JESK J Ergon Soc Korea 2023; 42(1): 29-37
https://dx.doi.org/10.5143/JESK.2023.42.1.29
https://jesk.or.kr eISSN:2093-8462

A Quantitative Investigation of the Workload in the Delivery Worker

Hayoung Kim, Sangeun Jin

Major in Industrial Data Science & Engineering, Department of Industrial Engineering, Pusan National University, 46241

택배 근로자 배송 작업의 부하 정량화

김하영, 진상은

부산대학교 산업공학과 산업데이터공학융합전공

Corresponding Author
Sangeun Jin
Major in Industrial Data Science & Engineering, Department of Industrial Engineering, Pusan National University, 46241
Email : sangeunjin@pusan.ac.kr

Received : November 22, 2022
Revised : December 28, 2022
Accepted : December 29, 2022

Objective: This study aims to evaluate the workload of courier delivery workers by quantifying the workload of courier delivery tasks for systematic analysis and management.

Background: More than 80% of courier workers complain of musculoskeletal disorders, and courier work consists of unbalanced and excessive physiological exertions, such as moving heavy loads or performing repetitive tasks in the same posture. Therefore, the current type of work requires quantification and evaluation of allowable loads because the work sustainability of workers needs to be improved.

Method: Heart rate was measured during working hours to investigate the effect of maximum acceptable work times and overwork index on the type (A: apartment, B: house/villa, C: apartment/house/villa). A heart rate-based load evaluation was performed to derive quantitative biomarkers considering work characteristics. The heart rate of 21 courier workers was measured while working, and the maximum acceptable work times and overwork index were calculated. The maximum acceptable work times were calculated using the relative heart rate. The overwork index was calculated as the ratio of the maximum acceptable work times to the actual working hours.

Results: Comparing the maximum acceptable work times and overwork index in quantitative workload evaluation, Type B (house/villa) resulted in the highest indices: maximum acceptable work times: 4.3 hours and overwork index: 2.9.

Conclusion: Courier delivery workers operating in Types B~C, including houses and villas, work beyond the maximum acceptable work times. Therefore, it is necessary to lower the overwork index by reducing the working hours of delivery drivers, which can increase the sustainability of work.

Application: The results of this study can be used as a basic guideline to reduce working times related to delivery work and prevent overwork.

Keywords: Last mile service, Courier delivery worker, Workload, Musculoskeletal disorders, Heart rate

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

1. Introduction

국내 택배 산업은 TV 홈쇼핑, 인터넷 쇼핑몰 등이 발달하면서 물동량은 2000년에 2억 개에서, 2011년 13억 개로 성장하였고, 같은 기간 건당 택배비는 약 3,500원에서 약 2,000원 초반대의 단가를 기록하여, 물량은 증가하지만, 택배 단가는 오히려 감소하는 모습을 보였다(Sin and Lee, 2017). 코로나 19가 급속도로 확산하여 '20년 2월 택배 물동량은 31.7%로 급격하게 증가하였고 이후 6월의 택배 물동량은 다시 급증하여 전년 같은 달 대비 37%를 기록하였다(Seo et al., 2021). 즉, 코로나 19 발생 전후의 택배 이용 행태의 변화를 알아보기 위한 조사 결과, 응답자의 월평균 택배 이용 건수는 발생 전 6.22건에서 발생 후 9.74건으로 56.5%까지 급증하였다(Park et al., 2021). 이렇듯, 비대면 소비 확산으로 택배 물량이 급증하였고 그로 인해 택배기사의 사망사고까지 이어지고 있다. 택배노조에 따르면 지난해 택배기사 16명에 이어 올해도 현재까지 6명이 과로사로 사망하는 안타까운 사건이 발생하기도 하였다.

택배 근로자의 하루 평균 작업시간은 12.1시간의 장시간 작업이다(Baek and Jeon, 2021). 고강도 작업을 장시간 근무하는 것은 신체적 피로를 유발해 뇌 심혈관질환의 위험을 높여 과로 발생 가능성을 높인다(Jang et al., 2015). 또한, Jang et al. (2015)의 연구에서는 가벼운 육체적 노동이나 신체적으로 건강한 사람이 장시간 일하는 것은 뇌혈관 질환의 위험에 영향을 미치지 않을 수 있다고 가정했지만, 육체적 노동이 많거나 신체적 건강 상태가 좋지 않았을 때는 단 시간이라도 뇌 심혈관질환의 위험에 영향이 미칠 수 있다고 하였다. 따라서, 고강도 작업을 하는 택배 근로자들을 대상으로 과로를 평가하여 뇌 심혈관질환을 예방할 필요가 있다고 판단된다.

택배 이용자의 증가에 따라 택배 근로자들은 장시간 노동과 야간작업, 과도한 배송량, 중량물 취급 등으로 인한 여러 가지 건강장해의 위험이 커졌으며, 642명의 택배 근로자의 건강 관련 노동실태 온라인 설문조사 결과, 80% 이상이 근골격계질환 증상을 호소하였다(Baek and Jeon, 2021). 참여관찰을 통해 택배 근로자의 업무 활동 소요 시간을 측정한 결과 업무시간은 평균 11시간 54분, 배송 물량은 약 200개에서 450개 이상이었으며 업무시간 내 점심시간을 포함한 휴식 시간은 평균 35분이었다. 또한, 택배 근로자는 업무 중 음료를 거의 섭취하지 않았고, 화장실은 약 1회 이용하였다(Baek and Jeon, 2021). 이처럼 택배 근로자들은 열악한 환경에서 근무하며 높은 작업강도를 부담하고 있다.

근골격계질환 발생을 예방하기 위해서는 작업 중 관측되는 유해요인을 제거하거나 감소시키는 노력이 필요하다. 근골격계질환 발생 요인인 유해요인에는 작업장 요인, 작업자 요인, 환경 요인 및 작업 요인이 있다. 작업장 요인에는 부적절한 작업공구, 작업장 설계의 자, 책상, 키보드, 모니터 등이 있고, 작업자 요인에는 나이, 신체조건, 경력, 작업습관, 과거 병력, 가사 노동 등이 있으며 환경 요인에는 진동, 조명, 온도 등이 있다. 마지막으로 작업 요인에는 반복동작, 부적절한/부자연스러운 자세, 과도한 힘이 있다. 아울러, 유해요인 조사의 결과를 통해 작업강도를 단위작업 별로 분류하여 작업부하를 평가하여 확인할 수 있다. 그러나 택배 작업은 기존의 작업에서 관측되는 유해요인과는 달리 일정하지 않은 작업조건에서의 들기 작업, 유산소 운동을 요구하는 비정형 움직임(걷기 및 달리기)과 장시간 운전으로 이루어져 있다. 특히 택배 근로자는 매일 배정된 곳을 담당하여 배송하므로 배송 지역(아파트, 주택, 빌라, 상가 등)에 따라 느끼는 신체적 부하 정도가 다를 것이다.

아파트는 주로 평지 및 포장된 도로에 있고, 엘리베이터가 있으므로 택배 근로자는 카트에 짐을 대량으로 한번에 실어 배송을 차례대로 하므로 움직임이 적다. 그러나 주택 및 빌라는 대체로 대로변보단 한적한 주택가에 많이 지어져 있고 경사도 및 비포장 된 도로에 자리 잡고 있으며, 대부분 계단으로 이루어져 있다. 그러므로 배송물을 카트에 실어 나르는 것이 더 어렵고 힘든 작업이므로, 택배 근로자들은 배송물을 직접 손으로 들거나, 어깨와 등을 지지대 삼아 인력 배송을 하기 때문에 움직임이 많다. 그 때문에 택배 근로자들은 허리, 다리, 목, 손/손목/손가락 및 어깨에 지속적인 통증으로 근골격계질환의 위험도가 높아진다. 주택 및 빌라에서의 배송 작업은 아파트에서의 배송 작업보다 더 큰 작업강도를 가지므로 상대적 작업부하가 큰 것으로 판단된다. 따라서 배송 지역을 구분하여 각각의 작업강도 비교를 통한 정량적 작업부하 평가가 필요할 것으로 보인다. 또한, 근로자마다 매일의 배송 물량 수가 상이하고 배송물 무게 또한 0.5kg부터 20kg까지 분포해 있으며, 배송 구역도 다르므로 모든 근로자가 느끼는 작업강도는 현저히 다를 것이다. 하지만 택배 배송의 비정형적 작업 특성을 고려하여 작업강도에 따른 작업부하를 평가한 연구는 부재한 실정이다.

육체적으로 힘든 작업에서 안전하고 건강한 방법으로 온종일 지속할 수 있는 최대 작업량을 결정하는 것은 매우 중요하다. 8시간의 육체적 작업은 들기 작업을 포함하여 다양한 작업이 섞인 육체적 작업으로 구성되며 8시간 근무에 대한 일반적인 상한 허용오차는 30±35% VO_{2max} (Cycle legwork 또는 Treadmill)이다(Jørgensen, 1985). Wu and Wang (2002)은 상대심박수(Relative heart rate)와 상대 산

소 섭취량(Oxygen debt)도 작업부하 강도를 나타내는 좋은 지표라고 평가했다. 상대심박수는 개인 간 신체조건, 연령, 분당 심박수 등의 신체 특성 차이의 제거를 목적으로 표준화한 심박수로 신체 부하를 평가할 수 있으며, Swain and Leutholtz (1997)가 정의한 산출식에 따라 상대심박수를 산출하는 공식은 Equation (1)과 같다.

$$(HR_{work} - HR_{rest}) / (HR_{max} - HR_{rest}) \times 100\% \quad (1)$$

작업강도에 따른 작업부하를 평가하기 위해 심박수 지표를 활용하여 작업부하 정량화를 할 것이다. 심박수는 동적인 전신 활동의 난이도를 나타내는 대표적 지표로 신체활동의 강도가 증가할수록(더 심한 신체 노동을 할수록) 더욱 증가하므로 신체활동의 강도와 신체 부하를 반영하는 좋은 지표로 활용될 수 있다(Shimaoka et al., 1997; Christensen et al., 2000). Borg (1970)에 따르면 심박수에 기반을 두어 주관적 작업부하 평가 지침인 운동자각도를 개발하여 사용 중이며, 이를 Borg Scale이라고 정의한다. Gunnar Borg에 의해 알려진 등급은 6~20의 단계로 나누어지는데, 이 범위는 건강한 성인의 일반적인 심장 박동수를 10으로 나눈 숫자이다. 예를 들어, 11 정도로 인지된 힘의 양은 분당 110과 일치될 것으로 예상한다. 평가 점수의 10배는 신체활동 시의 실제 심박수와 높은 상관관계를 맺으므로 심박수 기반 부하 평가를 통해 비정형적 택배 작업의 부하를 대변할 수 있다고 볼 수 있다. 본 연구에서는 택배 배송 작업의 체계적 분석/관리를 위해 택배 근로자의 배송 작업부하를 정량화 하여 작업부하를 평가하고자 한다.

2. Method

2.1 Participants

본 연구는 택배업에 종사하고 있는 건강한 남성 택배 근로자 21명을 대상으로 수행하였으며, 26~42세 (Mean=34, SD=4.2)로 구성되어 있다. 모든 연구대상자는 사전 동의 후 자발적으로 실험에 참여했다.

2.2 Apparatus

분당 심박수를 측정하기 위해 Polar OH1™ (Polar T61, Kempele, Finland)이 사용되었다(Freq.: 1Hz) (Figure 1) (Müller et al., 2019). 휴대전화가 블루투스 범위 내에 있어야 OH1이 Flow 앱과 자동으로 동기화되므로, 연구자는 택배 근로자와 적정거리를 유지하며 작업시간 동안 동행하였다.

Figure 1. Polar OH1 [Heart rate sensor]

2.3 Experimental design

실험을 시작하기 전, 연구대상자에게 실험에 대한 자세한 목적, 설명 그리고 진행 절차에 대해 안내 후에 실험을 진행하였다. 배송 지역별로 심박수를 측정하여 최대 허용작업시간 평가를 통해 택배 근로자의 작업부하 정량화를 위한 실험을 설계하였다. 독립 변수는 총 세 가지로 배송 지역에 따라 구분되었고 Type이라 칭하였다. A Type은 아파트(Apartment), B Type은 주택/빌라(Housing/Villa), C Type은 아파트/주택/빌라(Apartment/Housing/Villa)로 구성되어 있으며 Table 1에서 Type에 따른 택배 근로자의 인원을 확인할 수 있다.

택배 근로자는 정규직과 계약직으로 구분되며, 계약직의 택배 물량 수는 축소 물량으로 약 150개, 정규직의 택배 물량 수는 기준 물량으로 약 300개에서 350개였다. 실험에 참여한 택배 근로자는 기준 물량의 배송물을 운반하는 정규직 택배 근로자가 선정되었다. 그리고 총 작업시간은 10시간으로 모두 같았다. 택배의 무게는 0.5kg부터 20kg까지 다양하게 분포되어 있으며 총 300개의 배송물을 측정한 결과, 5kg 이하는 70%, 10kg 이하는 92%로 대부분 10kg 이하의 무게가 분포되어 있었다. 물건의 개수는 Type A가 대체적으로 많았으나 가벼운 편이었으며, Type B는 반대로 무거우나 물량은 다소 적은 편이었다. 본 연구에서는, 택배회사에서 작업을 구분하고 있는 기준에 따라 작업의 특성에 차이를 보이는 A, B, C 세 가지 타입으로 구분하여 상대적 부하를 관측하고자 하였다. Figure 2는 실제 배송을 하는 택배 근로자의 이동 경로를 나타낸 것이며, 상차장에서 출발하여 배송이 끝난 후 상차장에 도착하는 순간 까지를 나타낸 그림이다. Figure 3은 택배 근로자가 택배 배송을 시작할 때 Polar OH을 상완 및 아래팔에 착용하여 작업이 끝날 때까지의 심박수를 측정한 기록이다. 본 그림은 시간 흐름에 따라 표시되었으며, 상차장에서 배송물 분배 및 짐 싣기 작업, 운전, 배송 순서로 작업이 진행된다. 배송과 배송 사이에는 운전이 계속 반복되는 형태로 배송이 지속된다.

Table 1. Status of courier delivery worker depend on type

Type classification	Delivery area	Number of participants
Type A	Apartment	7
Type B	Housing/Villa	5
Type C	Apartment/Housing/Villa	9

Figure 2. The route of subject

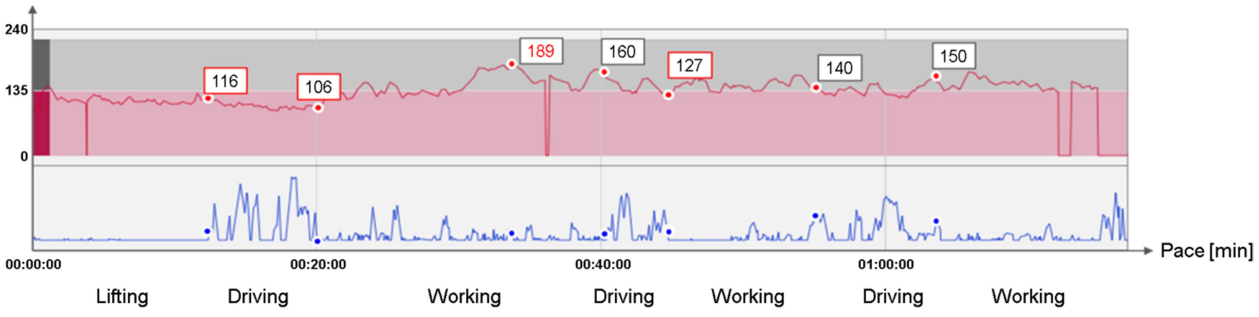

Figure 3. Example of Polar OH1 recording of subject

2.4 Dependent variables

종속 변수는 총 2가지로 첫 번째는 한 사람이 피로없이 작업할 수 있는 시간(MAWT)을 평가함으로써 배송 지역에 따른 작업 가능 시간을 분석하였다. 이를 위하여, 택배 작업을 수행하면서 안정 시 심박수(HR_{rest}) 및 작업 중 심박수(HR_{work})을 구하였다. 안정 시 심박수는 연구대상자들이 작업을 시작하기 전 심박수 또는 운전 중 심박수를 10분 동안 측정하였고 마지막 3분간의 기록만 수집하였다. 그 이후 연구대상자들은 본격적인 택배 작업을 시작하였다. 택배 공정은 작업, 운반, 저장, 지연 및 검사로 이루어져 있으며 모든 공정을 수행하는 동안 심박수가 기록되었고 2~8시간(평균 = 4시간, SD = 1.9) 동안 측정되었다. 작업 중 심박수(HR_{work})는 배송 중 평균 심박수와 상차장 작업 중 평균 심박수로 정의하였고, 운전은 작업이 아닌 것으로 판단하였으므로 운전 중 측정된 심박수는 제외하였다. 연구대상자의 최대 심박수(HR_{max})는 220-나이로 정의되었다(Uth et al., 2004). 안정 시 심박수, 작업 중 심박수, 최대 심박수의 결과값으로 상대심박수를 구할 수 있으며, 상대심박수를 통해 Wu and Wang (2002)에서 개발한 최대 허용작업시간(Maximum acceptable work time, MAWT)을 도출하였다. 최대 허용작업시간이란 전신 활동 평가를 목적으로 심박수를 활용하여 도출된 '허용 가능한 최대의 신체적 작업시간'으로 정의되었다. 최대 허용작업시간을 산출하는 공식은 Equation (2)과 같다.

$$MAWT = 26.12 \times e^{-4.81} \times RHR \quad (2)$$

상대심박수를 사용한 예측 모형이 최대 허용작업시간을 예측하는데 가장 높은 수준의 정확도를 보였으므로 심박수를 사용하여 작업부하 정량화를 하고자 하였다. 1일을 기준으로 MAWT는 연구대상자의 실제 근무 시간으로 나누어졌고, 그 값은 과로 지수로 정의되었다. 과로 지수는 Jang et al. (2015)이 정의한 산출식에 따라 산출하였다(Equation 3).

$$\text{Overwork index} = \text{Actual work time} / MAWT \quad (3)$$

2.5 Experimental procedure

첫째, 연구대상자들은 연구의 절차와 세부 사항에 대하여 충분히 전달받은 후 서면 동의서에 사인하였다. 둘째, 실험에 참여하는 택배 근로자들은 근골격계 부담 작업 유해요인조사표에 이름, 나이, 근무 날짜 그리고 배송 지역을 기재하였다. 셋째, Polar OH1(심박수 측정 기구)를 연구대상자의 상완 또는 아래팔에 편안하게 착용시킨다. 넷째, 연구대상자는 사무실에서 출발하여 작업을 시작한다. 사무실에서 출발하는 시점부터 심박수 기록이 시작되며, 연구자는 작업을 시작한 이후 휴대 전화에 심박수가 오류 없이 기록되고 있는지 확인한다. 다섯째, 연구대상자가 입차 후 사무실에 도착했을 때를 작업 종료라고 보며, 사무실에 도착하면 Flow 앱을 종료하고 연구대상자에게 착용된 Polar OH1을 제거하였다.

2.6 Statistical analysis

모든 통계 분석은 Minitab®을 사용하여 수행되었으며, 배송 지역에 따라 측정되는 심박수를 통해 RHR, MAWT 그리고 Overwork index의 결과를 확인하기 위하여 One-way ANOVA를 시행하였다. 통계적 유의성은 p 값이 0.05 미만으로 설정되었다.

3. Results

3.1 Maximum Acceptable Work Time and Overwork Index

작업부하에 대한 분산분석 결과, Table 2와 같이 유의수준 0.05에서 최대 허용작업시간, 상대심박수 및 과로 지수에서 모두 차이가 있는 것으로 분석되었다(Table 2).

최대 허용작업시간 결과 주택/빌라(Type B)는 약 4.3시간, 아파트/주택/빌라(Type C)는 약 5.7시간, 아파트(Type A)는 약 9시간으로 작업강도는 주택/빌라에서 가장 높은 것으로 확인되었다(Figure 4). Type A와 Type B의 MAWT는 약 3시간의 차이로 가장 큰 차이를 보였고, Type B와 Type C의 MAWT는 약 1.5시간의 차이로 가장 적은 차이를 보였다. 과로 지수의 계산 결과(Type B)는 약 2.9, 아파트/주택

/빌라(Type C)는 약 1.9, 아파트(Type A)는 약 1.4으로 주택/빌라에서 과로 지수가 가장 높았다(Figure 5). 기본 변수인 작업 중 심박수, 최대 심박수 및 안정 시 심박수를 비교한 결과 작업 중 심박수는 Type A (HR_{work}: 101)가 가장 낮았고, Type B (HR_{work}: 119)가 가장 높았다(Table 3). 최대 허용작업시간 및 과로 지수를 비교한 결과 Type B(최대 허용작업시간: 4.3시간, 과로 지수: 2.9)이 가장 높았다. 다음으로는 Type C(최대 허용작업시간: 5.71시간, 과로 지수: 1.86)가 높은 결과를 보였다(Table 4).

Table 2. ANOVA results for heart rate measurement

Factor	SS	Df	MS	*F*	*p*-value
RHR (%)	0.067	2	0.033	5.25	0.016*
MAWT (h)	0.61	2	0.304	5.06	0.018*
Overwork index	0.719	2	0.36	5.08	0.018*

*p<.05

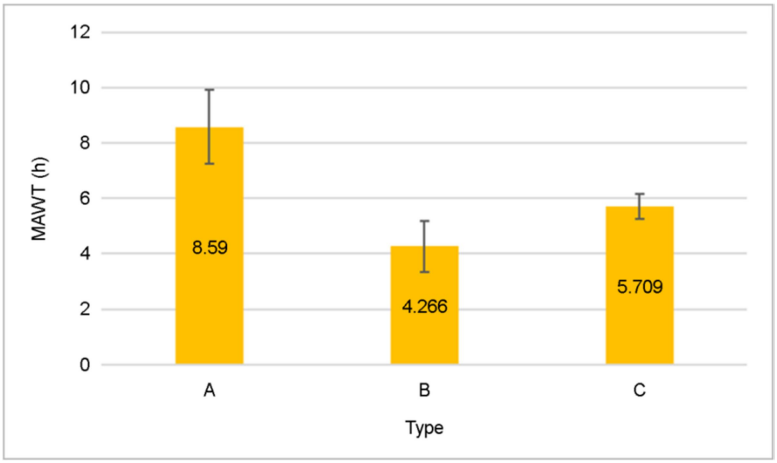

Figure 4. Mean maximum acceptable work time according to type

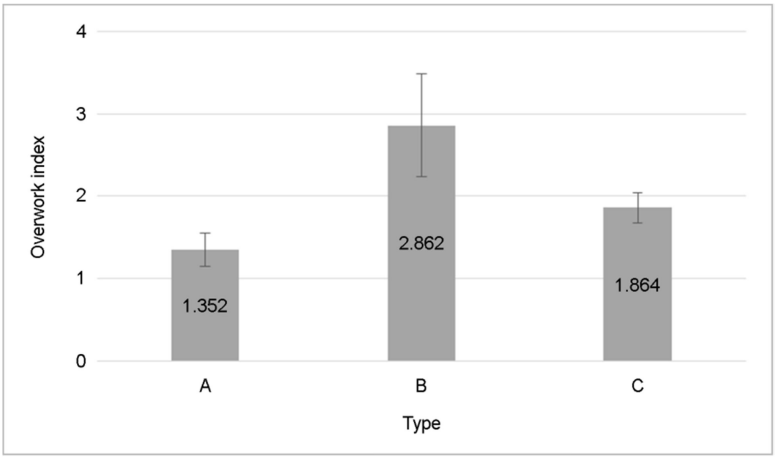

Figure 5. Mean overwork index according to type

Table 3. Calculation of heart rate variables

Type	HR_{work} [bpm]	HR_{rest} [bpm]	HR_{max} [bpm]
A	101.1±12	72.9±9	186.6±3
B	119.6±12	75.6±2	186.8±5
C	108.3±5	71.8±4	185.4±3

Table 4. Deriving MAWT (h) and overwork index values

Type	RHR (%)	Actual work time (h)	MAWT (h)	Overwork index
A	0.25±0.08	10	8.59±3.5	1.35±0.5
B	0.40±0.1	10	4.27±2	2.86±1.3
C	0.32±0.05	10	5.71±.13	1.86±0.5

4. Discussion

본 연구는 실제 택배 배송을 하는 동안 심박수를 측정하였고 그 값을 정량화 하여 택배 근로자가 하루에 피로 없이 일할 수 있는 최대 허용작업시간을 찾고자 하였다. 또한 최대 허용작업시간과 실제 작업시간의 비율로 과로 지수를 산출하여 택배 근로자의 과로 정도를 산출하고자 하였다.

연구 결과, 종속 변수(MAWT, Overwork index)는 모두 배송 지역에 따른 유의한 차이가 있었다. 작업 중 심박수는 주택/빌라(Type B)가 119.6 bpm으로 가장 큰 값을 보였다. 그리고 아파트(Type A)의 작업 중 심박수는 101.1 bpm으로 가장 낮은 값을 나타냈다. 그 때문에, Type A의 MAWT는 8.59시간으로 가장 긴 시간 동안 작업을 할 수 있었고, Type B의 MAWT는 4.27시간으로 짧은 시간 동안만 작업이 가능했다. 아파트 지역을 배송할 때의 MAWT와 주택과 빌라 지역을 배송할 때의 MAWT는 뚜렷한 차이를 나타냈다.

과로 지수 결과를 살펴보면, 3가지 Type 모두 1을 초과하였으므로, 배송 지역과 상관없이 배송 작업은 과로를 유발하는 작업으로 추정할 수 있다. 또한, 최대 허용작업시간이 짧아지는 것은 생리학적 반응의 증가로 피로해지는 것을 뜻하며 이는 과로 지수가 증가하는 것을 의미한다. 본 결과를 통해 아파트의 배송 작업을 할 때에도 과로 지수 1을 초과하는 것을 확인하였다. 이를 통해 택배 작업의 작업강도는 대체로 높은 것으로 확인되어진다.

선행연구(Sagiv et al., 2000; Choe et al., 1995)를 통해 경사도가 증가할수록 산소 섭취량 및 심박수는 유의하게 증가하며, 작업강도를 높이는 주 요인임을 확인하였다. Tseng and Liu (2011) 연구에서는 24°, 30° 그리고 36°의 기울기가 다른 계단 보행 실험을 시작했다. 각 조건에서 실험 마다 심박수를 측정하였고, 실험이 끝난 직후 주관적 생리학적 반응을 평가하기 위한 Borg-RPE를 평가하였다. 그 결과 24°에서 139.4 bpm, 30°에서 145.6 bpm, 36°에서는 152.4 bpm으로 계단의 기울기가 증가할수록 심박수는 유의하게 증가하였다. 또한, 주관적 피로 자각도 24°에서 12.4점, 36°에서 14.5점으로 유의한 증가세를 보였다. 선행연구 결과 아파트에서의 배송보다, 계단 및 경사도로 이루어진 주택 및 빌라에서 배송을 하는 것이 더 큰 작업강도를 가져온다는 것을 증명하였다.

본 연구는 택배 근로자들의 작업강도를 감소시켜야 함을 시사하고 있다. 작업강도를 감소시키기 위해서는 개인에게 주어진 배송량을 줄이는 것, 택배 근로자를 늘리는 것 또는 작업시간을 감소시키는 방법들이 있으며 이를 제안하고자 한다.

본 연구의 한계점은 택배 근로자마다 매일의 배송 지역과 배송 물량 수가 다르기 때문에 작업강도에 따라 적정작업시간을 정하여 분배하기가 쉽지 않으며 작업강도를 알더라도 개인마다 근로 시간을 다르게 부여하는 것은 어려운 일이다. 또한 작업강도를 높이는 요소에는 개인적 요소(체질량 지수, 체력, 연령 보행 속도 등), 작업 요소(중량물 무게의 분포, 작업물의 개수, 작업시간, 휴식 시간 등), 환

경적 요소(실내/외 기후, 도보 이동 지형, 고도 등)가 있다. 이러한 요소들은 에너지 소비량의 변화를 가져오며, 표준작업시간의 변화와도 관계가 있다(Drain et al., 2016). 앞으로는 복합적 요소의 영향을 고려하여 종합적 표준작업시간의 산출에 관한 연구를 진행할 것이다.

5. Conclusion

본 연구에서는 택배 배송 작업의 체계적 분석/관리를 위해 택배 근로자의 배송 작업부하를 정량화 하여 작업부하를 평가하고자 하였다. 배송지 역이 아파트와 비교하면 주택/빌라일 때의 상대심박수는 증가하였고 그에 따라 최대 허용작업시간은 감소하였으며, 과로지수는 증가하였다. 본 연구 결과는 배송업무와 관련된 근로 시간 단축과 과로 예방을 위한 기초자료로 활용될 수 있다.

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.

Borg, G., Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 2(2), 92-98, 1970.

Choe, J.H., Kim, H.J., Yang, E.K., Park, Y.Y. and Park, J.S., Oxygen consumption at different treadmill speed and grade in athletes and nonathletes. *Korean Circulation Journal*, 25(6), 1175-1182, 1995.

Christensen, H., Søgaard, K., Pilegaard, M. and Engineer, H.B.O., The importance of the work/rest pattern as a risk factor in repetitive monotonous work. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 25(4), 367-373, 2000.

Drain, J., Billing, D., Neesham-Smith, D. and Aisbett, B., Predicting physiological capacity of human load carriage–A review. *Applied Ergonomics*, 52, 85-94, 2016.

Jang, T.W., Kim, H.R., Lee, H.E., Myong, J.P., Koo, J.W., Ye, B.J. and Won, J.U., Overwork and cerebrocardiovascular disease in Korean adult workers. *Journal of Occupational Health*, 57(1), 51-57, 2015.

Jørgensen, K., Permissible loads based on energy expenditure measurements. *Ergonomics*, 28(1), 365-369, 1985.

Müller, A.M., Wang, N.X., Yao, J., Tan, C.S., Low, I.C.C., Lim, N., Tan, J., Tan, A. and Müller-Riemenschneider, F., Heart rate measures from wrist-worn activity trackers in a laboratory and free-living setting: validation study. *JMIR mHealth and uHealth*, 7(10), e14120, 2019.

Park, H.Y., Kim, S.H., Jeong, S.J. and Seo, S.B., The changes in the parcel delivery service according to the spread of COVID-19 in Korea. *The Korea Transport Institute*, 2021.

Sagiv, M., Ben-Gal, S. and Ben-Sira, D., Effects of gradient and load carried on human haemodynamic responses during treadmill walking. *European Journal of Applied Physiology*, 83(1), 47-50, 2000.

Seo, S.B., Jeong, S.J., Kim, S.H. and Park, H.Y., A study on the post COVID-19 response strategy of transportation sector – Future innovation strategies of the logistics industry to meet the contactless society and non-contact economy. *The Korea Transport Institute*, 2021.

Shimaoka, M., Hiruta, S., Ono, Y., Nonaka, H., Hjelm, E.W. and Hagberg, M., A comparative study of physical work load in Japanese and Swedish nursery school teachers. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 77(1), 10-18, 1997.

Sin, T.J. and Lee, J.H., The actual labor condition of courier drivers in Seoul area and policy improvement plan. Seoul Labor Center, 2017.

Swain, D.P. and Leutholtz, B.C., Heart rate reserve is equivalent to% VO2 reserve, not to% VO2max. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(3), 410-414, 1997.

Tseng, H.Y. and Liu, B.S., Effects of load carrying methods and stair slopes on physiological response and postures during stairs ascending and descending. *Industrial Health*, 49(1), 30-36, 2011.

Uth, N., Sørensen, H., Overgaard, K. and Pedersen, P.K., Estimation of VO2max from the ratio between HRmax and HRrest–the heart rate ratio method. *European Journal of Applied Physiology*, 91(1), 111-115, 2004.

Wu, H.C. and Wang, M.J.J., Relationship between maximum acceptable work time and physical workload. *Ergonomics*, 45(4), 280-289, 2002.

Author listings

Hayoung Kim: khy6444@pusan.ac.kr
Highest degree: BS, Department of Safety and Health, Catholic University of Busan
Position title: Master. Student, Department of Industrial Engineering, Pusan National University
Areas of interest: Ergonomics and Safety

Sangeun Jin: sangeunjin@pusan.ac.kr
Highest degree: PhD, Department of Industrial Engineering, Iowa State University
Position title: Professor, Department of Industrial Engineering, Pusan National University
Areas of interest: Physical Ergonomics, Ergonomics Product Design