


숲가꾸기를 위한 풀베기와 칩덩굴제거작업의 근골격계 부담 분석

이은재 · 백승안 · 조구현 *

국립산림과학원 산림기술경영연구소

Postural Risk Assessment of Weed and Kudzu Removal Operations

Eunjai Lee, Seung-An Baek and Koo-Hyun Cho *

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

요약: 산림작업은 비정형화된 작업 환경(날씨, 지형)에서 신체의 반복적인 동작 등으로 인하여 근골격계 질환에 취약하다. 특히, 조림목의 원활한 성장을 위해 실행하는 풀베기와 칩덩굴제거 작업은 여전히 많은 인력이 투입되고 있으며, 이 작업자세에 대한 인간공학적인 평가가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 OWAS (Ovako Working Posture Analysis System) 분석방법을 이용하여 예초기를 이용한 풀베기 작업과 낫·손톱을 이용한 칩덩굴제거 작업의 신체부담을 정량적으로 평가하였다. 또한 작업자세 위험도 지수(Postural risk index: PRI)를 통하여 산림작업의 위험 정도를 분석하였다. 풀베기와 칩덩굴제거 작업원에 대한 작업자세를 분석한 결과, 칩덩굴제거작업의 작업자세 위험성이 풀베기작업에 비해 통계적으로 더 높은 수준을 보였다. 칩덩굴을 제거하는 작업 과정 중에서 다리에서는 두 다리를 구부리는 자세와 무릎 꿇는 자세의 비율이 높게 나타나기 때문에 근골격계에 부정적 영향을 미치는 것으로 판단된다. 이 연구결과는 풀베기와 칩덩굴제거 작업원의 작업부하 및 근골격계 질환을 저감하는 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract: A forest operation is considered as one of the riskiest environments for the development of musculoskeletal disorders because operators are exposed to harmful environmental conditions such as rough terrain, inclement weather, and poor working postures. In weed and kudzu removal operations, manual application is still common in Korea. In this study, we evaluated the ergonomic conditions of weed and kudzu removal in regeneration forests and the associated risk of musculoskeletal disorders. The risk of musculoskeletal disorders was evaluated using the Ovako Working Posture Analysis System and postural risk index. Postural risk was significantly higher for kudzu compared with weed removal operations. This suggests that kudzu removal operations must be improved to decrease postural risk.

Key words: forest operation, musculoskeletal disorders, postural assessment, OWAS analysis, postural risk index (PRI)


서론

산림작업(forest operation)은 일관되지 않은 작업 환경(날씨, 지형), 여름철 야외 고온 노출, 작업에 이용되는 기계 및 장비의 오작동·소음·배출가스, 부적절한 훈련 교육 체계 등의 원인으로 산업재해(occupational accident)에 상당히 취약하다(Klun and Medved, 2007; Justavino et

al., 2015; NIOSH, 2020). 미국의 경우, 임업재해율(사망만인율)은 2010년 기준 73.7‰로 전체 산업 평균 재해율(3.4‰)보다 21배 높게 나타났다(NIOSH, 2020). 또한, 유럽 지역(독일, 슬로베니아, 스위스, 스웨덴, 핀란드, 크로아티아)에서의 1980년부터 2004년 동안 임업재해율은 3~70‰ 범위를 보이고 있다(Klun and Medved, 2007). 한국 산업안전보건공단의 2018년 산업재해 발생현황 보고서를 살펴보면, 2018년 기준 임업재해율은 1.5‰로 2014년에 비해 70% 감소하는 것으로 나타났지만 국내 전체 산업 평균 재해율보다 3배 높은 것으로 나타났다(KOSHA, 2020).

* Corresponding author
E-mail: khcho@korea.kr

ORCID

Koo-Hyun Cho  https://orcid.org/0000-0001-6747-9616

산림작업은 하루(작업 8시간)에 총 2시간 이상 쪼그려 앉거나 무릎을 굽힌 자세, 부적절한 자세, 신체의 반복적인 동작, 1 kg 이상의 중량물을 옮기는 자세 등으로 인하여 「산업안전보건법」 제24조제1항제5호 및 「산업안전보건기준에 관한 규칙」 제656조제1호 및 제658조에 따라 “근골격계부담작업”으로 분류할 수 있다(National Law Information Center, 2020; KOSHA, 2020). 특히, 한국산업안전보건공단 산업재해원인조사 보고서에 의하면 2014년 기준 산림작업원의 근골격계질환으로 산재요양이 결정된 재해자는 2008년에 비해 250% 증가하였다(KOSHA, 2020). 따라서 작업원의 근골격계 부담 정도를 저감시키고 안전성을 확보하기 위해 작업자세가 허리, 팔, 다리 등에 부과되는 부하에 대한 연구가 필요하다(Lee and Park, 2001).

근골격계 부담 정도를 분석하는 방법은 크게 3가지 *RULA* (Rapid Upper Limb Assessment), *REBA* (Rapid Entire Body Assessment), *OWAS* (Ovako Working Posture Analysis System)로 구분할 수 있다(Spinelli et al., 2018). *RULA*는 손목, 팔목, 팔꿈치, 어깨 등의 상지말단(upper limb)을 사용하는 작업, 즉, 조립, 포장, 정비, 카펫 수선 작업 등에 대한 작업부하를 평가하기 위해 개발된 방법이다(McAtamney and Corlett, 1993; Spinelli et al., 2018). 한편, *REBA*는 보건 및 서비스 산업에서 발생하는 작업자세에 대한 부담 정도를 평가하기 위해 개발되었으며, 상지의 분석뿐만 아니라 하지 부위에서 발생하는 다양한 작업자세를 분석할 수 있다(Genaidy et al., 1994). 하지만, 이 평가 방법은 반복성에 대한 고려가 미흡하다(Hignett et al., 2000). *OWAS*는 기본적으로 전신을 대상으로 하는 작업자세를 분석하기 위해 개발되었으며, 실질적으로 쉽게 적용할 수 있는 장점으로 산림분야에서 근골격계부담 정도를 분석하는데 유용하게 이용되고 있다(Kivi and Mattila, 1991; Diego-Mas et al., 2015).

최근 10년간(2005년~2016년), 국외의 산림분야 인체공학(ergonomics)에 관련된 논문을 살펴보면, 체인톱 별도작업(35%)과 기계를 이용한 집재작업(38%)에 대한 연구가 많았으며, 산림관리 및 조성작업과 그 외 바이오매스 수확 및 운송작업은 각각 12와 7% 비율로 연구가 미흡한 실정이다(Potočnik and Poje, 2017). 특히, 국내에서 산림작업에서 작업자세를 분석한 연구를 살펴보면, 체인톱을 이용한 간벌 및 수확작업, 손톱을 이용한 임내정리작업, 낫을 이용한 덩굴제거 및 어린나무가꾸기 작업에 대하여 근골격계 부담 정도를 평가하였다(Lee and Park, 2001). 한편, 인공조림지에서 예초기를 이용한 풀베기 작업과 낫·손톱을 이용한 칩덩굴제거 작업에 대하여 작업자세 분석 및 근골격계질환 위험성 평가에 대한 연구는

미흡한 실정이다. 국내의 숲가꾸기 사업은 크게 조림지가꾸기, 어린나무가꾸기, 큰나무가꾸기로 구분할 수 있으며, 2018년 기준 조림지가꾸기의 사업면적은 숲가꾸기 사업면적의 54%를 차지한다. 또한 최근 5년간 조림지가꾸기 사업면적을 살펴보면, 풀베기 작업은 2018년 기준 139천 ha로 2014년에 비해 56% 증가하였고, 덩굴제거작업(28천 ha)은 173%으로 증가하는 경향을 보이고 있다(KFS, 2019). 따라서 본 연구에서는 인공조림지에서 조림목의 정상적인 생장을 도모하기 위하여 실행하는 풀베기와 칩덩굴제거 작업에 대하여 작업원의 근골격계 부담 정도를 평가하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 연구대상지 및 연구 범위

예초기(Zenoah BK-3420EZ, Husqvana Zenoah Co. Ltd., Saitama, Japan)를 이용한 풀베기 작업의 작업자세를 조사하기 위하여 강원도 홍천군 내촌면 와야리 산12-1과 강원도 양구군 남면 송우리 산50번지에 위치한 인공조림지를 대상으로 하였다. 한편, 낫·손톱을 이용한 칩덩굴제거 작업 대상지는 경기도 양평군 양동면 계정리 산229, 경기도 남양주시 진접읍 부평리 산99이었다. 대상지는 모두 2017년 조림지로 풀베기 및 덩굴제거 작업이 실행되어야 하는 지역이고, 조림목의 수고가 약 1~2 m 정도 자랐으며, 활착률은 70% 이상이었다. 또한, 대상지의 경사는 급경사지(범위: 40~50%)와 험준지(범위: 50~60%)로 분류할 수 있다.

산림작업의 근골격계 부담 위험성을 분석하기 위해 작업원은 총 6명을 대상으로 하였다. 산림작업 고용 노동의 연령별 비율을 살펴보면, 2018년 기준 50~59세가 50%, 60~69세가 37%로 높게 나타나고 있다(KOSIS, 2020). 이러한 이유에서 산림작업원의 연령대는 50~60대를 선정하였다(Table 1). 특히, 근골격계 질환과 관련된 과거병력 및 사고력이 없는 사람을 선택하였으며, 작업원들의 작업경력은 10년 이상이었다.

풀베기 작업은 예초기를 이용하였으며, 줄베기 및 둘레베기 작업방법을 대상으로 작업자세를 측정하였다(Figure 1). 줄베기는 조림목의 식재열을 따라 약 1 m 폭으로 베는 것으로 정의할 수 있으며, 둘레베기는 조림목 주변을 반경 50 cm 내외로 원형으로 제거하는 방법이다. 또한 칩덩굴제거 작업은 낫·손톱을 이용하였으며, 이 작업 공정은 덩굴제거 설계·감리 및 사업시행 기준에 제시된 「주두부 찾기-주두부 자르기-비닐랩 밀봉처리-밀봉처리지 표시」로 구분할 수 있으며, 이 작업에 대하여 작업자세를 측정하였다(Figure 2).

Table 1. Basic anthropometric characteristics of workers.

ID	Age (year)	Body mass (kg)	work method	work experience (year)	chronic disease
A	60	78	weed removal	20	none
B	64	63	weed removal	15	none
C	64	72	weed removal	10	none
D	56	63	kudzu removal	18	none
E	64	75	kudzu removal	15	none
F	56	65	kudzu removal	15	none



Figure 1. Vine removal operation activity.



Figure 2. Kudzu removal operation activity.

2. 작업자세 측정 방법

예초기를 이용한 풀베기 작업과 낫·손톱을 이용한 칩덩굴제거 작업에 대한 작업자세의 측정은 각각 2018년과 2019년도에 수행하였다. 동영상 촬영에 이용된 장비는 8.3 메가픽셀(megapixels; 16:9) 디지털 4K 비디오 카메라 (Sony FDR-AX40, Sony Corporation, Tokyo, Japan)로 최대 3시간 30분 촬영이 가능하다. 동영상 촬영방법은 작업과정을 동시간대에 기록하여 작업자세를 분석하는 방법으로 유용하게 이용되고 있다(Spinelli et al., 2018). 특히, 촬영된 영상을 이용하여 작업자세를 구분하는 경우, 여러 명의 연구자와 토론을 통해 작업자세를 구분할 수 있어 계통오차(systematic error)를 최소화 할 수 있다(Lee and Park, 2001). 한편, 촬영된 영상은 10초 간격으로 이

미지 데이터를 추출하여 작업자세를 구분하였다. 이 방법을 통하여 풀베기 작업의 작업원 A, B, C의 스틸컷 (still cut) 샘플수를 각각 228, 142, 131컷으로 분류하였다. 또한 칩덩굴제거 작업의 작업자세를 평가하기 위해 작업원 D, E, F의 샘플수는 각각 852, 2,297, 680컷의 이미지를 구축하였다.

3. 근골격계 위험도 평가

근골격계 부담 정도를 평가하기 위해 *OWAS* 분석방법을 이용하였으며, 이 분석방법은 신체부위별(허리, 팔, 다리) 구분된 자세코드에 따라 작업자세를 구분하고 이를 통합하여 위험도를 평가할 수 있다(Justavino et al., 2015). 신체부위의 작업코드는 허리 4단계, 팔 3단계, 다리 7단계로 구분하고 있으며, 하중에 대한 부분은 3단계로 분류하고 있으며, 이를 통해 총 252가지 자세 조합을 구분할 수 있다(Figure 3; Spinelli et al., 2018). 더 나아가 *OWAS* 분석방법은 작업자세 이외에 작업원에게 가중되는 하중에 대한 부분도 고려할 수 있다. 즉, 신체부위별 평가된 작업코드를 조합하여 근골격계 부담 수준을 평가할 수 있으며, 근골격계에 미치는 영향에 따라 4가지 수준으로 구분하고 있다(Table 2).

- Action categories (AC 1) : 근골격계에 특별한 해를 끼치지 않음(작업자세 교정 조치가 필요하지 않음)
- Action categories (AC 2) : 근골격계에 약간 해를 끼침(가까운 시일에 작업자세 교정이 필요함)
- Action categories (AC 3) : 근골격계에 직접적인 해를 끼침(가능한 빠른 시일에 작업자세 교정이 필요함)
- Action categories (AC 4) : 근골격계에 매우 심각한 해를 끼침(즉각적인 작업자세의 교정이 필요함)

한편, *OWAS* 분석방법은 작업방법별 근골격계 부담 정도의 위험성을 평가하는데 한계가 있다. 이를 해결하기 위해 Calvo(2009)가 제안한 작업자세 위험도 지수 (Postural risk index: *PRi*)를 이용하여 풀베기와 덩굴제거

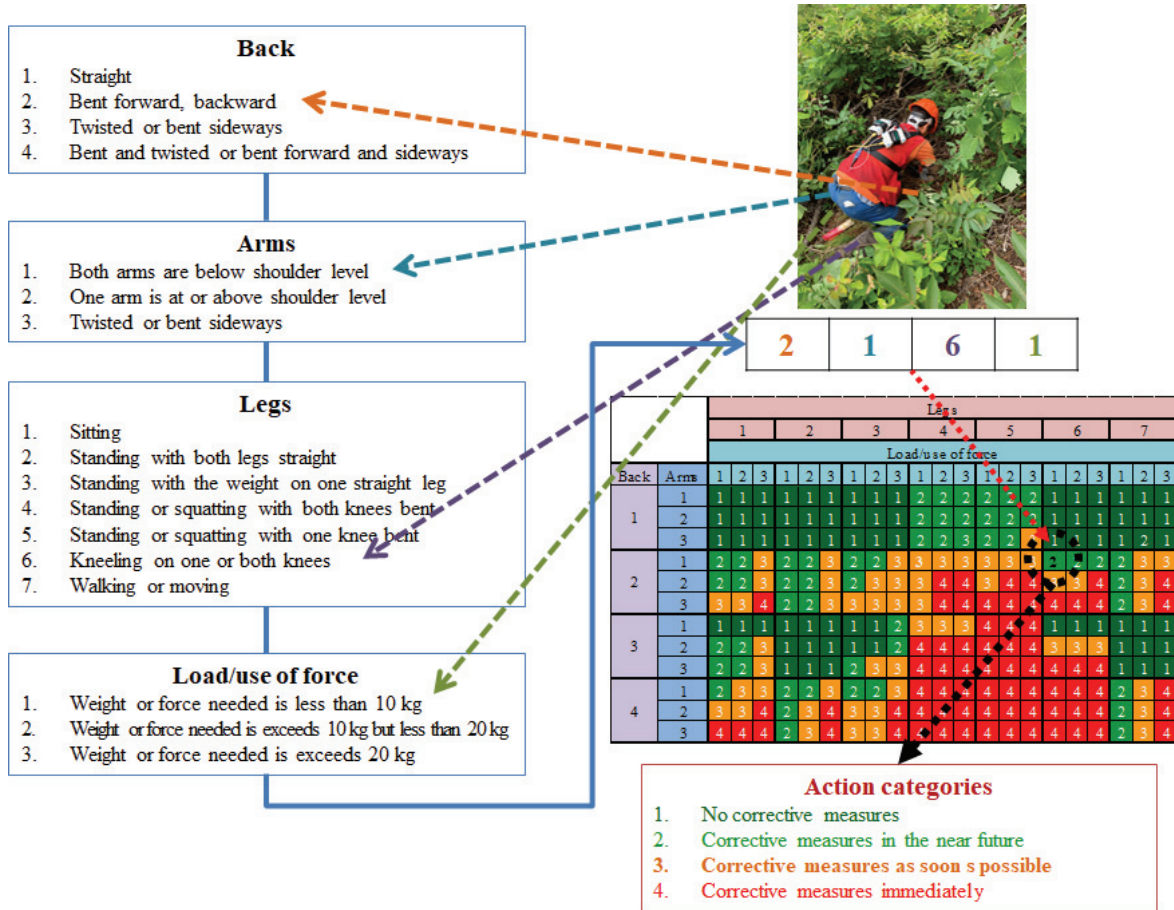


Figure 3. The concept of OWAS (Ovako Working Posture Analysis System).

Table 2. Description of OWAS (Ovako Working Posture Analysis System) action categories by Sarkar et al.(2016)

Action categories	Description
1	No corrective measures required
2	Corrective measures required in near future
3	Corrective measures required as soon as possible
4	Corrective measures required immediately

의 작업자세에 대한 위험성을 수치적으로 계산할 수 있다(식 1). 이는 근골격계 영향 수준에 따라 발생하는 비율을 부여하는 방법을 통해 산림작업에 따른 위험성을 평가할 수 있다. 특히, PRI는 100(수준 1이 100%인 경우) ~400(수준 4가 100%인 경우) 범위의 값을 갖으며, 400에 가까울수록 근골격계 부담 정도 및 작업자세의 위험도가 높다고 할 수 있다.

$$PRI = (AC1 \times a) + (AC2 \times b) + (AC3 \times c) + (AC4 \times d) \quad (1)$$

where, a, b, c, and d are the frequency of scores action categories(AC) 1, 2, 3, and 4, respectively, represented as the percentage of total observations attributed a given score.

결과 및 고찰

1. 산림작업별 작업원의 자세 분석

예초기를 활용한 풀베기 작업의 자세를 분류한 결과는 Table 3과 같다. 허리의 경우, 곧게 편 자세와 굽히는 자세의 비율이 각각 전체 작업자세 샘플의 58.1% ± 7.7, 28.1% ± 5.3로 높게 나타났다. 반면, 허리를 비트는 자세는 상대적으로 낮은 수치를 보였다. 이 작업은 예초기의 작업대를 사용하여 줄베기·돌레베기를 실시하기 때문에 이와 같은 결과가 나타난 것으로 보인다. 팔의 경우, 양팔을 어깨 아래로 한 자세가 95.8~99.2% 범위로 높은 비율을 차지하였으며, 다리에서는 두 다리로 선 자세와 걷는 동작이 평균 79.7% ± 4.0로 나타났다. 작업원은 예초기의 작업대를 두 손으로 잡고 장비를 착용한 뒤 허리를

Table 3. Percent breakdown of observations among different body part by weed removal operation.

	Code	A (%)	B (%)	C (%)
Back posture	1	45.2	71.8	57.3
	2	32.5	17.6	34.3
	3	15.4	6.3	6.9
	4	7.0	4.3	1.5
Arm posture	1	96.1	95.8	99.2
	2	2.6	4.2	0.8
	3	1.3	-	-
Leg posture	1	-	-	-
	2	34.6	73.2	77.9
	3	15.4	7.0	9.2
	4	2.6	4.9	3.1
	5	10.1	5.6	3.1
	6	-	-	-
	7	37.3	9.2	6.9
External load	1	-	-	-
	2	100.0	100.0	100.0
	3	-	-	-

Table 4. Percent breakdown of observations among different body part by weed removal operation.

	Code	D (%)	E (%)	F (%)
Back posture	1	38.6	43.1	16.8
	2	61.2	56.7	82.1
	3	0.1	0.1	0.3
	4	0.1	0.1	0.8
Arm posture	1	98.2	98.2	99.7
	2	1.3	1.8	0.3
	3	0.5	-	-
Leg posture	1	0.4	-	5.3
	2	13.6	34.0	12.1
	3	-	1.7	-
	4	54.9	37.9	32.8
	5	-	0.6	-
	6	27.8	24.0	42.9
	7	3.3	1.8	7.2
External load	1	100	100	100
	2	-	-	-
	3	-	-	-

세우거나 이동방향으로 숙여 걸어가면서 조림목 주변의 풀을 제거하는 작업을 실시하기 때문으로 판단된다. 이는 기존의 연구결과와 일치하는 경향을 보인다. 예초기를 이용한 소경목 벌도작업의 자세를 분석한 선행연구에 따르면, 허리를 굽히는 자세, 양팔을 어깨 아래로 한 자세, 걷는 동작의 비율이 높은 것으로 나타났다(Borz et al., 2019). 또한 작업원은 직접 예초기 장비 및 작업도구(휘발유, 윤활유 등) 등을 짊어지고 이동하면서 작업하므로 장비에 의한 하중이 가해지게 되는데, 본 연구의 결과에서도 이와 잘 일치하여 작업원에게 최소 10 kg, 최대 20 kg 범위의 하중이 작업원에게 가해지는 것으로 판단된다.

낫·손톱을 이용한 칩덩굴제거 작업의 자세를 분류한 결과, 허리 부분에서 굽히는 자세의 비율은 전체 작업자 세 샘플의 $66.7\% \pm 7.8$ 로 높게 나타났지만, 허리를 비트는 자세는 거의 발생하지 않았다(Table 4). 이 작업은 칩덩굴이 있는 지역에서 허리를 굽히고 「주두부 찾기-주두부 자르기-비닐랩 밀봉처리-밀봉처리지 표시」 작업과정을 반복적으로 실시하기 때문에 이와 같은 결과가 나타난 것으로 보인다. 팔의 경우, 양팔을 어깨 아래로 한 자세가 98.2~99.7% 범위를 차지하였으며, 다리에서는 두 다리를 구부리는 자세와 무릎 꿇는 자세가 각각 $41.9\% \pm 6.7$ 와 $31.6\% \pm 5.8$ 로 높은 비율을 보였다. 또한 하중에 대한 부담은 대부분 10 kg 이하인 것으로 나타났다. 칩덩굴제거 작업은 반복적으로 허리를 굽히고, 두 다리를 구부리거나 무릎을 꿇고 작업하는 특성에 따라 이와 같은 결과가 나

타난 것으로 보인다. 더 나아가 작업원은 낫, 톱, 비닐랩 등의 장비를 착용하고 이동하면서 작업하므로 10 kg 이하의 하중이 작업원에게 가해지는 것을 알 수 있었다.

2. 산림작업의 부하 및 근골격계 부담 분석

신체부위별 구분된 자세코드를 조합하여 풀베기 작업이 근골격계에 미치는 영향을 분석한 결과, 근골격계에 부정적 영향을 미치는 수준이 $27.2\% \pm 4.4$ 로 나타났다(Table 5). 한편, 근골격계에 매우 심각한 해를 끼치는 수준 4와 직접적인 해를 끼치는 수준 3이 각각 $2.6\% \pm 0.9$ 와 $24.6\% \pm 4.6$ 로 분석되었다. 또한 근골격계에 특별한 해를 끼치지 않는 수준 1이 $59.1\% \pm 3.7$ 로 가장 높게 나타났다. 더 나아가 풀베기 작업의 작업자세 위험도 지수를 산정한 결과, PRI는 157.3~179.9의 범위로 분석되었다. 예초기를 이용한 벌도작업의 위험도를 분석한 선행연구에 따르면, AC 1

Table 5. Percent distribution of observed frames among postural risk classes by operation.

Operation	AC1(%)	AC2(%)	AC3(%)	AC4(%)	PRI
A	53.1	23.2	19.3	4.4	175.0
B	66.0	12.0	20.7	1.3	157.3
C	58.3	5.7	33.8	2.2	179.9
D	22.8	38.0	39.1	0.1	216.5
E	22.8	48.9	28.1	0.2	205.7
F	13.4	55.9	30.1	0.6	217.9

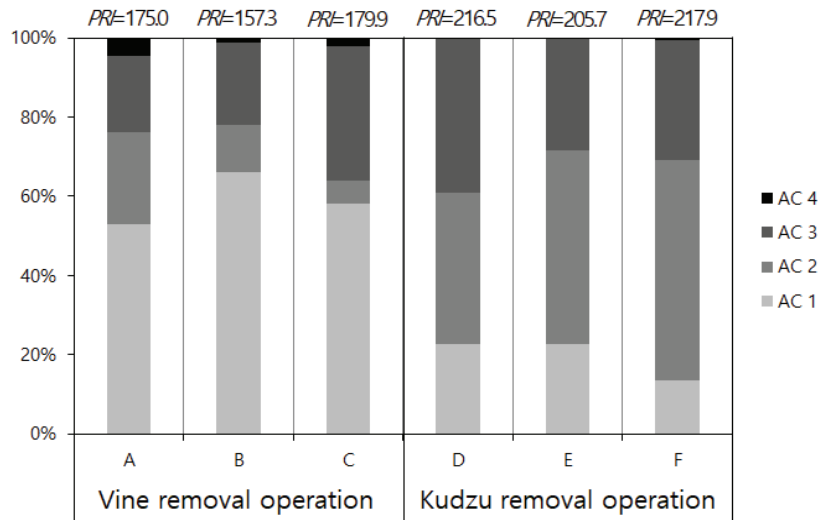


Figure 4. Percent distribution of observed frames among postural risk classes by operation.

(10%). AC 3(0%), AC 4(0%)의 비율이 낮았음에도 불구하고 PRI는 191로 높게 분석되었으며, 이는 근골격계에 약간 해를 끼치는 수준(AC 2)의 차지하는 비율이 90%로 상당히 높았기 때문으로 설명할 수 있다(Borz et al., 2019). 한편, Yongang and Baojun(1998)과 Cheṭa et al.(2018) 등은 체인톱을 이용한 벌도 및 조재작업의 근골격계 부담 정도를 분석하였으며, 이 작업의 PRI는 265~373으로 작업 자세 위험도가 높은 경향을 보인다. 이는 AC 3과 AC 4의 비율이 50% 이상 차지하기 때문에 작업자세 위험성은 증가하게 된다(Calvo, 2009). 결과적으로, 예초기를 이용한 풀베기 작업은 근골격계에 부정적인 영향을 미치는 수준이 벌도 및 조재작업에 비해 상당히 낮기 때문에 작업의 위험성과 근골격계 부담 정도가 저감된 것으로 보인다.

한편, 칩덩굴제거 작업에서는 근골격계에 부정적 영향을 미치는 수준이 32.7% ± 3.3으로 나타났으며, 대부분 AC 3으로 분석되었다(Table 3). AC 4는 거의(범위: 0.1~0.6%) 발생하지 않았지만 AC 2이 47.6% ± 5.2로 가장 높게 나타났다. 또한 덩굴제거 작업의 PRI는 205.7~217.9의 범위로 분석되었다. 이 결과는 체인톱을 이용한 벌도 및 조재작업의 작업자세 위험 지수(PRI: 265~373) 보다 낮은 경향을 보인다(Yongang and Baojun, 1998; Cheṭa et al., 2018).

또한 덩굴제거작업이 풀베기 작업에 비해 근골격계 부하 및 작업자세의 위험도가 통계적으로 높은 것으로 나타났으며(t-test 결과 : p < 0.05), 이는 근골격계에 부정적 영향을 미치는 수준 발생 빈도에 많은 영향을 받는 것을 알 수 있었다(Figure 4). 낫을 이용한 덩굴제거 작업의 작업자세 및 위험성을 분석한 선행연구에 따르면, 덩굴제거 작업과정에서 AC 3, AC 4의 비율이 높기 때문에 덩굴

제거 작업 위험도 지수는 낫을 이용한 어린나무가꾸기, 손톱을 이용한 임내정리작업, 체인톱을 이용한 간벌작업에 비해 높은 경향을 보인다(Lee and Park, 2001). 따라서 덩굴제거 작업원의 근골격계 부담 및 질환 위험도는 풀베기 작업에 비해 상당히 높은 것으로 판단되며, 이는 허리를 굽히는 자세, 두 다리를 구부리는 자세, 무릎을 꿇는 자세가 상대적으로 많기 때문에 작업자세 위험성이 증가하게 된다.

결론

산림작업은 주로 비정형화된 조건에서 하루 평균 2시간 이상 연속적인 작업자세가 지속되므로 근골격계 질환에 취약하다. 본 연구에서는 산림자원 조성·관리에 필요한 예초기를 활용한 풀베기 작업과 낫·손톱을 이용한 칩덩굴제거 작업의 근골격계 부하 및 작업자세의 위험성을 알아보고자 OWAS 분석방법과 PRI 평가방법을 활용하였다.

풀베기 작업자세 신체부위별 자세코드를 분류한 결과, 허리를 굽히는 자세, 양팔을 어깨 아래로 한 자세, 걷는 자세의 비율이 높게 나타났다. 이는 기존의 예초기를 이용한 벌도작업의 자세를 분석한 연구에서 얻은 결과와 유사한 경향을 보였다. 또한 작업원은 장비 및 작업도구를 착용하고 작업하므로 10~20 kg의 하중에 노출되어 있는 것으로 보인다. 한편, 칩덩굴제거 작업은 허리를 굽히는 자세, 양팔을 어깨 아래로 한 자세, 두 다리를 구부리는 자세의 비율이 높게 나타났으며, 10 kg 미만의 하중에 대한 스트레스가 근골격계에 가해지는 것을 알 수 있다. 더 나아가 칩덩굴제거 작업자세 위험성은 풀베기 작업에 비해 통계적으로 높게 나타나는 경향을 보였는데,

이는 근골격계에 부정적 영향을 미치는 수준의 비율이 높게 나타났기 때문이다. 즉, 산림작업의 근골격계 부담 정도 및 작업자세 위험성은 작업공정 특성과 연관성이 높다고 할 수 있다.

본 연구에서는 예초기를 활용한 풀베기 작업과 낫·손톱을 이용한 칩덩굴제거 작업자세를 *OWAS* 분석방법을 통하여 구분하였고, 이 데이터를 재분류한 후 작업자세 위험도 지수(*PRI*)를 이용하여 작업자세 위험성을 수치적으로 평가하였다. 그러나 작업원의 연령 및 작업량이 근골격계 질환 및 작업자세 위험도에 미치는 영향을 분석하는데 어려움이 있었다. 향후 연구를 통해 작업원의 연령 및 작업량에 따라 근골격계 질환 및 작업자세 위험도를 평가한 후, 작업자세의 위험성을 저감할 수 있는 방안을 제시하여야 한다.

References

- Borz, S.A., Talagai, N., Cheța, M., Chirilou, D., Vinicio, A., Montoya, G., Vizuete, D.D.C. and Marcu, M.V. 2019. 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): 377-388.
- Calvo, A. 2009. Musculoskeletal disorders (MSD) risks in forestry: A case study to propose an analysis method. *Agricultural Engineering International* 11: 1-9.
- Cheța, M., Marcu, M.V. and Borz, S.A. 2018. 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.
- Diego-Mas, J., Poveda-Bautista, R. and Garzon-Lel, D. 2015. Influences of the use of observational methods by practitioners when identifying risk factors in physical work. *Ergonomics* 58(10): 1660-1670.
- Genaïdy, A., Al-Shed, A. and Karwowski, K. 1994. Postural stress analysis in industry. *Applied Ergonomics* 25(2): 77-87.
- Hignett, S. and McAtamney, L. 2000. Rapid Entire Body Assessment(REBA). *Applied Ergonomics* 31(2): 201-205.
- Justavino, F.C., Ramírez, R.J., Perez, N.M. and Borz, S.A. 2015. The use of *OWAS* in forest operations postural assessment: advantages and limitations. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering. Series II* 8(2): 7-16.
- Kivi, P. and Mattila, M. 1991. Analysis and improvement of work postures in the building industry: Application of the computerized *OWAS* method. *Applied Ergonomics* 22(1): 43-48.
- Klun, J. and Medved, M. 2007. Fatal accidents in forestry in some European countries. *Croatian Journal of Forest Engineering* 28(1): 55-62.
- Korea Forest Service (KFS). 2019. Statistical Yearbook of Forestry.
- Korea Statistical Information Service (KOSIS). 2020. <http://www.kosis.kr> (2020. 3. 30)
- Korean Occupational Safety and Health Agency (KOSHA). 2020. <http://www.kosha.or.kr> (2020. 1. 7)
- Lee, J.W. and Park, B-J. 2001. Analysis of working posture using *OWAS* in forest work. *Journal of Korean Forest Society* 90(3): 388-397.
- 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.
- National Institute for Occupational Safety and Health Logging Safety (NIOSH). 2020. <http://www.cdc.gov> (2020. 1. 7)
- National Law Information Center. 2020. <http://www.law.go.kr/> (2020. 1. 7.)
- Potočnik, I. and Poje, A. 2017. Forestry ergonomics and occupational safety in high ranking scientific journals from 2005-2016. *Croatian Journal of Forest Engineering* 28(2): 291-310.
- Sarkar, K., Dev, S., Das, T., Chakrabarty, S. and Gangopadhyay, S. 2016. Examination of postures and frequency of musculoskeletal disorders among manual workers in Calcutta, India. *International Journal of Occupational and Environmental Health* 22(2): 1-83.
- Spinelli, R., Aminti, G., Maganotti, N. and De Francesco, F. 2018. Postural risk assessment of small-scale debarkers for wood post production. *Forests* 9(3): 111.
- Yongang, W. and Baojun, J. 1998. Effects of low temperature on operation efficiency of tree-felling by chainsaws in north China. *Journal of Forestry Research* 9: 57-58.