JESK J Ergon Soc Korea 2021; 40(2): 89-100
http://dx.doi.org/10.5143/JESK.2021.40.2.89
http://jesk.or.kr eISSN:2093-8462

A Review on the Ergonomic Literature about Forestry

Hee-Sok Park

Department of Industrial Engineering, Hongik University, Seoul, 04066

임업에 관한 인간공학적인 연구에 대한 문헌조사

박 희 석

홍익대학교 산업공학과

Corresponding Author
Hee-Sok Park
Department of Industrial Engineering,
Hongik University, Seoul, 04066
Email : hspark@hongik.ac.kr

Received : February 15, 2021
Revised : February 22, 2021
Accepted : March 01, 2021

Copyright@2021 by Ergonomics Society of Korea. All right reserved.

Objective: The objective of this study is to review the ergonomic literature on the forestry, and to suggest directions for further research.

Background: Although Korea's proportion of forest to total area of country ranks the 4th place in the world, the level of interest in forestry is very low nationwide.

Method: The peer-reviewed articles from international and domestic academic journals published after year 2000 were searched using Web of Science, Google Scholar, DBPia and KISS. The literature was retrieved using the keywords of 'forest', 'forestry', 'ergonomic', 'musculoskeletal', 'health', 'injury' and their combinations.

Results: Total 38 international articles were analyzed. They could be classified into the biomechanical/physiological studies (11 articles, 28.9%), cross-sectional studies on the musculoskeletal symptoms (6 articles, 15.8%), quantitative studies on posture (6 articles, 15.8%), studies on human performance (5 articles, 13.2%), studies on system analysis (5 articles, 13.2%), literature review (2 articles, 5.2%), and others (3 articles, 7.9%). Only 3 domestic articles that used OWAS were found.

Conclusion: It could be known that ergonomic problems in forestry are prevalent and serious. Additional studies are needed in various fields of forest ergonomics, especially in developing engineering and administrative controls.

Application: The results could be applied to guide the direction of further ergonomic research to enhance the welfare of the workers in forestry industry.

Keywords: Forestry, Ergonomic, Musculoskeletal, Review

1. Introduction

본 논문에서는 국내외 임업에서 발생하는 인간공학적 문제점을 다룬 문헌들을 조사하여 관련 연구의 현황을 살펴보고, 추후 연구의 방향을 제시하고자 한다.

통계청의 제10차 한국표준산업분류(Statistics Korea, 2017)에 의하면 임업은 영림업, 벌목업, 임산물 채취업과 임업관련 서비스업으로 구성되며, 각각의 정의는 다음과 같다. i) 영림업: 산림용 종자 및 묘목 생산, 조림 및 육림, 산림 보호, 자영 산림 내에서 야생 수액

및 야생 임산물을 채취하는 활동으로서, 영림업은 임업용 종묘 생산업과 육림업으로 나누어진다. ii) 벌목업: 원목과 연료용 목재를 수확하는 활동, iii) 임산물 채취업: 자연적으로 번식·생장하는 각종 용도의 야생 식물 및 식물성 물질을 채취하는 산업활동, iv) 임업관련 서비스업: 예) 산불 방지 서비스, 산림 병충해 방지 서비스, 산림 경비 및 보조 서비스(Table 1).

Table 1. Forestry in the Korean standard industrial classification

1st level	2nd level
Silviculture activities (ex: planting, replanting, transplanting, thinning and conserving of forests)	Operation of forest tree nurseries (ex: growing plants in open fields, or on container fields)
	Afforestation (ex: establishment of a forest or stand of trees in an area where there was no previous tree cover)
Logging (ex: cutting, processing, and moving trees to a location for transport)	
Gathering of non-wood forest products (ex. nuts, berries, mushrooms and seeds)	
Support services to forestry (ex: forest fire fighting and protection, forest pest control)	

통계청 조사에 따르면 2019년 기준으로 임가 인구는 총 178,419명(남자 90,389명, 여자 88,030명)에 달한다(Korean statistical information service, 2020). 이들에게 발생하는 재해는 고용노동부의 산업재해현황분석(Ministry of employment and labor, 2019)에 의하면 2018년 천인율 기준으로 임업은 11.60%로서, 건설업(9.41%), 농업(7.76%), 제조업(6.59%) 보다 상당히 높은 수준이다.

또한 5년 주기로 산림청에 의해 공표되는 산림기본통계(Korea forest service, 2016)에 따르면, 2015년 기준으로 우리나라의 국토면적 대비 산림비율이 OECD 국가 중 핀란드, 일본, 스웨덴에 이어 4위를 기록했으나, 임업에 대한 국민적인 관심은 낮은 수준이다.

한편, 우리나라는 산지의 대부분이 경사와 굴곡이 심해서 산림작업이 매우 어렵고, 이로 인하여 많은 위험을 수반하고 있다. 또한 산림 내에서의 노동은 전신을 이용하는 중노동에 해당되며, 이러한 중노동을 장시간 계속적으로 수행할 경우에는 근골격계질환 등 작업관련성 질병의 발병 가능성이 높다고 예상할 수 있다(Kang, 2001). 그럼에도 불구하고 국내외적으로 임업의 인간공학적 문제에 관한 관심 수준은 제조업이나 서비스업 등 다른 산업부문에 비해 매우 낮은 편이며, 이에 관한 연구논문의 수도 적은 것으로 파악된다.

이에 본 논문에서는 국내외 임업작업을 대상으로 하는 인간공학적인 연구의 현황을 살펴보고자 하며, 이를 계기로 인간공학 전문가들이 임업에 대하여 관심을 갖기를 기대한다.

2. Method

국내외에서 발행되고 있는 인간공학 및 안전보건 전문학술지를 조사하되, 학술대회 발표논문은 분석에서 제외하였다. 국외논문은 web of science와 Google Scholar를 사용하여 검색하였으며, 국내논문은 DBPia(누리미디어), KISS(한국학술정보) 데이터베이스에 수록된 논문을 조사하였다. 검색기간은 2000년부터 2020년(6월 현재)까지로 하였고, 검색 키워드로서 국외논문은 forest, forestry, ergonomic, musculoskeletal, health, injury 등을 사용하였으며, 국내논문은 영어 키워드에 해당하는 한글용어를 사용하였다.

3. Results

검색된 논문들 중에서 영어 또는 한글로 작성된 논문들만 고려하였다. 그리고 실내에서 이루어지는 작업(예: 목재가공 등)은 제조업의 특성을 가지므로 야외에서 일어나는 임업작업을 대상으로 하는 논문들만 분석하였다. 또한 임업과 관련한 진동에 관해서는 다른 논문

들에서 문헌조사가 이미 이루어졌기 때문에(Jack and Oliver, 2008; Nilsson et al., 2017; Krajnak, 2018; Wahl et al., 2019) 본 연구의 범위에는 포함시키지 않았다.

3.1 Articles from international journals

검색된 논문들의 내용이 다양하고 복합적이므로 특정 기준에 따라 논문들을 분류하는 것이 쉽지 않았으며, 논문의 목적 및 방법에 따라 Table 2와 같이 분류할 수 있겠다.

Table 2. Classification of the articles retrieved

Subject	Number of articles
Biomechanical/physiological studies	11
Cross-sectional studies on the musculoskeletal symptoms	6
Quantitative studies on posture	6
Human performance studies	5
System analysis studies	5
Reviews	2
Others	3
Total	38

연구가 이루어진 국가를 특정할 수 있는 경우와 연구자들의 국적별 분포를 보면 유럽 국가들이 다수(60.6%)를 차지하고 있었다. 아래에서는 각 논문의 핵심내용을 요약하였으며, 연구가 이루어진 국가를 나타내었다.

3.1.1 Biomechanical/physiological studies

전통적인 인간공학적 연구방법을 사용하여 작업의 부담을 평가한 연구들로서, 가장 많은 비중을 차지하고 있다.

(Sullman and Byers, 2000: New Zealand): 소나무 모종심기 작업의 육체적 부담을 심박수로 측정하였고, 분당 평균 132.7~134.9회가 측정되어 매우 힘든 작업으로 평가되었다.

(Østensvik et al., 2008: Sweden): 2종의 임업용 작업차의 디자인을 근전도를 통하여 비교하였다. 승모근(trapezius)과 지신근(extensor

Figure 1. Harvester, from Østensvik et al. (2008)

Figure 2. Forwarder, from Østensvik et al. (2008)

digitorum)에 표면전극을 부착하고 벌목차(harvester, Figure 1)와 운반차(forwarder, Figure 2)를 1일 동안 운전하는 동안 연속적으로 근전도를 측정하였다. 벌목차를 운전할 때가 운반차를 운전할 때보다 목 부위에 낮은 수준의 근력이 발휘되는 것으로 나타났다.

(Malinowska-Borowska et al., 2011: Poland): 휘발유를 원료로 하는 체인톱을 사용할 때의 악력을 전자악력계로 측정하였다. 나무를 자를 때에 최대 악력(275N), 가지치기할 때 최소 악력(27N)이 측정되었으며, 나무를 넘어뜨릴 때에 50N이 측정되었다.

(Nutto et al., 2013: Brazil): 열대우림에서 유칼립투스 나무의 가지치기 작업에서 사용되는 수동식 절단기, 수동식 톱, 전동식 절단기를 비교하였다. 생산성은 전동식 절단기>수동식 절단기>수동식 톱 순이었고, 심박수는 수동식 도구를 사용할 때는 매우 힘든 작업으로, 전동식 도구를 사용할 때는 보통~힘든 작업으로 평가되었다.

(Malinowska-Borowska, 2014: Poland): 여러 동력톱을 사용할 때 요구되는 악력을 전자악력계를 사용하여 측정하였다. 평균 44.2N이 측정되었으며, 소형 범용톱을 사용할 때에 큰 동력을 사용하는 공구를 사용할 때보다 더 큰 악력이 요구되었다.

(Eroglu et al., 2015: Turkey): 벌목작업과 묘목식림작업을 수행할 때 작업자의 각 관절에 마커를 부착하고 작업장면을 촬영한 후에 자세분석 소프트웨어를 사용하여 분석하였다. 두 작업을 수행할 때 상지에 큰 부담을 주는 것으로 나타났고, 이는 묘목식림작업보다 벌목작업에서 더 두드러졌다.

(Wang et al., 2015: China): 산림화재의 진압 시에 사용되는 휴대용 소화기의 어깨띠 효과를 평가하였다. 작업자가 실제 작업을 수행할 때 심박수와 근전도를 이용하여 분석한 결과, 어깨끈을 사용하면 육체적인 부담이 경감된다고 보고하였다.

(Grzywiński et al., 2017: Poland): 체인톱을 사용하여 벌목하는 작업자를 대상으로 심박수를 측정하였다. 다리를 펴고 허리를 숙이는 자세, 다리를 굽힌 상태에서 허리를 숙이는 자세, 쪼그린 자세, 한 쪽 무릎을 땅에 대는 자세를 비교하였다. 심박수가 가장 낮은 자세는 쪼그리는 자세(114.1 bpm), 한 쪽 무릎을 땅에 대는 자세(116.3 bpm)이었으며, 다리를 펴고 허리를 숙이는 자세(121.5 bpm) 다리를 굽힌 상태에서 허리를 숙이는 자세(125.3 bpm) 순으로 증가하였다.

(Schettino et al., 2017: Brazil): 인력으로 목재를 다루는 작업자를 대상으로 3DSSPP 소프트웨어를 사용하여 분석하였다. 짧은 목재를 인력으로 취급할 때, L5-S1 디스크에 압축력(compression force)이 권장한계의 6배 정도 높았다.

(Cheta et al., 2018: Romania): 벌목작업자에 센서를 부착하여 심박수와 소음수준을 측정하였다. 심박수는 매우 힘든 작업으로 평가되었고, 소음수준도 허용한계를 상회하는 것으로 나타났다.

(Berendt et al., 2020: Germany): 소형 작업차(crawler, Figure 3)와 금속 로프를 사용하여 나무를 끌어당기는 작업에서, 끌어당기는 거리

Figure 3. Crawler, from Berendt et al. (2020)

변화에 따른 심박수와 에너지대사량을 측정하였다. 거리가 짧을수록 육체적 부담이 적은 것을 발견하였고, 30미터를 넘지 않을 것을 추천하였다.

3.1.2 Cross-sectional studies on the musculoskeletal symptoms

산림작업자의 근골격계에 나타나는 증상을 설문지, 인터뷰, 관찰을 통하여 조사한 논문들이다.

(Gallis, 2006: Greece): 설문지와 인터뷰를 통한 결과, 응답자의 17.9%가 허리의 문제로 입원한 적이 있었으며, 최근 12개월 동안 병원 치료를 받은 부위는 허리(42.3%), 목(24.3%), 어깨(16.6%) 순이었다. 정상적인 작업을 수행할 수 없는 부위는 손/손목(64.1%), 허리(50%), 목(50%) 순이었다.

(Slot and Dumas, 2010: Canada): 나무심는 작업의 육체적 부담을 설문지로 조사하였다. 가장 심하게 통증을 느끼는 부위는 다리, 손목, 허리 순이었고, 빈번하게 통증을 느끼는 부위는 상지, 허리 순이었다.

(Phairah et al., 2016: Republic of South Africa): 운반차 작업자의 근골격계 증상을 설문지와 비디오 분석을 통하여 조사하였다. 작업자들은 허리, 목, 어깨 부위에 통증을 호소하였으며, 목 부위의 자세의 23%가 부자연스러운 자세로 관찰되었다.

(Lachowski et al., 2017: Poland): 작업만족도와 근골격계 증상과의 관계를 설문지를 사용하여 조사하였으며, 작업만족의 수준이 낮을수록 근골격계 증상을 더 많이 자주 호소하는 결과를 보고하였다.

(Choina et al., 2018: Poland): 험난한 지형에서 작업차를 오래 운전하는 작업자들을 대상으로 한 설문지 조사 결과, 허리(65.7%), 무릎(51.7%)에 통증을 호소하였다.

(Lopes et al., 2019: Brazil): 나무를 심고, 비료를 주며, 제초제를 뿌리는 작업을 인터뷰를 통하여 조사하였다. 응답자의 56%가 나무를 심을 때 다리에 불편함을 호소하였고, 비료를 주는 작업에서는 41%, 제초제를 뿌리는 작업에서는 56%의 작업자가 어깨에 불편함을 경험하였다.

3.1.3 Quantitative studies on posture

OWAS, RULA, REBA, Strain index 등의 기법을 사용하여 자세를 평가한 논문들이다.

(Cunha et al., 2012: Brazil): 유칼립투스 묘목작업을 할 때 가위를 사용하여 절단하는 작업을 OWAS를 사용하여 분석한 결과, 작업 단계에 따라 개선이 필요하지 않는 것에서부터 즉시 개선이 필요한 것까지 다양하게 나타났다.

(Landekić et al., 2018: Croatia): 체인톱, 운반차, 벌목차를 사용할 때의 자세를 OWAS와 REBA를 이용하여 분석한 결과, 체인톱을 사용할 때의 자세가 가장 불편하고 위험한 것으로 나타났다.

(Enez and Nalbantoğlu, 2019: Turkey): OWAS와 REBA를 사용하여 수확작업의 자세를 평가하였다. 두 기법을 이용한 결과 간에 차이를 발견하였으며, REBA를 사용하여 분석하면 작업 단계별로 상이한 위험수준이 산출되었으나, OWAS를 이용하면 벌목과 굴리는 작업에서는 동일한 위험수준이 산출되었다. 저자들은 임업작업에 보다 적합한 자세평가 기법이 개발되어야 한다고 주장하였다.

(Cremasco et al., 2019: Italy): 목재를 잘게 자르는 장비인 치퍼(chipper)에 목재를 집어넣는 동작을 RULA와 REBA를 사용하여 비교하였다. RULA가 자세의 위험성을 파악하는데 더 민감한 것으로 나타났으며, REBA가 더 보수적인 결과를 나타내었다.

(Paini et al., 2019: Brazil): 기계화된 소나무 수확작업을 REBA, RULA, Strain Index를 사용하여 분석하였다. Feller buncher(벌도되는 나무

를 모으는 기능을 하는 기계, Figure 4) 작업자는 긴 시간 동안 정적인 좌식 자세를 취하며, 손목이 적절한 휴식시간 없이 비틀리는 것으로 나타났고, 전신 자세의 위험성은 높지 않았다. 목재가공 작업에서는 척주와 목이 가장 위험성이 높았고, 전신 자세의 위험성은 높지 않았다. 두 작업 모두 반복성이 매우 높아서(약 3만번/일) 근골격계질환의 위험성이 높은 것으로 평가되었다.

Figure 4. Feller buncher, from Paini et al. (2019)

(Yaylı, and Çalışkan, 2019: Turkey): 묘목작업을 OWAS, REBA, RULA를 사용하여 분석하였다. 위험작업의 비율은 4.6% (OWAS), 8% (REBA), 20 (RULA)로 나타났고, RULA가 더 민감한 방법으로 여겨진다.

3.1.4 Human performance

산림작업자들의 운동, 감각, 인지능력의 변화를 연구한 논문들이다.

(Gellerstedt, 2002: Sweden): 벌목차를 사용하여 간벌작업을 할 때의 운동-감각 및 인지적인 측면을 연구하였다. 작업자의 성능에 영향을 미치는 요소는 휴식시간, 조종장치의 빈번한 조작, 시야의 방해, 작업대와 작업물의 상태에 관한 정보, 불편한 작업 자세로 나타났다. 그리고 작업자의 숙련도가 높을수록 국지적인 정보보다는 전체 상황에 관한 정보를 토대로 작업하였다. 작업자가 조종장치를 조작하는 동작을 줄여주고 3D 레이저 스캐닝 장비와 같이 가시성을 더해주는 장비 등이 작업의 자동화에 도움이 되는 것으로 나타났다.

(Poom et al., 2007: Sweden): 산림작업에서 사용되는 조명으로 할로겐과 제논 램프가 사용된다. 두 종류의 램프를 객관적으로 평가하기 위하여 조도를 동일한 수준으로 하고 인식률의 차이를 비교하였다. 두 종류 간에 인식률의 큰 차이는 없었으며, 제논 램프를 사용할 때 약간 나은 결과를 가져왔다. 제논 램프가 할로겐 램프에 비하여 에너지 소비를 적게 하는 것(1/3 정도)으로 나타났다.

(Landekić et al., 2013: Croatia): 산림작업 기계 조작원들을 대상으로 작업능력지수(work ability index)를 사용하여 분석한 결과, 작업자의 작업능력에 영향을 미치는 요인으로 교육수준과 심리적 부담이 지적되었다. 많은 작업량을 날씨가 좋은 기간 내에 끝내야 하므로 시간적인 압박이 높았다. 연령 및 작업숙련도와 작업능력과는 음의 상관관계를 보여서, 35세 미만이고 작업경력이 10년 미만일 때 작업지수의 값이 최고치였다.

(Häggström et al., 2015: Sweden): 시선추적기(eye-tracking)를 머리에 부착하여 벌목차로 작업할 때의 시선변화를 분석하였다. 대부분의 시간 동안 벌목차의 끝부분과 수목들을 주시하는 것으로 나타났으며, 1차 간벌 시보다는 2차 간벌 및 최종 벌목(felling) 시에 모니터, 조종석과 쓰러지는 나무들을 더 많이 주시하였다.

(Bligård and Häggström, 2019: Sweden): 주로 원자력 산업 등에서 사용되는 방법인 CCPE (Combined Cognitive and Physical Evaluation) 기법이 임업에서도 적용가능한지를 살펴본 결과, 휴먼에러 및 위험한 상황을 예측하는데 성공적임을 발견하였다.

3.1.5 System analysis

산림작업의 생산성, 심리사회적 요인, 작업관리적인 측면을 분석하였다.

(Nicholls et al., 2004: Australia): 연장근무의 영향을 연구하였다. 1차 간벌작업을 대상으로 하였고, 작업시간과 작업 시의 빛 환경, 공기질, 조종석 내의 환경, 수면시간 및 수면의 질에 관한 데이터를 측정하여 보고하였다.

(Hanse and Winkel, 2008: Sweden and Denmark): 유럽 6개국(영국, 프랑스, 독일, 노르웨이, 폴란드, 스웨덴)의 358명의 임업기계 조작원들에 대하여 설문조사를 실시하였다. 작업의 재량권, 작업의 다양성, 직무순환, 휴식시간, 작업속도를 독립변수로 취하고, 작업만족도, 근골격계 증상, 두통/수면의 문제점을 종속변수로 하여 회귀분석을 실시하였다. 작업만족도가 독립변수들에 의하여 가장 많이 설명되었고, 작업순환의 설명력이 가장 높았다.

(Gerasimov and Sokolov, 2014: Russia): 여러 목재 수확기계들을 인간공학적으로 비교하였다. 비교에 사용된 변수들로서 조종장치, 작업자 및 시트의 위치, 작업의 반복성 및 다양성, 가시성, 작업환경(소음, 진동), 조종석의 안전성을 선정하였고, 이들 변수들과 조작자의 작업 성능과의 관계를 분석한 결과, 작업 성능에 가장 큰 영향을 주는 요인은 가시성과 작업 자세로 나타났다.

(Košir et al., 2015: Slovenia and Italy): 전세계적으로 산림작업연구를 수행하는 전문가(n=175)들을 대상으로 설문연구를 수행하였다. 작업연구의 목적은 전통적인 임금수준의 결정에서 시스템 최적화로 옮겨가고 있다고 응답하였고, 국가의 연구비 지원이 중요한 것으로 인식되었다. 작업 자동화의 추세에도 불구하고 인력을 이용하는 작업이 여전히 중요하다고 여겨졌으며, 전통적인 시간연구(time study) 기법이 연구의 중요한 수단이라고 응답하였다.

(Yovi and Yamada, 2019: Indonesia): 인도네시아 임업작업의 작업조건, 작업자 특성, 안전보건, 작업만족의 측면을 관찰, 인터뷰, 설문, 기존 데이터 분석을 통하여 연구하였다. 작업내용은 노동집약적인 형태에서 반자동화되어 있는 시스템까지 다양하였다. 대부분의 작업자는 임시직 근로자로서 임금수준은 낮았고, 작업량에 비례하여 임금을 지급받았다. 허리, 목, 어깨, 팔 부위에 높은 근골격계 증상이 호소되었다. 작업만족도에 영향을 미치는 변수는 임금수준, 고용의 형태, 건강서비스, 거주시설, 작업도구, 훈련, 사회보장 순이었다(인도네시아).

3.1.6 Literature review

(Häggström and Lindroos, 2016: Sweden): 일정한 길이로 목재를 절단하는 작업을 중심으로 벌목작업의 생산성과 인적 요소와의 관계에 대한 문헌조사를 수행하였다. 특히 인간, 기술, 작업조직, 환경으로 이루어지는 복합 시스템에 초점을 맞춘 연구들을 조사한 결과, 작업능력, 기술, 훈련만으로는 높은 생산성을 달성하는데 한계가 있으며, 자동화, 교대근무 일정, 기계 조작원들 간의 협업, 조직 내 또는 조직 간 정보 및 지식의 교환이 중요한 요소임을 발견하였다.

(López-Aragón et al., 2017: Spain): Nordic 설문지가 사용된 사례들에 대한 문헌조사에서, 산림작업의 기계운전자들에게는 목 부위의 의학적인 검사 결과와 설문지 결과가 일치하는 것을 발견하였다. 근골격계 증상과 심리사회적 요인이 관련이 있다는 것도 보고되었으며, 어깨, 무릎, 좌골의 통증과 하중물 취급, 연령, 부적절한 자세, 스트레스, 과체중이 관련이 있다고 하였다.

3.1.7 Others

(Gellerstedt, 2000: Sweden): 산림작업 기계 조종석의 접근성, 작업 자세, 소음, 진동, 조명, 분진 등을 포함하여 임업작업의 다양한 측면에 대한 가이드라인을 개발했다.

(Maeda et al., 2006: Japan): 산림작업자들에게 발생하는 열사병의 위험요인을 설문지를 통하여 조사하였다.

(Marzano et al., 2017: Brazil): 산림작업에서 사용되는 기계를 평가하는데 사용될 수 있는 지수를 소음, 진동, 열 환경, 공기 질들을 고려하여 개발하였다.

3.2 Domestic articles

국내에서 게재된 학술지 논문으로 임업의 안전·보건의 문제점을 포괄적으로 지적한 논문들이 다수 있었으나, 인간공학적인 접근방법과는 거리가 있었다.

인간공학과 직접적인 관련이 있는 연구는 일부 작업을 OWAS를 사용하여 분석한 논문이 3편 검색되었다. 중량물을 취급하는 돌수로공의 돌쌓기 작업에 대하여 시간연구와 OWAS를 사용하여 분석하였고((Yeom et al., 2011), 체인톱, 손톱, 낫 등을 사용한 다양한 임업작업을 OWAS를 이용하여 분석하였으며(Lee and Park, 2001), 숲길 공사 중 징검다리 조성작업을 OWAS를 이용하여 분석하였다(Lee et al., 2015).

4. Discussion

본 논문에서는 임업에서 발생하는 인간공학적 문제점을 다룬 국내외 문헌들을 조사하여 관련 연구의 현황을 살펴보았다. 진동에 관한 논문들을 제외하고 조사한 결과, 생체역학적/생리학적인 접근방법을 취하는 연구들이 가장 많았으며, 근골격계 증상 조사, 자세의 정량적 분석, 작업자 성능에 관한 연구, 임업작업 시스템 분석 및 문헌연구가 이루어지고 있음을 발견하였다. 하지만 국내외적으로 임업작업의 개선 사례는 발표되지 않았으며, 추후 이 분야에 대한 연구가 이루어질 필요가 있다.

국내에서는 대학교 임업관련 학과의 일부 교수들과 국립산림과학원에서 인간공학적인 연구를 수행한 것으로 파악되며, 대한인간공학회지에는 임업관련 논문이 발표된 바가 없다. 인간공학 전문가들이 임업현장에 관심을 가져서 인간공학의 적용영역이 확대되기를 바란다.

산업계에서 인간공학이 주목받게 된 배경에는 근골격계부담작업 유해요인조사의 역할이 컸다고 생각한다. 주지하는 바와 같이, 제조업체를 비롯하여 일반 사업장에서는 유해요인조사가 활발하게 시행되고 있고 인간공학에 대한 인식수준도 상당한 편이다. 하지만 임업현장에서 유해요인조사가 이루어진 경우는 보고된 바 없다. 추후 임업현장에서 유해요인조사의 필요성이 인식되어 활발히 도입될 필요가 있으며, 이로 인해 인간공학에 대한 관심이 커지기를 기대한다.

한편, 산업안전보건법에 추가하여 임업작업만을 위해서는 '벌목 표준안전 작업지침'이 2009년에 고용노동부 고시로 제정되었고 2020년에 개정되었다(제2020-25호). 이는 벌목작업에서 있어서의 일반적인 안전수칙을 제시한 것으로서, 인간공학적인 내용과는 다소 거리가 있어 보인다. 장래에 임업에서 발생하는 다양한 작업 단계에 걸쳐 인간공학적인 측면을 도출하고 안전한 작업을 위한 지침을 개발하는 연구가 수행될 필요가 있다. 이 때 국제노동기구에서 발간한 지침을 참고할 수 있겠다(International Labour Organization, 1998).

문헌조사 시에는 PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) 체크리스트 또는 flow diagram 방식을 적용하는 것이 바람직하나, 본 연구에서는 검색된 논문들의 내용이 다양하고 복합적이어서 PRISMA 기법을 적용하는데 한계점이 예상된다. 추후 임업과 관련된 연구결과들이 충분히 축적된다면 그 중 정량적인 연구들을 대상으로 보다 체계적인 문헌조사 기법을 적용한 후속 연구가 수행되기를 기대한다.

5. Conclusion

임업과 관련한 인간공학적 연구와 활동은 국내외적으로 그리 활발하지 않다고 할 수 있다. 현재 및 미래의 산림은 전통적인 임업자원의 생산에서 나아가 쉼과 치유의 기능 등 다양하고 복합적인 기능을 수행할 것으로 전망된다. 이와 더불어 고려해야 할 인적 요인들이 많을 것이다. 구체적으로는, 임업작업의 육체적 부담과 관련된 요인들(예: 근골격계질환의 위험요인들), 임업작업의 기계화 및 자동

화와 관련된 요인들(예: 표시장치, 조종장치의 설계), 산림의 쉼 및 치유의 기능과 관련한 감성적 요인 등을 열거할 수 있겠다. 추후 인간공학 전문가들은 이러한 인적 요소들의 구체화, 측정, 평가, 개선 및 지침 개발을 위하여 주도적으로 활동하는 것이 필요하겠다.

Acknowledgement

This work was supported by 2020 Hongik University Research Fund.

References

Berendt, F., Hoffmann, S., Jaeger, D., Prettin, S. and Schweier, J., Application of spiroergometry to determine work metabolism related strain in the course of cable work with a mini forestry crawler, *International Journal of Forest Engineering*, 32, 2020. DOI:10.1080/14942119.2020.1735198

Bligård, L.O. and Häggström, C., CCPE - the use of an analytical method to evaluate safety and ergonomics in maintenance of forest machinery, *Australian Forestry*, 82(1), 29-34, 2019. DOI:10.1080/00049158.2019.1574540

Cheta, M., Marcu, M. and Borz, S., Workload, exposure to noise, and risk of musculoskeletal disorders: a case study of motor-manual tree feeling and processing in poplar clear cuts, *Forests*, 9(6), 300, 2018. DOI:10.3390/f9060300

Choina, P., Solecki, L., Goździewska, M. and Buczaj, A., Assessment of musculoskeltal system pain complaints reported by forestry workers, *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 25(2), 338-344, 2018. DOI:10.26444/aaem/86690

Cremasco, M., Giustetto, A., Caffaro, F., Colantoni, A., Cavallo, E. and Grigolato, S., Risk assessment for musculoskeletal disorders in forestry: a comparison between RULA and REBA in the manual feeding of a wood-chipper, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(5), 793, 2019. DOI:10.3390/ijerph16050793

Cunha, E., de Souza, A. and Minette, L., Ergonomic evaluation of the preparation of cuttings and minicuttings for eucalyptus seedling production, with the use of scissors, *Work*, 41, Suppl 1, 5511-5515, 2012. DOI:10.3233/WOR-2012-0866-5511

Enez, K. and Nalbantoğlu, S., Comparison of ergonomic risk assessment outputs from OWAS and REBA in forestry timber harvesting, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 70, 51-57, 2019. https://doi.org/10.1016/j.ergon.2019.01.009

Eroglu, H., Kayacan, Y. and Yilmaz, R., Effects of work types and workload on certain anthropometric parameters in forestry workers, *Anthropologist*, 20(3), 515-522, 2015. DOI:10.1080/09720073.2015.11891756

Gallis, C., Work-related prevalence of musculoskeletal symptoms among Greek forest workers, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 36(8), 731-736, 2006. DOI:10.1016/j.ergon.2006.05.007

Gellerstedt, S., New ergonomic guidelines for forest machines, *Journal of Forest Engineering*, 11(1), 81-81, 2000.

Gellerstedt, S., Operation of the single-grip harvester: motor-sensory and cognitive work, *International Journal of Forest Engineering*, 13(2), 35-47, 2002. https://doi.org/10.1080/14942119.2002.10702461

Gerasimov, Y. and Sokolov, A., Ergonomic evaluation and comparison of wood harvesting systems in Northwest Russia, *Applied Ergonomics*, 45(2), 318-338, 2014. https://doi.org/10.1016/j.apergo.2013.04.018

Grzywiński, W., Jelonek, T., Tomczak, A., Jakubowski, M. and Bembenek, M., Does body posture during tree felling influence the physiological load of a chainsaw operator? *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 24(3), 401-405, 2017. DOI: 10.5604/12321966.1235177

Häggström, C., Englund, M. and Lindroos, O., Examining the gaze behaviors of harvester operators: an eye-tracking study, *International Journal of Forest Engineering*, 26(2), 96-113, 2015. https://doi.org/10.1080/14942119.2015.1075793

Häggström, C. and Lindroos, O., Human, technology, organization and environment - a human factors perspective on performance in forest harvesting, *International Journal of Forest Engineering*, 27(2), 67-78, 2016. DOI:10.1080/14942119.2016.1170495

Hanse, J. and Winkel, J., Work organisation constructs and ergonomic outcomes among European forest machine operators, *Ergonomics*, 51(7), 968-981, 2008. DOI:10.1080/00140130801961893

International Labour Organization, *Safety and health in forestry work: An ILO code of practice*, Geneva, 1998.

Jack, R. and Oliver, M., A review of factors influencing whole-body vibration injuries in forestry mobile machine operators, *International Journal of Forest Engineering*, 19(1), 51-65, 2008. DOI:10.1080/14942119.2008.10702560

Kang, K.W., The stable securement of the professional forest workers and welfare measures. *Proceeding of seminar for Forestry Labor Policy Development*, 15-19, 2001.

Korea forest service, *Statistics on forestry*, 2016.

Korean statistical information service, http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1FA7009&vw_cd=MT_ZTITLE&list_id=F_5_3&seqNo=&lang_mode=ko& language=kor&obj_var_id=&itm_id=&conn_path=MT_ZTITLE (retrieved May 18, 2020).

Košir, B., Magagnotti, N. and Raffaele Spinelli, R., The role of work studies in forest engineering: status and perspectives, *International Journal of Forest Engineering*, 26(3), 160-170, 2015. https://doi.org/10.1016/j.ergon.2011.06.001

Krajnak, K., Health effects associated with occupational exposure to hand-arm or whole body vibration, *Journal of Toxicology and Environmental Health*, Part B, 21(5), 320-334, 2018. DOI:10.1080/10937404.2018.1557576

Lachowski, S., Choina, P., Florek-Łuszczki, M., Goździewska, M. and Jezior, J., Dissatisfaction with work as a risk factor of musculoskeletal complaints among foresters in Poland, *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 24(4), 706-711, 2017. DOI:10.26444/aaem/80985

Landekić, M., Martinić, I., Bakarić, M. and Šporčić, M., Work ability index of forestry machine operators and some ergonomic aspects of their work, *Croatian Journal of Forest Engineering*, 34(2), 241-254, 2013.

Landekić, M., Katuša, S., Mijoć, D. and Šporčić, M., Assessment and comparison of machine operators' working posture in forest thinning, *South-East European Forestry*, 10(1), 29-37, 2018. DOI:https://doi.org/10.15177/seefor.19-02

Lee, J.W. and Park, B.J., Analysis of working posture using OWAS in forest work, *Journal of Korean Forest Society*, 90(3), 388-397, 2001.

Lee, M.K., Park, B.J., Lee, J.W. and Choi, S.M., Analysis of working posture of forest trail construction, *CNU Journal of Agricultural Science*, 42(2), 117-124, 2015.

Lopes, E., Britto, P. and Rodrigues, C., Postural discomfort in manual operations of forest planting, *Floresta e Ambiente*, 26(1), e20170030, 2019. https://doi.org/10.1590/2179-8087.003017

López-Aragón, L., López-Liria, R., Callejón-Ferre, A.J. and Gómez-Galán, M., Applications of the standardized Nordic questionnaire: a review, *Sustainability*, 9(9), 1514, 2017. DOI:10.3390/su9091514

Maeda, T., Kaneko, S., Ohta, M., Tanaka, K., Sasaki, A. and Fukushima, T., Risk factors for heatstroke among Japanese forest workers, *Journal of Occupational Health*, 48(4), 223-229, 2006. DOI:10.1539/joh.48.223

Malinowska-Borowska, J., Harazin, B. and Zielinski, G., The influence of wood hardness and logging operation on coupling forces exerted by lumberjacks during wood harvesting, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 41(5), 546-550, 2011. https://doi.org/10.1016/j.ergon.2011.06.001

Malinowska-Borowska, J., Coupling forces resulting from the type of chain saw used, *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 21(1), 174-178, 2014.

Marzano, F., de Souza, A. and Minette, L., Proposal for an ergonomic conformity index for evaluation of harvesters and forwarders, *Revista Árvore*, 41(4), e410401, 2017.

Ministry of employment and labor, *Analysis of industrial disasters*, 2019.

Nicholls, A., Bren, L. and Humphreys, N., Harvester productivity and operator fatigue: working extended hours, *International Journal of Forest Engineering*, 15(2), 57-65, 2004. DOI:10.1080/14942119.2004.10702497

Nilsson, T., Wahlstrom, J. and Burstrom, L., Hand-arm vibration and the risk of vascular and neurological diseases: A systematic review and meta-analysis, *PLoS One*, 12(7), e0180795, 2017. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180795

Nutto, L., Malinovski, R., Brunsmeier, M. and Schumacher Sant'Anna F., Ergonomic aspects and productivity of different pruning tools for a first pruning lift of Eucalyptus grandis Hill ex Maiden, *Silva Fennica*, 47(4), 2013. DOI:10.14214/sf.1026

Østensvik, T., Nilsen, P. and Veiersted, K., Muscle activity patterns in the neck and upper extremities among machine operators in different forest vehicles, *International Journal of Forest Engineering*, 19(2), 11-20, 2008. DOI:10.1080/14942119.2008.10702563

Paini, A., Lopes, E., Souza, A., Oliveira, F. and Rodrigues, C., Repetitive motion and postural analysis of machine operators in mechanized wood harvesting operations, *Cerne*, 25(2), 214-220, 2019. DOI:10.1590/01047760201925022617

Phairah, K., Brink, M., Chirwa, P. and Todd, A., Operator work-related musculoskeletal disorders during forwarding operations in South Africa: an ergonomic assessment, *Southern Forests*, 78(1), 1-9, 2016. DOI:10.2989/20702620.2015.1126781

Poom, L., Löfroth, C., Nordén, B. and Thor, M., Testing human visual detection with xenon and halogen lamps as used on forest machines, *International Journal of Forest Engineering*, 18(2), 9-14, 2007. https://doi.org/10.1080/14942119.2007.10702545

Schettino, S., Minette, L., Bermudes, W., Caçador, S. and Souza, A., Ergonomic study of timber manual loading in forestry fomentation areas, *Nativa, Sinop*, 5(2), 145-150, 2017.

Slot, T. and Dumas, G., Musculoskeletal symptoms in tree planters in Ontario, Canada, *Work*, 36(1), 67-75, 2010. DOI:10.3233/WOR-2010-1008

Statistics Korea, *Korean standard industrial classification, 10th version*, 2017.

Sullman, M. and Byers, J., An ergonomic assessment of manual planting pinus radiata seedlings, *Journal of Forest Engineering*, 11(1), 53-62, 2000.

Wahl, U., Kaden, I., Kohler, A. and Hirsch, T., Vascular trauma of the hand-a systematic review, *Vasa*, 48(3), 205-215, 2019. https://doi.org/10.1024/0301-1526/a000743

Wang, L., Li, W. and Chen, J., Ergonomic evaluation of the operating characteristics of the 6MF-30 portable pneumatic extinguisher, *Applied Ergonomics*, 51, 39-43, 2015. DOI:10.1016/j.apergo.2015.04.009

Yaylı, D. and Çalışkan, E., Comparison of ergonomic risk analysis methods for working postures of forest nursery workers, European *Journal of Forest Engineering*, 5(1), 18-24, 2019.

Yeom, I.H., Choi, Y.H., Kim, M.J., Kweon, H.K., Lee, J.W., Kim, J.S. and Park, B.J., Analysis of work times and postures occurring relating to stone channel work in forest engineering, *CNU Journal of Agricultural Science*, 38(1), 101-108, 2011.

Yovi, E. and Yamada, Y., Addressing occupational ergonomics issues in Indonesian forestry: laborers, operators, or equivalent workers, *Croatian Journal of Forest Engineering*, 40(2), 2019. DOI:https://doi.org/10.5552/crojfe.2019.558

Author listings

Hee-Sok Park: hspark@hongik.ac.kr
Highest degree: PhD, Department of Industrial and Operations Engineering, University of Michigan
Position title: Professor, Department of Industrial Engineering, Hongik University
Areas of interest: Musculoskeletal diseases, Usability Evaluation, Interaction Design