Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 29, No. 1 pp.139-144, February 2010

근골격계 질환 예방을 위한 이동형 레일의자와 전동가위에 관한 연구

채혜선[1] · 김관우[1] · 이경숙[1] · 김창한[1] · 이경미[2] · 최연우[2] · 박근상[2]

[1]국립농업과학원 농업공학부 농업재해예방과 / [2]건국대학교 산업공학과

The Study on the Moving Rail-chair and Electromotive Scissors for Preventing of the Musculoskeletal Disorders

Hye Seon Chae[1], Kwan Woo Kim[1], Kyung Suk Lee[1], Chang Han Kim[1],
Kyoung Mi Lee[2], Youn Woo Choi[2], Keun Sang Park[2]

[1]National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon, 441-707
[2]Department of Industrial Engineering, Konkuk University, Seoul, 143-701

ABSTRACT

Grape weeding work requires Ergonomics improvement, because it performs motion likely to cause Musculoskeletal disorders (MSDs) repeatedly and continuously. The object of this study was to reject workload in Grape weeding works raised MSDs with the Moving Rail-chair and Electromotive Scissors. As objective method of analysis, we used heart rate, EMG, RULA, REBA. As subjective method of analysis, we used questionnaire that indicate lethargy area of body, pain of muscle and bone. As a result, working with Moving Rail-Chair and Electromotive Scissors is lower heart rate and EMG than typical working. Also for the subjective evaluation, reducing of neck and shoulder movement makes improve workload.

Keyword: Rail-chair, Electromotive Scissors, Heart Rate, Motion Study

1. 서 론

농업 기술의 발달로 농작물의 생산량은 증대 되었지만 농업종사자들의 현황은 기술적 발달에 비하여 개선이 지체되고 있다. 농업인구의 감소와 고령화로 인해 인력수급이 어렵고, 열악한 작업조건과 과도한 반복 작업으로 인해 근골격계 질환발생률이 늘어나고 있다.

실제 농업종사자들을 대상으로 농촌지역 근골격계 증상 경험율을 조사한 결과 남녀의 수치차이가 있으나 대체로 허리와 다리, 무릎통증을 호소한다고 하였다(오해옥, 2001). 이는 허리를 숙인 자세와 쪼그린 자세가 반복되는 키가 낮은 작물의 경우로 작업 자세의 부담이 선 자세에 비해 상대적으로 높기 때문에 대다수의 농업종사자들이 겪는 문제이다. 따라서 인간공학적 개선은 낮은 자세 위주로 연구가 되어왔다(최정화, 1997).

키가 낮은 작물보다 근골격계 질환의 발생은 덜하지만 키가 큰 과수작물의 경우 어깨위로 작업이 이루어져 하체보다 상체의 피로감이 매우 높게 측정되었다. 특히 과수작목 농업인 중 NIOSH 기준을 초과하는 근골격계 자각 증상 호소율은 포도작물에서 가장 높게 나타났다(김경란, 2009). 포도 재배의 경우 대부분의 작업이 선 자세로 머리위로 손을

교신저자: 이경숙
주 소: 441-707 경기도 수원시 권선구 서둔동 250번지, 전화: 031-290-1937, E-mail: leeks@rda.go.kr

뻗어 작업이 이루어지는 경우가 많고, 포도 순치기나 알 솎기 작업의 경우에는 긴 시간 동안 반복적인 작업을 수행하기 때문에 목, 허리, 어깨, 손, 손목 등에 근골격계 질환이 빈번하게 발생하고 있다(정효남, 2009).

칠레와의 FTA 타결 이후 포도 재배가 줄어들 것이라는 예측과는 달리 재배면적과 생산량이 급증하는 현실이 포도 농가에 대한 인간공학적 개선 필요성을 증대시키고 있다(기획재정부, 2009). 따라서 본 연구에서는 반복적인 가위사용으로 인한 손과 손목의 작업부담을 줄이기 위하여 개발된 전동가위와, 하지의 부담을 줄여주기 위해 개발된 레일 이동형 작업의자를 사용하여 인간공학적 개선을 평가하고자 한다. 인간공학적 작업 자세평가기법인 RULA와 REBA(Hignett. S. and McAtamney, L, 2000). 심박수 및 근전도 측정을 하여 전, 후 비교 평가를 통한 개선여부를 알아보고자 한다.

2. 연구방법

2.1 연구대상

근골격계 질환이나 심장질환을 겪은 적이 없는 20대 남녀 대학생 8명을 대상으로 실험을 실시하였다. 또한 심박수와 근전도를 동시에 측정하기 때문에 실험 전 충분한 휴식을 취하게 하여 심리적 부담감을 완화시킨 후 실험을 수행하였다. 다음 표 1에서는 8명의 피실험자의 신체데이터를 나타내고 있다.

표 1. 피실험자의 신체데이터

	평균	표준편차	최소값	최대값
신장(cm)	168.67	5.79	159.0	175.0
앉은키(cm)	87.57	3.86	82.0	93.0
체 중(kg)	63.54	7.62	48.0	71.5
팔길이(cm)	76.31	3.81	72.0	85.0

2.2 실험장비 및 실험절차

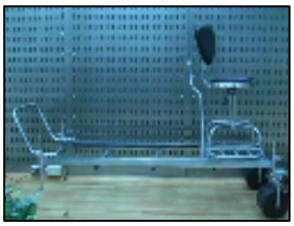
2.2.1 실험장비

실험장비로는 전동가위와 레일의자가 사용되었다. 전동가위는 표 2 에서 볼 수 있듯이 크게 가위 본체와 배터리 부분으로 나누어져 있으며 무게는 약 배터리 포함 760g 정도이다. 가위 본체에는 포도 순을 자를 수 있는 가위 머리 부분과 손잡이, 스위치로 구성되어 있다. 전동가위의 작동방법은 충전이 가능한 배터리를 가위 본체와 연결을 한 뒤, 보통의 가위와 같이 잡고서 기존의 가위질 대신 스위치를 누르면 자동으로 가위질을 할 수 있도록 되어 있다. 그러므로 전동가위는 일반가위와 같은 가위질이 불필요해 지므로 손가락 및 손바닥, 손목의 무리를 줄여줄 수 있을 것으로 예상된다. 또한 일반가위의 경우 장시간 가위질을 할 경우 손목이 안쪽으로 꺾이는 현상이 나타나는데 전동가위의 경우 스위치를 누르기만 하면 되기 때문에 꺾임 현상을 방지할 수 있을 것으로 보인다.

두 번째 실험장비인 레일의자의 경우 표 2에서 보는 바와 같이 포도나무의 높이에 맞게 설계되어 지상으로부터 1m 이상 높이에 앉을 수 있으며, 레일의자는 크게 작업자가 앉을 수 있는 의자와 의자가 움직일 수 있는 레일 부분, 앞바퀴와 손잡이 부분으로 나누어 진다. 레일의자의 작동방법은 의자의 좌우이동의 경우, 의자 옆에 설치되어 있는 손잡이를 몸체 쪽으로 잡아당기면 작업자가 의자에 앉아있는 상태에서 레일의 좌, 우로 움직일 수 있다. 그리고 레일의자 본체를 이동하기 위해서는 작업자가 레일의자에서 내려와 레일의자 한 쪽에 있는 손잡이를 잡고 바퀴를 이용하여 이동하면 된다. 또한 의자는 위, 아래로 높이 조절이 가능하여 작업자 개개인의 신체조건에 맞추어 조절할 수 있다. 선 자세로 작업을 할 경우 신체에 무리가 가게 되는데 특히 장시간 서서 작업을 하게 되면 다리나 허리에 심각한 근골격계 질환을 유발할 수 있다. 따라서 레일의자에 앉아서 작업을 하게 되면 다리, 허리, 목 등에 무리가 덜 가게 되고 근골격계 질환의 위험도가 크게 줄어들 것으로 예상된다.

심박수는 실험수행 전 Polar 사의 체스트벨트형 심박계와 손목 시계 형 수신기를 착용하여 휴식시간과 작업시간 모두 측정하였다. 근전도는 ME6000(Mega Electronics, Finland)

표 2. 측정기기(위)와 실험장비(아래)

ME 6000 (근전도 측정기기)	T61 Coded Transmitter
전동가위	레일의자
	

을 사용하여 팔의 전경골근과 다리의 비복근 그리고 승모근에 근육의 방향성을 따라 Ag-AgCl electrodes(3M)을 부착하여 측정하였다. 연구에 사용된 측정기기와 실험장비는 표 2와 같다.

포도 작업장에 대한 실험장치는 실제 작업장이 아닌 인공기후실에서 이루어 졌기 때문에 최대한 포도 순치기 작업장과 비슷한 환경으로 맞추었다. 따라서 포도 순의 경우 포도순 모형으로 대체하여 실험하였으며, 순치기를 할 포도나무는 높이 180cm로 실제 작업장의 평균 높이와 최대한 비슷하도록 설치했다.

2.2.2 실험절차

온도와 습도가 통제 가능한 인공 기후실에서 실험이 이루어졌으며 온도는 20℃, 습도는 60%로 설정한 후 포도농가 작업환경을 최대한 반영하여 실시하였다. 또한 작업상황은 전동가위와 레일의자의 사용여부에 따라 나누어 부하를 측정하였다. 즉, 그림 1에서와 같이 선 자세로 일반가위를 이용하여 작업할 경우, 선 자세로 전동가위를 이용하여 작업할 경우, 레일의자에 앉은 자세로 일반가위를 이용하여 작업할 경우, 레일의자에 앉은 자세로 전동가위를 이용하여 작업할 경우의 4가지 상황으로 나누어 실험을 진행하였다. 각 상황별로 순치기 작업의 전후에 10분의 휴식이 있고 20분간 실시하는 것으로 작업을 계획하였다. 순치기 작업의 세부 동작은 그림 2과 같이 순치기 준비, 순 잡기, 순 치기, 순 버리기가 있고 각 동작은 작업 시 연속적으로 반복 수행되며 각 상황 별 작업에 대해 공통적으로 실시되는 동작이다. 따라서 작업에 대한 분석은 이 네 가지의 주 작업에 대하여 실시하였다. 피실험자는 근전도와 심박수 측정기기를 착용한 상태에서 실험에 임하였으며, 실험이 끝날 때마다 설문지를 통해 신체의 어느 부분에서 불편을 느꼈는지에 대한 주관적 불편도를 측정하였다.

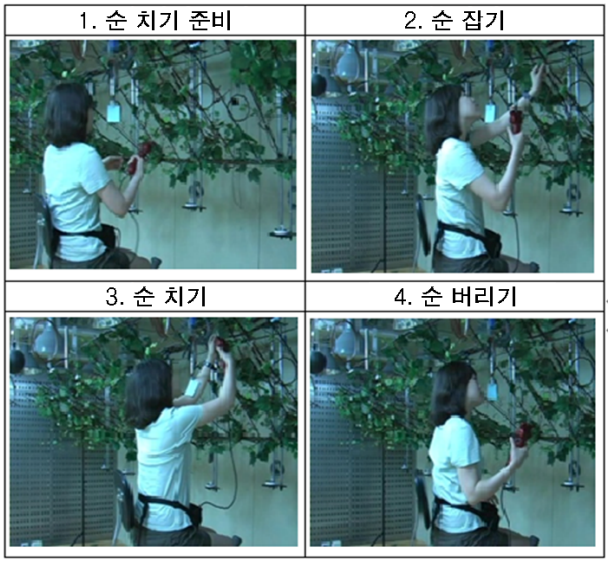


그림 1. 작업 구분

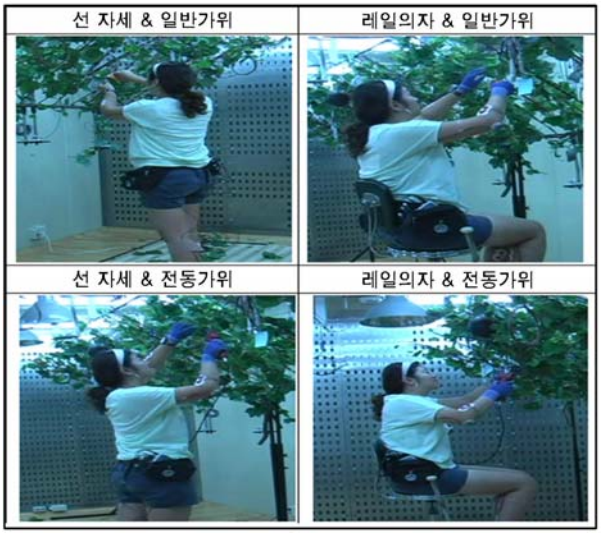


그림 2. 세부 작업

3. 연구결과

3.1 동작연구결과

작업자가 위험인자에 얼마나 노출되어 있는지 평가하기 위하여 RULA와 REBA 기법을 이용하여 선 자세에서 일반가위와 전동가위를 사용하는 경우, 이동식 레일의자에서 일반가위와 전동가위를 사용하는 네 가지 경우에 대해 RULA, REBA 점수를 내어 비교, 평가해 보았다. RULA, REBA의 점수를 분석한 결과 포도 순치기 작업에서 주로 이루어지는 네 가지 자세 중 순 잡기, 순 치기 작업에서 주로 위험도가 높은 자세가 많이 발견되었다. 특히 전체적인 신체에 대한 작업을 중심으로 한 REBA 분석에서 점수가 매우 높은 것을 볼 수 있는데 이는 선 자세에서 작업을 했을 경우 보다 많은 작업부하를 느끼기 때문인 것으로 나타났다.

각각의 점수를 비교해 보면 그림 3과 그림 4에서 보는 바와 같이 선 자세로 일반가위를 사용하는 기존 작업방식의 경우 RULA 조치단계가 4, REBA 조치단계가 3으로 작업의 위험도가 높고 즉시 개선이 필요한 작업이라 판단된다. 전동가위와 이동식 레일의자 두 가지를 동시에 사용하는 경우에 RULA 조치단계가 2, REBA 조치단계가 1 정도로 나타나 전체적으로 개선되었음을 알 수 있다. REBA 점수가

큰 폭으로 개선된 것은 REBA 기법이 상지 뿐만 아니라 하지의 작업 또한 고려하기 때문에 레일의자의 효과가 나타난 것으로 보여진다. 전동가위를 사용하였을 때 RULA와 REBA 점수가 개선된 것은 일반가위를 사용하였을 때보다 손목의 꺾임이나 손에 주어지는 작업부하가 줄어든 것으로 사료된다.

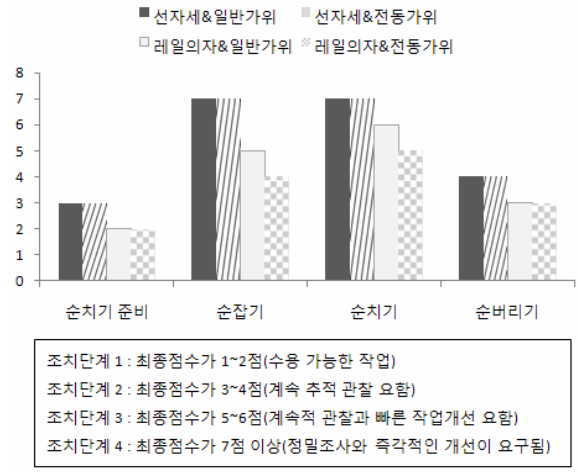


그림 3. RULA 분석결과

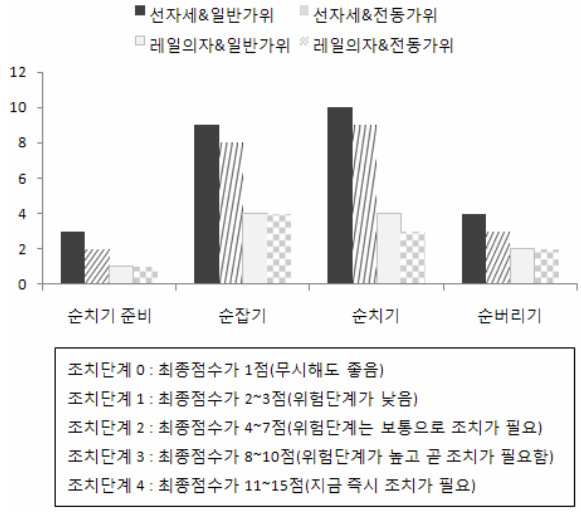


그림 4. REBA 분석결과

그림 5는 개선 전(이동식 레일의자 및 전동가위 미사용)과 개선 후(이동식 레일의자, 전동가위 사용)를 비교하여 작업자의 자세를 비교해 본 것이다. 전반적으로 포도 순치기 작업의 대상이 되는 작업물이 성인의 평균 키보다 높은 위치에 있어 발생하는 허리, 목의 젖힘과 팔의 벌림 정도, 어깨의 들림 등의 위험요인이 되는 자세가 자주 발생하는 것을 볼 수 있다. 특히 선 자세에서 작업을 했을 경우 양 다리에 균등한 체중이 배분되지 못하는 경우가 발생하는 것을 볼 수 있었다.

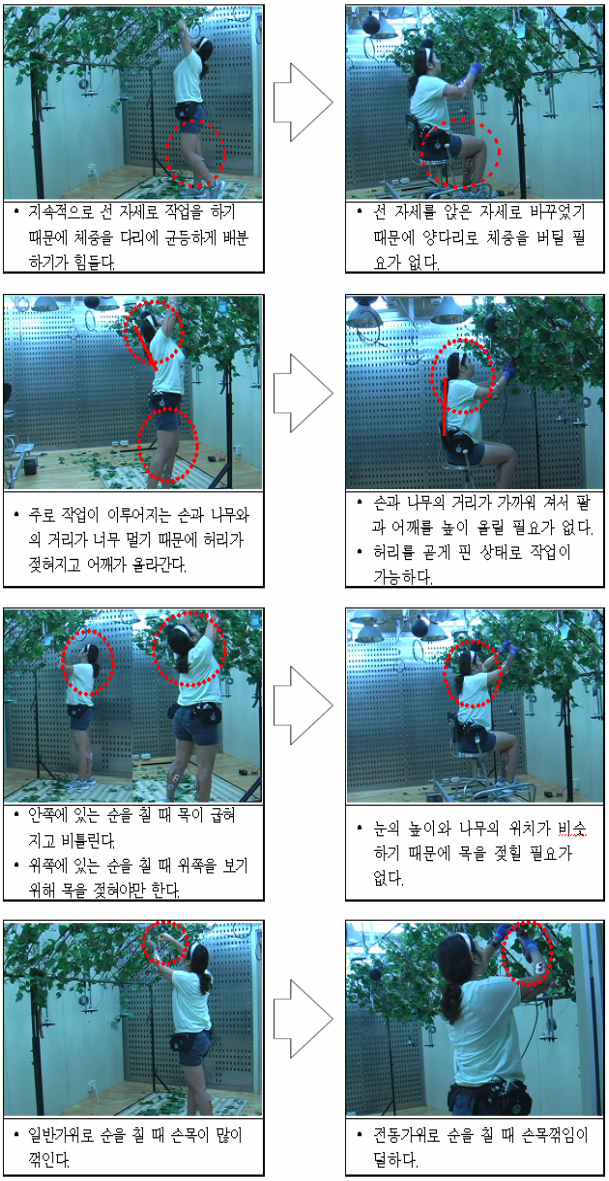


그림 5. 작업 자세 비교분석

3.2 심박수 측정결과

그림 6은 4가지 작업상황 별로 분당 심박수(bpm)를 작업시간의 경과에 따라 나타내고 있다. 심박수 측정은 작업 전후 휴식시간과 순치기 작업을 할 때 연속적으로 측정하였다. 측정결과, 안정 시 심박수의 수치가 평균 76.6±3.29 bpm이었던 것에 반해 포도 순치기 작업이 시작됨과 동시에 최대 25bpm만큼 증가한 것을 볼 수 있었다. 작업이 진행됨

에 따라 심박수가 점차적으로 증가되었고 이는 장시간 작업을 진행할 시 작업자가 느끼는 신체부담이 더욱 커지는 것을 알 수 있다. 선 자세에서 작업을 하는 경우보다 레일의자에 앉아 작업을 하는 경우에 심박수가 낮아지는 것을 볼 수 있다. 또한 일반가위를 사용할 때보다 전동가위를 사용할 때 심박수가 낮은 것을 확인할 수 있었다. 선 자세에서 일반가위로 작업할 때의 심박수는 98.28±2.83bpm이고, 레일의자에 앉아 전동가위로 작업할 때의 심박수는 88.96±2.75bpm로 나타났다. 즉, 기존의 작업을 레일의자와 전동가위를 도입하여 개선하였을 때 7.51% 정도 심박수가 낮아지는 것으로 나타났다.

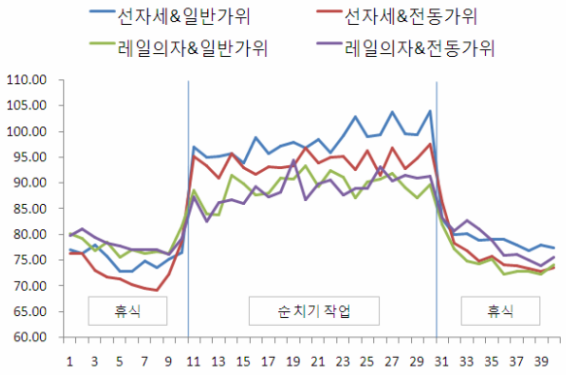


그림 6. 심박계 측정결과

3.3 근전도 측정결과

근전도 데이터는 MPF(Mean Power Frequency)값을 각 작업 별로 산출하여 비교하였다. 근전도 데이터는 MF(Mean Frequency)값과 MPF 값으로 얻어지는데 피로에 대한 민감성에 대해서는 MF보다 MPF가 월등히 좋은 결과를 보이므로 본 연구에서는 MPF 값을 사용하기로 하였다(정명철, 1997).

그림 7에서 보는 바와 같이 레일의자와 전동가위를 사용하여 작업을 할 시, 그렇지 않을 때보다 MPF가 대체적으로 낮았고, 특히 다리의 비복근의 경우 선 자세에서와 레일의자에 앉은 자세에서의 차이가 큰 것으로 나타났다. 선 자세에서 일반가위로 작업할 시보다 레일의자에 앉아 전동가위를 사용할 때 근육 별로 12.8% 정도 MPF 값이 낮게 나타났다. 전동가위 사용 시 오른쪽 근육의 MPF 값이 높게 측정된 것은 전동가위가 개발초기 단계의 제품으로 사용 시 편리하나 가위 본체와 배터리의 무게가 무거워 근육사용량이 더 많은 것으로 보여진다. 전동가위의 작업 개선 효과가 입증되어 시제품으로 출시할 시 무게를 상당부분 줄일 수 있으므로 편의성 측면에서만 전동가위의 효용성을 측정할 것이다.

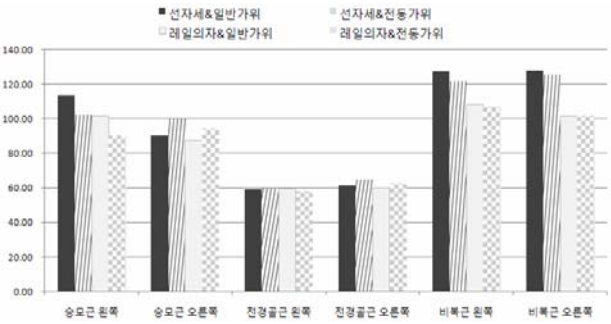


그림 7. 근전도 측정결과

3.4 주관적 평가결과

신체의 목, 어깨, 허리, 팔, 손, 다리, 발 전신에 걸쳐 작업자가 느끼는 불편도를 10점 척도로 평가하였다. 측정결과는 표 3과 같으며 대체적으로 작업자의 모든 신체 부위에서 레일의자와 전동가위일 때보다 선 자세와 일반가위일 때 더 불편함을 느끼는 것으로 나타났다. 특히 다리에 대한 불편도 측정에서는 레일의자에 앉았을 경우에 불편함을 거의 느끼지 못하는 것을 알 수 있다. 어깨와 팔의 불편도는 일반가위를 쓸 때보다 전동가위를 쓸 때 낮아지는 것을 볼 수 있는데 이는 전동가위를 사용할 때 손목이 덜 꺾이는 것이 반영된 것으로 보인다. 특히 선 자세와 레일의자의 불편도를 비교해 봤을 때 팔보다는 어깨에서 점수의 차이가 27.6% 정도로 높은 것을 알 수 있다. 이는 레일의자에서 작업을 했을 경우 작업 자세에서 팔의 움직임 보다는 어깨의 움직임 및 어깨 들림 등의 자세의 변화가 많기 때문이다. 또한 선 자세와 레일의자 중 가장 불편도 차이가 많이 나는 경우는 목과 허리로 레일의자에 앉아서 작업을 했을 경우가 불편도를 절반으로 감소시키고 있음을 알 수 있었다.

표 3. 주관적 평가결과

	선 자세 일반가위	선 자세 전동가위	레일의자 일반가위	레일의자 전동가위
목	6.9	5.8	3.5	3.3
허리	3.6	3.3	1.4	1.1
왼쪽어깨	5.4	4.0	2.3	1.4
오른쪽어깨	6.4	5.0	3.9	2.8
왼팔	5.9	4.6	4.4	3.0
오른팔	6.0	4.5	3.5	2.5
다리	4.9	4.6	0.0	0.0

4. 결 론

본 논문에서는 레일의자와 전동가위를 이용하여 포도 순치기 작업의 개선방안을 검토해 보고자 하였다. 포도 순치기 작업의 경우 작업자의 눈높이 및 팔의 높이보다 높은 위치에서 작업이 이루어져 손을 위로 뻗어서 해야 하는 상지 위주의 작업이 반복적으로 이루어 진다. 뿐만 아니라 장시간 선 자세로 같은 자세를 반복하는 작업을 수행해야만 하며 손목이나 손바닥 등에 무리가 갈 수 있는 가위질을 오랫동안 하고 있는 실정이다. 이러한 작업으로 인해 목, 허리, 손과 손목에서 근골격계 질환의 발생빈도가 높아 작업 자세의 개선이 매우 시급하였다. 따라서 본 연구에서는 포도농가에서 개선의 필요성이 제시된 순치기 작업에 대해 선 자세를 개선시키고자 개발된 레일의자와, 손목이나 손의 자세를 개선하고자 개발된 전동가위를 동시에 이용하여 작업이 얼마나 개선되는지를 평가해보았다. 이러한 실험연구의 평가기준으로 인간공학적 동작연구기법과 심박수, 근전도 측정기기, 주관적 평가기법을 활용하여 분석해 보았다. RULA와 REBA 조치단계가 낮아졌으며, 심박수의 경우 선 자세로 일반가위를 사용하였을 경우가 평균 98.28bpm이었고, 이동형 레일의자와 전동가위를 사용하였을 경우가 평균 88.96 bpm으로 선 자세로 일반가위를 사용하였을 경우에 비해 레일의자와 전동가위를 사용한 경우가 10.5% 낮아졌다. 근전도의 경우에는 20% 정도의 개선효과를 보여 근골격계 질환 예방효과가 증대되는 것을 확인할 수 있었다. 주관적 평가결과로도 전동가위와 레일의자를 사용할 경우가 더 효과적이었다. 차후 연구사항은 근전도 측정기기 사용 시 전체 근육을 측정하지 않았기 때문에 연구의 정확도 면에서 미흡하였다. 또한 손과 손바닥의 경우 기존 동작연구 방법으로는 정량적 평가를 하기 힘들기에 앞으로 추후의 연구에서는 손의 악력을 측정할 수 있는 기법을 이용하여 더 연구를 할 필요성이 있다.

참고 문헌

김경란 외., 과수작목 농업인의 건강실태 및 근골격계 통증 호소율. *한국지역사회 생활과학회지*, 20(1), 5-17, 2009.

오해옥 외., 농촌지역주민의 근골격계 증상 경험률. *류마티스건강학회지*, 8권 1호, 86-108, 2001.

이재훈 외., 참외 재배 농업인의 근골격계 증상 유병률과 인간공학적 위험요인. *제32회 보건학종합학술대회*, 280-284, 2007.

정효남, 이인석, 포도 재배 작업자의 근골격계 질환 현황조사. *대한인간공학회 춘계학술대회*, 2009.

정명철, 김정룡, 근육피로도 분석 시 사용되는 매개 변수들간의 민감도 비교연구, *대한인간공학회 추계학술대회논문집* pp. 406-413, 2000.

최정화, 설향, 류관희, 농작업자의 생리반응으로 본 착용식 의자의 활용효과. *한국농촌생활고학회지*, Vol. 8(1), 1-5, 1997.

기획재정부, 국정브리핑, FTA 체결국 수출 급증 '얻는 것 많아'정책정보_경제 (http://www.korea.kr/newsWeb), 2009.07.23

농림부, 2007, (http://www.mifaff.go.kr/main.tdf).

Hignett, S. and McAtamney, L., Rapid Entire Body Assessment, *Applied Ergonomics*, 31, p201-205, 2000.

◐ 저자 소개 ◑

❖ 채 혜 선 ❖ seon70@rda.go.kr
영남대학교 의류학과 학사
현 재: 농촌진흥청 농업공학부
관심분야: 농업안전공학

❖ 김 관 우 ❖ kwkim@efact.or.kr
동경도립과학기술대학 산업공학 박사
현 재: 농업 기술실용화재단
관심분야: 농업안전공학

❖ 이 경 숙 ❖ leeks@rda.go.kr
서울대학교 의류학과 박사
현 재: 농촌진흥청 농업공학부
관심분야: 농업안전공학

❖ 김 창 한 ❖ changhan@konkuk.ac.kr
건국대학교 산업공학과 석사
현 재: 농촌진흥청 농업공학부
관심분야: 인간공학, 안전공학

❖ 이 경 미 ❖ zzanghihaw@naver.com
현 재: 건국대학교 산업공학과
관심분야: HCI, 인간공학

❖ 최 연 우 ❖ jubille15@naver.com
현 재: 건국대학교 산업공학과
관심분야: HCI, 인간공학

❖ 박 근 상 ❖ ergpark@konkuk.ac.kr
Nihon Univ. 산업공학 박사
현 재: 건국대학교 산업공학과 교수
관심분야: 인간공학

논 문 접 수 일 (Date Received) : 2010년 02월 05일
논 문 수 정 일 (Date Revised) : 2010년 02월 23일
논문게재승인일 (Date Accepted) : 2010년 02월 23일