

## 山林作業에서 OWAS技法을 이용한 作業姿勢 分析<sup>1</sup>

李峻雨<sup>2\*</sup> · 朴範鎮<sup>2</sup>

### Analysis of Working Posture Using OWAS in Forest Work<sup>1</sup>

Joon Woo Lee<sup>2\*</sup> and Bum-Jin Park<sup>2</sup>

#### 요 약

작업환경의 개선이 불가능한 임업에 있어서 올바른 작업자세는 불필요한 체력의 낭비 및 누적된 특정 부위에서 피로로 유발되는 상해발생 예방, 체력 저하로 인한 주의력 감소로 야기되는 휴먼에러 예방 등의 직접적인 효과를 가져 올 수 있을 것으로 판단된다.

이에 본 연구는 OWAS분석기법을 이용하여 체인톱을 이용한 간벌작업, 체인톱을 이용한 피해목벌채 작업, 손톱을 이용한 임내정리작업, 낫을 이용한 덩굴제거작업, 고지절단톱을 이용한 가지치기작업, 낫을 이용한 어린나무가꾸기작업에 대하여 작업자세분석을 실시하였다.

주요 작업 중, 체인톱과 낫을 이용한 작업에서 근골격계에 약간의 해를 끼침으로 가까운 시일 내에 작업자세의 교정이 필요한 수준(수준 III)의 코드비율과 근골격계에 매우 심각한 해를 끼침으로 즉각적인 작업자세의 교정을 필요로 하는 수준(수준 IV)의 코드비율이 높게 조사되었다.

체인톱을 이용한 벌목작업에서 미숙련자와 숙련자의 작업자세를 비교해 본 결과, 수준 IV의 경우 중간 수준의 숙련자가 5.1%로 14.1%의 미숙련자 보다 낮은 것으로 조사되었다.

#### ABSTRACT

In forestry, where improvement of labor environment is quite impossible, improved posture would result in direct effects by preventing waste of physical strength, prevention of accidental injury caused by fatigue accumulated on certain body parts, and prevention of human error by inattentiveness due to weakened body. Therefore, this research carried on analysis of working posture in manual forest work(thinning using chain-saw, salvage cutting using chain-saw, clearing using hand saw, clearance of twiner using sickle, pruning using saw with a long handle, and tending of young growth using sickle) using OWAS analysis system.

According to the OWAS method, percentage of OWAS action categories III and IV in the tasks using chain-saw and sickle was higher than another tasks. For the compared middle skillful worker group and low skillful worker group at felling work using chain-saw, percentage of OWAS action categories IV in middle skillful worker group was 5.1%, and low skillful worker group was 14.1%.

*Key Words : Work Posture Analysis, Forest Manual Work*

<sup>1</sup> 接受 2001年 4月 19日 Received on April 19, 2001.

審査完了 2001年 5月 24日 Accepted on May 24, 2001.

<sup>2</sup> 충남대학교 산림자원학과 Dept. of Forest Resources, Chungnam Nat'l Univ., Taejon 305-764, Korea.

\* 연락처자 E-mail : jwlee@cuvic.cnu.ac.kr

**서 론**

현대 사회는 과학기술의 발전에 힘입어 많은 산업분야가 자동화되어 가고 있지만, 아직도 산림 작업은 급경사의 작업지 상에서 입목 등의 장애물을 해치며, 중량물인 목재를 대상으로 행하여지는 육체적 정신적 중근노동이다. 임업분야의 작업은 사람이 직접 물건을 들고, 옮기고, 밀고, 당기는 작업이 대부분을 차지하고 있는데, 소위 인력물자취급(Manual Material Handling Tasks; MMH)이라고 부르는 이러한 작업은 매우 비효율적이고도 위험한 작업이므로 작업에 따른 에너지 손실 뿐만 아니라 여러 가지 사고들과 재해로부터 야기되는 손실은 인간적 측면과 경제적 측면에서 매우 크다고 할 수 있다(기도형과 정민근, 1995). 이러한 산업재해는 작업자의 실수나 생산 설비의 오작동 등에 의한 순간적인 사고에 기인하는 경우도 많지만, 최근에 와서는 잘못된 작업환경, 작업 자세, 작업방법으로 인한 과도한 노동부하가 작업자에게 누적되어 발생하는 요통, VDT(Visual Display Terminal)증후군과 같은 근골격계 질환으로 인한 요양 신청이 급격히 증가하고 있다(김홍기, 1997).

노동부하를 경감시키고 작업의 안전성을 확보하기 위해서는 작업자들에게 부과되는 노동부하를 평가하고 위험요인을 찾아 제거해야 한다. 노동부하에 영향을 미치는 요인으로는 ① 과도한 근력을 발휘하게 됨으로써 주요 관절 및 근육에 높은 부하를 유발시키는 인체역학적 측면의 부하, ② 나쁜 작업자세를 반복적으로 취함으로써 발생하는 작업자세 측면의 부하, ③ 과도하게 심폐기능을 사용함으로써 발생하는 생리학적인 측면의 부하, ④ 온도, 습도, 분진, 조명 등 열악한 작업환경에 의해 발생하는 작업환경 측면의 부하, 그리고 ⑤ 작업장 특성에 따라 작업자가 느끼는 심리적인 측면의 부하 등이 있다. 이들 부하 요인들은 각각 독립적으로 작업자의 노동부하에 영향을 미칠 뿐만 아니라 각 요인들이 상호작용을 하여 노동부하에 종합적으로 영향을 미친다. 예를 들어, 매우 더운 계절에 작업하는 경우에는 일반적인 조건에서보다 생리적 측면의 부하가 더 증가할 수 있으며, 같은 하중의 작업물이라 하더라도 작업자세에 따라서 작업자세 측면의 부하와 인체역학적인 부하가 증가할 수 있다.

다른 산업과 비교해 보면, 임업은 야외에서 행

해지는 대표적인 중근노동이다. 야외에서 행해지는 작업은 조명, 온도, 습도, 지형 등의 작업장 환경 조절이 불가능하며, 실내 작업장에서 행해지는 작업부담 감소를 위한 작업대의 높이 조절과 같은 작업조건의 조절 등도 불가능하다. 오랜 기간 동일한 작업에 종사한 작업자가 자신의 경험에 의해 같은 작업조건에서 같은 신체조건을 가지고 있는 비숙련자 보다 높은 작업능률을 보이는 것은 여러 가지 측면에서 해석이 가능하나, 오랜 경험을 통하여 노동부하를 감소시키는 합리적인 작업 자세를 습득한 것이 가장 큰 원인이라고 할 수 있다. 이러한 관점에서 보면 작업자세 측면의 부하 감소는 임업의 작업능률 향상을 위한 가장 효과적인 방법이라고 말할 수 있다.

본 연구는 주요 산림작업에서 작업자세의 개선을 통한 노동부하 감소에 기초자료를 제공할 목적으로 체인톱을 이용한 간벌작업, 체인톱을 이용한 피해목벌채작업, 손톱을 이용한 임내정리작업, 낫을 이용한 덩굴제거작업, 고지절단톱을 이용한 가지치기작업, 낫을 이용한 어린나무가꾸기 작업에 대하여 작업자세분석을 실시하였다.

**재료 및 방법**

**1. 작업자세 평가방법의 선정**

작업자세가 근골격계에 주는 부하를 평가하기 위해서 다양한 방법들이 개발되어 사용되고 있다. 1991년 미국의 국립산업안전보건원(National Institute for Occupational Safety and Health; NIOSH)에서 제시한 들기작업 지침(Lifting Guideline)은 주어진 작업조건에서 인력운반 작업을 수행할 경우, 특히 들기작업시 안전하게 작업할 수 있는 작업물의 중량을 계산하기 위한 지침이다. 이 평가 기법은 인체역학적 작업부하, 작업자세로 인한 부하, 생리적 측면의 작업부하를 모두 고려하였다는 장점을 가지고 있으나, 이 기법은 들기작업에만 적절하게 쓰일 수 있기 때문에 반복적인 작업자세, 밀기, 당기기 등과 같은 작업이 발생하는 임업분야의 작업에 대한 평가에는 어려움이 있다. 또한 인력물자취급작업에서 인체역학적 부하를 계산하기 위하여 미시간대학에서 개발한 3차원 근력예측 프로그램(3-Dimensional Static Strength Prediction Program; 3DSSPP)이 범용적으로 사용되고 있다.

그리고 Garg 등(1978)이 개발한 에너지소비량

예측 모델의 경우는 주요 작업변수로부터 각 단위 작업의 에너지 소비량을 예측하여, 이를 모두 합하여 전체 작업의 에너지소비량을 예측하는 모델로서 들기작업 뿐만 아니라 내리기, 밀기, 붙들기, 운반하기 등 다양한 작업유형과 전형적 작업 자세에 대해서 에너지소비량 예측식을 제시하고 있다. 이 모델은 각 단위 작업의 에너지소비량을 더하여 전체 작업의 에너지소비량을 구하기 때문에 예측된 에너지소비량이 실제 작업의 에너지 소비량보다 적은 문제점이 있다.

자세분류체계를 이용하여 작업자세가 근골격계에 미치는 영향을 조사하는 방법의 하나인 RULA (Rapid Upper Limb Assessment)는 1993년 영국의 노팅햄대학에서 개발된 자세분류체계로서, 어깨, 팔목, 손목, 목 등의 상지에 초점을 맞추어 작업자세에 따른 작업부하를 평가하기 위해 개발된 기법이다(McAtamney and Corlett, 1993). 그러나 RULA는 상지의 분석에 초점을 두고 있기 때문에 전신을 대상으로 하는 작업자세 분석에는 한계가 있다.

한편 OWAS(Ovako Working Posture Analysis System)기법은 육체작업에 있어서 부적절한 작업 자세를 구별해낼 목적으로 핀란드의 철강회사인 Ovako사와 FIOH(Finnish Institute of Occupational Health)가 1970년대 중반에 개발한 방법이다(Karhu 등, 1977). 이 기법은 작업자세 측면의 작업 부하에 초점을 맞춘 것으로, 현장 작업장에서 쉽게 이용할 목적으로 특별한 기구 없이 관찰에 의해서만 작업자세를 평가할 수 있도록 개발된 방법이다. 또한 현장 적용이 용이한 장점 때문에 철강공장, 기계 공장, 정비공장, 간호사, 어업, 건축업 등 많은 작업장에서 작업자세를 평가하기 위한 방법으로 이용되었다. OWAS기법은 다른 방법과 비교해 볼 때 분석방법이 간단하여 현장성이 강하면서도 상지와 하지의 작업분석이 가능하며, 작업대상물의 무게를 분석요인에 포함시킴으로서 임업에의 적용성이 매우 높은 것으로 판단된다. 그러나 OWAS는 작업자세를 단순화해서 분류하고 있기 때문에 분석을 실시하려는 작업의 특성에 따라서 이를 수정할 필요가 있는 경우가 많다. 그 예로서 건축분야의 특별한 작업 분석을 위하여 OWAS분석기법을 부분적으로 수정한 작업분석방법 중 대표적인 것이 PATH(Posture, Activity, Tools, and Handling)이다. PATH는 Buchholz 등(1996)이 개발한 기법으로, 작업자세 이외에도 작업물의

중량, 작업 도구, 도구 이용 방법 등을 조사하여 작업자세를 분석하는 방법이다.

본 연구에서는 OWAS기법을 중심으로 작업자세의 분석을 실시하였다.

## 2. 작업자세 분석을 위한 산림작업의 비디오 촬영

현장에서 작업자세를 비디오로 촬영하는 것은 촬영된 영상을 보면서 작업자세의 조사 및 분석을 실시하기 위함이다. 현장에서 직접 조사하는 방법과 달리 비디오 촬영을 통한 조사 및 분석은 예비조사 단계에서 동일한 영상을 보면서 조사를 실시하고 각각의 조사자가 기록한 작업자세 코드의 결과를 비교, 토의하는 과정에서 여러 명의 조사자가 작업자세 코드를 기록할 경우 발생할 수 있는 개인차를 최소화할 수 있다.

OWAS분석기법을 이용하여 주요 임업노동의 작업자세에 관한 연구를 수행하기 위하여 체인톱을 이용한 간벌작업, 체인톱을 이용한 피해목벌채작업, 손톱을 이용한 임내정리작업, 낫을 이용한 덩굴제거작업, 고지절단톱을 이용한 가지치기작업, 낫을 이용한 어린나무가꾸기작업의 작업자세를 현장(20~30° 경사지)에서 실작업시간이 1시간 이상이 되도록 비디오카메라로 촬영하였다. 촬영시에는 가급적 관절의 움직임을 잘 볼 수 있도록 하기 위하여 측면 45° 위치에서 촬영하였다.

## 3. 작업의 자세 코드 측정

OWAS기법의 분류 체계에서는 허리, 팔, 다리의 신체 부위에 대한 작업자세와 작업대상물의 무게 및 힘을 Table 1과 같이 코드화하여 분류하고 있다. 이 분류체계가 가지는 다른 분류체계와의 차이점은 작업 자세 이외에 취급하는 작업물의 하중 및 힘(Effort)도 고려하고 있는 점이다. 이 기준에 의하여 작업자세를 모두 84가지로 나누었고, 여기에 하중/힘을 포함한 조건 3가지를 고려하면 모두 252개의 조합이 나온다.

코딩방법은 Figure 1에서 보는 바와 같이 촬영된 비디오를 보면서 일정간격으로 연속적인 분석을 실시한다. Figure 1의 경우는 연료를 포함한 무게가 18kg의 예벌기를 사용하여 허리를 펴고, 두 팔을 어깨 아래로 하고, 한쪽 발에 중심을 두고 똑바로 선 자세이므로 자세코드는 Table 1과 Figure 1에서 보는 바와 같이 '1132'가 됨을 쉽게 알 수 있다.

**Table 1.** OWAS codes for different body parts.

Body Part	Description	Code
Back	straight	1
	bent	2
	twisted	3
	bent and twisted	4
Arms	both below shoulder level	1
	one above shoulder level	2
	both above shoulder level	3
Legs	sitting	1
	both straight	2
	one straight	3
	both bent	4
	one bent	5
	kneeling	6
	working	7
Working Load / Effect	≤ 10kg	1
	10~20kg	2
	≥ 20kg	3

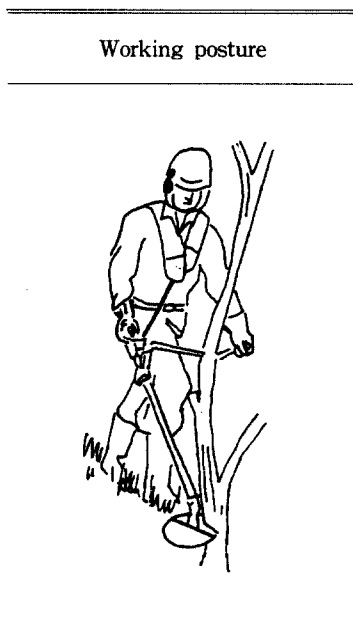
허리, 상지, 하지, 작업대상물의 무게(힘)에 대한 코드의 측정간격은 작업의 특성에 따라 달라질 수 있다. 작업의 특성상 작업 자세가 자주 바뀌는

작업의 경우에는 5~10초 이내의 짧은 측정 간격을 이용하는 것이 바람직하며, 작업자세가 자주 바뀌지 않고 지속시간이 긴 경우에는 10초 이상의 상대적으로 긴 측정 간격을 설정하는 것이 좋다. 그리고 작업시간이 짧은 경우에는 측정 간격을 짧게 해서 데이터 수를 늘이는 것이 좋으며, 작업시간이 긴 경우에는 측정 간격을 늘여서 데이터 규모를 적절하게 유지하는 것이 좋다.

본 연구에서는 전체 분석시간을 고려하여 15초 간격으로 작업자세를 측정하였다.

**4. 조사자료의 분석**

분석은 크게 두 가지로 나뉜다. 먼저 신체부위별로 각 코드의 비율을 조사한다. 이는 각 신체부위별로 자세의 특성을 파악하기 위한 것이며, 이를 바탕으로 노동부하에 영향이 큰 신체부위를 판단할 수 있다. 둘째로는 각 작업자세를 I~IV까지의 작업수준으로 나눈 기준에 따라 분류하는 것이다. OWAS기법은 Table 2와 같이 전체 작업자세를 근골격계에 미치는 영향에 따라 크게 네 수준으로 분류하고 있다. 이들 4가지 작업자세 수준 중, 작업수준 III과 IV는 근골격계에 나쁜 영향을 미치는 자세로 시급한 조정이 필요한 것이다. 따라서 작업수준 III과 작업수준 IV의 비율이 많은



Working posture	Time			Back	Arms	Legs	Working load/Effect	OWAS category
	hr.	min.	sec.					
	0	3	30					
	0	3	45					
	0	4	00					
	0	4	15					
	0	4	30					
	0	4	45					
→	0	4	00	1	1	3	2	I
	0	5	15					
	0	5	30					
	0	5	45					
	0	6	00					

**Figure 1.** Usual practice of coding in OWAS analysis method.

작업에 대해서는 적절한 개선책이 요구되어야 한다. 작업수준의 평가는 Figure 1에서 보는 바와 같이 허리, 상지, 하지, 무릎/힘의 코드가 '1132'로 조사된 경우에는 Appendix 1에서 제시한 전체 252개의 코드조합에 대한 작업자세 수준표를 보면 'I'이 되는 것을 알 수 있다.

$$\%HRmax = \frac{HRw}{HRmax} \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

[ HRw : 작업시 심박수( beats/min. )  
 HRmax : 최대 심박수( beats/min. )

**결과 및 고찰**

**Table 2.** The OWAS action categories for evaluation working posture.

OWAS categories	Description
Action categories I	Work posture are considered usually with no particular harmful effect on the musculoskeletal system. No actions are needed to change work posture.
Action categories II	Work posture have some harmful effect on the musculoskeletal system. Light stress, no immediate action is necessary, but changes should be considered in future planning.
Action categories III	Work posture have distinctly harmful effect on the musculoskeletal system. The working methods involved should be changed as soon as possible.
Action categories IV	Work posture with an extremely harmful effect on the musculoskeletal system. Immediate solutions should be found to change these posture.

**5. 심박수를 이용한 작업강도 평가**

작업강도의 측정은 작업시 심박수를 측정하는 간접적인 방법으로 조사한다. 심박수는 측정이 간편하며, 노동부하의 지표가 되는 산소섭취량과 선형 관계를 가지므로 노동부하의 좋은 척도로 사용되어 왔다. 또한 30초 측정시에도 오차가 1~2%에 지나지 않는다는 정확성 때문에 많은 국내의 노동부하 평가 연구에서는 에너지 소비와 노동부하 예측의 단일척도로서 심박수의 사용이 제안되어 왔다(박수규, 1995; 김재원 등, 1996; 박법진, 1997; 이준우 등, 1998). 본 연구에서는 작업시 심박수를 핀란드의 POLAR ELECTRO사에서 제작한 심박수 측정기(Polar Sport Tester P-4000)를 이용하여 측정한 후, 조사된 심박수를 이용한 작업강도의 추정은 식 (1)과 같이 심박수증가율(%HRmax)을 이용하여 실시하였다.

**1. OWAS기법을 이용한 작업자세 분석**

**1) 주요 산림작업의 OWAS코드 비율**

주요 산림작업에 대하여 신체부위 및 하중별 작업코드를 분석한 결과 Table 3에서 보는 바와 같이 조사되었다. 허리에 가해지는 부하를 살펴보면 낫을 사용한 덩굴제거작업과 어린나무가꾸기 작업에서 작업중 허리를 굽히는 비율이 높게 나타나고 있는 것으로 조사되었다. 허리를 굽히는 작업자세는 작업부하 증가에 가장 직접적인 영향을 미치는 작업자세이므로 도구개량 및 작업자세연구를 통하여 허리를 굽히는 작업의 비율을 감소시켜야 할 것으로 판단된다.

상지의 경우에는 고지절단톱을 이용한 가지치기작업에서 코드 2(한 팔이 어깨보다 위에 위치)와 3(양팔이 모두 어깨 높이보다 위에 위치)의 비율이 두드러지게 높은 값을 보이고 있는 것으로 조사되어 상지에 많은 부담을 줄 것으로 판단된다. 고지절단톱을 이용한 가지치기작업의 경우, 톱날을 양 팔로 잡고 상하 왕복운동을 하여 가지를 절단하므로 상지에 가해지는 부하가 크게 나타나게 되며, 항상 높은 곳에 위치한 가지를 올려다 봐야 하므로 목에도 많은 부하가 가해질 것으로 판단된다. 이를 해결하기 위해서는 적절한 휴식 시간 안배와 휴식시간 중 피로를 풀어줄 수 있는 체조를 실시하여 작업원의 신체에 가해지는 부하를 줄일 수 있을 것으로 생각된다.

하지의 경우에는 코드 2(양발에 중심을 두고 똑바로 선 경우)의 비율이 1.5~18.1%로 조사되어 산림내에서 수행되는 산림작업은 거의 이동하거나 한쪽 또는 양쪽 무릎을 굽히는 자세를 취하고 있는 것으로 나타났으며, 고지절단톱을 이용한 가지치기작업을 제외하고 모든 작업에서 코드 7(걸거나 이동하는 경우)의 비율이 전체작업 중 약 10~25%에 달하는 것으로 조사되었다. 산림작업에서 하지에 가해지는 부하가 크게 나타나는 것은 지형조건으로 인한 요인이 매우 크며, 동일조건에서 허리를 굽히는 작업과 무릎을 굽히는 작업을

비교해 보면 무릎을 굽혀 하지에 부하를 크게 하는 것이 허리를 굽혀 허리에 가해지는 부하를 크게 하는 것보다 전체적인 작업부하를 감소시킬 수 있으므로 임업노동에서 하지에 가해지는 부하는 당연하다고 할 수 있다. 그러나 무게의 중심을 가급적 양발에 뚴으로서 하지에 가해지는 부하를 감소시킬 수 있을 것으로 판단된다.

**Table 3.** Percentage of posture code in several forest work.

Body Part	Code	Tasks					
		A <sup>1</sup>	B <sup>2</sup>	C <sup>3</sup>	D <sup>4</sup>	E <sup>5</sup>	F <sup>6</sup>
Back	1	46.3	37.1	26.8	18.8	70.0	27.4
	2	27.9	27.6	58.4	76.8	18.2	66.5
	3	16.9	12.4	8.7	2.7	11.2	1.4
	4	8.8	22.9	6.0	1.8	0.6	4.7
Arms	1	94.1	97.1	89.3	98.2	55.3	100.0
	2	4.4	1.9	9.4	1.8	40.6	0.0
	3	1.5	1.0	1.3	0.0	4.1	0.0
Legs	1	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.4
	2	12.4	10.5	16.1	1.5	18.2	15.3
	3	44.9	19.0	38.9	20.5	54.7	35.3
	4	0.7	2.9	1.3	10.7	0.6	15.3
	5	14.7	48.6	15.4	58.9	5.9	22.3
	6	0.0	1.0	3.4	5.4	0.0	0.0
	7	24.3	17.1	24.8	0.0	20.6	10.2
Working Load / Effect	1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

- A<sup>1</sup> : Thinning using chain-saw,
- B<sup>2</sup> : Salvage cutting using chain-saw,
- C<sup>3</sup> : Clearing using hand saw,
- D<sup>4</sup> : Clearance of twiner using sickle,
- E<sup>5</sup> : Pruning using saw with a long handle,
- F<sup>6</sup> : Tending of young growth using sickle

작업대상물의 무게(힘)의 경우는 코드 1(10kg 이하인 경우)이 100%를 차지하고 있었으나 체인톱을 사용하는 벌목작업의 경우는 중량물의 운반 작업과 다르게 무게에 의한 부하 뿐만 아니라 체인톱날을 대상물에 밀착시켜 가압하는 힘이 소비되므로 체인톱작업의 경우에는 무게(힘)의 코드 분석시 과소치가 발생할 수 있을 것으로 판단된다. 이와 같이 체인톱을 이용한 모든 작업에서는

코드값에 과소치가 적용될 수 있으므로 결과분석에 있어서는 이 점에 대한 고려를 해야 할 것으로 판단된다.

**2) 주요 산림작업의 작업자세 수준별 코드 비율**

주요 산림작업에서 작업자세 수준별 코드 비율을 살펴보면 Table 4에서 보는 바와 같이 나타났다. 근골격계에 매우 심각한 해를 끼침으로 즉각적인 작업자세의 교정을 필요로 하는 수준(수준 IV)의 코드비율을 살펴보면 피해목벌채작업이 23.8%로 가장 높게 나타났으며, 간벌작업 4.4%, 임내정리 4.0%, 어린나무가꾸기 3.7%, 덩굴제거 2.7%, 가지치기 0.6%의 순서로 조사되었다. 현재 실시되고 있는 주요 숲가꾸기 작업의 경우 이와 같이 즉각적인 자세의 교정을 요하는 작업의 비율이 작업종별로 많게는 23.8%에서 0.6%에 달하는 것으로 조사되었다.

**Table 4.** Percentage of working posture action categories in several forest work.

Tasks	Action categories(%)			
	I	II	III	IV
Thinning using chain-saw	58.8	28.7	8.1	4.4
Salvage cutting using chain-saw	33.3	23.8	19.0	23.8
Clearing using hand saw	32.9	52.3	10.7	4.0
Clearance of twiner using sickle	13.4	22.3	61.6	2.7
Pruning using saw with a long handle	76.5	20.0	2.9	0.6
Tending of young growth using sickle	26.0	38.6	31.6	3.7

특히 피해목벌채작업의 경우 작업대상물의 높고 직경이 크고 임목의 간격이 좁아서 걸림목이 많이 발생하는 지역에서 작업이 수행되었으며, 걸림목을 처리하는 과정에서 걸림목 조제를 실시하는 비율이 매우 높았으므로 전체적으로 수준 4의 비율이 매우 높게 나타난 것으로 판단된다.

근골격계에 약간의 해를 끼침으로 가까운 시일 내에 작업자세의 교정이 필요한 수준(수준 III)의 코드비율은 덩굴제거, 어린나무가꾸기, 피해목벌

채, 간벌, 가지치기 순서로 조사되었다. 심박수 증가율을 이용한 작업강도 평가에서 가장 높은 작업강도를 보인 벌목작업에서 수준 III과 수준 IV의 코드비율이 낮게 나타난 것은 앞서 언급한 바와 같이 상지와 무게(힘)에서 과소치가 조사되었기 때문으로 판단된다. 또한 낫을 이용한 덩굴제거 작업과 어린나무가꾸기작업에서는 허리를 굽히는 작업자세비율이 높게 나타나고 있으므로 작업자세의 교정이 필요한 것으로 판단된다.

**3) 체인톱을 이용한 벌목작업에서 숙련자와 미숙련자의 자세코드 비교**

체인톱을 이용한 벌목작업에서 작업경력 10년 정도의 40대 숙련자와 작업경력 1년 미만인 미숙련자의 작업자세를 OWAS분석기법을 이용하여 분석한 결과, Table 5에서 보는 바와 같이 허리와 하지에서 숙련자가 미숙련자 보다 작업부하가 작게 나타나는 자세의 비율이 높은 것으로 조사되었으며, 상지의 경우에는 미숙련자가 숙련자 보다 작업부하가 작게 나타나는 자세의 비율이 높은 것으로 조사되었으나 그 차이는 미미하게 나타났다.

**Table 5.** Difference of posture code between middle skillful worker and low skillful worker in felling work using chain-saw.

Skillfulness	Body Part	Code(%)						
		1	2	3	4	5	6	7
Middle	Back	34.3	49.1	8.2	5.4	-	-	-
	Arms	93.5	3.5	3.1	-	-	-	-
	Legs	0.7	5.9	47.9	1.5	27.9	0.75	5.5
	Working Load / Effect	100	0.0	0.0	-	-	-	-
	Back	41.7	27.8	14.7	15.9	-	-	-
Low	Arms	95.6	3.2	1.3	-	-	-	-
	Legs	0.5	13.0	32.0	1.8	31.7	0.5	20.7
	Working Load / Effect	100	0.0	0.0	-	-	-	-

그러나 체인톱을 이용한 벌목작업에서 숙련자와 미숙련자의 작업 자세 수준별 코드비율을 보

면, 근골격계에 매우 심각한 해를 끼침으로 즉각적인 작업자세의 교정을 필요로 하는 수준(수준 IV)의 코드비율의 경우 숙련자가 5.1%로 14.1%의 미숙련자 보다 낮은 것으로 조사되었다(Table 6). 미숙련자의 경우, 즉각적인 작업자세의 교정이 요구되는 동작의 비율이 14.1%에 달하는 것을 볼 때 시급한 대책 마련이 요구된다.

**Table 6.** Difference of OWAS action categories between middle skillful worker and low skillful worker in felling work using chain-saw.

Skillfulness	Action categories(%)			
	I	II	III	IV
Middle	37.6	36.6	20.7	5.1
Low	46.1	26.3	13.6	14.1

근골격계에 약간의 해를 끼침으로 가까운 시일 내에 작업자세의 교정이 필요한 수준의 코드비율(수준 III)의 경우에는 미숙련자가 13.6%로 20.7%의 숙련자 보다 낮게 조사되었다. 수준 III의 경우도 즉각적인 교정은 요구되지 않지만 가까운 시일 내에 작업자세의 교정이 필요한 수준이므로 이에 대한 대책의 수립도 필요한 것으로 판단된다.

**2. 심박수에 의한 노동강도 분석**

심박수에 의한 주요 산림작업의 노동강도 분석은 체인톱을 이용한 벌목 및 피해목벌채작업, 낫을 이용한 어린나무가꾸기 및 덩굴제거작업, 고지절단톱을 이용한 가지치기작업, 손톱을 이용한 임내정리작업을 대상으로 실시하였다.

조사된 작업의 작업시 심박수를 바탕으로 노동강도를 평가한 결과, 심박수증가율(%HRmax)은 체인톱을 이용한 간벌작업 87.5%, 체인톱을 이용한 피해목벌채작업에서 85.7%, 손톱을 이용한 임내정리작업 80.3%, 낫을 이용한 덩굴제거작업 79.5%로 나타났다(Table 7). 또한 고지절단톱을 이용한 가지치기작업에서는 76.3%, 낫을 이용한 어린나무가꾸기작업에서는 63.8%로 조사되었다. 서로 다른 종류의 작업을 서로 다른 환경에서 수행하였으므로 작업종별 노동부하의 상호비교는 불가능하지만 심박수증가율(%HRmax)을 살펴볼 때, 체인톱을 사용한 지장목제거작업 및 간벌작업이 작업자에게 더 큰 부담으로 작용하였음을 알 수 있다.

**Table 7. Working loads in several forest works.**

Tasks	Maximum heart rate (beats/min.)	Average heart rate (beats/min.)	Minimum heart rate (beats/min.)	%HRmax
Thinning using chain-saw	165	157.5	73	87.5
Salvage cutting using chain-saw	167	154.2	93	85.7
Clearing using hand saw	174	144.5	74	80.3
Clearance of twiner using sickle	166	143.1	63	79.5
Pruning using saw with a long handle	160	137.4	73	76.3
Tending of young growth using sickle	135	114.9	77	63.8

작업시 평균심박수를 살펴보면 체인톱을 사용한 간벌작업이 157.5회/분, 체인톱을 이용한 피해목 벌채작업이 154.2회/분으로 조사되었으며, 손톱을 이용한 임내정리작업이 144.5회/분, 낫을 이용한 덩굴제거작업이 143.1회/분이었다. 또한 고지 절단톱을 이용한 가지치기작업이 137.4회/분, 어린나무가꾸기는 114.9회/분으로 조사되었다.

이와 관련하여 藤井과 山本(1973)이 체인톱을 이용한 벌목작업에서 체인톱 하중에 따른 작업시 심박수의 변화에 관한 연구에서 무게가 17.3kg의 체인톱을 이용한 벌목작업시 평균심박수가 119회/분이라고 보고한 바 있다. 전체적으로 숲가꾸기 작업시의 평균심박수가 이보다 높은 값을 보이고 있는 것으로 조사되어, 고령화되고 숙련되지 않은 작업자에게 숲가꾸기 작업은 체인톱을 이용한 벌목작업보다 노동부하가 다소 큰 작업임을 알 수 있다.

또한 山田(1986)가 산림노동자의 산지 보행에 따른 생리적 부담을 심박수 조사로 평가한 결과, 6kg 이하의 짐을 들고 30% 경사지를 오를 때 55~60%의 운동부하가 나타났고, 10kg의 부하에서는 60~70%, 40kg의 부하에서는 65~83%의 운동부하를 받는다고 하였다. 본 연구에서 체인톱을 이용한 간벌작업과 피해목제거작업의 경우에는 약 40kg의 짐을 들고 30%의 경사지를 이동하는 작업부하보다 더 높은 작업부하를 보이므로 어린나무가꾸기를 제외한 모든 작업에서 작업자의

신체에 미치는 생리적 부담이 큰 것으로 나타났다.

따라서 숲가꾸기 작업이 노동부담이 큰 작업이라는 점을 인식할 필요가 있으며, 노동부담이 큰 작업일수록 안전사고의 발생 가능성도 증대된다는 사실을 감안할 때 숲가꾸기 작업자의 노동부담을 줄여줄 수 있는 방법에 대해 다양한 연구·개발이 시급히 진행되어야 할 것으로 판단된다.

### 인용문헌

1. 기도형·정민근. 1995. 들기작업 설계와 평가를 위한 요척추의 Compressive Force 예측모형 비교연구. 대한산업공학회지 21(4) : 581-591.
2. 김재원·박문섭·송태영. 1996. 집재작업 강도 평가에 관한 연구. 임업연구원 산림과학논문집 54 : 40-52.
3. 김홍기. 1997. 인력물자취급의 권장안전하중에 대한 생리학적 고찰. 대한인간공학회지 16(3) : 23-36.
4. 박범진. 1997. 최대산소섭취량과 심박수를 이용한 벌목작업에서 작업강도에 관한 연구. 충남대학교 석사학위논문. 47쪽.
5. 박수규. 1995. 벌채작업에서의 작업강도 측정 연구-침엽수종을 대상으로-. 영남대학교 석사학위논문. 45쪽.
6. 박지수·김홍기·최진영. 1996. 작업유형에 따른 생리학적 작업능력 비교 분석. 대한인간공학회지 15(2) : 89-98.
7. 이준우·박범진·김재원·송태영. 1998. 체인톱을 이용한 낙엽송 간벌작업에서의 작업강도 분석. 한국임학회지 87(2) : 121-130.
8. 藤井禮雄·山本俊明. 1973. チェンソー運搬者の生理的負担について. 京都大演習林報告 45 : 137-152.
9. 山田容三. 1986. 心拍數からみた山林労働者の歩行負擔. 京都大演習林報告 57 : 217-229.
10. Buchholz, B., V. Paquet, L. Punnet, D. Lee and S. Moir. 1996. PATH : A work sampling-based approach to ergonomic job analysis for construction and other non-relative work. Applied Ergonomics 27(3) : 177-187.
11. Garg, A., D. B. Chaffin and G. D. Herrin. 1978. Prediction of metabolic rates for manual



- materials handling jobs. *American Industrial Hygiene Association Journal* 39 : 661-674.
12. Karhu, O., P. Kansil and I. Kuorinka. 1977. Correcting working postures in industry : A practical method for analysis. *Applied Ergonomics* 8(4) : 199-201.
  13. McAtamney, L. and E. N. Corlett. 1993. RULA : a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics* 24(2) : 91-99.
  14. Mital, A. 1991. Designing and analysis of multiple activity manual materials handling tasks, *Industrial Ergonomics : Case studies* (ed. Pault, B. M., and Alexander, D. C.). McGraw-Hill, Inc. New York. 29-40pp.

Appendix 1. Action categories by posture code in OWAS

code	Action categories	code	Action categories	code	Action categories	code	Action categories	code	Action categories	code	Action categories
1111	I	1311	I	2211	II	3111	I	3311	II	4211	III
1112	I	1312	I	2212	II	3112	I	3312	II	4212	III
1113	I	1313	I	2213	III	3113	I	3313	III	4213	IV
1121	I	1321	I	2221	II	3121	I	3321	I	4221	II
1122	I	1322	I	2222	II	3122	I	3322	I	4222	III
1123	I	1323	I	2223	III	3123	I	3323	I	4223	IV
1131	I	1331	I	2231	II	3131	I	3331	II	4231	III
1132	I	1332	I	2232	III	3132	I	3332	III	4232	III
1133	I	1333	I	2233	III	3133	II	3333	III	4233	IV
1141	II	1341	II	2241	III	3141	III	3341	IV	4241	IV
1142	II	1342	II	2242	IV	3142	III	3342	IV	4242	IV
1143	II	1343	III	2243	IV	3143	III	3343	IV	4243	IV
1151	II	1351	II	2251	III	3151	IV	3351	IV	4251	IV
1152	II	1352	II	2252	IV	3152	IV	3352	IV	4252	IV
1153	II	1353	III	2253	IV	3153	IV	3353	IV	4253	IV
1161	I	1361	I	2261	III	3161	I	3361	IV	4261	IV
1162	I	1362	I	2262	III	3162	I	3362	IV	4262	IV
1163	I	1363	I	2263	IV	3163	I	3363	IV	4263	IV
1171	I	1371	I	2271	II	3171	I	3371	I	4271	II
1172	I	1372	I	2272	III	3172	I	3372	I	4272	III
1173	I	1373	II	2273	IV	3173	I	3373	I	4273	IV
1211	I	2111	II	2311	III	3211	II	4111	II	4311	IV
1212	I	2112	II	2312	III	3212	II	4112	III	4312	IV
1213	I	2113	III	2313	IV	3213	III	4113	III	4313	IV
1221	I	2121	II	2321	II	3221	I	4121	II	4321	II
1222	I	2122	II	2322	II	3222	I	4122	II	4322	III
1223	I	2123	III	2323	III	3223	I	4123	III	4323	IV
1231	I	2131	II	2331	III	3231	I	4131	II	4331	III
1232	I	2132	II	2332	III	3232	I	4132	II	4332	III
1233	I	2133	III	2333	III	3233	II	4133	III	4333	IV
1241	II	2141	III	2341	III	3241	IV	4141	IV	4341	IV
1242	II	2142	III	2342	IV	3242	IV	4142	IV	4342	IV
1243	II	2143	III	2343	IV	3243	IV	4143	IV	4343	IV
1251	II	2151	III	2351	IV	3251	IV	4151	IV	4351	IV
1252	II	2152	III	2352	IV	3252	IV	4152	IV	4352	IV
1253	II	2153	III	2353	IV	3253	IV	4153	IV	4353	IV
1261	I	2161	II	2361	IV	3261	III	4161	IV	4361	IV
1262	I	2162	II	2362	IV	3262	III	4162	IV	4362	IV
1263	I	2163	II	2363	IV	3263	III	4163	IV	4363	IV
1271	I	2171	II	2371	II	3271	I	4171	II	4371	II
1272	I	2172	III	2372	III	3272	I	4172	III	4372	III
1273	I	2173	III	2373	IV	3273	I	4173	IV	4373	IV