

# 농작업자의 근골격계질환 예방과 작업 효율성 향상을 위한 농작업 편이장비의 평가

이경숙<sup>1</sup> · 김관우<sup>2</sup> · 채혜선<sup>1</sup> · 김창한<sup>2</sup> · 남서영<sup>3</sup> · 이경미<sup>1</sup> · 최연우<sup>3</sup> · 박근상<sup>3</sup>

<sup>1</sup>농촌진흥청 국립농업과학원 / <sup>2</sup>농업기술실용화재단 농기계검정팀 / <sup>3</sup>건국대학교 산업공학과

## Evaluation of Convenience Equipment for Improve Work Efficiency and Preventing of Farm Work-Related Musculoskeletal Disorders

Kyung Suk Lee<sup>1</sup>, Kwan Woo Kim<sup>2</sup>, Haesun Choi<sup>1</sup>, Chang Han Kim<sup>2</sup>, Soyoung Nam<sup>3</sup>,  
Kyoung Mi Lee<sup>1</sup>, Youn Woo Choi<sup>3</sup>, Keun Sang Park<sup>3</sup>

<sup>1</sup>National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon, 441-707

<sup>2</sup>Foundation of Agri. Tech. Commercialization & Transfer, Agri. Machinery Certification Team, SuWon, 211-21

<sup>3</sup>Department of Industrial Engineering, Konkuk University, Seoul, 143-701

### ABSTRACT

The packing and sorting processes of grape are required repetitive movements to need considerable physical load for a long time. And thereby, there is strong possibility to cause musculoskeletal disorders. In this study, ergonomically designed convenience equipments of worktable and handcart are introduced for improvement of the working movements and less physical load to increase the work efficiency. For objective analysis of the movements and the workload between the ones before and after the improvement, we measured heart rate, OWAS, RULA, REBA, LMM, moving Line and work time. Also, we used a checklist of physical fatigue regions to confirm the subjective evaluation of physical load of workers. As the result of study, it showed lower heart rate, value of Working Postures (OWAS, RULA, REBA) and LMM in the work after introduction of those convenient equipments than the work of before the introduction. The work time and moving Line were shortened and the number of grape boxes packed within the same work time was increased, too. Also the overall load as the subjective evaluation was reduced.

Keywords: Work Table, Transport Cart, Heart Rate, OWAS, RULA, REBA, LMM, Motion Study, Time Study, Moving Line Study

## 1. 서 론

우리나라의 농가인구는 총 인구의 6.8%를 차지하고 있으

며 농업생산량은 총 생산량의 2.9%로 매우 적은 양을 차지하고 있지만 안전한 먹거리를 위하여 지속 가능한 농업과 농업인의 안전은 국가차원에서 관리가 되어야 한다. 이에 따라 농업에 종사하는 작업자의 신체질환과 작업 효율은 높

은 수준의 관리를 필요로 한다. 그러나 농업은 근골격계 질환을 유발하게 하는 고 위험성 작업으로 분류되고 있다 (Notkola et al., 1990; Høglund, 1005, Pinzke, 2003). 국내에서도 고 위험성 작업에 노출되어 있는 근골격계 질환자 중 41%가 농작업에 종사하고 있다는 조사 결과가 보고되고 있다. 이와 같이 국내뿐 아니라 세계적으로도 농업은 가장 위험한 3대 직업 중 하나로 알려져 있고 농업 재해율은 일반 산업 재해율에 비해 약 5배가 높은 것으로 보고되고 있다. 이에 따른 직·간접적 재해손실액은 4조원을 넘어서는 추세이다(농촌진흥청, 2008).

농작업 중에서도 특히 과수 농작물 재배 작업은 다른 농작물에 비해 많은 작업시간을 필요로 하고 신체에 부하가 크게 걸리는 작업자세 및 동작을 장시간 필요로 하기 때문에 과수 농작물 재배에 종사하는 농업인들의 근골격계 질환률은 전체 농업인의 66.7%를 차지하고 있어 그 피해가 매우 심각한 것으로 보고되고 있다(농촌진흥청, 2005). 신체 부하가 많이 걸리는 작업자세 중에서도 가장 부적절한 작업 자세는 바닥에 쪼그려 앉거나 허리를 굽힌 자세이다.

이 같은 자세로 인해 농업 종사자들은 많은 사람들이 지와 무릎통증을 호소하고 있는 것으로 나타났다(오혜옥, 2001). 따라서 정부에서는 농업인들의 건강증진을 위하여 농작업에서 필요로 하는 편이장비를 도입하는 시범사업을 실시하고 있으며, 그 결과로서 근골격계질환 예방 효과와 함께 작업 효율이 300% 도 증가하는 높은 성과를 보였다(손병창, 2009). 농업의 기계화는 점점 농업인의 육체적 부담을 경감시켜 주고 있지만, 들기, 나르기, 불편한 작업 자세, 반복적 움직임 등 의 작업은 기계가 대신하기 어려운 부분이기 때문에 작업자가 직접해야 하고, 이에 따라 신체에 무리가 가게 된다(Penttinen, 1987; Manninen, 1996; Lundqvist et al., 1997; Pinzke, 1999; Perkiö-Makela, 2000). 특히 들어올리기 작업은 허리에 갑작스러운 하중을 주기 때문에 부담을 가중시키게 되고 근골격계 질환의 원인이 된다(W.S Marras, 1991). 따라서 기계화가 힘든 농작업에서 작업자의 부담을 경감시킬 수 있는 편이장비와 보조도구의 활용이 적극 장려되어야 한다.

이 논문은 농가의 대표적인 과수작목의 하나인 포도의 포장 및 선별작업에 필요한 편이장비의 도입에 따른 작업의 개선 효과와 작업 효율의 향상 정도를 정량적으로 평가하여 편이장비의 확대 보급에 일조를 하는 것을 목적으로 한다. 평가를 위하여 도입한 편이장비로는 무거운 선별상자를 옮기는 작업으로 인한 허리와 팔, 허벅지의 부하를 경감시키기 위해 개발된 운반수레와 작업자가 장시간 선 자세로 작업하는 것을 방지하기 위해 인간공학적으로 설계된 작업대로 총 2가지이다. 개선된 작업자세를 평가하기 위한 기법으로는 심박수와 작업자세 평가기법인 OWAS, RULA, REBA,

LMM, 시간 및 동작분석, 주관적 평가기법을 선정하였다.

## 2. 연구 방법

### 2.1 피실험자

본 연구에서는 피실험자로서 근골격계 질환 및 심장질환을 겪은 적이 없는 건강한 20대 남녀 대학생 9명을 선정하였다. 또한 피실험자에 대한 실험은 심박수와 척추가 평가 대상이기 때문에 실험 전 충분한 휴식을 통해 심리적 부담감을 완화시키고 바른 자세를 유지하여 척추가 뒤틀리거나 구부러지지 않도록 하였다. 특히 실험에 앞서 피실험자에게 실험 목적과 절차, 시간 등을 충분히 숙지시킨 후 실험에 임하도록 하여 실험에 의한 심리적, 신체적 긴장이 결과에 영향을 미치지 않도록 하였다. 다음의 표 1은 9명의 피실험자의 신체 데이터를 나타낸 것이다.

표 1. 피실험자 신체 데이터

항목	평균	표준편차	최소값	최대값
신장(cm)	172.9	7.5	159	183
체중(kg)	63.7	8.7	49	80
팔길이(cm)	71.9	4.0	65	78

### 2.2 실험장비

작업 개선을 위하여 도입한 장비는 부자연스러운 작업자세와 작업 부담의 경감을 목적으로 개발된 편이장비로 포도 선별 및 포장작업을 위한 작업대와 운반수레이다(그림 1).



그림 1. 포도선별 및 포장작업대(좌)와 운반수레(우)

포도선별 및 포장작업대는 높이 600mm, 가로 2000mm, 세로 1050mm로 포도선별 및 포장작업자의 신체치수에 맞추어 작업자가 일정한 자세를 유지하면서 편안한 상태에서 작업을 할 수 있게 높이 조절이 가능하고, 회전 가능한 운

반수레를 이용해 선별작업대의 출구측에 바로 연결할 수 있어 박스이송이 손쉽다.

운반수레에 브레이크 조작을 위한 브레이크 조작봉이 있어 전후방향으로 조작 가능하고, 이송수레에 안내롤러가 있어 가볍게 밀어주어도 박스이송이 수월하다. 또한 운반수레는 작업자가 포도상자를 이동하는 데 사용하는 장비로 개선 전 작업에서는 지면에서부터 포도상자를 직접 들어올려야 하는 동작을 반복해야 하는 반면 개선 후에는 이러한 반복 동작을 줄어줌으로써 작업자의 신체적 부담의 경감과 허리나 팔, 어깨 등의 부하도 경감시킬 의도로 제작되었다.

따라서 본 연구에서는 두 가지 장비에 대한 개선 효과를 입증하기 위하여 전 작업에 걸쳐 심박수와 척추 리스크에 대해 측정하였다.

심박수 측정장비는 가슴에 착용할 수 있도록 되어 있는 벨트 형 송신기와 원격으로 수신이 가능한 손목시계 형태의 수신기를 착용하는 T61 Coded Transmitter를 사용하였다.

척추의 움직임과 골반의 상대 각을 측정하기 위하여 허리의 변화 각을 계측하는 LMM(Lumbar motion monitor)을 사용하였다(그림 2). LMM을 이용한 척추 리스크 측정을 통하여 포도선별 및 포장작업에 대해 작업자가 느끼는 척추, 허리, 목 등에서 발병하는 근골격계 질환 위험 정도를 평가하였다.



그림 2. LMM 척추 리스크 측정장비

2.3 실험장소 및 실험절차

실험장소로는 온도와 습도가 조절 가능한 인공 기후실에서 실시되었으며 포도선별 및 포장작업이 주로 이루어지는 8월의 농가 기후에 맞추어 온도 25℃, 습도 60%는 적정 습도로 설정하여 실제 작업환경을 최대한 구현하도록 하였다.

실험은 포도선별 및 포장작업대의 사용 유무에 따라 기존의 선별작업대를 사용하는 개선 전 작업과 포도선별 및 포장작업대를 사용하는 개선 후 작업에 대하여 실시하였다. 또한 각각의 작업에서는 포도선별 및 포장작업 전후 10분간 작업자가 안정상태를 유지할 수 있도록 휴식시간을 갖도록

하였으며 실험이 진행되는 동안 계속적으로 심박수와 척추 리스크를 측정하였다.

3. 연구 결과

3.1 작업 공정과 동선 및 작업시간

작업 공정은 개선 전과 개선 후의 작업을 작업요소별로 분류한 것이다. 개선 전의 작업은 작업에 사용할 상자를 운반하고 난 뒤, 포도선별 및 포장작업을 하고 이 작업이 끝나면 작업이 끝난 상자의 무게를 측정하고, 빈 상자를 운반하는 총 4가지 작업을 20분 동안 반복하게 된다. 개선 후의 작업에서는 운반수레를 이용하여 작업에 사용할 포도상자를 운반한 뒤, 포도선별 및 포장작업을 수행하고, 작업이 끝난 상자의 무게를 잰 뒤 빈 상자를 운반하는 4가지 작업을 개선 전과 같은 시간 동안 반복하게 된다. 각각의 세부 공정을 표 2와, 표 3에 나타내었다.

표 2. 개선 전 작업 공정

1. 상자 운반	플라스틱상자 들기(1-1)
	플라스틱상자 옮기기(1-2)
	플라스틱상자 놓기(1-3)
2. 포도선별 및 포장	포도 들기(2-1)
	숙기(2-2)
	재포장(2-3)
	포도 들기(2-4)
	포도 옮기기(2-5)
3. 무게계기	포장상자 들기(3-1)
	이동후 포장상자 무게계기(3-2)
	포장상자 놓고 빈 종이상자 들기(3-3)
	종이상자 놓기(3-4)
4. 상자 운반	플라스틱상자 들기(4-1)
	플라스틱상자 옮기기(4-2)
	플라스틱상자 놓기(4-3)

작업시간분석은 작업자의 개선 전과 개선 후의 작업을 캠코더로 촬영한 동영상상을 재생하여 각각의 작업에 소요된 시간을 분석한 것이다. 이때 개선 전과 개선 후의 작업 중 상자 운반작업과 빈 상자 운반작업은 비교가 가능하지만 개선 전의 포장 및 선별작업과 무게계기 작업은 연속된 작업이기 때문에 개선 후의 작업과 비교가 불가능 하였다. 따라서 개선 전과 개선 후의 포장 및 선별작업과 무게계기 작업 두 가지를 하나의 작업요소로 분류하여 비교하였다. 시간분

표 3. 개선 후 작업 공정

1. 상자 운반	수레이동(1-1)
	플라스틱상자 들기(1-2)
2. 포도선별 및 포장	포도 들기(2-1)
	포도 솜기(2-2)
	채포장(2-3)
	포도 놓기(2-4)
3. 무게계기	포장상자 들기(3-1)
	이동 후 포장상자 무게계기(3-2)
	포장상자 놓고 빈 종이상자 들기(3-3)
	빈 종이상자 놓기(3-4)
4. 상자 운반	상자 내리기(4-1)
	수레이동(4-2)

석을 위한 요소작업은 상자 운반작업(1), 포도선별 및 포장작업(2)과 상자의 무게계기 작업(3), 빈 상자 운반작업(4)의 총 4개로 분류하였다. 동선분석은 실험자가 이동한 거리를 측정하여 분석하는 것을 주 대상으로 하기 때문에 앞서서 작업하는 포도선별 및 포장작업은 동선분석에서 제외하였다. 또한 상자 운반작업과 빈 상자 운반작업은 상자의 무게를 제외하고 같은 동선을 따라가기 때문에 상자 운반작업 하나로 동선분석을 통일하였다.

상자 운반작업 시 개선 전은 상자 2개를 운반하는데 평균 16.56초가 걸렸고, 개선 후는 13.11초가 소요되는 것으로 사료된다(그림 3). 개선 전은 포도가 담긴 상자가 무겁기 때문에 하나씩 운반한 반면, 개선 후는 수레에 상자 2개를 한꺼번에 담아 옮기게 되므로 시간이 단축된 것으로 보인다. 개선 전 상자를 옮기는 총 동선길이는 480cm이고 개선 후 상자 2개를 옮기는 총 동선길이는 200cm로 280cm가 단축된 것으로 나타났다. 이것은 작업자가 직접 운반하는 개선 전은 동선이 곡선이고 상자가 2개이기 때문에 2번을 이동해야 하는 반면 개선 후에는 수레를 이용하기 때문에 1번만 이동하면 되고, 수레가 최소거리인 직선동선으로 바로 작업대까지 상자를 운반할 수 있기 때문이다. 개선 전의 작업은 포도가 든 상자를 들어 작업대 위에 놓아 두는 것을 하나의 작업으로 분할하였다. 개선 후의 작업은 빈 상자를 수레를 이용하여 작업대까지 운반하는 것으로 분할하였다.

포도선별 및 포장과 상자 무게계기 작업시간은 2상자를 마치는 시간의 평균을 계산하였다. 개선 전은 460초, 개선 후는 391초로 약 15%가 개선된 것으로 나타났다(그림 4). 개선 전은 작업대가 신체에 맞지 않아 장시간 서서 작업을 하기 때문에 피로에 의하여 시간이 증가한 것으로 추정된다. 또한 어깨의 들림이 매우 커 동작을 하는데 어려움이 있었던 것으로 판단된다. 반면 개선 후는 작업대의 도입으로 인

해 앉아서 작업을 할 수 있었기 때문에 작업 능률의 증가에 의한 것으로 판단된다. 개선 전 포도상자 하나의 무게를 잰 후 빈 상자로 교환하는데 걸리는 동선의 길이는 730cm였으며 개선 후의 동선길이는 270cm로 460cm가 감소한 것으로 나타났다(그림 5). 개선 전은 포도상자와 작업대까지의 거리가 멀고 작업한 포도상자를 바닥에 놓아야 하기 때문에 상자의 이동이 많은 것으로 나타났다. 개선 후 작업대를 바꾸면서 작업대와 포도상자의 거리가 줄어들고 포도상자 사이의 이동이 또한 감소했기 때문에 동선이 감소된 것으로 사료된다.

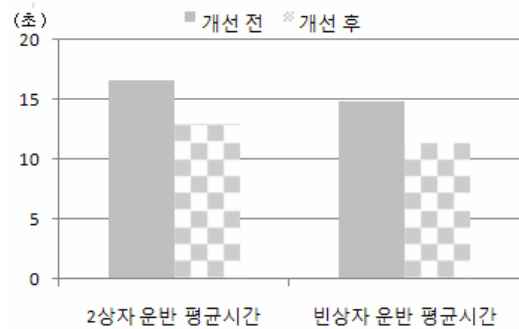


그림 3. 상자 2개를 운반하는데 걸리는 평균시간

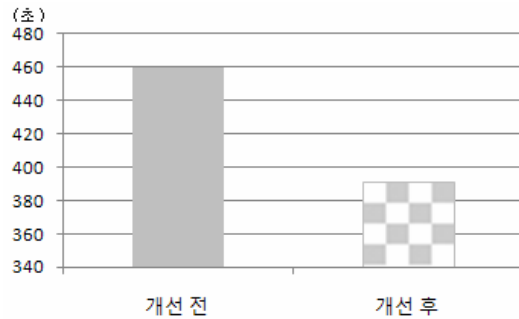


그림 4. 상자 2개를 포장하는데 걸리는 평균시간

개선 전은 포장상자를 든 다음(3-1)이동 후 포장상자의 무게를 잰다(3-2). 그 후 작업대에 포장상자를 놓고 빈 종이상자를 들고(3-3) 빈 종이상자를 작업대로 가져오는 것(3-4)을 무게계기 작업에 넣었다. 개선 후는 개선 전과 작업 공정이 같지만 개선 전 보다 동선의 길이가 줄어들었다. 빈 상자 운반작업은 상자 운반작업에 비해 개선 전과 개선 후 모두 시간이 감소한 것으로 나타났다. 상자 운반작업은 포도가 담겨있기 때문에 무거운 상자를 옮기는데 시간이 걸린 반면 빈 상자 운반작업은 상자가 가벼워 졌기 때문에 상대적으로 빠른 시간 안에 상자를 옮길 수 있었다. 개선 전 빈 상자를 운반하는데 걸린 시간은 평균 14.8초, 개선 후는 평균 11.5초로 약 22.5%의 효율이 증가된 것을 알 수 있

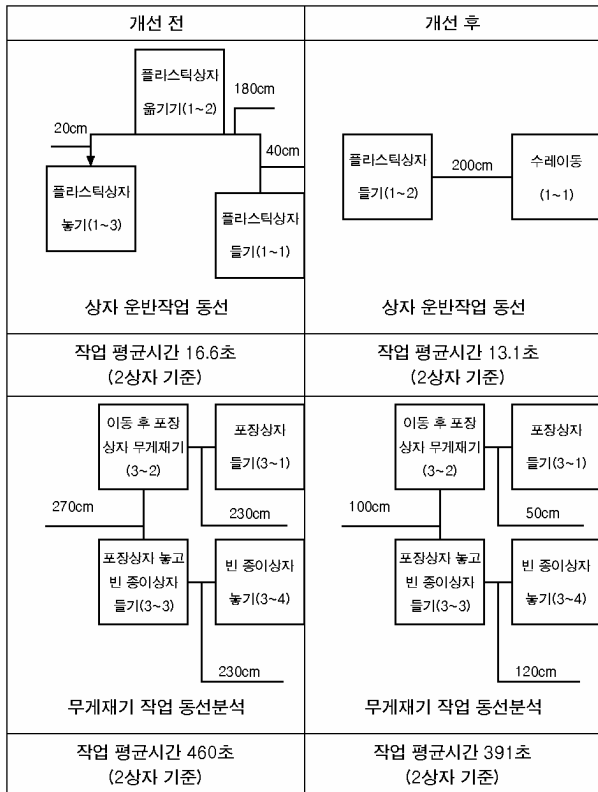


그림 5. 상자 운반작업 및 무게재기 작업 동선분석 결과

다. 동선은 상자 운반작업과 동일하다.

### 3.2 작업자세분석 결과

농작업자가 포도선별작업을 실시할 때의 작업성 근골격계 질환 유해요인을 분석하기 위하여 대표적인 작업자세 분석 기법인 OWAS, RULA, REBA를 이용하였다. 작업자세의 분석을 위하여 작업자의 포도선별작업을 포도상자 운반과 포도 및 선별 포장, 무게재기, 빈 상자 운반의 요소작업으로 세분화 하고 개선 전과 개선 후를 비교 분석하였다.

#### 3.2.1 OWAS

그림 6은 포도선별 포장작업에 편이장비를 도입한 개선 후와 개선 전의 OWAS 점수를 요소작업별로 비교하여 나타낸 것이다.

OWAS 분석 결과를 살펴보면 전체적으로 개선 전보다 개선 후 작업이 약 20% 정도 개선된 것으로 나타났다. 특히 포도 및 선별 포장작업의 경우 개선 전에는 작업자의 신체에 맞지 않는 작업대를 사용할 경우 선 자세로 작업을 하게 되는데 반해 개선 후에는 작업대에 앉아서 작업을 실시하면서 작업자가 손을 높이 뻗거나 하는 부자연스러운 작업이 제거

되는 큰 개선 효과에 의한 것으로 사료된다. 또한 포도상자 운반의 경우에도 무거운 상자를 지면에서 들어 올리던 작업 대신 운반수레의 사용으로 약 13%의 개선 효과가 있는 것으로 나타났다.

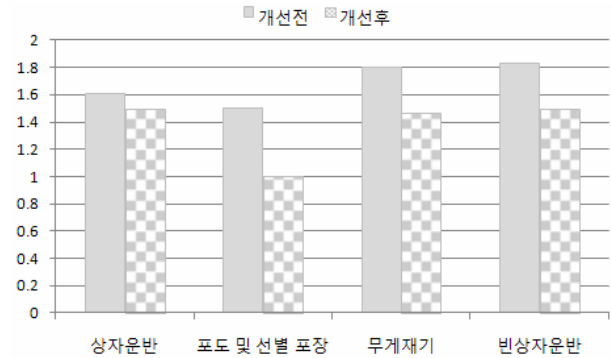


그림 6. 개선 전후 요소작업별 OWAS 점수 비교

#### 3.2.2 REBA

그림 7은 편이장비의 도입에 의한 포도선별 포장작업의 개선 전과 개선 후의 REBA 점수를 요소작업별로 비교하여 나타낸 것이다. REBA 분석 결과 모든 요소작업에서 개선 전과 비교하여 개선 후의 점수가 낮아진 것을 확인할 수 있었다. 특히 선 자세에서 허리를 구부려 상자를 들어올리거나 상자를 들고 이동하는 등 전신을 사용해서 이루어 지던 포도상자 운반작업과 빈 상자 운반작업에서 가장 많은 개선 효과가 있는 것으로 나타났다. 또한 포도 및 선별작업의 경우 개선 전에는 선 자세로 작업을 하거나 신체에 맞지 않는 작업대에서 작업을 하면서 장시간 같은 동작의 반복에 의하여 부담을 가중시키는 요인이 되는 것으로 나타났다. 그러나 개선 후에는 포도선별 및 포장작업대의 도입으로 포도 선별, 포장작업시의 부자연스러운 작업자세가 감소된 것으로 나타났다.

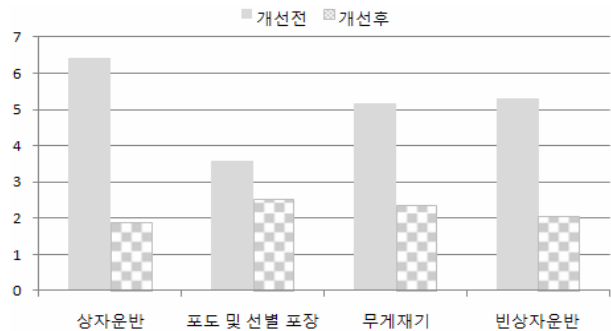


그림 7. 작업별 개선 전, 후의 REBA 점수

### 3.2.3 RULA

그림 8은 편이장비의 도입에 따른 포도선별 포장작업의 개선 전후의 RULA 점수를 요소작업별로 나타낸 것이다. RULA 분석 결과 거의 모든 요소작업에서 개선 전보다 개선 후의 점수가 낮아진 것을 확인할 수 있었다. 특히 상체 작업을 중심으로 한 RULA 점수가 가장 두드러진 개선 효과를 보여주고 있는 동작은 포도상자 운반 동작이었다. 개선 전에는 상자를 지면으로부터 들어올려야 하기 때문에 7점 이상의 RULA 점수를 보임으로써 위험도가 매우 높고 즉시 개선이 필요한 작업이었다. 개선 후에는 운반수레를 통해 포도상자를 이동시키는 작업으로 개선이 되어 점수가 감소한 것으로 나타났다. 또한 포도 및 선별 포장이나 무게 재기 동작의 경우 개선 후에는 작업자의 신체에 맞는 선별 작업대의 사용에 의하여 어깨나 목의 작업 부담을 경감시키는 것을 알 수 있다.

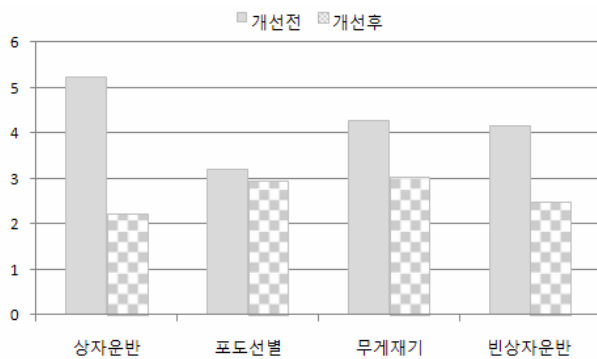


그림 8. 작업별 개선 전, 후의 RULA 점수

### 3.3 심박수

심박수는 작업이 수행되는 20분과 작업 전후 10분간의 휴식을 포함한 전체 작업 중에 연속적으로 측정하였다. 편이장비의 도입에 따른 포도선별 포장작업의 개선 전과 개선 후의 평균 심박수를 비교하여 그림 9에 나타내었다. 그림 9에서 나타내는 바와 같이 개선 전 후 모두 평균 심박수 변화는 비슷한 양상을 보이고 있음을 알 수 있다. 우선 작업자가 휴식을 취하고 있는 안정 시에는 심박수가 약 70bpm 정도로 개선 후와 개선 전이 비슷한 수치를 보이고 있지만 개선 전의 경우 작업이 시작될과 동시에 심박수가 급격히 올라 최대 103bpm까지 오르는 것을 알 수 있었다. 또한 개선 전과 개선 후 두 경우 모두 작업이 진행됨에 따라 점차 심박수가 증가하는 추세를 보이고 있는데 이는 시간이 경과됨에 따라 작업 부하도 점점 증가하는 것에 의한 것으로 사료된다. 이러한 추세는 개선 전보다 개선 후가 더욱

완만한 증가 추세를 보이고 있는데 이는 개선 후가 시간경과에 따른 작업 부하가 비교적 낮다는 것을 나타낸다. 또한 개선 전과 개선 후의 심박수를 비교해 봤을 때 전체적으로 약 9%정도의 개선 효과가 있는 것으로 나타났다. 또한 개선 전의 심박수의 경우 포도상자를 지면에서 높이 들어올리는 동작과 같이 심박수에 영향을 많이 미치는 동작이 자주 반복되기 때문에 심박수의 변화가 큰 것으로 추정된다. 반면 개선 후의 경우에는 개선 전 작업에서 볼 수 있었던 작업 부하가 심한 동작 및 자세의 감소에 의하여 비교적 안정적인 심박수의 변화가 크지 않는 것으로 사료된다.

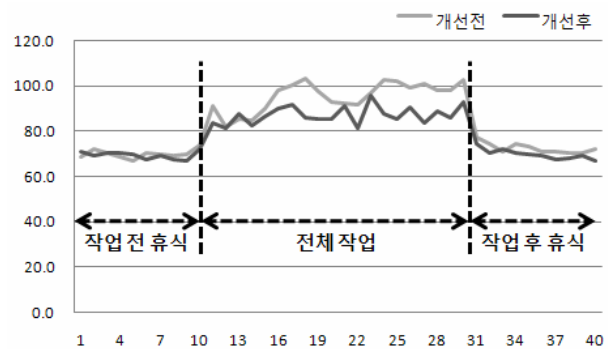


그림 9. 편이장비 도입 전후의 평균 심박수(n=9)

### 3.4 LMM 분석 결과

척추 Risk의 평가를 위하여 허리의 변화 각을 LMM 장비를 사용하여 계측한 후 척추의 위험 정도를 평가하였다. 이를 위하여 LMM 장비를 착용하고 작업을 실시한 후 허리의 평균 비틀림 속도와 최대 굽힘 정도, 평균 구부림 정도를 측정하였다. 척추 Risk 분석을 통해 개선 전과 개선 후를 비교한 결과 모든 요소작업에서 작업 부하가 감소하는 것으로 나타났다.

운반작업 시 개선 전 포도상자를 운반하는 작업에서 운반수레를 도입한 개선 후에는 최대 sagittal 정도가 10.9 정도 줄어들어 따라 99%의 감소 효과가 있는 것으로 나타났다. 또한 평균 twisting 속도는 1.5 정도, 평균 lateral 속도는 8.7 정도 감소하는 것으로 나타났다(표 4).

무게재기 작업의 경우 개선 전 불편한 작업대의 높이로 인하여 저울계가 적정한 위치에 놓여있지 않기 때문에 허리의 움직임이 많았던 작업이 있으나 새로운 작업대로 개선되면서 평균 twisting 속도는 32.2%, 최대 sagittal 정도는 92.7%, 평균 lateral 속도는 39.3%가 감소되는 것으로 나타났다. 이처럼 허리의 부담이 경감되었다는 것을 알 수 있었다.

포장 및 선별작업 시 포도상자의 높이가 높아 작업자의

표 4. 편의장비 도입에 의한 포도선별 포장작업의 LMM

		Before	After
운반작업	평균 twisting 속도	3.6	2.1
	최대 sagittal 정도	11.0	0.1
	평균 lateral 속도	34.1	25.3
무게제기	평균 twisting 속도	4.1	2.8
	최대 sagittal 정도	13.1	1.0
	평균 lateral 속도	41.2	25.0
포장작업	평균 twisting 속도	2.9	1.7
	최대 sagittal 정도	10.6	5.5
	평균 lateral 속도	40.1	18.7

허리 부담을 가중시키고 있었다. 그러나 개선 후 도입된 작업대는 포도상자의 위치가 어깨 아래로 가도록 고안되었기 때문에 허리의 비틀림과 굽힘의 정도를 감소시킬 수 있었다.

이에 따라 평균 twisting 속도는 1.2 줄어들어 41.7%의 비틀림 정도가 감소되었다. 또한 최대 sagittal 정도가 5.1 줄어들어 48.1% 감소하였다. 평균 lateral 속도 또한 54.4% 감소되었다.

3.5 작업량 분석 결과

작업대와 운반수레의 도입과 작업 동작의 개선을 통해 개선 전과 개선 후의 작업량을 비교, 분석하였다. 작업시간 20분 동안 작업한 포도상자의 양은 개선 전이 평균 14.3개 이고 개선 후가 평균 16.7개로 약 16.65%의 효율이 향상된 것으로 나타났다.

이와 같은 결과는 편의장비의 도입에 따른 작업자세의 개선은 작업자의 근골격계질환 예방과 더불어 작업 효율의 향상에도 도움이 된다는 것을 알 수 있다.

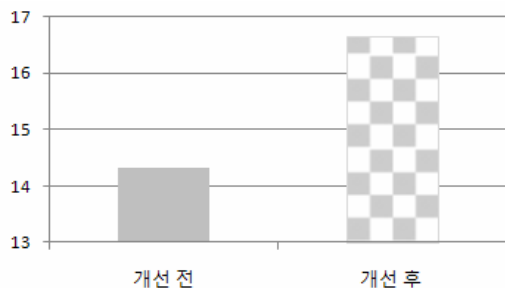


그림 10. 편의장비 도입에 따른 개선 전과 후의 작업한 포도상자의 평균 개수(n=9)

3.6 주관적 평가 결과

신체 불편도의 주관적 증상은 신체의 목, 어깨, 허리, 팔, 다리 등 전신에 걸쳐 작업자가 느끼는 불편도를 100점 척도로 나타내게 하였다.

주관적 증상의 결과는 신체 부위별로 정도의 차이는 있었지만 대체적으로 개선 전에 비해 개선 후에서 작업자의 불편 정도가 감소하는 것으로 나타났다. 특히 개선 전에는 포도 포장 및 선별작업을 할 때에 서서 작업을 해야 하기 때문에 허벅지나 종아리, 즉 하지 부분에 대한 불편도가 큰 것으로 나타났다. 또 개선 전에는 포도상자를 직접 지면에서 들어올려야 하기 때문에 허리와 팔, 어깨에 불편도가 많고 운반수레를 이용하여 포도상자를 운반하는 경우에 비해서 불편도가 많다는 것을 알 수 있었다.

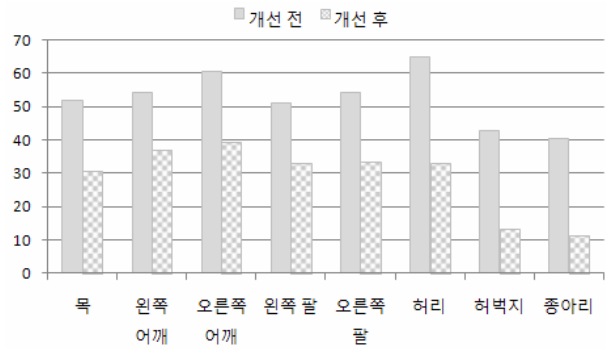


그림 11. 편의장비 도입에 따른 개선 전, 후의 신체 부위별 평균 불편도(n=9)

4. 결론 및 검토

포도선별 및 포장작업의 경우 대부분의 농가에서 작업대가 없이 바닥에 앉아서 작업을 하거나 신체에 부적합한 작업대에서 포도의 선별과 포장이 이루어지고 있다. 그래서 작업자의 신체조건이 작업장비와 맞지 않아 목과 허리를 지나치게 굽히거나, 포도를 집을 때 어깨가 올라가는 등의 작업이 작업자에게 피로감과 신체 부담을 가중시키고 있다. 또한 장시간 동안 단순 반복되는 작업이 이루어짐에 따라 허리와 어깨, 팔, 다리 등 신체 전반에 걸쳐 무리를 주고 있다.

이에 포도선별 및 포장작업에서 작업자에게 가해지는 신체적 부담을 경감시키기 위하여 작업자의 신체특성에 맞도록 개발된 포도선별 및 포장작업대와 운반수레를 도입하였다. 그리고 개선 효과를 파악하기 위하여 객관적인 평가 방법으로 심박수, LMM, 시간 및 동선분석, 작업량 분석,

OWAS, RULA, REBA를 이용하였고, 주관적인 평가 방법으로는 작업자들이 느끼는 불편도를 측정하였다.

심박수의 경우 전반적으로 개선 전에 비하여 작업대와 운반수레를 사용한 개선 후 작업에서 감소하는 것으로 나타났다. 작업자세 분석 결과 OWAS 점수에서는 포도 및 선별 포장작업과 포도상자 운반에서 많은 개선 효과가 있는 것으로 나타났다. 이는 불필요한 작업의 개선과 무거운 물건의 운반작업이 운반수레에 의해 개선되었기 때문에 이와 같은 결과가 나온 것으로 보인다.

RULA 점수에서는 거의 모든 작업에서 개선 전보다 개선 후의 점수가 낮아진 것을 확인할 수 있었다. 전반적인 작업으로 작업자의 신체에 맞게 설계된 선별작업대를 사용하여 수행됨으로써 어깨나 목의 작업 부하를 경감시킨 결과라고 할 수 있었다. REBA 점수도 RULA와 마찬가지로 모든 작업에서 개선 전보다 개선 후의 점수가 낮아진 것을 확인할 수 있었다.

또한 개선 전 작업과 개선 후 작업을 수행하면서 느끼는 불편도의 주관적 증상의 결과도 모든 수치가 개선 전에 비해 개선 후 작업이 낮게 평가되었고, 이는 포도선별 및 포장작업대와 운반수레를 이용함으로써 작업자가 느끼는 불편함이 감소되었다는 것을 보여주는 결과라고 판단된다.

척추 Risk는 개선 전 작업과 개선 후 작업을 비교해 보았을 때, 개선 후의 평균 twisting 속도 및 lateral 속도, 그리고 최대 sagittal 정도 모두 개선 전에 비해 낮아진 것을 볼 수 있었다. 시간 및 동선분석의 결과 개선 후의 동선이 줄어들었고, 따라서 작업시간이 감소되어 작업량이 증가하면서 작업 효율이 향상되었음을 알 수 있었다.

결과적으로 포도를 분류하고 한꺼번에 포장하는 기존작업에 비해 포도선별 및 포장작업대와 운반수레를 사용한 개선된 편이장비의 사용은 작업 효율을 향상시키고 농작업자의 신체적 부담을 경감시킬 수 있다는 것을 확인할 수 있었다. 농작업을 수행하는데 있어 이 사례에서 사용한 편이장비와 같은 각 농작업의 특성에 맞는 적절하게 개발된 인간공학적인 설비를 사용한다면 작업자의 신체 부담을 경감시키고 근골격계 질환을 예방할 수 있을 것이고 그에 따른 작업의 효율의 증대에도 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

## 참고 문헌

산업재해 발생현황, 산업안전보건국 안전보건정책과, (<http://www.kosha.or.kr>), 2008.  
근골격계질환(MSDs) 검진 및 작업관련성, 농촌진흥청, (<http://www.rda.go.kr>), 2008.

농촌진흥청, 근로자의 날 농업인 관리대책 발표\_경제(<http://www.korea.kr/newsWeb>), 2008.

이경숙 외, 농업인 근골격계 질환 진단 표준화 방안 개발 및 작업 관련성 평가, 농촌진흥청, 113-135, 2009.

농촌진흥청, 농부증 예방 및 농업인 건강관리 연구현황(<http://www.rda.go.kr>), 2005.

손병창 외, 연기농업기술센터, 농작업환경개선 편이장비 컨설팅 최종보고회 개최 (<http://www.ccsidae.com>), 2009.

오해옥 외, 농촌지역주민의 근골격계 증상 경험률, 류마티스건강학회지, 8(1), 86-108, 2001.

Marras, W. S., Fathallah, F. A., Miller, R. J., Davis S. W. and Mirka, G. A., Accuracy of the three dimensional lumbar motion monitor for recording dynamic trunk motion characteristic, 1-2, 1991.

Notkola, V., Virolainen, R., Tupi, K., Louhelainen, K., Husman, K., Nuutinen, J., et al., 1990.

Vilijelijoiden tyoterveyshuollon seuranta-ja kehittamistutkimus, 1985-1987.

## 저자 소개

**이 경 속** leeks@rda.gor.kr

서울대학교 의류학과 박사

현 재: 농촌진흥청, 국립농업과학원

관심분야: 농작업재해예방, 안전인간공학, 농작업안전

**김 관 우** kwkim@efact.or.kr

동경도립과학기술대학교 산업공학과 박사

현 재: 농업기술실용화재단, 농기계검정팀

관심분야: 안전인간공학, 농기계안전

**채 해 선** seon70@rda.gor.kr

영남대학교 의류학과 학사

현 재: 농촌진흥청, 국립농업과학원

관심분야: 농작업재해예방, 안전인간공학, 농작업안전

**김 창 한** changha@efact.or.kr

건국대학교 산업공학과 석사

현 재: 농업기술실용화재단, 농기계검정팀

관심분야: 안전인간공학, 농기계안전

**남 서 영** myfish210@naver.com

현 재: 건국대학교 산업공학과 재학중

관심분야: 농작업재해예방, 안전인간공학

**이 경 미** zzanghihaw@naver.com

현 재: 농촌진흥청, 국립농업과학원

관심분야: 농작업재해예방, 안전인간공학



**최연우** jubille15@naver.com

현 재: 건국대학교 산업공학과 재학중  
관심분야: 농작업재해예방, 안전인간공학

논문 접수 일 (Date Received) : 2010년 07월 12일

논문 수정 일 (Date Revised) : 2010년 07월 14일

논문게재승인일 (Date Accepted) : 2010년 07월 22일

**박근상** ergopark@konkuk.ac.kr

Nihon Univ. 산업공학 박사

현 재: 건국대학교 산업공학과 교수  
관심분야: 제품디자인, 안전인간공학, 농작업안전