

# 근골격계질환 유해요인 정밀조사를 위한 OWAS, RULA, REBA의 평가 정확도 및 신뢰도 분석

천우현\* · 정기효\*  
\*울산대학교 산업경영공학부

## Analysis of Accuracy and Reliability for OWAS, RULA, and REBA to Assess Risk Factors of Work-related Musculoskeletal Disorders

Woohyun Cheon\* · Kihyo Jung\*  
\*School of Industrial Engineering, University of Ulsan

### Abstract

The study evaluated the accuracy and intra-rater reliability for OWAS (Ovako Working posture Analysing System), RULA (Rapid Upper Limb Assessment), REBA (Rapid Entire Body Assessment) to improve their evaluation accuracy and reliability. Participants ( $n = 163$ ) with undergraduate degree were recruited in this study and trained for 6 hours about the ergonomic assessment methods. Ergonomic assessments were conducted using OWAS, RULA, and REBA for a representative work with dynamic posture found in manufacturing industries. The study compared action categories (overall level) and detailed evaluation scores for individual body part. Action categories of the participants significantly differed from the golden reference defined by ergonomic experts. The participants underrated or omitted scores for truck (37.4% of the participants) and legs (52.8%) in OWAS. Similarly, the participants underrated or omitted additional scores for all body parts except the hand and wrist in RULA (53.5%) and REBA (54.8%). On the other hand, the participants overrated scores for the hand and wrist in RULA (55.2%) and REBA (39.9%). The results found in this study can help of selecting focus points and parts during assessment and education to improve accuracy and reliability of the ergonomic assessment methods.

**Keywords :** OWAS, RULA, REBA, Ergonomic risk assessment, Musculoskeletal disorders

### 1. 서론

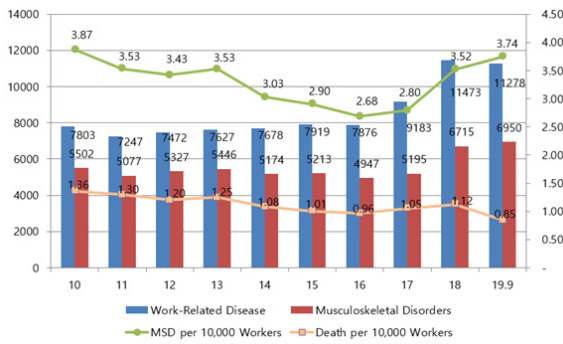
근로자의 업무상 근골격계질환을 감소시키기 위해 2003년 7월부터 사업주에게 근골격계질환 예방 의무(산업안전보건법 제24조 제1항 제5호, 산업안전보건기준에 관한 규칙 제 12장)를 부과하고, 근골격계부담작업의 범위(고용노동부 고시 2003-24호) 및 유해요인조사 방법(KOSHA GUIDE H-9-2018)을 공표하여 시행하고 있으나 근골격계질환자는 지속적으로 발생하고 있다[1]. 근골격계질환자는 <Figure 1>에 나타난 것과 같이 2019년 9월 기준 6,950명으로 업무상 질병자(11,278명)의 약

61.7%를 차지하고 있으며(KOSHA, 2019) 2016년부터 최근 4년 동안 증가하는 추세를 보이고 있다. 한편, 산업재해 사망 만인율( $^0/_{000}$ , 근로자 10,000명당 발생하는 사망자의 비율)은 2013년 1.25 $^0/_{000}$ 에서 2019년 9월 0.85 $^0/_{000}$ 로 0.4 $^0/_{000}$  (32.0%)가 감소하였으나, 근골격계질환 만인율( $^0/_{000}$ , 근로자 10,000명당 발생하는 근골격계질환자의 비율)은 2013년 3.53 $^0/_{000}$ 에서 2019년 9월 3.74 $^0/_{000}$ 로 오히려 0.21 $^0/_{000}$  (6.0%)가 증가하였다. 이러한 통계 자료는 산업재해로 인한 사망자는 감소하고 있으나 근골격계질환으로 고통을 받는 근로자는 오히려 증가하고 있음을 시사하고 있다[2, 3].

†본 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2019R1A2C4070310).

†Corresponding Author : Kihyo Jung, School of Industrial Engineering, University of Ulsan, 93 Daehak-ro, Nam-gu, Ulsan, E-mail: kjung@ulsan.ac.kr

Received: May 13, 2020; Revision Received: June 22, 2020; Accepted: June 22, 2020



[Figure 1] The trend of industrial accident statistics in South Korea

근골격계질환을 효과적으로 예방하기 위해서는 작업의 근골격계 부담을 정확히 평가하고 그 결과에 근거하여 작업을 개선하는 것이 필요하다. 이를 위해, 사업장 대부분은 한국산업안전보건공단에서 공표한 근골격계부담작업 유해요인조사 지침(KOSHA GUIDE H-9-2018, 이하 유해요인조사 지침)을 활용하고 있다[4]. 유해요인조사 지침은 작업의 근골격계 부담을 유해요인 기본조사표와 인간공학정밀 평가 도구를 사용하여 평가할 것을 권장하고 있다. 유해요인조사 지침에는 다양한 인간공학정밀 평가 도구를 권장하고 있으나, 사업장의 약 80%는 OWAS (Ovako Working posture Analysing System), RULA (Rapid Upper Limb Assessment), REBA (Rapid Entire Body Assessment)를 사용하고 있는 것으로 알려지고 있다[5].

근골격계질환 예방을 위한 유해요인조사는 근골격계질환이 많이 발생하고 있는 5인 이상 제조업에서조차 11.4%만 실시하고 있어 실시율이 매우 저조한 실정이다[6]. 또한, 유해요인조사를 실시한 경우도 객관적 및 정량적으로 유해요인조사를 하는 인간공학정밀 평가 기법의 적용은 약 16%로 매우 낮으며[5], 비전문가의 평가 도구 활용 숙련도가 낮아 인간공학정밀 평가 결과의 정확도와 신뢰도에 한계가 있는 것으로 알려지고 있다[7].

인간공학정밀 평가 도구인 OWAS, RULA, REBA는 제조업의 근골격계질환 유해요인조사에 사용되는 대표적인 기법이다. 먼저, OWAS는 Karhu et al. (1977)이 핀란드의 제철회사에서 개발한 작업 부하 평가 도구로, 비전문가도 쉽게 배우고 사용할 수 있도록 평가 방법이 단순하고 평가 항목이 적은 특징을 가지고 있으며 작업의 근골격계 부담에 따른 후속 조치 수준(이하, 조치 수준)을 1(작업 개선 불필요)~4등급(즉각적인 작업 개선 필요)로 판정한다[8]. RULA는 McAtamney and Corlett (1993)이 제안한 평가 도구로, 신체를 2개 부위(상체와 하체)로 나누어 평가하고 신체 부위별로 부가 점수를 추가하도록

하여 세부적인 평가가 가능하고 조치 수준을 OWAS와 동일하게 1(작업 개선 불필요)~4등급(즉각적인 작업 개선 필요)으로 판정한다[9]. 마지막으로, REBA는 RULA를 개발한 Hignett and McAtamney (2000)가 제안한 평가 도구로, RULA와 동일하게 신체를 2개 부위(상체와 하체)로 나누고 신체 부위별로 부가 점수를 추가하도록 하여 세부적인 평가를 할 수 있으며 조치 수준을 0(작업 개선 불필요)~4등급(즉각적인 작업 개선 필요)으로 판정한다[10]. REBA는 신체 전반을 종합적으로 평가할 수 있는 반면, RULA는 상체를 하체보다 정밀하게 평가할 수 있는 차이점이 있다. 따라서 평가의 용이성은 OWAS가 우수하나, 평가의 정밀성은 RULA와 REBA가 더욱 우수한 것으로 알려지고 있다[11, 12].

인간공학정밀 평가 도구는 같은 작업이라 할지라도 평가 도구들 간에 다른 결과가 나타날 수도 있고[13], 평가자의 주관적인 요소가 평가 결과에 반영될 수 있는 단점이 있어 객관적인 평가 결과를 도출하기 어렵다[14, 15]. 근로자의 작업 자세를 인간공학 분야에 전문 지식과 경험이 없는 평가자가 육안으로 보고 신체 관절의 굽힘 각도, 비틀림 등의 자세를 판단하여 평가 점수를 부여할 경우 평가의 정확도와 신뢰도 측면에 한계가 있는 것으로 알려지고 있다. Im et al. (2011)은 평가자를 경험자 그룹과 비경험자 그룹으로 나누어 같은 작업에 대해 인간공학정밀 평가를 실시한 결과, 경험자 그룹의 평가 점수가 비경험자 그룹에 비해 상대적으로 높은 경향을 보인다고 보고하였다. 또한, 인간공학정밀 평가 도구를 사용하는 평가자들 간에도 평가 결과인 신뢰도에서 차이가 발생하는 것으로 보고되고 있다[7]. Park et al. (2020)은 병원 업종, 전자 업종, 자동차 업종의 작업을 대상으로 인간공학정밀 평가를 실시한 결과 평가자 간의 평가 결과 차이가 유의한 것으로 보고하였다[16]. 따라서 인간공학정밀 평가 도구의 정확도와 신뢰도를 향상시키기 위해서는 정확도와 신뢰도의 저하를 유발하는 요인을 구체적으로 규명하는 연구가 필요하다.

본 연구는 대표적 인간공학정밀 평가 도구인 OWAS, RULA, REBA에 대한 정확도와 신뢰도를 평가하고, 정확도와 신뢰도를 저하시키는 원인을 파악하였다. 이를 위해, 본 연구는 대졸자 163명을 대상으로 근골격계질환 유해요인조사 교육을 실시하고, 사업장의 유해요인조사에 가장 많이 사용되고 있는 OWAS, RULA, REBA를 적용하여 인간공학정밀 평가를 수행하도록 하였다. 인간공학정밀 평가의 정확도는 실험참여자들의 평가 결과와 전문가의 평가 결과를 비교하여 정량화 되었고, 신뢰도는 실험참여자들 간의 평가 결과 표준편차를 사용하여 평가되었다. 본 연구는 정확도와 신뢰도의 저하 원인을 파악하기 위해 인간공학정밀 평가 도구의 조치 수준(최종 평가 값)과 세부

항목별 평가 결과를 상세히 분석하였다. 본 연구의 결과는 작업의 근골격계 부하에 대한 인간공학적 정밀 평가 및 정밀 평가도구 교육 시 유용한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

## 2. 연구 대상 및 방법

### 2.1 연구 대상

본 연구의 인간공학적 정밀 평가 실험에는 대졸자 163명(남: 93명, 여: 70명)이 참여하였다. 본 연구에 참여한 실험참여자지는 25세 이하 18명(11%), 26~35세 117명(72%), 36세 이상 28명(17%)이었으며, 근골격계질환 관련 교육을 본 연구 이전에 이수하였으나 유해요인조사를 해 보지 않은 실험참여자(54명, 33%)보다 관련 교육을 전혀 받지 않은 실험참여자(109명, 67%)가 더욱 많았다. 또한, 본 연구에 참여한 100명(61.3%)은 근골격계질환과 관련한 인간공학적 작업부하 평가 도구(OWAS, RULA, REBA)에 대한 교육 또는 평가 경험이 전혀 없었던 것으로 조사되었다.

### 2.2 연구 방법

본 연구는 실험참여자들을 대상으로 인간공학적 작업부하 평가에 대한 사전 교육을 총 2회 실시하였다. 교육은 1개월 간격을 두고 총 2회 실시하였으며, 교육에는 KOSHA GUIDE에 포함된 인간공학적 작업 부하 평가 양식(한국 산업안전보건공단 홈페이지: [http://kosha.or.kr/kosha/business/musculoskeletal\\_c.d.do](http://kosha.or.kr/kosha/business/musculoskeletal_c.d.do))을 사용하였다. 본 연구의 인간공학적 작업부하 평가에 대한 교육은 총 6시간이 소요되었다.

본 연구의 정밀 평가 대상 작업은 근골격계질환 발생이 집중되고 있는 제조업에서 근골격계부담이 높은 작업으로 결정되었다. 정밀 평가 대상 작업은 제조업 사업장을 방문하여 사업장 내에서 이루어지는 작업들에 대한 기초 분석을 통해 노동부 고시(2018-13호)에 따른 유해요인조사 대상인 근골격계 부담작업 4호(지지되지 않은 상태이거나 임의로 자세를 바꿀 수 없는 조건에서, 하루에 2시간 이상 목이나 허리를 구부리거나 트는 상태에서 이루어지는 작업) 및 9호(하루에 25회 이상 10kg 이상의 물체를 무릎 아래서 드는 작업)에 해당하면서 신체 부위의 과도한 활용으로 근골격계 부담이 높은 <Figure 2>의 작업이 선정되었다. 본 연구의 평가 대상 작업은 제조업 사업장에서 가장 많이 보유하고 있는 부담작업인 목과 허리의 부적

절한 자세(부담작업 4호)와 중량물 취급(부담작업 9호)을 포함하고 [5] 있어 제조업의 근골격계 부담 작업을 대표한다고 판단할 수 있다.

본 연구의 평가 대상 작업에 대한 평가 정답(golden reference)은 인간공학 전문가 6명(인간공학 기술사 2명, 인간공학 교수 2명, 유해요인조사 실무경력(10년 이상) 2명)에 의해 결정되었다. 본 연구에 참여한 인간공학 전문가는 먼저 인간공학 정밀 평가를 각자 독립적으로 실시하였다. 그리고 난 후, 델파이기법을 적용하여 다른 전문가의 평가 결과를 환송하여 최종 평가를 수행하도록 하였다. 본 연구의 평가 정답은 본 연구에 참여한 모든 인간공학 전문가의 평가가 일치하는 값으로 결정되었다.



[Figure 2] The picture of the task being evaluated in this study

본 연구의 정밀 평가 실험은 3단계(평가 준비, 본 평가, 사후 면담)로 이루어졌다. 첫째, 실험참여자들에게 실험 참여 동의를 받고, 평가 대상 작업에 대한 상세 정보(작업 개요, 작업 사진, 작업 대상물의 무게, 작업 반복 회수, 정적 자세 여부)를 제공하였다. 둘째, 실험참여자들은 평가 대상 작업을 OWAS, RULA, REBA를 적용하여 평가하는 본 실험을 수행하였다. 마지막으로, 평가 완료 후 정답에 대한 피드백을 제공하고 평가 결과에 대한 사후 면담을 실시하였다.

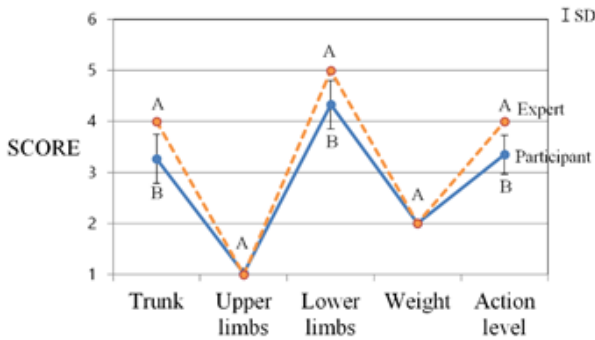
### 2.3 통계 방법

본 연구의 통계 분석에는 SPSS PASW STATISTICS (v18.0, IBM, USA)가 활용되었다. 먼저, 평가의 정확도는 실험참여자들과 전문가 평가 결과의 차이(오차)로 계산되었으며, 유의수준 0.01을 적용한 one-sample t test를 통해 오차가 0인지 여부(가설)를 검정하였다. 평가의 신뢰도는 실험참여자 간의 표준편차를 사용하여 정량화되었다. 마지막으로, 실험참약자가 어떤 평가 항목에서 전문가 대비 차이가 발생했는지 파악하기 위해 기술 통계 분석(빈도분석)을 실시하였다.

### 3. 결과

#### 3.1 OWAS

OWAS의 조치 수준에 대한 오차는 통계적으로 유의하게 차이가 있는 것으로 분석되었다( $t(163)=-10.95, p<0.01$ ; [Figure 3]). OWAS의 조치 수준에 대한 전문가 정답은 4등급(즉시 개선 필요)이었으나, 실험참여자의 조치 수준은 이보다 낮은 3.4 등급으로 분석되었다. 한편, OWAS의 조치 수준에 대한 실험참여자들의 표준편차는 0.76으로 나타났으며, 실험참여자들의 조치 수준은 2등급, 3등급, 4등급이 17.2%, 30.7%, 그리고 52.1%로 파악되었다.



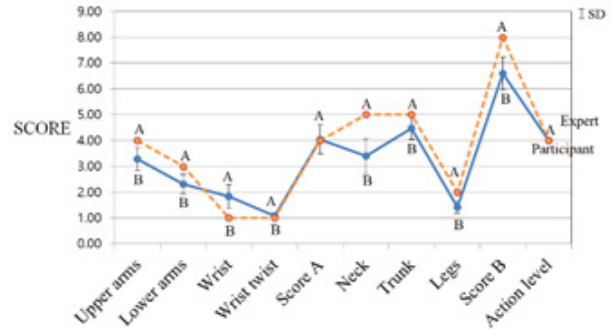
[Figure 3] Comparison between participants and experts for OWAS individual scores and action level (letters indicate statistical differences at a significance level of 0.01)

OWAS의 세부 평가 항목에 대한 오차는 몸통과 하지 자세에서 통계적으로 유의한 것으로 분석되었다(몸통:  $t(163)=-9.75, p<0.01$ ; 하지:  $t(163)=-8.99, p<0.01$ ). 전문가의 몸통과 하지 자세에 대한 평가 정답은 4점과 5점으로 파악되었으나, 실험참여자의 평균 점수는 3.3점과 4.3점으로 이보다 유의하게 낮게 나타났다. 반면, 상지와 무릎에 대한 전문가(상지=1점, 무릎=2점)와 실험참여자(상지=1.03점, 무릎=2.01점)의 평가는 유의한 차이가 없는 것으로 분석되었다. 한편, 세부 평가 항목에 대한 실험참여자들의 표준편차는 몸통(0.96)과 하지(0.95)에서 상지(0.17)와 무릎(0.14)보다 현저히 높게 나타났다.

#### 3.2 RULA

RULA의 조치 수준에 대한 오차는 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 분석되었다(Figure 4). 전문가의 조치 수준과 실험참여자의 조치 수준은 모두 4등급(즉시 개선 필요)로 동일하게 평가되었으며 실험참여자의 표준편

차 또한 없는 것으로 파악되었다.



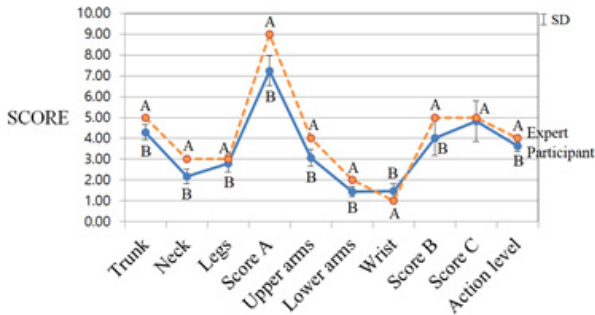
[Figure 4] Comparison between participants and experts for RULA individual scores and action level (letters indicate statistical differences at a significance level of 0.01)

RULA의 세부 평가 항목에 대한 오차는 모든 신체(상완, 전완, 손목, 손목 비틀림, 목, 몸통, 다리)와 Score B에서 통계적으로 유의한 것으로 분석되었다(상완:  $t(163)=-10.60, p<0.01$ ; 전완:  $t(163)=-11.97, p<0.01$ ; 손목:  $t(163)=11.87, p<0.01$ ; 손목 비틀림:  $t(163)=3.59, p<0.01$ ; 목:  $t(163)=-15.08, p<0.01$ ; 몸통:  $t(163)=-7.45, p<0.01$ ; 다리:  $t(163)=-15.04, p<0.01$ ; Score B:  $t(163)=-13.96, p<0.01$ ). 전문가의 상완, 전완, 목, 몸통, 다리, Score B에 대한 평가 점수는 4점, 3점, 5점, 5점, 2점, 8점으로 파악되었으나, 실험참여자의 평균 평가 점수는 3.3점, 2.3점, 3.4점, 4.5점, 1.4점, 6.6점으로 유의하게 낮게 나타났다. 반면, 전문가의 손목과 손목 비틀림에 대한 평가 점수는 공히 1점으로 파악되었으나, 실험참여자의 평균 평가 점수는 1.8점과 1.1점으로 유의하게 높게 나타났다. 반면, Score A에 대한 전문가(Score A=4점)와 실험참여자(Score A=4.04)의 평가는 유의한 차이가 없는 것으로 분석되었다. 한편, 세부평가 항목에 대한 실험참여자의 표준편차는 목(1.35), 몸통(1.35), Score A(1.13), Score B(1.28)가 상완(0.86), 전완(0.73), 손목(0.90), 손목 비틀림(0.26), 다리(0.49)보다 현저히 높게 나타났다.

#### 3.3 REBA

REBA의 조치 수준에 대한 오차는 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다( $t(163)=-8.19, p<0.01$ ; [Figure 5]). 전문가의 REBA 조치 수준은 4등급(즉시 개선 필요)으로 평가 되었으나, 실험참여자의 평균 조치 수준은 3.6등급으로 나타났다. 한편, REBA의 조치 수준에 대한 실험참여자들의 표준편차는 0.56으로 나타났으며, 실험참여자들의 조치 수준은 2등급, 3등급, 4등급이

4.3%, 27.6%, 그리고 68.1%로 파악되었다.



[Figure 5] Comparison between participants and experts for REBA individual scores and action level (letters indicate statistical differences at a significance level of 0.01)

REBA의 세부 평가 항목에 대한 오차는 모든 신체(몸통, 목, 하지, 상완, 전완, 손목)과 그룹 평가(Score A, Score B)에서 통계적으로 유의한 것으로 분석되었다 (몸통:  $t(163)=-12.37, p<0.01$ ; 목:  $t(163)=-14.78, p<0.01$ ; 하지:  $t(163)=-3.10, p<0.01$ ; 상완:  $t(163)=-14.43, p<0.01$ ; 전완:  $t(163)=-14.13, p<0.01$ ; 손목:  $t(163)=9.50, p<0.01$ ; Score A:  $t(163)=-15.62, p<0.01$ ; Score B:  $t(163)=-7.35, p<0.01$ ). 전문가의 몸통, 목, 하지, Score A, 상완, 전완, Score B에 대한 평가 점수는 5점, 3점, 3점, 9점, 4점, 2점, 5점으로 파악되었으나, 실험참여자의 평균 평가 점수는 4.3점, 2.2점, 2.8점, 7.2점, 3.1점, 1.5점, 4점으로 유의하게 낮게 나타났다. 반면, 전문가의 손목에 대한 평가 점수는 1점으로 파악되었으나, 실험참여자의 평균 평가 점수는 1.5점으로 유의하게 높게 나타났다. 반면, Score C에 대한 전문가 (Score C=5점)와 실험참여자 (Score A=4.8)의 평가는 유의한 차이가 없는 것으로 분석되었다. 한편, 세부 평가 항목에 대한 실험참여자의 표준편차는 Score A(1.44)와 Score B(1.71)에서 몸통(0.73), 목(0.70), 하지(0.83), 상완(0.82), 전완(0.50), 손목(0.65)보다 현저히 높게 나타났다.

#### 4. 고찰 및 결론

근골격계질환을 예방하기 위해 유해요인조사 등의 법적 의무를 부여한 2003년 이후 17년이 지난 현재까지 근골격계질환은 지속적으로 업무상질병 부문에서 가장 높은 발생 비율을 보이고 있다. 사업장은 법적 의무 준수 및 근골격계질환을 예방을 위해 유해요인조사를 실시하고 유해요인조사의 정확성과 신뢰성을 향상시키기 위해 인간공학

적 정밀 평가도구(OWAS, RULA, REBA)를 사용하고 있다[17, 18, 19]. 그러나 우리나라 산업의 대부분을 차지하는 50인 미만 규모의 기업들은 전담인력의 부재, 관련 지식의 미비 등으로 근골격계질환 예방 활동이 활성화되지 못하고 있는 실정이며[17], 50인 이상의 기업들도 유해요인 조사 실시율이 매우 낮은 것으로 알려지고 있다[6]. 따라서 본 연구는 대표적인 작업부하 정밀 평가 기법에 대해 인간공학 전문가와 비전문가 간의 평가 결과 차이를 비교 분석하여 비전문가도 정확성과 신뢰성을 가지고 인간공학 정밀 평가 도구를 사용할 수 있는 방안을 제안하고자 하였다.

본 연구의 조치 수준에 대한 오차(인간공학 전문가와 실험참여자의 차이)는 OWAS와 REBA에서 유의하게 나타났다으나 RULA는 차이가 없는 것으로 분석되었다. OWAS는 몸통과 하지의 평가에서 전문가와 실험참여자의 평가 차이가 조치 수준의 차이를 유발한 것으로 파악되었으며, REBA는 각 신체부위별 추가 점수를 누락하거나 낮게 부여하여 전문가와 실험참여자의 조치 수준 차이가 발생하는 것으로 나타났다. 반면, RULA는 실험참여자 전문가에 비해 각 신체부위별 추가 점수를 누락하거나 낮게 부여하는 경향이 있었지만 조치 수준은 동일한 것으로 파악되었다. 그 이유는 본 연구의 평가 대상 작업에 대한 RULA 점수가 매우 높아 일부 항목의 추가 점수를 누락하거나 점수를 낮게 부여하더라도 조치 수준이 가장 높게 평가되기 때문인 것으로 사료된다.

인간공학 전문가는 기존 연구[20]와 유사하게 비전문가인 실험참여자보다 평가 점수가 높은 경향을 보이는 것으로 파악되었다. OWAS는 몸통과 하지의 평가에서 전문가가 실험참여자보다 높은 평가 점수를 부여하여 전문가의 조치 수준(4)이 실험참여자(3.4)보다 높게 나타났다. REBA는 전문가보다 실험참여자가 각 신체부위별 추가 점수를 누락하거나 낮게 부여하여 전문가의 조치 수준(4)이 실험참여자(3.6)보다 높게 파악되었다. 반면, RULA는 전문가와 실험참여자의 조치 수준이 동일하게 나타났으나, 전문가보다 실험참여자가 각 신체부위별 추가 점수를 누락하거나 낮게 부여하여 평가 점수는 전문가가 높은 것으로 분석되었다. RULA에 대한 이러한 평가 결과는 본 연구에 고려된 평가 작업의 RULA 조치 수준이 매우 높아 일부 항목의 추가 점수를 누락하거나 점수를 낮게 부여해도 조치 수준이 가장 높게 평가되기 때문인 것으로 사료된다.

본 연구의 실험참여자는 OWAS에서 몸통(구부림과 비틀림)과 하지(무릎 굽힘과 부하 편중)을 평가할 때 신체 부하 등급을 누락하거나 낮게 평가하는 경향이 있는 것으로 나타났다. 몸통 평가에서는 실험참여자의 1.8%가 시상면(sagittal plane)의 움직임(구부림) 평가를 누락하였

고, 횡단면(transverse plane) 움직임(비틀림)은 35.6%가 누락하였다. 또한, 하지 평가는 시상면의 움직임(무릎 굽힘) 평가에서 실험참여자의 16.6%가 전문가보다 낮게 평가하였고, 관상면(coronal plane)의 움직임(부하 편중)은 36.2%의 실험참여자가 낮게 평가하였다. 실험참여자에게 대한 사후 면담 결과, 시상면과 횡단면의 움직임 평가 또는 시상면과 관상면의 움직임 평가와 같이 동시에 2개의 움직임을 평가할 경우 하나의 움직임 평가에 집중하여 다른 움직임의 평가를 누락하거나 낮게 평가하는 경향이 발생하는 것으로 파악되었다.

실험참여자는 신체 부하 등급 판정 시 RULA에서 실험참여자의 평균 53.5%가 추가 점수를 누락하거나 낮게 평가하였고, REBA에서는 평균 54.8%가 추가 점수를 누락하거나 낮게 평가하는 경향이 있는 것으로 분석하였다. RULA와 REBA의 주요 평가 항목은 시상면의 움직임(굽힘 또는 폼)이며, 추가 점수는 횡단면의 움직임(비틀림 또는 회전) 및 관상면의 움직임(기울임)을 평가하도록 하고 있다. 실험참여자에게 대한 사후 면담 결과, 추가 점수는 사진으로 판단하기 어려운 횡단면과 관상면의 움직임을 평가해야 하므로 상대적으로 낮게 부여하는 경향이 있는 것으로 나타났다. 또한, 추가 점수에 대한 설명은 작업부하 평가지의 픽토그램(그림 설명) 하단에 표기되어 있어 평가 또는 점수 부여의 중요성을 상대적으로 낮게 인식하여 점수 부여를 누락하거나 낮게 평가(실험참여자의 평균 54.1%가 전문가보다 점수를 누락 또는 낮게 부여함)할 수 있는 것으로 파악되었다.

전문가와 실험참여자 간에 평가 결과의 차이가 없거나 실험참여자의 평가 점수가 전문가보다 일부 높은 항목이 있는 것으로 파악되었다. 전문가와 실험참여자의 평가 결과가 동일한 항목은 사진으로 작업 상황을 판단하기 불가능하여 요약 정보(작업 대상물의 무게, 작업의 반복 회수, 정적 자세 여부)로 실험참여자들에게 제공한 것과 관련된 항목인 것으로 나타났다. 한편, 실험참여자의 평가 점수가 전문가보다 상대적으로 높았던 항목은 RULA와 REBA의 손과 손목에 대한 평가이다. 예를 들면, RULA의 경우 실험참여자의 55.2%가 손목 점수를 전문가보다 높게 부여하였으며, REBA의 경우는 39.9%의 실험참여자가 손목 점수를 전문가보다 높게 부여하였다. 이러한 평가 경향성은 평가 대상 신체 부위의 크기가 상대적으로 작아 비전문가인 실험참여자가 육안으로 손과 손목의 각도를 실제보다 크게 판단할 수 있기 때문인 것으로 추측된다.

실험참여자의 평가 결과에는 편차가 있는 것으로 나타났다. 예를 들면, OWAS, RULA, REBA의 몸통에 대한 실험참여자의 표준편차는 0.96, 1.35, 0.73으로 분석되었으며, 하지에 대한 표준편차는 0.95, 0.49, 0.83으로 파악되었다. 이러한 실험참여자의 편차는 인간공학 정밀 평

가도구에 대한 전문적 경험이 부족할 경우 평가자에 따라 차이가 발생할 수 있음을 의미한다. 따라서 인간공학 정밀 평가 결과의 신뢰성을 확보하기 위해서는 실험참여자가 표준편차가 크게 발생하는 신체부위에 대한 특별 교육이 필요하다.

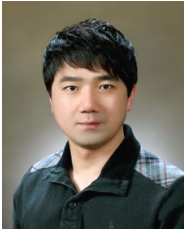
본 연구는 대표적인 인간공학 정밀 평가 도구인 OWAS, RULA, REBA에 대한 평가 정확도와 신뢰도를 평가하였다. 또한, 정밀 평가 도구의 정확도와 신뢰도를 저하시키는 원인을 체계적으로 분석하였으며, 정확도와 신뢰도를 향상시키기 위한 3가지 주요 사항을 파악하였다. 첫째, 비전문가는 인간공학 정밀 평가 시 구부림/비틀림 및 추가 점수를 과소 평가 또는 누락할 수 있으므로 이에 대한 주의가 필요하다. 둘째, 인간공학 분야에 전문 지식이 부족할 경우, 손/손목과 같이 부위가 작은 항목은 다른 신체부위보다 상대적으로 높게 평가하는 경향이 있어 손/손목에 대한 평가 및 교육 시 주의가 필요하다. 마지막으로, 인간공학 비전문가의 조치 수준은 인간공학 전문가와 유사하더라도 각 신체 부위에 대한 세부 평가 점수는 상이할 수 있으므로, 정밀 평가 도구의 최종 결과인 조치 수준뿐만 아니라 세부 부위별 평가를 보다 정확하게 할 수 있도록 하는 것이 필요하다. 본 연구를 통해 파악된 정밀 평가 도구의 정확도와 신뢰도 저하 원인은 사업장에서 인간공학 정밀 평가 수행 및 평가도구 교육 시 유용한 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

## 5. 참고문헌

- [1] Korea Occupational Safety & Health Agency (KOSHA) (2014), Musculoskeletal disorder Protection Business Manual.
- [2] Korea Occupational Safety & Health Agency (KOSHA) (2010–2018), “The status of industrial accident.” Retrieved November 28, 2019 from <http://www.kosha.or.kr/kosha/data/industrialAccidentStatus.do>.
- [3] Korea Occupational Safety & Health Agency (KOSHA) (2019), “The status of industrial accident.” Retrieved November 28, 2019 from <http://www.kosha.or.kr/kosha/data/industrialAccidentStatus.do>.
- [4] Korea Occupational Safety & Health Agency (KOSHA) (2018), “Guide for risk factors analysts of work-related musculoskeletal Disorders (KOSHA GUIDE H-9-2018).” Retrieved December 14, 2018 from <http://www.kosha.or.kr/kosha/data/guidanceH.do>.

- [5] J. Park, I. Lee, D. Kee, H. Jung, J. Park(2011), "Survey on performance of the risk assessment of musculoskeletal disorders." *Journal of the Korean Society of Safety*, 26(1):49-57.
- [6] Korea Occupational Safety & Health Agency (KOSHA) (2019), "2019 working environment factual survey." Retrieved December 6, 2019 from <http://www.kosha.or.kr/kosha/business/inspection.do>.
- [7] S. Im, S. Choi, D. Park(2011), "The usability analysis for ergonomic evaluation methods of work-related musculoskeletal disorders." *Journal of the Korea Safety Management & Science*, 13(2):83-90.
- [8] O. Karhu, P. Aansi, I. Ilka Kuorinka(1977), "Correcting working postures in industry: A practical method for analysis." *Applied Ergonomics*, 8(4):199-201.
- [9] L. McAtamney, E. N. Corlett(1993), "RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders." *Applied Ergonomics*, 24(2): 91-99.
- [10] S. Hignett, L. McAtamney(2000), "Rapid Entire Body Assessment(REBA)." *Applied Ergonomics*, 31:201-205.
- [11] W. Kwak(2006), "A study on the variation in action levels of various MSD workload evaluation tools." Unpublished master thesis.
- [12] Y. Kwon, M. Yoon(2016), "A Study for the Adequate Ergonomic Evaluation Techniques for Typical Business Types." *Journal of the Korean Consumer Safety Association*, 6(1):80-96.
- [13] A. Noh, S. Choi, D. Park(2015), "A study on determination of working posture to be analyzed during MSDs evaluation." *Journal of the Korea Safety Management & Science*, 17(3):133-141.
- [14] S. Im, S. Choi, D. Park(2011), "The Sensitivity analysis for ergonomic checklists associated with musculoskeletal disorders." 2011 Fall Conference of Korea Safety Management & Science: 319-328.
- [15] S. Im, S. Choi, D. Park(2012), "Study on consistency of novice user and sensitivity of industrial types during MSDs evaluation using major checklists." *Journal of the Korea Safety Management & Science*, 14(2):123-136.
- [16] D. Park, M. Kim, I. Seo(2020), "A Study on the Characteristics of Checklists for Work-related Musculoskeletal Disorders." *Journal of Ergonomics Society of Korea*, 39(1):1-17.
- [17] S. Kim, J. Lee(2006), "A study on the work-related musculoskeletal disorders of manufacturing industries around Gyeongbuk province." *Journal of the Korea Safety Management & Science*, 8(2):25-38.
- [18] J. Park(2006), "A study on the Musculoskeletal Disorders in Petrochemical Industry." *Journal of the Korea Safety Management & Science*, 8(3): 77-86.
- [19] Y. Kang, S. Yang, M. Cho(2009), "A Investigation of Musculoskeletal Disorder Risk Factors at an Autopart Company." *Journal of the Korea Safety Management & Science*, 2009(04):69-78.
- [20] S. Im, S. Choi, D. Park(2012), "Study on Consistency of Novice User and Sensitivity of Industrial Types During MSDs Evaluation Using Major Checklists." *Journal of the Korea Safety Management & Science*, 14(2):123-136.

## 저자 소개



### 천 우 현

홍익대학교 정보산업공학과 석사 취득. 현재 울산대학교 대학원 산업경영공학과 박사과정 중.  
관심분야: 안전 및 보건, 인간공학, 데이터 분석 등



### 정 기 효

포항공과대학교 산업경영공학과 박사 취득.  
현재 울산대학교 산업경영공학부 부교수 재직 중.  
관심분야: 인간공학, 산업안전보건, 데이터 분석