JESK J Ergon Soc Korea 2017; 36(5): 589-599
http://dx.doi.org/10.5143/JESK.2017.36.5.589
http://jesk.or.kr eISSN:2093-8462

The Effects of Work Characteristics of Grapes-harvesting Tasks on the Wrist and Elbow Angles

Jihye Kim, Inseok Lee

Hankyong National University, Department of Civil, Safety and Environmental Engineering / Research Center for Applied Human Sciences, Anseong, 17579

포도 수확 작업의 작업특성에 따른 손목과 팔꿈치 각도 영향 분석

김지혜, 이인석

한경대학교 토목안전환경공학과/인간과학응용연구소

Corresponding Author
Inseok Lee
Hankyong National University,
Department of Civil, Safety and
Environmental Engineering / Research
Centre for Applied Human Sciences,
Anseong, 17579
Mobile : +82-10-5589-3426
Email : lis@hknu.ac.kr

Received : September 15, 2017
Revised : September 20, 2017
Accepted : September 27, 2017

Copyright@2017 by Ergonomics Society of Korea. All right reserved.

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Objective: The objective of this study was to measure the upper-limb motions and postures of grapes-harvesting tasks using electrical goniometers and analyze the upper-limb motions in a kinematic way to assess the risk of musculoskeletal disorders.

Background: Grapes farmers are exposed to various risk factors of musculoskeletal disorders (MSDs) such as repetitive upper-limb motions, non-neutral postures, and manual handling of heavy items. The farmers have to use scissors repetitively while harvesting grapes with their being arms elevated over the shoulder height, which presumed to increase the physical workload. It has been reported that the grapes farmers feel the harvesting task as the one of the hardest work in cultivating grapes. We tried measure the wrist and elbow angles while the farmers were carrying out harvesting tasks to understand how much workload the work impose on the farmers, which can be helpful in making interventions of preventing musculoskeletal disorders among grapes farmers.

Method: We measured joint angles at the right wrist and elbow with a wireless measuring system with two electrical goniometers from five grape farmers. The grapes-harvesting task was classified into 6 different subtasks: 1) searching, 2) picking, 3) cleaning, 4) carrying, 6) storing, and 7) miscellaneous tasks. The subtasks were compared by mean angles, 10%, 50%, and 90% APDF values of wrist flexion/extension, ulnar/radial deviation, and elbow flexion.

Results: The Kruskal-Wallis tests showed that the 10th percentiles of APDF of ulnar/radial deviation and flexion/extension of the wrist significantly differs among subtasks ($p<0.05$). It was found that the farmers assumed more deviated wrist postures in the ulnar direction when they picking and adjusting the grapes. The use of scissors seemed to force the farmers to severely bend their wrist in the directions of ulnar deviation and flexion. The grapes-harvesting task showed similar wrist postures and motion with poultry deboning and milking tasks.

Conclusion: The grapes harvesting tasks make the farmers take ulnar deviated and extended postures in the wrist. The use of scissors makes them take more severely deviated postures in the wrist. Safety guidelines including use of ergonomic scissors can be provided to the farmers to improve their work conditions.

Application: The results of this study can be used as a basic data for the development of safety guidelines for agricultural work.

Keywords: Grapes, Harvesting, Wrist, Elbow, Scissors, APDF

1. Introduction

포도재배 작업은 중량물 인력 운반 작업, 반복적인 동작, 부자연스러운 작업 자세, 장시간 작업 등 다양한 근골격계질환 유발 위험 요인을 포함하고 있다. 일부 연구에 따르면 포도를 포함한 과수 작목 재배 작업 농업인들의 근골격계질환 유병율이 곡류나 노지 작목 재배 작업이나 축산 농업인에 비해 높으며, 과수 작목 중에도 포도 재배 농업인의 질환 유병율이 상대적으로 높은 편이다(RDA, 2004; Lee et al., 2008).

포도재배 농업인을 대상으로 근골격계질환 증상 조사를 수행한 연구에 따르면 어깨, 허리, 무릎, 목에서의 증상 호소율이 다른 신체부위에 비해 높은 편이다(Lee et al., 2008; Jeong, 2008). 이러한 통증 호소 신체부위 특성은 포도 재배 작업 환경 및 작업 특성과 관련이 있을 것으로 추정된다. 포도 농장은 대개 머리 높이 이상에서 작업이 이루어지고 있어, 가지치기, 결속 작업, 호르몬 처리 작업, 방제 작업, 알솎기, 봉지씌우기, 수확 작업 등을 할 때 작업자는 장시간 선 자세에서 팔을 어깨 높이 이상으로 들어 올려 반복 동작을 하게 된다. 이 때 작업단계에 따라 결속기나 가위 등의 작업도구를 사용하여 반복적인 작업을 한다. 특히, 여러 작업 단계 중 수확 작업은 작업자가 가장 큰 부담을 느끼는 작업 중 하나이고, 작업부하 평가에서도 부하 수준이 높은 것으로 나타나고 있다(Kim et al., 2007; Lee et al., 2008; Jeong, 2009; Kim, 2014). 수확 작업에서는 팔을 어깨 높이 이상으로 들기, 목 신전 자세, 가위의 반복적인 사용, 그리고 수확한 포도를 운반하는 중량물 취급 작업 등이 포함되어 있다.

작업주기가 짧고 작업의 상당 분분이 동일한 형태의 작업으로 이루어진 작업은 근골격계질환의 유발 위험이 높은 것을 보고되고 있다(Putz-Anderson, 1988). 손목의 굴곡/신전 및 편향 각도는 과도한 근력 동원과 반복성과 함께 수근관증후군(Carpal Tunnel Syndrome)과 같은 손목의 업무상 질환 발병의 중요한 위험 인자라 할 수 있다. 손목이 척골(ulnar) 방향으로 24° 이상, 요골(radial) 방향으로 15° 이상 편향된 자세와 45° 이상 굴곡이나 신전된 자세는 근육 피로를 유발하는 부적절한 자세로서 손/손목 부위의 근골격계질환 발병에 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다(Stal et al., 1999; Chen et al., 2010).

반복적인 수작업을 요구하는 작업에서 손목의 작업부하를 평가하는 연구에서 손목의 각도와 동작을 직접 측정하여 분석한 사례가 많다. 기존 연구에서는 여러 착유 기계를 이용한 착유 작업(Stal et al., 1999; 2003), 가금류의 발골 작업(Juul-Kristensen et al., 2001; 2002), 수산물 손질 작업(Hansson et al., 1996), 이발사 및 미용사(Chen et al., 2010), 치과 의사(Akesson et al., 1997) 등의 작업에서 손목 각도를 측정하여 분석한 바 있다. 손목 각도의 평가에는 굴곡/신전 각도와 요측/척측 편향 각도에 대한 평균, 진폭확률분포함수(Amplitude Probability Distribution Function, APDF) 백분위값 등을 이용하여 각도 변위 분석, 손목 각속도를 이용한 동작 분석, 각도의 MPF (Median Power Frequency)를 이용한 빈도 분석 등을 실시하고 있다. 이 중 각도 변위 자체에 대한 분석으로 평균 각도와 10%, 90% APDF 값이 해당 작업의 손목 비중립 자세 특성을 나타내는 평가로서 많이 이용되고 있다.

포도 수확 작업에 대한 인간공학적 작업부하 평가 연구는 많이 이루어지지 않았다. Roquelaure 등(2002)은 포도 전지 작업을 대상으로 근전도와 각도를 측정하여 작업부하를 평가한 바 있다. 이 연구에서 포도 전지 작업의 약 24%가 최대 편향 각도의 50% 이상에 해당하는 것으로 나타났으며, 굴곡/신전 각도는 굴곡과 신전의 분포가 고르게 나타났으며, 편향은 척측 방향으로 치우진 것으로 나타났다. 이러한 비중립적 자세 특성은 작업점의 높이와 가위 사용과 관련이 있는 것으로 추정되었다. Lee 등(2011)은 실험실에서 포도알솎기 작업을 모사하여 작업용 의자 사용에 대한 효과를 근전도를 이용하여 평가한 연구를 한 바 있다. 그 외 포도 작업의 작업부하 평가와 관련된 연구에서는 주로 OWAS, RULA, REBA 등과 같은 관찰적 작업자세 평가 기법을 이용하여 작업부하를 평가하고 있다(Kim et al., 2007; Lee et al., 2008). 따라서, 포도 수확 작업 중 작업자들이 부자연스러운 상지 자세를 반복해서 취하고 있어 작업부하가 높은 것으로 평가되고 있으나, 실제로 손목, 팔꿈치, 어깨 등의 관절에서 어느 정도의 각도를 취하는지에 대한 정량적 평가 자료는 보고되고 있지 않다.

이 연구에서는 포도 수확 작업의 손목과 팔꿈치 동작을 전자 각도기를 이용하여 측정하여 상지 동작의 특성을 분석하였다(Kim, 2014).

일반적 관찰 평가에서 포도 수확 작업은 비중립 자세가 많이 발생하고 있는데 실제로 그 수준이 어느 정도인지 측정되어 보고된 바는 없다. 이 연구는 1) 포도 수확 작업의 손목과 팔꿈치의 관절 각도가 어느 정도 수준에 해당하는지, 2) 포도 수확 작업의 손목과 팔꿈치 관절 각도 특성이 다른 작업과 비교하여 어느 정도 수준에 해당하는지, 그리고 3) 포도 수확 작업 중 작업 특성과 가위 사용 특성이 손목과 팔꿈치의 관절 각도에 어떤 영향을 미치는 지를 보이기 위한 목적으로 실시되었다.

2. Method

2.1 Subject

이 연구에서는 5명(남성 4명, 여성 1명)의 농업인을 대상으로 손목과 팔꿈치 각도를 측정하였다. 이들의 평균(표준편차) 나이, 키, 몸무게, 농업종사 경력은 각각 56.0 (±10.9)세, 166.0 (±12.5)cm, 73.2 (±13.5)kg, 17.8 (±11.8)년이었다. 이들은 손목과 팔에 작업을 수행하지 못할 정도의 특별한 통증이나 질환을 갖고 있지 않은 건강한 상태였다.

2.2 Measurement of joint angles

이 연구에서는 손목의 굴곡/신전(Flexion/Extension, F+/E-, +/-는 각각 각도표시 부호를 의미함), 손목 요측/척측 편향(Radial/Ulnar deviation, R+/U-), 그리고 팔꿈치 골곡(Flexion) 각도를 전자 각도계를 이용하여 측정하였다. 피실험자들은 모두 오른손잡이로 가위를 오른손으로 사용하였으며, 각도 측정도 오른손에만 실시하였다.

2.3 Measuring apparatus

본 연구에서는 무선 데이터 처리 장치(Telemyo DTS system, Norxon Inc., USA)와 전자 각도계(Electrical goniometer) (Biometics, UK) 2개를 사용하였다. 전자 각도계는 각각 2차원 측정이 가능하고 측정범위는 ±150°이다. 손목에서는 굴곡/신전과 요측/척측 편향을 동시에 측정하였으며, 팔꿈치에서는 굴곡각도 하나만을 측정하였다. 데이터 처리 장치의 A/D 변환 표본추출률은 1,500Hz로 이루어졌으며, 실제 데이터 분석에서는 100Hz로 표본을 재추출하여 데이터 수를 줄였다. 전자 각도계의 부착은 기존 연구를 참고하여 기준점을 설정하였다(Figure 1) (Jeong, 2003; Kong, 2004; Noraxon U.S.A. Inc., 2011).

Figure 1. Attachment of goniometers on the arm and wrist

2.4 Procedure

측정 실험은 다음과 같은 절차에 따라 실시되었다.

1) 피실험자에게 실험의 목적과 방법에 대한 설명을 한 후에 실험참여동의서를 받고 개인 정보에 대한 설문 조사를 실시하였다.
2) 피실험자가 의자에 앉아 탁자에 팔꿈치를 편 채로 팔을 자연스럽게 걸친 상태에서 각도계를 부착하였다.
3) 피실험자에게 팔을 움직이도록 하여 작업을 수행하기에 불편함이 없는지 확인하고 측정기 부착 상태에 익숙해지도록 하였다.
4) 피실험자에게 선 채로 팔을 자연스럽게 내린 중립 자세를 취하도록 한 후에 영점 설정(Zero-offset setting)을 하였다.
5) 각 자세별로 최대 각도를 측정하였다. 이 때 피실험자는 앉은 자세에서 팔을 자연스럽게 앞으로 뻗은 상태에서 손목과 팔꿈치에서 최대 각도를 취하였다.
6) 피실험자는 약 10분 동안 평소와 같이 본인의 농장에서 수확 작업을 실시하였으며, 이 때 손목과 팔꿈치의 각도를 측정하면서 동시에 비디오를 촬영하였다.

2.5 Grape-Harvesting tasks

피실험자들이 평소와 같이 포도 수확 작업을 하는 것을 관찰하여 작업단계를 크게 6가지 요소 작업으로 구분하였다. 각 단계의 작업 내용은 다음과 같다(Figure 2).

1) 찾기(Searching) : 농장에서 가위로 수확할 다 익은 포도를 찾는 작업
2) 포도따기(Picking) : 가위를 이용해서 포도를 따는 작업
3) 솎아내기(Cleaning) : 수확한 포도에서 상태가 나쁜 알을 잘라내거나 이물질을 제거하고 정리하는 작업
4) 운반(Carrying) : 정리가 끝난 포도를 수확 상자로 가져가는 작업
5) 저장(Storing) : 포도를 수확 상자에 담는 작업
6) 기타(Miscellaneous tasks) : 포도를 비닐 봉지에 담아 포장하기, 운반차로 수확 상자 나르기, 수확상자 정리하기 등

(a) Searching (b) Picking (c) Cleaning (d) Carrying

(e) Storing (f) Miscellaneous tasks (Box adjusting, cart moving, packaging)

Figure 2. Subtasks of grapes-harvesting tasks

Table 1은 본 연구에서 측정한 작업의 각 요소 작업별 시간과 빈도를 나타내고 있다.

Table 1. Work characteristics of subtasks

Subtask	Mean cumulative time (s)	Proportion (%)	Mean number of work	Mean duration (s)
Searching	187.5	20.9	53	4.1
Picking	108.1	12.1	57.2	2.1
Cleaning	200.9	22.4	26.8	6.9
Carrying	68.3	7.6	23.7	3.3
Storing	85.6	9.6	48.6	2
Miscellaneous	245.7	27.4	37	6.4
Total	896.1	100.0	-	-

2.6 Method of analysis

본 연구에서는 손목의 굴곡/신전 및 편향 각도, 팔꿈치의 굴곡 각도에 대해서 전체 작업 및 각 요소 작업별 평균, 10%, 50%, 그리고 90% APDF 값을 각각 구하였다. 10%와 90% APDF는 해당 운동자유도의 관절각 최대치를 의미하며, 50% APDF는 중위값으로서 평균과 함께 해당 운동자유도 관절각의 대표값으로 사용될 수 있다.

요소 작업간의 관절 각도 차이를 분석하기 위하여 관절각 평균과 10%, 50%, 90% APDF 값을 대상으로 하여 비모수 통계법인 Kruskal-Wallis 검정을 실시하였으며, 통계분석에는 SPSS 18.0 (SPSS Inc., USA)를 이용하였다. 본 연구에서는 5명의 피실험자가 참여하여 모수 통계 기법을 적용하기에는 각 요소 작업별 자료의 수가 충분치 않아 비모수 통계 기법을 이용하였다.

3. Results

3.1 Wrist and elbow angles: Mean and APDF values

5명의 작업자를 대상으로 평균 약 15분 동안의 작업 중 측정한 관절각 평균은 손목 척측 편향 8.1°, 신전 8.7°, 팔꿈치 54.1°로 나타났다 (Table 2). 각 관절의 10%, 50%, 90% APDF 평균은 Figure 3과 같다. 손목 편향 각도(R+/U-)는 -24.7~9.5°, 손목 굴곡/신전 각도(F+/E-)는 -30.0~14.7°, 그리고 팔꿈치 굴곡 각도는 25.5~78.4°의 범위인 것으로 나타났다.

Table 2. Mean (SD) angles of wrist and elbow angles (degree).

Wrist		Elbow
Deviation (R+/U-)	Flexion/Extension (F+/E-)	Flexion
-8.1 (6.3)	-8.7 (9.4)	54.1 (13.0)

3.2 Comparison among subtasks

Kruskal-Wallis 검정을 실시하여 요소 작업간 평균 관절 각도와 10%, 50%, 90% APDF를 비교한 결과는 Table 3과 같다. 손목의 편향 각도

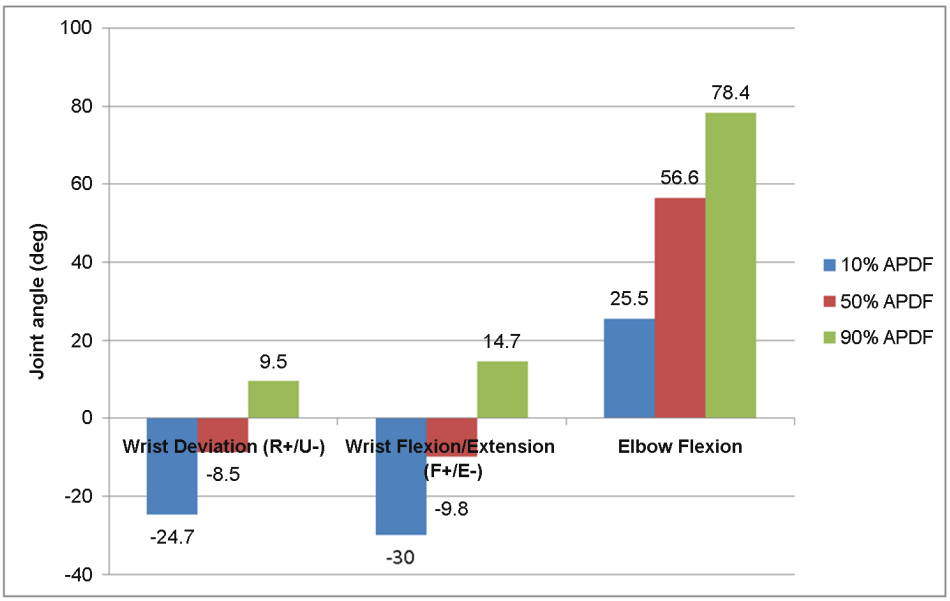

Figure 3. Mean values of 10%, 50%, 90% APDF of wrist and elbow angles

는 요소 작업간에 따라 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(평균과 10% APDF의 경우 $p<0.05$, 50%와 90% APDF의 경우 $p<0.1$). 손목 굴곡/신전 각도는 90% APDF에서 요소 작업간 차이가 있는 것으로 나타났다($p<0.05$). 팔꿈치 각도는 요소 작업간에 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

Table 3. Results of comparisons of joint angles among subtasks

Dependent Variables	Wrist				Elbow	
	Deviation		Flexion/Extension		Flexion	
	χ^2	*p*-value	χ^2	*p*-value	χ^2	*p*-value
mean	10.2	**.037**[a]	5.5	.240	7.7	.101
10% APDF	12.6	**.013**[a]	0.8	.936	5.6	.235
50% APDF	8.0	**.091**[b]	5.5	.240	4.8	.311
90% APDF	8.8	**.065**[b]	9.8	**.043**[a]	7.3	.122

[a]: $p<0.05$, [b]: $p<0.1$.

손목 편향 각도의 경우에 포도따기(Picking)와 솎아내기(Cleaning) 작업의 평균 각도는 -14.3°, -16.0°로 천측 편향된 자세인데 비해서 나머지 작업의 평균 각도는 상대적으로 천측 편향의 정도가 적은 것으로 나타났다(Figure 4). 손목 굴곡/신전 각도의 경우에는 저장(Storing), 찾기(Searching), 기타 작업의 평균 각도가 -12.4°, -11.3°, -18.9°로 신전 각도가 큰 데 비해서, 포도따기, 솎아내기, 운반 작업에서는 신전 각도가 상대적으로 적은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 10%, 50%, 90% APDF에서도 유사하게 나타났다(Figure 5, Figure 6). 포도따기, 솎아내기, 운반 작업에서 손목 척측 편향 각도가 크게 나타나고, 저장, 찾기, 기타 작업에서 손목 신전 각도가 크게 나타나고 있다. 팔꿈치 각도는 통계적으로 유의한 차이를 보이고 있지는 않으나, 솎아내기와 운반 작업 중에 팔꿈치 굴곡 각도가 상대적으로 크게 나타나는 경향을 보이고 있다(Figure 7).

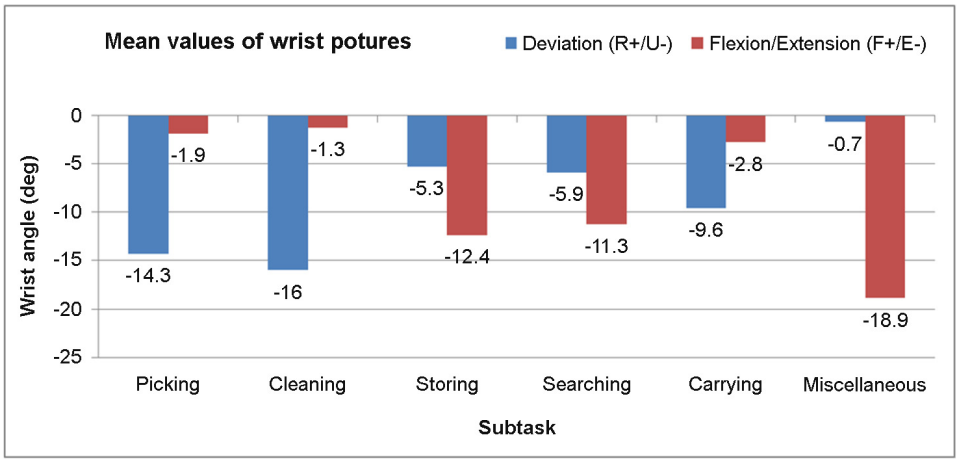

Figure 4. Mean values of wrist angles for each subtask

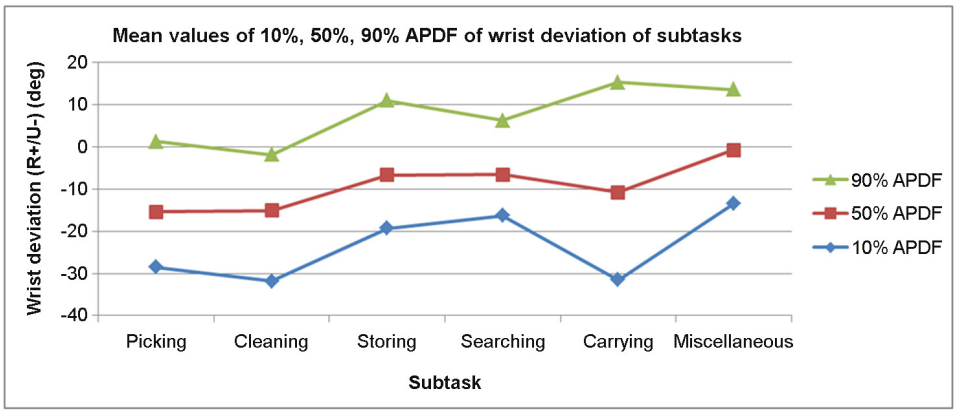

Figure 5. Mean values of 10%, 50%, 90% APDF of wrist deviation angles for each subtask

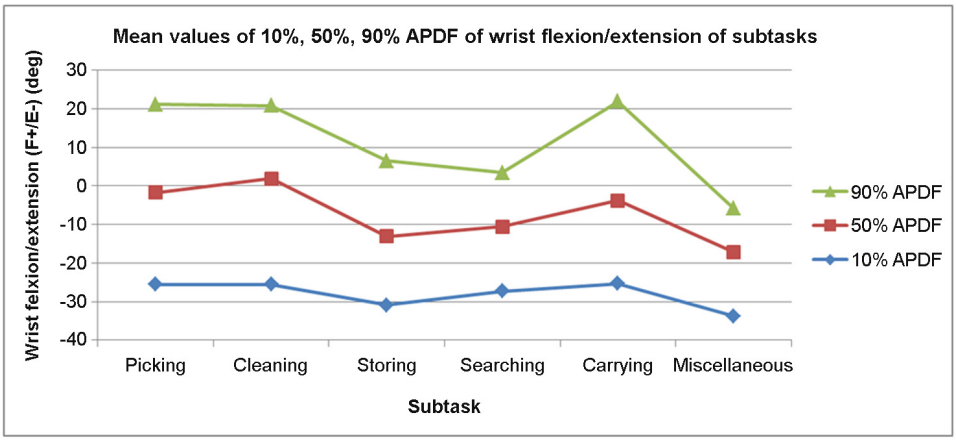

Figure 6. Mean values of 10%, 50%, 90% APDF of wrist flexion/extension angles for each subtask

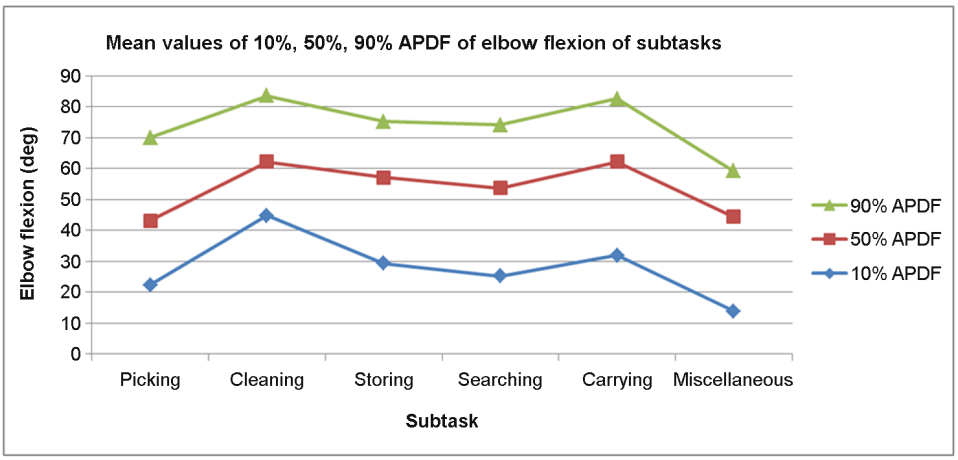

Figure 7. Mean values of 10%, 50%, 90% APDF of elbow flexion angles for each subtask

4. Discussion

포도 수확 작업은 전반적으로 손목과 팔꿈치에서 비중립적 관절 각도가 크게 발생하는 것으로 나타났다. 작업 전체에 대한 손목의 편향 각도 평균은 -8.1°, 굴곡/신전 각도 평균은 -8.7°이고, 손목 편향과 굴곡/신전 각도 10% APDF 값은 각각 -24.7°, -30.0°, 90% APDF 값은 각각 9.5°, 14.7°로 나타나 전반적으로 손목의 척측 편향 각도와 신전 각도가 크게 나타나는 비중립적 자세에서 작업을 수행하는 것을 알 수 있다(Table 2, Figure 3). 팔꿈치 굴곡 각도는 평균 54.1°, 10%와 90% APDF 값은 각각 25.5°, 74.4°로 팔꿈치를 굽히는 동작이 많이 발생하고 있으나, 각도의 분포는 대체로 고른 편인 것으로 나타났다.

포도 수확 작업 손목 자세는 가위 사용 여부에 따라 차이가 크게 나는 것으로 나타났다. 수확 작업 중 가위 사용이 많은 작업은 포도따기(Picking)와 솎아내기(Cleaning) 작업이고, 그 외 작업은 가위를 거의 사용하지 않고 있다. 포도따기와 솎아내기는 척측 편향이 상대적으로 크게 나타나고, 그 외 작업은 손목 신전 각도가 상대적으로 더 크게 나타났다. 가위를 사용하는 작업에서 척측으로 치우친 비중립 상태의 편향각이 커지는 결과는 포도 전지 작업을 대상으로 한 기존 연구와 같은 결과라 할 수 있다(Roquelaure et al., 2002). 가위를 사용하는 포도따기와 솎아내기 작업의 척측 편향 각도 90% APDF는 각각 28.5°, 31.8°로서 기존 연구에서 제시하고 있는 과도한 부하 수준의 기준 각도인 24° 보다 더 큰 값을 보이고 있고, 50% APDF 값은 각각 15.4°, 15.1°로서 척측으로 치우친 편향 자세를 취하고 있어 손목에 부담을 주는 것으로 평가된다(Bergamasco et al., 1998; Stal et al., 1999; Chen et al., 2010). 손목이 척측 편향된 자세에서 과도한 힘을 요구할 경우 정중신경과 건에 높은 압력을 가하여 손/손목의 근골격계에 가해지는 부담이 증가하게 된다(Roquelaure et al., 2004; Jung, 2011). 포도 수확 작업 중 가위 사용은 농업인에게 매우 과도한 힘을 요구하는 수준은 아닌 것으로 보이지만, 척측 편향된 자세에서 반복적으로 가위를 사용하는 것은 작업부하를 높이는 요인이 될 수 있다. 따라서, 척측 편향을 줄일 수 있도록 손잡이 모양을 개선한 가위를 사용하여 작업부하 수준을 줄이는 것이 권고된다.

가위를 사용하지 않는 작업에는 포도 운반하기, 운반차 운반하기, 포장지에 담기 등으로 수확한 포도를 들고 있거나 운반차 핸들을 조작하는 등으로 인해서 손목의 신전 각도가 많이 발생한 것으로 추정된다. 포도 송이를 나르는 작업에서는 신전 자세가 많이 발생하지만 포도의 무게로 인한 부하가 크지는 않아 작업부하가 큰 수준으로 평가되지는 않는다. 그러나, 수확한 포도를 담은 상자를 운반하는 경우에는 10kg 이상의 중량물을 인력으로 취급하게 되므로 이러한 작업이 빈번하게 발생할 경우에는 손목에 부담을 줄 수 있을 것으로 보인다.

기존 연구 중 비정형 작업의 손목 동작을 측정하여 10%, 50%, 90% APDF를 산출하여 동작의 특성을 제시한 대표적인 연구는 Table 4와 같다. 이 연구들은 이발사 및 미용사, 수산물 손질 작업, 가금류 손질 및 발골 작업, 젖소 착유 작업 등으로 상지 반복 동작이 많은 비정형 작업들이다(Hansson et al., 1996; Akesson et al., 1997; Stal et al., 1999; Juul-Kristensen et al., 2001; Juul-Kristensen et al., 2002; Stal et

al., 2003; Chen et al., 2010). 이 연구들은 모두 작업자가 해당 작업을 수행하는 동안 손목의 굴곡/신전과 편향 각도를 측정하여 10%, 90% APDF 값을 제시하고 있다. 이 연구들과 비교하였을 때, 포도 수확 작업은 수산물 처리 작업, 착유 작업(rotary machine)과 손목 신전 각이 비슷한 수준이며, 이발사, 미용사, 가금류 처리, 착유 작업(loose-housing machine, tethering machine), 치과 의사에 비해서 손목 신전 각이 더 적은 수준인 것으로 나타났다. 포도 수확 작업과 같이 손목이 굴곡보다는 신전에 치우친 작업은 미용사, 가금류 처리, 착유 작업(loose-housing machine, tethering machine), 치과 의사 작업이었다.

포도 수확 작업의 손목 편향 각도는 이발사, 미용사와 비슷한 수준으로 척측 편향된 것으로 나타났으며, 가금류 발골 적업, 착유 작업, 치과 의사 작업보다는 더 심하고, 수산물 처리, 가금류 처리 작업에 비해서는 손목 척측 편향의 정도가 덜한 것으로 나타났다. 포도 수확 작업과 같이 요측 편향에 비해 척측 편향으로 치우쳐 불균형을 보인 작업으로는 이발사, 미용사, 수산물 처리, 가금류 처리 등이 있다.

기존 연구와 비교하였을 때 포도 수확 작업은 중간 정도 수준의 손목 각도 변위 범위를 보인 것으로 평가되는데, 굴곡/신전과 편향 모두 한쪽으로 치우친 경향을 보인 작업은 가금류 발골 작업뿐이고, 나머지 작업은 굴곡/신전이나 편향 중 한 운동자유도 동작에서만 불균형의 정도가 심한 것으로 나타났다. 이러한 특성을 감안할 때, 포도 수확 작업은 손목 동작에서 신전과 척측 편향으로 치우친 비중립적 동작 특성이 큰 작업으로 평가될 수 있다.

Table 4. 10% and 90% APDF values of wrist flexion/extension and radial/ulnar deviations of various tasks

Reference	Task (No. of subjects)	Flexion/Extension (F+/E-)	Deviation (R+/U-)
This study	Grapes-Harvesting (5)	-30~15	-25~10
	- Picking	-26~21	-29~1
	- Searching	-27~3	-16~6
Chen et al. (2010)	Barber (11)	-36~23	-23~3
	Hairdresser (10)	-42~18	-27~7
Hansson et al. (1996)	Fish processing (32)	-30~31	-36~8
Juul-Kristensen et al. (2001)	Poultry processing (21)	-20~22	-34~5
Juul-Kristensen et al. (2002)	Poultry deboning (13)	-36~2	-18~3
Stal et al. (1999)	Machine-Milking, loose-housing (11)	-46~10	-17~12
	Machine-Milking, tethering (11)	-41~14	-16~15
Stal et al. (2003)	Machine-Milking, rotary (13)	-29~21	-14~13
Akesson et al. (1997)	Dentists (12)	-42~7	-12~14

5. Conclusion

본 연구에서는 5명의 포도 재배 농업인이 수확 작업을 수확하는 동안 손목과 팔꿈치의 각도를 정량적으로 측정하여 수확 작업의 작업부하를 평가하였다. 포도 수확 작업은 손목의 척측 편향과 신전 자세, 팔꿈치 자세가 비중립적인 상태를 유지하는 것으로 나타났으며, 손목의 각도 변위 수준은 작업자의 신체에 부담을 줄 수 있는 수준인 것으로 평가되었다. 가위를 사용하는 작업에서는 손목의 척측 편향이 더 심하게 나타나고, 가위를 사용하지 않는 작업은 편향 자세보다는 손목 신전 자세에 더 크게 나타나고 있어, 가위의 사용이 손목에 부담을 주는 원인이 될 수 있을 것으로 평가되었다. 그리고, 포도 수확 작업은 기존의 유사한 타 산업 연구 결과와 비교해서 수산물 손질, 가금류 손질, 착유 작업 등과 유사한 수준인 것으로 나타났다. 본 연구의 결과를 바탕으로 포도 수확 작업에서 손목의 부담을 줄일 수 있는 가위의 디자인이 필요한 것으로 나타났으며, 포도 수확 작업에서 상지의 부담을 줄이기 위한 안전 지침 수립에서 가위 사용을 비롯한 작업 특성이 반영될 필요가 있다.

본 연구는 5명의 농업인만을 대상으로 하였기 때문에 실험에 참여한 농업인의 신체 특성, 농장 환경, 작업 습관 등이 결과에 영향을 미쳤을 수 있기 때문에, 더 많은 농업인을 대상으로 해서 확대 연구를 하여 연구의 신뢰성을 높일 필요가 있다. 또한 관절 각도의 빈도와 각속도 분석을 함께 할 필요가 있고, 근전도 측정을 통해 근활동량 분석을 하여 작업부하 평가를 고도화할 필요가 있다.

Acknowledgements

This work was carried out with the support of Cooperative Research Program for Agricultural Science & Technology Development (Project No. PJ010017032017) of the Rural Development Administration of South Korea.

References

Akesson, I., Hansson, G.A., Balogh, H., Moritz, U. and Skerfving, S., Quantifying work load in neck, shoulders and wrists in female dentists, *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, 69, 461-474, 1997.

Bergamasco, R., Girola, C. and Colombini, D., Guidelines for designing jobs featuring repetitive tasks, *Ergonomics*, 41(9), 1364-1383, 1998.

Chen, H.C., Chang, C.M., Liu, Y.P. and Chen, C.Y., Ergonomic risk factors for the wrists of hairdressers, *Applied Ergonomics*, 41, 98-105, 2010.

Hansson, G.Å., Balogh, I., Ohlsson, K., Rylander, L. and Skerfving, S., Goniometer measurement and computer analysis of wrist angles and movements applied to occupational repetitive work, *J. Electromyography and Kinesiology*, 6, 23-35, 1996.

Jeong, D.H., The Effect of Computer Input Devices on Wrist Posture and Muscular Fatigue around the Neck in Text Entry Tasks, PhD Dissertation, University of Daegu, 2003.

Jeong, H.N., Survey of the musculoskeletal disorders of grape farmers in Anseong, Master Thesis, Hankyong Nation University, 2009.

Jung, H.S., Analysis and Improvement Methods of Unsafe Posture Associated with Various Agricultural Works, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 30, 473-480, 2011.

Juul-Kristensen, B., Fallentin, N., Hansson, G.A., Madeleine, P., Andersen, J.H. and Ekdahl, C., Physical workload during manual and mechanical deboning of poultry, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 29, 107-115, 2002.

Juul-Kristensen, B., Hansson, G.A., Fallentin, N., Andersen, J.H. and Ekdahl, C., Assessment of work postures and movements using a video-based observation method and direct technical measurements, *Applied Ergonomics*, 32(5), 517-524, 2001.

Kim, K.S., Kim, K.R., Kim, H.C. and Lee, K.S., Research report on the assessment of risks of developing musculoskeletal disorders of various crops, Rural Development Administration (RDA), 2007.

Kim, J., Study on the Joint Angle of Wrist and Elbow during Grape Harvesting, Master Thesis, Hankyong Nation University, 2014.

Kong, J.Y., The Effects of Fatigue on Elbow and Wrist Kinematic Characteristics during Manual Wheelchair Propulsion, PhD Dissertation, University of Daegu, 2004.

Lee, K.S., Kim, H.C., Chae, H.S., Kim, K.R. and Lim, D.S., Bio-mechanical Analysis of the Grapevine Cluster Thinning Task using Working Chair, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 30, 3, 395-401, 2011.

Lee, Y.H., Lee, J.H., Lee, K.S., Kim, K.R. and Lee, S.J., Ergonomic Risk Factors Related to Musculoskeletal Symptoms in the Vineyard Workers, *Journal of Korean Society of Occupational and Environmental hygiene*, 18(2), 122-132, 2008.

Noraxon U.S.A. Inc., DTS 2D Electrical Goniometer Manual, 2011.

Putz-Anderson, V., Cumulative trauma disorders: A manual for musculoskeletal diseases of the upper limbs. Taylor & Francis, London and New York, 1988.

Roquelaure, Y., Dano, C., Dusolier, G. and Penneau-Fontbonne, D., Biomechanical Strains on the Hand-wrist System during Grapevine Pruning, *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 75, 591-595, 2002.

Roquelaure, Y., D'Espagnac, F., Delamarre, Y. and Penneau-Fontbonne, D., Biomechanical assessment of new hand-powered pruning shears, *Applied Ergonomics*, 35, 179-182, 2004.

Rural Development Administration (RDA), Research report of comparing the diseases and sates of health of agricultural and fishing workers, 2004.

Stal, M., Hasson, G.A. and Moritz, U., Wrist Positions and Movements as Possible Risk Factors during Machine Milking, *Applied Ergonomics*, 30(6), 527-533, 1999.

Stal, M., Pinzke, S., Hansson, G.A. and Kolstrup, C., Highly repetitive work operations in a modern milking system, A case study of wrist positions and movements in a rotary system, *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 10, 67-72, 2003.

Author listings

Jihye Kim: kjh_0921@naver.com
Highest degree: Master, Department of Civil, Safety and Environmental Engineering, Hankyong National University
Position title: Safety Manager, Korea Testing & Research Institute
Areas of interest: Physical Ergonomics, Laboratory Safety, Occupational Safety and Health, Agricultural Ergonomics

Inseok Lee: lis@hknu.ac.kr
Highest degree: Ph.D, Department of Industrial Engineering, POSTECH
Position title: Professor, Department of Civil, Safety and Environmental Engineering and Research Center for Applied Human Sciences, Hankyong National University
Areas of interest: Physical Ergonomics, Workload Evaluation, Agricultural Ergonomics, Occupational Safety and Health, Accessible Design