

# Comparisons of ergonomics evaluation tools(ALLA, RULA, REBA, OWAS) for Farm Work

Yong-Ku Kong<sup>1</sup>, Kyung-Suk Lee<sup>2</sup>, Sung-Yong Lee<sup>1</sup>, Kyung-Hee Choi<sup>1</sup>, Dae Min Kim<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Industrial Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon, 440-746, 16419

<sup>2</sup>National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Jeonju, 54875

<sup>3</sup>Devison of Mechatronics Engineering, Dongseo University, Busan, 47011

## ABSTRACT

**Objective:** 한국인을 대상으로 하여 농작업 현실에 맞는 다양하고 세분화된 인간공학적 하지 평가도구 (ALLA)를 검증하고자 한다.

**Background:** 근골격계질환을 예방하기 위하여 인간공학적 평가도구를 통해 작업의 위험성을 판별해 내고자 많은 연구들이 진행되었다. ALLA는 농작업에서 흔히 관찰되는 하지 자세들을 한국인 대상으로 인체 생리학적 실험을 실시하여 얻은 결과를 토대로 우리나라 농작업, 특히 하지 부담 작업 평가를 위한 인간공학 적 평가도구이다.

**Method:** 하지 평가도구의 타당성을 검증하기 위하여 농작업에서 발생하는 자세 196개를 선정하였다. 선정된 자세에 대해 인간공학전문가 평가를 실시하고, 인간공학적 평가도구인 ALLA, RULA, REBA, OWAS 평가를 실시하여, 전문가 평가 결과와 ALLA, OWAS, RULA 그리고 REBA의 결과가 일치하는지를 살펴보기 위해 Hit rate analysis, quadratic weighted kappa 분석을 실시 하였다.

**Results:** 전문가 평가결과와 ALLA 평가결과의 적중률이 타 인간공학적 평가도구보다 높게 나타났다. The Quadratic weighted kappa 분석 또한, ALLA에서 가장 높은 0.803으로 나타났으며, 두 평가결과가 일치한다고 볼 수 있다. 뿐만 아니라, one-way ANOVA, t-test 등의 통계적인 분석에서 또한 타 인간공학적 평가도구 보다 ALLA가 전문가 평가결과를 잘 반영하는 것으로 나타났다.

**Conclusion:** 농작업에서 자주 발생하는 다양한 하지 자세를 분석 가능한 특성을 갖춘 ALLA가 더 적합하다고 할 수 있다. 우리나라 농작업에서 많이 관찰되는 근골격계질환 위험 작업을 간편하고 객관적으로 평가할 수 있는 인간공학적 평가도구를 검증함으로써, 농작업 수행으로 인한 근골격계질환 발생 위험도를 간편하고 객관적으로 평가 가능토록 하여 질환의 예방과 관리 및 작업환경 개선 효과를 손쉽게 평가할 수 있게 하는 평가도구로 활용될 수 있을 것이다.

Keywords: Ergonomics evaluation tools, Agricultural Lower-Limb Assessment, Agricultural Upper-Limb Assessment



## 1. Introduction

근골격계질환을 예방하기 위하여 인간공학적 평가 도구를 통해 작업의 위험성을 판별해 내고자 많은 연구들이 진행되었다. 현재 많이 사용되고 있는 인간공학적 평가도구로는 REBA, RULA, OWAS, PATH, OCRA 등이 있다. 위의 인간공학적 평가도구들은 제조업이나 건설업 등을 대상으로 개발되었기 때문에, 현재 우리나라에서 제조업이나 건설업 뿐만 아니라 꾸준히 근골격계질환자가 증가하는 농업에는 적용하기가 적합하지 않으며, 국내인을 대상으로 개발된 평가도구가 아니기 때문에, 국내 작업자에게 적용하는 것이 적합하지 않다. 또한, 위 평가도구들은 하지 자세에 대한 평가가 미흡한 현실이다.

Kirby et al. (1987)에 의하면 하지의 자세는 전신의 안정성과 동작성에 영향을 미치기 때문에 전체 작업 자세 부하에 영향을 미치며, Gallagher et al.(1988)는 하지의 자세에 따라서 들기 작업의 최대 취급 하중이 영향을 받는다는 연구 결과를 발표하였다.

그리하여, Kong et al.(2010)은 한국인을 대상으로 하여 농작업 현실에 맞는 다양하고 세분화된 인간공학적 하지 평가도구(ALLA)를 개발하였다. Kong et al.(2010)에서 평가도구 개발 후, 타 평가도구와의 비교 분석을 통해, 개발된 평가도구에 대한 타당성을 제시하였지만, 여러 자세에 대한 평가가 이뤄지지 않아 통계적인 유의함을 설명할 수 없었다.

따라서, 본 연구는 농작업에서 하지에 발생하는 여러 작업자세들을 대상으로 농작업 인간공학적으로 분석하는 평가도구 ALLA와 한국 산업안전 공단의 근골격계 부담작업 유해요인조사 지침에서 사용하고 있는 타 인간공학적 평가도구들(OWAS, RULA, REBA)과 비교 분석함으로써 ALLA의 타당성을 검증하고자 한다.

## 2. Method

하지 평가도구의 타당성을 검증하기 위하여 농작업에서 발생하는 자세 196개를 선정하였다. 선정된 자세에 대해 인간공학전문가 평가를 실시하고, 인간공학적 평가도구인 ALLA, RULA, REBA, OWAS 평가를 실시하였다. 먼저, 인간공학전문가(현재 총 16명)가 하지자세에 대해 10점 척도로 평가하였다. 각 자

세에 대해 인간공학전문가들이 측정한 평균점수에 따라 1:매우낮음(1.00~3.25), 2:낮음(3.25~5.50), 3:높음(5.50~7.25), 4:매우높음(7.25~10.00)의 4단계로 위험도를 분류하였다. 그 이후 각 자세에 대해 ALLA, RULA, REBA, OWAS를 이용하여 평가하였다.

### 2.1 Evaluation of Ergonomic Expert

선정된 각 작목의 작업자세에 대해 전문가 평가를 실시하였다. 각 전문가들은 주어진 작업 자세에 대해 중량물 또는 진동 등의 요소를 배제하고, 자세 위주로 하지 자세의 위험도를 10점 척도로 평가하였다(1점: 매우 안전한 자세, 10점: 매우 위험한 자세). 각 자세에 대해 인간공학전문가들이 측정한 평균점수에 따라 1:매우낮음(1.00~3.25), 2:낮음(3.25~5.50), 3:높음(5.50~7.25), 4:매우높음(7.25~10.00)의 4단계로 위험도를 분류하였다. 위험도가 분류된 전문가 평가 결과와 ALLA를 비롯하여 타 인간공학적 평가도구들의 결과가 얼마나 일치하는가를 통해, 각 평가도구들의 적합성을 도출하고자 한다.

### 2.2 Evaluation of Ergonomic Assessment Tools

각 자세에 대한 각 평가도구의 평가는 본 연구진에 의해 평가되었다. 각 평가도구에 대한 평가 시, ALLA의 경우 하지 자세만을 측정하여 위험도를 산출하는 과정이 순조롭게 진행되었다. 하지만, RULA, REBA, OWAS의 경우에는 하지 자세만 따로 측정하여 위험도를 산출할 수 없기 때문에 상지 자세를 기본으로 취급하여 최종 위험도를 산출하였다.

또한, ALLA, RULA, OWAS는 모두 4개의 action category나 action level로 나타내기 때문에 그대로 사용하였다. REBA에서는 5개의 action level을 제시하고 있지만 각 평가도구들간의 의미 비교를 위하여 4개의 action level로 수정하여 비교 분석하였다. 즉, action level 0의 조치가 필요 없음을 action level 1과 통합하여 4개의 action level이 되었다.

### 2.3 Statistical analysis

본 연구는 농작업에서 발생하는 여러 자세에 대해 전문가 16명이 평가를 하였다. 전문가 평가 결과와 ALLA, OWAS, RULA 그리고 REBA의 결

과가 일치하는지를 살펴보기 위해 Hit rate analysis, quadratic weighted kappa 분석을 실시 하였다.

먼저, 적중률 분석방법은 전문가 평가결과를 위험도 별로 분류하고, 그 위험도에 해당하는 자세를 각 평가도구들로 평가하여, 그 평가결과를 비율로 나타내는 방법이다. 예를 들면, 전문가들의 평가결과 중 위험도 1인 자세가 30개의 자세가 있을 때, 30개 자세에 대해 각 평가도구들이 평가하면 위험도 1에서 4까지 다양하게 나오는 횟수를 전체 자세수 30으로 나눠서 비율로 나타낸다.

두 번째, quadratic weighted kappa 분석은 전문가 평가 결과와 각 평가도구의 평가결과를 통해 계산되었다. 분석을 통한 kappa 값은 0부터 1사이의 값으로, Table 1과 같이 kappa value 분석 기준에 따라 분석한다.

Table 1. Criteria of kappa analysis

Kappa value	Strength of agreement
< 0.20	Poor
0.21 – 0.40	Fair
0.41 – 0.60	Moderate
0.61 – 0.80	Good
0.80 <	Very good

### 3. Results

#### 3.1 Hit rate Analysis

전문가 평가결과와 각 평가도구의 평가결과가 일치하는 지 살펴보기 위한 Hit rate analysis의 결과는 Table 2와 같다.

총 196개 자세에 대한 전문가 평가결과 위험도가 1부터 4까지 각 작업자세는 12개, 72개, 96개 그리고 14개로 나타났다.

Table 2. Results of Hit rate

Risk Level	ALLA				REBA				RULA				OWAS							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
	Expert Assessment	1	12	15.1	84.9					100				100				98.1	1.9	
	2	72	35.7	52.1	20.5	2.7			100				87.7	12.3			71.2	28.8		
	3	98	20.0		57.1	22.9			100				57.1	42.9			60.0	40.0		
	4	14			62.9	37.1			100				80.0	20.0			11.4	88.6		

전문가 평가결과와 ALLA 평가결과와 적중률은 전문가 평가결과 위험도 1인 작업자세는 15.1%이며, 위험도 2와 3인 작업자세는 50%를 넘으며 각각 52.1%와 57.1%이며, 위험도 4인 작업자세는 37.1%의 적중률을 보이고 있다.

전문가 평가결과와 REBA 평가결과와 적중률은 전문가 평가결과 위험도 1인 작업자세에 대해서는 100% 적중률을 나타냈지만, 그 외 전문가 평가결과에 상관없이 모든 작업자세에 대해 위험도를 1로 평가하였다.

전문가 평가결과와 RULA 평가결과와 적중률은 전문가 평가결과 위험도 1인 작업자세에 대해서는 100% 적중률을 보이며, 위험도 2인 작업자세는 12.3%이며, 위험도 3과 4인 작업자세는 각각 위험도 1과 2로 평가하였다.

전문가 평가결과와 OWAS 평가결과와 적중률 또한 RULA 평가결과와 적중률과 유사한 결과가 나타났다. 전문가 평가결과 위험도 1인 작업자세에 대해서는 98.1%이며, 위험도 2인 작업자세는 28.8%이며, 위험도 3과 4인 작업자세는 각각 위험도 1과 2로 평가하였다.

#### 3.2 The quadratic weighted Kappa analysis

전문가 평가결과와 각 평가도구를 통한 평가결과 일치도를 살펴보기 위하여, the quadratic weighed kappa 분석을 실시한 결과, 다음 Table 3과 같이 나타났다.

전문가 평가결과와 ALLA 평가결과와 kappa value는 0.803으로 전문가 평가결과와 상당히 일치하는 것으로 나타났다. 다음으로는 RULA 평가결과로 kappa value가 0.627로 전문가 평가결과와 다소 일치하는 것으로 나타났다. REBA와 OWAS 평가결과는 kappa value가 각각 0.490과 0.501로 나타났으며, 전문가 평가결과와는 보통 정도의 일치도가 나타났다.

Table 3. Results of the quadratic weighted kappa

Checklist	ALLA	REBA	RULA	OWAS
Kappa Value	0.803	0.490	0.627	0.501
Strength Of Agreement	Very Good	Moderate	Good	Moderate

#### 4. Conclusion

본 연구에서는 농작업에서 발생하는 여러 작업 자세들을 대상으로 농작업 인간공학적 평가도구인 ALLA와 세계적으로 널리 사용하고 있는 인간공학적 평가도구들(OWAS, RULA, REBA)과 비교 분석함으로써, 농작업 하지 자세 평가도구 ALLA의 타당성을 검증하고자 하였다.

적중률 분석 결과, 타 인간공학적 평가도구에 비해 ALLA는 모든 전문가 평가결과 위험도를 반영할 수 있는 것으로 나타났다. 타 인간공학적 평가도구들은 위험도가 1 또는 2로 나타났기 때문에, 전문가 평가결과 위험도 1인 그룹에서 적중률이 높게 나타났다. 하지만, 전문가 평가결과 위험도 2 이상 그룹에서는 거의 적중하지 못하는 결과가 나타났다. 이를 통해 타 인간공학적 평가도구를 이용한 하지 평가는 과소 평가 되어 하지 자세 평가에 적합하지 않다는 것을 알 수 있다.

Quadratic weighted kappa 분석은 각 평가도구의 평가결과와 전문가 평가결과와의 일치성을 살펴보기 위한 방법으로, 분석을 통해 ALLA 평가결과가 타 평가도구에 비해 전문가 평가결과와 상당히 일치 한다는 것을 알 수 있다.

전문가들이 REBA, RULA, OWAS등을 많이 사용하다보니, 기존 평가도구들이 자세 평가의 기준이 되고 있다. 그럼에도 불구하고 ALLA가 전문가 평가 결과를 잘 반영하게 된 이유는, 각 평가도구들의 특성으로 인한 것이다. 기존 평가도구들은 상지나 하지 자세에 대해서 평가할 수 있는 항목이 있지만, 상지나 하지 자세만을 독립적으로 평가하여 결과를 도출할 수 없기 때문이다.

본 연구를 통해 살펴본 결과, ALLA의 위험도 평가결과는 농작업 자세에 대한 전문가의 주관적 위험도 수준과 높은 일치성을 보이기 때문에, 농작업에 대한 하지 신체부위에 대한 평가를 위해 사용하기 적합한 것으로 판단된다.

신체부위별 위험도를 측정하는데 적합하지만,

전신을 평가하기에는 부족한 면이 있다. 본 연구진은 현재 ALLA와 함께 상지 평가도구 AULA를 개발하였고, ALLA와 AULA를 통합한 전신 평가도구 AWBA(Kong et al., 2015)를 개발하였다. 추후, 개발된 전신평가도구에 대한 적합성 검증 연구를 함으로서, 한계를 보완해 나가고자 한다.

#### Acknowledgements

This work was carried out with the support of “Cooperative Research Program for Agricultural Science & Technology Development (Project No. PJ01007906)” Rural Development Administration, Republic of Korea.

#### References

- Buchholz, B., Paquet, V., Punnett, L., Lee, D. and Moir, S., PATH: a work sampling-based approach to ergonomic job analysis for construction and other non-repetitive work, *Applied Ergonomics*, 27(3), 177-187, 1996.
- Gallagher, S., Marras, W.S. and Bobick, T.G., Lifting in stooped and kneeling postures: effects on lifting capacity, metabolic costs, and electromyography of eight trunk muscles. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 3: 65-76, 1988.
- Hignett, S. and McAtamney, L., Rapid Entire Body Assessment (REBA), *Applied Ergonomics*, 31, 201-205, 2000.
- Karhu, O., Kansi, P. and Kuorinka, I., Correcting working postures in industry: a practical method for analysis. *Applied Ergonomics*, 8(4), 199-201, 1977.
- Kee DH and Park KH, Comparison of posture classification schemes of OWAS, RULA and REBA, *The Korean Society of Safety*, 20(2), 2005.
- Kim KR, A study on the farmers' health status and musculoskeletal workload, Ph.D. dissertation, Seoul University, 2008.
- Kirby, R.L., Price, N.A. and MacLeod, D.A., The influence of foot position on standing balance. *Journal of Biomechanics*, 20(4): 423-427, 1987.
- Kong YK, Choi KH, Park JS, Lee SY and Kim DM, Field application of ergonomics evaluation tools (ALLA, AULA) for farm work, *Fall Conference of the Ergonomics Society of Korea*, November 6-7, Wonju, South Korea, 2014.

- Kong YK, Han JG and Kim DM, 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.
- Kong YK, Kim DM, Lee SJ, Lee JH, Lee YH, Lee KS, Sohn ST, Evaluation of the effects of lower-limb postures on the subjective discomfort, heart rate and EMGs of lower extremity muscles, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 28(1), 9-19, 2009.
- Kong YK, Lee SJ, Lee KS, Han JG and Kim DM, Development of an ergonomic checklist for the investigation of work-related upper limb disorders in farming – AULA: Agricultural Upper-Limb Assessment, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 30(4), 481-489, 2011.
- Kong YK, Lee SJ, Lee KS, Kim GR and Kim DM, Development of an ergonomivms checklist for investigation of work related whole bodu disorders in farming –AWBA: Agricultural Whole-Body Assessment, *Journal of Agricultural Safety and Health*, 21(4), 2015.
- KOSHA, *Korea Occupational safety & Health Agency*, 2003.
- Lee IS, Jung MK and Choi KI, Comparison of observational posture evaluation methods based on perceived discomfort, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 22(1), 43-56, 2003.
- Lee IS, Jung MK and Kee DH, Evaluation of postural load of varying leg postures using the psychophysical scaling, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 21(4), 47-65, 2002.
- Lee KS, Kim JH, Jung MS, Jeon SJ and Chun YJ, Comparison of assessment by OCRA Checklist and RULA at an auto manufacturing plant, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 26(4), 153-160, 2007.
- Lee KS, Yeom JW, Hur HM, Sohn JM, Oak DM and Park SG, Comparisons of different evaluation tools for musculoskeletal disorders, *Fall Conference of the Ergonomics Society of Korea*, November, South Korea, 2009.
- McAtamney, L. and Corlett, E., RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders, *Applied Ergonomics*, 24(2), 91-99, 1993.
- Occhipinti, E. and Colombini, D., "Alterazioni muscolo-scheletriche degliarti superiori da sovaraccarico: metodi e criteri per l'inquadramento dell'esposizione lavorativa", *Med. Lav.*, 87(pp.491-525), 1996.
- RDA, Comparison analysis of Main disorder and Health behavior of farmers, *Farmers Health & Safety Information Center*, 2004.
- Rural Development Administration, Development of Agricultural safety management experience program, 2011.
- Rural Development Administration, Development of Agricultural safety management experience program, 2012.
- Rural Development Administration, Development of Agricultural safety management experience program, 2014.
- Rural Development Administration, Research Report of Risk Assessment of Agricultural Tasks for the Development of Safety and Health Management System in Rural Villages, 2006.
- Rural Development Administration, Research Report of Risk Assessment of Agricultural Tasks for the Development of Safety and Health Management System in Rural Villages, 2007.
- Rural Development Administration, Research Report of Risk Assessment of Agricultural Tasks for the Development of Safety and Health Management System in Rural Villages, 2008.
- Rural Development Administration, Research Report of Risk Assessment of Agricultural Tasks for the Development of Safety and Health Management System in Rural Villages, 2009.
- Rural Development Administration, Research Report of Risk Assessment of Agricultural Tasks for the Development of Safety and Health Management System in Rural Villages, 2010.

## Author listings

**Yong-Ku Kong:** ykong@skku.edu

**Highest degree:** PhD, Department of Industry Engineering, the Pennsylvania State University

**Position title:** Associate Professor, Department of Industrial Engineering, the Sungkyunkwan University

**Areas of interest:** Ergonomic Product Design, Musculoskeletal Disorders, Hand tools

**Kyung-Suk Lee:** Leeks81@korea.kr

**Highest degree:** Ph.D., Department of Textiles, Merchandising and Fashion Design, Seoul National University

**Position title:** Senior researcher, Department of Agricultural Engineering, RDA

**Areas of interest:** Occupational Safety and Health Management, Occupational Disease

**Sung-Yong Lee:** syong1625@naver.com

**Highest degree:** B.S., Department of Industrial Engineering, Hannam University

**Position title:** M.S. Candidate, Department of Industrial Engineering, Sungkyunkwan University

**Areas of interest:** Musculoskeletal Disorders

**Kyeong-Hee Choi:** ckhee@skku.edu

**Highest degree:** B.S., Department of Industrial Engineering, Kyunghee University

**Position title:** M.S. Candidate, Department of Industrial Engineering, Sungkyunkwan University

**Areas of interest:** Ergonomic Product Design, Musculoskeletal Disorders, Hand tools

**Dam-Min Kim\*:** dmkim@gdsu.dongseo.ac.kr

**Highest degree:** PhD, Department of Industrial Engineering, Sungkyunkwan University

**Position title:** Assistant professor, Division of Mechatronics engineering, Dongseo University

**Areas of interest:** Ergonomic Product Design, Musculoskeletal Disorders, Hand tools