JESK J Ergon Soc Korea 2023; 42(5): 449-462
https://dx.doi.org/10.5143/JESK.2023.42.5.449
https://jesk.or.kr eISSN:2093-8462

Exposure to Occupational Hazards and Musculoskeletal Pains in the Construction Workers

Hyun Jin Park[1,2], Byung Yong Jeong[2], Myoung Hwan Park[2]

[1]Korea Occupational Safety and Health Agency, Eastern Gyeonggi Area Office, Seongnam, 13551
[2]Hansung University, Department of Industrial & Management Engineering, Seoul, 02876

건설업 근로자의 유해요인노출과 근골격계통증

박현진[1,2], 정병용[2], 박명환[2]

[1]안전보건공단
[2]한성대학교 산업경영공학과

Corresponding Author
Myoung Hwan Park
Hansung University, Department of Industrial & Management Engineering, Seoul, 02876
Email : mhpark@hansung.ac.kr

Received : August 13, 2023
Revised : August 26, 2023
Accepted : September 19, 2023

Copyright@2023 by Ergonomics Society of Korea. All right reserved.

Objective: This study aims to systematically analyze the factors influencing subjective musculoskeletal pains by comprehensively considering the exposure duration of physical, biochemical, and ergonomic hazards among construction workers.

Background: Construction workers are exposed to a variety of hazard factors, including not only chemical and biological hazards but also physical and ergonomic hazards.

Method: The study analyzed survey data of 910 construction workers in South Korea from the 6th Korean Working Conditions Survey (KWCS) using binary logistic regression analysis, with worker characteristics and levels of exposure to hazard factors as independent variables and musculoskeletal pains, specifically back pain, upper limb pain, and lower limb pain as dependent variables.

Results: The prevalence of upper limb pain complaints among workers was high at 43.5%, followed by 34.5% for back pain and 22.3% for lower limb pain. According to the results of binary logistic regression analysis, the worker characteristics influencing musculoskeletal pains were age, temporary employment status, and weekly working hours. Temporary employment status had an impact on all types of musculoskeletal pains, while increasing age was a factor for both back pain and upper limb pain. On the other hand, lower limb pain was influenced by weekly working hours. As for the hazard factors, exposure to ergonomic hazards such as manual heavy loads handling, awkward posture, and repetitive motion were found to affect the musculoskeletal pains. And among physical hazards, exposure to vibrations was identified as an influencing factor. The exposure to manual heavy loads handling affected all types of musculoskeletal pains, while the exposure to awkward posture affected back pain and lower limb pain. The exposure to repetitive motion affected lower limb pain and upper limb pain. In contrast, the exposure to vibration was associated with upper limb pain.

Conclusion: Musculoskeletal pains among construction workers were influenced by ergonomic hazards such as exposures to manual heavy loads handling, awkward posture, and repetitive motion. Additionally, exposure to vibrations was found to affect upper limb pain.

Application: This study can be applied to derive preventive policies by identifying the

factors on musculoskeletal pains among construction workers through comprehensive consideration of hazard factors.

Keywords: Construction worker, Hazard exposure level, Musculoskeletal pains, 6th KWCS

1. Introduction

건설업 근로자들은 화학적 및 생물학적 유해요인 뿐 만 아니라 물리적 유해요인과 인간공학적 유해요인 등 다양한 유해요인에 노출되고 있다(Zalk et al., 2011). 화학적 위험은 공기 중의 먼지, 미스트, 증기 또는 가스로 나타나고 생물학적 위험은 독성물질이나 감염성 미생물에 노출될 때 발생하며 일반적으로 흡입에 의해 발생하지만 피부를 통해 흡수될 수도 있다(Eurofound, 2017). 먼지, 화학물질 및 잠재적으로 위험한 혼합물은 건설 작업에서 일반적이며 호흡 문제와 피부염을 일으킬 수 있다(Chung et al., 2019). 물리적 위험에는 소음, 열과 추위, 진동이 포함된다(Lette et al., 2018). 건설 작업은 덥거나 춥거나 비가 오거나 눈이 오는 날씨나 밤에 이루어지며(Eurofound, 2017; ILO, 2011), 소음과 진동의 노출로 인해 건강 문제가 발생하는 업종 중의 하나이다(Jo et al., 2017). 인간공학적 위험은 과도한 힘, 빈번한 굽힘과 뒤틀림의 불편한 작업 자세, 반복적인 움직임 등이 해당된다(Eurofound, 2017). 건설업에서는 어색한 자세, 무거운 물건을 다루는 자세, 서 있는 자세, 반복적인 동작 등이 대표적이며, 이러한 인간공학적 위험요인은 근골격계통증을 유발하는 주된 요인으로 인식되고 있다(Jeong, 1998; ILO, 2011; Zhang et al., 2015; Eurofound, 2017; Purani and Sharma, 2017; Umer et al., 2018; Chung et al., 2019).

건설 근로자는 건설 프로젝트별로 고용되며, 한 프로젝트는 몇 주 또는 몇 달간 소요된다(Eaves et al., 2016). 또한, 하나의 프로젝트가 완료되면 근로자와 고용주는 다시 다른 프로젝트를 시작하기 위해 장소를 이동해야 하므로(Eaves et al., 2016; Nadhim et al., 2016), 작업 환경이 프로젝트에 따라 변하는 상황이 되어 위험을 인지하기 어려울 수 있다(Eaves et al., 2016; Zhang et al., 2015). 건설업에는 직업의 불안정성과, 고용불안 및 저임금으로 인해 젊은 근로자의 유입이 적으므로 고령 근로자의 비율이 높고, 고령 근로자들은 근골격계통증에 취약한 것으로 나타나고 있다(Jeong, 1998; Zhang et al., 2015; Idrees et al., 2017; Purani and Sharma, 2017; Lette et al., 2018; Umer et al., 2018; Choi et al., 2019; Chung et al., 2019). 2021년 한국의 건설업 근로자들 중에서 발생한 근골격계질환자 수는 2,063명으로 전체 산업에서 발생한 11,868명 중에서 약 17.4%를 차지하는 것으로 나타났다. 그러나, 60세 이상의 고령 건설업 근로자에게서 발생한 근골격계질환자 수는 1,070명으로 전체 산업의 고령 근로자의 근골격계질환자 수 2,063명의 51.8%를 차지하는 것으로 나타났다(Ministry of Employment and Labor, 2021).

작업관련성 근골격계통증은 근골격계질환과 밀접한 관계를 가지고 있으며, 작업으로 인한 통증이 근골격계통증이 만성화되어 잠을 이루지 못할 정도이거나 작업성능을 떨어뜨리게 되는 경우에는 근골격계질환에 노출될 가능성이 커진다. 근골격계질환은 반복적이고 누적되는 특정한 일 또는 동작과 연관되어 신체의 일부를 무리하게 사용하면서 나타나는 질환으로 신경, 근육, 인대, 관절 등에 문제가 생겨, 통증과 이상 감각, 마비 등의 증상이 나타나는 질환들을 총칭하여 말한다(Schneider, 2001; Vedder and Carey, 2005; Rwamamara et al., 2010).

근골격계통증을 발생시키는 주요 요인은 작업에서 노출되는 인간공학적 유해요인이 가장 밀접한 관계가 있는 것으로 알려지고 있지만, 물리적 유해요인과 화학적 생물학적 유해요인의 노출도 통증을 유발시키는 데 연관이 있는 것으로 알려지고 있다. 그러나, 이들 유해요인들의 노출시간을 모두 복합적으로 고려하여 근골격계통증에 영향을 미치는 유해요인의 우선순위와 영향 정도를 체계적으로 분석한 연구는 부족하다.

건설 노동자들이 직업적 위험에 노출되는 정도를 조사하는 것은 다양한 위험 중에서 어떤 위험요인을 우선적으로 통제해야 하는가를 정하는데 도움이 된다. 그러나, 건설업 근로자들이 화학적 및 생물학적 유해요인 뿐 만 아니라 물리적 유해요인과 인간공학적 유해요인 등 다양한 유해요인에 하루에 얼마나 노출되는지를 분석한 연구는 매우 부족하다. 특히, 이러한 다양한 유해요인에 대한 노출이 근골격계통증에 어떻게 영향을 미치는지를 체계적으로 분석한 연구는 드물다. 본 연구는 건설업에 종사하는 현장 근로자들이 작업현장에서 어떤 유해요인에 얼마나 노출되는지를 조사한다.

본 연구에서는 건설업 현장 근로자들이 물리적 유해위험요인(진동, 소음, 고온, 저온), 화학적 및 생리적 유해위험요인(매연 및 먼지, 증기, 피부접촉, 감염), 인간공학적 유해위험(불편한 자세, 중량물 취급, 선 자세, 반복동작)에 노출되는지에 관하여 조사하고자 한다. 또한, 근로자의 특성 및 이들 유해요인들의 노출시간을 모두 복합적으로 고려하여 요통, 상지 통증, 하지 통증, 또는 이들 어느 한 부위라도 통증을 가진 근로자들의 근골격계통증에 영향을 미치는 유해요인의 우선순위와 영향 정도를 체계적으로 분석하고자 한다.

2. Method

2.1 Data collection

본 연구는 안전보건공단 산업안전보건연구원(OSHRI, 2022)에서 주관한 제6차 근로환경조사(KWCS)의 설문자료를 이용하여 분석하였다. KWCS 설문지(OSHRI, 2022)는 EWCS 설문지(Eurofound, 2017)와 연계한 특성의 설문으로 구성되었다.

2020년도 시행된 제6차 한국 근로환경조사의 원시자료는 총 50,000명의 응답자에 관한 자료로 구성되어 있다(OSHRI, 2022). 본 연구에서는 건설업 종사자에 관한 연구 수행을 위하여 한국표준산업분류(Statistics Korea, 2017a)의 41(종합건설업), 42(전문직별 공사업)에 해당되는 자료를 필터로 이용하여 연구대상자를 추출하였다. 또한 건설현장에서 일하는 건설업 근로자들을 한국표준직업분류(Statistics Korea, 2017b)에 따라 7(기능원 및 관련 기능 종사자), 8(장치·기계 조작 및 조립 종사자), 9(단순노무 종사자)에 해당되는 자료를 필터를 이용하여 최종적으로 현장직 근로자 834명을 도출하였다.

2.2 Research variables

본 연구의 연구변수는 KWCS 설문지(OSHRI, 2022) 중 근로자 특성, 유해위험요인 노출수준 특성, 근골격계통증 특성으로 구성되었다.

근로자 특성은 응답자의 연령, 고용계약형태, 근무경력, 주당근로시간 등으로 구성되었다.

유해요인 노출수준 특성에는 물리적 유해요인(진동, 소음, 고온, 저온), 화학적 및 생리적 유해요인(매연 및 먼지, 증기, 화학물질 피부접촉, 담배연기, 감염), 인간공학적 유해요인(불편한 자세, 무거운 물체 취급, 환자 취급, 선 자세, 앉은 자세, 반복동작)으로 구성되었다.

KWCS 설문지에서 각 유해요인에 대한 노출수준은 작업단위를 수행하는데 노출되는 정도를 언어 의미적으로 답변한 노출빈도점수(7점 척도 = 1: Never, 2: Almost never, 3: 1/4 time, 4: 1/2 time, 5: 3/4 time, 6: Most of the time, 7: Always)로 조사되었다. 본 연구에서는 근로자별로 근로자의 주당근무시간과 주당근무일수가 다를 수 있으므로, 각 유해요인별 하루 노출시간을 추정하기 위하여(하루 노출시간)=(주당근무시간/근무일수)*(위험요인별 노출가중치)로 추정하였다. 유해요인별 노출가중치는 7점 척도의 노출빈도점수를 공동연구자들의 협의를 통하여 가중치로 환산하여 부여하였으며, 5, 6, 7 노출빈도점수는 가중치 3/4점으로, 4는 가중치 1/2으로, 3는 1/4으로, 1, 2는 0.1으로 부여하였다. 건설업 근로자의 근골격계통증에 대한 영향요인의 파악을 위해 유해요인별 노출등급을 산정하였으며, 유해요인별 노출등급은 OSHA의 근골격계 위험요인의 노출시간 분류기준인 hazard zone (Washington State Department of Labor and Industries, 2022a)과 caution zone (Washington State Department of Labor and Industries, 2022b)에 따라 환산 노출시간을 3등급으로 분류하였다. 노출시간이 가장 낮은 등급으로 '2시간 미만 노출'은 등급 0, '2시간 이상 - 4시간 미만 노출'은 등급 1, 가장 많이 노출되는 '4시간 이상 노출'은 등급 2로 구분하였다.

근골격계통증을 나타내는 종속변수로는 6차 근로환경조사 설문지 내용 중 'Q70-1. 건강상 문제의 업무상 관련 여부' 문항 중 요통, 상지 근육통, 하지 근육통과 any pain으로 표현되며, any pain은 허리, 상지, 하지 통증 중 어느 한 곳이라도 통증을 느낀다고 응답한 근로자를 의미한다.

2.3 Data analysis and reliability analysis

본 연구에서는 이항 로지스틱 회귀분석을 활용하여 건설업 근로자의 근골격계통증에 영향을 미치는 요인을 파악하고자 한다.

이항 로지스틱 회귀분석을 이용하여 근골격계통증(요통, 상지 통증, 하지 통증, any pain)을 종속변수로 두고, 종속변수에 영향을 미치는 요인에 해당하는 독립변수로 age, type of employment, work experience, working hours/week, 근속년수, 물리적 위험유해요인(진동, 소음, 고온, 저온)의 노출등급, 화학 및 생물학적 위험유해요인(퓸 및 먼지, 증기, 화학물질 피부접촉, 담배연기, 감염)의 노출등급, 인간공학적 유해요인(불편한 자세, 무거운 물체 취급, 환자 취급, 선 자세, 앉은 자세, 반복동작)의 노출등급이 활용되었다.

Table 1은 독립변수 중 물리적 위험요인, 화학적 및 생물학적 위험요인, 인간공학적 위험요인에 관한 설문 문항에 대하여 신뢰성 분석을 실시한 결과를 나타낸다. 신뢰성 분석에서 인간공학적 유해요인 중 환자 운반 및 이송, 좌식 자세 문항은 제거되었다.

Table 1. Reliability analysis on hazard factors

Latent variable	Initial items	Removed question item	Final items	Cronbach's alpha
Physical hazards	4	0	4	0.799
Chemical hazards	5	0	5	0.791
Ergonomic hazards	6	Manual patient lifting/ carrying, Sitting posture	4	0.584

통계분석에 사용된 통계패키지는 SPSS 18.0이었고 유의수준은 0.05였다. 근골격계통증에 관한 이항 로지스틱 회귀모형의 설명력은 Nagelkerke value를 이용하였으며, 모형의 적합도는 χ^2 값과 significance value를 이용하였으며, 예측의 정확성은 %로 표현되었다.

3. Results

3.1 Factors affecting back pain

본 연구의 건설업 근로자들은 전체의 34.5%가 요통을 호소하는 것으로 나타났다. Table 2는 각 변수 등급별 빈도수(N)와 요통 호소율(%)과 요통을 종속변수로 하여 이항 로지스틱 회귀분석을 수행한 결과를 나타낸다. 요통 호소율은 각 변수의 등급별 요통을 호소한 근로자의 비율을 나타낸다. 예를 들면 Age 변수의 Reference variable인 <40세 미만의 그룹은 187명이며, 요통 호소율은 20.9%임을 의미한다.

Table 2에서 보면 요통 호소율은 연령별로는 50대 이상, 고용형태는 임시직에서 높아지는 반면, 유해요인 노출시간등급에서는 부적절한 자세의 노출시간이 2시간 이상에서, 중량물 취급의 노출시간등급은 2시간 이상에서 상대적으로 높아지는 것으로 나타났다.

요통에 관한 이항 로지스틱 회귀모형에서는 설명력은 만족스러운 것으로 나타났으며(Nagelkerke value=0.182), 모형의 적합도는 적합하며(χ^2=6.901, significance value=0.547), 예측의 정확성은 68.1%로 나타났다. 요통에 영향을 주는 요인은 연령(p<0.001), 고용형태(p=0.002), 부적절한 자세의 노출시간등급(p<0.001), 중량물 취급의 노출시간등급(p=0.001)으로 나타났다.

Table 2에서 이항 로지스틱 회귀분석의 요통에 관한 영향요인의 세부결과를 보면, 연령의 경우 40세 미만(reference)에 비해 요통을 호소할 가능성이 50대가 2.149배, 60세 이상이 2.516배 높은 것으로 나타났다. 고용형태의 경우 정규직에 비해 비정규직이 요통을 호소할 가능성이 1.653배 높은 것으로 나타났다. 부적절한 자세의 노출시간등급의 경우, 2시간 미만 노출되는 경우 보다 2시간 이상 4시간 미만 노출되는 경우 1.889배, 4시간 이상 노출되는 경우 2.192배 높은 것으로 나타났다. 중량물 취급의 노출시간등급의 경우에는 2시간 미만 노출되는 경우에 비해 4시간 이상 노출되는 경우 2.047배 높은 것으로 나타났다.

Table 2. Results of the logistic regression on back pain

Variables	N	%	B	*p* value	Exp (B)	95% Confidence interval of EXP (B)	
						Lower	Upper
Age				**<0.001***			
< 40 (ref)	187	20.9%					
40s	194	29.4%	0.497	0.050	1.643	1.001	2.697
50s	251	39.8%	0.765	**0.001***	2.149	1.352	3.415
≥ 60	202	45.5%	0.923	**<0.001***	2.516	1.551	4.082
Type of employment							
Regular (ref)	417	26.1%					
Temporary	417	42.9%	0.503	**0.002***	1.653	1.194	2.290
Vibration				0.088			
< 2 hours (ref)	278	22.3%					
2~4 hours	194	38.7%	0.456	**0.045***	1.578	1.009	2.468
≥ 4 hours	362	41.7%	0.388	0.059	1.475	0.985	2.208
Awkward posture				**<0.001***			
< 2 hours (ref)	296	20.6%					
2~4 hours	170	34.1%	0.636	**0.006***	1.889	1.197	2.982
≥ 4 hours	368	45.9%	0.785	**<0.001***	2.192	1.489	3.227
Manual heavy loads handling				**0.003***			
< 2 hours (ref)	259	21.2%					
2~4 hours	280	33.2%	0.310	0.153	1.363	0.892	2.085
≥ 4 hours	295	47.5%	0.717	**0.001***	2.047	1.343	3.122
Repetitive motion				0.051			
< 2 hours (ref)	193	24.4%					
2~4 hours	137	29.2%	-0.032	0.907	0.969	0.567	1.655
≥ 4 hours	504	39.9%	0.406	0.051	1.500	0.997	2.257
Constant			-2.928	**<0.001***	0.053		

Note: *significant at 0.05; % = Proportion of reported back pain; ref = Reference variable

3.2 Factors affecting upper limb pain

본 연구의 건설업 근로자들은 전체의 43.5%가 상지 통증을 호소하는 것으로 나타났다. Table 3 각 변수 등급별 빈도수(N)와 상지 통증 호소율(%)과 상지 통증을 종속변수로 하여 이항 로지스틱 회귀분석을 수행한 결과를 나타낸다. Table 3에서 상지 통증 호소율은 연령별로는 40대 이상, 고용형태는 임시직, 유해요인 노출시간등급에서는 진동 노출시간이 2시간 이상에서 높아지는 반면, 반복 자세 및 중량물 취급의 노출시간등급은 4시간 이상에서 상대적으로 높아지는 것으로 나타났다.

상지 통증에 관한 이항 로지스틱 회귀분석 모형은 설명력이 만족스러운 것으로 나타났으며(Nagelkerke value=0.111), 모형의 적합도도 적합하며(χ^2=3.526, significance value=0.897), 예측의 정확성은 62.1%로 나타났다. 상지 통증에 영향을 주는 요인은 연령(p=0.002), 고용형태(p=0.037), 진동(p=0.049), 중량물 취급(p<0.001), 반복 작업(p=0.016)으로 나타났다.

Table 3에서 이항 로지스틱 회귀분석의 상지 통증에 관한 영향요인의 세부결과를 보면, 연령의 경우에는 40세 미만의 경우에 비해 40대가 2.060배, 50대가 2.089배, 60세 이상이 1.980배 상지 근육통을 호소할 가능성이 높은 것으로 나타났다. 고용형태의 경우에는 정규직에 비해 비정규직이 상지 근육통을 호소할 가능성이 1.379배 높은 것으로 나타났다. 진동 노출시간등급의 경우에는 2시간 미만 노출되는 경우 보다 2시간 이상 4시간 미만 노출되는 경우 1.568배, 4시간 이상 노출되는 경우 1.464배 높은 것으로 나타났다. 중량물 취급 노출시간등급에서는 2시간 미만 노출되는 경우에 비해 4시간 이상 노출되는 경우 1.966배 높은 것으로 나타났다. 반복동작 노출시간등급에서도 2시간 미만 노출되는 경우에 비해 4시간 노출되는 경우 상지 근육통을 호소할 가능성이 1.660배 높은 것으로 나타났다.

Table 3. Results of the logistic regression on upper limb pain

Variables	N	%	B	*p* value	Exp (B)	95% Confidence interval of EXP (B)	
						Lower	Upper
Age				**0.002***			
< 40 (ref)	187	29.4%					
40s	194	43.8%	0.723	**0.001***	2.060	1.326	3.201
50s	251	49.4%	0.737	**0.001***	2.089	1.373	3.179
≥ 60	202	49.0%	0.683	**0.003***	1.980	1.270	3.087
Type of employment							
Regular (ref)	417	37.2%					
Temporary	417	49.9%	0.321	**0.037***	1.379	1.019	1.866
Vibration				**0.049***			
< 2 hours (ref)	278	33.5%					
2~4 hours	194	46.4%	0.450	**0.030***	1.568	1.045	2.352
≥ 4 hours	362	49.7%	0.381	**0.036***	1.464	1.025	2.091
Manual heavy loads handling				**<0.001***			
< 2 hours (ref)	259	33.6%					
2~4 hours	280	39.3%	0.064	0.741	1.066	0.730	1.556
≥ 4 hours	295	56.3%	0.676	**<0.001***	1.966	1.345	2.872
Repetitive motion				**0.016***			
< 2 hours (ref)	193	33.2%					
2~4 hours	137	38.7%	0.173	0.480	1.188	0.737	1.917
≥ 4 hours	504	48.8%	0.507	**0.007***	1.660	1.149	2.397
Constant			-1.870	**<0.001***	0.154		

Note: *significant at 0.05; % = Proportion of reported upper limb pain; ref = Reference variable

3.3 Factors affecting lower limb pain

본 연구의 건설업 근로자들은 전체의 22.3%가 하지 통증을 호소하는 것으로 나타났다. Table 4는 각 변수 등급별 빈도수(N)와 하지 통증 호소율(%)과 하지 통증을 종속변수로 하여 이항 로지스틱 회귀분석을 수행한 결과를 나타낸다. Table 4에서 하지 통증 호소율은 고용형태는 임시직, 주당작업시간은 53시간 이상, 유해요인 노출시간등급에서는 반복동작, 반복 자세, 중량물 취급의 노출시간등급은 4시간 이상에서 상대적으로 높아지는 것으로 나타났다.

하지 통증에 관한 이항 로지스틱 회귀분석 모형은 설명력이 만족스러운 것으로 나타났으며(Nagelkerke value=0.173), 모형의 적합도도 적합하며(χ^2=9.247, significance value=0.322), 예측의 정확성은 77.2%로 나타났다. 하지 통증에 영향을 주는 요인은 고용형태(p=0.021), 주당근무시간(p=0.001), 부적절한 자세(p<0.001), 중량물 취급(p<0.001), 반복동작(p=0.04)으로 나타났다.

Table 4에서 이항 로지스틱 회귀분석의 하지 통증에 관한 영향요인의 세부결과를 보면, 고용형태의 경우, 정규직에 비해 비정규직이 하지 근육통을 호소할 가능성은 1.564배 높은 것으로 나타났다. 주당근무시간이 52시간 초과인 경우 40시간 미만인 경우 보다 하지 근육통을 호소할 가능성이 2.484배 높은 것으로 나타났다. 부적절한 자세의 노출시간등급에서는 4시간 이상 노출된 경우 2시간 미만 노출된 경우에 비해 하지 근육통을 호소할 가능성이 2.554배 높은 것으로 나타났다. 중량물 취급의 노출시간등급에서는 4시간 이상 노출된 경우 2시간 미만 노출된 경우 보다 하지 근육통을 호소할 가능성이 2.208배 높은 것으로 나타났다. 또한, 반복동작의 노출시간등급에서도 2시간 미만 노출되는 경우에 비해 4시간 이상 노출되는 경우 하지 근육통을 호소할 가능성이 1.668배 높은 것으로 나타났다.

Table 4. Results of the logistic regression on lower limb pain

Variables	N	%	B	p value	Exp (B)	95% Confidence interval of EXP (B)	
						Lower	Upper
Age				0.080			
< 40 (ref)	187	14.4%					
40s	194	22.2%	0.614	**0.035***	1.848	1.046	3.265
50s	251	23.1%	0.438	0.115	1.549	0.899	2.669
≥ 60	202	28.7%	0.701	**0.014***	2.015	1.150	3.532
Type of employment							
Regular (ref)	417	17.0%					
Temporary	417	27.6%	0.447	**0.021***	1.564	1.070	2.287
Working time/week				**0.001***			
< 40 (ref)	513	21.6%					
40~52	253	18.6%	-0.241	0.247	0.786	0.522	1.182
≥ 53	68	41.2%	0.910	**0.002***	2.484	1.395	4.422
Awkward posture				**<0.001***			
< 2 hours (ref)	296	11.8%					
2~4 hours	170	17.6%	0.469	0.098	1.598	0.918	2.784
≥ 4 hours	368	32.9%	0.938	**<0.001***	2.554	1.641	3.974

Table 4. Results of the logistic regression on lower limb pain (Continued)

Variables	N	%	B	*p* value	Exp (B)	95% Confidence interval of EXP (B)	
						Lower	Upper
Manual heavy loads handling				**<0.001***			
< 2 hours (ref)	259	13.5%					
2~4 hours	280	17.5%	0.098	0.701	1.103	0.670	1.816
4 hours	295	34.6%	0.792	**0.001***	2.208	1.386	3.518
Repetitive motion				**0.040***			
< 2 hours (ref)	193	14.0%					
2~4 hours	137	16.8%	0.012	0.971	1.012	0.532	1.925
≥ 4 hours	504	27.0%	0.512	**0.039***	1.668	1.025	2.714
Constant			-3.256	**<0.001***	0.039		

Note: *significant at 0.05; % = Proportion of reported lower limb pain; ref = Reference variable

3.4 Factors affecting any pain

본 연구의 건설업 근로자들은 요통, 상지, 하지 통증 어느 한 부위라도 통증을 호소하는 근로자가 50.0%로 나타났다. Table 5는 요통, 상지 통증, 하지 통증 중 어느 한 부위에서라도 통증을 호소하는지 여부에 관한 통증 호소율과 any pain을 종속변수로 하여 이항 로지스틱 회귀분석을 수행한 결과이다. Table 5에서 any pain 호소율은 연령은 40대 이상에서, 고용형태는 임시직, 유해요인 노출시간등급에서는 부적절한 자세, 반복동작, 중량물 취급의 노출시간등급은 4시간 이상에서 상대적으로 높아지는 것으로 나타났다.

Any pain에 관한 이항 로지스틱 회귀분석 모형은 설명력이 만족스러운 것으로 나타났으며(Nagelkerke value=0.162), 모형의 적합도도 적합하며(χ^2=4.915, significance value=0.767), 예측의 정확성은 65.5%로 나타났다. 요통, 상지, 하지 중 어느 한 부위라도 통증을 호소하는지 여부에 영향을 주는 요인은 연령(p=0.004), 고용형태(p=0.001), 부적절한 자세(p=0.002), 중량물 취급(p=0.001), 반복 동작(p=0.035)으로 나타났다.

Table 5에서 이항 로지스틱 회귀분석의 any pain에 관한 영향요인의 세부결과를 보면, 연령에서는 40세 미만보다 요통, 상지, 하지 어느 부위 중 하나라도 통증을 호소할 가능성이 40대가 2.020배, 50대가 2.077배, 60세 이상이 1.874배 높은 것으로 나타났다. 고용형태

Table 5. Results of the logistic regression on any pain

Variables	N	%	B	*p* value	Exp (B)	95% Confidence interval of EXP (B)	
						Lower	Upper
Age				**0.004***			
< 40 (ref)	197	35.0%					
40s	212	50.9%	0.703	**0.002***	2.020	1.290	3.163
50s	282	56.0%	0.731	**0.001***	2.077	1.344	3.209
≥ 60	219	53.4%	0.628	**0.007***	1.874	1.183	2.968

Table 5. Results of the logistic regression on any pain (Continued)

Variables	N	%	B	*p* value	Exp (B)	95% Confidence interval of EXP (B)	
						Lower	Upper
Type of employment							
Regular (ref)	421	41.8%					
Temporary	428	58.2%	0.524	**0.001***	1.689	1.229	2.321
Work experience				0.074			
< 3 (ref)	289	46.7%					
3~5	114	50.0%	0.563	**0.024***	1.756	1.075	2.866
≥ 5	498	50.8%	0.222	0.199	1.249	0.889	1.754
Vibration				0.059			
< 2 hours (ref)	300	37.7%					
2~4 hours	214	55.6%	0.503	**0.018***	1.654	1.092	2.504
≥ 4 hours	396	55.6%	0.231	0.221	1.260	0.870	1.826
Infection				0.091			
< 2 hours (ref)	843	49.9%					
2~4 hours	33	42.4%	-0.740	0.065	0.477	0.217	1.047
≥ 4 hours	30	56.7%	-0.582	0.195	0.559	0.232	1.348
Awkward posture				**0.002***			
< 2 hours (ref)	318	37.4%					
2~4 hours	190	45.3%	0.149	0.482	1.160	0.766	1.757
≥ 4 hours	401	61.3%	0.628	**0.001***	1.874	1.311	2.680
Manual heavy loads handling				**0.001***			
< 2 hours (ref)	281	36.7%					
2~4 hours	304	48.7%	0.237	0.221	1.268	0.867	1.854
≥ 4 hours	324	62.0%	0.712	**<0.001***	2.037	1.371	3.027
Repetitive motion				**0.035***			
< 2 hours (ref)	211	37.0%					
2~4 hours	151	45.0%	0.170	0.489	1.185	0.732	1.919
≥ 4 hours	548	55.8%	0.468	**0.013***	1.597	1.102	2.316
Constant			-2.117	**<0.001***	0.120		

Note: *significant at 0.05; % = Proportion of reported any pain; ref = Reference variable

의 경우 정규직에 비해 비정규직이 요통, 상지, 하지 어느 부위 중 하나라도 통증을 호소할 가능성이 1.689배 높은 것으로 나타났다. 부적절한 자세의 노출시간등급에서는 4시간 이상 노출되는 경우 2시간 미만 노출되는 경우보다 요통, 상지, 하지 어느 부위 중 하나라도 통증을 호소할 가능성이 1.874배 높은 것으로 나타났다. 중량물 취급 노출시간등급에서도 4시간 이상 노출되는 경우에는 2시간

미만 노출되는 경우 보다 요통, 상지, 하지 어느 부위 중 하나라도 통증을 호소할 가능성이 2.037배 높은 것으로 나타났다. 또한, 반복동작 노출시간등급에서도 4시간 이상 노출된 경우, 2시간 미만 노출된 경우보다 요통, 상지, 하지 어느 부위 중 하나라도 통증을 호소할 가능성이 1.597배 높은 것으로 나타났다.

4. Discussion and Conclusion

작업환경에서 위험노출과 근로자의 건강에 대한 분석은 건강과 안전에 기여하는 공통 요인을 식별하고 건강 예방 프로그램을 개발하는 데 사용된다(ILO, 2011). 본 연구에서는 건설업 근로자 중 현장직 근로자를 대상으로 요통, 상지 통증, 하지 통증 등 근골격계통증에 영향을 미치는 요인을 도출하기 위해 근로자의 특성인 연령, 고용형태, 근속년수, 주당근무시간 특성과 물리적 유해요인, 생물화학적 유해요인, 인간공학적 유해요인을 통합적으로 고려하여 이항 로지스틱 회귀분석을 실시하였다.

본 연구에서 건설업 근로자들은 근골격계통증을 호소하는 것으로 나타났다. 전체 연구대상자의 통증 호소율이 상지 통증에서 43.5%로 가장 높게 나타났으며, 요통 34.5%, 하지 통증 22.3% 순으로 나타났고, 요통, 상지, 하지 중에서 어느 한 부위라도 통증을 호소하는 근로자가 50.0%로 나타났다.

이항 로지스틱 회귀분석 결과에 의하면 요통, 상지 통증, 하지 통증에 영향을 미치는 근로자의 근로특성 요인들로는 연령, 임시직 여부, 주당근무시간으로 나타났다. 근골격계통증 모두에서 임시직은 정규직에 비해 요통 호소 가능성이 1.653배로 가장 높고, 하지 근육통을 호소할 가능성은 1.564배, 상지 근육통을 호소할 가능성이 1.379배 높은 것으로 나타났다. 제2차 유럽근로환경조사 자료를 이용한 연구에서도 고용상태가 불안정한 비정규직 근로자들은 소음, 진동, 위험물질, 반복 작업 등 열악한 노동환경에 많이 노출되고 있고, 이는 비정규직 근로자들의 건강장해 기전이라고 보고하고 있다. 또한 정규직의 경우 직무만족도 수준 및 피로, 요통, 근골격계통증과 같은 건강 문제의 수준이 낮고 스트레스는 보통 수준이라고 조사되었다(Benavides et al., 2000). 그리고 고용이 불안정한 상태에 있는 근로자들은 저임금을 만회하기 위해 장시간 노동을 수행하고 있으며, 이는 근로자들이 피로를 회복할 수 있는 시간이 부족하여 건강수준 저하를 야기시킨다(Härmä et al., 2003). 이처럼 고용이 불안정한 비정규직 근로자는 열악한 작업환경에서 높은 노동강도의 작업을 수행하고 있으며, 피로가 회복될 수 있는 시간이 부족하고, 직무스트레스가 증가하여 근골격계질환이 발병될 위험이 높다고 말할 수 있다(Koh et al., 2004).

연령 증가는 요통과 상지 통증에 영향을 주는 요인으로 나타났다. 요통은 50대(2.149배), 60대 이상(2.516배)에서 40대 미만보다 높게 나타났지만, 상지 통증에서는 40대(2.060배), 50대(2.089배), 60대 이상(1.980배)에서 상대적으로 40대 미만보다 높게 나타났다. 이는 건설업 사업장에서 근로자의 연령이 증가할수록 근골격계 증상 호소율이 증가하는 것으로 나타났다고 한 선행연구와 일치한다(Cho et al., 2018). 반면, 하지 통증은 주당근무시간에 영향을 받는 것으로 나타나, 주당근무시간이 52시간 초과인 경우 40시간 미만인 경우보다 하지 근육통을 호소할 가능성이 2.554배 높은 것으로 나타났다.

본 연구의 결과에 의하면 요통, 상지 통증, 하지 통증에 영향을 미치는 유해요인들로는 인간공학적 유해요인인 중량물 취급, 부적절한 자세, 반복동작의 노출시간에 영향을 받았으며, 물리적 유해요인에서는 진동의 노출시간에 영향을 받는 것으로 나타났다.

인간공학적 유해요인 중에서 중량물 취급의 노출시간등급은 요통, 상지 통증, 하지 통증에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 중량물 취급이 4시간 이상 노출되는 경우에는 2시간 미만보다 하지 통증 가능성은 2.208배 높으며, 요통은 2.047배, 상지 통증 가능성은 1.966배 높은 것으로 나타났다. 부적절한 자세에 4시간 이상 노출된 경우 2시간 미만보다 하지 통증(2.554배), 요통(2.192배)에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 반면, 반복동작에 대한 노출시간등급은 4시간 노출되는 경우 2시간 미만보다 하지 통증을 호소할 가능성이 1.668배, 상지 근육통을 호소할 가능성이 1.660배 높은 것으로 나타났다. 물리적 유해요인 중에서는 진동에 대한 노출시간이 2시간 이상 노출되는 경우 2시간 미만보다 상지 통증에(1.464~1.568배) 영향을 미치는 것으로 나타났다.

이는 다음 선행연구들과 일치한다. 우리나라 전체 50대 이상 건설업 근로자의 근골격계 문제에 영향을 미치는 요인은 작업관련 특성에서 불편한 자세와 중량물 취급이다(Hwang et al., 2022). 또한, 건설업에서 MSDs와 관련된 위험요소에는 반복적, 강제적 또는 장기간 동안 손을 이용한 업무, 무거운 자재를 밀거나 당기거나 들거나 운반하는 업무, 부적절한 자세가 있으며 이 중 신체를 이용한 과

도한 작업은 주요 위험요소로 보고되었다(Marras et al., 2000; Hoozemans et al., 2002; Lötters et al., 2003; Fung et al., 2008), 건설업 종사자의 중량물 취급 작업들은 근골격계 손상에 상당한 위험이 있어(Schneider, 2001), 다른 직종에 비해 MSDs 발생률이 상당히 높다(Rwamamara et al., 2010).

한편, 진동에 노출되는 것이 수근관 증후군과 관련이 있으며(Bernard and Putz-Anderson, 1997) 벽돌공, 착암공, 십장 등 건설근로자를 대상으로 한 연구에서 국소진동에 노출되는 것이 어깨의 건염 발생과 연관이 있다는 연구결과와도 일치한다(Stenlund et al., 1993).

본 연구는 몇 가지 제한점이 있다. 첫째, 본 연구에 사용된 KWCS 데이터는 건설업종 근로자의 설문에 의한 근골격계통증 호소 여부를 대상으로 분석한 것으로 설문응답에서 주관적인 응답 오류가 존재할 수 있다. 둘째, 본 연구에서는 유해요인에 대한 노출을 물리적 요인, 생물화학적 요인, 인간공학적 요인에 해당하는 요인들을 대상으로 건설업종 근로자의 경험적 노출빈도로써 조사하였으므로 실제 노출시간과는 다를 수 있다. 셋째, 본 연구의 유해요인별 노출시간은 설문지의 언어적 빈도 표현을 가중치를 이용하여 노출시간을 추정하여 오류를 포함할 수 있으므로 연구결과의 확산에 주의를 요한다.

이러한 한계점에도 불구하고 본 연구는 건설근로자들의 주관적인 근골격계통증에 영향을 미치는 요인을 물리적 유해요인, 생물화학적 유해요인, 인간공학적 유해요인의 노출시간에 관하여 통합적으로 고려하여 영향을 미치는 영향요인을 체계적으로 분석한 데 의미가 있다.

Acknowledgment

This research was financially supported by Hansung University. Also, the authors are grateful to the Occupational Safety and Health Research Institute (OSHRI) and the Korea Occupational Safety and Health Agency (KOSHA) for providing the raw data from the KWCS.

References

Bernard, B.P. and Putz-Anderson, V., Musculoskeletal disorders and workplace factors; a critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, and low back. NIOSH, 1997., Available online: https://www.cdc.gov/niosh/docs/97-141/default.html (accessed on 27 February 2022).

Benavides, F.G., Benach, J., Diez-Roux, A.V. and Roman, C., How do types of employment relate to health indicators? Findings from the Second European Survey on Working Conditions. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 54(7), 494-501, 2000.

Cho, H., Park, J. and Lee, C., Work-related risk factors associated with upper extremity symptoms among construction workers. *Journal of Korean Society of Occupational and Environmental Hygiene*, 28(2), 211-221, 2018.

Choi, S.D., Guo, L., Kim, J. and Xiong, S., Comparison of fatal occupational injuries in construction industry in the United States, South Korea, and China. *International Journal Industrial of Ergonomics*, 71, 64-74, 2019.

Chung, J.W., So, H.C., Yan, V., Kwok, P.S., Wong, B.Y., Yang, J.Y. and Chan, A.P.C., A survey of work-related pain prevalence among construction workers in Hong Kong: A case-control study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16, 1404, 2019.

Eaves, S., Gyi, D.E. and Gibb, A.G.F., Building healthy construction workers: Their views on health, wellbeing and better work-place design. *Applied Ergonomics*, 54, 10-18, 2016.

Eurofound. Sixth European Working Conditions Survey-Overview report, 2017. https://rhepair.fr/wp-content/uploads/2017/12/2017-Update-6th-European-Working-Conditions-Survey-Eurofound.pdf

Fung, I.W.H., Tam, V.W.Y., Tam, C.M. and Wang, K., Frequency and Continuity of Work Related Musculoskeletal Symptoms for Construction Workers, *Journal of Civil Engineering and Management*, 14(3), 183-187, 2008.

Härmä, M., Are long workhours a health risk?, *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 29, 167-169, 2003.

Hoozemans, M.J., van der Beek, A.J., Frings-Dresen, M.H., van der Woude, L.H. and van Dijk, F.J., Low-back and shoulder complaints amongworkers with pushing and pulling tasks, *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 28(5), 293-303, 2002.

Hwang, J.H., Jung, M.K. and Kim, J.I., Factors Affecting Musculoskeletal Problems in Construction Workers Over 50 Years of Age - Focusing on the 6th Data of the 2020 Working Environment Survey - . *Korean Journal of Construction Health*, 4(1), 29-39, 2022.

Idrees, M.D., Hafeez, M. and Kim, J.Y., Workers' age and the impact of psychological factors on the perception of safety at construction sites. *Sustainability*, 9, 745, 2017.

ILO., Health and Safety Hazards in the Construction Industry. 2011, https://www.iloencyclopaedia.org/part-xvi-62216/construction/health-prevention-and-management/item/518-health-and-safety-hazards-in-the-construction-industry

Jeong, B.Y., Occupational deaths and injuries in the construction industry. *Applied Ergonomics*, 29, 355-360, 1998.

Jo, B.W., Lee, Y.S., Kim, J.H. and Khan, R.M.A., Trend analysis of construction industrial accidents in Korea from 2011 to 2015. *Sustainability*, 9, 1297, 2017.

Koh, S.B., Son, M., Kong, J.O., Lee, C.G. and Chang, S.J., Job Characteristics and Psychosocial Distress of Atypical Workers, *Korean Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 16(1), 103-113, 2004.

Lette, A., Ambelu, A., Getahun, T. and Mekonen, S., A survey of work-related injuries among building construction workers in southwestern Ethiopia. *International Journal of Industrial of Ergonomics*, 68, 57-64, 2018.

Lötters, F., Burdorf, A., Kuiper, J. and Miedema, H., Model for the work-relatedness of low-back pain, *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 431-440, 2003.

Marras, W., Allread, W., Burr, D. and Fathallah, F., Prospective validation of a low-back disorder risk model and assessment of ergonomic interventions associated with manual materials handling tasks. *Ergonomics*, 43(11), 1866-1886, 2000.

Ministry of Employment and Labor. Industrial Accident Analysis by Business Type. 2021. https://www.kosha.or.kr/kosha/data/industrialAccidentStatus.do?mode=list&article.offset=0&articleLimit=10

Nadhim, E.A., Hon, C., Xia, B., Stewart, I. and Fang, D., Falls from height in the construction industry: A critical review of the scientific literature. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13, 638, 2016.

OSHRI (Occupational Safety and Health Research Institute), The 6th Korean Working Conditions Survey, 2022. https://oshri.kosha.or.kr

/oshri/researchField/workingEnvironmentSurvey.do

Purani, R. and Sharma, S., Prevalence of musculoskeletal disorders in construction workers in Gujarat: A cross sectional survey. *International Journal of Therapies and Rehabilitation Research*, 63, 52-57, 2017.

Rwamamara, R.A., Lagerqvist, O., Olofsson, T., Johansson, B.M. and Kaminskas, K.A., Evidence Based Prevention of Work Related Musculoskeletal Injuries in Construction Industry, *Journal of Civil Engineering and Management*, 16(4), 499-509, 2010.

Schneider, S.P., Musculoskeletal injuries in construction: a review of the literature, *Applied Occupational Environmental Hygiene*, 16(11), 1056-1064, 2001.

Statistics Korea, Korean standard classification of occupations (KSCO). 2017a, http://kssc.kostat.go.kr/ksscNew_web/ekssc/main/main.do# (retrieved May 21, 2022).

Statistics Korea, Korean standard industrial classification (KSIC). 2017b, http://kssc.kostat.go.kr/ksscNew_web/kssc/common/ClassificationContent.do?gubun=1&strCategoryNameCode=001&categoryMenu=007&addGubun=no (retrieved May 21, 2022).

Stenlund, B., Goldie, I., Hagberg, M. and Hogstedt, C., Shoulder tendinitis and its relation to heavy manual work and exposure to vibration. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 19(1), 43-49, 1993.

Umer, W., Antwi-Afari, M., Li, H., Szeto, G. and Wong, A., The prevalence of musculoskeletal symptoms in the construction industry: A systematic review and meta-analysis. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 91, 125-144, 2018.

Vedder, J. and Carey, E., A multi-level systems approach for the development of tools, equipment and work processes for the construction industry. *Applied Ergonomics*, 36(4), 471-480, 2005.

Washington State Department of Labor and Industries, Hazard Zone Checklist, 2022a. https://lni.wa.gov/safety-health/_docs/HazardZoneChecklist.pdf (retrieved May 6, 2022).

Washington State Department of Labor and Industries, Caution Zone Checklist, 2022b. https://lni.wa.gov/safety-health/_docs/CautionZoneJobsChecklist.pdf (retrieved May 6, 2022).

Zalk, D.M., Spee, T., Gillen, M., Lentz, T.J., Garrod, A., Evans, P. and Swuste, P., Review of qualitative approaches for the construction industry: designing a risk management toolbox, *Safety and Health at Work*, 2(2), 105-121, 2011.

Zhang, M., Murphy, L., Fang, D. and Caban-Martinez, A.J., Influence of fatigue on construction workers' physical and cognitive function. *Occupational Medicine*, 65, 245-250, 2015.

Author listings

Hyun Jin Park: hyunjin0@kosha.or.kr
Highest degree: PhD student, Department of Industrial and Management Engineering, Hansung University
Position title: Korea Occupational Safety and Healty Agency

Areas of interest: Ergonomics, Human error, Safety and Health management, Risk Assessment

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

Myoung Hwan Park: mhpark@hansung.ac.kr
Highest degree: PhD, Department of Industrial Engineering, KAIST
Position title: Professor, Department of Industrial and Management Engineering, Hansung University
Areas of interest: Safety and Health Management, Management Science