

# 쪼그려 앉는 의자의 적절한 높이 평가와 착용의자의 인간공학적 디자인

정화식<sup>1\*</sup> · 정형식<sup>2</sup>

<sup>1</sup>동신대학교 산업공학과 / <sup>2</sup>조선대학교 경영학부

## Evaluation of Proper Height for Squatting Stool and the Ergonomic Design of Wearable Stool

Hwa S. Jung<sup>1</sup> · Hyung-Shik Jung<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Industrial Engineering, Dongshin University, Naju, 520-714

<sup>2</sup>Division of Business Administration, Chosun University, 375 Seosukdong, Gwangju, 501-759

Many jobs and activities in our daily lives require squatting postures. The fore part includes housekeepers, farmers, and welders and the latter includes a wide variety of activities such as housekeeping; planting, cultivating and harvesting various agricultural products; grinding, welding, etc. It is speculated that prolonged squatting postures without any supporting stool would gradually cause musculoskeletal injuries to workers. This study is conducted to examine the proper height of stools according to the position of the working materials and to develop wearable stools for workers with squatting posture. Forty male and female subjects participated in the experiment to find the proper height of stools according to the position of the working materials. Subjects were asked to squat and work with 3 different working positions: floor level; ankle level; shank level of 3 different stool height conditions: 10cm height; 15cm height; and 20cm height. After 5 minutes of maintaining a squatting work posture while sitting on the different height stools, Likert summated rating method as well as pairwise ranking test was applied to evaluate the user preferences for provided stools under the conditions of different working positions. The results of statistical analysis show that the subjects preferred 10cm height stool for floor level, 15cm height stool for ankle level, 20cm height stool for knee level. We thus strongly recommend to use appropriate height stools in accordance with the different working positions. Moreover, a prototype wearable stool was designed such that workers with squatting posture do not need to move the stool while they are moving about. The purpose of developing wearable stool was to decrease the physical stress and hence promote worker's health who work with squatting posture.

**Keywords:** stool height, wearable stool, squatting posture, musculoskeletal disorders

### 1. 서론

오늘날 경제발전과 대량생산으로 인하여 산업현장의 상당 부

분의 작업들이 기계화되고 자동화되어 가지만 아직도 대부분의 중소기업 공장이나 농어촌, 생활주변에서는 수작업(manual processing)이 대부분을 차지하고 있는 실정이다. 잘 알려진 바

†연락처 : 정화식 교수, 520-714, 전남 나주시 대호동 252 동신대학교 산업공학과, Fax : 061-330-2909, E-mail : hsjung@dso.ac.kr  
2005년 2월 7일 접수, 2회 수정 후 2005년 5월 27일 게재 확정.

와 같이 수작업은 기계를 사용할 수 없거나 자동화 시스템을 적용할 수 없는 상황에서 불가피하게 이루어지는 여러 가지 활동으로 구성된다. 이는 산업현장에서 물체를 조립하거나 가공하는 것뿐만 아니라 농어촌과 가정에서 작업을 수행하는데 있어 사람의 힘을 사용하는 작업 등이 포함된다. NIOSH(1981)와 Sanders and McCormick(1992)은 이러한 수작업이 사고와 상해를 일으키는 주된 위험요인이 된다고 보고하고 있으며 이러한 수작업에서 발생하는 다양한 요인들이 작업자에게 생체역학적, 생리학, 심리물리학적 스트레스를 초래하게 되는데 이 중에서도 부적절한 작업자세가 가장 큰 원인이라고 보고하였다.

부적절한 작업자세와 관련된 위험요인을 고찰해 보면 목과 어깨 부위와 관련되어 목의 굴곡과 신전(neck flexion and extension), 어깨의 외전(shoulder abduction), 팔꿈치가 들리는(elbow elevation) 자세; 손목과 손 부위와 관련되어 손목의 편향(radial and ulnar deviation), 손과 앞팔의 회내 및 회외(pronation and supination), 손바닥 굴곡과 배굴(palmar flexion and dorsiflexion) 등의 자세; 몸통 부위와 관련되어 몸통 굴곡과 신전(trunk flexion and extension), 몸통 측면 굴곡(trunk lateral flexion), 몸통 회전(trunk rotation) 등의 자세; 그리고 하지와 관련되어 쪼그려 앉는 자세(squatting posture) 등이 주요 위험요인으로 분석된다(NIOSH, 1997).

일반적으로 농작업은 작업부하가 많은 철강산업이나 조선업 등의 과중한 작업들과 비교하여 볼 때 작업부하량에 있어서 큰 차이가 없는 것으로 알려져 있다(Meyers, 1997). 농작업의 특성상 정형화된 시설에서 작업이 이루어지는 것이 아니고 다양한 현장에서 비정형화된 작업을 하는 경우가 대부분이기 때문에 일반 제조업이나 생산직 근로자들과 비교하여 농작업은 작업강도에 있어서 더욱 더 열악한 측면이 있다. 특히 최근에 농작업자의 근골격계 질환은 고질적인 문제점의 하나로 부각되고 있다(Pinzke, 1994). 농작업과 관련하여 몸의 과도한 비틀림, 굽힘, 과도한 반복 등의 작업특성은 근골격계 질환의 발생 가능성을 크게 높이는 것으로 알려져 있으며 이러한 위험요인들에 따라 농작업자들에 발생하는 주요증상은 요통(lower back

pain), 건염(tendonitis), 수근관증후군(carpal tunnel syndrome), 관절염(arthritis) 등으로 보고 되고 있다(Putz-Anderson, 1988; Hansson, 1990; Nemeth, 1990; Hildebrandt, 1995).

농작업에서 가장 많이 요구되는 세 가지 작업자세는 선 자세(standing posture), 허리를 굽힌 자세(stooping posture), 쪼그린 자세(squatting posture)이다. 이와 같은 작업자세는 작업 대상물의 위치에 따라 결정되는데 선 자세의 경우 팔꿈치높이 이상, 허리를 구부러 작업하는 자세는 무릎높이에서 팔꿈치높이 사이, 쪼그려 앉는 자세는 무릎높이 이하에서 작업하는 경우에 발생한다. 이들 작업자세들 중 쪼그려 앉아 작업하는 자세는 각종 농작물의 파종, 재배, 수확작업 등에서 나타난다. 한편 산업현장에서는 아래보기 자세로 행해지는 용접이나 연마작업 등에서, 가정에서 빨래나 걸레질과 같은 가사노동 등에서도 많이 발생한다.

정형외과 전문의 Lee(2004)에 따르면 “쪼그려 앉으면 무릎관절의 각도가 130° 이상 구부러지며 이때 무릎관절에 가해지는 압력은 서 있는 자세보다 7.8배나 많다”고 하였고 무릎 관절염의 원인은 오랫동안 바닥에 양반 다리나 쪼그려 앉는 생활습관이나 비만 또는 직업적인 이유로 많이 발생한다고 하였다. <그림 1>에서 다리를 뺀고 누웠을 때와 각종 자세가 무릎관절에 걸리는 부담에 대한 비교분석에서 보듯이 오리걸음이나 토끼땀, 그리고 쪼그려 앉는 자세가 무릎관절에 가장 큰 부담을 준다.

따라서 본 연구는 쪼그려 앉는 작업자세가 요구되는 각종 작업에 있어 작업 보조도구를 사용함으로써 부적절한 작업자세를 개선하여 노동강도를 경감시키고 동시에 작업능률 향상과 요통 등 근골격계 질환을 감소시켜 작업자의 건강을 증진시키는데 목적을 두었다. 이를 위하여 본 연구의 수행방법은 두 단계로 구분하여 실시하였다. 먼저 농작업에서 행해지는 쪼그려 앉는 여러 자세에 있어서 재배작물의 높이에 따라 적절한 의자의 높이를 실험을 통하여 작업자 부하관계를 규명한 다음, 이를 토대로 작업자용 착용의자를 고안하여 쪼그려 앉는 작업을 할 때 안전성을 향상시키고 육체적 스트레스를 감소시킴으로써 사용자의 편의성을 증진시키고자 하였다.

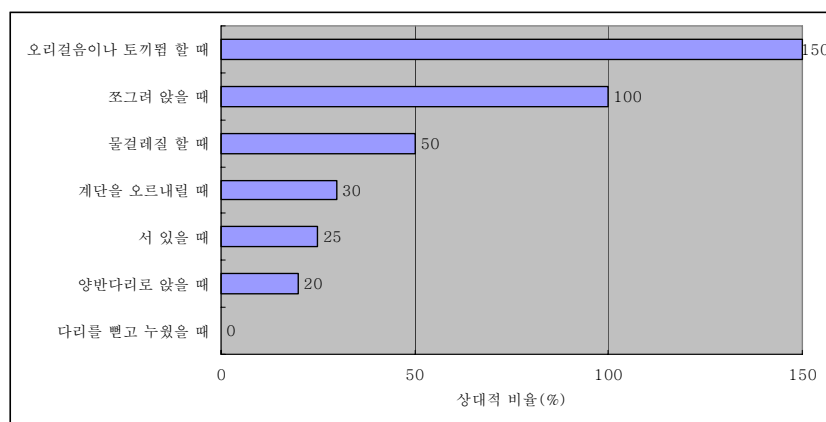


그림 1. 다리를 뺀고 누웠을 때와 각종 자세가 무릎관절에 걸리는 부담비교.  
(자료출처 : <http://www.arthritiscenter.co.kr/>)

## 2. 연구내용 및 방법

일반적으로 농업은 논벼, 과수, 축산, 노지재배, 시설재배 등 5개 영농유형으로 구분된다. 특히 이들 영농유형 중 노지나 시설재배 농작물의 높이는 주로 허리높이 이하여서 정상적으로 서서 작업을 할 수 없기 때문에 허리를 구부리거나 쪼그려 앉아서 작업하게 된다. 이중 비교적 키가 작은 농산물의 농사나 밭일작업 등은 주로 쪼그린 상태로 작업을 수행하게 된다. 이와 같이 쪼그리고 앉아서 작업할 경우 정적인 자세가 지속되므로 체중이 전부 다리에 쏠리면서 무리한 힘이 가중되어 혈액순환 장애를 초래하여 다리가 저리고 작업자가 쉽게 피로해진다.

또한 장시간 작업을 수행할 때 무릎과 허리의 피로 및 통증이 격심해져서 근골격계 질환을 유발하는 경우가 빈번하며, 작업능률을 떨어뜨린다. 이와 같은 사실은 이미 많은 연구결과가 이를 입증하고 있다(Chung *et al.*, 2003; Buckle *et al.*, 1986; Corlett *et al.*, 1986; Grandjean and Hunting, 1977; Lee and Chung, 1999; Pinzke, 1994; Li and Buckle, 1999).

이러한 문제점들을 최소화하기 위하여 의자(일종의 깔판)를 준비하여 의자에 앉아서 작업을 한다면 작업하기에는 편리해지나 농작물의 경우 재배작물의 종류나 작업내용에 따라서 작업위치가 달라지므로 이를 고려하여 의자의 높이를 조정해야 한다. 동일한 작업위치라도 각기 다른 개인의 신체크기나 특성에 따라 선호되는 의자의 높이도 다르게 나타난다. 그러므로 쪼그려 앉아서 수행해야 하는 작업에 있어서 각기 다른 작업위치에 따라 편안함을 제공할 수 있는 적절한 의자의 높이에 대한 연구가 필요하다.

Chung *et al.*(2003)에 따르면 쪼그려 앉아 작업하는 용접작업에 있어서 가장 적절한 높이의 의자는 10cm로 보고하고 있다. 하지만 이 결과는 바닥에 놓인 작업물을 대상으로 수행하는 작업을 가정하여 실험한 결과이다. 그러나 실제 용접작업에 있어서는 용접모재의 크기와 용접봉의 위치에 따라 작업하는 높이가 달라지므로 이를 쪼그려 앉아 작업하는 모든 작업자에게 일괄적으로 적용하는 데는 무리가 따른다고 할 수 있다. 또한 각각 다른 개인의 앉은 눈높이나 다리길이 등의 신체치수에 따라 쪼그린 자세에서의 편안함을 느끼는 의자의 높이는 달라질 수 있으므로 이에 대한 연구도 필요하다.

### 2.1 피실험자

피실험자는 신체장애가 없는 남녀대학생 각각 20명씩 총 40명이 참여하였다. <표 1>은 본 실험에 참여한 20세부터 26세까지 피실험자의 인구통계적 자료와 쪼그린 자세로 작업을 할 때 선호하는 의자의 높이와 관련이 있을 것이라고 추정되는 인체부위를 선정하여 측정된 결과를 요약한 것이다.

여기서 키, 앉은 눈높이, 회음높이 등은 쪼그린 자세와 그리고 앞으로 뻗은 손끝길이는 작물에 도달하는 거리와 관계가 있을 것으로 판단된다. Sanders and McCormick(1992)과 Grandjean(1985)에 따르면 관절에서의 동작범위는 관절의 골구조, 관절부근의 벌크(bulk: 근육이나 기타조직)의 양, 그리고 관절 주위의 근육, 건(tendon), 인대(ligament)의 탄력 등에 따라 달라진다고 하였다. 따라서 복부의 벌크가 크거나 허벅지둘레가 크면 쪼그린 자세에 제한을 줄 수 있으므로 몸무게, 허리둘레, 허벅지둘레 등을 측정하여 이들이 선호하는 의자의 높이와 인체치수와의 상관관계를 분석하였다.

### 2.2 평가 방법

작업위치에 따른 쪼그려 앉은 의자의 적절한 높이를 평가하기 위하여 본 연구에서 고안한 깔판(이하 의자로 칭함)의 재질은 합판을 사용하여 350(w)×250(d)×10(t)mm 크기로 좌판을 제재(sawing)한 후 각재를 좌판 양쪽 밑면에 부착하여 ㄷ자를 얹어 놓은 형태의 모형을 제작하였다.

Cai and You(1998)의 조사에 따르면 신발을 착용하지 않은 상태에서 재래식 변기에서 쪼그려 앉아 용무를 보는 자세를 취했을 때 편안함을 느끼는 높이(무게중심이 앞이나 뒤로 쏠리지 않는 안정된 자세이며 이때 바닥에서부터 항문까지의 높이)는 5.0~23.5cm이며 평균 10.97cm이다. 만일 쪼그려 앉은 의자가 10cm 이하이면 쪼그려 앉을 때 무게중심이 뒤로 쏠려 뒤로 넘어질 수 있으며 20cm가 넘으면 앞으로 허리를 많이 굽혀서 작업을 해야 하므로 허리관절에 무리를 초래하고 무게중심이 앞으로 쏠려 넘어지기 때문에 작업수행이 어렵게 된다. 이를 토대로 의자의 높이를 바닥에서부터 쪼그려 앉은 좌면까지의 높이가 각각 10, 15, 20cm인 3개의 모형으로 제작하였다.

일반적으로 작업위치가 40cm 이하가 되면 허리를 굽혀 작업

표 1. 피실험자의 인구통계적 자료와 인체측정자료

구분	나이 (year)	키 (cm)	앉은 눈높이 (cm)	회음높이 (cm)	앞으로 뻗은 손끝길이 (cm)	몸무게 (kg)	허리둘레 (cm)	허벅지 둘레 (cm)	
남	범위	21~26	168.2~182.5	76.0~86.3	71.7~83.0	75.8~95.3	52.3~89.5	69.6~100.3	44.5~57.7
	평균(SD)	24.8(1.6)	173.6(4.3)	80.8(2.7)	77.7(3.7)	82.1(4.4)	66.3(7.7)	80.0(9.5)	49.7(3.4)
여	범위	20~26	152.4~170.6	64.7~83.6	67.1~82.5	64.2~79.4	40.1~73.2	47.3~81.3	40.2~54.1
	평균(SD)	22.7(2.0)	162.2(4.9)	73.7(5.0)	75.0(4.6)	69.6(3.7)	51.5(6.9)	68.1(6.9)	44.8(3.4)

하기가 어려워지기 때문에 쪼그려 앉아서 작업을 수행하여야 한다. 각종 뿌리작물의 모종과종이나 이식 및 수확, 김매기, 제초작업 등은 주로 지면에서 5cm 이하의 바닥작업에 해당하며 잎줄기채소류나 열매채소류 등의 재배 및 수확작업은 지면에서 5cm 이상 20cm 이하에서 주로 행해지는 작업이다. 특히 고추나 가지, 토마토 등의 재배 및 수확작업은 지면에서 20cm 이상 40cm 이하에서 행해진다. 이에 따라 본 실험에서 바닥높이는 5cm 이하, 발목높이는 20cm, 정강이 높이는 40cm로 각각 3가지로 설정하였다.

<그림 2>는 피실험자가 본 연구에서 제작된 의자에 앉아 실증 실험하는 모습이다. 여기서 바닥높이는 김매기작업을 수행하도록 하였고 발목과 정강이 높이는 묘목 크기에 따라 해당 하는 높이의 순지르기 작업을 수행하도록 하였다. 피실험자들의 신발은 굽이 높지 않은 운동화를 착용하고 작업하도록 하였으며 쪼그려 앉았을 때 피실험자의 다리자세는 그림에서 보듯이 양다리를 벌리고 무릎을 구부러 무릎의 굴곡(knee flexion)을 90°이내에서 자유로운 자세를 취하도록 하였다. 작업 시 작업 대상물을 몸의 중앙(sagittal plane)이 되는 양쪽 무릎 사이에 위치시키고 작업 대상물의 수평위치는 의자 전면에서부터 30cm 이내에 위치하도록 한 후 작업하도록 하였다. 팔의 움직임은 자유롭도록 하였으나 팔꿈치가 무릎이나 허벅지 위에 지지되지 않도록 하였다.



그림 2. 제작된 의자에 앉아 실험하는 모습 (묘목 순지르기 작업).

본 연구에서는 3가지 작업위치에 따른 3가지 높이의 의자에 대한 사용자 선호도를 평가하는데 그 핵심기준은 사용자의 작업상 편안함이다. 이 같은 척도는 주관적일 수밖에 없으며 객관적인 수치로 측정하기는 어렵다. 따라서 이들 주관적 평가를 점수화하는 평가점수(opinion score) 척도로서 ‘매우 불편하다’, ‘불편하다’, ‘보통이다’, ‘편하다’, ‘매우 편하다’의 리커트 5점 척도(Likert summated rating method)를 사용하여 피실험자에게 각각의 설정된 작업위치에 따라 3가지 각기 다른 의자에 5분 동안 앉아 작업하게 한 후 의자의 선호하는 높이에 대한 생각을 표기하도록 하였다.

리커트 5점 척도 평가 후 3가지 각기 다른 작업위치에 따른 3가지 의자에 대한 사용상 편안함 정도를 순위로 응답케 하는 쌍대순위검정을 실시하였다. 이를 위해서 ① 10cm : 15cm ② 10cm : 20cm ③ 15cm : 20cm의 총 세 가지의 조합(combination)을 구성하여 둘 중 더 편안한 하나를 각각 선택하도록 하였다.

실험결과에 대한 평가는 모형 의자높이 및 작업위치에 따라서 다음과 같이 9가지 조건으로 구분하여 선호도의 차이를 분석하고자 하였다. 또한 이들 조건 간의 선호도 차이의 원인을 분석하기 위하여 2가지 요소수준인 작업위치(바닥=1, 발목=2, 정강이=3)와 의자높이(10cm=1, 15cm=2, 20cm=3)로 코딩하여 ANOVA를 통해 주효과분석 및 상호작용효과를 검증하고자 하였다.

- ① 조건 1 : 작업위치는 바닥높이(5cm 이하)이며 의자높이는 10cm(1, 1)
- ② 조건 2 : 작업위치는 바닥높이(5cm 이하)이며 의자높이는 15cm(1, 2)
- ③ 조건 3 : 작업위치는 바닥높이(5cm 이하)이며 의자높이는 20cm(1, 3)
- ④ 조건 4 : 작업위치는 발목높이(20cm)이며 의자높이는 10cm(2, 1)
- ⑤ 조건 5 : 작업위치는 발목높이(20cm)이며 의자높이는 15cm(2, 2)
- ⑥ 조건 6 : 작업위치는 발목높이(20cm)이며 의자높이는 20cm(2, 3)
- ⑦ 조건 7 : 작업위치는 정강이높이(40cm)이며 의자높이는 10cm(3, 1)
- ⑧ 조건 8 : 작업위치는 정강이높이(40cm)이며 의자높이는 15cm(3, 2)
- ⑨ 조건 9 : 작업위치는 정강이높이(40cm)이며 의자높이는 20cm(3, 3)

### 3. 실험결과

선호도 조사결과는 다음과 같이 빈도분석, 평균값분석, ANOVA 및 쌍대비교 분석 등을 실시하였다. <표 2>는 의자높이와 작업위치에 따른 피실험자의 편리성에 대한 평가점수를 나타낸다. 선호도 평가는 작업위치에 따라 그룹 1, 그룹 2, 그룹 3의 3개 그룹으로 나누어 각각 그룹 내 조건 간의 차이를 살펴보았으며, 또한 3개 그룹을 묶어서 하나의 그룹으로 하여 차이를 분석하기도 하였다.

그룹 1의 3개 조건을 분석한 결과 <표 2>에서 볼 수 있듯이 0.01 수준에서 유의한 차이를 보였다. 이들 조건간의 쌍대비교 결과 조건 1이 가장 선호되었으며 조건 3이 가장 낮은 선호도를 보였다. 조건 1과 조건 2 사이에는 통계적으로 유의하지 않았으나 한계적인 차이(marginal difference)는 보였다. 그룹 2와 그룹 3에 대한 ANOVA 결과는 유의한 차이를 보이고 있지 않음

며 쌍대비교분석 결과 또한 유의한 차이를 보이지 않았다.

모든 그룹을 묶어서 1개 그룹으로 구성한 ANOVA 결과도 유의(p<0.001)한 차이를 보였으며 9개 쌍대비교 중 1개는 0.001 수준에서, 1개는 0.01 수준에서 유의한 차이를 보였다. 그러나 7개의 쌍대비교는 유의한 차이를 보이지 않았다. 전반적으로 보아서 조건 1, 조건 5, 조건 9가 가장 선호되며 다음으로 조건 2, 조건 4, 조건 8이 선호되었고, 조건 3, 조건 6, 조건 7은 낮은 선호도를 보였다.

작업위치와 의자높이에 따른 선호도 차이의 이유를 구체적으로 파악하기 위하여 2원변량분석(two-way ANOVA)을 하여 2가지 요인의 주효과 및 상호작용효과를 분석하였다. 그 결과는 <표 3>에 나와 있듯이 유의확률이 0.001로 나타났으므로 이원배치모형의 종속변수인 선호도 차이를 두 개의 주요인 및 상호작용 요인으로 설명할 수 있다는 결론을 내릴 수 있다. 여기서 작업위치 요인은 의자높이 요인보다 더 큰 주효과를 보였다. 이 같은 주효과를 풀어서 설명하자면 작업위치가 높아질수록 작업의 편안함의 측면에서 낮은 작업위치보다 선호하여 이

같은 조건을 충족한 작업위치가 40cm인 조건 7~9를 가장 선호하며 역으로 작업위치가 5cm 이하로 낮은 조건 1~3은 매우 낮게 선호되었다는 것을 실증분석 자료는 보여주고 있다.

또한 이들 2개 요인이 상호작용 하여 선호도에 미치는 영향을 분석한 결과 작업위치와 의자높이는 유의한(p=0.034) 상호작용 효과를 보였다. 즉, 조건 1처럼 작업위치가 5cm 이하이고 의자높이가 10cm인 경우, 조건 5처럼 작업위치가 20cm이고 의자높이가 15cm인 경우, 조건 9처럼 작업위치가 40cm이고 의자높이가 20cm인 경우에 매우 높은 선호도를 보인다는 것이다. 즉, 낮은 작업위치에서 의자의 높이가 높으면 조건 3과 같이 사용자의 선호도( $\bar{X}=1.63$ )는 급격히 떨어지고 중간 작업위치에서는 의자의 높이에 대한 선호도는 큰 차이를 보이지 않으며 높은 위치의 작업에 있어서는 높은 의자를 가장 선호함을 알 수 있다. 이 같은 발견은 실제 쪼그려 앉아 작업하는 작업자용 의자설계 시 의자높이를 결정하는 데 있어 매우 중요한 시사점을 제시한다고 볼 수 있다.

표 2. 작업위치와 의자높이에 따른 편리성에 대한 분석결과

구분	선호도 평가(n=40)								
	그룹 1			그룹 2			그룹 3		
	조건 1	조건 2	조건 3	조건 4	조건 5	조건 6	조건 7	조건 8	조건 9
합계	87.00	83.00	65.00	128.00	132.00	127.00	165.00	171.00	175.00
범위	1.00~4.00	1.00~4.00	1.00~4.00	1.00~5.00	2.00~5.00	2.00~5.00	3.00~5.00	3.00~5.00	2.00~5.00
평균 (표준편차)	2.18 (0.84)	2.08 (0.66)	1.63 (0.84)	3.20 (1.07)	3.30 (0.85)	3.18 (0.84)	4.13 (0.65)	4.28 (0.64)	4.38 (0.81)
ANOVA	F <sub>2,117</sub> =5.585**			F <sub>2,117</sub> =.204			F <sub>2,117</sub> =1.284		
쌍대비교	*** : 조건2>조건3 ** : 조건1>조건3, n.s : 조건1-조건2			n.s : 조건4-조건5 조건4-조건6 조건5-조건6			n.s : 조건7-조건8 조건7-조건9 조건8-조건9		
순위	조건1>조건2>조건3			조건5>조건4>조건6			조건9>조건8>조건7		
ANOVA	F <sub>8,351</sub> =62.313***								
쌍대비교	*** : 조건2>조건3 ** : 조건1>조건3, n.s : 조건1-조건2, 조건4-조건5, 조건4-조건6, 조건5-조건6, 조건7-조건8, 조건7-조건9, 조건8-조건9								

\*\*\* : P<0.001, \*\* : P<0.01, n.s : 유의도 없음

표 3. 작업위치와 의자높이에 따른 선호도 차이 ANOVA

구분	제공합	자유도	평균제곱	F값	유의확률	
주효과	(결합)	320.061	4	80.015	121.991	0.001
	작업위치	318.489	2	159.244	242.783	0.001
	의자높이	1.572	2	0.786	1.199	0.303
2원 상호작용 효과	작업위치*의자높이	6.911	4	1.728	2.634	0.034
모형		326.972	8	40.872	62.313	0.001
잔차		230.225	351	0.656		
전체		557.197	359	1.552		

3.1 결과

추가적인 분석으로서 성별에 따른 선호도 차이에 대한 독립 표본 t-test 결과는 조건 4(p=0.016)를 제외한 나머지 모든 조건(1~9)에 있어서 통계적으로 유의하지 않음(p>0.05)을 보였다. 연령에 따른 선호도 차이는 연령의 차이가 많지 않으므로 분석의 의미가 없다고 판단된다. 인체 측정자료들과 각각의 실험조건과의 선호도 차이에 대한 상관분석을 실시한 결과를 표 4에서 살펴보면 조건 2에서 손끝길이, 몸무게, 허리둘레, 허벅지둘레 등이 상관관계 있음을 알 수 있으며 조건 4에서 신장, 손끝길이, 몸무게, 허리둘레, 허벅지둘레 등이 상관관계 있음을 알 수 있다. 하지만 나머지 조건들에 있어서는 상관관계가 존재하지 않음을 알 수 있으며 조건에 상관없이 통합한 선호도의 상관관계는 존재하지 않는 것으로 나타났다. 따라서 인체치수 차이에 따른 의자높이의 고려는 그다지 중요하지 않다고 할 수 있다. 인체측정치수에 따른 선호도 차이에 대한 ANOVA 결과 또한 모든 조건(1~9)에 있어서 통계적으로 유의하지 않는(p>0.05) 것으로 나타났다.

4. 조그린 작업자를 위한 인간공학적 착용의자 개발

4.1 조그린 작업자를 위한 착용의자의 개발방향

본 연구에서 개발하려는 조그린 작업자를 위한 착용의자의 제작목적은 작업보조도구를 사용함으로써 각종 산업체나 농업에 종사하는 작업자들에게 부과되는 육체적 에너지를 최소화하여 작업자의 작업안전 향상과 건강을 증진시키고 작업을 쉽고 빠르게 수행하게 하여 생산성을 높이는 데 있다.

착용의자의 개발방향은 쉽게 구할 수 있는 재료와 적은 경비의 투자로 간단한 도구를 제작함으로써 전문적 지식이나 기술, 그리고 별도의 사용법 교육이 요구되지 않는 의자를 개발하는 것을 기본 디자인개념(design concept)으로 설정하였고, 사용자

의 편의성을 증진시키는 데 목표를 두었으며 다음과 같은 디자인 선결요건을 설정하여 개발하였다. 작업자가 앉거나 선 자세에서 이동할 때 의자를 들어서 옮길 필요 없이 몸에 착용되게 하여 작업자와 의자가 일체로 이동하게 함으로써 작업이 끊기거나 중단됨이 없도록 한다; 착용의자는 작업자가 자유롭게 앉거나 서서 작업할 수 있도록 자세를 제한하지 않아야 한다; 충분한 시트 폭(seat pan width)과 각이 진 모서리 대신에 라운드형 디자인을 지향하고 엉덩이와 요추부위가 편안하게 안착 될 수 있으며 체중분배를 위한 contoured 시트와 등받이를 제공한다; 각종 작업위치에 따라 적절한 높이를 갖추어야 한다; 착용의자에 앉았을 때 요·천추부위 지지(lumbosacral support)를 위한 등받이(backrest)를 제공 한다. 의자의 재질은 가볍고 견고해야 하며 흠이나 물로부터 오염되지 않아야 한다.

4.2 착용의자의 프로토타입 개발

<그림 3>은 본 연구에서 개발한 착용의자의 프로토타입이다. 개발된 프로토타입은 작업자가 앉는 좌판과 등받이가 일체로 된 몸통과, 이 몸통을 작업자의 신체에 착용시키기 위한 어깨걸이, 허리벨트, 허벅지벨트로 구성된다. 이들 벨트는 리벳으로 의자 몸통에 고정된다. 개발된 착용의자는 조그려 앉아 수행하는 각종 작업에 있어서 작업자가 편안하게 앉은 상태에서 작업을 할 수 있을 뿐만 아니라 다른 장소로 이동할 때 일어서서 의자를 들어올려 이동시키는 동작 없이 의자가 작업자의 신체에 일체로 착용하여 동시에 이동할 수 있도록 함으로써 사용자의 편의성을 향상시켰다.

사용자가 일어서서 이동할 때에는 양쪽 다리는 서로 엇갈려서 걷기 때문에 만일 좌판이 하나의 몸체로 구성된다면 다리 뒤쪽에서 덜컹거리려 걷기가 불편하게 된다. 그러므로 앞으로 이동하는 다리에 따라서 같이 움직이도록 착용의자의 좌판을 양분하였다. 이렇게 함으로써 좌판은 등받이와 체결된 힌지부재에 의해 상호 독립적으로 회동 동작된다.

표 4. 인체측정치수와 각각의 조건에 대한 선호도와 상관관계

구분	신장	앉은 눈높이	회음높이	손끝길이	몸무게	허리둘레	허벅지둘레
조건 1	.013	-.037	-.003	.094	.048	-.090	-.042
조건 2	.269	.083	.090	.379*	.476**	.411**	.386*
조건 3	.028	-.118	-.090	.114	.224	.248	.130
조건 4	-.366*	-.129	-.099	-.391*	-.469**	-.468**	-.495**
조건 5	-.058	-.010	-.092	.043	.123	.005	.086
조건 6	.158	.048	.095	.256	.138	.032	.067
조건 7	-.120	-.067	.103	-.165	-.049	-.071	-.126
조건 8	-.171	-.168	.215	-.157	-.103	-.111	-.151
조건 9	-.164	-.180	-.090	-.135	.019	.061	-.029
통합 선호도	-.114	-.130	.002	-.016	.049	-.037	-.074

\* 상관계수는 0.05 수준(양쪽)에서 유의      \*\* 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의

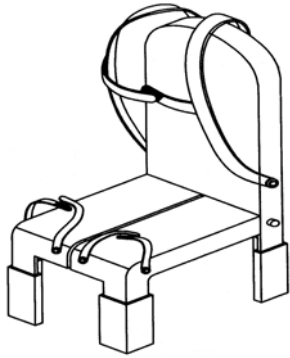


그림 3. 개발된 착용의자의 프로토타입.

의자 좌판높이는 앞서 실험한 결과에 의하여 작업위치에 따라 각각 10, 15, 20cm 높이로 각각 따로 제작할 수 있다. 그러나 작업 시 작업의 위치는 수시로 변하기 때문에 이들 세 가지 의자를 구비하여 사용한다면 매우 번거로운 뿐만 아니라 추가 구입비용도 따르게 된다. 따라서 본 연구에서는 <그림 3>에서와 같이 착용의자의 좌판 높이를 상황에 따라 유동적으로 조절하여 사용할 수 있도록 의자의 다리부분에 탈·부착이 가능한 발굽을 고안하였다.

즉, 높낮이 조절 발굽은 상/하면이 개구되고 내부에는 격판이 상/하면으로부터 깊이가 각각 5cm와 10cm로 형성되도록 하여 사용자의 신체크기나 작업위치에 따라 의자의 다리에 발굽을 끼워서 높이를 조정하도록 하였다. 착용의자의 원래 높이는 지면에서 좌판까지 10cm이며 이 발굽을 끼워 넣는다면 각각 15cm와 20cm 높이로 변하게 된다.

착용의자를 착용하고자 할 때에는 <그림 4>와 같이 먼저 어깨걸이벨트를 어깨에 걸어 작업자의 엉덩이 부분에 몸통의 좌판이 위치하도록 조절 fastener로 벨트길이를 조절한다. 이후 허리벨트를 작업자의 허리둘레에 적절하게 맞추어 벨트에 부착되어 있는 버클을 이용하여 허리벨트를 결속시키면 몸통은 엉덩이 부분과 요추부위에 밀착된 상태가 되어 의자가 흔들려지지 않도록 착용할 수 있다.

또한 좌판 앞면 양쪽에 부착된 허벅지벨트를 양쪽허벅지 둘레에 맞추어 조절한 후 결속함으로써 착용이 완료된다. 이렇게 함으로써 사용자가 이동할 때 의자좌판이 앞뒤로 흔들거리지 않아 행동을 제한하지 않으면서 자유롭게 이동할 수 있게 된다. 허리와 허벅지벨트의 결속수단은 플라스틱 버클(buckle)이나 벨크로(velcro, 일명 찍찍이)밴드를 이용하여 결속과 분리가 편리하도록 하였다.

<그림 5>에서와 같이 작업자가 쪼그려 앉아 작업을 하기 위해 쪼그리면 양쪽 허벅지와 결속된 허벅지벨트가 착용의자 좌판을 자연스럽게 앞으로 잡아당기게 되고 이때 좌판과 힌지(hinge)로 연결된 등받이도 각각 엉덩이 부위와 요·천추부위에 적절하게 위치하면서 좌판과 일체로 구성된 의자 앞다리와 등받이와 일체로 구성된 뒷다리는 지면과 맞닿게 되어 의자 역할을 하게 된다.



그림 4. 개발된 프로토타입 의자를 착용하고 이동하는 모습.



그림 5. 개발된 프로토타입 의자를 착용하고 작업하는 모습.

개발된 프로토타입의 구체적인 설계사양에 대해 설명하면 다음과 같다. 착용의자의 좌판치수는 33(W)×25(D)이며 등받이 높이는 의자의 좌판에서 20cm이다. 착용의자의 의자의 재질은 착용과 이동이 편리하도록 비교적 가벼운 재질인 polypropylene이나 polyethylene 열가소성 수지를 사용하여 사출성형 함으로써 중량은 대략 1.5kg을 넘지 않는 수준에서 제작하며 나일론 소재의 벨트 부착으로 인한 의자의 자체 무게 증가는 사용자가 인식할 수 없을 만큼 아주 미미할 것으로 판단된다.

이와 같은 착용의자를 사용하게 되면 작업자는 다리와 허리에 무리한 힘이 가중되지 않고 편안히 앉은 상태에서 작업을 할 수 있다. 또한 다음 장소로 이동시에도 의자의 몸통이 작업자의 신체에 일체로 착용되어 있기 때문에 일일이 들고 다닐 필요 없게 된다.

즉, 쪼그린 상태에서 짧은 거리를 이동하고자 할 때에는 간편하게 엉덩이를 약간 들어 오리걸음으로 이동할 수 있으며 좀 더 먼 거리를 이동하고자 할 때에는 자유롭게 일어서서 다음 장소로 이동하며 작업을 할 수 있게 되어 작업 시에 인력소모를 최소화할 수 있게 된다. 이에 따라 작업강도를 자연스럽게 줄일 수 있으므로 작업능률은 향상된다.

### 5. 토의 및 결론

부적절한 작업자세를 유발하는 작업위치나 이에 따른 의자의 높이가 작업자에게 적절하지 않으면 작업자들은 작업 자체에서 과생되는 부담뿐만 아니라 이로 인한 불편이 가중되어 높은 작업부하를 유발하게 된다. 따라서 작업위치나 의자를 작업자의 신체치수나 작업내용에 적절하도록 제공한다면 작업부하를 최소화할 수 있다. 그러나 비교적 정형화된 산업현장에서는 공장설계 시 인간공학적 설계요건을 고려하여 작업자에 적합한 작업환경을 제공할 수 있지만 이에 따른 엄청난 비용을 감수하여야 한다. 특히 작업 대상물이 크고 무거운 용접작업이나 작업 대상물이 바닥에 고정되어 있는 농작물을 재배하는 경우 작업위치를 작업자에게 편리하도록 변경하기가 쉽지 않다. 더욱이 농어촌에서 행해지는 작업의 경우 대부분 비정형화된 작업이기 때문에 이러한 개선대책에 대한 고려조차도 어렵게 된다. 그러므로 작업위치에 따라 적절한 의자를 제공한다면 비용을 절감하는 동시에 작업부하를 최소화할 수 있는 최적의 대안이 될 수 있다.

본 연구는 조그려 앉아서 수행하는 작업에 있어서 작업위치에 따라 작업 시 편안함을 느끼는 의자의 적절한 높이에 대한 사용자 선호도를 평가하여 시사점을 제공하고자 하였다. 연구 결과를 요약하자면 조그려 앉아서 작업을 수행해야 하는 유사한 작업이라도 작업위치에 따라 조그려 앉는 의자의 적절한 높이는 달라져야 한다는 것을 발견하였다. 즉, 작업위치가 5cm 이하이면 의자높이는 10cm가 적절하며 작업위치가 20cm이면 의자높이가 15cm, 작업위치가 40cm이면 의자높이는 20cm가 적절함을 알 수 있었다.

본 연구결과 개발된 조그려 앉아 작업하는 작업자를 위한 이동성을 고려한 착용의자의 프로토타입은 작업 보조도구 없이 조그리고 앉을 때에 비하여 다리 저림 현상을 없앨 수 있을 뿐만 아니라 깔판과 같이 작업 보조도구를 사용하는 경우라도 작업장소 이동시 마다 깔판을 들고 오리걸음을 하거나 일어섰다 앉았다 하는 불편 없이 착용한 채로 전후·좌우 방향으로 간단히 이동할 수 있다. 결과적으로 작업조건이 향상되어 편안하고 안전한 자세로 작업을 할 수 있기 때문에 인력작업에 따른 무리한 힘의 소모를 감소시켜 노동력절감은 물론 허리, 어깨, 다리 등의 근골격계 질환을 감소시킬 수 있음은 물론 생산성 향상을 가져올 수 있기 때문에 이의 기대효과는 지대하다고 말할 수 있다. 특히 가정에서 손빨래, 레저용으로 낚시, 산업 현장에서 용접작업 등 다양한 작업장에서의 활용과 다른 의자에도 적용이 가능할 것으로 판단된다.

장래에 요구되는 관련연구 내용 및 방향에 대해 살펴보면, 작업위치에 따른 적절한 의자높이의 평가를 위해서 작업위치와 의자높이를 세분화하고 좀더 많은 피실험자를 대상으로 한 편리성 및 선호도 조사가 뒤따라야 할 것이다. 또한 피실험자의 주관적인 선호도 조사뿐만 아니라 객관적인 평가방법, 즉 생체역학적 방법과 생리학적인 평가방법의 도입도 필요하다

고 사료된다. 한편 본 연구에서 개발된 착용의자 프로토타입의 실용성과 효과를 검증하기 위한 추후 연구도 뒤따라야 한다고 판단되며 이를 위해 개발된 착용의자를 실제 작업현장에 적용하여 개발된 착용의자를 사용해본 후의 불편사항, 즉 ‘중량감’, ‘착용감’, ‘이동 편리성’ 등에 대한 사용성 평가와 생산성 향상 여부, 무릎관절 통증 감소 여부 등의 변화에 대한 조사가 필요하다고 판단된다.

### 참고문헌

Buckle, P. W., Stubbs, D. A., and Baty, D. (1986), Musculo-skeletal Disorders (and discomfort) and Associated Work Factors. In: Corlett, E. N., Wilson, J., Manenica, I. (Eds.), *The Ergonomics of Working Postures: Models, Methods and Cases*, Taylor & Francis, London, 19-30.

Corlett, E. N., Wilson, J., and Manenica, I. (1986), *The Ergonomics of Working Postures: Models, Methods and Cases*, Taylor & Francis, London.

Chung, M. K., Lee, I., and Kee, D. (2003), Effect of Stool Height and Holding Time on Postural Load of Squatting Postures, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 32(5), 309-317.

Grandjean, E and, Hunting, W. (1977), Ergonomics of Postures Review of Various Problems of Standing and Sitting Postures, *Applied Ergonomics*, 8(3), 135-140.

Hansson, J. E. (1990), Ergonomics Design of Large Forestry Machines, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 5(3), 255-266.

Hildebrandt, V. H. (1995), Musculoskeletal Symptoms and Workload in 12 Branches of Dutch Agriculture, *Ergonomics*, 38(12), 2576-2587.

Lee, I. and Chung, M. K. (1999), Workload Evaluation of Squatting Work Postures. In: Straker, L., Pollock, C. (Eds.), *CD-ROM Proceedings of CybErg 1999: The Second International Cyberspace Conference on Ergonomics*, The International Ergonomics Association Press, Curtin University of Technology, Perth, Australia, 597-607.

Lee, S. C. (2004), <http://www.arthritiscenter.co.kr/>, Unpublished clinical report.

Li, G. and Buckle, P. (1999), Current Techniques for Assessing Physical Exposure to Work-related Musculoskeletal Risks, with Emphasis on Posture-based Methods, *Ergonomics*, 42(5), 674-695.

Meyers, J., Miles, J., Faucett, J., Janowitz, I., Tejeda, D., and Kabashima J. (1997), Ergonomics in Agriculture: Workplace Priority Setting in the Nursery Industry, *American Industrial Hygiene Association Journal*, 58(2), 121-126.

Nemeth, G., Arborelius, U. P., Svensson, O. K., and Nisell, R. (1990), The Load on the Low Back and Hips and Muscular Activity During Machine Milking, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 5(2), 115-123.

National Institute for Occupational Safety and Health(NIOSH). (1981), *Work Practice Guide for Manual Lifting*, Publication No. 81-122.

National Institute for Occupational Safety and Health(NIOSH). (1997), *Musculoskeletal Disorders and Workplace Factors: A Critical Review of Epidemiological Evidence for Work-related Musculoskeletal Disorders of the Neck, Upper Extremity, and Lower Back*, DHHS (NIOSH) Publication No. 97-141.

Pinzke, S. (1994), A Computerized System for Analysing Working Postures in Agriculture, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 13(4), 307-315.

Putz-Anderson, V. (1988), *Cumulative Trauma Disorders: A Manual for Musculoskeletal Diseases of the Upper Limbs*, Taylor & Francis, London.

Sanders, M. S. and McCormick, E. J. (1992), *Human Factors in Engineering and*



*Design, Seventh Edition*, New York, McGraw-Hill, Inc.  
Westgaard, R. H. and Aarås, A. (1984), Postural Muscle Strain as a Causal

Factor in the Development of Musculoskeletal Illnesses. *Applied Ergonomics*,  
15(3), 162-174.



### 정 화 식

단국대학교 건축공학과 학사  
Murray State University 산업공학과 석사  
University of Houston 산업공학 박사  
현재: 동신대학교 산업공학과 교수  
관심분야: 인간공학, 데이터베이스, 전문가  
시스템



### 정 형 식

고려대학교 독어독문학 학사  
Ohio University 경영학 석사  
University of Arizona 경영학 박사  
현재: 조선대학교 경영학부 교수  
관심분야: 마케팅, 소비자 행동론, 인간공학