

Ergonomic Workload Analysis of Based on the Roof Height of Delivery Vehicles

Taeu Kim¹, Myung-Chul Jung¹, Jung-Keun Park², Seung-Min Mo³

¹Ajou University, Department of Industrial Engineering, Suwon-si, 16499

²Taewon Sibata Ltd, Institute for Scientific Technology, Seoul, 08588

³Osan University, Department of Occupational Safety and Health Management, Osan-si, 18119

택배 배송 트럭의 적재함 높이에 따른 인간공학적 작업 부하 분석

김태우¹, 정명철¹, 박정근², 모승민³

¹아주대학교 산업공학과

²(주)태원시바타 기술연구소

³오산대학교 안전보건관리과

Corresponding Author

Seung-Min Mo

Osan University, Department of

Occupational Safety and Health

Management, Osan-si, 18119

Email : smmo@osan.ac.kr

Received : January 16, 2025

Revised : January 18, 2025

Accepted : February 03, 2025

Objective: The purpose of this study is to ergonomically analyze the workload associated with the roof-height of the cargo area in delivery trucks, targeting courier workers operating in logistics terminals.

Background: To promote ground-level park development in apartment complexes as part of efforts to improve residential environments and address traffic safety issues, restrictions are being placed on the entry of delivery trucks based on the roof-height of their cargo areas.

Method: A total of 18 industrial male workers participated in the experiment (high-roof: 9, low-roof: 9). This study considered four independent variables: roof-height (high, low), task (loading, organizing, unloading), work timing (before work, after work), and body parts (neck, shoulder, lower back, knee, whole body). The objective dependent variable, rapid entire body assessment (REBA) score, was analyzed, and the subjective discomfort was assessed using visual analogue scale (VAS) to evaluate perceived discomfort. The entire body movements of the subjects were continuously recorded using a compact camcorder. Before and after the tasks, subjective discomfort in each body part was assessed using a questionnaire. To statistically analyze the significant differences according to the experimental design, a repeated measures ANOVA was performed.

Results: The ANOVA results for the REBA score showed statistically significant differences, with the main effects (roof height: $p=0.007$, task: $p<0.000$) and interaction effect ($p<0.000$). The mean REBA score showed a significantly higher risk for low-roof height compared to high-roof height. The REBA scores for the tasks of organizing and unloading were significantly higher in the low-roof height. The ANOVA results for the subjective discomfort showed statistically significant differences, with all main effects (roof height: $p<0.000$, task: $p=0.001$, body part: $p<0.000$, work timing: $p=0.003$) and the two-way interaction effect between roof height and work timing ($p=0.003$). The mean subjective discomfort in the lower back, overall body, and knee was found to be significantly higher. In low-roof height, the mean subjective discomfort significantly increased after work compared to before work.

Conclusion: Low-roof vehicles repeatedly expose workers to bending and crouching postures, leading to a high risk of musculoskeletal disorders and increased subjective discomfort, emphasizing the urgent need for ergonomic improvements.

Application: Based on the findings of this study, ergonomic improvements for low-roof vehicles are suggested, which are expected to reduce the physical workload.

Keywords: Delivery vehicle, Roof height, REBA, Subjective discomfort, Workload

1. Introduction

비대면 온라인 시장의 성장과 함께 고객의 빠른 배송 서비스 수요로 인해 택배 물류 시스템은 가파르게 발전하고 있다(Tipping and Kauschke, 2017). 미국의 물류 산업은 1조 5천억 달러 규모로 GDP의 약 11%를 점유하고 있으며(Bureau of Transportation Statistics, 2017), 한국의 물류 산업은 해외 직구 규모의 성장과 함께 전체 부가가치 생산의 4.1%를 차지하는 것으로 보고 되었다(Korea Chamber of Commerce and Industry, 2024). 물류 산업은 기존 고객 만족도 제고 및 신규 고객 유치를 위해 빠른 배송 시간, 로지스틱 유연성, 자율주행 차량, 드론 등 최신 기술을 도입하고 있다(Ho et al., 2012). 또한 국내 이커머스사와 택배사는 플랫폼 구축을 통해 택배 배송 및 반품 속도를 향상시키려는 서비스 경쟁이 가속화 되면서 지속적인 성장세가 예상된다.

최근 아파트 단지 내 주거 환경 개선 및 교통 안전의 이슈로 지상부를 공원화, 정원화 하면서 심미성을 중요시하고 있다. 이에 따라 아파트 단지 내 차량 출입을 통제하여 택배 배송 차량의 지상 통행, 주정차를 금지하고 지하 주차장으로 진입하여 택배 정리, 하차, 배송, 집화 등의 물류 작업을 요구하고 있다. 2023년 기준 한국의 주택 인허가 물량 중 아파트는 약 74%로 가장 높은 비율로 점유하고 있으며(MOLIT, 2024), 아파트 지역의 택배 업무는 근무 시간 대비 집적성과 효율성이 높은 측면이 있기 때문에 아파트에서 규정하는 배송 요구 조건을 간과할 수 없는 실정이다. 이에 따라 일반적으로 택배 배송 업무에 활용하는 내장 탑차 및 하이탑 형태의 배송 트럭은 아파트의 지하 주차장에 진입하기 위해 적재함의 전고가 낮은 저상 탑차 형태로 개조 및 변경하고 있다.

택배 배송 근로자의 주요 작업은 집화, 분류, 운전, 배송 등으로 구성되어 비교적 단순하지만 물류 서비스 기업 간의 치열한 경쟁으로 택배 배송 단가는 지속적으로 하락하고 있다(Lee et al., 2017; Rajendran, 2020). 이는 택배 배송 근로자 1인당 물류 처리 비율이 높아져 작업 부하가 증가하고 작업 처우 및 여건이 악화되는 것과 연관성이 높다(Baek and Jeon, 2021; Kim and Jin, 2023; Lee et al., 2024). Rim and Jung (2022) 연구는 택배 근로자의 심박수, 표준 노르딕 설문지, 주관적 불편도를 분석하여 허리 및 손목 부위의 반복적인 부적절한 자세가 발생하고 누적 신체 부담이 높은 것으로 평가하였다. Chen et al. (2015) 연구는 운송 트럭 운전자는 사망률과 질병률이 타 직종에 비해 상대적으로 높은 수준이며 업무 연관성이 높은 것으로 보고하였다. 최근 도입된 저상 탑차의 경우 적재함의 전고가 약 1,300mm 내외로 일반 성인 기준의 신장보다 낮기 때문에 적재함 내 택배 상·하차, 정리 작업 시 허리 굽힘, 쪼그려 앉기 등의 부적절한 자세가 반복적으로 발생하여 기존의 일반 탑차 및 하이탑 형태의 배송 트럭보다 작업 부하가 가중된다. 또한, 적재함의 전고가 낮아 1회 상차할 수 있는 적재량이 감소하여 간선터미널 등의 물류 허브로의 이동이 빈번해져 물류 취급의 효율성도 감소하게 된다. 배송 차량의 적재함 높이에 따른 작업자의 인간공학적 작업 부하를 분석한 Choi and Park (2023), Kong et al. (2023)의 연구도 일반 탑차 대비 저상 탑차에서 허리 굽힘 각도, 근활성도 등의 신체 부하가 더 높은 것으로 보고하였다. 저상 탑차를 이용하는 근로자의 인간공학적 신체적 부하를 평가한 연구는 아직 미흡한 편이며 제한된 실험 환경에서 작업을 재현하여 실제 사업장의 작업 환경을 반영하기에는 일부 제한적이다.

따라서 본 연구의 목적은 실제 터미널에서 근무하는 택배 근로자를 대상으로 배송 트럭의 적재함 높이에 따른 작업 부하를 인간공학적으로 분석하는 것이다. 택배 배송 업무에 빈번하게 활용하는 하이탑, 저상탑 차량의 적재함 높이 차이에 따른 작업자의 신체 부하를 REBA (Rapid entire body assessment) 기법을 활용하여 작업 자세의 위험성을 평가하고, VAS (Visual analog scale)를 활용하여 신체 부위별 주관적 불편도를 평가하였다.

2. Method

2.1 Subjects

본 연구에 참여한 피실험자는 최소 5년 이상 택배 배송 업무에 종사하고 일평균 근로시간 8시간 이상인 남성 근로자를 대상으로 총 18명(하이탑: 9명, 저상탑: 9명)을 대상으로 하였다. 피실험자의 평균 신장은 175.3±5.1cm, 평균 체중은 83.1±15.4kg 이었다. 피실험자는 전신에 근골격계질환 등의 병력이 없는 작업자를 선발하였다. 피실험자의 윤리적 보호를 위해 2008년 개정된 헬싱키 선언문을 준수하였으며(Morris, 2013), 사전에 실험의 목적 및 절차를 설명하고 실험 참가의 동의를 얻었다.

2.2 Experimental design

본 연구는 택배 배송 트럭의 적재함 높이에 따른 작업자의 신체 부하를 분석하기 위해 적재함 높이(하이탑, 저상탑), 작업(상차, 정리, 하차), 작업시점(작업 전, 작업 후), 신체부위(목, 어깨, 허리, 무릎, 전신)의 총 4가지 독립변수를 고려하였다. 이에 따라 적재함 높이(2) × 작업(3) 실험 조건에 대해 객관적인 종속변수로서 REBA score (Hignett and McAtamney, 2000)에 따른 위험성을 분석하고, 적재함 높이(2) × 작업(3) × 신체부위(5) × 작업시점(2) 실험 조건에 대해 주관적인 종속변수로서 VAS를 활용하여 주관적 불편도를 평가하였다.

2.3 Procedure

본 연구는 물류터미널에서 택배 배송 업무를 수행하는 작업자를 대상으로 현장 조사를 진행하여 배송 차량의 적재함 높이에 따른 다양한 작업에 대한 데이터를 수집하였다. 현장에서 배송 트럭의 구분을 위해 적재함 전고의 높이를 기준으로 하이탑(1,800mm 내외), 저상탑(1,300mm 내외)로 설정하였다(Figure 1).

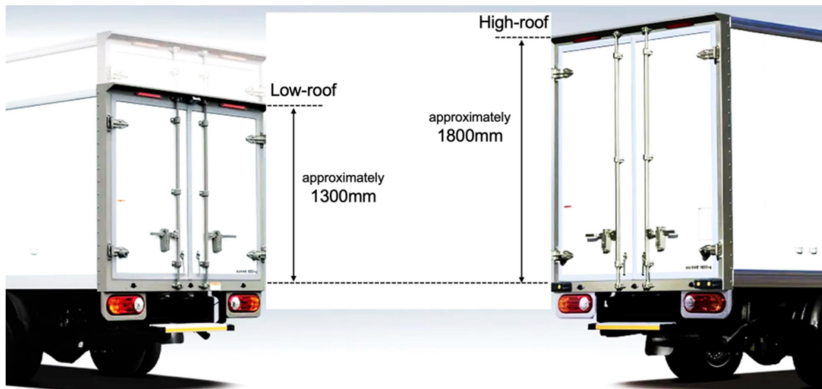


Figure 1. The roof height of cargo bed for the delivery vehicle types

본 연구는 물류터미널에서 발생하는 택배 배송 작업에 대해 Table 1과 같이 상차, 정리, 하차로 정의하여 구분하였다. 하차 작업의 경우 운송 후 배송지 주변에서 발생하기 때문에 사전 집화된 택배를 물류터미널에서 하차하는 작업을 고려하였다.

Table 1. The tasks and their definitions in delivery work

Task	Definition
Loading	The task involves the worker moving between the conveyor and the vehicle to load delivery parcels into the vehicle's cargo compartment.

Table 1. The tasks and their definitions in delivery work (Continued)

Task	Definition
Organizing	The task involves the worker organizing delivery parcels inside the cargo compartment in the order of delivery.
Unloading	The task involves the worker unloading previously collected delivery parcels from the vehicle's cargo compartment.

피실험자가 업무를 시작하기 전 키, 몸무게 등의 기본적인 인적 사항을 기입하고 촬영 목적 및 내용을 설명하였다. 또한 REBA 분석에 필요한 취급 중량물의 무게를 추정하기 위해 분류된 각 택배 박스의 크기를 구분하여 중량을 샘플 측정하였다.

피실험자의 작업을 방해하지 않도록 피실험자와 약 2m 거리를 유지하며 소형 캠코더로 전신의 작업 동작을 연속적으로 촬영하였다. 촬영 동영상의 해상도는 1,920×1,080 (30fps)로 설정하였다.

피실험자의 주관적 신체 부담 정도를 VAS로 평가하기 위해 신체부위별 주관적 불편도를 기입할 수 있는 설문지를 활용하였다(Figure 2). 작업을 수행하기 전과 후 총 2회에 설문지를 활용하여 목, 어깨, 허리, 무릎, 전신에 대해 주관적 불편도를 인터뷰 형태로 조사하였다.

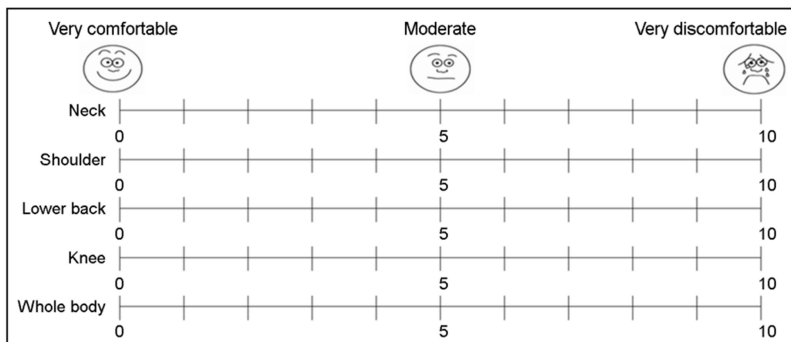


Figure 2. Questionnaire sheet for the visual analog scale

2.4 Data processing

REBA 평가를 위해 전신의 작업 자세를 기반으로 촬영된 상차, 정리, 하차 작업의 동영상을 3분 이내의 일정 간격으로 10프레임을 추출하였다. 각 작업 자세에 대해 목, 어깨, 허리 등의 관절 각도와 손잡이, 중량물 등을 정보를 활용하여 REBA score를 평가하였다. 3명의 숙련된 인간공학 전공자가 동영상을 분석하였으며 분석자 간 오류를 최소화하기 위해 관절 각도의 평가 기준을 사전에 협의하였다. 작업자의 신체부위가 불가피하게 가려져 관절 각도의 정확한 판단이 어려운 경우에는 해당 프레임 전후의 자세와 동작을 종합적으로 고려하여 관절 각도를 신뢰도 높게 추정하였다(Jung and Mo, 2020). REBA score에 따라 작업 자세별 위험성을 1점(유해요인 노출 위험성 없음) ~15점(유해요인 노출 위험성 높음)으로 평가하였다.

2.5 Statistics

실험계획에 따라 적재함 높이, 작업, 신체부위, 작업시점에 따른 위험성과 주관적 불편도의 유의한 차이를 통계적으로 분석하기 위해 반복측정 분산분석을 수행하였다. 각 독립변수의 수준별로 기술통계분석을 실시하여 평균과 표준 편차를 산출하고 주효과 및 교호작용을 분석하였다($\alpha=0.05$). 유의하게 분석된 인자에 대하여 Tukey test를 통한 독립변수의 수준 간 유의성 차이도 함께 분석하였다. 통계분석은 SAS 9.4 (SAS Institute, Cary, NC, USA) 통계패키지를 사용하였다.

3. Results

3.1 REBA score

적재함 높이와 작업에 따른 REBA score의 분산분석 결과, 주효과(적재함 높이: $p=0.007$, 작업: $p<0.000$) 및 교호작용($p<0.000$)이 모두 통계적으로 유의하게 분석되었다. 적재함 높이에 따른 주효과는 하이탑 차량의 경우 평균 REBA score는 6.2 ± 2.1 , 저상탑 차량의 경우 7.0 ± 2.3 로 분석되어 저상탑 차량의 위험성이 높게 나타났다. 작업에 따른 REBA score는 정리(7.4 ± 2.0), 하차(6.8 ± 2.4), 상차(5.7 ± 2.1) 순으로 위험성이 높게 분석되었다. 적재함 높이와 작업에 따른 교호작용 결과(Figure 3), 저상탑 차량에서 정리, 하차 작업의 REBA score가 통계적으로 유의하게 하이탑 차량보다 높게 분석되었다. 하이탑 차량에서 상차 작업의 REBA score는 저상탑 차량보다 약간 높은 것으로 분석되었지만 통계적 유의성은 없었다.

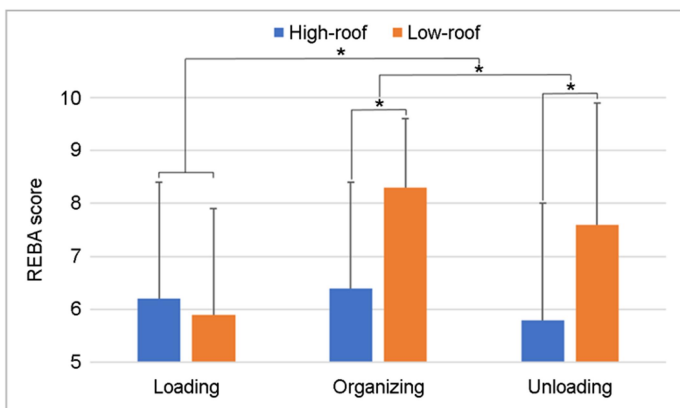


Figure 3. Results of REBA scores based on the interaction between vehicle and work types. The asterisks represent a significance level of 0.05

3.2 Subjective discomfort

적재함 높이, 작업, 신체부위, 작업시점에 따른 주관적 불편도의 분산분석 결과, 모든 주효과(적재함 높이: $p<0.000$, 작업: $p=0.001$, 신체부위: $p<0.000$, 작업시점: $p=0.003$) 및 적재함 높이 × 작업시점의 2차 교호작용($p=0.003$)이 통계적으로 유의하게 분석되었다. 적재함

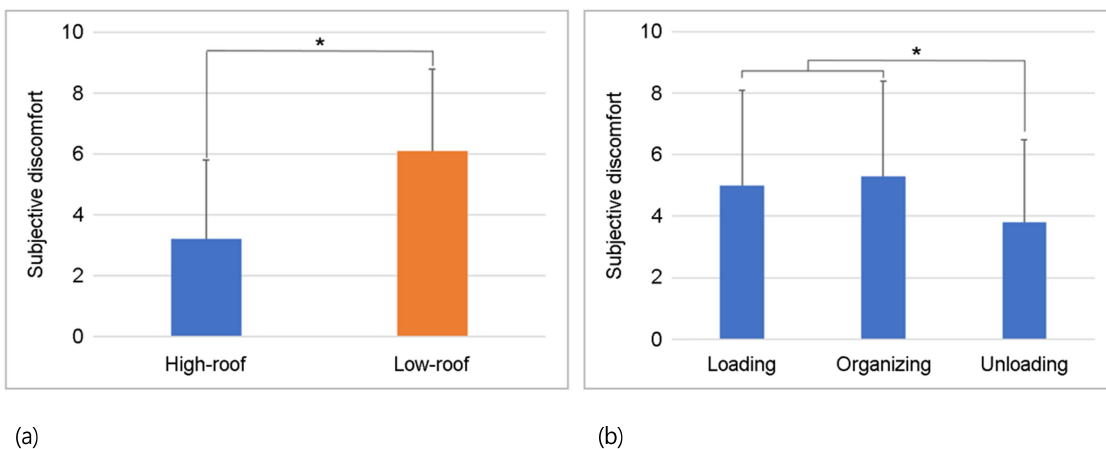


Figure 4. Results of subjective discomfort based on the main effects: (a) vehicle; (b) work type. The asterisks represent a significance level of 0.05

높이에 따른 주효과는 하이탑의 경우 평균 주관적 불편도는 3.2 ± 2.6 , 저상탑 차량의 경우 6.1 ± 2.7 로 분석되어 저상탑 차량에서 약 2배 높게 나타났다. 작업에 따른 주관적 불편도는 정리(5.3 ± 3.1), 상차(5.0 ± 3.1), 하차(3.8 ± 2.7) 순으로 높게 분석되었다(Figure 4).

신체부위에 따른 주효과는 허리(5.8 ± 3.3), 전신(5.5 ± 3.0), 무릎(5.1 ± 3.1) 부위의 평균 주관적 불편도가 높게 분석되어 작업 중 불편감을 높게 호소하는 부위로 나타났다. 작업시점에 따른 주효과는 작업 시작 전 대비 종료 후에 주관적 불편도가 증가하는 경향으로 분석되었다(Figure 5).

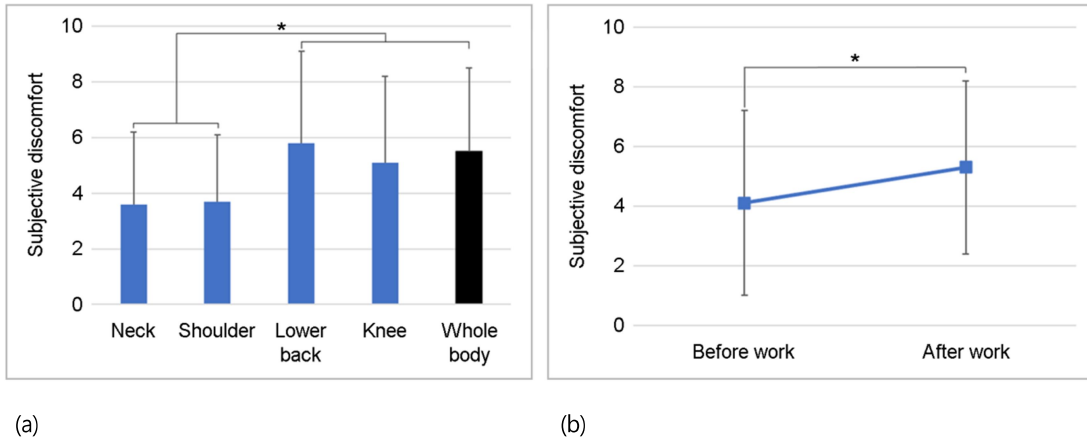


Figure 5. Results of subjective discomfort based on the main effects: (a) work timing; (b) body part. The asterisks represent a significance level of 0.05

Figure 6과 같이 적재함 높이와 작업시점에 따른 교호작용의 결과, 하이탑 차량에서 작업 시작 전 대비 종료 후에 평균 주관적 불편도는 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 분석되었다. 반면, 저상탑 차량에서 작업 시작 전 대비 종료 후에 평균 주관적 불편도는 약 2.3 증가하여 작업자가 느끼는 신체적 불편도가 높게 분석되었다.

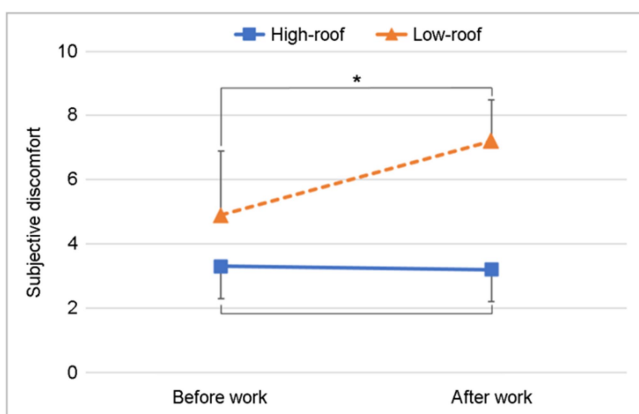


Figure 6. Results of subjective discomfort based on the interaction between vehicle type and work timing

4. Discussion

본 연구는 택배 배송 차량의 적재함 높이 및 작업 종류에 따른 작업자의 작업 부하를 인간공학적으로 평가하였다. 이에 따라 전반적

으로 저상탑 차량에서의 REBA score와 주관적 불편도가 높게 분석되었다. 주로 저상탑 차량에서 적재함 내 택배 물건을 정리하는 작업의 작업 부하가 높게 나타났으며, 특히 작업 종료 후의 주관적으로 느끼는 불편도가 높게 분석되었다.

Figure 3과 같이 하이탑 차량과 비교하여 저상탑 차량에서 정리, 하차 작업의 REBA score가 상대적으로 높게 분석되었다. 본 연구에서 고려한 정리, 하차 작업은 주로 적재함 내부에서 작업하는 빈도가 높게 조사되었으며 상차 작업은 주로 적재함 외부에서 작업이 발생하였다. 적재함 내부 작업인 정리, 하차 작업에서 부적절한 작업 자세가 더 높은 비율로 분석되었고 이는 해당 작업에서 신체적 부담이 높고 근골격계질환 유해요인 노출 위험성이 더 높다는 것을 의미한다(Hignett and McAtamney, 2000). 상차 작업의 경우 하이탑, 저상탑 차량 모두 적재함 후방부에서 입식 자세로 택배를 취급하기 때문에 REBA score의 차이가 통계적으로 유의하지 않게 분석된 것으로 사료된다. 저상탑 차량의 경우 적재함 높이가 1,300mm로 일반적인 성인이 내부에서 작업할 경우 목, 허리, 무릎 등 주요 관절의 굽힘이 불가피하게 발생하기 때문에 부적절한 자세가 유발된다. 이는 Choi and Park (2023), Kong et al. (2023)의 연구에서 보고된 저상탑 차량의 작업 부하가 높게 분석된 결과와 일치한다. Wilhelmsson et al. (2021)은 돼지 운송 차량 운전자의 작업 부하를 분석하여 1,000mm 높이의 적재함 내부 공간에서 작업 시, 극심한 허리 굽힘과 쪼그려 앉기 등의 부적절한 자세 때문에 신체적 부하가 높은 것으로 평가하였다. 이와 같은 협소한 공간에서의 부적절한 자세로 인한 단순 반복, 수동물자취급 등의 작업은 신체적 부담을 증가시키고 장기적으로 통증질환, 근골격계질환 등의 유병률이 높아지게 된다(da Costa and Vieira, 2010; Dalbøge et al., 2014; Rwamamara et al., 2010). 이에 따라 전고가 낮은 저상탑 차량의 작업은 대부분 쪼그려 앉기, 허리 굽힘의 자세가 빈도 높게 발생하기 때문에 근골격계질환 유해요인 노출 위험성이 높고 REBA의 조치 수준에 따라 작업 개선이 시급한 것으로 파악되었다.

저상탑 차량에서 분석된 작업자의 부적절한 자세는 신체부위의 주관적 불편도가 하이탑 차량 대비 높게 분석된 결과와 연관성이 높다. 저상탑 차량의 주관적 불편도는 하이탑 차량 대비 약 2배 높게 분석되었다. 앞서 언급하였듯이 낮은 적재함 높이 때문에 허리 굽힘과 쪼그려 앉기의 부적절한 자세가 빈도 높게 발생하여 작업자의 허리, 무릎의 부위의 주관적 불편도가 높게 분석된 것으로 판단된다. Rim and Jung (2022) 연구는 하차, 배송 작업을 수행할 때 작업자가 자각하는 통증 수준은 허리 부위가 가장 높은 것으로 보고하였다. 본 연구에서 고려한 하이탑 차량의 경우 상차, 정리, 하차 작업에서 바닥면에서의 택배 물건 취급 시 허리 굽힘 자세가 간헐적으로 발생하고 쪼그려 앉기 자세의 빈도는 낮게 분석되었다. 이에 따라 작업 전후의 주관적 불편도는 통계적으로 유의하지 않게 분석된 것으로 판단된다. 반면, 저상탑 차량은 제한된 적재함 공간에서 작업 시 부적절한 자세가 빈번하게 발생하여 작업 종료 후에 주관적 불편도가 높게 증가한 것으로 사료된다.

본 연구는 실제 배송 업무를 수행하는 작업자를 피실험자로 고려하여 제한된 인원의 남성 근로자를 대상으로 하였다. 추후 다양한 연령대의 피실험자를 확대하여 분석 결과의 일반화가 필요할 것으로 판단된다. 본 연구는 전신의 작업 부하를 평가하기 위해 REBA score를 사용하여 신체부위별 자세의 위험성을 평가하기에는 제한적이다. 따라서 향후에는 허리, 무릎 등의 신체부위별 부적절한 자세의 객관적 위험성과, 주관적 불편도의 연관성을 비교 분석하는 연구가 필요할 것으로 사료된다. 또한 다양한 작업 조건에 따른 심박변이도, 근피로도, 권장무게한계 등의 지표를 종합적으로 분석하여 인간공학적 작업 부하 평가의 신뢰성을 향상시켜야 할 것이다.

5. Conclusion

본 연구는 택배 배송 트럭의 적재함 높이에 따른 인간공학적 작업 부하를 객관적, 주관적으로 평가하였다. REBA score 분석 결과, 저상탑 차량의 정리, 하차 작업에서 작업자의 허리 굽힘, 쪼그려 앉기 자세가 반복적으로 발생하여 근골격계질환 유해요인 노출 위험성이 높게 분석되었다. 이에 따라 허리, 무릎 부위의 주관적 불편도가 높게 분석되었으며 인간공학적 개선이 시급한 것으로 나타났다.

본 연구 결과를 기반으로 저상탑 차량을 활용한 택배 배송 업무의 인간공학적 개선 방향을 제안한다. 저상탑 차량의 옆문 사용 제고를 위한 적재함 내부의 조립식 칸막이 설치, 적재함의 높이가 조절식으로 변경되는 상승 탑차를 도입하는 방식의 인간공학적인 작업 개선이 필요할 것이다. 택배 분류 작업의 업무 강도가 높기 때문에 터미널에서 1차적으로 배송지별로 세분화하여 작업자의 배송순서 정리 시간을 단축하는 관리적 대책이 필요하다. 또한, 배송 작업 시 부하가 집중되는 허리, 무릎 관절에 부위에 보호용 밴드 착용을 권장한다. 저상탑 차량의 진입이 어려운 경우 특정 장소의 택배 보관함 활용, 배달용 전동카트 활용, 지상 주행 시 제한 속도 등의 사회적 보완책을 함께 마련하여 택배 배송 업무의 작업 부하를 감소시켜야 할 것이다.

References

- Baek, H.J. and Jeon, Y.L., Labor of courier working hours and health problems. *Korea Institute of Industrial Safety and Health*, 394, 30-35, 2021.
- Bureau of Transportation Statistics. Economic characteristics of the freight transportation industry, Bureau of Transportation Statistics. 2017. <https://www.bts.gov/bts-publications/freight-facts-and-figures/freight-facts-figures-2017-chapter-5-economic> (retrieved January 7, 2025).
- Chen, G.X., Sieber, W.K., Lincoln, J.E., Birdsey, J., Hitchcock, E.M., Nakata, A., Robinson, C.F., Collins, J.W. and Sweeney, M.H., NIOSH national survey of long-haul truck drivers: Injury and safety. *Accident Analysis & Prevention*, 85, 66-72, 2015.
- Choi, J.K. and Park, J.H., Analysis of the lifting work posture in a low roof delivery vehicle using a 3D motion analysis system. *Journal of Ergonomics Society of Korea*, 42(4), 305-313, 2023.
- da Costa, B.R. and Vieira, E.R., Risk factors for work-related musculoskeletal disorders: a systematic review of recent longitudinal studies. *American Journal of Industrial Medicine*, 53(3), 285-323, 2010.
- Dalbøge, A., Frost, P., Andersen, J.H. and Svendsen, S.W., Cumulative occupational shoulder exposures and surgery for subacromial impingement syndrome: a nationwide Danish cohort study. *Occupational and Environmental Medicine*, 71(11), 750-756, 2014.
- Hignett, S. and McAtamney, L., Rapid Entire Body Assessment (REBA). *Applied Ergonomics*, 31(2), 201-205, 2000.
- Ho, J.S.Y., Teik, D.O.L., Tiffany, F., Kok, L.F. and Teh, T.Y., Logistic service quality among courier services in Malaysia. *International Journal of Trade, Economics and Finance*, 3(4), 113-117, 2012.
- Jung, M.C. and Mo, S.M., Work analysis and ergonomic improvement for the user of medical device: Focus on the ENT unit. *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, 46(2), 173-178, 2020.
- Kim, H. and Jin, S., A quantitative investigation of the workload in the delivery worker. *Journal of Ergonomics Society of Korea*, 42(1), 29-37, 2023.
- Kong, Y.K., Kim, H.Y., Park, S.S., Shim, J.W., Keum, H., Son, S., Lee, S., Lee, S.K., Chae, U.R. and Shim, H.H., Evaluation for Workloads of delivery workers during loading/unloading tasks based on regular, low-floor, and EV newly designed delivery trucks. *Journal of Ergonomics Society of Korea*, 42(4), 369-384, 2023.
- Korea Chamber of Commerce and Industry, Distribution & Logistics Statistics for 2024. Korea Chamber of Commerce and Industry. 2024. [https://www.korcham.net/new_pdf/target/대한상공회의소%20-%202024%20유통물류통계집%20-%20내지\(0830\)합본.pdf](https://www.korcham.net/new_pdf/target/대한상공회의소%20-%202024%20유통물류통계집%20-%20내지(0830)합본.pdf) (retrieved January 7, 2025).
- Lee, S., Jin, S. and Chang, S.R., Ergonomic approach through process analysis of delivery work. *Journal of the Korean Society of Safety*, 39(1), 55-61, 2024.
- Lee, J.S., Lee, C.S. and Kim, S.H., Development Plan of Courier Industry in Response to the Increased Demand for Services; Issue Paper-17-03, Korea Transport Institute: Sejong, Korea, 2017. ISBN 978-89-5503-966-5.

Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2024 Housing Survey Results, 2024. https://www.molit.go.kr/USR/NEWS/m_71/dtl.jsp?id=95090538 (retrieved January 8, 2025).

Morris, K., Revising the declaration of Helsinki. *Lancet*, 381, 1889-1890, 2013.

Rajendran, S., Improving the performance of global courier & delivery services industry by analyzing the voice of customers and employees using text analytics. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 24(5), 473-493, 2020.

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, 5229, 2022.

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.

Tipping, A. and Kauschke, P., The future of the logistics industry. The Future of the Logistics Industry, Pwc, 2017. <https://www.pwc.com/gx/en/transportation-logistics/pdf/the-future-of-the-logistics-industry.pdf> (retrieved January 7, 2025).

Wilhelmsson, S., Andersson, M., Arvidsson, I., Dahlgvist, C., Hemsworth, P.H., Yngvesson, J. and Hultgren, J., Physical workload and psychosocial working conditions in Swedish pig transport drivers. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 83, 103124, 2021.

Author listings

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, Electromyography, 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

Jung-Keun Park: ergo.jkpark@gmail.com

Highest degree: ScD, Department of Work Environment, University of Massachusetts Lowell

Position title: Director, Institute for Scientific Technology, Taewon Sibata Ltd

Areas of interest: Ergonomic Exposure Assessment, Musculoskeletal Epidemiology, Risk Assessment, Biomechanics

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, Occupational safety, Human-robot interaction, Work design, Biomechanics, Electromyography