될 수 있다(Silverstein, 2008). 고령친화적인 직장은 심리적 측면에서 직원의 사기를 높이고 직무 만족도를 높일 수 있다. 또한, 연령 관련 괴롭힘이 없는 직장과 고령 근로자에게 기술과 지식을 향상시킬 수 있는 기회를 제공하는 프로그램이 필요하다(Patrick and Kumar, 2012). WHO (2017)는 "고령화와 건강에 관한 글로벌 전략 및 행동 계획"에서 고령친화적 환경 개발을 전략적 목표로 제시했다. 고령친화적 환경은 활동적이고 건강하게 나이 들 수 있도록 환경 또는 생태계를 설계, 구축 및 공동 조성하는 것을 목표로 한다. 고령친화 도시 및 지역 사회 글로벌 네트워크는 나이가 들면서 삶의 질을 향상시키기 위해 건강, 참여, 안전을 위한 기회를 최적화함으로써 건강하고 활동적인 고령화를 촉진하는 공동체를 의미하며(WHO, 2007), 물리적 환경(실외 환경, 교통 및 이동성, 주택), 사회적 환경(사회 참여, 사회적 포용 및 차별 금지, 시민 참여 및 고용), 지자체 서비스(의사소통 및 정보, 커뮤니티 및 건강 서비스) 3개의 클러스터와 8개의 영역으로 구성된다(WHO, 2018).

유니버설 디자인이라는 용어는 모두를 위한 디자인이나 포용적 디자인과 동일시될 수 있다. "보편적"이라는 단어는 공통성, 개방성, 그리고 개인화를 의미한다(Baik et al., 2014). 유니버설 디자인은 건강한 사람만을 위한 디자인이 아니라, 노인과 장애인도 다른 사람들과 마찬가지로 제품을 사용할 수 있도록 하는 것을 목표로 한다. Mace (1985)는 나이, 능력, 또는 사회적 지위에 관계없이 모든 사람이 최대한 사용하기 편리하도록 모든 제품이나 환경을 디자인하는 개념을 설명하기 위해 이 용어를 처음 사용하였다. 개인의 능력을 넘어서는 업무 요구는 부상과 업무 수행 능력 저하의 원인이 되는 경우가 많다. 이러한 불균형은 고령 근로자에게 더 자주 발생한다. 유니버설 디자인 원칙은 연령, 체형, 기타 특성이 다양한 사람들이 사용할 수 있는 안전하고 효과적인 제품과 환경을 추구한다(Center for Universal Design, 1997). 사업장은 보편적 디자인 원칙을 준수하여, 근로자의 신체적 특징을 고려한 근무 조건과 환경, 보다 쉽고 안전한 작업을 제공해야 한다. 직장 설계에 대한 UD의 적용은 1) 직원 작업 스테이션과 작업 시설을 포함한 작업 환경; 2) 컴퓨터, 제조 도구, 제어 장치, 기계, 안전 장비, 가구 및 통신 장치를 포함한 직장 기술 및 도구; 3) 작업 정책, 상호작용, 의사소통, 안전, 그리고 가장 중요하게는 작업을 완료하는 데 사용되는 방법에 대한 재구성 등을 포함한다(Jeong and Shin, 2014). Kim and Jeong (2020)은 건강과 안전의 기본 수준을 보장하는 보편적인 안전 설계 개념을 주장하였고, Baek and Jeong (2021)은 6가지 원칙을 바탕으로 46개의 가이드라인을 제안하였다. 이러한 디자인 철학은 인본주의적이고, 환경친화적이며, 포용적이다. 포용적인 업무 환경은 직원의 웰빙, 양질의 업무 관계, 직무 만족도, 근속 의향, 직무 성과, 창의성, 향상된 경력 기회, 그리고 조직 헌신과 같은 성과와 연관되어 있다. 고령친화적인 디자인 철학은 사회적 약자를 위한 정책 및 설계를 통해 노인을 포함한 사회적 취약 계층의 근로 환경을 개선하고, 이들의 사회 경제 참여를 증진하는 계기가 될 수 있으며, 다양성 수용 및 접근성을 강조함으로써 고용 기회 창출에도 기여할 수 있다(Kim and Jeong, 2020).

고령 근로자에게 고용 상태를 유지할지 여부에 대한 진정한 선택권을 제공하는 것이 평생 활동적인 사회로 이어질 수 있다(Seike, 2016). 유연성에는 유연한 설계와 유연한 근무라는 두 가지 특징이 있습니다. 유연한 설계는 다양한 개인의 선호도와 능력을 수용해야 하며, 다양한 작업 방식을 제공해야 한다(Center for Universal Design, 1997). 유연성 향상을 위하여 사용 방법 선택권 제공, 오른손잡이 또는 왼손잡이 모두 접근 및 사용 가능, 사용자의 정확성과 정밀성 향상, 사용자의 속도에 따른 적응성 제공 등이 포함된다. 다양한 인력을 수용하기 위해서는 유연한 근무 구현에 중점을 둔 전략과 정책을 채택하고, 다양한 근로자 집단의 다양한 요구를 고려하고 일과 삶의 균형을 개선하여야 한다(Varianou-Mikellidou et al., 2019).

Flexible working은 근로자에게 근무 조건에 대한 어느 정도의 유연성을 제공하는 근무 형태로, 파트타임 근무, 압축 근무 시간, 직무 공유와 같은 근무 관행이 포함된다(CIPD and TUC, 2011). 고령 근로자의 활용을 극대화하기 위해서는 업무가 고령 근로자에게 적합해야 하고, 신체적 또는 정신적 압박 없이 일할 수 있어야 한다. 현재 시행되는 유연한 근무 방식은 표준 근무일을 5일 미만으로(주당 4일 10시간 근무 또는 3일 12시간 근무) 단축하고 직원들은 긴 근무일을 통해 주당 근무 시간을 채우는 압축 근무제/유연 근무 시간제, 두 사람이 파트타임 또는 단축 근무 형태로 고용되어 일반적으로 한 사람이 담당하는 업무를 수행하는 직무 분담제, 가끔 또는 정기적으로 재택 근무를 하면서 전자기기를 통해 직장과 소통하는 재택 근무제, 고용 범위가 명확하게 정의되고 정해진 기간 내에 완료되어야 하는 프로젝트 기반 과제, 고용주와의 합의를 통해 직원은 최대 2개월까지 장기 휴가를 사용할 수 있으며 휴가 기간 동안 고용주는 임금을 지급하지 않지만 직원은 조직 내 지위를 유지하는 무급 단기 및 장기 휴가제 등이 있다. 일반적으로 유연한 근무 방식은 긍정적인 근무 환경을 유지할 수 있다.

고령 근로자의 고용 가능성을 보장하기 위한 중요한 요소는 지속적인 재교육 및 숙련도 향상을 위한 기회를 제공하는 것이다(Poscia et al., 2016). 고용주와 공공 고용 서비스는 고령 근로자가 새로운 기술을 사용할 때 직면 할 수 있는 잠재적인 어려움을 극복하는 데 도움이 되는 대상 교육을 제공 하여야 한다. 또한 고용주는 세대 간 팀에서 일하는 것을 장려 할 수 있어야 한다. 이는 젊은 근로자와 고령 근로자 간의 지식 교환을 증가시키고 편견과 고정 관념을 무너 뜨릴 수 있다(Government of Western Australia, 2010).

4.3 Operator in the era of Industry 4.0/5.0

18세기 산업혁명 이후, 노동 환경은 상당한 변화를 겪었다. 증기기관의 도입은 수공예 생산을 대체하는 첫 번째 혁명이었으며, 19세기의 두 번째 혁명은 전력을 특징으로 더 효율적인 기계와 대량 생산을 촉진했다. 20세기 중반, 자동화 시대의 세 번째 혁명은 인터넷, 전자 기술, 정보를 통합하여 자동화된 제조를 가져왔다(Zorzenon et al., 2022). 2011년 독일 정부는 제4차 산업혁명으로 여겨지는 Industry 4.0 (I4.0)을 발표하였다(Lu, 2017). I4.0의 목표는 물리적 세계를 가상 세계와 연결하는 자동화를 통해 더 높은 수준의 운영 생

산성과 효율성을 달성하는 것이다(Lu, 2017). 즉, 공장에서 기계 간의 실시간 통신을 통해 유연하고 협업적인 지능형 시스템을 구축하여 문제를 해결하고 최상의 의사 결정을 내리는 스마트하고 적응적인 제조 시스템으로 표현할 수 있다. I4.0은 사물 인터넷, 클라우드 서비스, 빅 데이터 분석과 같은 첨단 디지털 기술을 활용하여 정보를 실시간으로 수집하고 분석하며(Frank et al., 2019), 기존 업무 시스템을 고도의 자동화로 발전시키고, 사이버네틱 세계와 물리적 세계를 통합하는 것을 포함한다(Tortorella et al., 2023). I4.0은 업무 환경에 새로운 패러다임을 도입하여 기업의 업무 조직 방식을 혁신하고 작업자가 프로세스, 기계 및 업무 환경과 상호작용하는 방식을 변화시켰으며(Tortorella et al., 2023), 스마트 작업장에서의 연결성 지원 장치와 상호작용 기술 등의 발전으로 인하여 산업 생산 시스템은 보다 간소하고, 통합적이며, 민첩하고, 추적 가능하며, 적응력이 강해질 수 있다(Romero et al., 2020).

첨단 기술과 점점 더 지능화되는 시스템에도 불구하고, Industry 4.0의 연결성과 관련된 작업을 관리할 수 있는 자격을 갖춘 작업자는 여전히 중요한 자원이다(Mattsson et al., 2020). Operator 4.0은 로봇과 협력 작업을 수행할 뿐만 아니라 기계, 인간-기계 상호작용 기술, 그리고 적응형 자동화의 도움을 받아 작업을 수행하는 똑똑하고 숙련된 작업자로 정의되며, 자동화 시스템의 지원을 받아 신체적, 정신적 스트레스를 지속 가능하게 해소하고, 생산 목표를 저해하지 않으면서 창의적, 혁신적, 즉흥적인 기술을 활용하고 개발할 수 있도록 지원한다(Romero et al., 2020). I4.0과 기술 변화는 인간의 삶, 업무, 그리고 상호작용의 거의 모든 영역을 빠르게 변화시키고 있다. 협동 로봇은 조립 작업자를 지원하고, 외골격은 생산 및 물류 작업자의 역량을 강화하며, 기업용 클라우드 기반 소프트웨어 솔루션이 빠른 속도로 등장하고 있다. 이러한 사례들은 비즈니스 혁신 속에서 인간과 I4.0 기술 간의 새로운 상호작용 형태 중 일부에 불과하지만, 인간이 직면하고 있는 다양하고 새로운 상호작용을 강조한다(Osterrieder et al., 2020). Operator 4.0의 유형은 Super-Strength Operator(예: 외골격 사용), Super-Strength Operator(예: 증강 현실 도구 사용), Virtual Operator(예: 가상 공장 사용), Healthy Operator (예: 웨어러블 기기를 사용하여 웰빙을 추적), Smarter Operator(예: 활동 계획을 위해 에이전트나 인공 지능 사용), Collaborative Operator (예: CoBot과 상호작용), Social Operator(예: 소셜 네트워크를 사용하여 지식 공유), Analytical Operator(예: 빅 데이터 분석 사용) 등으로 구분되며, 유형 중 하나 또는 여러 유형을 통합하는 형태가 될 수 있다(Zolotová et al., 2020). 4차 산업혁명은 작업자의 건강과 안전 측면에서 사회심리학적, 조직적, 기술적, 직업적 측면에서 영향을 주어, 심리적 압박, 인지적 기술 불일치나 정신신체적 부하, 좌절, 지루함, 소외감, 동기 저하, 정보 부족, 상황 인식 저하, 조직 몰입 저하, 사용자 경험 부족, 업무 통제력 부족 등을 유발할 수 있다(Bispo and Amara, 2024).

I4.0은 주로 자동화와 디지털화에 초점을 맞추고 기술에만 초점을 맞추어 인간의 역할과 관점이 소외되어 제조업에서 예상 수준으로 구현되지 못했다는 한계점이 나타났으며, 이로 인해 인간이 다시 중심에 있고 인간과 기계의 관계 및 소통이 중요시되는 Industry 5.0이 사회 기술적 제조 시스템으로 제시되었다(Trstenjak et al., 2025). I4.0은 스마트 기술을 활용하여 프로세스를 자동화하고 최적화하는 산업의 디지털 변환에 중점을 두는 반면, Industry 5.0은 인간의 지능과 창의성을 첨단 기술과 결합하여 보다 지속 가능하고 인간 중심적이며 윤리적인 산업 환경을 구축하고자 한다(Ordieres-Meré et al., 2023). 또한, 예상치 못한 수많은 글로벌 사건과 불안정한 시장 상황으로 인해 Industry 5.0은 회복력뿐만 아니라 사회에 영향을 미치는 지속 가능성을 바탕으로 인간 중심적이고 지속 가능하며 회복탄력적인 산업을 구축하는 것을 비전으로 하는 유럽 위원회에서 채택한 개념이다(Xu et al., 2021). Industry 5.0은 인간 중심 원칙은 산업 공정 최적화와 동일한 수준의 중요성을 인간의 전반적인 복지에 두어 인간의 역할, 재능 및 권리를 존중하는 것을 목표로 한다. 지속 가능성 원칙은 천연자원의 재사용 및 재활용과 산업 폐기물 감축을 통해 지구적 경계를 존중하는 생산 공정을 구축하는 데 중점을 둔다. 마지막으로, 회복탄력성 원칙은 더욱 민첩하고 유연하며 적응력이 뛰어난 산업을 창출하는 데 중점을 둔다(Xu et al., 2021). Industry 5.0 시대인 증강시대는 인간 지능과 인지 컴퓨팅 간의 협력에 초점을 맞추고 근로자에게 도움이 되는 방식으로 인간의 작업을 근본적으로 재구성하여 인간의 신체적, 감각적, 인지적 능력을 더욱 향상시키는 자동화를 추구한다. 이에 따라 인간의 의도와 욕구를 지각하고 정보를 갖춘 협력 로봇과 함께 인간이 일할 수 있도록 기술을 갖추고자 한다(Longo et al., 2020).

Industry 4.0/5.0 생산 시스템에 인적 요소를 통합하고 신체적, 심리적, 사회적, 문화적 요구를 해결하는 데 중점을 둔 인간 중심 설계 접근 방식을 적용하면 더욱 효과적일 수 있다(Kadir and Broberg, 2021). Industry 4.0/5.0 생산 시스템에서 작업자와 안전보건과 관련된 관심사로는 스마트 외골격(Smart exoskeleton), Collaborative Robots (Cobots), 스마트 개인 보호 장비(PPE: Personal protective Equipment) 등이 있다. 스마트 외골격은 착용식 보조 장치로 전기모터와 공압 장치, 유압 장치 등으로 구성된다. 스마트 외골격은 작업자가 수동 작업을 수행하는 동안 자세를 개선하고 신체적 노력을 줄일 수 있어 작업 피로를 줄이기 때문에, 작업 관련 부상을 줄이는 데 도움이 될 뿐만 아니라 작업자의 생산성을 높일 수 있다(Sylla et al., 2014). 또한, 위험이 높은 자세를 변경하기 위해 지속적인 피드백 및 권장 사항을 제공할 수 있으며, 작업평가 데이터를 지속적으로 수집할 수 있어 데이터베이스를 구축하는데도 도움이 될 수 있다(Sylla et al.,

2014). Cobots는 인간과 협업하는 로봇으로 근로자의 신체에 부착된 센서를 통해 심장박동수, 신체동작, 피부 저항 등을 측정하여, 근로자의 인지 및 신체 작업부하 상태를 모니터링하고 이에 따라 수행되는 작업속도와 횟수를 변경한다(Faccio et al, 2023). 적응형 Cobots을 사용하면 인간 파트너와 보다 효율적이고 원활하게 작업 할 수 있으므로 결과적으로 전체 생산성이 향상 될 수 있다(Faccio et al., 2023). 스마트 개인 보호 장비(Personal Protective Equipment)는 주로 스마트 웨어러블 장치와 작업 환경 센서를 이용하여 유해 물질 수준, 온도, 습도, 소음, 작업장 조명을 측정하여 위험인자에 노출될 경우 위험 상황을 근로자에게 경고함으로써 근로자의 건강과 안전을 적극적으로 예방하고 보장하는 것을 목표로 한다(Coronado et al., 2022).

5. Discussion and Conclusion

고령화 사회는 직장에서 정년을 연장하고, 고령 근로자의 수용에 대한 요구가 증가된다(Saito, 2006). 직장 내 고령 근로자의 수가 증가함에 따라 새롭고 다양한 업무 관련 부상 및 질병 예방과 관련된 조치의 필요성을 포함하여, 고령 근로자의 건강과 안전에 대한 관심이 증가하고 있다(Husic et al., 2020). 또한, 세계 인구의 고령화는 사회적, 경제적 위험을 야기시킨다. 연금 수급을 청구하는 사람은 많은 반면 노동력은 감소하기 때문에 근로자들은 더 높은 세금을 낼 수 있다(ILO, 2020). 많은 국가에서 평균 퇴직 연령이 점차 증가할 것이지만, 수명 연장에 비해 저축이 부족하여 연금에 의존하는 가구가 증가할 것이다(Smith et al., 2018). 65세 이상의 고령자는 하나 이상의 만성 질환을 가진 갖고 있으므로 의료비용이 증가할 것이다. 고령화 국가에서 젊은 국가로 자본이 유입되어 경제력의 글로벌 분포를 변화시킬 수 있다(ILO, 2020).

인구 통계학적 변화에 대응하기 위해서는 더 많은 사람을 생산적인 고용에 흡수시키는 것이 우선 순위가 되어야 한다. 일하지 않는 사람들을 생산적인 직업으로 유인하는 것은 그들이 부양해야 하는 사람에서 부양하는 사람으로 변화시킬 수 있다. 근로자들이 장기간 노동 시장에 참여하기 위해서는 몇 가지 장애물을 극복해야 한다. 기업 수준에서 작업장과 작업 조직은 고령 근로자의 요구에 맞게 조정되어 유연한 작업 준비를 제공하고 물리적 장벽을 제거하는 등의 작업을 수행해야 한다. 또한, 고용주의 조직과 긴밀히 협력하고 고령 근로자의 고용 또는 유지를 촉진하기 위한 재정적 인센티브를 제공해야 하며, 공공 고용 서비스는 고령 근로자의 요구에 맞는 훈련 기회와 진로지도 서비스를 제공해야 한다(ILO, 2020).

고령화 국가에서는 일하지 않는 사람들을 지원하는 근로자들의 과도한 부담을 피하기 위해 고용의 질을 향상시키는 것이 필수적이다. 성인 여성은 종종 가족 관련 돌봄 책임에 관여하기 때문에 노동 시장에서 배제된다(Elder and Kring, 2016). 노동 시장에서 균등 한 기회를 보장하기 위한 조치가 필요하지만, 노동 시장의 성별 격차는 여전히 남아 있다. 변혁적 돌봄 정책은 여성의 노동 시장 참여를 높여 양성 평등을 높이고 경제적 성과를 높이며 의료 및 치료 제공을 개선하는 데 기여할 것이다(Yeung and Yang, 2020). 2020년 초부터 전 세계적으로 COVID-19를 유발하는 코로나 바이러스의 급속한 확산으로 전 세계가 영향을 받았다. 일반적으로 노년층은 질병에 훨씬 더 취약하며 젊은 연령층보다 사망률이 더 높다. 노인 인구에 대한 COVID-19의 영향을 완화하려면 바이러스 확산을 억제하고 인구의 가장 취약한 부분을 보호하기 위한 조치를 마련하기 위한 국제 사회의 지속적인 노력이 필요하다(UN, 2020).

노동력과 직업적 안전보건문제는 고령사회에서 중요한 문제이다. 본 연구는 107편의 논문을 토대로 고령사회에서 고령화와 관련된 중요 이슈를 노화와 고령 작업자, 연령 차별과 성별 차별, 적절한 일자리와 불안전한 일자리, 안전보건문제 등으로 분류하여 요약하였다. 또한, 고령사회의 노동력 확보와 발전방향을 모색하기 위하여 지속 가능한 일, 고령친화 작업장, Industry 4.0/5.0 시대의 작업자와 안전보건 측면에서 분석하였다.

문헌분석에 의하면 고령사회에서의 고령 작업자의 지속적인 근로와 안전보건문제에 관한 시사점을 제공한다. 성공적인 노화는 생리적, 심리적, 사회학적 측면으로 해석 될 수 있으며, 신체적, 정신적으로 건강한 노인의 경우에는 노동력을 유지하기 위해 재취업이나 보수 교육과 같은 정책적 고려가 필요하며, 고령 근로자가 안전하고 효율적으로 일할 수 있도록 근로 환경, 근로 유형, 근로 시간 등을 고려하는 것이 필요하다(Young et al., 2009). 연령 차별은 인지적, 반응적, 행동적인 세 가지 차원을 포괄하는 다각적인 개념으로, 활동적인 노화에 대한 주요 위협 중 하나이다. 따라서, 연령 차별을 해결하기 위하여 정책 입안자들에게 우선 순위가 되어야 하며, 연령 차별 퇴치 캠페인은 반드시 다양한 수준과 영역에 걸친 요인을 고려해야 한다(Officer and de la Fuente-Núñez, 2018).

불안정한 노동은 불확실하고, 예측 불가능하며, 보호되지 않거나 저임금 고용을 포함할 수 있는 개념이며, 건강을 유지하는 자원에 대

한 접근이 적으므로 작업장 위험에 노출될 가능성이 더 높다(Jetha et al., 2020). 보편적 직업 건강(universal OHS)은 근로자를 대상으로 최소한의 기본적인 직업 건강과 안전을 확보하는 것을 의미한다(WHO, 1995). 다양한 인력을 수용하기 위해서는 유연한 근무 구현에 중점을 둔 전략과 정책을 채택하고, 다양한 근로자 집단의 다양한 요구를 고려하고 일과 삶의 균형을 개선하여야 한다(Varianou-Mikellidou et al., 2019). 고령 근로자의 고용 가능성을 보장하기 위한 중요한 요소는 지속적인 재교육 및 숙련도 향상을 위한 기회를 제공하는 것이다(Poscia et al., 2016). 직장의 근무 조건은 직원들이 지속 가능하게 일할 수 있도록 신체적 능력이 저하된 고령 근로자에 맞게 근로 조건과 근무 조건 개선 및 인권 문제 해결과 같은 기업책임 정책을 채택하면 조직 성과를 향상시킬 수 있으므로, 정부, 기관, 단체, 민간 부문 및 공공 기관, 사회 전반의 다양한 산업, 지역 및 수준에 걸쳐 더욱 강렬하고 효과적인 협력이 이루어져야 한다(Bratianu and Bejinaru, 2020).

본 연구는 다음과 같은 장점과 한계점을 가지고 있다. 첫 번째는 메타분석에 의한 PRISMA 지침에 따른 문헌고찰이 아닌, 통합적이고 학제적 접근이 특징인 통합적 고찰 방법을 선택하여 보다 광범위한 주제와 관점을 다룬 장점이 있다. 두 번째는 저자의 경험 및 전문성에 의존하여 고령시대의 작업자에 초점을 맞춘 반면 AI 시대 관련 내용은 처리하지 못한 한계점이 있으므로 추후 연구가 필요하다. 하지만, 본 연구는 고령사회에서의 고령 작업자와 안전보건에 관한 특징을 요약하고 발전방향을 제시한 데 의의가 있다고 여겨진다.

Acknowledgement

This research was financially supported by Hansung University.

References

Ayalon, L. and Tesch-Romer, C., Taking a closer look at ageism: Self-and other-directed ageist attitudes and discrimination, *European Journal of Ageing*, 14, 1-4, 2017.

Baik, S,W., Jeong, B.Y. and Shin, D.S., Worker-centered design for working area in the electronic industry, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 33(3), 229-239, 2014.

Baek, S.Y. and Jeong, B.Y., Universal Safety Design (USD) and Sustainability: Comparison of Guidelines between Universal Design (UD) and USD, *Applied Science*, 11, 4413, 2021.

Balfour, J.I. and Kaplan, G.A., Neighborhood environment and loss of physical function in older adults: evidence from the Alameda County Study, *American Journal of Epidemiology*, 155(6), 507-515, 2002.

Beard, J.R., Blaney, S., Cerda, M., Frye, V., Lovasi, G.S., Ompad, D., Rundle, A. and Vlahov, D., Neighborhood characteristics and disability in older adults, *Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 64(2), 252-257, 2009.

B´eguin, P. and Duarte, F., Work and sustainable development, *Work*, 57(3), 311-313, 2017.

Benach, J., Vives, A., Amable, M., Vanroelen, C., Tarafa, G. and Muntaner, C., Precarious employment: understanding an emerging social determinant of health, *Annual Review of Public Health*, 35, 229, 2014.

Berke, E.M., Gottlieb, L.M., Moudon, A.V. and Larson, E.B., Protective association between neighborhood walkability and depression in older men, *Journal of the American Geriatrics Society*, 55(4), 526-533, 2007.

Biggeri, M., Clark, D.A., Ferrannini, A. and Mauro, V., Tracking the SDGs in an integrated manner: A proposal for a new index to capture synergies and trade-offs between and within goals, *World Development*, 122, 628-647, 2019.

Bispo, L.G.M. and Amaral, F.G., The impact of Industry 4.0 on occupational health and safety: A systematic literature review, *Journal of Safety Research*, 90, 254-271, 2024.

Blustein, D.L., Olle, C., Connors-Kellgren, A. and Diamonti, A.J., Decent Work: A Psychological Perspective, *Frontiers in Psychology*, 7, 407, 2016.

Bongaarts, J. and Zimmer, Z., Living arrangements of older adults in the developing world: An analysis of Demographic and Health Survey household surveys, *Journal of Gerontology: Social Sciences*, 57B, 145-157, 2002.

Bratianu, C. and Bejinaru, R., Knowledge dynamics: A thermodynamics approach, *Kybernetes*, 49, 6-21, 2020.

Burgard, S.A. and Lin, K.Y., Bad jobs, bad health? How work and working conditions contribute to health disparities, *American Behavioral Scientist*, 57(8), 1105-1127, 2013.

Carral, P. and Alcover, C.M., Measuring Age Discrimination at Work: Spanish Adaptation and Preliminary Validation of the Nordic Age Discrimination Scale (NADS), *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16, 1431, 2019.

Center for Universal Design, *The Principles of Universal Design Ver. 2.0*. North Carolina State University. Raleigh. 1997.

CIPD and TUC, *Managing Age: a guide to good employment practice*, CROW, 2011. https://www.agediversity.org/publications/good-practice-guides (retrieved July 4, 2025).

Cho, Y., Comparing integrative and systematic literature reviews, *Human Resource Development Review*, 21(2), 147-151, 2022.

Converso, D., Sotimano, I., Guidetti, G., Loera, B., Cortini, M. and Viotti, S., Aging and work ability: the moderating role of job and personal resources, *Frontiers in Psychology*, 2262, 1-12, 2018.

Coronado, E., Kiyokawa, T., Ricardez, G.A.G., Ramirez-Alpizar, I.G., Venture, G. and Yamanobe, N., Evaluating quality in human-robot interaction: A systematic search and classification of performance and human-centered factors, measures and metrics towards an industry 5.0, *Journal of Manufacturing Systems*, 63, 392-410, 2022.

Dhanani, L.Y., Beus, J.M. and Joseph, D.L., Workplace discrimination: A meta analytic extension, critique, and future research agenda, *Personnel Psychology*, 71(2), 147-179, 2017.

Dias, S., Silva, V.H., Loureiro, A. and Luís, S., Work Sustainability: Insights from Employees and Managers on Weekly Working Hours, *Sustainability*, 17, 423, 2025.

Díaz-Chao, Á., Ficapal-Cusí, P. and Torrent-Sellens, J., Economic crisis and job quality in Spain: A multi-dimensional and micro-data empirical approach, *Social Indicators Research*, 125, 613-633, 2016.

Driscu, M.C., Tudora, A.C. and Tudora, G., Solidarity between Generations - Designing Age-Friendly, *Postmodern Openings*, 8(2), 40-50, 2017.

Elder, S. and Kring, S., *Young and female - a double strike? gender analysis of school-to-work transition surveys in 32 developing economies*, International Labour Office, 2016. (retrieved 25 June 2025) https://repositorio.minedu.gob.pe/bitstream/handle/

20.500.12799/3819/Young%20and%20female%20a%20double%20strike.pdf?sequence=1 (retrieved July 4, 2025).

Eurofound, *Sustainable Work over the Life Course: Concept Paper*, 2015. https://www.eurofound.europa.eu/ system/files/2015-06/ef1519en.pdf.

Eurofound, *Working Time Patterns for Sustainable Work*, 2017. https://www.eurofound.europa.eu/en/publications/2017/working-time-patterns-sustainable-work.

European Commission, *Report from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions on the Impact of Demographic Change*, European Commission: Brussels, Belgium, 2020.

European Parliament, *Gender equality: Economic value of care from the perspective of the applicable EU funds*, 2021. https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2021/694784/IPOL_STU(2021)694784_EN.pdf (retrieved July 4, 2025).

Faccio, M., Granata, I., Menini, M., Milanese, C., Rossato, C., Bottin, M., Minto, R., Pluchino, P., Gamberini, L., Boschetti, G. and Rosati, G., Human factors in the cobot era: A review of modern production systems' features, *Journal of Intelligent Manufacturing*, 34, 85-106, 2023.

Fekedulegn, D., Alterman, T., Charles, L.E., Kershaw, K.N., Safford, M.M., Howard, V.J. and MacDonald, L.A., Prevalence of workplace discrimination and mistreatment in a national sample of older U.S. workers: The REGARDS cohort study, *SSM - Population Health*, 8, 100444, 2019.

Ferraro, T., Pais, L., dos Santos, N.R. and Moreira, J.M., The Decent Work Questionnaire: Development and validation in two samples of knowledge workers, *International Labour Review*, 157(2), 243-265, 2018.

Fonseca, L.M., Domingues, J.P. and Dima, A.M., Mapping the Sustainable Development Goals Relationships, *Sustainability*, 12(8), 3359, 2020.

Frank, A.G., Dalenogare, L.S. and Ayala, N.F., Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies, *International Journal of Production Economics*, 210, 15-26, 2019.

Frey, D.F. and MacNaughton, G., A human rights lens on full employment and decent work in the 2030 sustainable development agenda, *Sage Open*, 1-13, 2016.

Fujiwara, Y., Shinkai, S., Kobayashi, E., Minami, U., Suzuki, H., Yoshida, H., Ishizaki, T., Kumagai, S., Watanabe, S., Furuna, T. and Suzuki, T., Engagement in paid work as a protective predictor of basic activities of daily living disability in Japanese urban and rural community-dwelling elderly residents: An 8-year prospective study, *Geriatrics & Gerontology International*, 16, 126-134, 2016.

Gálvez, A., Tirado, F. and Martínez, M.J., Work-Life Balance, Organizations and Social Sustainability: Analyzing Female Telework in Spain, *Sustainability*, 12, 3567, 2020.

Garthe, N. and Hasselhorn, H.M., Leaving and staying with the employer—Changes in work, health, and work ability among older workers, *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 94, 85-93, 2021.

Government of Western Australia, *A Guide to Managing an Ageing Workforce*, Public Sector Commission, 2010.

Gyllensten, K., Tore´n, K., Hagberg, M. and So¨derberg, M., A sustainable working life in the car manufacturing industry: The role of psychosocial factors, gender and occupation, *PLoS ONE*, 15(5), e0233009, 2020.

Harris, K., Krygsman, S., Waschenko, J. and Laliberte Rudman, D., Ageism and the older worker: A scoping review, *Gerontology*, 58, e1-e14, 2018.

Hooftman, W.E., Van Der Beek, A.J., Bongers, P.M. and Van Mechelen, W., Is there a gender difference in the effect of work-related physical and psychosocial risk factors on musculoskeletal symptoms and related sickness absence? *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 35(2), 85-95, 2009.

Husic, J.B., Melero, F.J., Barakovic, S., Lameski, P., Zdravevski, E., Maresova, P., Krejcar, O., Chorbev, I., Garcia, N.M. and Trajkovik, V., Aging at Work: A Review of Recent Trends and Future Directions, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17, 7659, 2020.

Huysse-Gaytandjieva, A., Groot, W. and Pavlova, M., A new perspective on job lock, *Social Indicators Research*, 112(3), 587-610, 2013.

ILO, *Safety in Numbers. Pointers for a Global Safety Culture at Work*, 2003. https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms_142840.pdf (retrieved July 4, 2025).

ILO, *ILO Centenary Declaration for the Future of Work*, 2019. https://www.oitcinterfor.org/en/node/7597 (retrieved July 4, 2025).

ILO, *Population Ageing: Alternative measures of dependency and implications for the future of work*, 2020, https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/@ed_emp/documents/publication/wcms_747257.pdf (retrieved July 4, 2025).

Japan International Cooperation Agency (JICA), *Facing up to the Problem of Population Aging in Developing Countries*, 2006, https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/11844420.pdf (retrieved July 4, 2025).

Jetha, A., Ginis, K.A.M., Ibrahim, S. and Gignac, M.A.M., The working disadvantaged: the role of age, job tenure and disability in precarious work, *BMC Public Health*, 20, 1900, 2020.

Jeong, B.Y. and Shin, D.S., Workplace universal design for the older worker: current issues and future directions, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 33(5), 365-376, 2014.

Kadir, B.A. and Broberg, O., Human-centered design of work systems in the transition to industry 4.0, *Applied Ergonomics*, 92, 103334, 2021.

Kim, J.S. and Jeong, B.Y., Universal safety & design; Transition from universal design to a new philosophy, *Work*, 67(1), 157-164, 2020.

Lee, S.B., Jeong, B.Y. and Park, M.H., Analysis of accident characteristics of foreign workers in domestic chemical industry, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 37(2), 169-82, 2018.

Lewchuk, W., Precarious jobs: where are they, and how do they affect wellbeing? *The Economic & Labour Relations Review*, 28(3), 402-419, 2017.

Littig, B., Good work? Sustainable Work and Sustainable Development: A Critical Gender Perspective from the Global North, *Globalizations*, 15, 565-579, 2018.

Longo, F., Padovano, A. and Umbrello, S., Value-Oriented and Ethical Technology Engineering in Industry 5.0: A Human-Centric Perspective for the Design of the Factory of the Future, *Applied Sciences*, 10, 4182, 2020.

Lu, Y., Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues, *Journal of Industrial Information Integration*, 6, 1-10, 2017.

Mace, R.L., Universal design: Barrier free environments for everyone, *Designers West*, 33(1), 147-152, 1985.

Marques, S., Mariano, J., Mendonça, J., De Tavernier, W., Hess, M., Naegele, L., Peixeiro, F. and Martins, D., Determinants of Ageism against Older Adults: A Systematic Review*, International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17, 2560, 2020.

Marchiondo, L.A., Gonzales, E. and Williams, L.J., Trajectories of perceived workplace age discrimination and long-term associations with mental, self-rated, and occupational health, *The Journals of Gerontology: Series B*, 74(4), 655-663, 2019.

Mattsson, M., Fast-Berglund, A., Li, D. and Thorvald, P., Forming a cognitive automation strategy for Operator 4.0 in complex assembly, *Computers and Industrial Engineering*, 139, 105360, 2020.

Messing, K., Lippel, K., Demers, D.L. and Mergler, D., Equality and difference in the workplace: Physical job demands, occupational illnesses, and sex differences, *NWSA Journal*, 12(3), 21-49, 2000.

Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D.G. and Group, P., Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement, *PLoS Medicine*, 6, e1000097, 2009.

Mezuk, B. and Rebok, G.W., Social integration and social support among older adults following driving cessation, *The Journals of Gerontology: Series B*, 63(5), S298-303, 2008.

OECD. *Health at a Glance 2019: OECD Indicators*, OECD Publishing: Paris, France, 2019.

Officer, A. and de la Fuente-Núñez, V., A global campaign to combat ageism, *Bulletin of the World Health Organization*, 96, 295, 2018.

Ordieres-Meré, J., Gutierrez, M. and Villalba-Díez, J., Toward the industry 5.0 paradigm: Increasing value creation through the robust integration of humans and machines, *Computers in Industry*, 150, 103947, 2023.

Oró-Piqueras, M. and Marques, S., Images of old age in YouTube: Destabilizing stereotypes, *Continuum*, 31, 257-265, 2017.

Osterrieder, P., Budde, L. and Friedli, T., The smart factory as a key construct of industry 4.0: A systematic literature review, *International Journal of Production Economics*, 221, 107476, 2020.

Patrick, H. and Kumar, V., Managing workplace diversity: Issues and challenges, *Sage Open*, 2(2), 1-15, 2012.

Pavania, L. and Ganugi, G., Social sustainability: what implications for social work? *European Journal of Social Work*, 27, 1271-1286, 2024.

Park, S.Y., The effects of health-related factors and social networks on depressive symptoms in elderly men and women: Focusing on the moderating effects of gender, *Health and Social Welfare Review*, 38(1), 154-190, 2018.

Page, M.J., McKenzie, J.E., Bossuyt, P.M., Boutron, I., Hoffmann, T.C., Mulrow, C.D., Shamseer, L., Tetzlaff, J.M., Akl, E.A., Brennan, S.E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J.M., Hróbjartsson, A., Lalu, M.M., Li, T., Loder, E.W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., McGuinness, L.A., Stewart, L.A., Thomas, J., Tricco, A.C., Welch, V.A., Whiting, P. and Moher, D., The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews, *Systematic Reviews*, 10, 89, 2021.

Pedersen, J., Schultz, B.B., Madsen, I.E.H., Solovieva, S. and Andersen, L.L., High physical work demands and working life expectancy in Denmark, *Occupational & Environmental Medicine*, 77, 576-582, 2020.

Poscia, A., Moscato, U., LaMilia, D.I., Milovanovic, S., Stojanovic, J., Borghini, A., Collamati, A., Ricciardi, W. and Magnavita, N., Workplace health promotion for older workers: A systematic literature review, *BMC Health Services Research*, 16(5), 329, 2016.

Post, C., Sarala, R., Gatrell, C. and Prescott, J.E., Advancing theory with review articles. *Journal of Management Studies*, 57(2), 351-376, 2020.

Rantanen, J., Muchiri, F. and Lehtinen, S., Decent Work, ILO's Response to the Globalization of Working Life: Basic Concepts and Global Implementation with Special Reference to Occupational Health, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17, 3351, 2020.

Romero, D., Stahre, J., Wuest, T., Noran, O., Bernus, P., Fast-Berglund, Å. and Gorecky, D., Towards an operator 4.0 typology: a human-centric perspective on the fourth industrial revolution technologies, *International Conference on Computers & Industrial Engineering (CIE46)*, Tianjin, 1-11, 2016.

Romero, D., Stahre, J. and Taisch, M., The Operator 4.0: towards socially sustainable factories of the future, *Computer and Industrial Engineering*, 139, 2020.

Saito, Y., Awareness of universal design among facility managers in Japan and the United States, *Automation in Construction*, 15(4), 462-478, 2006.

Seike, A., Towards a Lifelong Active Society: Coping with Japan's Changing Population, *Asia & the Pacific Policy Studies*, 3(3), 533-539, 2016.

Schoolman, E.D., Guest, J.S., Bush, K.F. and Bell, A.R., How interdisciplinary is sustainability research? Analyzing the structure of an emerging scientific field, *Sustainability Science*, 7(1), 67-80, 2012.

Siddaway, A.P., Wood, A.M. and Hedges, L.V., How to do a systematic review: A best practice guide for conducting and reporting narrative reviews, meta-analyses, and meta-syntheses. *Annual Review of Psychology*, 70, 747-770, 2019.

Silverstein, M., Meeting the Challenges of an Aging Workforce, *American Journal of Industrial Medicine*, 51(4), 269-280, 2008.

Sippli, K., Schmalzried, P., Rieger, M.A. and Voelter-Mahlknecht, S., Challenges arising for older workers from participating in a workplace intervention addressing work ability: a qualitative study from Germany, *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 94, 919-933, 2021.

Smith, C.H., Shippee, T. and Capistrant, B., Later-life disability in environmental context: Why living arrangements matter, *Gerontologist*, 58(5), 853-862, 2018.

Snyder, H., Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333-339, 2019.

Sylla, N., Bonnet, V., Colledani, F. and Fraisse, P., Ergonomic Contribution of ABLE Exoskeleton in Automotive Industry, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 44(4), 475-481, 2014.

Taylor, P., McLoughlin, C. and Earl, C., Everyday discrimination in the Australian workplace: Assessing its prevalence and age and gender differences, *Australasian Journal on Ageing*, 37, 245-251, 2019.

Thomese, F. and van Tilburg, T., Neighbouring networks and environmental dependency. differential effects of neighbourhood characteristics on the relative size and composition of neighbouring networks of older adults in The Netherlands, *Ageing & Society*, 20, 55-78, 2000.

Tomioka, K., Kurumatani, N. and Hosoi, H., Beneficial effects of working later in life on the health of community-dwelling older adults, *Geriatrics & Gerontology International*, 18, 308-314, 2018.

Tompa, E., Scott-Marshall, H., Dolinschi, R., Trevithick, S. and Bhattacharyya, S., Precarious employment experiences and their health consequences: towards a theoretical framework, *Work*, 28(3), 209-224, 2007.

Tonia, N., Engagement with sustainability at the International Labour Organization and wider implications for collective worker voice, *International Labour Review*, 159, 463-482, 2020.

Torraco, R.J., Writing integrative literature reviews: Guidelines and examples. *Human Resource Development Review*, 4(3), 356-367, 2005.

Tortorella, G.G., Saurin, T.A., Hines, P., Antony, J. and Samson, D., Myths and facts of industry 4.0, *International Journal of Production Economics*, 255, 108660, 2023.

Trstenjak, M., Benešova, A., Opetuk, T. and Cajner, H., Human factors and ergonomics in Industry 5.0—A systematic literature review, *Applied Sciences*, 15, 2123, 2025.

UN, World Population Ageing 2020 Highlights, https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/undesa_pd2020_world_population_ageing_highlights.pdf (retrieved July 4, 2025).

United Nations Brundtland Report, *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*, 1987. https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf (retrieved July 4, 2025).

Varianou-Mikellidou, C., Boustras, G., Dimopoulos, C., Wybo, J.L., Guldenmund, F.W., Nicolaidou, O. and Anyfantis, I., Occupational health and safety management in the context of an ageing workforce, *Safety Science*, 116, 231-244, 2019.

Vogt, M. and Weber, C., Current challenges to the concept of sustainability, *Global Sustainability*, 2(e4), 1-6, 2019.

Welsh, J., Strazdins, L., Charlesworth, S., Kulik, C.T. and Butterworth, P., Health or harm? A cohort study of the importance of job quality in extended workforce participation by older adults, *BMC Public Health*, 16, 885, 2016.

WHO, *Global strategy on occupational health for all: The way to health at work*, 1995. https://www.who.int/publications/i/item/global-strategy-on-occupational-health-for-all-the-way-to-health-at-work (retrieved July 4, 2025).

WHO, *Global Age-friendly Cities: A Guide*, WHO, 2007. https://www.who.int/publications/i/item/9789241547307 (retrieved July 4, 2025).

WHO, *Global Strategy and Action Plan on Ageing and Health*, World Health Organization: Geneva, Switzerland, 2017.

WHO, *Age-friendly environments in Europe: Indicators, monitoring and assessments*, 2018. https://www.who.int/publications/i/item/WHO-EURO-2020-1088-40834-55192 (retrieved July 4, 2025).

WHO, *Ageing and Health*, 2024. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health (retrieved July 4, 2025).

Xu, X., Lu, Y.Q., Vogel-Heuser, B. and Wang, L.H., Industry 4.0 and Industry 5.0-Inception, conception and perception, *Journal of Manufacturing Systems*, 61, 530-535, 2021.

Yen, I.H. and Anderson, L.A., Built environment and mobility of older adults: important policy and practice efforts, *Journal of the American Geriatrics Society*, 60(5), 951-956, 2012.

Yeung, W.J.J. and Yang, Y., Labor Market Uncertainties for Youth and Young Adults: An International Perspective, 2020, *The Annals of the American Academy of Political and Social Science*, 688(1), 7-19, 2020.

Young, Y., Frick, K.D. and Phelan, E.A., Can successful aging and chronic illness coexist in the same individual? A multidimensional concept of successful aging, *Journal of the American Medical Directors Association*, 10(2), 87-92, 2009.

Zhang, Y., van Dijk, T., Tang, J. and van den Berg, A.E., Green space attachment and health: A comparative study in two urban neighborhoods, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(11), 14342-14363, 2015.

Zolotová, I., Papcun, P., Kajáti, E., Miškuf, M. and Mocnej, J., Smart and cognitive solutions for Operator 4.0: Laboratory H-CPPS case studies, *Computers & Industrial Engineering*, 139, 105471, 2020.

Zorzenon, R., Lizarelli, F.L. and Moura, D.B.A.A., What is the potential impact of industry 4.0 on health and safety at work? *Safety Science*, 153, 105802, 2022.

Author listings

Byung Yong Jeong: byjeong@hansung.ac.kr
Highest degree: PhD, Department of Industrial Engineering, KAIST
Position title: Professor, Industrial and Systems Engineering, Hansung University
Areas of interest: Ergonomics, Safety and Health Management, Universal Safety and Design