

# A Study on Risk Assessment for Heavy Load Handling of Apple Farmers

Min-Tae Seo<sup>1</sup>, Hyocheer Kim<sup>2</sup>, Insoo Kim<sup>1</sup>, Sooin Park<sup>1</sup>, Choungkeun Lee<sup>1</sup>, Wongeon Jung<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Jeonju, 54875

<sup>2</sup>Department of Liberal Arts, Korea National University of Agriculture and Fisheries, Jeonju, 54874

## 사과 작목 농업인의 중량물 취급 작업에 관한 위험성 평가 연구

서민태<sup>1</sup>, 김효철<sup>2</sup>, 김인수<sup>1</sup>, 박수인<sup>1</sup>, 이충근<sup>1</sup>, 정원건<sup>1</sup>

<sup>1</sup>농촌진흥청 국립농업과학원 농업공학부

<sup>2</sup>한국농수산대학교

### Corresponding Author

Wongeon Jung

National Institute of Agricultural Sciences,  
Rural Development Administration,  
Jeonju, 54875

Email : wongeon@korea.kr

Received : December 02, 2024

Revised : December 18, 2024

Accepted : December 19, 2024

**Objective:** This study aims to assess the burden of heavy load handling tasks (specifically apple harvest boxes) among apple farmers through a survey, collect data, and evaluate the associated risks.

**Background:** The social characteristics of rural areas have led to various challenges in agriculture, including a decline in the agricultural population, feminization and aging of the agricultural workforce, and an increasing shortage of labor. These issues have contributed to a significant rise in musculoskeletal disorders (MSDs), particularly among those handling heavy loads such as apple harvesting boxes, which typically weigh around 20kg. The frequent handling of such heavy loads has been associated with a high incidence of lumbar disc herniation among apple farmers. Therefore, urgent measures are needed to prevent MSDs.

**Method:** A survey was conducted with 58 apple farmers (46 males and 12 females) to assess the risks associated with handling heavy loads. The survey responses were analyzed to assess the risks associated with handling heavy loads in apple farming using the "Lifting, holding, carrying" tool provided by ISSA (2010).

**Results:** Apple farmers generally perform tasks involving the handling of heavy loads that place excessive physical strain, which has been shown to increase the risk of MSDs. In particular, apple sorting workers are exposed to multiple factors such as repetitive tasks, improper posture, and excessive force, which significantly raise the musculoskeletal burden. To reduce the risks associated with heavy load handling, recommendations such as increasing the number of workers or utilizing assistive equipment have been suggested. Furthermore, the need for additional research on musculoskeletal disorder prevention in the agricultural sector has been identified.

**Conclusion:** To reduce the final risk score, it is essential to address and lower the scores associated with key factors such as time, weight, posture, and work environment. Implementing ergonomic improvements in these factors is an effective strategy for reducing the risks associated with heavy load handling tasks and minimizing the musculoskeletal burden.

**Application:** The findings of this study are intended to guide the development and

management of agricultural health and safety programs. Specifically, they are expected to inform the design of interventions aimed at reducing the MSDs among apple farmers through targeted improvements in work practices and environments.

**Keywords:** Heavy load handling, Handling load, Musculoskeletal burden, Apple, Farmer

## 1. Introduction

농업은 광업, 건설업과 더불어 산업재해의 위험이 높은 산업 중 하나로 알려져 있으며, 농작업은 지리적, 환경적 등의 국가별 특성으로 인해 위험의 다양성을 갖는 것으로 알려져 있다. 특히 이중 농작업에 의해 발생하는 근골격계질환에 관한 연구는 과거부터 지속적으로 다루어져 오는 주제이다(RDA, 1995; ILO, 2000). 또한, 농업인구는 2000년에 4,031천명에서 2020년에 2,314천명으로 42.6% 감소하였고, 농촌 고령화의 경우 2000년에 876천명에서 2020년에 980천명으로 11.9% 증가하는 등 국내 농촌은 사회적 변화에 따라 노동력 감소, 고령화 문제 등의 문제도 심화되고 있다(KOSIS, 2020).

근골격계질환은 부적절한 작업 자세, 과도한 힘, 반복 작업 등의 물리적 요인과 함께 성별, 연령, 가사노동 등의 개인적인 요인 및 스트레스, 작업 조건 등의 심리사회적 요인 등의 복합적인 영향으로 발생한다(Park et al., 2010). 국내 농업인 업무상 질병조사 결과 중 질병 종류별 분포 결과에 따르면 근골격계질환이 96.5%로써 대부분을 차지하는 것으로 보고된 바와 같이 국내 농업인의 안전재해 중 근골격계질환은 가장 흔하게 나타나는 직업성 질환으로 확인되고 있다(RDA, 2022).

농업인의 근골격계 발생 주요 신체 부위는 허리, 무릎, 어깨 등으로 확인되었으며(RDA, 2022), 일부 연구에서는 대조군에 비해 농업인 상지에서의 유병률이 약 9배 높은 것으로 보고되었다(Suh et al., 2015). 이러한 신체 부위별 비율은 주작목 별로 차이를 보이나, 특히 과수에서는 허리, 어깨, 무릎 순으로 증상 호소율이 높았다(Lee and Kim, 2012). 특히 사과 작목이 포도, 감귤 작목보다 높은 것으로 나타났다(Kim et al., 2009). 또한, 미국에서 조사된 농업인의 직업적인 상해 중 43%가 근골격계질환과 관련되어 있고, 그 중 40% 정도가 요통과 관련되어 있다고 보고된 바와 같이 허리 부위의 근골격계 부담이 높은 것을 확인하였다(Meyers et al., 1997; Kim et al., 2009).

농작업과 관련하여 발생하는 근골격계질환은 다양한 신체 부위 및 여러 질환이 보고되고 있다. 그 중 요통, 무릎 골관절염이 대표적으로 알려져 있지만, 여러 목 및 작업 특성에 따라 발생하는 질환에 차이를 보인다. 과수 작목의 관련 작업에 따른 근골격계질환은 주로 허리에서 요통, 어깨와 관련한 회전근개질환, 유착성 관절낭염, 석회화 건염 및 골관절염 등이 보고된 바 있다(Lee, 2012). 요통 발생은 중량물 운반 작업에서 역학 조사 결과에서 31~58%로 높은 기여위험분율(attributable fraction)을 나타내는 것으로 보고된 바 있다(Punnett and Wegman, 2004).

허리를 포함한 상지에서의 근골격계 증상 및 부담이 가중되는 원인으로는 여러 복합적인 요인이 작용하는 것으로 알려져 있다. 그러나 과수에서 상지 부위에 근골격계 부담을 유발하는 물리적 요인으로는 주로 수확을 위해 목을 뒤로 젖히고 양팔을 위로 드는 작업 자세 및 허리를 굽히거나 옆으로 비트는 부적절한 작업 자세, 중량물을 취급하여 과도한 힘을 사용하는 반복적인 작업 등이 보고된 바 있다(Kim et al., 2009; Lee, 2012). 이중 10kg 이상의 물체를 들어올리는 작업의 영향이 상지를 비틀거나 구부리는 작업, 부적절한 목의 자세보다 높은 것으로 나타났으며(Kang et al., 2016), 이렇듯 중량물 취급 작업이 허리에 부담이 되는 것으로 보고되었다(Rosecrance et al., 2006).

이러한 과수 작목에서의 근골격계 부담과 위험성은 설문조사 형태의 증상 호소율 또는 인간공학적 자세 평가 도구(e.g., RULA, REBA 등)를 통해 일부 연구가 진행되었다(Kim et al., 2024). 하지만 국내 안전보건관리의 패러다임 변화와 법, 제도적 강화에 따라 위험성 평가의 중요성이 대두되고 있기에 예방적 측면에서의 대책 마련과 관련 연구가 시급히 필요한 실정이다. 특히, 전문가가 수행할 수 있는 정량적인 평가법 또는 일정 교육을 받은 자 또는 인간공학적 자세 평가 도구는 국내 농업의 실제 현장에서 즉각적으로 위험성을 도출해 내는 것에 인적, 시간적, 비용적 등의 제한점이 존재한다. 따라서 비전문가도 활용할 수 있으며, 현장에서 쉽게 활용 가능한 형태의 평가법 적용 사례 또는 연구가 필요한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 국내 과수 작목 중 대표적인 사과 작목을 대상으로 하여 농업인의 중량물(수확 상자) 취급 작업에 대한 작업 부담을 정성적으로 설문조사 하였다. 또한, 비전문가도 활용할 수 있는 중량물 취급 작업과 관련한 평가 도구를 선정하여 설문조사에서 확인된 평가에 활용 가능한 항목들을 도출하여 평가 도구를 통해 반정량적으로 분석하였다. 이후 도출된 위험성 결과를 국내 현장 특성과 비교하며, 평가 도구의 활용성과 예방 대책 도출에 대해 고찰하고자 하였다.

## 2. Materials and Methods

### 2.1 Subject of this study

사과 작목 재배기술 교육에 참여한 사과 재배 농업인 58명(남성 46명, 여성 12명)을 대상으로 조사지를 배부하여 설문조사를 수행하였다. 해당 조사에 참여한 사과 재배 농업인들은 주로 사과를 과수에서 수확하고, 상자에 약 20kg 내외로 담아 작업장으로 이동한 뒤 선별하는 일련의 과정을 모두 취급하는 작업을 수행하였다.

### 2.2 Questionnaire survey

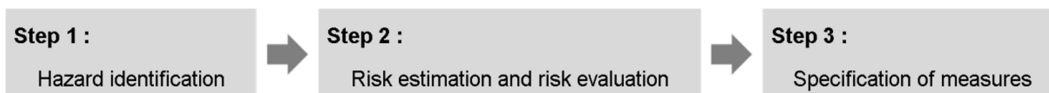
사과 재배 농업인의 중량물 취급 작업에 관한 위험성 평가를 위해 설문조사를 아래의 Table 1과 같은 내용으로 실시하였다. 설문조사 전 대상 집단에게 구두로 설문 목적, 개인정보보호 정책, 작성 방법, 작성 기준에 대해 상세히 설명하여 자발적 참여를 유도하였다. 설문조사는 인쇄하여 배부되었고 설문참여자도 직접 작성하도록 하였다.

**Table 1.** Questions for risk assessment survey

Category	No.	Content
Personal information	1	Birth and gender
Work characteristics	2	How many hours a day do you do farm work?
	3	Do you take regular breaks during your farm work?
Risk assessment questions	4	How many times a day do you lift and carry a harvest box?
	5	How much does one harvest box containing apples weigh?
	6	What is the typical posture for carrying apple harvest box?
	7	What is the ergonomic condition for carrying harvest box?

### 2.3 Risk assessment tool

중량물 취급 작업에 대한 위험성 평가를 위한 도구는 자율적인 산업재해 예방 활동 촉진을 위해 개발된 도구로서 중량물 취급과 관련된 위험 수준을 평가하고, 이를 개선하기 위한 방안 제시를 위해 활용할 수 있다(ISSA, 2010). 중량물의 인력운반 및 취급에 대한 위험수준 평가는 아래의 Figure 1과 같이 총 3단계로 나누어 수행한다.



**Figure 1.** Three steps to conducting the risk assessment

중량물의 인력운반 및 취급에 대한 위험성 평가의 첫 단계는 위험의 특징을 식별하는 것으로 Table 2를 이용하여 인력에 의한 중량물 취급의 가장 중요한 특징을 점검해야 하며, 한 가지 이상의 질문에 "Yes" 또는 "Partially"로 응답할 경우 다음 단계인 위험성 예측과 위험성 평가를 수행해야 한다.

**Table 2.** Checklist for risk identification (Manual load transport)

No.	Questions	Yes	Partially	No
1	Are loads > 5kg regularly moved?			
2	Is lifting and carrying performed in unfavourable postures?			
3	Is handling made more difficult by the nature of the load?			
4	Is handling made more difficult by unfavourable working conditions?			
5	Are there complaints from the workforce?			

하지만 본 연구에서는 사과 재배 농업인이 취급하는 중량물에 대한 위험 특성을 사전에 파악하였기 때문에 위험 특징 식별 단계는 생략하고 다음 단계인 위험성 예측과 위험성 평가를 수행하였다.

위험성 예측과 위험성 평가를 수행하기 위해서 육체적 피로에 중대한 영향을 미치는 특징인 핵심 지표(시간, 빈도, 중량물 하중, 자세, 작업 조건)를 평가해야 한다. 평가는 주로 부분적 작업에 대해 수행하며 하루 작업 일을 기준으로 수행된다. 부분적 작업 동안 중량물의 하중과 자세가 변화하면 평균값을 이용하여 평가한다.





각 부분적 작업은 관련된 점수 값으로 평가하며 핵심 지표의 등급 점수를 각각 더하고 시간 등급 점수를 곱해 위험성 점수를 최종 도출한다. 중량물 취급 작업에 대한 위험성 평가 도구를 이용한 위험성 점수의 최종 도출 과정은 아래의 Eq. 1과 같으며, 위험성 점수를 도출하기 위한 핵심 지표 각각의 평가 기준은 아래의 Table 3과 같다(Steinberg, 2012).

$$\text{위험성 점수} = \text{시간 등급 점수} \times (\text{중량물 등급 점수} + \text{자세 등급 점수} + \text{작업 조건 등급 점수}) \quad (1)$$

**Table 3.** Evaluation criteria for key indicators in heavy material handling task

	Number on working day		Time rating points	
		< 10		1
<b>Time</b> Lifting or displacement operations (< 5s)		10 < 40		2
		40 < 200		4
		200 < 500		6
		500 < 1000		8
<b>Load</b> Men / Women	Effective load for men	Load rating point	Effective load for women	Load rating point
	< 10kg	1	< 5kg	1
	10 < 20kg	2	5 < 10kg	2
	20 < 30kg	4	10 < 15kg	4
	30 < 40kg	7	15 < 25kg	7
	≥ 40kg	25	≥ 25kg	25

**Table 3.** Evaluation criteria for key indicators in heavy material handling task (Continued)

	Posture, position of load	Posture rating point
Posture and working conditions		1
		2
		4
		8
	Working conditions	Working conditions rating point
Working conditions	Good ergonomic conditions	0
	Space for movement restricted and unfavourable ergonomic conditions	1
	Strongly restricted space of movement and/or instability of centre of gravity of load	2

각 핵심 지표에 대한 평가 점수를 eq. 1에 대입하여 계산하면 최종 위험성 점수가 도출되어 위험성을 최종 평가할 수 있다(Table 4). 도출된 위험성 점수와 각각의 핵심 지표의 등급 점수는 원칙적으로 등급 점수가 높은 원인을 제거하여 중량물 취급 작업에 대한 위험 요인을 개선할 수 있다.

**Table 4.** Final score and risk level of risk assessment for heavy material handling task

Risk level	Risk score	Description
1	< 9	Low load situation
2	10~24	Increased load situation
3	25~49	Highly increased load situation
4	≥ 50	High load situation

## 2.4 Data analysis

연구 결과는 주로 조사 응답자 수 및 백분율을 고려하여 통계 분석을 수행하였다. 휴식 시간 여부를 비롯하여 평가 도구의 각 항목인 시간 등급, 작업 조건 등급, 자세 등급, 작업 환경 등급에 대하여 성별과 연령에 따른 응답자간 비율의 차이는 교차분석(Chi-square test)으로 분석하였다. 또한, 각 등급 항목에 따라 도출된 점수는 독립표본 T-검정(Student's *t*-test)을 통해 동일하게 성별과 연령에 대하여 통계적 유의성을 분석하였다. 이외 등급에 대한 점수는 기술통계량인 평균과 표준편차를 계산하였으며, 모든 통계 분석은 SPSS package (version 27, IBM SPSS Corp., NY, USA)를 이용하여 수행하였다.

## 3. Results

### 3.1 Demographic information and characteristics on tasks and farms

조사에 응답한 농업인을 성별과 연령으로 구분하였으며, 이외에 작업 시간과 휴식 시간 여부에 대한 정보는 아래 Table 5와 같다. 조사에 응답한 농업인은 총 58명이었으나, 이중 5명이 연령에 응답하지 않은 것으로 확인되어 연령별 분석은 53명(평균 61.8세±8.5)의 데이터로 분석을 수행하였다. 58명 중 남성 46명, 여성 12명이었으며, 연령 60세를 기준으로 60세 이하가 18명, 60세 초과가 35명으로 나타나 농업인의 고령화 특성이 잘 반영된 대상 선정으로 확인되었다.

응답한 사과 수확 관련 중량물 취급을 하는 농업인들의 작업 시간은 남녀 모두 평균 7시간 이상(남, 8.55시간; 여, 7.75시간)으로 확인되었다. 또한, 연령별로 구분하였을 때도 마찬가지로 었으며(60세 이하, 9.13시간; 60세 초과, 8.29시간) 성별과 연령별 모두 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(성별,  $p=0.371$ ; 연령,  $p=0.233$ ). 휴식 시간의 경우는 여성은 모두 작업 중 휴식 시간을 갖는 것으로 응답하였으나, 남성은 갖지 않는 경우가 있었으며, 성별간에 통계적으로 유의한 차이를 보였다( $p=0.037$ ).

**Table 5.** Information on working characteristics of the respondents

Categories	Related the results					
	Gender			Age		
	Male	Female	$p^a)$	$\leq 60$	$> 60$	$p^a)$
No. of respondents	44	10		18	31	
Working time						
AM $\pm$ SD	8.55 $\pm$ 2.51	7.75 $\pm$ 2.55	0.371	9.11 $\pm$ 2.37	8.24 $\pm$ 2.45	0.233
Rest time						
Yes	33	12	0.037	15	26	0.749
No	13	0		5	7	
Total <sup>b)</sup>	58			53		

Abbreviations: AM, Arithmetic mean; SD, Standard deviation

<sup>a)</sup> The rest time was analyzed by chi-square test, and the working time was analyzed by *t*-test

<sup>b)</sup> Difference due to respondents not responding to age (5 respondents)

### 3.2 Risk assessment results on the heavy load handling task

시간 등급 점수는 성별, 연령대별(60대 이하와 60대 초과 구분) 모두에서 4점(40~200회)로 응답한 경우가 가장 많았다. 그러나  $\chi^2$  분석 결과, 시간 등급 점수와 성별 혹은 연령대간 차이는 통계적으로 유의한 것이 확인되지 않았다.

성별간 무게 등급 점수 차이는 남자의 경우 응답자의 대다수인 78%(36명)가 2점(10~20kg)의 무게를 취급하는 것으로 응답하였으나, 여성의 경우 2점(5~10kg) 3명, 7점(15~25kg) 9명으로 남녀간에 취급 중량물의 무게 분포는 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $p=0.000$ ). 반면 60세 이하와 60세 초과 연령대에서는 모두 응답한 점수의 비율이 유사하여 통계적 유의성을 보이지 않았으며( $p=0.840$ ), 점수 간의 평균에서도 유의한 차이를 확인할 수 없었다( $p=0.873$ ).

성별, 연령대별 자세 등급 점수는 남녀 60대 이하, 60대 초과 연령대 모두에서 4점 자세로 응답한 경우가 가장 많았으며, 다음으로 2점 자세, 1점 자세 순이었으며 6점에 해당하는 자세에 대한 응답자가 없었다. 그러나  $\chi^2$  분석 결과, 자세 등급 점수와 성별 혹은 연령대간 차이에서 통계적으로 유의함이 확인되지 않았다.

작업 환경 조건에서 성별간 응답자 비율에서는  $p$  값이 0.065로 통계적으로 유의하지는 않지만, 남녀간에 환경 등급 점수 분포의 차이가 발생함을 확인할 수 있었다. 연령대별 차이는 60대 이하와 60대 초과 응답자 각각 11명(61%)와 19명(54%)가 1점에 응답한 것에 따라 통계적으로 유의한 차이는 발생하지 않았다( $p=0.568$ ) (Table 6).

**Table 6.** The results of assessment indicators response by gender and age

Assessment indicators	Number of respondents					
	Gender			Age		
	Male	Female	$p^a$	$\leq 60$	$> 60$	$p^a$
<b>Time rating points</b>						
< 10 (point 1)	1	0	0.897	1	0	0.499
10 to < 40 (point 2)	2	1		1	2	
40 to < 200 (point 4)	29	9		11	22	
200 to < 500 (point 6)	12	2		6	8	
500 to < 100 (point 8)	1	0		0	1	
$\geq 1000$ (point 10)	1	0		1	0	
Rating points (AM $\pm$ SD)	4.59 $\pm$ 1.50	4.17 $\pm$ 1.03	0.365	4.65 $\pm$ 1.84	4.48 $\pm$ 1.22	0.150
<b>Load conditions (male, female)</b>						
< 10kg, < 5kg (point 1)	2	0	0.000	1	1	0.840
10 to < 20kg, 5 to < 10kg (point 2)	36	3		14	22	
20 to < 30kg, 10 to < 15kg (point 4)	7	0		2	3	
30 to < 40kg, 15 to < 25kg (point 7)	1	9		4	6	
$\geq 40$ kg, $\geq 25$ kg (point 25)	0	0		0	0	
Rating points (AM $\pm$ SD)	2.37 $\pm$ 1.04	5.75 $\pm$ 2.26	0.000	3.05 $\pm$ 2.08	3.12 $\pm$ 1.98	0.873
<b>Posture, position of load<sup>b</sup></b>						
Posture rating point 1	8	2	0.996	3	7	0.814
Posture rating point 2	11	3		6	8	
Posture rating point 4	27	7		11	18	
Posture rating point 8	0	0		0	0	
Rating points (AM $\pm$ SD)	3.00 $\pm$ 1.25	3.00 $\pm$ 1.28	0.954	2.95 $\pm$ 1.23	2.87 $\pm$ 1.29	0.501

**Table 6.** The results of assessment indicators response by gender and age (Continued)

Assessment indicators	Number of respondents					
	Gender			Age		
	Male	Female	<i>p</i> <sup>a)</sup>	≤ 60	> 60	<i>p</i> <sup>a)</sup>
Working conditions <sup>c)</sup>						
Working condition rating point 0	14	8	0.065	9	12	0.482
Working condition rating point 1	30	4		11	19	
Working condition rating point 2	2	0		0	2	
Rating points (AM ± SD)	0.74±0.54	0.33±0.49	0.949	0.55±0.51	0.69±0.58	0.852
Total <sup>d)</sup>	46	12		20	33	

Abbreviations: AM, Arithmetic mean; SD, Standard deviation

<sup>a)</sup> The indicators were analyzed by chi-square test, and the AM of indicator scores was analyzed by *t*-test.

<sup>b)</sup> Posture rating point 1: upper body upright, not twisted; Posture rating point 2: Slightly bending forward or twisting trunk / When lifting, holding, carrying and lowering load is near to medium to body; Posture rating point 3: Low bending or far bending forward / Slightly bending forward with simultaneous twisting of trunk / Load far from the body or above shoulder height; Posture rating point 8: Bending far forward with simultaneous twisting of trunk / Load far from body / Restricted stability of posture when standing / Crouching or kneeling

<sup>c)</sup> Working condition rating point 0: Good ergonomic conditions; Working condition rating point 1: Space for movement restricted and unfavourable ergonomic conditions; Working condition rating point 2: Strongly restricted space of movement and/or instability of centre of gravity of load

<sup>d)</sup> Difference due to respondents not responding to age (5 respondents)

성별 위험성 점수는 3등급(25~49점)에 가장 많이 해당되는 것으로 평가되었으며, 통계 분석 결과 위험성 등급 점수와 성별간 차이는 통계적으로 확인되지 않았다. 연령대간 위험성 등급 점수 차이는 60대 이하 45%(9명)과 60대 이상 응답자는 58%(19명)가 3등급(25~49점)의 위험성에 노출되는 것으로 확인되었다(Table 7).

**Table 7.** Final risk score and level of risk assessment for heavy load handling task

Risk scores	Gender			Age		
	Male	Female	<i>p</i> <sup>a)</sup>	≤ 60	> 60	<i>p</i> <sup>a)</sup>
< 9 (Risk level 1)	3	0	0.608	1	2	0.655
10~24 (Risk level 2)	17	3		8	11	
25~49 (Risk level 3)	24	8		9	19	
≥ 50 (Risk level 4)	2	1		2	1	
Risk score (AM ± SD)	27.57±11.08	37.50±14.17	0.012	30.30±15.71	29.09±10.95	0.743
Total <sup>b)</sup>	46	12		20	33	

Abbreviations: AM, Arithmetic mean; SD, Standard deviation

<sup>a)</sup> The risk level categories were analyzed by chi-square test, and the risk scores was analyzed by *t*-test

<sup>b)</sup> Difference due to respondents not responding to age (5 respondents)



## 4. Discussion

본 연구는 사과 작목에서 농업인들이 수행하는 중량물 취급 작업에 대한 위험성을 설문조사를 통해 평가하고 이를 통해 근골격계질환 예방을 위한 개선점을 제시하는 것을 목표로 하였다. 조사 결과, 사과 재배 농업인들은 일반적으로 중량물 취급 작업에서 허리 부위에 과도한 부담을 주는 중량물 취급 작업을 수행하고 있었으며, 이러한 작업 특성이 근골격계질환의 발생 위험을 높일 수 있을 것으로 추측되어 관련 평가 도구를 활용하여 정량적 위험성 평가를 수행한 뒤, 성별 및 연령별로 차이를 분석하였다.

### 4.1 Strengths and weaknesses of the risk assessment tool in this study

중량물 취급 작업에서 발생 가능한 근골격계 부담의 위험성을 정량적으로 평가하기 위해 본 연구에서 활용한 국제사회보장협회(ISSA)의 도구는 유럽연합의 작업장 안전보건 위험성 평가 관련 지침인 EU Directive 89/391/EEC의 장려와 실행을 위해 제공된 방법이다(ISSA, 2010). 이는 국제 규격인 ISO 11228-1와 인간공학 관련 과학적 연구 결과들에 대한 문헌 고찰 및 일부 사례 실험 자료를 근거로 수립된 것으로 보인다. 또한, 미국산업안전보건연구원(NIOSH)에서 제공하는 들기 작업에 대한 공식을 토대로 보정된 값들을 적용하는 방법 등으로 평가 도구를 구성한 것으로 확인된다. 그러나 결과의 신뢰성에 여러 의문이 보고되고 있으며, 독일 사업장 특성을 중심으로 개발된 평가 도구이므로 여러 업종과 국가별 인구학적 특성에 맞게 지속적으로 보완되어야 할 도구인 것으로 판단된다(Steinberg, 2012).

그러나 기존의 인간공학적 자세평가 도구(e.g., RULA, REBA, OWAS 등)의 경우, 동일 작업을 평가하는 경우라도 평가 도구들 간에 결과가 상이할 수 있고(Noh et al., 2015), 평가자의 지식과 경험을 기반으로 평가하기 때문에 평가자의 주관적인 요소가 평가에 반영될 수 있다는 단점이 있어 평가의 신뢰성이 저하될 우려와 현장에서 비전문가가 즉시 활용하는 것에 어려움이 있다(Im et al., 2011, 2012). 반면, 본 연구에서 활용한 도구는 순간의 작업 자세가 아닌 여러가지 동적인 작업에 대하여 계수를 활용한 정량적 평가가 가능하다는 장점이 있어 간편하고 평가자 간의 편차를 줄여 활용할 수 있다. 그러나 국내외적으로 학문 또는 사례연구로 활용된 사례가 드물어 본 연구 결과를 다른 연구와 비교하는 것엔 제한이 존재하였다.

### 4.2 Effects of musculoskeletal burden according to working characteristics

사과 작목 대상 농업인의 하루 평균 작업 시간은 성별과 연령별에서 유의한 차이를 보이지 않았으며, 조사 결과인 작업 시간 평균과 실제 현장 조사 결과를 분석한 바로 대부분의 농업인이 7시간 가량 작업을 하는 것으로 확인되었다. 일부 연구에 따르면 사과 수확 작업 시에 10 파운드 이상의 무게를 지탱하는 시간이 전체 작업 시간의 78.5%에 달한다고 보고된 바 있으나, 선별 작업 시에 대한 자료는 충분하지 않아 직접 비교가 어렵다(Earle-Richardson et al., 2004).

그러나 추가 현장 조사에 따르면 작업 특성에 따라 근골격계 위험에 차이가 있었다. 남녀 모두 사과를 수확하는 작업을 수행하지만, 사과를 선별하는 작업자는 대부분 여성 농업인이었으며 이로 인해 단순 반복 작업으로 인한 근골격계 부담이 있는 것으로 확인되었다. 남성 농업인은 주로 선별을 위해 팔레트에서 사과 수확 상자를 들어 옮기는 단순 반복작업, 부적절한 작업 자세, 20kg 이상의 과도한 힘 사용에 복합적으로 노출됨을 확인할 수 있었으며, 수확 상자의 취급 시간이 전체 작업 시간 대부분을 차지하는 것으로 볼 때 이러한 부담을 감소시킬 수 있는 방안 모색이 필요하다. 본 연구에서의 휴식 시간에 대한 결과는 성별간에 유의한 차이를 보였으나, 선별 작업장마다 작업 방식과 환경에 차이를 가지므로 일반화하는 것엔 큰 위험이 따른다. 하지만 휴식 시간의 적절한 배분이 위에서 전술한 근골격계 부담 완화의 대안으로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

국내 연구에서 중소규모 사업장의 작업자를 대상으로 작업 관련 특성과 근골격계질환 증상률의 연관성을 보고한 바에 따르면 업무량 증가, 하루 8시간 이상 근무 또는 추가적인 잔업 활동 시에 근골격계질환 증상률이 높은 것으로 나타났으며, 근무 기간이 10년 미만까지는 근골격계질환 증상률이 증가하는 추세를 보이는 반면에 10년 이상인 경우는 오히려 증상률이 감소하는 결과를 보고하였다(Park et al., 2005). 이에 근골격계질환 증상률이 근무 기간 초기에 증가한다는 결과를 비추어 보면, 농업을 시작하는 귀농귀촌인과 청년 농업인 등의 신생 농업인을 위한 근골격계질환 예방 방안 수립이 필요할 것으로 판단된다. 그러나 10년 이상 근무한 농업인이라도 평균 60세 이상의 고령자임을 감안할 때 약 20kg의 중량물을 취급하는 고부담, 고반복 작업을 수행하는 경우에는 심각한 근골격계질환에

노출될 수 있으므로 추가적인 연구가 필요하다고 판단된다.

### 4.3 Discussion on the key indicators on the risk assessment tool

시간 등급 점수 결과에서는 성별 및 연령별에 따라 세부 항목간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 시간 등급은 들기, 옮기기, 들고 내리기로 구성되어 있으며, 최종 위험성 점수 계산 시 곱해지기 때문에 가장 중요한 계수로 작용하게 된다. 본 결과에서는 중량물을 하루에 40개 이상 200개 미만의 수로 작업하는 것으로 확인되었으나, 일반적으로 하루 출하량, 기상 조건, 출하 시기 등의 영향으로 인해 200개 이상에서 최대 600개를 취급하는 상황이 발생할 수 있으므로 위험성이 증가할 우려가 있다. 이렇듯 외부 조건에 의해 변동될 수 있으며 항목 특성상 중요한 요인이므로 이를 중점적으로 감소시킬 수 있는 방법의 모색이 필요하다.

작업 조건 등급은 주로 성별에 따른 무게로 결정되었다. 시간 등급 결과 및 추가 현장 조사를 함께 고려해볼 때, 남성이 주로 10~20kg의 수확 상자를 지속해서 취급하는 것으로 확인되었다. 해당 항목의 점수는 10~20kg가 2점, 20~30kg가 4점으로 두배 차이가 난다. 현장에서 사용하는 수확 상자의 무게는 약 20kg 내외로써 위와 같은 기준에 따라 분류할 경우 위험성 판정에 영향을 줄 수 있다. ISO 기준에 따르면 20kg일 경우 분당 들기 횟수는 3회인 반면, 약 20~25kg에서는 1회인 것과 전체 작업 시간에 따른 누적 질량(cumulative mass) 결과를 고려할 때, 최대한 20kg 보다 작은 무게로 중량물을 취급하는 것이 바람직할 것으로 고려된다(ISO, 2003).

이러한 시간 등급 점수와 무게에 따른 작업조건 점수를 개선하기 위해서는 하루에 작업하는 반복 횟수를 감소시키기 위한 방안으로 작업자를 증원하여 1인이 수행하는 작업의 양을 원천적으로 줄이는 것이 필요하다. 그러나 실제로 인건비 증가 등의 현실적인 문제로 인해 제한이 있을 경우에는 운반할 수 있는 편이장비(e.g., 리프팅 호이스트 등)를 활용하면 개선이 가능할 것으로 판단되며, 이는 정부 또는 지자체의 영농철 인건비 지원사업이나 편이장비 지원사업 등을 통해 실현할 수 있는 것으로 판단된다.

자세 등급 점수의 판정은 결과상으로 4점에서 높은 비율을 보였으나, 1점과 2점에서 응답한 사람도 있는 것으로 볼 때 주관적인 요소가 개입된 것으로 생각된다. 이는 평가 도구에서 제공하는 그림과 설명만으로 선별 작업의 위험을 판단하는 것에 제한이 있었던 것으로 고려되나, 바닥으로부터 들어올려 허리 높이의 컨베이어 벨트로 올리는 작업이 제자리에서 이루어지는 경우와 일부 거리를 이동하여 올리는 경우로 인해 발생한 차이이다. 이는 팔레트를 최대한 컨베이어 벨트 시작점에 가깝게 위치하여 이동하지 않고 운반하는 것이 적절할 것으로 판단되며, 바닥이나 6단 높이 등의 적재 단수에 따라 근골격계 부담이 가중될 수 있으므로 이를 중심으로 개선 방안을 도출하는 것이 필요할 것으로 판단된다(Kim et al., 2024).

최종 위험성 등급 점수의 결과에서 특징적인 점은 60대 이상 농업인이 60대 미만 농업인 보다 유의미하게 높은 중량물 위험에 노출되는 것이었다. 이는 고령의 농업인이 동일 작업에서 신체적 부담을 더 많이 받는다는 것에서 고령 농업인의 근골격계질환 예방을 위한 별도의 관리가 필요함을 시사한다. 작업 빈도와 회복 시간의 변화에 따른 근육의 피로도를 분석하는 선행 연구에서는 들기, 내리기 작업 시 근육별 피로도가 회복되는 시간이 다르며 고반복 작업 일수록 회복 시간은 충분 길어져야 한다고 보고하였다(Lee et al., 2006).

### 4.4 Characteristics of the task on fruit farmers

과수 작목의 작업 특성은 타 작목과 다소 차이를 보인다. 수도 작목의 경우 대다수의 작업에 기계화가 되어 있어 농업인이 육체적인 부담을 느끼는 작업이 거의 없으며, 채소 작목의 경우는 생산물(e.g., 잎 채소 등) 자체가 가볍기 때문에 비료 운반 작업 등을 제외하면 농업인의 허리 부담 요인은 매우 경미하다. 이에 반해 과수는 수확, 운반 시 과실 손상 등의 상품성 하락에 대한 위험성으로 기계화가 어렵기에 과실을 농업인이 직접 수확하고, 10~30kg 단위로 들기 및 이동 작업을 반복 수행하면서 작업 자세와 중량물 부담이 동시에 발생하게 된다. 특히, 선별 작업 시에는 농산물을 수확 상자에 넣어 여러 단으로 쌓아 올리고 내리는 등의 중량물 취급 작업을 수행하므로 근골격계 위험이 가중될 우려가 있다(Kim et al., 2024). 따라서, 이러한 위험 요인에 노출될 수 있는 사과 등의 과실수 생산 작목 농업인은 상지 부위에서 근골격계 부담에 노출되는 대표적인 고위험군이라고 판단된다.

#### 4.5 Limitations and expected effects of this study

본 연구에서는 국제사회보장협회(ISSA)에서 제공하는 중량물 취급 작업에 대한 평가 도구로 국내 사과 선별 작업장에 대해 평가를 수행하였다. 그러나 일부 작업장을 대상으로 하였으므로 연구 결과를 국내 전체 사과 선별 작업장을 모두 포함할 수 없다는 제한점(일반화)이 존재한다. 하지만 해당 평가 도구를 활용한 사례가 국내외적으로 충분하지 않다는 점과 비정형 및 복합적인 작업 특성을 가지고 있는 농업 분야에서 적용한 연구로서 관련 연구에 기초자료의 일부로 활용하거나 실제 작업장에서 활용할 수 있는 사례가 될 수 있을 것으로 기대한다. 향후 연구에서는 해당 평가 도구가 농업 분야의 다양한 작업에 대한 적합성 여부와 이에 대한 신뢰성 검증 및 입력 변수의 조정을 위한 실험적 연구 등을 체계적으로 수행할 필요가 있다.

#### 5. Conclusion

본 연구에서는 중량물 취급 작업의 위험성을 결정할 수 있는 도구를 활용하여 국내 일부 사과 선별 작업장에 대해 평가를 진행하였다. 국내 선별 작업장의 하루 작업 시간은 평균 7시간 내외인 것으로 나타났으며, 휴식 시간은 작업장의 특성에 따라 부여되는 것으로 나타났다. 또한, 하루 40~200회의 들어 옮기는 작업과 20kg 내외의 수확상자를 하루 작업 시간의 대부분 취급한다는 점 등으로 인해 작업자들은 높은 근골격계 부담 위험에 노출되어 있는 것을 확인할 수 있었다. 평가 항목으로 확인된 요인들은 현재까지의 관리/개선 방법들을 이용하여 위험성을 일부 감소시킬 수 있을 것으로 판단되나, 인력 증원 및 본질적인 작업 환경 개선 등의 현실적인 제한점 등으로 인한 부분에 대해서는 향후 연구를 통해 지속해서 모색해 나가야 할 것으로 판단된다.

#### Acknowledgement

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(과제번호: RS-2022-RD010384)의 지원에 의해 이루어진 것임.

#### References

- Earle-Richardson, G., Fulmer, S., Jenkins, P., Mason, C., Bresee, C. and May, J., Ergonomic analysis of New York apple harvest work using a Posture-Activities-Tools-Handling (PATH) work sampling approach. *Journal of Agricultural Safety and Health*, 10(3), 163, 2004. DOI: 10.13031/2013.16473.
- Im, S.J., Choi, S.Y. and Park, D.H., Study on consistency of novice user and sensitivity of industrial types during MSDs evaluation using major checklists, *Journal of the Korea Safety Management & Science*, 14(2), 123-136, 2012. DOI: 10.12812/ksms.2012.14.2.123.
- Im, S.J., Choi, S.Y. and Park, D.H., The Sensitivity analysis for ergonomic checklists associated with musculoskeletal disorders, *2011 Fall Conference of Korea Safety Management & Science*, 319-328, 2011.
- International Labour Organization (ILO), *Safety and Health in Agriculture*, 2000.
- International Social Security Association (ISSA), *Guide for Risk Assessment in Small and Medium Enterprises (6. Manual Handling of Loads)*, 2010.
- International Standard Organization (ISO), *ISO 11228-1 (Ergonomics-manual handling-Part 1: Lifting and carrying)*, 2003.
- Kang, M.Y., Lee, M.J., Chung, H.M., Shin, D.H., Youn, K.W., Im, S.H., Chae, H.S. and Lee, K.S., Musculoskeletal Disorders and Agricultural Risk Factors Among Korean Farmers, *Journal of Agromedicine*, 24(4), 353-363, 2016. DOI: 10.1080/1059924X.2016.1178612.
- Kim, K.R., Lee, K.S., Kim, H.C., Choi, J.H. and Song, E.Y., Health Status and Musculoskeletal Disorders in Garlic Farmers, *Proceedings*

of the 2009 Fall Conference of the Ergonomics Society of Korea, 2009.

Kim, K.R., Lee, K.S., Kim, H.C., Ko, E.S. and Song, E.Y., Health Condition and Musculoskeletal Disorders (MSDs) in Fruit-growers, *The Korean Society of Community Living Science*, 20(1), 5-17, 2009.

Kim, S.Y., Kim, I.S., Jung, W.G., Lee, C.K. and Seo, M.T., Physical burden of farmers by loading height in apple sorting task. *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 43(3), 231-243, 2024. DOI: 10.5143/JESK.2024.43.3.231.

Korean Statistical Information Service (KOSIS), *Census of Agriculture, Forestry and Fisheries*, 2020, [https://kosis.kr/statisticsList/statisticsListIndex.do?vwcd=MT\\_ZTITLE&menuId=M\\_01\\_01#content-group](https://kosis.kr/statisticsList/statisticsListIndex.do?vwcd=MT_ZTITLE&menuId=M_01_01#content-group) (retrieved November 10, 2024).

Lee, C.G., Work-related musculoskeletal disorders in Korean farmers, *Journal of the Korean Medical Association*, 55(11), 1054-1062, 2012. DOI: 10.5124/jkma.2012.55.11.1054.

Lee, I.S. and Kim, J.H., Survey of the Characteristics of the Symptoms of Musculoskeletal Disorders among farmers of Fruits and Vegetables, *Journal of the Korean Society of Safety*, 27(6), 144-150, 2012.

Lee, T.Y., Kim, J.Y. and Shin, H.J., Analysis of Trunk Muscle Fatigue as the Frequency of Lifting/Lowering and Recovery Time Change, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 25(2), 197-204, 2006.

Meyers, J.M., Miles, J.A., Faucett, J., Janowitz, I., Tejada, D.G. and Kabashima, J.N., Ergonomics in Agriculture: Workplace Priority Setting in the Nursery Industry, *American Industrial Hygiene Association Journal*, 58(2), 121-126, 1997. DOI: 10.1080/15428119791012955.

Noh, A.N., Choi, S.Y. and Park, D.H., A study on determination of working posture to be analyzed during MSDs evaluation, *Journal of the Korea Safety Management & Science*, 17(3), 133-141, 2015. DOI: 10.12812/ksms.2015.17.3.133

Park, H.S., Lee, Y.K. and Yim S.H., Prevention of the Musculoskeletal Disorders at Upper or Lower Extremities, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 29(4), 455-463, 2010. DOI: 10.5143/JESK.2010.29.4.455.

Park, S.G., Chae, H.J., Shin, J.Y. and Jung, D.Y., Relationship of Burdened Work and Musculoskeletal Symptoms in Small-to-medium-sized Enterprises, *Korean Journal of Occupational Environment Medicine*, 18(1), 59-66, 2005. DOI: 10.35371/kjoem.2006.18.1.59

Punnett, L. and Wegman, D.H., Work-related musculoskeletal disorders: the epidemiologic evidence and the debate, *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 14(1), 13-23, 2004. DOI: 10.1016/j.jelekin.2003.09.015.

Rosecrance, J., Rodgers, G. and Merlino, L., Low back pain and musculoskeletal symptoms among Kansas farmers. *American Journal of Industrial Medicine*, 49(7), 547-556, 2006. DOI: 10.1002/ajim.20324.

Rural Development Administration (RDA), Occupational Diseases of Farmers, 2022.

Rural Development Administration (RDA), Promotion of Health and Convenience for Manual Farm Worker, 2<sup>nd</sup> Ed., 1995.

Steinberg, U., New tools in Germany: development and appliance of the first two KIM ("lifting, holding and carrying" and "pulling and pushing") and practical use of these methods, *Work*, 41, 3990-3996, 2012. DOI: 10.3233/WOR-2012-0698-3990.

Suh, Y.S., Cheon, Y.H., Kim, H.O., Kim, R.B., Park, K.S., Yang, H.S., Park, H.B., Na, J.B., Yoon, C.H. and Lee, S.I., Prevalence and Risk Factors of Upper Extremity Musculoskeletal Diseases among Farmers in Gyeongnam, *Journal of Rheumatic Diseases*, 22(6), 366-373, 2015. DOI: 10.4078/jrd.2015.22.6.366.

## Author listings

**Min-Tae Seo:** mtseo85@korea.kr

**Highest degree:** M.S., Department of Industrial Engineering, Sungkyunkwan University

**Position title:** Researcher, Department of Agricultural Engineering, RDA

**Areas of interest:** Physical Ergonomics, Occupational Safety and Health Management, Occupational Disease

**Hyocheer Kim:** hyocheer@gmail.com

**Highest degree:** Ph.D., School of Public Health and Clinical Nutrition, University of Eastern Finland

**Position title:** Assistant Professor, Department of Liberal Arts, Korea National University of Agriculture and Fisheries

**Areas of interest:** Occupational health and safety in agriculture

**Insoo Kim:** ergonomist@korea.kr

**Highest degree:** Ph.D., Department of Industrial Systems and Information Engineering, Korea University

**Position title:** Researcher, Department of Agricultural Engineering, RDA

**Areas of interest:** Ergonomics, HCI

**Soojin Park:** sooinpark@korea.kr

**Highest degree:** M.S., Smart Industrial Safety Engineering, Soongsil University

**Position title:** Researcher, Department of Agricultural Engineering, RDA

**Areas of interest:** Electronic Engineering, Ergonomic Tools Design

**Choungkeun Lee:** clee@korea.kr

**Highest degree:** Ph.D., Graduate School of Agriculture, Kyoto University

**Position title:** Senior researcher, Department of Agricultural Engineering, RDA

**Areas of interest:** Precision agriculture, Agriculture machinery, Smart Farming

**Wongeon Jung:** wongeon@korea.kr

**Highest degree:** Ph.D. candidate, Department of Environmental Health Sciences, Seoul National University

**Position title:** Researcher, Department of Agricultural Engineering, RDA

**Areas of interest:** Occupational safety and health, Industrial hygiene