JESK J Ergon Soc Korea 2022; 41(6): 449-465
https://dx.doi.org/10.5143/JESK.2022.41.6.449
https://jesk.or.kr eISSN:2093-8462

Factual Survey for Garlic Collecting Task and Musculoskeletal Harmful Factors Analysis of Task Postures

Hyung Gyu Park[1], Seok Ho Kang[1], Yong Gik Kim[1], Young Jo Nam[2], Seung Gwi Kwon[2], Yeong Su Kim[3], Daniel Dooyum Uyeh[3], Seung Min Woo[3], Yu Shin Ha[3]

[1]Kyungpook National University, Department of Bio-industrial Machinery Engineering, Daegu, 41566
[2]Bulls Inc. Seongju, 40053
[3]Kyungpook National University, Department of Bio-industrial Machinery Engineering, Upland field Machinery Research Center, Daegu, 41566

마늘 수집 작업 실태조사 및 작업 자세 근골격계 유해요인 분석

박형규[1], 강석호[1], 김용직[1], 남영조[2], 권승귀[2], 김영수[3], 우예 다니엘 두욥[3], 우승민[3], 하유신[3]

[1]경북대학교 생물산업기계공학과
[2]주식회사 불스
[3]경북대학교 생물산업기계공학과, 밭농업기계개발연구센터

Corresponding Author
Yu Shin Ha
Kyungpook National University, Department of Bio-industrial Machinery Engineering, Upland field Machinery Research Center, Daegu, 41566
Email : yushin72@knu.ac.kr

Received : August 16, 2022
Revised : November 04, 2022
Accepted : November 14, 2022

Copyright@2022 by Ergonomics Society of Korea. All right reserved.

Objective: The purpose of this study is to analyze the workload and harmful factors of the musculoskeletal system by conducting an ergonomic assessment by investigating the factual survey of the manual garlic collection task.

Background: Task improvement based on ergonomic assessment is the current trend. For this purpose, it is necessary to analyze the level of workload through ergonomic assessment when collecting garlic manually.

Method: For the assessment of musculoskeletal risk factors in the manual garlic collecting task, RULA, REBA tools, and 3D SSPP were used for assessment. For the manual work, people visiting the garlic farmland were photographed, and additional task postures were assessed by filming reenactments through interviews. Correlation analysis and ANOVA analysis were performed to analyze whether the worker's body information and the weight of the handled things during task had a relative influence on the workload (L4/L5, L5/S1 compression force) for each postures.

Results: As a result of RULA and REBA assessment of manual garlic collecting task, the Risk level was found to be 'High' and 'Very high'. During the dynamic simulation using 3D SSPP, the workload (L4/L5, L5/S1 compression force) was found to be the highest in the task posture in which the lower back was bent or twisted, and the leg and trunk were the most burdened. In addition, the higher the height and weight among the body information, the greater the work load, and there was a statistically positive correlation. The greater the load applied to the hand, the greater the workload, and a statistically positive correlation was found.

Conclusion: The results of statistical analysis based on the ergonomic assessment of musculoskeletal hazard investigation RULA and REBA assessment and dynamic simulation showed that all manual garlic collecting tasks required improvement in

working posture. In addition, the reason that the workload is correlated with height and weight is that the distance from the tip of the upper body to the lumbar spine increases, and as the load increases, the torque value acting on the lumbar spine increases.

Application: In this study, the results of the garlic collecting task factual survey and task postures analysis and the presentation of further research directions are presented as basic research data for improving the garlic collecting task postures and for the future development of the garlic industry.

Keywords: Ergonomic assessment, Factual survey, Manual garlic collecting task, Workload

1. Introduction

국내 농업은 인구 감소, 고령화 및 여성화와 같은 문제점을 가지고 있다(Choi, 2012). 2020년 기준, 농업 종사자 평균 나이는 45.4세이며, 55세 이상 근로자는 30%에 해당한다(DATAKOREA, 2020). 또한, 2019년 농림 및 수산업 여성 근로자 조사 인원은 5,411명에서 2020년 6,797명으로 25.6% 상승했다(DATAKOREA, 2020). 이와 같은 문제는 장시간 노지 작업으로 인하여 육체적 피로를 느끼고, 육체적 회복력이 낮은 고령층 및 여성 노동자의 농작업 능률 저하를 초래한다(Cho et al., 2020; Kong et al., 2010). 특히, 기계 보급률이 낮은 농작업 단계는 수작업에 의해 진행되기 때문에 고령층 작업자의 높은 작업 부담도 문제가 나타난다(Lee et al., 2009).

2020년 국립농업과학원 농업인안전보건팀은 농업인 업무상 질병 조사(Nongsaro, 2020)를 통하여 업무상 질병 분포에서 근골격계질환이 84.6%를 차지하며, 근골격계질환의 주요 신체 부위별 분포 중 허리와 무릎에서 근골격계질환이 많은 것으로 보고하였다. 사람의 요추부에 위치하며, 몸통의 균형을 잡아주고 안정화 역할을 하는 코어근육(Alexander et al., 2019; LAPERN, 2021; Timothy et al., 2021)의 근골격계질환은 쪼그려 앉거나 허리를 숙이는 불편한 작업 자세, 장시간 지속 작업으로 인한 근육 약화가 주된 원인이다(Kim and Choi, 2005; Kim and Ryu, 2005). 또한 과도한 노동으로 인하여 피로가 축적되어 발현되는 추간판 탈출증, 허리요통, 어깨결림, 호흡곤란, 불면증과 같은 농부증(Nam, 1976; Park and Kim, 2013; Oh and Park, 2018)은 치료비용 발생, 노동력 감소를 초래하여 농가 소득 문제(Lee et al., 2010)를 야기하기도 한다. 작업 중 불가피하게 짊어져야 할 무거운 하중으로 인한 근골격계질환도 문제로 보인다, Davis and Kotowski (2007)의 보고에 따르면, 무거운 하중을 들수록 하체에 부담도가 증가한다고 밝혔으며, Rosecrance et al. (2006)에서도 해당 작업의 근골격계질환 위험 인자가 가장 높다고 평가한 바 있다. 따라서, 농업인들의 근골격계질환 예방을 위한 인간공학적 해결방안이 요구된다.

Lee et al. (2002)은 마늘 재배 일관기계화를 위하여 파종, 수확, 선별 등 전 과정 기계를 활용한 작업을 진행하였다. 이때 마늘의 기계적 손상이 많이 발생한 수확 작업인 마늘 수집에 대한 어려운 기계보급 및 수작업 문제점을 언급하였다. 이러한 문제점에도 불구하고 수집 작업은 관련 기계 개발 및 연구가 취약해 수작업으로 작업이 진행되고 있다. 수집 작업은 줍거나 들기, 나르기 작업 등에 해당하며 작업 부담이 높은 작업으로써, 근골격계질환 발생이 높은 작업이다(Kim et al., 2011).

작업 자세 부담 평가를 통하여 작업 개선 방향성을 제시하는 연구가 최근 추세이다. 농업 작업 자세 평가에 있어 RULA, REBA는 인체공학 전문가 평가 결과와 유사하여 농업 작업 자세 평가 시 RULA, REBA 평가 도구 활용이 나타난 바 있다(Kong et al., 2017). Kwak (2014)은 농작업 환경 개선을 위한 인간공학 적용 기계화 사례에 대하여 언급하였다. 해당 기계 종류로 동력 운반차, 컨베이어 벨트, 레일형 수확운반차 등 수확된 작물, 과수의 운반과 관련된 기계로써, 들기, 나르기 작업에 해당하는 기계가 대다수였다. 그 이유는 운반과 관련된 들기, 나르기 작업 형태는 수작업에 의해 진행되기 때문에 작업 부담도가 높은 것으로 분석된다(Manninen et al., 1996; Perkiö-Mäkelä, 2000; Lee et al., 2010). Lee and Kim (2019)은 블루베리 수확 작업 자세 조사 및 분석 연구에서 블루베리 수확 시 비중립적 작업 자세를 인간공학적 평가 및 전자고니어미터를 이용하여 분석하였으며, 주로 따기, 담기 작업에서 상완, 허리가 굽어진 작업 자세, 쪼그려 앉은 자세에 대한 문제점을 언급하였다. 이로 인하여 농작업 형태 중 높은 작업 강도를 요구하는 들기와 나르기 작업은 신체에 무리를 가하고 근골격계질환의 원인이 된다. 위 선행연구들의 내용을 비춰 보았을 때, 들기, 나르기에 해당하는 작업은 근골격계질환의 원인이 되고, 인간공학적 평가를 통한 작업 개선 선례를 통하여 마늘 수집 작업의 인간공학적 평가를 통한 작업 개선이 요구되는 상황이다.

본 연구는 수작업을 통하여 진행되는 마늘 수집 작업 개선을 위하여 마늘 수집 작업 실태조사를 통한 작업 자세 평가 및 분석을 목적으로 진행되었다. 해당 작업 자세들은 인간공학적 평가 도구인 RULA, REBA를 이용하여 평가되었으며, 동적 시뮬레이션을 통하여 농부증 증상이 가장 많이 발현되는 요추부의 디스크 4~6번 압축력을 분석하였다. 또한, 신체 정보 및 작업 시 다루는 취급물의 무게가 작업 부담도와 어떠한 상관성에 따라 차이가 있는지 알아보기 위하여 통계적 분석을 실시하였다.

2. Method

2.1 Study subjects

본 연구는 마늘 수집 작업 자세 조사 및 분석을 위하여 국내 주산지별 마늘 농가 작업자를 대상으로 하였으며, 남해군 작업자 13명, 단양군 작업자 4명, 창녕 작업자 5명으로 총 22명의 작업자를 대상으로 진행하였다.

2.2 Classification of postures for garlic collection

마늘 수집 작업 자세 샘플은 마늘 농가를 방문하여 현장에서 작업하는 22명의 작업자 자세 중 공통적으로 취해지는 자세를 촬영하였다. 촬영된 작업 자세를 기반으로 마늘 수집 작업은 쪼그려 앉아 마늘 줍기(Collecting), 박스 앞으로 들기(Front box lifting), 단으로 묶은 마늘 등에 지고 운반하기(On the back carrying), 포대 옆으로 들어 운반하기(Side bag carrying) 4종류이다(Figure 1).

(a) (b)

(c) (d)

Figure 1. The postures of collecting garlic in farmland environment: (a) Collecting, (b) Front box lifting, (c) On the back carrying, and (d) Side bag carrying

촬영된 작업 자세 외 자세들은 농가 인터뷰를 통하여 재현하였다. 줍기 작업의 경우, '앞으로 숙여 줍기(Bending)' 자세를 재현하였다. 들기 작업의 경우, '옆으로 포대 들기(Side bag lifting)', '어깨 뒤로 포대 지고 들기(Back bag lifting)' 2가지 들기 자세를 재현하였다. 운반하기 작업의 경우, '머리 위에 지고 운반하기(On the head carrying)', '박스 앞으로 들어 운반하기(Front box carrying)', '박스 옆으로 들어 운반하기(Side box carrying)', '어깨 뒤로 포대 지고 운반하기(Back bag carrying)' 등 4가지 운반 자세를 재현하였다(Figure 2). 이에 따라 현장 작업 자세 4가지, 재현을 통한 작업 자세 7가지로써 총 11가지 자세를 평가하였다.

Figure 2. Additional reenact garlic collecting postures based on the farmland interview: (a) Bending, (b) Side lifting bag, (c) Back bag lifting and carrying, (d) On the head carrying (e) Front box carrying, and (f) Side box carrying

2.3 Analysis of task postures

본 연구는 현장에서 촬영된 마늘 수집 작업 시 취해지는 정적 자세를 인간공학적 평가 도구인 RULA, REBA를 활용하여 평가하였으며, 평가 결과를 기반으로 근골격계 유해요인을 분석하였다. 현장에서 촬영된 작업 자세 4가지는 22명을 대상으로 진행하였으며, 재현된 작업 자세를 포함한 11가지 작업 자세는 1개 샘플을 대상으로 진행하였다. 분석 시 관찰 부위는 몸통(Trunk), 목(Neck), 상박(Upper arm), 하박(Lower arm), 손목(Wrist), 다리(Leg)로 설정하였다. 평가 level이 4단계인 RULA와 5단계인 REBA 간의 평가 통일성을 위하여 바르게 선 자세와 4분 이상 지속되는지 않는 작업에 해당하는 REBA 평가 level 0을 제외함으로써 RULA, REBA 평가 level 4단계를 동일하게 분류하였다(Table 1). RULA, REBA 평가 도구 간 신체 부위별 부여 점수(McAtamney and Corlett, 1993; Hignett and McAtamney, 2000)가 다름으로(Table 2), 평가별 점수를 백분율로 나타내었다.

Table 1. Action assessment table according to RULA and REBA assessment scores

Classification	Standard (Score)	Action level (Risk level)
RULA	1 (1~2)	Maybe necessary (Low)
	2 (3~4)	Necessary (Medium)
	3 (5~6)	Necessary soon (High)
	4 (7)	Necessary now (Very high)
REBA	0 (0~1)	None necessary (Negligible)
	1 (2~3)	Maybe necessary (Low)
	2 (4~7)	Necessary (Medium)
	3 (8~10)	Necessary soon (High)
	4 (11~15)	Necessary now (Very high)

Table 2. RULA, REBA assessment tool's musculoskeletal system analysis score for each body part

	Trunk	Neck	Upper arm	Lower arm	Wrist	Leg
RULA	1~6	1~6	1~6	1~3	1~4	1~2
REBA	1~5	1~3	1~6	1~2	1~3	1~3

또한 작업이 진행됨에 따라 농부증으로 인한 추간판 탈출증(Herniated intervertebral disc) 증상이 주로 발현되는 요추 L4/L5, L5/S1 부위 압축력을 분석하기 위하여 3D SSPP 6.0.5 (3D Static Strength Prediction Program, Center for Ergonomics University of Michigan, USA)을 이용하여 동적 자세 시뮬레이션을 진행하였다(Figure 3). 작업 시 다루는 취급물의 무게는 RULA, REBA 도구 평가의 힘/근육 사용 기준을 따라 0, 2, 5, 10kg으로 설정하였다. 농가에서 조사된 22명 작업자 신체 정보를 반영하여 분석을 진행하였으며, 1초에 25 프레임으로 설정하여 작업 자세별 요추 L4/L5, L5/S1 부위의 평균 압축력을 도출하였다.

Figure 3. Dynamic posture simulation of 3D SSPP program and L4/L5, L5/S1 compression force result

2.4 Statistical analysis

작업자 신체 정보와 작업 부담도 간의 통계적 상관관계와 작업 시 다루는 취급물의 무게와 작업 부담도 간의 통계적 상관관계를 알

아보기 위하여 SPSS 26 (IBM Statistical Package for Social Science Statistics 26, SPSS Inc., USA) Pearson 상관분석을 실시하였다($p < 0.05$). 이때 SSPP를 통하여 얻은 압축력을 작업 부담도로 보았다. 또한, 수집 작업 시 작업 자세 별 다루는 취급물 무게에 따라 요추에 작용하는 평균 압축력 간의 차이가 있는지 알아보기 위하여 일원배치 분산분석(One-way Anova)을 진행하였다.

3. Results

3.1 Analysis of assessment results and musculoskeletal harmful factors

현장에서 관찰된 작업자 22인의 평균 ± 표준편차 신체 정보는 나이, 신장, 체중, 순으로 58.9±7.1세, 157.5±6.4cm, 58.0±7.2kg이다. 마늘 수집 작업 자세 근골격계 유해요인조사 평가 결과, '쪼그려 앉아 줍기', '들기', '옆으로 운반하기', '뒤로 들어 운반하기' 순으로 RULA 평균 점수 모두 7점, REBA 평균 점수 10,77점, 11점, 8점, 11.14점으로 나타났다(Figure 4). RULA 평가에서 작업 자세 모두 즉각적인 작업 환경의 개선과 위험요인의 분석이 요구되는 것으로 나타났다. REBA 평가에서 '쪼그려 앉아 줍기'의 경우, 22명의 작업자 중 평가 점수 10점 5명, 11점 17명으로 나타났다. 해당 결과는 Risk level High, Very high에 해당하는 작업 자세이며, 즉시 작업 개선이 요구되는 작업 자세로 평가되었다. '들기' 작업의 경우, 작업자 모두 RULA 7점, REBA 11점으로 평가되었다. '들기' 작업의 Risk level은 Very high이며, 즉각적인 개선 조치가 요구되는 작업으로 평가되었다. '뒤로 들어 운반하기'의 경우, Risk level이 두 평가 모두 Very high로 나와 즉각적인 작업 개선 조치가 요구되었지만, '옆으로 들어 운반하기'의 경우, RULA 평가 7점으로 Very high, REBA 평가 8점으로 High로 나타났다.

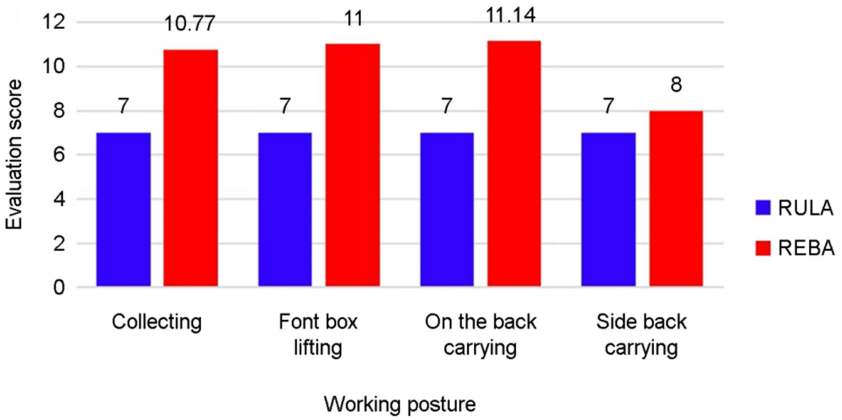


Figure 4. Average score results of RULA and REBA assessment for each postures of garlic collecting task for 22 workers at farmland environment

인터뷰를 통하여 재현한 11가지 작업 자세에서 RULA는 모두 7점으로 Risk level이 Very high로 평가되었다. REBA 평가는 High와 Very high가 혼합되어 있으며, 저중량을 다루는 작업은 High, 비교적 높은 중량을 다루는 작업 자세가 Very high로 나타났다(Figure 5).

마늘 수집 작업 자세의 근골격계 유해요인 분석을 위하여 평가 도구에 따른 신체 부위별 평균 점수의 백분율을 구하였다(Table 3). 현장에서 촬영된 4가지 작업에서 다리에 부여되는 점수 비율이 평균 81.3%로 가장 높았으며, 하박(80.1%), 몸통(71.1%) 순으로 부여 점수 비율이 높았다. 허리를 굽혀서 장시간 작업하거나 중량물을 다루어 요추에 무리가 가는 작업인 '쪼그려 앉아 마늘 줍기'와 '박스 앞으로 들기' 작업이 몸통에 부여되는 점수가 가장 높았다. 뿐만 아니라 허리가 숙여짐과 동시에 목의 각도 변화가 일어나 목에 부여되는 점수 또한 높았다. 운반하기 작업의 경우, 다리(66.7~100%)와 하박(33.3~100%)에서 높은 점수가 부여되었으며, '쪼그려 앉아 줍기', '박스 앞으로 들기' 작업에 비하여 몸통에 부여되는 점수가 비교적 낮았다. '운반하기' 작업의 경우 RULA, REBA 평가에서 Risk level이 높게 나타난 이유는 다른 작업 자세에 비해 중량물을 다루는 작업 자세이기에 근육/힘 사용에 따른 부여 점수가 높은 것으로 분석된다.

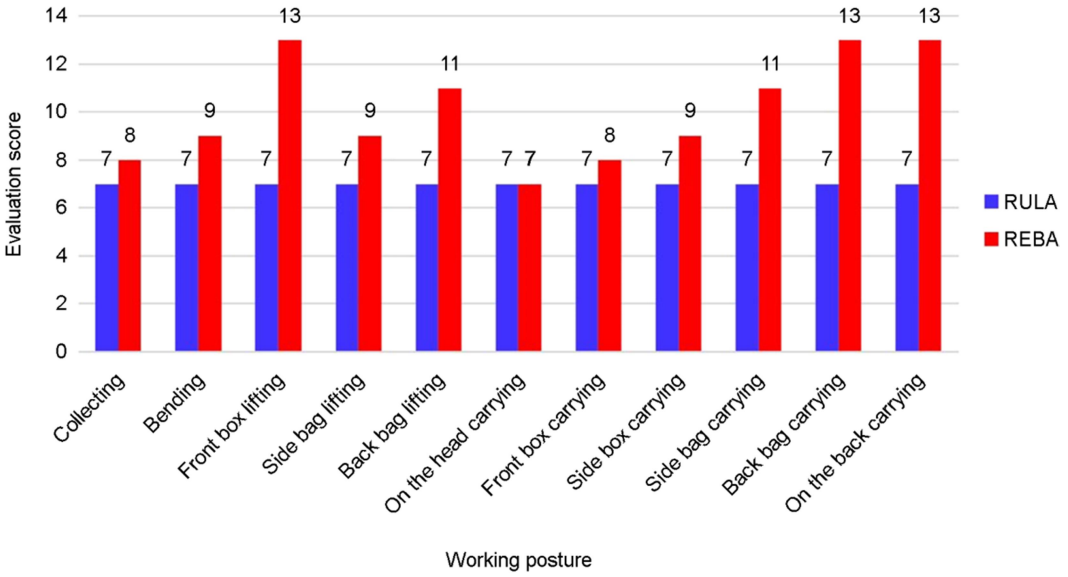


Figure 5. RULA, REBA assessment score results for each posture of garlic collecting task reenacted through farmland interview

Table 3. Average results of posture assessment for farmland environment garlic collection by body part

	Percentage of average score (%)						
	Tool	Trunk	Neck	Upper arm	Lower arm	Wrist	Leg
Collecting	RULA	89.3	66.7	42.5	74.3	68.3	50.0
	REBA	98.2	100	42.5	100	91.0	66.7
Front box lifting	RULA	82.5	44.0	68.2	66.7	50.0	100
	REBA	99.0	66.7	66.7	100	71.3	66.7
On the back carrying	RULA	50.0	33.3	50.0	33.3	75.0	100
	REBA	40.0	66.7	33.3	100	66.7	100
Side bag carrying	RULA	50.0	33.3	33.3	66.7	25.0	100
	REBA	60.0	33.3	33.3	100	71.3	66.7
Average		71.1	55.5	46.2	80.1	64.8	81.3

3.2 Analysis results of lumbar compression force by dynamic task postures

동적 시뮬레이션을 통한 마늘 수집 작업의 자세별 평균 요추 압축력을 분석한 결과, 요추부 L4/L5, L5/S1에 가장 많은 부담을 주는 작업 자세는 '앞으로 숙여 줍기' 자세이며, 가장 부담이 작은 작업 자세는 '머리 위에 지고 운반하기'였다(Table 4, 5). 다른 작업에 비하여 허리를 굽히는 자세가 취해지는 작업에서 요추에 가해지는 압축력이 컸으며, 허리가 숙여지는 각도가 커질수록 압축력이 큰 것으로 나타났다. 동적 시뮬레이션 시 가장 큰 요추 압축력은 '앞으로 숙여 줍기' 작업 시 L4/L5, L5/S1 압축력 각각 2,760N, 2,918N으로 나타났다(Figure 6).

다음으로 '앞으로 상자 들기', '옆으로 포대 들기' 작업이 L4/L5, L5/S1 압축력 각각 2,685N, 2,744N과 1,950N, 939N으로 나타났다. 요추

상단에 위치한 L4/L5 보다 하단에 위치한 L5/S1에 가해지는 압축력이 비교적 큰 것으로 나타났다. 뿐만 아니라 '단으로 묶은 마늘 등에 지고 운반하기'를 제외한 나머지 작업 자세에서 취급물의 무게가 커질수록 작업 자세별 허리 압축력이 커지는 것으로 나타났다. 취급물의 무게에 따라 가장 큰 평균 압축력 차이를 보인 작업 자세는 작업 부담도가 가장 크게 나타난 '앞으로 숙여 줍기' 자세였으며, 취급물의 무게가 0kg일 때, L4/L5, L5/S1 압축력 각각 1,169.2N, 1,195.6N이며, 10kg일 때, 2,013.8N, 2,032.3N으로 0kg 취급물을 다루는 작업과 10kg 취급물을 다루는 작업의 최대 압축력 차이는 각각 1.7배 차이로 나타났다.

Table 4. Lumbar L4/L5 compression force results for each posture of garlic collecting task according to weight of handling things using 3D SSPP (n = 22)

Classification	Lumbar compression force (N)			
Weight / Task posture	0kg	2kg	5kg	10kg
Collecting	1169.2±195.5[a]	1338.2±196.3	1591.6±197.8	2013.8±200.8
Bending	1400.5±233.0	1536.9±230.6	1741.3±228.1	2081.7±225.3
Front box lifting	1236.6±205.5	1382.8±226.2	1581.1±215.6	1917.5±222.6
Side bag lifting	876.9±149.6	965.8±148.9	1130.3±154.3	1377.2±159.4
Back bag lifting	811.2±150.3	909.0±151.1	1070.5±129.1	1334.5±108.2
On the head carrying	292.0±48.9	335.9±47.6	402.2±45.9	513.0±43.4
Front box carrying	630.4±102.6	753.2±101.3	936.2±99.1	1235.3±95.3
Side box carrying	666.8±113.8	717.5±109.1	830.8±107.4	1029.4±124.7
Side bag carrying	666.9±136.2	815.2±135.3	974.6±130.3	1341.6±101.3
Back bag carrying	868.2±140.8	918.8±132.9	1001.6±126.4	1146.3±176.2
On the back carrying	804.8±130.4	763.0±133.3	709.5±137.9	628.7±132.1
Average	874.7±305.7	957.2±332.7	1083.8±387.4	1305.8±499.4

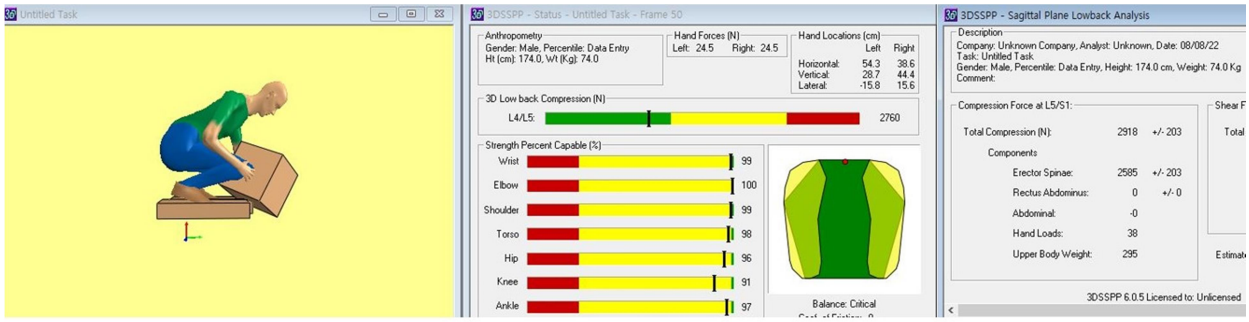
[a]M ± SD

Table 5. Lumbar L5/S1 compression force results for each posture of garlic collecting task according to weight of handling things using 3D SSPP (n = 22)

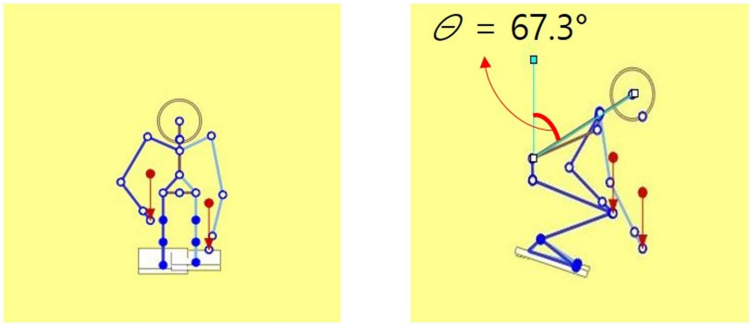
Classification	Lumbar compression force (N)			
Weight / Task posture	0kg	2kg	5kg	10kg
Collecting	1195.6±216.2	1363.0±218.8	1613.9±223.0	2032.3±230.0
Bending	1436.2±262.2	1571.7±261.4	1775.6±260.9	2114.9±261.4
Front box lifting	1278.3±232.8	1425.0±255.3	1624.0±246.4	1961.5±256.2
Side bag lifting	842.1±156.8	925.7±159.1	1057.6±163.5	1276.0±172.4
Back bag lifting	541.3±94.0	553.3±93.3	591.0±93.4	671.3±94.2
On the head carrying	332.9±58.3	380.7±56.5	450.4±56.0	565.7±55.0
Front box carrying	675.7±118.2	799.4±118.2	981.6±117.9	1281.6±116.6
Side box carrying	706.1±129.0	762.3±123.4	840.2±122.6	982.1±143.9

Table 5. Lumbar L5/S1 compression force results for each posture of garlic collecting task according to weight of handling things using 3D SSPP (n = 22) (Continued)

Classification	Lumbar compression force (N)			
Task posture \ Weight	0kg	2kg	5kg	10kg
Side bag carrying	547.7±92.8	548.2±93.3	546.5±88.2	560.4±123.1
Back bag carrying	899.3±154.9	939.3±152.6	1006.6±148.4	1095.6±161.3
On the back carrying	847.1±151.3	819.1±150.8	773.3±146.5	708.7±147.4
Average	861.1±328.3	925.0±369.0	1022.3±438.7	1187.3±568.2



(a)



(b) (c)

Figure 6. Results of L4//5, L5/S1 compression in collecting posture using 3D SSPP

3.3 Analysis results of the relative influence between body information and workload by task postures

신체 정보와 작업 부담도 간의 통계적 상관관계를 알아보기 위하여 Pearson 상관분석을 실시한 결과, 신장이 11가지 마늘 수집 작업 자세별 작업 부담도와 유의한 상관성이 있는 것으로 나타났다(Table 6). 신장과 11가지 작업 자세 간 최소, 최대 상관관계 r = 0.557, 0.925으로 나타났으며, 최대 유의확률 p = 0.007으로 신장과 11가지 작업 자세별 작업 부담도 간 정적 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 신장과 작업 부담도 간의 영향력이 가장 큰 작업 자세는 '포대 옆으로 들어 운반하기'로 분석된다.

Table 6. Results of correlation analysis between height of worker and workload according to task postures (n = 22)

	Correlation between CTP[a] and H[b]				Correlation between LTP[c] and H				Correlation between CaTP[d] and H			
	Division	Symbol	Division	Symbol	Division	Symbol	Division	Symbol	Division	Symbol	Division	Symbol
	H*C[e]	A	H*Fb[g]	C	H*Bb[i]	E	H*Oh[j]	F	H*Sba[m]	I		
	H*B[f]	B	H*Sb[h]	D			H*Fb[k]	G	H*Bb[n]	J		
							H*Sb[l]	H	H*Ob[o]	K		

Weight (kg) \ Symbol	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
0	.891***	.913***	.914***	.912***	.919***	.897***	.903***	.913***	.888***	.908***	.856***
2	.890***	.914***	.918***	.917***	.922***	.896***	.903***	.690***	.921***	.901***	.895***
5	.887***	.915***	.916***	.915***	.908***	.895***	.903***	.911***	.925***	.856***	.892***
10	.881***	.915***	.915***	.920***	.774***	.894***	.895***	.839***	.557**	.714***	.881***

**p < 0.01, ***p < 0.001
[a] Collecting task posture, [b] Height of worker, [c] Lifting task posture, [d] Carrying task posture, [e] Workload of collecting
[f] Workload of bending, [g] Workload of front box lifting, [h] Workload of side bag lifting, [i] Workload of back bag lifting
[j] Workload of on the head carrying, [k] Workload of front box carrying, [l] Workload of side box carrying
[m] Workload of side bag carrying, [n] Workload of back bag carrying, [o] Workload of on the back carrying

체중 또한 11가지 작업 자세별 작업 부담도 간 유의한 상관성이 있는 것으로 나타났으며, 체중과 11가지 작업 자세별 작업 부담도 간 최소, 최대 상관관계 r = 0.633, 0.989으로 나타났다(Table 7). 최대 유의확률 p = 0.002으로 체중과 11가지 작업 자세별 작업 부담도 간

Table 7. Results of correlation analysis between weight of worker and workload according to task postures (n = 22)

	Correlation between CTP and W[a]		Correlation between LTP and W				Correlation between CaTP and W				
	Division	Symbol	Division	Symbol	Division	Symbol	Division	Symbol	Division	Symbol	
	W*S	A	W*Fb	C	W*Bb	E	W*Oh	F	W*Sba	I	
	W*B	B	W*Sb	D			W*Fb	G	W*Bb	J	
							W*Sb	H	W*Ob	K	

Weight (kg) \ Symbol	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
0	.943***	.982***	.981***	.982***	.963***	.967***	.982***	.973***	.958***	.982***	.946***
2	.939***	.984***	.833***	.962***	.989***	.934***	.985***	.977***	.985***	.988***	.720***
5	.934***	.985***	.977***	.985***	.988***	.980***	.986***	.982***	.955***	.962***	.970***
10	.922***	.985***	.971***	.982***	.935***	.987***	.983***	.911***	.633**	.818***	.973***

**p < 0.01, ***p < 0.001
[a] Weight of worker

정적 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 체중과 작업 부담도 간의 영향력이 가장 큰 작업 자세는 '포대 뒤로 들어 운반하기'로 분석된다.

3.4 Statistical analysis results of compression force by task postures and weight of handling things

동적 시뮬레이션을 이용한 11가지 마늘 수집 작업 자세의 작업 부담도와 취급물 무게 간의 상관성을 알아보기 위하여 Pearson 상관분석을 실시한 결과, 11가지 작업 자세 모두 유의한 상관성이 있는 것으로 나타났다(Table 8). '단으로 묶은 마늘 등에 지고 운반하기' 작업 자세는 취급물의 무게가 증가할수록 작업 부담도가 감소하는 부적 관계를 보였으며, 나머지 작업 자세에서 하중이 증가할수록 작업 부담도가 증가하는 정적 관계가 나타났다. 특히 운반 작업 중 '앞으로 상자 들어 운반하기' 작업 자세에서 상관관계 r = 0.920, p = 0.000으로 가장 큰 상관성이 나타났다.

Table 8. Results of Correlation analysis between weight of handling things and task postures (n = 88)

Postures	Weight of handling things
Collecting	.855***
Bending	.753***
Front box lifting	.768***
Side bag lifting	.786***
Back bag lifting	.831***
On the head carrying	.878***
Front box carrying	.920***
Side box carrying	.779***
Side bag carrying	.895***
Back bag carrying	.595***
On the back carrying	-.450***

***p < 0.001

또한, 작업 시 다루는 취급물의 무게에 따라 작업 자세별 작업 부담도 평균의 차이가 있는지 알아보기 위하여 일원배치 분석분석을 실시한 결과, '단으로 묶은 마늘 등에 지고 운반하기'를 제외한 작업 자세에서 유의확률 p = 0.05를 기준으로 통계적으로 유의하게 나타났다(Table 9). 분석 결과를 통하여 '단으로 묶은 마늘 등에 지고 운반하기'를 제외한 작업 자세에서 취급물의 무게가 증가할수록 작업 부담도가 증가하며, 작업자가 느끼는 작업 부담도가 다른 것으로 분석된다.

Table 9. Statistical difference analysis of average compressive force applied to lumbar L4/L5, L5/S1 by task postures according to hand load (n = 22)

	L4/L5, L5/S1 Compression force (N)				p-value
Weight / Task posture	0kg	2kg	5kg	10kg	
Collecting	1169.2±195.5	1338.2±196.3	1591.6±197.8	2013.8±200.8	0.000***
Bending	1400.5±232.9	1536.9±230.6	1741.3±228.1	2081.7±225.3	

Table 9. Statistical difference analysis of average compressive force applied to lumbar L4/L5, L5/S1 by task postures according to hand load (n=22) (Continued)

Task posture \ Weight	L4/L5, L5/S1 Compression force (N)				*p*-value
	0kg	2kg	5kg	10kg	
Front box lifting	1236.6±205.5	1382.8±226.2	1581.1±215.6	1917.5±222.6	0.000***
Side bag lifting	876.8±149.6	965.8±148.9	1130.3±154.3	1377.2±159.4	
Back bag lifting	811.2±150.3	909.0±151.1	1070.5±129.1	1334.5±108.2	
On the head carrying	291.9±48.9	335.9±47.5	402.2±45.9	512.9±43.4	
Front box carrying	630.3±102.6	753.2±101.3	936.2±99.1	1235.3±95.3	
Side box carrying	666.8±113.8	717.5±109.1	830.8±107.4	1029.4±124.7	
Side bag carrying	666.9±136.2	815.2±135.3	974.6±130.3	1341.6±101.3	
Back bag carrying	868.2±140.7	918.8±132.9	1001.6±126.4	1146.2±176.2	
On the back carrying	804.8±130.4	763.0±133.3	709.5±137.9	628.7±132.1	0.943

***$p < 0.001$

4. Discussion

본 연구는 마늘 농업인의 자세를 샘플링하고 인간공학적 평가 도구와 인체 동적 시뮬레이션 SSPP로 작업 부담도를 평가하였다. 평가 도구인 RULA와 REBA는 상체 작업을 중점으로 자세를 평가한다는 공통적인 특징이 있다. 하지만 작업별 평가 점수를 비교해보면 REBA의 점수가 RULA에 비해 높으며, 허리를 굽히는 작업의 평가 점수가 가장 높게 평가된 것을 고려할 때, RULA가 상체 부담도에 더 민감하게 평가되는 것으로 분석된다.

작업 부담도에 대한 통계적 결과는 다음과 같이 분석된다. 신장이 클수록 상체 끝부터 요추까지 거리가 길어지고 동일한 체중에서 요추에 작용하는 토크가 커진다. 또한 체중이 증가할수록 요추에 작용하는 토크가 커지기 때문에 신장과 체중이 작업 부담도와 정적 상관관계를 가지는 것으로 판단된다. Cha et al. (2007)은 치과의사를 대상으로 진행한 허리 통증 조사에서 시야 확보 및 소도구를 손에 잡기 위해 허리를 숙일 시 신장이 클수록 허리를 숙이는 정도가 더 크며, 이에 따라 허리 통증을 더욱 크게 느낀다고 보고하였다. 또한 Kwon and Kim (2011)은 체중이 많이 나갈수록 엉덩이 관절 모멘트가 커지고 신체 균형이 불안정해 행동 시 동적 안정성이 감소한다고 보고하였다. 엉덩이 관절 모멘트가 커지면 골반 경사가 발생하여 허리 통증을 유발한다(Youdas et al., 2000). 선행연구들을 선례로 신장 및 체중이 커질수록 허리에 가해지는 통증이 증가하는 유의한 의미가 있다고 판단된다. 작업 부담도가 신장 및 체중과 정적 관계가 있는 것과 마찬가지로 허리가 굽혀지거나 휜 상태에서 높은 하중이 가해졌을 시 허리에 작용하는 토크가 증가하여 비중립적 자세 형성이 되고, 이에 따라 작업 시 다루는 취급물의 무게와 작업 부담도 간의 통계적으로 정적 상관관계가 있는 것으로 판단된다.

SSPP 프로그램을 활용한 요추에 작용하는 압축력은 시뮬레이션으로 확인된 값이며, 실제 작업 중 마늘 농업인이 받는 요추 압축력과 비교하여 신뢰성을 검증할 필요가 있다. 마늘 농업인의 요추 압축력은 근전도검사와 같은 방법으로 분석할 수 있다. 또한 인터뷰를 통하여 재현한 작업 자세 평가 및 분석에 대하여 충분히 확보된 샘플링을 바탕으로 진행된 연구가 요구되며, 성별과 경력에 따라 인간공학적 평가 결과가 다르게 나타날 수 있기에 이를 위한 추가적인 연구가 필요하다.

5. Conclusions

본 연구는 마늘 수집 작업 실태조사를 통하여 마늘 수직 작업 자세를 파악한 후 인간공학적 평가에 따른 근골격계 유해요인 분석을 목적으로 진행되었으며, 조사 및 분석 결과는 다음과 같다.

수작업에 의하여 진행되는 마늘 수집 작업은 트랙터 및 굴취기에 의하여 굴취된 마늘을 농작업용 방석에 앉은 채로 이동하며 줍고, 수확 상자와 망에 담아 운반하는 형태였다.

작업 부담도를 알아보기 위하여 RULA, REBA를 활용하여 현장에서 관찰된 작업 자세를 평가하였으며, 평가에서 나타난 신체 각 부위별 부여 점수를 백분율로 구하였다. 현장에서 관찰된 '쪼그려 앉아 마늘 줍기', '박스 앞으로 들기', '단으로 묶은 마늘 등에 지고 운반하기', '포대 옆으로 들어 운반하기' 작업 자세 모두 작업 부담도가 높은 것으로 나타났다. 허리를 숙이는 작업이 대부분인 마늘 수집 작업은 다리(81.3%)에 부여되는 점수가 가장 컸으며, 들거나 운반 시 다리에 부여되는 점수 백분율이 100%인 결과가 존재하였다. 가장 많은 작업 시간을 차지하는 '쪼그려 앉아 마늘 줍기' 작업 자세에서 허리에 부여되는 점수 백분율은 RULA, REBA 각각 89.3%, 98.2%로 나타나 마늘 수집 작업 시 높은 작업 부담도에 해당하는 신체 부위는 다리와 허리로 판단된다. 뿐만 아니라 인터뷰를 통하여 재현하였으며, 재현한 1가지 줍기 자세, 2가지 들기 자세, 4가지 운반하기 작업 자세의 RULA, REBA 평가 시 작업 부담도가 높은 것으로 나타났다.

지속적인 농작업 시 '농부증'으로 인한 '추간판 탈출증' 증상이 가장 많이 발현되는 요추 L4/L5, L5/S1에 마늘 수집 작업 시 작용하는 압축력을 동적 시뮬레이션을 통하여 분석하였다. 요추에 가장 높은 평균 압축력이 나타난 작업 자세는 '앞으로 숙여 줍기'로 나타났다. 10kg 중량을 다루는 작업 시 L4/L5, L5/S1 부위에 각각 최대 2,760N, 2,918N의 압축력이 작용하였으며, 이때 허리가 숙여진 각도는 67.3°였다. 다음으로 '앞으로 상자 들기', '쪼그려 앉아 마늘 줍기' 작업 자세가 요추에 작용하는 압축력이 컸으며, 해당 결과는 허리가 숙여지는 작업 형태가 요추에 작용하는 압축력이 높은 것으로 분석된다. Adams et al. (1994)의 요추 자세와 압축 하중의 관계에 관한 연구에서 500N 하중에서 요추 관절의 손상이 발생되었다는 결과를 기반으로 순간적으로 발생하는 요추 압축력이라 할지라도 마늘 작업 시 작업자가 느끼는 작업 부담도 수준이 높은 것으로 판단된다.

신체 정보 또한 작업 부담도에 영향을 주는 요인으로 확인되었다. 작업 부담도는 L4/L5, L5/S1에 작용하는 압축력으로 보았으며, Pearson 상관분석을 통하여 작업자의 신장과 체중이 클수록 작업 부담도가 높은 것으로 분석된다.

작업 부담도는 마늘 수집 작업 시 다루는 취급물의 무게에 따라 달라지는 결과가 나타났다. 분석을 진행한 11가지 작업 자세 모두 통계적으로 정적 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 특히 허리를 굽혀지거나 틀어진 형태인 '앞으로 상자 들어 운반하기', '옆으로 포대 들어 운반하기' 작업 자세가 취급물의 무게와 비교적 큰 상관성이 나타났다.

Acknowledgement

This work was supported by Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture and Forestry (IPET) through Agriculture, Food and Rural Affairs Convergence Technologies Program for Educating Creative Global Leader Program (716001-7) and Advanced Agricultural Machinery Industrialization Technology Development Program (321064-2), funded by Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA).

References

Adams, M.A., McNally, D.S., Chinn, H. and Dolan, P., The clinical biomechanics award paper 1993 Posture and the compressive strength of the lumbar spine, *Clinical Biomechanics*, 9(1), 5-14, 1994. doi:10.1016/0268-0033(94)90052-3

Alexander, E., Alec, T.W., Johannes, B., Adam, C. and William, C., Diagnosis and Management of Core Muscle Injuries, *Operative Techniques in Orthopaedics*, 29(4), 2019. doi:10.1016/j.oto.2019.100738

Cha, J.H., Ryu, T.B., Choi, H.S., Lee, J.B., Kim, M.K., Chung, M.K. and Jeong, C.H., Survey of Musculoskeletal Disorders in Korean Dentists, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 26(2), 137-147, 2007.

Cho, Y.J., Woo, S.Y., Song, S.H., Hong, H.G., Yun, H.Y., Oh, J.S., Kim, J.S., Kim, J.S., Kim, D.W., Seo, K.H. and Kim, D.H., A Study on Modular Agricultural Robotic Platform for Upland, *Journal of Korea Robotics Society*, 15(2), 124-130, 2020. doi:10.7746/jkros.2020.15.2.124

Choi, M.K., An Analysis for the Changing Trends of Residential Environment Based on the Change of Residents in Rural Areas, *Journal of the Korean Institute of Rural Architecture*, 14(3), 9-16, 2012.

DATAKOREA, Distribution of workers by age in agriculture, forestry, fishing and forestry, http://datakorea.datastore.or.kr/profile/industry/A/#%EA%B7%BC%EB%A1%9C%EC%9E%90 (retrieved Aug 12, 2022).

Davis, K.G. and Kotowski, S.E., Understanding the Ergonomic Risk for Musculoskeletal Disorders in the United States Agricultural Sector, *American Journal of Industrial Medicine*, 50, 501-511, 2007.

Hignett, S. and McAtamney, L., Rapid Entire Body Assessment (REBA), *Applied Ergonomics*, 31(2), 201-205, 2000.

Kim, J.H., Lee, I.S., Lee, N.C. and Jo, S.P., Survey of the musculoskeletal disorders of fruits and vegetables farmers, *Proceedings of the Ergonomics Society of Korean Conference*, 521-525, 2011.

Kim, K.R. and Choi, J.W., Disease, Accident and Health Behavior of in Farmers and Fishermen, *Korean Society for Rural Medicine and Community Health*, 30(3), 279-292, 2005.

Kim, Y.C. and Ryu, Y.S., Ergonomic Evaluation of The Hazardous Jobs in Squatting Work Posture, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 24(1), 37-41, 2005.

Kong, K.Y., Han, J.G. and Kim, D.M., Development of an Ergonomic Checklist for the Investigation of Work-related Lower Limb Disorders in Farming - ALLA: Agricultural Lower-Limb Assessment, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 29(6), 933-942, 2010. doi:10.5143/JESK.2010.29.6.933

Kong, K.Y., Lee, S.Y., Lee, K.S. and Kim, D.M., Comparisons of ergonomic evaluation tools (ALLA, RULA, REBA and OWAS) for farm work, *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 24(2), 218-223, 2017. doi:10.1080/10803548.2017.1306960

Kwak, H.Y., A Review of Studies on the Farmer's Safety and Health in Korea on the Ergonomic Perspective, *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, 15(7), 4165-4176, 2014. doi:10.5762/KAIS.2014.15.7.4165

Kwon, M.S. and Kim, E.H., Effect of Obese Body Type-specific on Lower Extremity Musculoskeletal System During the Gait, *The Korean Journal of Physical Education*, 50(4), 357-366, 2011.

Lee, C.M., Oh, Y.J., Kim, D.W., Yoo, J.H. and Shin, K.H., A Study on Improvement of Ergonomics Compact Equipment for Aging Agriculture Workers, *The Research Institute of Industrial Technology Development*, 23, 65-74, 2009.

Lee, C.S., Jeong, S.G., Cho, N.H., Lee, Y.H. and Choi, D.K., Study on mechanization of garlic cultivation, *Proceedings of the Korean Society for Agricultural Machinery Conference*, 42-47, 2002.

Lee, I.S. and Kim, Y.H., Ergonomic Evaluation of Working Postures of Blueberry-harvesting Tasks, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 38(4), 335-346, 2019. doi:10.5143/JESK.2019.38.4.335

Lee, K.S., Kim, H.C., Chae, H.S., Kim, K.R., Lee, S.J. and Lim, D.S., A Study on Agricultural Safety Technology for Ergonomic Intervention in Farm-work, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 29(2), 225-239, 2010. doi:10.5143/JESK.2010.29.2.225

Lee, K.S., Kim, K.W., Chae H.S., Kim, C.H., Nam, S.Y., Lee, K.M., Choi, Y.W. and Park, K.S., Evaluation of Convenience Equipment for Improve Work Efficiency and Preventing of Farm Work-Related Musculoskeletal Disorders, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 29(4), 495-503, 2010. doi:10.5143/JESK.2010.29.4.495

Manninen, P., Riihimäki, H., Heliövaara, M. and Mäkelä, P., Overweight, gender and knee osteoarthritis, International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: *Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 20(6), 595-597, 1996.

McAtamney, L. and Corlett, E.L., RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders, *Applied Ergonomic*, 24(2), 91-99, 1993.

Nam, T.S., About Farmer's Syndrome, *Journal of Agricultural Medicine and Community Health*, 1(1), 43-46, 1976.

Neuromuscular Performance Analysis Laboratory (LAPERN), Effect of whole body vibration on the electromyographic activity of core stabilizer muscles: WBV ON CORE STABILIZER MUSCLES, *Journal of Bodywork & Movement Therapies*, 25, 1-5, 2021. doi:10.1016/j.jbmt.2020.05.004

Nongsaro, Results of survey on occupational diseases of farmersResults of survey on occupational diseases of farmers, https://www.nongsaro.go.kr/portal/ps/psv/psvr/psvre/curationDtl.ps?menuId=PS03352&srchCurationNo=1676&totalSearchYn=Y (retrieved June 2, 2022).

Oh, Y.S. and Park, W.Y., Effect of Core Training on Farmer's Syndrome, Gait Ability and Fall Related Fitness Variables in Agricultural Elderly, *Journal of Korean Living Environment System*, 25(2), 221-228, 2018. doi:10.21086/ksles.2018.04.25.2.221

Park, S.Y. and Kim, J.K., The Effects of Musculoskeletal Disorder Prevention Exercise Program Considering Agricultural Work Posture, *The Journal of Korean Society of Community Based Occupational Therapy*, 3(1), 1-10, 2013.

Perkiö-Mäkelä, M.M., Finnish farmers' self-reported morbidity, work ability, and functional capacity Dove, *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 7(1), 11-16, 2000.

Rosecrance, J., Rodgers, G. and Merlino, L., Low Back Pain and Musculoskeletal Symptoms Among Kansas Farmers, *American Journal of Industrial Medicine*, 49, 547-556, 2006.

Timothy, J.M., Paul, E.R. and Brian, D.B., Core Muscle and Adductor Injury, *Clinics in Sports Medicine*, 40(2), 323-338, 2021.

Youdas, J.W., Garrett, T.R., Egan, K.S. and Therneau, T.M., Lumbar lordosis and pelvic inclination in adults with chronic low back pain, *Physical Therapy*, 80(3), 261-275, 2000. doi:10.1093/ptj/80.3.261

Author listings

Hyung Gyu Park: pyd7169@naver.com
Highest degree: MD, Department of Bio-industrial Machinery Engineering, Gyeongsang National University
Position title: Doctor course, Department of Bio-industrial Machinery Engineering, Kyungpook National University
Areas of interest: Biosystem Engineering, Ergonomic design, post-harvest process

Seok Ho Kang: deshshk@naver.com
Highest degree: MD, Department of Bio-industrial Machinery Engineering, Kyungpook National University
Position title: Doctor course, Department of Bio-industrial Machinery Engineering, Kyungpook National University
Areas of interest: Biosystem Engineering, Ergonomic design, post-harvest process

Yong Gik Kim: yonggik@gmail.com
Highest degree: BD, Department of Business Management, Handong Global University
Position title: Master course, Department of Bio-industrial Machinery Engineering, Kyungpook National University
Areas of interest: Biosystem Engineering, Ergonomic design, post-harvest process

Young Jo Nam: bulls888@hanmail.net
Highest degree: BD, Department of Public Administration
Position title: Representative, Bulls Inc
Areas of interest: Biosystem Engineering, Ergonomic design

Seung Gwi Kwon: skgweon@hanmail.net
Highest degree: Master course, Department of Bio-industrial Machinery Engineering, Jeonbuk National University
Position title: Research director, Bulls Inc
Areas of interest: Biosystem Engineering, Ergonomic design

Yeong Su Kim: mvio9256@naver.com
Highest degree: PhD, Department of Bio-industrial Machinery Engineering, Kyungpook National University
Position title: Postdoctoral fellow researcher, Department of Bio-industrial Machinery Engineering, Upland Field Machinery Research Center, Kyungpook National University
Areas of interest: Biosystem Engineering, Ergonomic design, post-harvest process

Daniel Dooyum Uyeh: uyehdooyum@gmail.com
Highest degree: PhD, Department of Bio-industrial Machinery Engineering, Kyungpook National University
Position title: Research Professor, Department of Bio-industrial Machinery Engineering, Upland Field Machinery Research Center, Kyungpook National University
Areas of interest: Biosystem Engineering, Ergonomic design, post-harvest process

Seung Min Woo: kooger7571@naver.com
Highest degree: PhD, Department of Bio-industrial Machinery Engineering, Kyungpook National University
Position title: Research Professor, Department of Bio-industrial Machinery Engineering, Upland Field Machinery Research Center, Kyungpook National University
Areas of interest: Biosystem Engineering, Ergonomic design, post-harvest process

Yu Shin Ha: yushin72@knu.ac.kr
Highest degree: PhD, Department of Bio-industrial Machinery Engineering, Kyungpook National University
Position title: Associate Professor, Department of Bio-industrial Machinery Engineering, Upland Field Machinery Research Center, Kyungpook National University
Areas of interest: Biosystem Engineering, Ergonomic design, post-harvest process