

## 소나무와 일본잎갈나무 조림지 관리를 위한 어린나무가꾸기의 작업 자세 위험도 분석

### Postural Risk Assessment of Young Tree Tending Operations in for Managing *Pinus Densiflora* and *Larix Kaempferi* Plantations

이은재<sup>1</sup>, 이상태<sup>1</sup>, 한상균<sup>2</sup>, 조구현<sup>3\*</sup>

Eun-Jai Lee<sup>1</sup>, Sang-Tae Lee<sup>1</sup>, Sang-Kyun Han<sup>2</sup>, Koo-Hyun Cho<sup>3\*</sup>

#### 〈Abstract〉

*Pinus densiflora* and *Larix kaempferi* forests not only extended the plantation management area but also cultivated to the sustainable wood supply chain during the last 5-years. These prescriptions are primarily done by manual operation activities, particularly in young tree tending. Two types of tending activities, brushing by brush cutter(BB) and pruning by pruning shear and saw(PP), were selected for the investigate of musculoskeletal disorders' level and postural risks using Ovako Working Posture Analysis System (OWAS). The postural risk indexes (BB and PP) ranged from 115 to 125 and 102 to 105, respectively. There is no significant difference between the species. The young tree tending operations had low postural risks. The results may be used as basic data to develop technical guideline for safe young trees.

**Keywords :** manual operation, young tree tending, Ovako Working Posture Analysis System(OWAS), musculoskeletal disorders, Postural Risk Index(PRI)

1 국립산림과학원 산림기술경영연구소

2 강원대학교 산림과학부

3\* 국립산림과학원 산림기술경영연구소  
E-mail: khcho@korea.kr

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

2 Division of Forest Sciences, Kangwon National University,  
Chuncheon 24341, Korea

3\* Forest Technology and Management Research Center,  
National Institute of Forest Science, Pocheon 11186, Korea

## 1. 서론

어린나무가꾸기(Young tree tending)는 조림한 후 5~10년 동안 조림목이 우량하게 자랄 수 있도록 실시하는 작업이다(Korea Forest Service, 2021). 최근 5년간(2015년부터 2019년까지) 어린 나무가꾸기 사업면적을 살펴보면, 매년 평균적으로 연간 1.7천만ha의 면적을 수행하였고, 숲가꾸기 사업면적(26.6천만ha)의 7%를 차지한다(Korea Forest Service, 2020). 이 사업은 일반적으로 식재본수 대비 50% 이상의 조림목이 생육하고 있는 조림 성공지, 조림목(26~49% 생육)과 천연발생목이 혼효되어 있는 조림목 혼생지, 천연발생목을 활용하여 우량 대경재 생산이 가능한 활엽수림 지역에서 실시되고 있다. 특히, 어린나무가꾸기는 크게 조림목 생장에 피해를 주는 유해수종과 고사목을 제거하는 작업과 가지치기 작업 공정으로 구분할 수 있으며, 모든 작업 공정은 인력에 의한 작업으로 이루어진다.

체인톱·예초기 등을 이용한 인력위주의 산림 작업은 적은 투자비용으로 다양한 작업 공정(벌목, 조재, 가지치기 등)에 이용할 수 있어 캐나다, 유럽 등의 지역에서 널리 이용되고 있다(Albizu-Urionabarrenetxea et al., 2013). 하지만, 이러한 작업들은 고·저온 환경 노출, 급경사지 이동 등의 불리한 작업환경에서 지속적으로 이루어지는 단순반복작업으로 인하여 신체적 기능을 저하시킬 뿐 아니라 산업재해(occupational accident)에 취약하게 된다(Neri et al., 2018). 더 나아가, 근골격계 관련 질병 증상은 산림작업 후 수년이 경과한 후에 발생하기도 한다. 이러한 이유에서, 산림 작업 방법별 작업 자세에 의한 근골격계 부담 정도 분석에 대한 연구가 필요하다(Spinelli et al., 2018; Lee et al., 2020).

국내 산림분야의 작업 자세 위험도 평가

(Postural risk assessment)에 관련된 논문을 살펴 보면, Ovako Working Posture Analysis System(*OWAS*) 분석 방법을 이용하여 체인톱을 이용한 벌도작업, 낫·고지절단톱·예초기를 이용한 숲가꾸기 작업(풀베기, 덩굴제거, 어린나무가꾸기)의 작업 자세에 대하여 분석하였다(Lee and Park, 2001; Lee et al., 2020). *OWAS*는 Rapid Upper Limb Assessment(*RULA*), Rapid Entire Body Assessment(*REBA*) 분석 방법과 다르게 전신을 사용하는 작업원의 자세에 대한 근골격계 부담 정도를 분석하기 위해 개발되었으며, 산림분야에서 작업 자세 위험도를 측정하는데 주로 활용되고 있다(Diego-Mas et al., 2015; Spinelli et al., 2018). *RULA*는 상지부위(어깨, 팔목, 손목, 목 등)을 중심으로 발생하는 근골격계 부하를 정량적으로 평가하는 방법인 반면, *REBA*는 서비스업 분야에서 발생하는 작업자세의 근골격계 부담 정도를 평가하는데 이용되고 있다(Korea Occupational Safety and Health Agency, 2021). 한편, 인공조림지에서 어린나무가꾸기 작업에 대한 작업 자세 분석 및 근골격계질환 위험성 평가에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

최근 5년간 조림실적을 살펴본 결과, 소나무와 낙엽송의 비율은 전체 조림 면적의 32%와 24%를 각각 차지하고 있다. 또한, 이들 수종은 산림의 경제적 가치 증진을 위해 조림권장수종으로 선정되어 있다(Korea Forest Service, 2021). 따라서 본 연구에서는 두 수종의 인공조림지에서 침입 잡관목류와 덩굴류를 제거하는 작업과 가지치기 작업이 작업원의 근골격계 손상에 미치는 영향과 이 작업의 자세 위험도를 평가하고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 연구대상지 개요

어린나무가꾸기의 작업 자세 위험도를 평가하기 위하여 국립산림과학원 광릉산림과학연구시험림(경기도 포천시 내촌면 음현리 산 28-1번지)에 위치한 소나무와 일본잎갈나무 조림지를 선정하였다 (Fig. 1 and 2). 소나무 조림지는 2.0ha의 면적으로 2008년 1-1 노지묘가 ha당 1,800본 밀도로 식재되었으며, 2020년 기준 조림목의 경급과 평균 수고는 각각 13cm(최소: 8, 최대: 16cm)와 8m

(최소: 5, 최대: 11m)이었다. 한편, 일본잎갈나무 조림지는 1.3ha의 면적으로 2010년 1.5-0 용기묘가 ha당 3,000본 밀도로 식재되었으며, 현재 조림목의 경급과 평균 수고는 각각 10cm(최소: 6, 최대: 14cm)와 9m(최소: 4, 최대: 12m)이었다. 따라서, 연구대상지는 유령림 단계로 구분할 수 있다.

### 2.2 작업 자세 측정 및 위험도 평가

침입 잡관목류와 덩굴류를 제거하는 작업은 예초기(Mitsubishi TB43, Mitsubishi Heavy

(a) Brashing

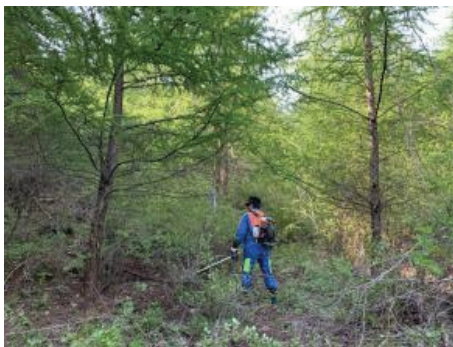


(b) Pruning



Fig. 1 Young tree tending operations in *Pinus densiflora* plantation

(a) Brashing



(b) Pruning



Fig. 2 Young tree tending operations in *Larix kaempferi* plantation

Industries Ltd., Japan)를 사용하였으며, 가지치기 작업이 작업은 30 cm 곡선날 전지톱(pruning saw)을 활용하였다.

어린나무가꾸기의 작업 자세를 실시간으로 측정하기 위하여 동영상 촬영 기법을 이용하였으며, 이 방법은 작업 자세를 측정하는데 유용하게 이용되고 있다(Spinelli et al., 2018; Lee et al., 2020; Marogel-Popa et al., 2020). 동영상 촬영은 12 메가픽셀 4K UHD(Ultra High Definition) 카메라(GoPro Hero4 CHDX-401, GoPro, Inc., California, United States of America)를 이용하였으며, 최대 2시간 촬영이 가능하다. 어린나무가꾸기의 작업 자세 촬영은 2수종(소나무, 일본잎갈나무) 조건과 2종류의 작업 방법(침입 잡관목류와 덩굴류를 제거하는 작업, 가지치기 작업)으로 설정하였으며, 조건별로 총 3명의 작업원을 대상으로 실시하였다(Table 1). 작업원에 의한 영향을 최소화하기 위해 모든 작업 공정에 대하여 동일한 작업원의 작업 자세를 촬영하였다.

작업원의 작업 자세가 촬영된 영상은 10초 간격으로 이미지화하였으며, 특히, 휴식을 취하는 자세는 제외하였다. 소나무 조림지에서 침입 잡관목류와 덩굴류를 제거하는 작업의 작업원 A, B, C의 스틸컷(still cut)은 각각 1,072, 924, 1,486컷으로 추출하였다. 또한, 일본잎갈나무 조림지에서는 941(작업원 A), 1,570(작업원 B), 1,468(작업원 C)컷의 이미지를 분류하였다. 한편, 가지치기 작업 자세를 평가하기 위해 소나무와 일본잎갈나무 조림지에서 스틸컷은 각각 3,087(작업원 A: 1,015,

작업원 B: 1,007, 작업원 C: 1,065)와 4,477(작업원 A: 1,455, 작업원 B: 1,454, 작업원 C: 1,568)컷으로 이미지를 구축하였다.

구축된 스틸컷은 작업 자세가 근골격계 손상에 미치는 영향을 분석하는데 활용하였다. 이를 분석하기 위해 핀란드 OVAKO OY 업체에서 개발된 OWAS 분석방법을 이용하였다(Gómez-Gálan et al., 2017). 이 분석방법은 신체 부위를 허리, 팔, 다리로 구분하여 근골격계에 미치는 영향을 평가할 수 있을 뿐만 아니라 장비, 자재 등의 무게에 따른 부담 정도를 판정할 수 있다. 또한 신체부위별 작업자세를 Table 2에 따라 코드를 분류하고, 또한 이를 조합하여 근골격계에 부정적 영향을 미치는 정도(Action categories, AC)를 평가할 수 있다(Sarkar et al., 2016). 예를 들어, 허리는 구부리고, 양손은 모두 어깨 아래로 내린 채 두 다리를 구부린 자세이며, 약 15kg의 장비를 들고 다니는 경우, AC 3이 된다(Fig. 3).

- AC 1 : 근골격계에 특별한 손상이 발생하지 않으므로 자세 교정 조치가 필요하지 않음
- AC 2 : 근골격계 손상이 발생함에 따라 자세 교정이 필요함
- AC 3 : 근골격계 심각한 손상이 발생함에 따라 가능한 한 빠른 시일 내에 자세 교정이 필요함
- AC 4 : 근골격계에 매우 심각한 손상이 발생함에 따라 즉시 자세 교정이 필요함

Table 1. Basic anthropometric characteristics of workers

ID	Age (year)	Body mass (kg)	Work experience (year)	Chronic disease
A	65	67	10	none
B	65	75	10	none
C	64	72	15	none



Table 2. Definition of body position code with OWAS (Corella justavino et al., 2015)

	Code	Definitions
Back posture	1	Straight
	2	Bent
	3	Rotate or tilt sideways
	4	Bent and twist
Arm posture	1	Both below elbow joint
	2	One above elbow joint
	3	Both above elbow joint
Leg posture	1	Sitting
	2	Standing with legs upright
	3	Standing with one leg upright
	4	Standing with legs bent
	5	Standing with one leg bent
	6	Kneeling on one or both knees
	7	Walking
External load	1	< 10kg
	2	< 20kg
	3	> 20kg

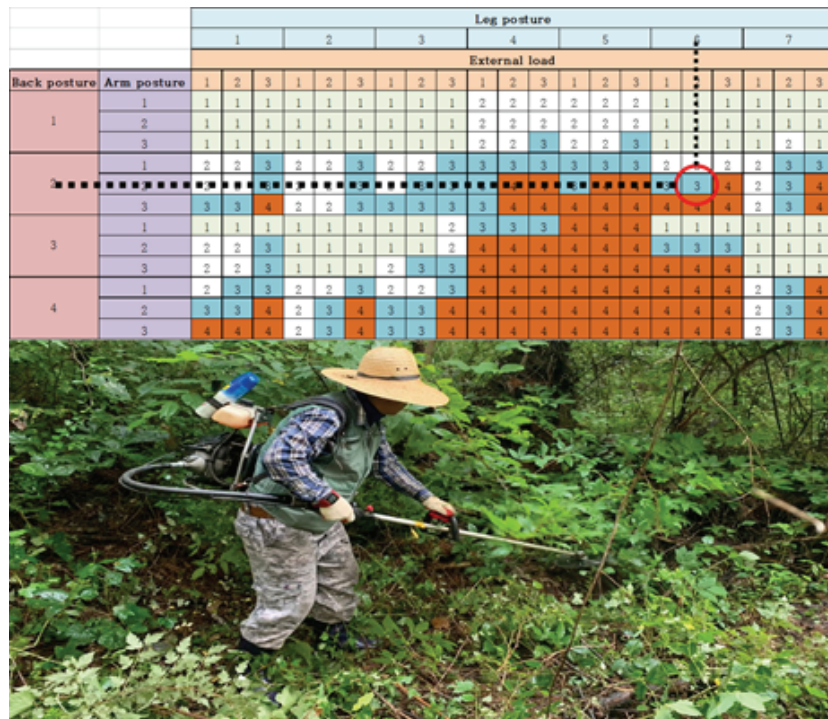


Fig. 3 Exemplary evaluate the action categories(AC)

수종별 어린나무가꾸기 작업 자세의 위험도 (Postural risk index: *PRI*)를 평가하기 위해 Calvo(2009)가 개발한 수식 (1)을 적용하였다. *PRI*는 작업방법에 따라 발생하는 *AC*의 비율을 지수화하는 방법이다. 특히, *PRI*의 값은 100~400 범위의 값을 갖으며, 100인 경우 '작업 자세의 위험도가 낮다', 400인 경우 '작업 자세의 위험도가 높다'는 것을 의미한다.

$$PRI = (AC1 \times a) + (AC2 \times b) + (AC3 \times c) + (AC4 \times d)$$

where, *a* = frequency of a number in *AC* 1,  
*b* = frequency of a number in *AC* 2,  
*c* = frequency of a number in *AC* 3, and  
*d* = frequency of a number in *AC* 4.

한편, 외부온도가 작업 자세에 미치는 영향을 분석하기 위해 디지털 측구 온도계(AZ-8758, AZ instrument Corp. Taichung, Taiwan)를 이용하여 10분 간격으로 120 m 높이에서 건구·흑구온도, 습도를 측정하였다. 이 장비는 건구온도 0~50°C, 흑구온도 0~80°C, 습도 0~100%의 범위에서 측정이 가능하다. 특히, 측정된 값은 수식 (2)를 활용하여 외부 습구흑구온도(Wet Bulb Globe Temperature: *WBGT*) 지수를 계산하였다(Yaglou and Minaed, 1957). *WBGT*는 내·외부 작업자의 열스트레스를 평가하는 도구로 유용하게 이용되며, 18 미만인 경우 '열스트레스가 없다', 30 이상인 경우 '열에 의한 상해 위험성이 높아 작업이 금지된다'는 것을 의미한다(Zare et al., 2019).

$$WBGT = 0.7 T_w + 0.2 T_g + 0.1 T_d$$

where,  $T_w$  = Natural wet-bulb temperature,  
 $T_g$  = Globe thermometer temperature, and  
 $T_d$  = Dry-bulb temperature.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 근골격계 부담 정도 분석

수종별 예초기를 활용한 침입 잡관목류와 덩굴류를 제거하는 작업의 자세를 분류한 결과는 Table 3과 같다. 소나무 조림지에서 작업하는 동안의 평균 외부 습구흑구온도 지수는 9.8이었고, 일본잎갈나무 조림지의 경우에는 12.5로 나타나 열스트레스가 없는 작업 환경에서 수행되었음을 알 수 있다. 이 작업은 대부분 앞을 주시하면서 허리를 곧게 펴고 양손을 어깨 아래로 내린 채 두 다리를 쪽 편 채로 반듯하게 서 있는 자세를 반복적으로 유지하는 경향을 보였으며, 예초기 해당 장비를 등에 짊어지고 이동하기 때문에 최대 20kg의 하중 부담이 가해진다. 이 결과는 기존의 연구결과와 일치하는 경향을 보인다. 예초기를 이용한 산림작업원(소경목 벌도작업, 풀베기작업)의 자세를 분석한 선행연구를 살펴보면, 허리와 다리는 곧게 편 자세, 예초기를 안전하게 작동하기 위해 양손을 어깨 아래로 한 자세의 비율이 높은 것으로 나타났다(Borz et al., 2019; Lee et al., 2020). 예초기를 이용하는 작업 특성에 따라 작업 붕괴 예취날을 제외한 엔진부, 연료탱크, 휘발유 등을 짊어지고 이동해야 하는 과정에서 최소 10kg, 최대 20kg 범위의 하중이 작업원에게는 부담으로 작용하게 된다.

한편, 근골격계 부담 정도에 대해서는 수종과 관계없이 전체 작업 자세의 80% 이상이 근골격계에 특별한 손상이 발생되지 않는 수준인 것을 알 수 있었다(Fig. 3; 소나무 조림지의 평균 *AC* 1: 85.3%±2.4, 일본잎갈나무 조림지의 평균 *AC* 1: 81.7%±1.5). 반면, 근골격계가 심각하게 손상되는 단계(*AC* 3)의 작업 자세 비율은 소나무 조림지와

Table 3. Percent breakdown of observations among different body parts by pruning operation

		<i>Pinus Densiflora</i> plantation			<i>Larix kaempferi</i> plantation		
	Code	A(%)	B(%)	C(%)	A(%)	B(%)	C(%)
Back posture	1	84.2	89.4	80.8	83.7	81.6	77.8
	2	14.8	9.8	17.6	14.7	17.0	20.6
	3	0.7	0.8	1.1	1.3	1.4	1.1
	4	0.3	-	0.4	0.3	-	0.5
Arm posture	1	97.6	97.7	96.0	95.1	96.4	95.8
	2	2.4	2.3	4.0	4.9	3.6	3.7
	3	-	-	-	-	0.1	0.4
Leg posture	1	-	-	-	-	-	-
	2	86.1	85.2	84.3	85.8	86.5	85.6
	3	0.1	-	0.1	0.3	-	0.3
	4	2.7	2.3	0.6	1.2	1.9	0.6
	5	0.2	0.1	0.7	-	0.1	-
	6	-	-	-	-	-	-
	7	10.9	12.4	14.3	12.8	11.5	13.6
External load	1	-	-	-	-	-	-
	2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	3	-	-	-	-	-	-

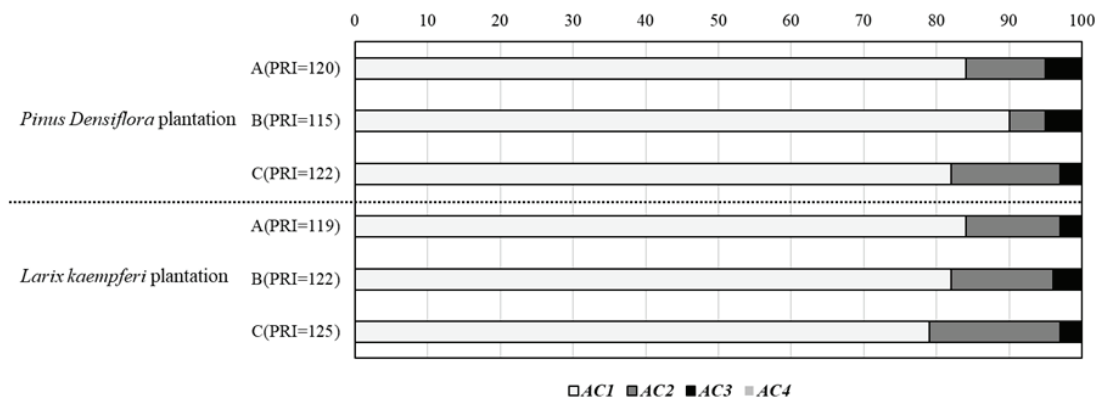


Fig. 4 Data distribution of action categories(AC) and the evaluated postural risk indexes(PRI) at the plantation for pruning operations

일본잎갈나무 조림지에서 각각  $5\% \pm 0.0$ ,  $3\% \pm 0.0$ 로 나타났다. 즉, 안정적인 자세로 침입 잡관목류와 덩굴류를 제거하는 작업을 수행하는 과정에서 작업원의 근골격계 부담이 낮아지는 결과를 보였다.

전정가위·손톱을 이용한 가지치기 작업의 자세를 분류한 결과, 허리를 곧게 편 자세, 양손을 어깨 아래로 한 자세, 두 다리를 펴고 선 자세의 비율이 높은 경향을 보였다(Table 4). 소나무와

Table 4. Percent breakdown of observations among different body parts by tending operation

		<i>Pinus Densiflora</i> plantation			<i>Larix kaempferi</i> plantation		
	Code	A(%)	B(%)	C(%)	A(%)	B(%)	C(%)
Back posture	1	97.6	96.4	95.2	98.4	97.2	98.3
	2	23.	3.2	4.5	1.6	2.5	1.5
	3	-	0.3	0.2	-	0.2	0.2
	4	0.1	0.1	0.1	-	0.1	-
Arm posture	1	74.8	69.7	71.2	70.4	66.7	63.0
	2	14.2	17.8	17.6	21.2	21.5	25.6
	3	11.0	12.5	11.3	8.5	11.8	11.3
Leg posture	1	-	-	-	0.8	-	0.1
	2	76.7	79.1	87.5	89.9	92.3	96.8
	3	-	0.2	-	-	0.1	-
	4	0.1	0.1	-	0.1	0.2	0.1
	5	-	-	-	-	0.1	-
	6	-	-	-	-	-	-
	7	23.2	20.6	12.5	9.2	7.3	3.1
External load	1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	2	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-

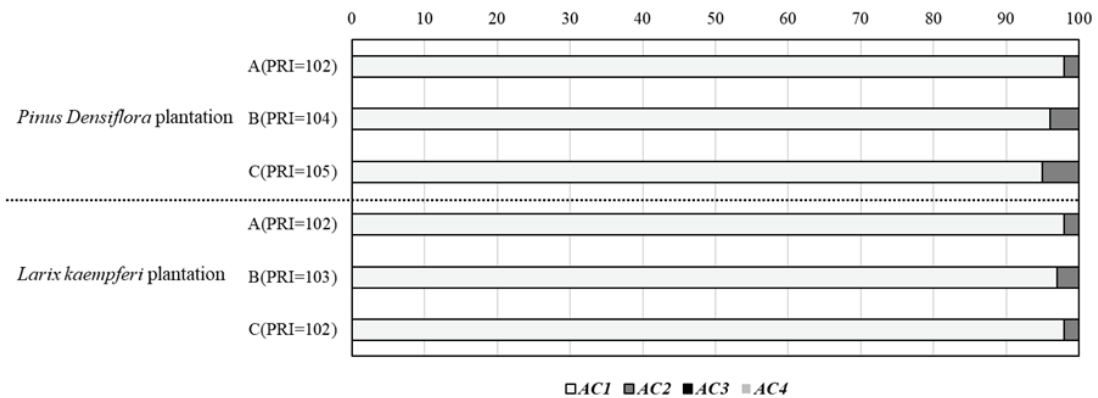


Fig. 5 Data distribution of action categories(AC) and the evaluated postural risk indexes(PRI) at the plantation for tending operations

일본잎갈나무 조림지 작업 자세를 측정 당시의 평균 WGBT는 각각 16.6, 15.6으로 계산되었으며, 작업원은 고온스트레스에 노출되지 않았음을 알 수 있다. 신체 부위별(허리, 팔, 다리) 반복적으로

발생되는 자세의 빈도는 전반적으로 수종과 관계 없이 상당히 비슷한 경향을 보였다. 한편, 유해수종과 고사목을 제거하는 작업과 다르게 손을 어깨 위로 올린 자세의 빈도가 약 6배 정도 높게 나타



났음을 알 수 있다. 작업원의 손이 어깨 위로 올라간 자세가 상당히 많이 발생하는 이유는 가지치기 작업이 높이 3m 이내에 한하여 실시되는 작업 과정에 많은 영향을 받는 것을 알 수 있었다. 또한, 작업원은 전정가위, 손톱의 장비를 착용하고 이동하면서 작업하므로 10kg 이하의 하중이 가해지는 것을 알 수 있었다.

한편, 가지치기 작업은 작업원의 근골격계에 특별한 손상이 발생되지 않는 수준을 보였다(Fig. 4; 소나무 조림지의 평균 AC 1:  $96.4\% \pm 0.01$ , 일본잎갈나무 조림지의 평균 AC 1:  $97.9\% \pm 0.01$ ). 반면, 근골격계에 부정적 영향을 미치는 단계(AC 3, AC 4)의 발생 빈도는 상당히 낮은 양상을 보였다. 즉, 가지치기 작업원은 허리, 팔, 다리 신체 부위의 무리한 동작으로 인한 근골격계 손상 없이 안정적으로 작업이 수행됨을 알 수 있었다.

### 3.2 작업 자세 위험도 분석

소나무 조림지의 경우, 침입 잡관목류와 덩굴류를 제거하는 작업과 가지치기 작업의 *PR*는 각각 115~122와 102~105 범위로 계산되었다(Fig. 3, 4). 한편, 일본잎갈나무 조림지의 경우에는 119~125(침입 잡관목류와 덩굴류를 제거하는 작업)와 102~103(가지치기 작업)으로 분석되었다. 특히, 수종에 따라 어린나무가꾸기의 작업 자세 위험도는 약간의 차이가 발생하지만, 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았다(ANOVA  $p$ -value>0.05). 결과적으로, 어린나무가꾸기의 전체 작업 자세의 AC 1과 AC 2 비율이 80% 이상 차지하기 때문에 *PR*의 값이 전반적으로 낮게 분석된 것으로 보인다.

작업 자세 위험도는 AC 발생 빈도에 의한 영향이 크게 나타난다. 산림작업의 *PR*를 분석한 선행연구를 살펴보면, 풀베기 작업, 칩덩굴제거 작

업, 벌도 및 조제 작업은 각각 160~180, 265~373, 206~218의 범위로 계산되었다(Yongang and Baojun, 1998; Cheta et al., 2018; Lee et al., 2020). *PR*는 근골격계에 심각한 손상을 발생시키는 자세, 즉, 허리를 굽히는 자세, 양 손 모두 어깨 위로 올린 자세, 두 다리를 구부리는 자세, 무릎을 꿇는 자세의 발생 빈도가 높을수록 작업 자세 위험도는 높아지게 된다(Calvo, 2009; Lee et al., 2020). 결과적으로, 어린나무가꾸기는 다른 산림작업에 비해 근골격계에 부정적인 영향을 미치는 자세의 발생 비율이 상당히 낮게 나타나는 원인으로 작업 자세 위험도가 낮은 것을 알 수 있었다.

## 4. 결론

본 연구에서는 소나무와 일본잎갈나무 조림목의 정상적인 생장을 도모하기 위하여 실행하는 침입 잡관목류와 덩굴류를 제거하는 작업과 가지치기 작업의 근골격계 부담 정도와 작업 자세 위험도를 분석하였다. 신체 부위별 작업 자세를 분류한 결과, 어린나무가꾸기는 상당히 안정적인 자세로 수행되며, 근골격계에 손상이 발생되지 않는 수준임을 알 수 있었다. 또한 작업 자세 위험도가 상당히 낮은 것으로 나타났는데, 이는 근골격계 손상이 발생되지 않는 자세의 빈도가 높게 나타났기 때문이다. 특히, 수종에 따라 작업 자세 위험도 차이에 대해서는 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

본 연구는 *OWAS* 분석 방법을 활용하여 어린나무가꾸기 작업 자세에 의한 근골격계 부담 정도 및 작업 자세 위험도를 정량적으로 분석하였다. 이를 통하여 어린나무가꾸기 작업원은 상당히 안정적인 자세로 작업을 수행하는 것을 알 수 있었

다. 한편, 작업량 또는 작업면적에 대한 데이터를 획득하지 않아 작업 자세와 효율성과의 연관성을 해석하는데 한계를 보였다. 향후 추가적인 연구를 통해 작업 효율과 안전성 향상을 위한 어린나무가꾸기 표준 작업 자세 및 방법을 제시할 것으로 기대된다.

### 참고문헌

- [1] Albizu-Uriónabarrenetxea, P., Tolosana-Esteban, E., Roman-Jordan, E., Safety and health in forest harvesting operations. Diagnosis and preventive actions. A review. *Forest System*, 22(3) pp. 392-400, (2013)
- [2] Borz, S.A., Talagai, N., Cheța, M., Chirilou, D., Vinicio, A., Montoya, G., Vizuet, D.D.C., Marcu, M.V., Physical strain, exposure to noise and postural assessment in motor-manual felling of willow short rotation coppice: results of a preliminary study. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 40(2) pp. 377-388, (2019)
- [3] Calvo, A., Musculoskeletal disorders(MSD) risks in forestry: A case study to propose an analysis method. *Agricultural Engineering International*, 11 pp. 1-9, (2009)
- [4] Cheța, M., Marcu, M.V., Borz, S.A., Workload, exposure to noise, and risk of musculoskeletal disorders: a case study of motor-manual tree felling and processing in Poplar clear cuts. *Forests*, 9(6) 300, (2018)
- [5] Corella-justavino, F., Jimenez raminez, R., Meza perez, N., Alexandru Borz, S. The use of OWAS in forest operations postural assessment: advantages and limitations. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov Series II: Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering*, 8(57) 7-16. (2015)
- [6] Diego-Mas, J., Poveda-Bautista, R., Garzon-Lel, D., Influences of the use of observational methods by practitioners when identifying risk factors in physical work. *Ergonomics*, 58 pp. 1660-1670, (2015)
- [7] Gómez-Galán, M., Pérez-Alonso, J., Callejón-Ferre, Á., López-Martínez, J., Musculoskeletal disorders: OWAS review. *Industrial Health*, 55 pp. 314-337, (2017)
- [8] Korea Forest Service., Available online: <https://www.forest.go.kr>(accessed on 11 January 2021)
- [9] Korea Forest Service., *Statistical Yearbook of Forestry.*, 448 (2020)
- [10] Korea Occupational Safety and Health Agency., Available online: [https://www.kosha.or.kr/kosha/business/musculoskeletal\\_c\\_d.do](https://www.kosha.or.kr/kosha/business/musculoskeletal_c_d.do)(accessed on 8 April 2021)
- [11] Lee, J.W., Park, B-J., Analysis of working posture using OWAS in forest work. *Journal of Korean Forest Society*, 90(3) pp. 388-397, (2001)
- [12] Lee, E., Back, S-A., Cho, K-H., Postural Risk Assessment of Weed and Kudzu Removal Operations. *Journal of Korean Society of Forest Science*, 109(2), pp. 195-201, (2020)
- [13] Marogel-Popa, T., Marcu, M.V., Borz, S.A., Postural risk in manual planting operations of Poplar: two options compared. *Sustainability*, 12, 5531, (2020)
- [14] Neri, F., Laschi, A., Foderi, C., Fabiano, F., Bertuzzi, L., Marchi, E., Determining noise and vibration exposure in conifer cross-cutting operations by using Li-Ion batteries and electric chainsaws. *Forests*, 9, 501, (2018).
- [15] Sarkar, K., Dev, S., Das, T., Chakrabarty, S., Gangopadhyay, S., Examination of postures and frequency of musculoskeletal disorders among manual workers in Calcutta, India. *International Journal of Occupational and Environmental Health*, 22(2), pp. 1-83. (2016)
- [16] Spinelli, R., Aminti, G., Maganotti, N., De Francesco, F., Postural risk assessment of small-scale debarkers for wood post production. *Forests*, 9, 111, (2018)
- [17] Yaglou, G., Minaed, D., Control of heat

- casualties at military training centers. A.M.A. Archives of Industrial Health, 16(4) pp. 302-316, (1957)
- [18] Zare, S., Shirvan, H.E., Hemmatjo, R., Nadri, F., Jahani, Y., Jamshidzadeh, K., Paydar, P., A comparison of the correlation between heat stress indices(UTCI, WBGT, WBDT, TSI) and physiological parameters of workers in Iran. Weather and Climate Extremes, 26, 100213, (2019)
- 
- (접수: 2021.04.06. 수정: 2021.04.28. 게재확정: 2021.04.30.)