


벌도 및 가지제거작업에서 세 가지 인간공학적 위험 평가기법의 비교분석

조민재¹ · 정응진² · 오재현¹ · 한상균¹ ^{2*}

¹국립산림과학원 산림기술경영연구소, ²강원대학교 산림경영학과

Comparison of Three Ergonomic Risk Assessment Methods (OWAS, RULA, and REBA) in Felling and Delimiting Operations

Min-Jae Cho¹, Eung-Jin Jeong², Jae-Heun Oh¹ and Sang-Kyun Han¹ ^{2*}

¹Forest Technology and Management Research Center, National Institute of Forest Science,
Pocheon 11186, Korea

²Department of Forest Management, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

요약: 우리나라 모든 산업에서 근골격계질환은 작업자들의 안전에 큰 영향을 미치고 있으며, 산림작업은 산업안전보건법에 따라 근골격계 부담작업으로 분류된다. 특히 벌도 및 가지제거작업은 주로 인력작업으로 실시되고 있으며, 작업원의 안전성 확보를 위해 작업자세에 대한 평가가 필요하다. 따라서 본 연구는 체인톱을 이용한 벌도 및 가지제거작업의 작업자를 대상으로 세가지 인간공학적 분석 도구(OWAS, RULA, REBA)를 이용하여 위험도를 평가하고, 평가기법별 작업자세에 대한 영향인자를 분석하였다. 벌도와 가지제거작업자세의 위험도는 RULA, OWAS, REBA 순으로 높게 평가되었으며, 대부분 2~3단계로 작업자세의 즉각 변경조치는 요구되지 않았다. 하지만 벌도작업에서 허리와 다리를 굽힌자세와 가지제거작업에서 벌도목 위에서 작업하는 자세는 위험도가 매우 높게 분석되었다. 또한 벌도작업의 경우 산경사, 가지제거작업의 경우는 지상에서부터 벌도목 높이가 작업위험도 평가에 영향이 높은 것으로 분석되었다. 따라서 산림작업에 있어서 작업자의 안전성을 확보하기 위해 작업부하가 낮은 자세(벌도작업: 쪼그리는 자세, 가지제거작업: 허리와 다리가 곧은 자세)로 작업하는 것이 바람직한 것으로 사료된다.

Abstract: Musculoskeletal disorders affect workers' safety in most industries, and forest operations are classified as a musculoskeletal burden according to the Occupational Safety and Health Act in South Korea. In particular, felling and delimiting operations are mainly conducted by manpower, and then, it is necessary to evaluate ergonomic risk assessment for safety of felling and delimiting workers. Three ergonomic risk assessment methods, such as Ovako Working posture Analysis System (OWAS), Rapid Upper Limb Assessment (RULA), and Rapid Entire Body Assessment (REBA), are available for assessing exposure to risk factors associated with timber harvesting operations. Here, three ergonomic risk assessment methods were applied to examine ergonomic risk assessments in chainsaw felling and delimiting operations. Additionally, exposure to risk factors in each method was analyzed to propose an optimal working posture in felling and delimiting operations. The risk levels of these operations were evaluated to be highest in the RULA method, followed by the OWAS and REBA methods, and most of the exposed working postures were examined with a low-risk level of two and three without requiring any immediate working posture changes. However, two significant working postures, including the bending posture of the waist and leg in felling operation and standing posture on the fallen trees in delimiting operation, were assessed as the high-risk level and needed immediate working posture changes. Low-risk work levels were examined in the squatting posture for felling operation and the straightened posture of the waist and leg for delimiting operation. Moreover, the slope in felling operation and the tree height in delimiting operation significantly affected risk level assessment of working posture. Therefore, our study supports that felling and delimiting workers must operate with low-risk working postures for safety.

Key words: feller, chain-saw, work-load, musculoskeletal disorders

* Corresponding author
E-mail: hsk@kangwon.ac.kr

ORCID
Sang-Kyun Han  https://orcid.org/0000-0003-4037-1570

서론

우리나라 전체 산업에서 인력작업에 의존도가 높은 산업의 근로자들은 요통, 수근관증후군, 건염, 경추자세증후군 등 다양한 근골격계질환을 겪고 있는 것으로 나타났으며, 이러한 질환에 작업자들이 장시간 지속해서 노출될 경우 작업자들의 안전에도 큰 영향을 미치고 있는 것으로 보고되었다(Im et al., 2011). 근골격계질환은 작업자가 무리한 힘의 사용과 부적절한 작업자세로 장기간 반복적인 동작이 이루어질 경우 유발되며, 작업자의 근육, 신경, 힘줄, 인대, 관절 등의 조직이 손상되어 작업자에게는 심각한 육체적 손상을 일으킬 뿐만 아니라 산업적 측면에서도 산재보험 요율 증가와 작업생산성의 저하를 일으키고 있다(Lee et al., 2003; Im et al., 2011).

산림안전보건공단의 2019년 산업재해현황분석에 따르면 입업재해율(천인율, %)은 11.09%로 전체 산업 평균(5.83%) 보다 약 2배 높게 발생하였다(KOSHA, 2020). 산림작업은 「산업안전보건법」 제38조제1항제5호와 「산업안전보건기준에 관한 규칙」 제656조제1호 및 제657조제2항제1호에 따라 “근골격계부담작업”으로 정의된다(MOLEG, 2020; Lee et al., 2020). 또한 산림작업은 야외에서 행해지는 것으로 지형, 온도, 습도 등의 작업환경 조절이 불가능하여, 산업재해에 많이 취약하다(Lee et al., 2020). 따라서 산림작업자의 안정성을 확보하기 위해 작업자세에 대해 인간공학 적 위험 평가가 필요하다(Lee and Park, 2001; Lee et al., 2015; Spinelli et al., 2018; Lee et al., 2020).

작업자세 평가기법은 관찰적 기법, 장비를 이용한 직접 측정 기법 및 설문조사 기법 등이 있으며, 관찰적 기법은 작업을 방해하지 않고 상대적으로 짧은 시간 동안 많은 작업자세를 평가 할 수 있기 때문에 산업현장에 가장 많이 이용되고 있다(Lee et al., 2003; Dempsey et al., 2005; Park and Kwag, 2006; Im et al., 2011). 관찰적 기법은 크게 3가지 OWAS (Ovako Working Posture Analysis System), RULA (Rapid Upper Limb Assessment), REBA (Rapid Entire Body Assessment)로 구분할 수 있다(Spinelli et al., 2018; Lee et al., 2020).

OWAS는 1970년대 중반 핀란드의 철강회사인 Ovako사에 근무하고 있던 Karhu와 핀란드 노동 위생 연구소(FIOH; Finnish Institute of Occupational Health)의 Kuorinka에 의해 작업자들의 부적절한 작업 자세를 정의하고 분석하기 위한 목적으로 개발된 대표적인 작업 자세 분류 방법이다(Karhu et al., 1977). 전신에 대한 작업자세를 관찰하여 정해진 코드를 대조 검토(cross-check)하는 방식으로 분류 체계가 간단하고 이용방법이 용이해 다양한 산업에 적용되고 있다(Lee et al., 2003; Figlahi et al., 2015). RULA는 부적

절한 자세, 정적인 자세, 반복적인 자세로 인한 신체적 부담 요소 등의 작업부하를 평가하기 위한 방법으로 1993년 영국 노팅햄대학(University of Nottingham)의 McAtamney and Corlett에 의해 개발되었다(McAtamney and Corlett, 1993). 상지부위(Upper limb)를 중심으로 근육의 사용정도와 빈도를 이용하여 평가하는 방법이다(Im, 2015). REBA는 Hignett and Mcatamney(2000)에 의해 근골격계질환과 관련한 위해인자에 대해 전신 작업을 평가할 수 있도록 RULA를 보완하여 개발한 분석방법이다(Hignett and Mcatamney, 2000; Im, 2015).

국외의 산림작업 인체공학 적 위험 평가 분석에 관한 연구로 별도, 가지제거, 절동, 지면끌기집재, 상차, 운송작업에 대해 근골격계질환 발생을 OWAS 또는 REBA 기법을 이용하여 작업자세를 평가하였다(Gallo and Mazzetto, 2013; Yovi and Prajawati, 2015; Enez and Nalbantoğlu, 2019). Grzywiński et al.(2017)은 체인톱을 이용한 별도작업에서 쪼그린 자세(squat), 무릎꿇은(kneeling), 곧은(Straight), 구부린(bent) 자세순으로 작업자의 심장박동수(HR; Heart Rate)가 높다고 보고하였다. Yovi et al.(2006)은 대형과 소형 체인톱에 대해 심장박동수(HR)와 최대소소섭취비율(percentage of maximum oxygen uptake)을 비교·분석하여, 소형 체인톱이 작업자의 안전과 건강에 유리하다고 보고하였다. 또한 Kaljun and Dolšak(2012)은 체인톱을 앞·뒤 핸들, 핸들 및 시동버튼 크기, 열기쉬운 연료 뚜껑 등 인체공학적으로 디자인 방법을 제시하는 등 체인톱을 이용한 별도작업에 관해 인체공학 적 연구가 진행되었다. 국내에서는 별도 및 가지제거작업에서 작업자의 안정성 확보를 위해 Lee and Park (2010)이 체인톱을 이용한 간벌 및 임목수확작업에서 작업자의 작업자세를 분석하였다. 하지만 국내 산림작업에 있어서 인체공학 적 위험평가 기준을 바탕으로 작업자의 작업위험도를 평가한 연구는 진행된 적이 없으며, 이와 관련한 기초연구도 매우 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구는 별도 및 가지제거작업의 작업자들을 대상으로 인간공학 적 분석 도구인 OWAS, RULA, REBA를 이용하여 작업위험도를 평가하고, 평가기법별 작업자세에 대한 영향인자를 분석하였다.

자료 및 방법

1. 조사지 개요

조사대상지는 강원도 평창군 방림면 운교리 11 임반 1소반에 위치한 낙엽송 VI영급 개별작업지로 전간재 생산을 위한 별도 및 가지제거작업을 조사하였다(Figure 1). 작업지의 평균경사는 20°, 입목의 평균 수고는 23 m, 평균 경급(DBH)은 34 cm이다. 별도작업을 실행한 작업자 A와 가지제거작업자 B에 대한 정보는 다음 Table 1과 같다.



Figure 1. Study site.

Table 1. Information of felling and delimiting workers.

Worker	Age	Height (cm)	Weight (kg)	Work-manship	Work period (year)
Felling (A)	59	168	66	high	30
Ddelimiting (B)	56	162	62	high	10

2. 작업자세 평가 기법

본 연구에서 작업자세 평가기법은 OWAS(Ovako Working posture Assessment System), REBA(Rapid Entire Body Assessment), RULA(Rapid Upper Limb Analysis)를

이용하였다. OWAS는 허리, 팔, 다리 등 전신에 대한 작업 자세를 관찰하여 Table 2와 같이 정해진 코드를 기준으로 대조검토(cross-check)하는 방법으로 평가하였다(Lee et al., 2003; Figlali et al., 2015; Lee et al., 2020). RULA는 어깨, 팔, 손목, 목 등 상지부위를 중심으로 근육의 사용 정도와 빈도를 이용하여 평가하는 방법이며(Im, 2015), REBA는 RALA를 보완하여 전신(몸통, 목, 다리, 윗팔, 아래팔, 손목각도)과 무게 및 힘을 고려하여 분석하는 방법이다(Hignett and Mcatamney, 2000; Im, 2015). OWAS, RULA, REBA기법의 작업 조치수준은 Table 3과 같다.

3. 조사방법

작업자세를 분석하기 위해 현장 벌도 및 가지제거작업을 캠코더를 이용하여 영상촬영을 실시하였다. 영상을 이용한 작업자세 분석은 현장에서 관측자가 직접 조사하는 것과 비교하여 동일 영상을 반복적으로 관측하며 조사하므로 작업자세의 평가에 있어 과실 오차를 최소화할 수 있다(Lee and Park, 2001). 본 연구에서 영상분석은 촬영영상을 15초 간격으로 구분하여 조사되었으며, 벌도작업 작업자의 경우 총 275 영상, 가지제거작업 작업자의 경우 총 232 영상을 분류하여 평가하였다. 작업자세 평가는 작업자세 평가프로그램 ErgoFellow 3.0을 이용하여 OWAS, RULA, REBA 평가기법을 기준으로 분석하였다.

Table 2. Cross-check of body, arm and leg level by OWAS.

Action level		1			2			3			4			5			6			7		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	2	2	3	1	1	1	1	1	2
2	1	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3
	2	2	2	3	2	2	3	2	3	3	3	4	4	3	4	4	3	3	4	2	3	4
	3	3	3	4	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4	4	1	1	1	1	1	1
	2	2	2	3	1	1	1	1	1	2	4	4	4	4	4	4	3	3	3	1	1	1
	3	2	2	3	1	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4
4	1	2	3	3	2	2	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4
	2	3	3	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4
	3	4	4	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4

□: body, ■: arm, ▣: leg, □: workload

Table 3. Action levels relating to the score by OWAS, RULA and REBA.

Action level	OWAS	Score		Action
		RULA	REBA	
0	n/a	n/a	1	not required
1	Cross-check	1~2	2~3	not or may be required
2	Cross-check	3~4	4~7	required
3	Cross-check	5~6	8~10	may be required in future
4	Cross-check	7 <	11~15	required immediately

벌도작업은 이동, 벌도, 작업지연으로 구분하였으며, 작업자세에 영향을 미치는 요인을 분석하기 위해 산지경사를 완(15° 이하), 중(15~30°), 급(30° 이상)으로 조사하였다. 가지제거작업은 이동, 가지제거, 작업지연으로 구분하였으며, 영향을 미치는 요인을 분석하기 위해 벌도와 동일 기준 산지경사와 벌도목 방향(등고선 방향, 계곡방향) 및 높이(발, 무릎, 허리)를 조사하였다.

평가기법별 작업자세 신체부위는 OWAS 4가지(허리, 팔, 다리, 무릎 및 하중), RULA 9가지(허리, 목, 다리, 어깨, 팔꿈치, 손목, 손목비틀림, 무릎, 근육사용), REBA 9가지(허리, 목, 다리, 무릎, 어깨, 팔꿈치, 손목, 손잡이, 활동)로 구분하여 조사하였다.

4. 분석방법

OWAS, RULA, REBA를 이용하여 작업자세 평가기법별 위험도와 영향인자들 간의 유의성을 검증(P<0.05)하기 위하여, 벌도작업은 산지경사와 작업공정을 이용한 2요인 분산분석(2-way ANOVA)을 실시하였다. 또한 가지제거작업은 산지경사, 벌도목 높이, 벌도목 방향을 이용한 3요인 분산분석(3-way ANOVA)을 실시하였다. 모든 통계분석은 SPSS 23.0프로그램(IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 사용하였다.

결과 및 고찰

1. 작업자세 평가기법별 위험도

1) 벌도작업

벌도작업의 이동은 RULA는 3단계가 52.8%로 향후 작업자세 조치가 요구되었지만, OWAS와 REBA는 1단계 이하가 각각 52.8%와 75.5%로 신체에 무리가 없는 자세로 분석되었다. 벌도작업은 모든 기법에서 2, 3단계가 90% 이상으로 작업자세 조치가 요구되었으며, 또한 작업지연은 OWAS와 REBA에 따르면 대부분 작업자세 조치가 요구되지 않았지만, RULA에서는 4단계가 11.6%로 즉시 작업자세 변경이 필요한 것으로 분석되었다(Table 4). 이는 체인톱 날세우기, 주유 등의 작업지연은 상지부위 중심의 움직임이 많은 것으로 전신을 이용하여 평가하는 다른 기법에 비해 RULA에서 높은 단계로 평가된 것으로 사료된다.

신체부위별 OWAS, RULA, REBA를 이용하여 벌도작업의 작업자세를 평가한 결과 관찰되는 작업자세는 3가지로 분류되었다(Table 5). 벌도작업 시 가장 위험도가 높은 것은 허리는 60° 이상 굽히고 두 다리를 굽히고 서 있으며 20° 이상 앞으로 벌어진 Table 5(a)의 자세이고, 가장 낮은 것은 쪼그리고 앉은 Table 5(b)의 자세로 분석되었다. 이는 Grzywiński et al.(2017)의 벌도작업 자세별 심박수 분석결

Table 4. Frequency of action level in felling operation by OWAS, RULA and REBA.

Frequency of action level (%)	Felling operation			
	Moving	Felling	Delay	
OWAS	1	52.8	-	26.1
	2	32.1	57.3	44.9
	3	15.1	42.7	29.0
	4	-	-	-
RULA	1	-	-	1.4
	2	47.2	15.5	23.2
	3	52.8	80.9	63.8
	4	-	3.6	11.6
REBA	0	34.0	-	1.4
	1	41.5	5.5	50.7
	2	24.5	94.5	47.8
	3	-	-	-
4	-	-	-	

Table 5. Action level of 3 working postures in felling operation by OWAS, RULA and REBA.

Method	Body part	OWAS	RULA	REBA
		(a) back bent forward with bent legs	back	2
	neck	-	1	1
	leg	4	1	2
	shoulder	1	2	2
	elbow	1	2	1
	action level	3	4	2
(b) squat	back	2	4	4
	neck	-	1	1
	leg	1	1	1
	shoulder	1	1	1
	elbow	1	1	1
	action level	3	2	2
(c) kneeling on one knee	back	2	4	4
	neck	-	1	1
	leg	6	1	1
	shoulder	1	1	1
	elbow	1	1	1
	action level	3	4	2

과(squatting: 114.1 bpm, kneeling: 116.3 bpm, straight: 121.5 bpm, benting: 125.3 bpm)와 유사한 것으로 벌도작업 시 몸을 지면에 가깝게 쪼그려 앉은 자세가 신체에 무리가 적은 작업자세로 판단된다.

2) 가지제거작업

가지제거작업의 이동과 가지제거작업은 RULA에서 3단계 이상이 각각 54.3%와 68.3%로 작업자세의 변경이

Table 6. Frequency of action level in delimiting operation by OWAS, RULA and REBA.

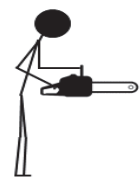
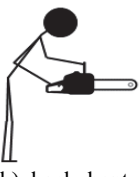
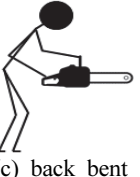
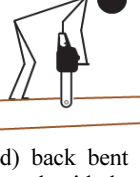
Frequency of action level (%)	Delimiting operation			
	Moving	Delimiting	Delay	
OWAS	1	31.4	38.5	61.5
	2	51.4	41.0	38.5
	3	17.1	20.5	-
	4	-	-	-
RULA	1	-	-	-
	2	45.7	31.6	84.6
	3	54.3	53.8	15.4
	4	-	14.5	-
REBA	0	11.4	40.4	3.4
	1	28.6	36.5	59.0
	2	60.0	23.1	32.5
	3	-	-	5.1
	4	-	-	-

요구되었지만, OWAS와 REBA에서는 대부분 2단계 이하로 신체에 무리가 없는 자세로 분석되었다. 또한 작업지연은 모든 기법에서 2단계 이하가 84.6% 이상으로 별도의 작업자세 변경이 요구되지 않았다(Table 6). 별도작업의 연구결과와 같이 가지제거작업도 다른 기법에 비해 RULA에 의한 작업자세 단계가 높게 평가되었다.

신체부위별 OWAS, RULA, REBA를 이용하여 가지제거작업의 작업자세를 평가한 결과 관찰되는 작업자세는 4가지로 분류되었다(Table 7). 가지제거작업 시 가장 위험도가 높은 것은 Table 7(d)와 같이 벌도목 위에서 작업하는 것으로, 작업자세의 조치가 필요하였다. 또한 벌도목이 허리 높이 이상으로 두 다리를 펴서하는 작업자세[Table 7(a)]가 가장 위험도가 낮았으며, 벌도목이 무릎과 허리높이 사이에서는 지속적인 관찰이 필요한 작업자세[Table 7(b)]로 벌도목이 무릎보다 아래에 위치할 때는 신속한 교정이 필요한 작업자세[Table 7(c)]로 분석되었다.

가지제거작업은 벌도작업에 비해 작업위험도가 낮았으며, 이는 Yovi and Prajawati(2015)가 REBA를 이용한 벌도, 가지제거, 절동, 운반작업을 평가한 결과(벌도 4단계, 가지제거 2단계, 절동 3단계, 운반 4단계)와 유사하였다. 또한 가지제거작업은 벌도목의 높이와 주변 하층식생 등에 따라 평가되는 것으로 판단되며, 향후 작업위험을 경감하기 위해 작업지 주변 환경에 따라 벌도와 가지제거작업을 함께 고려한 작업계획 수립이 필요할 것으로 사료된다.

Table 7. Action level of 4 working postures in delimiting operation by OWAS, RULA and REBA.

Method	Body part	OWAS	RULA	REBA
 (a) straight	back	1	2	2
	neck	-	1	1
	leg	2	1	1
	shoulder	1	1	1
	elbow	1	1	1
	action level	1	2	1
 (b) back bent forward with straight legs	back	2	3	3
	neck	-	1	1
	leg	2	1	1
	shoulder	1	2	2
	elbow	1	1	1
	action level	2	3	1
 (c) back bent forward with bent legs	back	2	3	3
	neck	-	1	1
	leg	4	1	2
	shoulder	1	2	2
	elbow	1	1	1
	action level	3	3	2
 (d) back bent forward with bent legs on the felled tree	back	2	4	4
	neck	-	1	1
	leg	4	1	2
	shoulder	1	3	3
	elbow	2	1	1
	action level	3	4	2

2. 작업자세 평가기법별 영향인자

1) 벌도작업

벌도작업자세의 평가기법별 위험도에 대해 영향을 주는 인자를 분석하기 위해 작업공정과 산지경사를 이용하여 2-way ANOVA 분석을 실시하였다. 다음 Table 8과 같이 REBA는 모든 인자(작업공정, 산지경사, 작업공정×산지경사)가 작업자세에 영향을 주었으며, OWAS는 작업공정과 작업공정×산지경사가 RULA는 작업공정만 통계적으로 유의적(p<0.05)인 차이가 있었다.

2) 가지제거작업

가지정리작업자세의 평가기법별 위험도에 대해 영향을 주는 인자를 분석하기 위해 산지경사, 높이(felled tree

Table 8. 2-way ANOVA analysis of felling operation using process and slope factors by OWAS, RULA and REBA.

Item	Degree of freedom	OWAS		RULA		REBA	
		F	p-value	F	p-value	F	p-value
Total	232						
Process ¹⁾ (A)	2	27.551	<0.0001*	7.547	<0.0001*	79.254	<0.0001*
Slope (B)	1	1.073	0.301	1.098	0.296	16.415	<0.0001*
A × B	2	13.855	<0.0001*	3.700	0.026*	8.161	<0.0001*
Error	226						

¹⁾ moving, felling and delay
* p<0.05

Table 9. 3-way ANOVA analysis of delimiting operation using slope, height and felling direction factors by OWAS, RULA and REBA.

Item	Degree of freedom	OWAS		RULA		REBA	
		F	p-value	F	p-value	F	p-value
Total	117						
Slope (A)	1	1.960	0.164	0.040	0.843	0.077	0.782
Height ¹⁾ (B)	2	41.518	<0.0001*	26.196	<0.0001*	12.385	<0.0001*
Felling direction (C)	1	4.197	0.043*	0.006	0.938	0.601	0.440
A × B	2	1.125	0.328	0.455	0.636	1.039	0.357
A × C	1	7.102	0.009*	0.080	0.777	1.147	0.287
B × C	2	0.334	0.717	0.598	0.552	0.277	0.759
Error	107						

¹⁾ Felled tree height from the ground
* p<0.05

height from the ground), 별도방향을 이용하여 3-way ANOVA 분석을 실시하였다. 모든 평가기법에서 지상으로부터 별도목 높이는 가지제거작업자세에 영향을 주었다. 또한 OWAS는 추가적으로 별도방향과 산지경사×별도방향이 작업자세에 대해 통계적으로 유의적(p<0.05)인 차이가 있었다(Table 9).

결론

산림작업에서 작업자의 부적절한 작업자세로 발생하는 근골격계질환은 산재보험 요율 증가와 근로의욕 저하 등으로 작업 생산성이 저하된다. 이에 작업자의 적정 작업자세를 제시하기 위해서는 정확한 작업자세 평가가 필요하다. 따라서 본 연구는 별도 및 가지제거작업의 작업자를 대상으로 인간공학적 분석 도구인 OWAS, RULA, REBA를 이용하여 위험도를 평가하고, 작업자세에 대한 영향인자를 분석하였다.

별도와 가지제거작업자세의 위험도는 RULA, OWAS, REBA 순으로 높게 평가되었다. 또한 모든 평가기법을 고려한 별도 및 가지제거작업자세는 대부분 2~3단계로 즉각 변경이 요구되지는 않았지만, 별도작업은 산지경사가 가지제거작업은 지상에서부터의 별도목 높이가 작업위험도 평가에 영향이 높은 것으로 분석되었다. 따라서 작업자의 안정성을 확보하기 위해 별도작업은 산지경사를 고려한 쪼그린 자세로, 가지제거작업은 별도목 높이를 고려한 위치에서 허리와 다리가 곧은 자세가 작업부하를 감소하는 적정 작업자세로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 산림청 “목재 자원의 고부가가치 첨단화 기술개발사업(과제번호: 2020212C10 -2022-AC02)” 및 “2020년도 강원대학교 대학회계 학술 연구조성비”의 지원에 의하여 수행되었습니다.

References

- Cho, M.J., Choi, Y.S., Mun, H.S., Lee, C.G., Lee, E.J., Jung, E.J., Oh, J.H., Han, S.K., Kim, D.H. and Cha, D.S. 2016. Productivity and costs of felling operation for three harvesting methods in mixed forest stands. *Journal of Korean Society of Forest Science* 105(4): 441-448.
- Dempsey, P.G., McGorry, R.W. and Maynard, W.S. 2005. A survey of tools and methods used by certified professional ergonomists. *Applied Ergonomics* 34(4): 489-503.
- Enez, K. and Nalbantoğlu, S.S. 2019. Comparison of ergonomic risk assessment output from OWAS and REBA in forestry timber harvesting. *International Journal of Industrial Ergonomics* 70: 51-57.
- Figlalı, N., Cihan, A., Esen, H. Figlalı, A., Cismeci, D., Güllü, M.K. and Yılmaz, M.K. 2015. Image processing-aided working posture analysis: I-OWAS. *Computers & Industrial Engineering* 85: 384-394.
- Gallo, R. and Mazzetto, F. 2013. Ergonomic analysis for the assessment of the risk of work-related musculoskeletal disorder in forestry operations. *Journal of Agricultural Engineering XLIV(s2): 730-735.*
- Grzywiński, W., Jelonek, T., Tomczak, A., Jakubowski, M. and Bembek, M. 2017. Does body posture during tree felling influence the physiological load of a chainsaw operator?. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* 24(3): 401-405.
- Han, D.H. and Lee, J.H. 2007. *Modern Industrial Hygiene Management*. SinGwangMunhwasa.
- Hignett, S. and Mcatamney, L. 2000. Rapid entire body assessment(REBA). *Applied Ergonomics* 31(2): 201-205.
- Im, S.J. 2015. An empirical study on quantitative work-relatedness for symptoms of musculoskeletal disorders. (Doctoral dissertation). Seoul, Inha University.
- Im, S.J., Choi, S.Y., Park, D.H. 2011. The usability analysis for ergonomic evaluation methods of work-related musculoskeletal disorders. *Journal of Korea Safety Management & Science* 13(2): 83-90.
- Karhu, O., Kansi, P. and Kuorinka I. 1977. Correcting working postures in industry: A practical method for analysis. *Applied Ergonomics* 8(4): 199-201.
- Lee, E.J., Baek, S.A. and Cho, K.H. 2020. Postural risk assessment of weed and kudzu removal operations. *Journal of Korean Society of Forest Science* 109(2): 195-201.
- Lee, I.S., Jeong, M.K. and Choi, K.I. 2003. Comparison of observational posture evaluation methods based on perceived discomfort. *Journal of the Ergonomics Society of Korea* 22(1): 43-56.
- Lee, J.W. and Park, B.J. 2001. Analysis of working posture using OWAS in forest work. *Journal of Korean Society of Forest Science* 90(3): 388-397.
- Lee, M.K., Park, B.J., Lee, J.W. and Choi, S.M. 2015. Analysis of working posture of forest trail construction. *CNU Journal of Agricultural Science* 42(2): 117-124.
- McAtamney, L. and Corlett, E.N. 1993. RULA: A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics* 24(2): 91-99.
- Ministry of Government Legislation (MOLEG). 2020. <http://www.law.go.kr> (2020.04.26.)
- Park, J.H. and Kwak, W.T. 2006. Comparison of the representative values of the sampled work scenes with the expert's judgment in the MSD workload evaluation. *Journal of the Ergonomics Society of Korea* 25(2): 205-210.
- Spinelli, R., Aminti, G., Maganotti, N. and De Francesco, F. 2018. Postural risk assessment of small-scale debarkers for wood post production. *Forests* 9: 111.
- Yovi, E.Y. and Prajawati, W. 2015. High risk posture on motor-manual short wood logging system in *Acacia mangium* plantation. *Journal Manajemen Hutan Tropika XXI(1): 11-18.*

Manuscript Received : February 21, 2021

First Revision : May 6, 2021

Second Revision : May 18, 2021

Accepted : May 21, 2021