JESK J Ergon Soc Korea 2025; 44(3): 301-312
https://dx.doi.org/10.5143/JESK.2025.44.3.301
https://jesk.or.kr eISSN:2093-8462

Effect of Job Characteristics, Environment, and Musculoskeletal Pain on Fatigue Severity in Courier Delivery Workers

Jiyeon Ha[1], Taeu Kim[1], Myung-Chul Jung[1], Seung-Min Mo[2]

[1]Ajou University, Department of Industrial Engineering, Suwon, 16499
[2]Department of Occupational Safety and Health Management, Osan University, Osan-si, 18119

택배 배송 근로자의 작업 특성, 환경 요인 및 근골격계 통증이 피로 심각도에 미치는 영향

하지연[1], 김태우[1], 정명철[1], 모승민[2]

[1]아주대학교 산업공학과
[2]오산대학교 안전보건관리과

Corresponding Author
Seung-Min Mo
Department of Occupational Safety and Health Management, Osan University, Osan-si, 18119
Email : smmo@osan.ac.kr

Received : March 14, 2025
Revised : April 22, 2025
Accepted : May 19, 2025

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

Objective: The aim of this study is to evaluate fatigue severity and analyze contributing factors, including demographic characteristics, job conditions, environmental factors, and musculoskeletal pain among courier delivery workers.

Background: Rapid growth in e-commerce has increased workload and fatigue among courier delivery workers, heightening musculoskeletal risks. Comprehensive studies incorporating various factors influencing fatigue are lacking.

Method: A questionnaire survey was conducted with 20 courier workers in Seoul, collecting demographic data, job and environmental characteristics, musculoskeletal pain, and fatigue severity. Statistical analyses, including independent sample *t*-test, analysis of variance, correlation and stepwise multiple linear regression, were performed.

Results: Lower back and wrist/hand were the highest reported musculoskeletal pain. Fatigue severity was positively correlated with daily handled package count and daily temperature range. Lower extremity pain (ankle/foot, knee, hip/thigh) significantly affected fatigue severity. The regression model identified shoulder, hip/thigh, and ankle/foot pain as significant predictors, explaining 47.2% of fatigue variance.

Conclusion: Fatigue severity in delivery workers is significantly influenced by workload, temperature fluctuations, and lower extremity musculoskeletal pain. It is important to consider ergonomic interventions to reduce workload, particularly those that reduce lower extremity strain.

Application: The findings offer practical guidelines for managing workload and ergonomic improvements to reduce fatigue among courier workers.

Keywords: Courier workers, Fatigue severity, Musculoskeletal pain, Questionnaire survey, Visual analogue scale

1. Introduction

코로나19 이후 전자상거래 시장의 급격한 성장으로 택배 산업이 빠르게 확대되고 있으며, 이에 따라 택배 배송의 역할과 중요성이 부각되고 있다. 온라인 소비의 확산으로 인해 1인당 처리하는 택배 물량이 증가하고, 현장 택배 배송 근로자들은 당일 배송과 같은 시간적인 압박에 노출되어 육체적, 정신적 부하의 노출이 불가피한 상황에 직면했다(Korea Education and Research Institute for Safety Economy, 2020). 택배 업무는 다양한 무게의 물품 취급, 많은 반복 작업, 긴 근로시간, 장시간 운전, 비정형 형태의 작업이라는 특징이 있으며, 기후에 따라 작업에 큰 영향을 받는다는 내용들이 보고되고 있다(Lee et al., 2023). 이러한 특징들은 근골격계 통증을 유발하여 피로를 심화시키고, 실제로 택배 배송 근로자의 30% 이상이 전신의 피로감을 경험하고 있는 것으로 보고된 바 있다(Kim and Choi, 2023; Srinivasan et al., 2023). 근골격계 통증과 피로는 건강 문제를 발생시키고 삶의 질을 저하할 뿐만 아니라 업무 효율성과 안전성에도 부정적인 영향을 미칠 수 있다.

이와 관련된 위험 요인을 파악하기 위한 국내외 연구들이 수행되고 있다. 기존 연구들은 주로 설문조사나 작업환경 평가와 같은 정성적 방법을 통해 근골격계 증상 유병률과 관련 요인을 분석하였으며, 표준화된 설문 도구를 통해 평가가 이루어졌다(Kuorinka et al., 1987). 특히 직업병과 피로도 간 연관성을 분석하는 연구에서는 피로도를 측정하기 위해 Fatigue severity scale (FSS)를 주로 사용하였다(Ju et al., 2021). Kim et al. (2025)은 택배 차량의 적재함 높이에 따른 작업 부하와 자세 위험성을 평가하고 근골격계 질환 노출 부위를 확인하였으며, 이에 따라 적재함 높이가 낮은 저상탑 차량의 도입과 보호장비 활용을 제안하였다. 또한 Ryu et al. (2023), Pickard et al. (2022) 연구는 택배 작업에서의 적재 및 하역 작업은 전체 부상의 34~40%를 차지하며, 진동과 같은 작업 전후 환경적인 요소를 포함한 작업 방법의 개선이 필요함을 시사하였다. Silva et al. (2022)는 설문조사와 모션 센서를 통한 정량적 평가를 병행하여 택배 업무의 근골격계 위험성을 평가하였고, 인간공학적 개선의 필요성을 강조하였다. 이와 같이 기존 연구들은 설문조사와 정량적 평가 데이터를 활용하여 택배업 종사자의 근골격계 문제 현황과 위험 요인을 밝혀왔다.

그러나 현재까지의 연구는 주로 작업자의 피로도에 영향을 미치는 다양한 요인을 포괄적으로 분석하지 못하고 있으며, 택배 배송 근로자의 인구통계학적 요인, 작업 특성, 환경 요인, 근골격계 통증 정도와 피로 심각도를 종합적으로 고려한 연구는 미흡한 실정이다. 이러한 이유로 작업 현장에서 작업자의 피로도 관리 우선순위를 명확히 제시하는 데 어려움이 있다. 또한 근골격계 통증과 피로 심각도의 연관성을 통합적으로 분석한 연구도 드물어 택배 배송 근로자의 피로와 관련된 실질적인 원인을 파악하는 것이 어렵다. 따라서 이와 관련된 종합적인 연구가 필요하다.

본 연구는 택배 배송 근로자를 대상으로 인구통계학적 특성과 택배 작업 특성 및 환경적 특성을 조사하고, 건강 상태를 평가하는데 사용되는 Visual Analogue Scale (VAS)를 이용하여 근골격계 통증 정도를 조사하였다(Åström et al., 2023). 또한 일반 성인의 피로 평가에 널리 활용되는 Fatigue Severity Scale (FSS)를 사용하여 피로 심각도를 평가하였다(Rahmania et al., 2024). 나아가 수집된 데이터를 기반으로 근골격계 통증 부위별 수준이 택배 업무 종사자들의 피로 심각도에 미치는 주요 요인을 분석하였다. 이를 통해 택배 배송 근로자의 피로도 감소를 위한 실질적인 접근 방향성을 제시하는데 기초적인 자료를 제공하고자 한다.

2. Method

본 연구는 서울시 소재의 택배 배송 근로자 20명을 대상으로 설문을 실시하였다. 기본 특성 조사로 인구통계학적 정보, 택배 업무 특

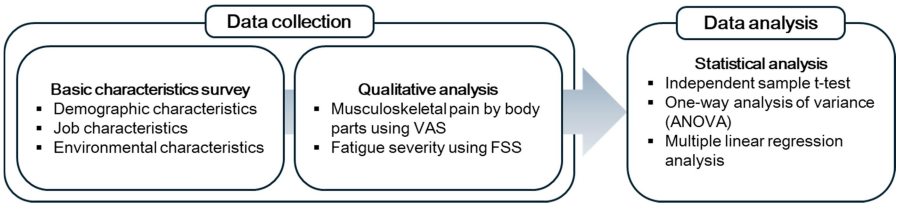

Figure 1. Flowchart of research process

성과 환경 특성을 조사하고, 택배 배송 근로자가 주관적으로 느끼는 신체 부위별 근골격계 통증 정도와 피로도를 알아보기 위해 정성 평가를 실시하였다. 수집한 데이터를 기반으로 택배 배송 근로자의 특성과 업무 관련 요인에 따른 피로도 차이를 분석하고, 근골격계 통증 정도와 피로도 간의 관계를 알아보기 위해 통계 분석을 실시하였다. 데이터 수집과 분석 절차는 다음과 같다(Figure 1).

2.1 Basic characteristics survey

기본 특성 조사를 위해 연구에 참여한 택배 배송 근로자의 특성과 작업 특성 파악을 위한 기본 설문을 실시하고 현장 동행 기록지를 작성하였다. 기본 설문은 성별, 나이, 신장, 체중, 경력, 주로 사용하는 손, 전일 수면시간, 전일 음주 여부, 흡연 여부를 포함하고 현장 동행 기록에서는 주당 평균 근무시간, 일일 취급 물량, 배송처 수, 일교차, 습도를 조사하였다. 조사한 자료는 택배 배송 근로자의 특성, 택배 업무 특성, 환경 특성으로 분류하여 서술하며, 각 특성에 해당하는 내용과 그에 대한 기술통계량은 다음과 같다(Table 1).

Table 1. Descriptive analysis of demographic, job, environmental characteristics

Characteristic type	Contents		N	Mean	SD
1) Demographic characteristics	Gender	Male	19	–	–
		Female	1	–	–
	Age (years)		–	43.50	6.27
	Height (cm)		–	174.40	6.39
	Weight (kg)		–	70.25	12.73
	Career (months)		–	105.55	85.66
	Dominant hand	Right hand	19	–	–
		Left hand	0	–	–
		Both hands	1	–	–
	Prior day's sleep duration (minutes)		–	345.00	52.87
	Prior day's alcohol consumption	Consumed	6	–	–
		Not consumed	14	–	–
	Current smoking status	Current smoker	11	–	–
		Former smoker	3	–	–
		Non-smoker	6	–	–
2) Job characteristics	Working hours per week (hours)		–	72.90	7.59
	Daily package count (n)		–	341.05	84.12
	Daily delivery count (n)		–	202.00	78.45
3) Environmental characteristics	Daily temperature range (℃)		–	9.70	1.66
	Humidity (%)		–	44.25	17.83

2.2 Musculoskeletal pain

신체 부위별 근골격계 통증 정도를 알아보기 위하여 목, 어깨, 팔꿈치, 손목/손, 등, 허리, 고관절/허벅지, 무릎, 발목/발 총 9개 부위 각각에 대해 시각적 통증 척도(Visual Analogue Scale, VAS)를 활용한 평가를 수행하였다(Figure 2). 통증 정도는 평가 당일 아픈 정도를

기준으로 0점부터 10점까지 사이의 정수 또는 실수로 평가하도록 하였고, 0점은 전혀 안 아픔, 10점은 매우 아픔에 해당한다(Aitken, 1969). 데이터는 각 부위별 통증 점수와 9개 부위의 통증 종합 점수를 사용하였다.

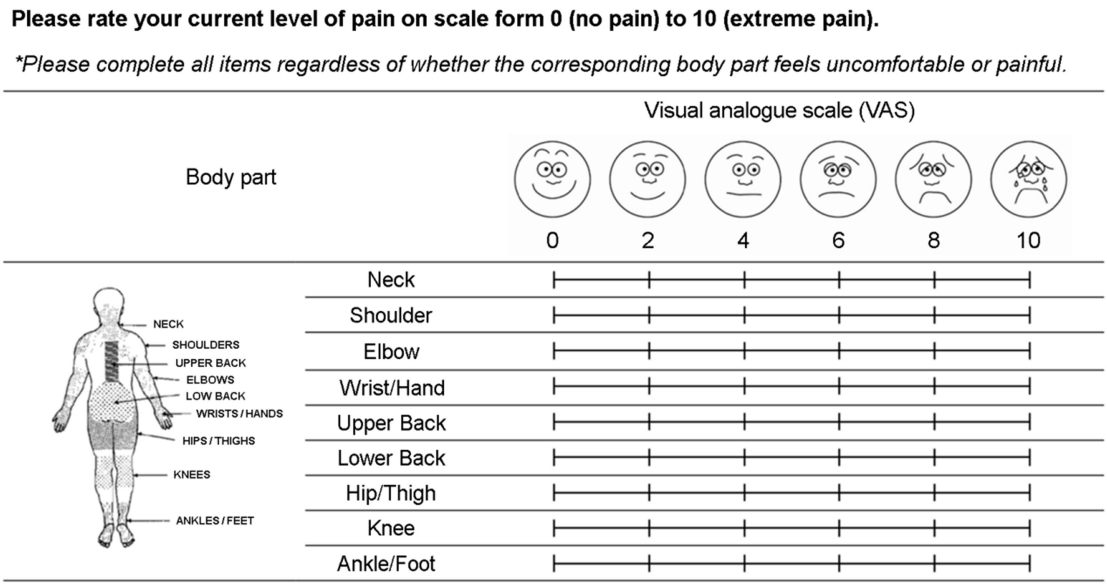

Figure 2. VAS Questionnaire for each body part

2.3 Fatigue severity

본 연구에서는 택배 배송 근로자가 주관적으로 느끼는 피로 심각도를 알아보기 위하여 피로 심각도 척도(Fatigue severity scale, FSS)를 활용한 정성평가를 실시하였다. 피로 심각도 척도는 환자를 대상으로 피로 심각도를 자가 보고형으로 파악하도록 개발된 설문이며, 기질적 질환이 없는 사람을 대상으로 피로도를 평가하는데 사용하기도 한다(Krupp et al., 1989; Chung and Song, 2001). 설문은 총 9개 문항이고 각 문항에 해당하는 내용은 아래 표와 같다(Table 2). 피로 심각도 척도는 각 문항별 7점 척도로 구성되어 있다. 설문 참여자는 각 항목에 대해 스스로 평가하여 항목별 내용에 동의하는 정도에 따라 1점부터 7점 사이 정수로 평가하고, 1점은 강한 부정, 7점은 강한 긍정에 해당한다. 피로 심각도 척도는 KOSHA (2021)에서 제시한 점수 계산법에 따라 각 항목에 체크한 점수의 합산 값을 9로 나눈 평균을 기반으로 평가하며, 평균 3점 이하인 경우 피로도가 낮고 평균 4.5 이상인 경우 피로도가 높은 것으로 해석한다.

Table 2. Fatigue severity scale (FSS) questionnaire

No.	Statement
1	My motivation is lower when I am fatigued.
2	Exercise brings on my fatigue.
3	I am easily fatigued.
4	Fatigue interferes with my physical functioning.
5	Fatigue causes frequent problems for me.
6	My fatigue prevents sustained physical functioning.

Table 2. Fatigue severity scale (FSS) questionnaire (Continued)

No.	Statement
7	Fatigue interferes with carrying out certain duties and responsibilities.
8	Fatigue is among my three most disabling symptoms.
9	Fatigue interferes with my work, family, or social life.

2.4 Data analysis

본 연구에서는 기본 특성 및 신체 부위별 근골격계 통증 정도와 피로 심각도 척도 간의 관계 분석을 위해 통계 분석을 수행하였다. 통계 분석은 R 소프트웨어(버전 4.4.2)를 활용하여 실시하였으며 전체 과정은 RStudio 환경에서 수행되었다. 분석에서 종속변수는 피로 심각도 설문의 평균 점수(FSS_avg)로 설정하였고 독립변수는 택배 배송 근로자의 특성(성별(Gender), 연령(Age), 신장(Height), 체중(Weight), 경력(Carrier), 주로 사용하는 손(Hand), 전일 수면시간(Sleep_duration), 전일 음주 여부(Drinking), 흡연 여부(Smoking))과 택배 업무 특성(주당 평균 근무시간(Working_hours), 일일 취급 물량(Package_count), 배송처 수(Delivery_count)), 환경 특성(일교차(Range_temp), 습도(Humidity)), 근골격계 통증 정도의 총합(VAS_Total)을 사용하였다.

피로 심각도 척도 응답 결과는 신뢰도 분석을 통해 신뢰도 계수(Cronbach's alpha)가 0.87로 확인되었으며, 이는 응답의 내적 일관성 신뢰도가 높은 수준임을 의미한다. 택배 배송 근로자의 특성 중 성별과 주로 사용하는 손은 그룹 간 표본 크기 미달로 분석에서 제외하였다. 명목형 변수인 전일 음주 여부(이분형)와 흡연 여부(다항형)에 대해서는 각각 독립표본 t-검정과 일원배치 분산분석(ANOVA)을 수행하였다. 이 외의 수치형 변수들은 상관분석을 통해 피로 심각도 척도와의 관계를 분석하였다. 마지막으로, 신체 부위별 근골격계 통증 정도가 피로 심각도에 미치는 영향을 알아보기 위해 다중 선형 회귀 분석을 실시하였다. 다중 선형 회귀 모형의 변수 선택 과정에서는 R에서 제공하는 MASS 패키지에서 ACI (Akaike information criterion) 지표를 활용하여 단계적 회귀 분석을 실시하는 stepAIC를 활용하였다. 모든 신체 부위의 근골격계 통증 점수를 변수로 하고 AIC 기준에 따라 AIC 값이 낮아지는 최적의 변수 조합을 갖는 모델을 도출하였다.

3. Results

3.1 Musculoskeletal pain

VAS를 통해 신체 부위별 근골격계 통증 정도를 알아본 결과, 종합 통증 점수의 평균은 18.30이다. 신체 부위 중 통증이 가장 높은 부위는 허리(4.15)이며, 통증은 손목/손, 발목/발, 어깨, 무릎, 고관절/허벅지, 팔꿈치, 등 순으로 나타나고, 목에서 가장 낮은 통증이 보고되었다(Table 3). 신체 부위별 통증 점수의 평균이 모두 5점 미만으로 조사된 것으로 보아 모든 부위에서 보통 이하의 아픔을 느끼는 것으로 알 수 있다. 신체 부위별 전체 응답 분포를 산점도로 확인한 결과 허리와 손목/손을 제외한 대부분의 신체 부위에서는 전혀 안 아픔(0점)으로 응답한 비율이 높았다(Figure 3). 이는 허리와 손목/손 부위에서 상대적으로 많은 응답자가 통증을 느끼며, 다른 부위는 사람에 따라 통증 정도의 차이가 있는 경향이 있음을 나타낸다.

Table 3. VAS scores for musculoskeletal pain by body parts

Body parts	Neck	Shoulder	Elbow	Wrist /Hand	Upper back	Lower back	Hip /Thigh	Knee	Ankle /Foot	Total
Mean	0.75	2.05	1.05	3.35	0.80	4.15	1.55	1.95	2.65	18.30
SD	1.59	3.15	1.96	2.78	1.11	3.01	2.28	2.72	3.00	12.16

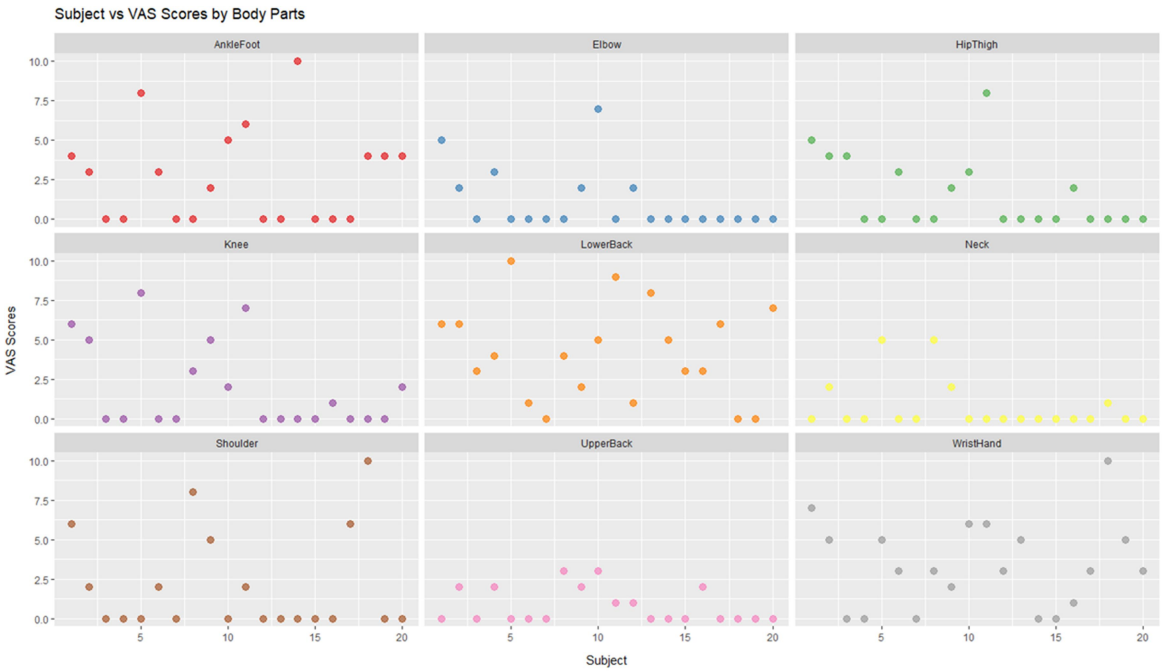

Figure 3. Distribution of pain intensity across body parts

3.2 Fatigue severity

피로 심각도 결과 설문 참여자 20명의 평균 피로 심각도는 4.09이며 표준 편차는 1.50으로 나타났다. KOSHA (2021)에서 제시한 피로 심각도 정도를 구분하는 수치를 기반으로 총 3개 그룹으로 분류하였다. 총 3개 그룹은 피로 심각도 점수 4.5 이상의 그룹(A), 3점 이상 4.5점 미만인 그룹(B), 3점 이하인 그룹(C)이다. A, B, C 그룹에 속한 인원은 9명, 6명, 5명으로 분류되었으며, 각 그룹의 피로 심각도 평균은 5.52 (SD = 0.53), 3.61 (SD = 0.38), 2.11 (SD = 0.42)으로 나타났다(Figure 4).

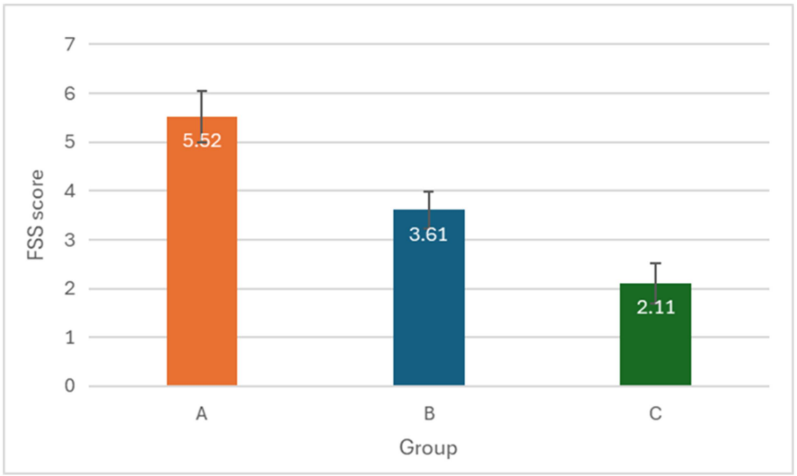

Figure 4. Fatigue severity scale scores (Mean ± SD) by group (Groups were classified based on fatigue severity, with Group A representing the most severe level. Error bars indicate standard deviation)

3.3 Correlation between fatigue severity and characteristics

택배 배송 근로자, 택배 업무와 환경 특성에 따른 피로 심각도의 관계를 보기 위해 상관분석을 실시한 결과는 다음 표와 같다(Table 4). 택배 배송 근로자의 특성인 나이, 신장, 체중, 경력, 수면시간은 피로 심각도와 상관관계가 없는 것으로 나타났다(p > 0.5). 택배 업무와 관련한 특성에서는 일일 취급 물량이 피로 심각도와 양의 상관관계가 있는 것으로 나타나 취급 물량이 많을수록 피로 심각도가 높아짐을 알 수 있다(r = 0.49, p = 0.03). 환경 특성에서는 일교차가 피로 심각도와 관련이 있으며 양의 상관관계가 있어 일교차가 클수록 피로 심각도가 높아지는 것으로 나타났다(r = 0.540, p = 0.014).

Table 4. Correlation between fatigue severity and characteristics: Demographic, Job, and Environmental factors

	Age	Height	Weight	Career	Sleep duration	Working hours	Package count	Delivery count	Temperature range	Humidity
Correlation coefficient	-0.2	-0.12	0.33	-0.23	-0.1	0.27	**0.49***	0.32	**0.54***	-0.05
p-value	0.399	0.621	0.160	0.321	0.667	0.258	**0.030**	0.176	**0.014**	0.847

*indicates p-value < 0.05. The numbers shown in the figure represent correlation coefficients

이 외에 명목형 변수에 대한 분석으로 음주 여부와 흡연 여부에 따른 피로 심각도 차이는 각각 Welch의 독립표본 t-검정과 일원분산분석을 통해 수행하였다. 그 결과 전일 음주를 한 그룹(n = 6)의 피로 심각도 평균은 4.04점(SD = 1.81)이고 음주를 하지 않은 그룹(n = 14)은 4.12점(SD = 1.43)이며, 음주 여부에 따른 피로 심각도 차이는 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다(t(8) = 0.1, p = 0.9). 흡연 여부와 피로 심각도의 분석 결과 역시 통계적으로 유의하지 않았으며(F(2, 17) = 0.69, p = 0.51), 비흡연 그룹(n = 6)의 피로 심각도 평균은 4.36점(SD = 1.37), 흡연 그룹(n = 11)은 4.21점(SD = 1.38), 금연 그룹(n = 3)은 3.15점(SD = 2.38)으로 조사되었다.

3.4 Correlation between fatigue severity and musculoskeletal pain

신체 부위별 근골격계 통증 정도와 피로 심각도의 관계를 보기 위해 상관분석을 수행한 결과는 다음 표와 같다(Table 5). 피로 심각도는 근골격계 통증 부위의 종합 점수와 양의 상관관계를 보여 신체의 불편함을 많이 느낄수록 피로 심각도를 높이 평가하는 것으로 나타났다(r = 0.64, p = 0.002). 각 부위별 통증과의 관계를 보면 발목/발(r = 0.56, p = 0.011), 무릎(r = 0.49, p = 0.030), 고관절/허벅지(r = 0.44, p = 0.050) 부위의 통증 정도와 피로 심각도가 양의 상관관계를 갖는 것을 확인하였고 나머지 부위와는 관계가 없는 것으로 나타났다. 이는 하지의 근골격계 통증 정도가 높을수록 피로 심각도가 높이 평가되며, 등과 허리를 포함한 상지의 통증은 피로 심각도에 영향을 주지 않는 것을 알 수 있다.

Table 5. Correlation between fatigue severity and musculoskeletal pain severity by body parts

	Neck	Shoulder	Elbow	Wrist /Hand	Upper back	Lower back	Hip /Thigh	Knee	Ankle /Foot	VAS_Total
Correlation coefficient	0.189	0.348	0.221	0.367	-0.041	0.327	**0.444***	**0.487***	**0.555***	**0.641****
p-value	0.424	0.133	0.350	0.112	0.864	0.159	**0.050**	**0.030**	**0.011**	**0.002**

*indicates p-value < 0.05, and **indicates p-value < 0.01. The numbers shown in the figure represent correlation coefficients

신체 부위별 근골격계 통증 정도가 피로 심각도에 미치는 영향을 알아보기 위해 다중 선형 회귀 분석을 실시한 결과, 모든 신체 부위

를 포함한 초기 모델의 AIC 값은 14.8이었다. stepAIC의 단계적 회귀 분석 방법을 통해 최종 추출된 모델의 AIC 값은 7.09이며, 어깨, 고관절/허벅지, 발목/발의 통증 변수를 포함한 모델이 피로 심각도를 설명하는데 가장 적합한 것으로 나타났다(Table 6). 해당 모델의 회귀 분석 결과는 $F(3,16) = 6.66$, $p < 0.01$로 통계적으로 유의한 것으로 확인되었으며, 47.2%의 설명력을 갖는다. 변수 개별적으로 보면, 각 변수의 VIF는 모두 10 미만으로 다중공선성이 없고 어깨와 발목/발이 유의한 영향을 미치는 것으로 파악되었다. 해당 변수들은 모두 양의 관계를 보여 어깨와 발목/발의 통증 정도가 높을수록 피로 심각도가 높아지는 것을 알 수 있다.

Table 6. Effect of musculoskeletal pain by body parts on fatigue severity

Variable	Estimate	Standard error	t (p)	VIF
(Intercept)	2.7261	0.3925	6.95 (3.3e-06***)	–
Shoulder	0.1731	0.0798	2.17 (0.0455*)	1.94
Hip/Thigh	0.2142	0.1123	1.91 (0.0746)	3.22
Ankle/Foot	0.2571	0.0856	3.00 (0.0084**)	1.60
$F(p)$	6.66 (p = 0.00397)			
Adj.R^2	0.472			
Residual standard error	1.09			

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

4. Discussion

신체 부위별 근골격계 통증 정도는 VAS를 통해 평가되었다. 조사 결과 허리 부위에서 가장 높은 통증 수치가 보고되었고 손목/손이 그 다음으로 높은 통증 수준을 갖는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 택배 배송 근로자의 작업 환경과 업무 특성에서 비롯된 신체적 부하를 잘 반영한다. 허리 통증이 가장 두드러진 결과로 나타난 것은 택배 작업에서 빈번하게 발생하는 물건을 들어올리고 내리는 반복 작업과 장시간 비효율적인 자세 유지와 관련이 있을 가능성이 높다. Rim and Jung (2022)의 연구에서는 이와 같은 결과가 택배 작업에서 발생하는 반복적인 동작이 허리 통증을 유발하며, 택배 배송 근로자가 하루 동안 수많은 물품을 분류하고 운반하는 과정에서 많은 수의 소형 화물을 취급하는 동안 손목과 손에 부하가 발생할 수 있음을 시사하였다.

다음으로, 택배 배송 근로자의 피로 심각도를 조사하기 위해 설문조사를 수행하였다. 그룹 간 피로 심각도 평균의 차이와 표준 편차를 고려할 때, 그룹 A(피로 심각도 4.5 이상)의 높은 피로 심각도(mean=5.52, SD=0.53)는 주목할 만하며, 그룹 C(피로 심각도 3 이하)는 유의미한 낮은 피로 심각도(mean=2.11, SD=0.42)를 가지는 것을 확인할 수 있었다. 연구 결과 피로 심각도의 전체 평균이 4점 이상인 것을 고려하면, 본 연구에 참여한 택배 배송 근로자들은 보통 이상의 피로도를 느끼고 있는 것으로 파악되므로 피로도를 관리할 필요가 있을 것으로 보인다.

본 연구에서는 택배 배송 근로자의 피로 심각도에 영향을 미치는 다양한 변수를 세 가지 특성(인구통계학적 특성, 업무 특성, 환경 특성)으로 분류하여 상관관계 분석을 수행하였다. 첫째, 인구통계학적 특성과 피로 심각도의 상관관계를 분석한 결과, 나이, 경력, 몸무게 등 어떠한 변수도 피로 심각도와 유의미한 상관관계를 보이지 않았다. 이는 택배 배송 근로자의 개인적 특성이 피로 심각도에 미치는 영향이 제한적일 가능성을 시사한다. 이러한 결과는 피로가 주로 개인의 특성보다는 외부적 요인에 의해 더 크게 좌우될 수 있음을 암시한다. 둘째, 업무 특성과 피로 심각도의 상관관계를 살펴본 결과, 일일 취급 물량이 피로 심각도와 유의미한 양의 상관관계를 나타냈다. 반면, 업무 시간이나 배송지 수와 같은 다른 업무 특성 변수들은 피로 심각도와 뚜렷한 연관성을 보이지 않았다. 이는 택배 배송 근로자의 피로가 업무 시간의 길이나 배송지 수 보다는 물리적으로 처리해야 하는 물량에 의해 더 직접적으로 영향을 받는다는 점을 의미한다. 즉, 일일 취급 물량은 택배 배송 근로자의 피로 심각도를 예측하거나 관리하는 데 중요한 지표로 활용될 수 있다. 마지막으로, 환경 특성과 피로 심각도의 상관관계를 분석한 결과, 일교차가 피로 심각도와 양의 상관관계를 보이는 것으로 확인되었다.

이는 다른 환경 변수들과 달리 일교차가 택배 배송 근로자의 피로에 유의미한 영향을 미친다는 점을 보여준다. 기존 연구(Cheng et al., 2014; Davis et al., 2020)에서도 일교차가 사람의 컨디션, 건강 상태, 질병률 등과 양의 상관관계를 가지는 것으로 보고된 바 있으며, 이는 본 연구의 결과를 뒷받침한다. 특히, 일교차가 증가할수록 신체적 스트레스와 피로감이 가중될 수 있다는 점에서, 택배 배송 근로자와 같은 옥외 근무자에게 일교차는 중요한 환경적 위험 요인으로 작용할 가능성이 높다. 종합적으로, 해당 연구에서는 택배 배송 근로자의 피로 심각도가 인구통계학적 특성보다는 업무 특성(일일 취급 물량)과 환경 특성(일교차)에 의해 더 큰 영향을 받는다는 점을 밝혀냈다. 이러한 결과는 택배 배송 근로자의 피로 관리를 위한 실질적인 방안을 설계하는 데 있어 업무 물량 조절과 환경적 요인 고려가 우선시되어야 함을 시사한다.

다음으로는 여러 신체 부위의 통증 정도를 종합한 점수와 피로 심각도 간의 상관관계를 분석하였다. 그 결과, 통증이 심하고 통증 부위가 많을수록 피로도가 높아지는 양의 상관관계가 나타났다. 특히, 발목, 무릎, 고관절/허벅지에서 높은 상관관계가 확인되었다. VAS 결과에서는 허리 통증의 평균 점수가 가장 높았는데, 이 결과는 기존 연구의 근골격계 통증 노출 비율이 높은 부위가 허리라는 결과와 일치한다(Srinivasan et al., 2023). 그러나 허리 통증이 가장 높은 값을 나타냄에도 불구하고 피로 심각도와의 상관관계는 허리를 제외한 하지 부위에서만 확인되었다. 이는 각 부위별 VAS 응답 분포 결과에서 나타나듯이 대부분의 응답자가 허리 통증을 보고하여 변수로서의 변별력이 낮아졌기 때문으로 추정된다. 이러한 결과는 Garcia et al. (2018)이 보고한 바와 같이 하지 통증과 전반적인 피로도는 높은 상관관계를 가진다는 결과를 뒷받침한다. 하지 부위 통증과 택배 배송 근로자의 피로 심각도의 상관성은 업무 특성 및 작업 환경에서 비롯된다. 시간 제약으로 인해 물건을 빠르게 처리하며 뛰어다니고, 엘리베이터가 없는 환경에서 계단을 오르내리며, 잦은 운전으로 인해 다리 피로도가 높게 발생하기 때문에 택배 배송 작업은 하체에 의존하는 경향이 있다. 따라서 전반적인 피로도를 낮추기 위해서는 하지 부담을 최소화하는 방안을 강구해야 할 것이다.

피로 심각도에 신체 부위별 통증 정도가 어떤 영향을 미치는지를 보기 위해 다중 선형 회귀 분석을 실시한 결과, 어깨, 고관절/허벅지, 발목/발의 통증 정도를 활용한 모델이 피로 심각도를 설명하기에 가장 적합한 것으로 나타났다. 해당 모델의 조정된 R^2 값은 0.472로 어깨, 고관절/허벅지, 발목/발의 통증 정도를 활용하여 약 47.2%의 피로 심각도 변동을 설명할 수 있음을 의미한다. 제시된 모델은 통계적으로 유의미하며 예측 변수들이 서로 다중공선성이 없고 모델 내 일부 예측 변수가 통계적으로 유의미하다는 조건에 따라 모델의 질이 낮지 않다고 볼 수 있다(Ozili, 2023). 이 모델을 통해 어깨와 발목/발 부위 통증은 피로 심각도에 유의미한 영향을 미쳐 피로 심각도를 높이는 주요 요인임을 확인하였다. 발목/발은 어깨보다 더 낮은 p 값($p < 0.01$)을 보여, 피로 심각도에 더 강한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이 결과는 장시간 서있거나 걷고 뛰는 업무 환경에서 발목과 발에 가해지는 부하가 피로를 가중시킬 수 있음을 보여준다.

본 연구는 택배 배송 근로자의 신체 부위별 통증과 피로 심각도 간의 유의미한 상관관계를 확인하였으나, 표본 수가 20명으로 적어 연구 결과의 일반화에 한계가 있다. 신체 부위별 통증과 피로 심각도 간 결과의 일반화를 위해서는 더 많은 집단을 대상으로 추가 연구를 수행할 필요가 있다. 또한 본 연구에서 조사한 인체특성학적 요인은 기본적인 인구통계학적 정보에 국한되어 있어, 작업자의 신체적인 특성이나 운동, 영양 상태와 같은 추가적인 요인은 포함하지 않았다. 음주와 흡연 여부 역시 단순히 유무만을 조사하였기 때문에 음주량이나 흡연량의 차이에 따른 영향을 파악하지 못했다. 이는 본 연구의 한계로 향후 연구에서는 개별 작업자의 신체적 특성에 따른 조사와 음주, 흡연량과 같은 조사를 보강하여 개별 요인이 피로 및 통증에 미치는 영향을 보다 명확히 할 필요가 있다. 또한, 분석에 활용된 신체 부위별 통증 데이터 중 VAS_Total은 각 신체 부위의 통증을 단순 합산한 종합 점수이다. 신체 부위별 가중치가 다를 수 있음을 감안하면, 연구에서 분석한 VAS_Total은 전신의 통증을 대변하기 어렵다. 따라서 향후 연구에서는 전신 통증 점수를 별도의 종합 점수로 조사하거나, 부위별 가중치를 반영한 종합 통증 점수를 활용하여 비교해 볼 필요가 있다. 본 연구는 택배 배송 근로자의 피로 심각도가 일일 취급 물량, 일교차 그리고 특히 발목/발과 어깨 통증과 같은 신체적 부담에 의해 크게 영향을 받는다는 점을 밝혔다. 이 연구 결과는 택배 배송 근로자의 피로 관리를 위해 취급 물량 조절, 환경적 요인 개선 및 하지 부담 완화 방안이 필요함을 시사하며, 실무에 적용하기 위한 접근 방향성을 제공하는데 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

5. Conclusion

본 연구는 택배 배송 근로자의 근골격계 통증 정도와 피로 심각도의 관계를 조사하고, 피로에 영향을 미치는 인구통계학적, 업무적, 환경적 요인들을 분석하여 다음과 같은 결론을 도출하였다. 첫째로 배송 근로자의 신체 부위별 근골격계 통증은 허리와 손목/손 부위

에서 가장 두드러졌다. 이는 택배 작업에서 빈번히 발생하는 반복적인 물품 취급 작업과 장시간 동안 비효율적인 자세를 유지함으로 인해 특정 부위에 지속적인 신체 부하가 가해진 결과로 해석할 수 있다. 다음으로 피로 심각도는 개인적 특성보다는 업무 특성과 환경 특성에 더 큰 영향을 받았다. 특히, 일일 취급 물량이 증가할수록 피로도가 유의미하게 높아졌으며, 환경적 측면에서는 일교차가 클수록 피로 심각도가 높아졌다. 이러한 결과는 피로도를 관리하는 측면에서 볼 때, 개인의 특성보다는 취급 물량 조절과 근무 환경 개선을 중심으로 접근할 필요가 있음을 의미한다. 마지막으로 신체 부위별 통증 정도와 피로 심각도 사이에 양의 상관관계가 확인되었으며, 발목, 무릎, 고관절/허벅지와 같은 하지 부위에서 그 상관성이 두드러졌다. 다중 선형 회귀 분석 결과, 어깨, 고관절/허벅지 및 발목/발 부위의 통증이 택배 배송 근로자의 피로 심각도를 가장 잘 설명하는 것으로 나타났으며, 특히 발목과 발의 통증 정도가 피로에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 밝혀졌다. 결론적으로 택배 배송 근로자의 피로 관리 및 근골격계 통증 예방을 위해서는 일일 취급 물량의 합리적 조정, 일교차와 같은 환경적 요인 관리와 하지 부위에 가해지는 부하를 줄이기 위한 인체공학적 작업 환경 개선이 필수적이다. 본 연구의 결과는 향후 택배 배송 작업의 환경 개선 및 근로자 건강 관리 방안을 마련하는 데 참고자료로 활용될 수 있을 것이다.

Acknowledgement

This work was carried out with the support of "Cooperative Research Program for Agriculture Science and Technology Development (Project No. PJ01709903)" Rural Development Administration.

References

Aitken, R.C., Measurement of feelings using visual analogue scales. *Proceedings of the Royal Society of Medicine*, 62(10), 989-993, 1969.

Åström, M., Thet Lwin, Z.M., Teni, F.S., Burström, K. and Berg, J., Use of the visual analogue scale for health state valuation: a scoping review. *Quality of Life Research*, 32(10), 2719-2729, 2023.

Chung, K.I. and Song, C.H., Clinical usefulness of fatigue severity scale for patients with fatigue, and anxiety or depression. *Korean Journal of Psychosomatic Medicine*, 9(2), 164-173, 2001.

Cheng, J., Xu, Z., Zhu, R., Wang, X., Jin, L., Song, J. and Su, H., Impact of diurnal temperature range on human health: a systematic review. *International Journal of Biometeorology*, 58, 2011-2024, 2014.

Davis, R.E., Hondula, D.M. and Sharif, H., Examining the diurnal temperature range enigma: why is human health related to the daily change in temperature?. *International Journal of Biometeorology*, 64(3), 397-407, 2020.

Garcia, M.G., Graf, M. and Läubli, T., Correction to: Lower limb pain among workers: a cross-sectional analysis of the fifth European Working Conditions Survey. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 91(5), 655, 2018.

Ju, H., Kim, H.C., Jang, S.W., Won, Y., Park, S.G. and Leem, J.H., Relationship between fatigue severity scale and occupational injury in Korean workers. *Annals of Occupational and Environmental Medicine*, 33, e15, 2021.

Kim, M.J. and Choi, E.S., A structural equation model on health status in delivery workers: Based on the theory of Salutogenesis. *Research in Community and Public Health Nursing*, 34(3), 228-239, 2023.

Kim, T., Jung, M.C., Park, J.K. and Mo, S.M., Ergonomic workload analysis of based on the roof height of delivery vehicles. *Journal of Ergonomic society of Korea*, 44(1), 73-81, 2025.

Korea Education and Research Institute for Safety Economy (KERISE). *Policy measures to prevent health problems and death caused by overworks of couriers*. Occupational Safety and Health Research Institute. 2020. https://oshri.kosha.or.kr/oshri/publication/researchReportSearch.do?mode=view&articleNo=419789 (retrieved March 8, 2025).

Korea Occupational Safety and Health Agency (KOSHA). *Fatigue assessment and management guidelines (KOSHA Guide H-91-2021)*. 2021.

Krupp, L.B., LaRocca, N.G., Muir-Nash, J. and Steinberg, A.D., The fatigue severity scale: application to patients with multiple sclerosis and systemic lupus erythematosus. *Archives of Neurology*, 46(10), 1121-1123, 1989.

Kuorinka, I., Jonsson, B., Kilbom, A., Vinterberg, H., Biering-Sørensen, F., Andersson, G. and Jørgensen, K., Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. *Applied Ergonomics*, 18(3), 233-237, 1987.

Lee, S., Jin, S. and Chang, S.R., Symptoms of the musculoskeletal disorders in delivery workers. *Journal of the Korean Society of Safety*, 38(2), 52-59, 2023.

Ozili, P.K., The acceptable R-square in empirical modelling for social science research. In *Social research methodology and publishing results: A guide to non-native English speakers*, IGI global, 134-143, 2023.

Pickard, O., Burton, P., Yamada, H., Schram, B., Canetti, E.F. and Orr, R., Musculoskeletal disorders associated with occupational driving: a systematic review spanning 2006-2021. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(11), 6837, 2022.

Rahmania, A., Ma'rifah, S., Phuspaand, S.M. and Ramli, A., Scoping Review on Measurement Tool for Work Fatigue. In *SHS Web of Conferences* (Vol. 189, p. 01005). EDP Sciences, 2024.

Rim, S.C. and Jung, M.C., Evaluation of workloads of package deliverers focusing on their pickup and delivery tasks in republic of Korea. *Sustainability*, 14(9), 5229, 2022.

Ryu, G., Jung, I., Han, M., Ju, H., Jung, Y., Jeong, S., Kim, S. and Bahn, S., Risk factors of musculoskeletal disorders in loading and unloading tasks of couriers. *Work*, 76(1), 135-145, 2023.

Silva, L., Costa, N., Rosa, C.S., Paulo, I.I., Silva, N.M., Giracca, C., Simões, S.S., Aquini, A.N., Merino, G. and Merino, E.A.D., Ergonomic assessment of postal worker's pain symptoms and musculoskeletal risks related to parcel processing activity for delivery. *EXCLI Journal*, 21, 744-756, 2022.

Srinivasan, R., Reza, A. and Kumar, A.V.K., Prevalence of musculoskeletal disorders in delivery personnel. *International Journal of Community Medicine and Public Health*, 10(5), 1861, 2023.

Author listings

Jiyeon Ha: jiyeon4413@gmail.com
Highest degree: MS, Department of Industrial Engineering, Ajou University

Position title: Ph.D. Student, Department of Industrial Engineering, Ajou University
Areas of interest: Ergonomics, Biomechanics, Work design, UI/UX

Taeu Kim: xodn0022@ajou.ac.kr
Highest degree: B.A., Department of Industrial Engineering, Ajou University
Position title: Ph.D. Candidate, Department of Industrial Engineering, Ajou University
Areas of interest: Work design, Ergonomics, Biomechanics, Product development, Artificial intelligence

Myung-Chul Jung: mcjung@ajou.ac.kr
Highest degree: Ph.D., Department of Industrial Engineering, The Pennsylvania State University
Position title: Professor, Department of Industrial Engineering, Ajou University
Areas of interest: Work design, Ergonomics, Product development, Biomechanics, Electromyography

Seung-Min Mo: smmo@osan.ac.kr
Highest degree: Ph.D., Department of Industrial Engineering, Ajou University
Position title: Assistant Professor, Department of Occupational Safety and Health Management, Osan University
Areas of interest: Ergonomics, Industrial safety, Human-robot interaction, Work design, Biomechanics, Electromyography