

Suggestion of a Method to Assess the Risk Level of Agricultural Works Considering Work Posture and Working Time

Hee-Sok Park¹, Yun Keun Lee², Hyocher Kim³, Kyungsuk Lee³

¹Department of Industrial Engineering, Hongik University, Seoul, 04066

²Wonjin Institute for Occupational and Environmental Health, Seoul, 02221

³National Institute of Agricultural Science, Rural Development Administration, Jeonju, 55365

작업자세와 작업시간을 고려한 농작업의 인간공학위험성 평가 방법의 제안

박희석¹, 이윤근², 김효철³, 이경숙³

¹홍익대학교 산업공학과

²노동환경건강연구소

³농업과학원

Corresponding Author

Hee-Sok Park

Department of Industrial Engineering,
Hongik University, Seoul, 04066

Phone : +82-10-2389-1473

Email : hspark@hongik.ac.kr

Received : September 19, 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: A method to assess the risk level of agricultural works considering work posture and working time was suggested, and the method was applied to the major fruit crops.

Background: It is not complete to analyze only work postures when assessing risk level of agricultural works.

Method: 3×3 matrix was employed, in which the severity level was taken from the REBA method and exposure level was taken from the working time, using the criteria of caution zone/hazard zone.

Results: Among the 5 major fruit crops(apple, pear, grape, peach, persimmon), the highest level of ergonomic risk was found in the apple and pear, while medium level was found in other 3 crops, mainly because the working time was less in the 3 crops.

Conclusion: It was found that when assessing the overall ergonomic risk of agricultural works, work posture and working time should be considered at the same time.

Application: The suggested method could be applied to other non-cyclic tasks.

Keywords: Ergonomic risk assessment, Agricultural work, Work posture, Working time

1. Introduction

근골격계질환은 농업인들에게 흔한 질병 중 하나이다. 우리나라 농업인을 대상으로 한 공식적인 통계가 없어서 근골격계질환의 발생규모를 정확히 알 수는 없으나, 근골격계질환

과 관련된 통증 호소율이 80% 이상인 것으로 보고된 바 있다(Ko, 2012; Kim, 2015). 농업인들에게 가장 흔한 근골격계질환은 요통과 무릎 골관절염이며, 목과 상지의 근골격계질환은 일반인 인구집단에 비해 높은 유병률이 보고되었다(Ko, 2012). 또한 우리나라에서 의학적 검진을 통해 근골격계질환의 유병률을 조사한 결과, 농업인이 비농업인에 비해 8.96배 높은 것으로 나타났다(Sur et al., 2015). 외국의 경우에도 농업인의 90.6%가 평생 한번 이상 근골격계질환을 경험하며, 유병률은 76.9%에 달하는 것으로 알려져 있다(Osborne et al., 2012).

인간공학적인 위험성을 평가할 때 주로 사용되는 자세평가 기법들은 노출시간을 거의 평가하지 않는다. RULA (Rapid Upper Limb Assessment)에서는 신체부위의 각도에 따른 자세 점수와 근육사용 점수, 힘 사용 정도 등을 종합하여 최종 위험 점수를 산정하며, 위험요인에 노출되는 시간은 고려되지 않는다(McAtamney and Corlett, 1993). OWAS (Ovaco Working posture Analysing System) (Karhu et al., 1977)나 REBA (Rapid Entire Body Assessment) (Hignett and McAtamney, 2000)도 마찬가지이다. 한편, JSI (Job Strain Index) (Moore and Garg, 1995)나 미국 워싱턴 주에서 사용하고 있는 기준(WDLI, 2000)은 위험요인의 1일 노출시간을 반영하고 있다. 그러나 이 두 가지 방법 모두 매일 반복되는 작업이라는 것을 전제로 1일 노출시간만을 반영한다. 따라서 농작업과 같이 매일 또는 작업단계마다 위험요인에 노출되는 시간이 다른 경우에는 기존의 자세평가 기법들을 그대로 적용하는 데는 한계가 있다.

농작업은 작업내용이 표준화되어 있지 않고, 작물의 생육단계에 따라 다른 작업이 불연속적으로 이루어진다는 특징이 있다. 따라서 작업을 관찰하는 시점에 따라서 작업내용과 작업시간이 다르기 때문에 전체 농사기간에 걸쳐 근골격계질환의 위험성을 평가하는 데는 한계가 있다. 특정 작업단계에서 발생하는 작업자세에 대한 연구들은 이루어진 바 있으나(Lee et al., 2008; Kim et al., 2009; Chae et al., 2012; Lee and Kim, 2012; Kang et al., 2016), 작업자세와 작업시간을 동시에 고려하여 종합적인 위험성을 평가한 연구는 찾아보기 힘든 실정이다. 이에 본 연구에서는 작업자세와 작업시간을 바탕으로 근골격계질환의 위험성을 평가하는 손쉬운 방법을 제시하였고, 주요 과수작목들에 대하여 적용하여 보았다.

2. Method

2.1 Crops for analysis

평가대상 작목은 다른 작목군에 비해 특정 작업자세가 지속적으로 반복되는 비중이 상대적으로 많은 과수작목을 대상으로 하였다. 2015년 '농림어업총조사'결과(KOSIS, 2017)에 수록된 재배농가수를 기준으로 상위 5개 작목(사과, 배, 포도, 복숭아, 단감)을 선정하였다. 이 5개 작목은 우리나라 과수 재배농가의 77.8%를 차지하는 주요 작목이다. 과수농가의 작목별 평균 재배면적은 사과가 8,411m²로 가장 많았으며, 다음으로 배(7,762m²), 복숭아(5,273m²), 포도(4,679m²)순이었고, 단감이 3,670m²로 가장 적었다.

2.2 Analysis method

작업자세와 작업시간을 동시에 고려하는 평가방법으로 안전/보건 분야의 위험성 평가에서 사용되는 3×3 행렬을 이용하였다. 이는 위험의 강도(severity, dose)와 위험의 노출수준(likelihood, exposure)을 각각 3단계로 나누고 두 변수의 조합을 계산하여 최종 위험도를 산정하는 방법이다(Ristic, 2013).

본 연구에서는 위험의 강도를 나타내는 지표로 REBA를 응용하여, '상=3점(REBA 점수 ≥ 11)', '중=2점(REBA 점수 8~10)', '하=1점(REBA 점수 ≤ 7)' 3단계로 분류하였다.

노출수준 즉, 작업시간은 caution zone/hazard zone에 관한 기준(WDLI, 2000)을 참고하여 1일 작업시간 8시간을 기준으로 특정 작업단계가 4시간(50%) 이상 계속되면 '상=3점', 2~4시간(25~50%) 계속되면 '중=2점', 2시간(25%) 이하이면 '하=1점' 3단계로 간주하였다. 일반적으로 연간 노동시간 2,000시간(250일)을 100%로 간주하므로 연간 노동시간 1,000시간은 전체 작업시간의 50%를 의미하며, 연간 노동시간 480시간은 전체 작업시간의 25%를 의미한다(Table 1).

작업단계별 작업시간은 연구자가 연속적으로 관찰 또는 워크샘플링 등 간헐적으로 관찰하여 파악하거나, 농민대상 인터뷰를 통하여 파악할 수 있다. 또는 국가통계인 '농축산물 소득자료집'(RDA, 2017)에 수록된 '작업단계별 노동시간'을 사용하여 간접적으로 파악할 수 있다.

최종적인 위험성은 작업자세와 작업시간 각각의 점수를 곱하여 나오는 값을 '상(6~9점)', '중(3~4점)', '하(1~2점)'로 차별하였다. 최종적인 위험성에 대한 기준은 선행 연구에서 사용하는 3×3 행렬에 의한 점수표를 그대로 적용하였다(Ristic, 2013). 예를 들어, 위험도 수준이 '상'은 REBA에서 작업자세 점수가 '곧 조치가 필요한 단계' 또는 '즉시 조치가 필요한 단계'이면서 연간 작업시간 비중이 25% 이상에 해당되는 경우이다.

Table 1. Ergonomic risk assessment matrix for agricultural works

Exposure (annual work time)		Low (<480h/y)		Medium (480~1,000h/y)		High (>1,000h/y)	
		1		2		3	
Severity (REBA score)		1		2		3	
Low (≤7)	1	Low	1	Low	2	Medium	3
Medium (8~10)	2	Low	2	Medium	4	High	6
High (≥11)	3	Medium	3	High	6	High	9

3. Results

3.1 Working time

작목별 연간 작업시간은 '농축산물 소득자료집'을 참고하였다(RDA, 2017). 작목별로 보면 1,000m² 당 남성농업인의 자가 노동시간은 포도가 89.5시간으로 가장 많았으며, 복숭아 74.5시간, 배 66.6시간, 사과 62.0시간이었다. 단감의 노동시간이 49.0시간으로 가장 적게 나타났다(Table 2).

'농축산물 소득자료집'의 작목별 노동력 투하시간과 '농림어업총조사'의 농가 당 평균 재배면적(KOSIS, 2017)을 기준으로 연간 노동시간을 환산하면 사과 작목이 521시간으로 가장 많았고, 배(517시간), 포도(419시간), 복숭아(393시간) 순이었다. 단감은 농가당 평균 재배면적과 자가 노동시간이 적어서 연간 노동시간도 180시간으로 5개 작목 중 가장 적었다.

Table 2. Annual working time per household for each crop

Crop	Area per household (m ²)	Annual working time (h/1,000m ²)	Annual working time per household (h)
Apple	8,411	62.0	521
Pear	7,762	66.6	517
Grape	4,679	89.5	419
Peach	5,273	74.5	393
Persimmon	3,670	49.0	180

3.2 Ergonomic risk

과수작목에서 가장 전형적인 위보기자세를 취하는 가지다듬기, 손지르기, 가지유인, 인공수정, 열매숙기, 봉지 씌우기/벗기기, 잎따기, 수확작업 등은 작목별로 다소 차이는 있지만 전체 작업단계의 거의 대부분을 차지하는 주 작업들로서, 이들 작업을 중점적으로 분석하였

다. 위 작업들은 상완을 90° 이상 들어 올리고, 팔을 쭉 뻗은 상태에서 1분 이상 정적인 자세를 유지한다(Figure 1a). 또한 동시에 목이 뒤로 20° 가까이 신전되거나 앞으로 기울어진 자세가 1분 이상 유지된다(Figure 1b). 다리 부위는 대부분이 사다리 위에서 작업이 이루어지기 때문에 좁은 사다리 발판 폭(5cm)과 무게 중심을 잡는 과정에서 발목과 무릎에 힘이 많이 들어가게 된다(Figure 1a). 추가하여 전지가위를 사용하기 때문에 손목이 30° 이상 굴곡되거나 편향된 자세가 발생되며(Figure 1c), 포도의 경우 전지가위 사용빈도가 다른 작목에 비해 더 많은 것으로 나타났다. 또한 수확 시에는 중량물 작업이 추가되는 데, 복숭아와 포도는 수확물 상자의 무게가 10kg 이하이나 사과, 배, 단감은 수확물 상자의 무게가 20kg 내외로 무거운 편이다.



Figure 1. Typical work postures

상기한 작업들에 대한 REBA 평가 결과(Table 3), 포도의 경우에는 하지 및 손목 부위의 위험성이 높아서 REBA 점수가 13점이 나왔다. 그 외 작목은 대부분의 작업단계에서 REBA 점수가 11점으로 나왔으며, 사과, 배, 단감의 경우는 수확 시 20kg 내외의 중량물 작업이 있어 12점으로 나타났다.

Table 3. Results from REBA

Task	REBA sore				
	Apple	Pear	Grape	Peach	Persimmon
Trimming	11	11	13	11	11
Pinching	11	11	13	11	11
Attraction	11	11	13	11	11
Artificial fertilization	11	11	13	11	11
Fruit picking	11	11	13	11	11

Table 3. Results from REBA (Continued)

Task	REBA sore				
	Apple	Pear	Grape	Peach	Persimmon
Bagging	11	11	13	11	11
Leaf picking	11	11	13	11	11
Harvesting	12	12	13	11	12

'농축산물 소득자료집'의 작목별 노동력 투하시간과 '농림어업총조사'의 농가 당 평균 재배면적(KOSIS, 2017)을 기준으로 환산된 연간 작업시간과 REBA 점수를 이용하여 종합적인 위험성을 평가한 결과는 Table 4와 같다. 사과, 배 작목은 위험도가 높은 고위험 작업(위험성 6점)으로, 그리고 포도, 복숭아, 단감 작목은 중위험 작업(위험성 3점)으로 평가되었다.

Table 4. Result of ergonomic risk assessment for each crop

Crop	REBA score	Severity	Annual working time	Exposure	Ergonomic Risk (risk score)
Pear	11~12	High	517h/y	Medium	High (6)
Apple	11~12	High	521h/y	Medium	High (6)
Grape	13	High	419h/y	Low	Medium (3)
Peach	11	High	393h/y	Low	Medium (3)
Persimmon	11~12	High	180h/y	Low	Medium (3)

4. Conclusion

본 연구에서는 작업자세와 작업시간을 바탕으로 근골격계질환의 위험성을 평가하는 손쉬운 방법을 제시하였고, 주요 과수작목들에 대하여 적용하여 보았다.

작업자세와 작업시간을 이용하여 종합적인 인간공학적 위험성을 평가한 결과, 사과, 배 작목은 위험성이 높은 고위험 작업으로 포도, 복숭아, 단감은 중위험 작업으로 평가되었다. 이와 같은 위험성의 차이에는 연간 작업시간이 영향을 미치는 것으로 해석된다. 평균 재배면적을 기준으로 연간 노동시간을 환산해보면 포도와 복숭아, 단감은 각각 각각 419시간, 393시간, 182시간으로 노동시간이 가장 많은 사과작목 노동시간의 80~35%에 불과하여 위험요인 노출 시간이 상대적으로 적은 것으로 나타났다.

위험성 평가에서 노출시간(위험 빈도)은 매우 중요한 변수이다(Ristic, 2013). 그러나 근골격계질환 위험요인 평가에서 작업시간 즉, 노출시간을 고려한 평가방법은 많지 않다. 일반적인 산업현장처럼 일정한 작업주기와 통상적인 작업시간이 존재할 때는 위험요인 노출시간이 중요한 평가요소가 아닐 수도 있다. 그러나 대부분의 농작업은 작목군 별로 비슷한 위험요인 특성을 가지고 있는 반면, 농사규모나 작목에 따라 투여되는 노동시간에는 많은 차이가 있다. 따라서 농작업을 대상으로 인간공학적 위험성을 평가할 때는 작업자세와 함께 작업시간이 중요한 영향을 미칠 수 있기 때문에 작업시간을 고려한 평가가 반드시 이루어져야 할 것이다.

이와 같이 작업자세와 작업시간을 함께 고려하는 위험성 평가방법은 농작업 이외의 비정형적인 작업의 위험성 평가에 활용될 수 있을 것이다.

본 연구에서는 과수작목에서 가장 보편적인 작업자세(위보기자세)를 기준으로 평가하였다. 그러나 과수작목은 나무의 크기에 따라 작업 자세가 약간씩 차이가 있을 수 있는데(특히 포도작목은 지역별로 높이 차이가 있음), 이를 모두 분석하지 못하였다. 또한 처음 농사를 시작할 때부터 끝날 때까지의 모든 작업단계를 평가하지 못하고 작업비중이 많은 8개 작업단계만을 평가했다는 한계가 있다. 거름주기, 제초작업, 농약 방제작업, 선별 및 포장작업과 같이 위보기자세가 아닌 다른 작업에 대해서도 추가적인 연구가 필요하다.

Acknowledgements

This research was supported by Rural Development Administration (PJ010079052017).

References

- Chae, H.S., Yoon, K.W., Min K.D., Lee, K.S. and Kim, H.C., "Exposure levels of risk factors related to musculoskeletal disorders for farmers", *Proceedings of the ESK Spring Conference 2012*, 2012.
- Hignett, S. and McAtamney, L., Rapid entire body assessment (REBA), *Applied Ergonomics*, 31, 201-205, 2000.
- Kang, M.Y., Lee, M.J., Chung, H., 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*, 21(4), 353-363, 2016.
- Karhu, O., Knasi, P. and Kuorinka, I., Correcting working postures in industry, a practical method for analysis, *Applied Ergonomics*, 8, 199-201, 1977.
- Kim, K.R., Lee, K.S., Kim, H.C. and Song, E.Y., Health status and musculoskeletal workload of red pepper farmers, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 28(8), 7-15, 2009.
- Kim, M.H., Work-related musculoskeletal symptoms among egricultural workers in the rural community, *Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology*, 5(2), 71-79, 2015.
- Ko, S.B., Work-related diseases and injury of Korean farmer: causes, epidemiology, and countermeasure, *Journal of the Korean Medical Association*, 55(11), 1044-1045, 2012.
- Korian Statistical Information Service (KOSIS) Home page*, http://kosis.kr/statisticsList/statisticsList_01List.jsp?vwcd=MT_ZTITLE&-parentId=F (retrieved september 6, 2017).
- 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, 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 Environ Hygiene*, 18(2), 122-132, 2008.
- McAtamney, L. and Corlett, E.N., RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders, *Applied Ergonomics*, 24(2), 91-99, 1993.
- Moore, J.S. and Garg, A., The strain index: A proposed method to analyze jobs for risk of distal upper extremity disorders, *American Industrial Hygiene Association Journal*, 56(5), 443-458, 1995.

Osborne, A., Blake, C., Fullen, B.M., Meredith, D., Phelan, J., McNamara, J. and Cunningham, C., Prevalence of musculoskeletal disorders among farmers: a systematic review. *American Journal of Industrial Medicine*, 55, 143-158, 2012.

Ristic, D., A tool for risk assessment, *Journal Safety Engineering*, 121-127, 2013. Doi: 10.7562/SE2013.3.03.03

Rural Development Administration (RDA) Home page, <https://amis.rda.go.kr/portal/ap/mn/incomeAnalysisLst/lst#> (retrieved september 6. 2017).

Sur, 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.

Washington Department of Labor and Industries (WDLI), WAC 296-62-05174 appendix B: Criteria for analyzing and reducing WMSD hazards for employers who choose the specific performance approach, May 2000.

Author listings

Hee-Sok Park: hspark@hongik.ac.kr

Highest degree: Ph.D, University of Michigan

Position title: Professor, Department of Industrial Engineering, Hongik University

Areas of interest: Work-related musculoskeletal disorders, human vibration, work analysis and design

Yun Keun Lee: lyk4140@hanmail.net

Highest degree: PhD, Department of Public Health, Catholic University

Position title: Director, Wonjin Institute for Occupational and Environmental Health

Areas of interest: Industrial health, ergonomics, agricultural health

Hyocheer Kim: hyocheer@gmail.com

Highest degree: MPH from Seoul National University

Position title: Researcher, National Institute of Agricultural Science, Rural Development Administration

Areas of interest: Occupational hygiene, agricultural health and safety

Kyungsuk Lee: leeks81@korea.kr

Highest degree: Ph.D., Seoul National University

Position title: Team leader, National Institute of Agricultural Science, Rural Development Administration

Areas of interest: Agricultural health and safety