

Measurement of Body Weight Distributions on a Seat Pan for Various Sitting Postures

Jae Hee Park¹, Seung Hee Kim¹, Min Uk Kim², Hee Dong Han², Young Soo Shim³, Taeil Son³

¹Dept. of Safety Engineering, Hankyong National University,
²Institute of Applied Ergonomics, Hankyong National University, ³Sidiz Inc.

ABSTRACT

Objective: The aims of this study are to develop a body weight distribution measurement system on a seat pan and to find the weight ratios of left and right and posterior and anterior for the ergonomically good or bad postures. **Background:** During daily work hours, office workers' sitting postures vary according to the work characteristics, their sitting habit, and chair specifications. To make office workers keep the good sitting postures, a bad posture alarm system can be considered. **Results:** We developed a body weight distribution measurement system by using four load cells mounted on a seat pan. We also measured the weight distributions for five typical postures. **Conclusion:** If the left/right weight ratio ranges from 0.8 to 1.2 and posterior/anterior weight ratio from 1.0 to 1.4, the posture can be defined as good balanced posture. **Application:** The result of this study can be applied to the development of a bad posture alarm system of chair.

Keywords: Sitting Balance, Office Chair, Sitting Posture, Bad Posture Alarm

1. Introduction

산업이 급속히 발달하며, 자동화 공정, 서비스 산업 등 단순 반복 작업이 증가함에 따라 근골격계질환 중 하나인 VDT 증후군이 증가하고 있다. VDT 작업과 같은 부담작업을 집중적으로 수행하는 사무직 근로자들에게 공통적으로 적용되는 유해요인은 작업자세이다. 우리나라도 1997년 이미 고용노동부 고시로 '영상표시단말기(VDT) 취급 근로자 작업관리 지침을 제정하여 이를 활용하고 있다(고용노동부, 2004). 또한 의자와 책상 등 사무용 가구에 대한 인간공학적 설계 원칙에 대한 많은 조사와 연구가 수행되어 왔으며, 인체 측정치를 고려한 인간공학적 설계원칙도 정립되어 왔다(박재희 등, 2009). 그럼에도 불구하고 실제 작업자들의 근골격계질환은 꾸준히 증가하고 있다.

사무작업자들의 일일 작업자세에 대한 연구 결과 올바른 자세를 유지하는 경우가 거의 드물게 나타났다. 대부분의 사무작업자들은 등판에 대한 허리 지지를 충분히 하지 않은 채 일을 했으며, 전후, 좌우로 균형을 잃고 편향된 자세로 일하고 있는 것으로 나타났다(박재희 등, 2011).

작업자들이 올바른 자세를 취하지 못하는 원인은

좌식 작업 시 엉덩이와 의자 사이의 체압 때문이다. 좌식 작업 시 작업자 몸무게의 75%는 엉덩이에 지지되며 특히 높은 체압이 좌골결절(ischial tuberosity)의 25cm² 부분에 집중되며(Drummond et al., 1982), 이러한 부하는 동맥을 통과하는 혈액 순환을 방해하기에 충분하며 그 결과로 통증, 마비, 고통과 같은 불편함이 발생하며 불편함을 제거하기 위해 자세의 변화를 가져오게 된다. 그래서 의자의 불편함에 대한 연구에서 체압분포를 사용한 여러 연구들이 수행되어 왔다. 그러나 대부분의 체압 분포를 이용한 의자의 불편함에 대한 연구는 착석자세에 따른 체압분포와 불편함의 상관성 평가, 자동차 시트의 체압 측정을 통한 안락감 평가 등 자동차 시트 분야에서 주로 이루어져 왔으며(이현철 등, 2007), 사무용 의자에 대한 연구는 많지 않았다. 또한 그동안 일부에서 수행되었던 사무용 의자에 관한 연구는 의자의 불편함과 체압분포의 관계에 대한 연구이거나, 사무용 의자에 대한 인간공학적 분석 등이 주로 이루어져 있었다(곽원모 등, 1999). 최근 박수련 등(2011)은 체압분포를 측정해 자세를 모니터링하고 이를 기반으로 불량한 자세를 경고하는 시스템을 이용해 사무작업자의 자세를 올바르게 유지할 수 있다는 연구 결과를 발표하였다.

이에 본 연구는 사무용 의자에 대해 다양한 좌좌 자세에 따른 힘의 균형 분포를 측정하고, 측정 결과를 바탕으로 다양한 자세를 정의하고 균형 잡힌 자세를 정의하고자 하였다.

2. Method

2.1. 피실험자

사무작업 좌좌 자세의 힘의 균형 분포 측정 실험에 남녀 15 명씩, 총 30 명의 피실험자가 참여 하였다. 피실험자는 대학생들이었으며, 평균 나이는 23.7 ±1.67 세 이며, 평균 신장은 169.33 ±7.38 cm, 평균 체중은 62.63 ±10.71 Kg 이었다.

2.2. 실험장비

본 실험의 좌좌 시 힘을 측정하기 위해 load cell 을 좌좌에 장착한 체중 분포 측정시스템을 개발 하였다. 이 체중 분포 측정시스템은 S사의 T모델 의 자 좌좌 4 곳에 load cell을 장착하고, 이를 판으로 덮은 후 T모델 의자에 사용되는 스펀지를 올리는 방식으로 장비를 구성되었다(Figure 1). 다양한 작업 자세를 연출하기 위해 높낮이가 조절되는 책상을 사용하여 피실험자가 선호하는 높이를 조절할 수 있도록 하였다. 의자 역시 앞은오금높이에 맞추어 높이를 조정하도록 했다.

2.3. 실험방법

피실험자는 우선 실험을 시작하기 전 간단한 인 적 사항을 기재하고 실험에 관한 설명을 듣게 된다. 본 실험에 변수로 적용된 5가지 자세는 다음과 같다 (Figure 2).

- 정자세
- 컴퓨터 입력자세

- 전화를 받는 자세
- 뒤로 완전히 기댄 자세
- 걸터 앉은 자세

첫 번째, 정자세는 의자를 자신의 몸에 맞추고 등의 요추부위를 의자 요추지지대에 지지한 다음 무릎은 90도 직각 상태를 유지하며 앉는다. 시선은 편안한 상태로 정면을 바라보며, 양손은 편안히 허벅지 위에 올려 놓는다. 두 번째, 사무 작업 시 컴퓨터 입력 자세는 VDT 작업 관리 지침에 따라 시야범위는 수평선상으로부터 10~15도 밑에 오도록 하며 화면과 근로자의 눈과의 거리는 40cm 이상이 확보될 수 있도록 하며, 윗팔은 자연스럽게 늘어뜨리고, 작업자의 어깨가 들리지 않게 하며, 팔꿈치의 내각은 90도 이상이 되게 하고, 아랫팔은 손등과 수평을 유지하여 키보드를 조작하게끔 한다(고용노동부, 2004). 세 번째, 전화를 받는 자세는 작업 중 걸려온 전화를 받는 듯한 자세를 취하게 된다. 전화를 받는 손은 오른 손으로 통일을 했으며, 오른쪽으로 몸이 기울여지는 상태에서의 좌좌의 힘의 분포를 측정한다. 네 번째, 뒤로 완전히 기댄 자세는 엉덩이를 의자 뒤쪽에 위치하고 등을 등판에 기댄 자세를 취하게 된다. 마지막으로 앞에 걸터앉은 자세는 엉덩이 끝을 의자의 가운데 위치에 맞추어 앉도록 했다.

다섯 가지 자세에 대한 측정은 무작위 순서로 실시되었으며, 각 자세 별 측정이 완료되면 실험자는 피실험자에게 만약 같은 자세를 1시간 동안 취하게 된다면 얼마나 불편할 지에 대한 설문을 실시하였다.

설문은 5점 척도로 이루어졌다. (1점: 전혀 불편하지 않다, 2점: 약간 불편하다, 3점: 불편하다, 4점: 매우 불편하다, 5점 극단적으로 매우 불편하다.)



Figure 1. 좌좌 시 힘 분포 측정시스템

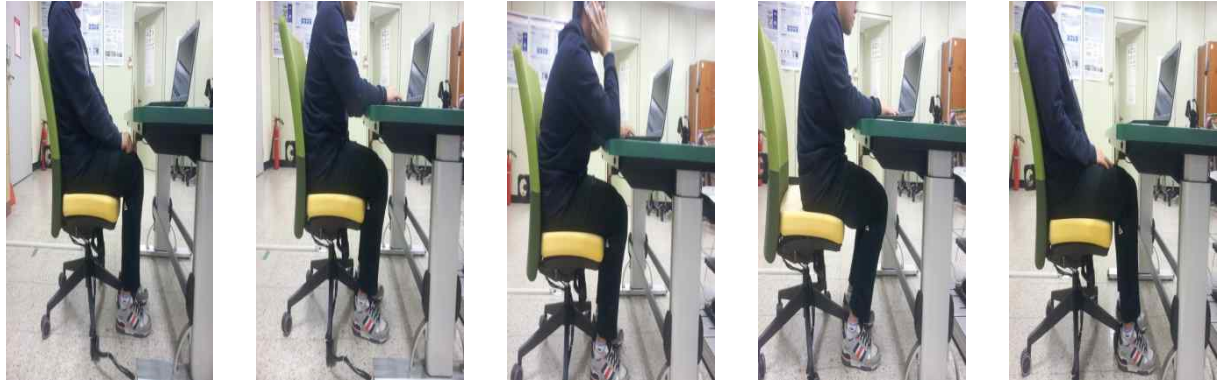


Figure 2. 실험 자세 (정자세, 컴퓨터사용 자세, 전화 받는 자세, 걸터앉은 자세, 뒤로 기댄 자세)

하나의 자세 측정이 완료되면 피실험자는 3 분간 휴식시간을 갖고 실험을 이어서 진행했다. 각 착석 자세에 따른 엉덩이 오른쪽(BR), 엉덩이 왼쪽(BL), 허벅지 오른쪽(TR), 허벅지 왼쪽 (TL), 등 4개의 부위로 체중 데이터는 기록되었다(Figure 3). 데이터 분석은 힘의 균형 분포를 평가하기 위해 각 부위별 평균 힘과 엉덩이와 허벅지부위의 비율 $(BR+BL/TR+TL)$ 과 오른쪽과 왼쪽 $(BR+TR/BL+TL)$ 의 비율을 분석했다.

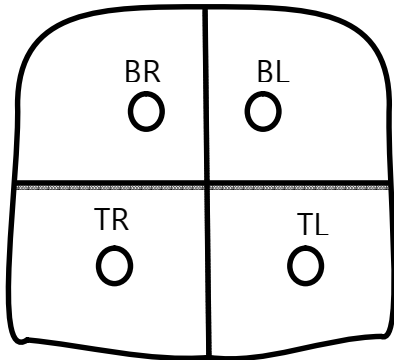


Figure 3. 좌면의 분할과 센서위치

3. Results

각 자세 별 좌면 4 측정점에서의 힘 값들은 Figure 4와 같다. 첫 번째 정자세의 경우 체중이 각 부위로 고르게 분포됨을 알 수 있었다. 두 번째 VDT 표준 작업 지침에 따른 컴퓨터 입력 자세의 경우에는 정자세와 마찬가지로 체중의 분포

가 골고루 분포되었다. 세 번째, 전화를 받는 자세의 경우에 Figure 2와 같이 오른쪽으로 기운 자세를 취했을 때 편향된 결과 값이 나타났다. 네 번째, 의자에 반쯤 걸터앉은 자세는 엉덩이 부위보다 허벅지 부위에 많은 힘이 가해졌으며, 마지막으로 뒤로 기댄 자세에서는 전반적으로 가장 낮은 힘의 분포를 보여주었다. 이는 등판에 완전히 상체를 지지함으로써 좌면에 가해질 힘이 등판으로 분산된 것에 기인했다.

힘의 균형을 알아보기 위한 허벅지와 엉덩이의 비율, 하체 오른쪽, 왼쪽간 균형을 알아보았다(Figure 4). 첫 번째 엉덩이/허벅지 비율에서는 정자세가 1.33, 컴퓨터자세 1.38 등의 비율을 보여주었다. 전화 받는 자세는 1.61로 엉덩이 부위에 많은 힘이 분포하는 것을 보여주는데, 이는 전화를 받는 자세를 취할 때 등판에서 등이 떨어지기 때문에 힘이 좌면으로 쏠리는 현상이 발생했기 때문이다. 마지막으로 뒤로 기댄 자세에서는 1.17로 등판으로 힘이 분배되어 엉덩이 부위에 압력이 감소하는 것을 알 수 가 있었다. 사후검정 결과 1 그룹으로 걸터앉은 자세가 허벅지에 압력이 가장 높게 나타났으며, 뒤로 기대는 자세, 정자세, 컴퓨터작업 하는 자세가 2 그룹으로 나타났으며, 3그룹으로 정자세, 컴퓨터 작업하는 자세, 전화하는 자세가 나타났다(Table 1).

하체의 오른쪽과 왼쪽의 비율을 보면 정자세 1.01, 컴퓨터자세 1.00으로 가장 좌우 균형이 잘 맞았으며, 전화 받는 자세에 경우 1.19의 비율로 우측으로 편향된 상태를 보여주었으며, 뒤로 기대는 자세는 0.95 걸터앉은 자세는 1.05의 비율을 보여주고 있다(Figure 5). 사후검정 결과 정자세, 컴퓨터작업자세, 걸터앉은 자세, 뒤로 기대는 자세 등이 1그룹으로 그룹간 차이가 없다고

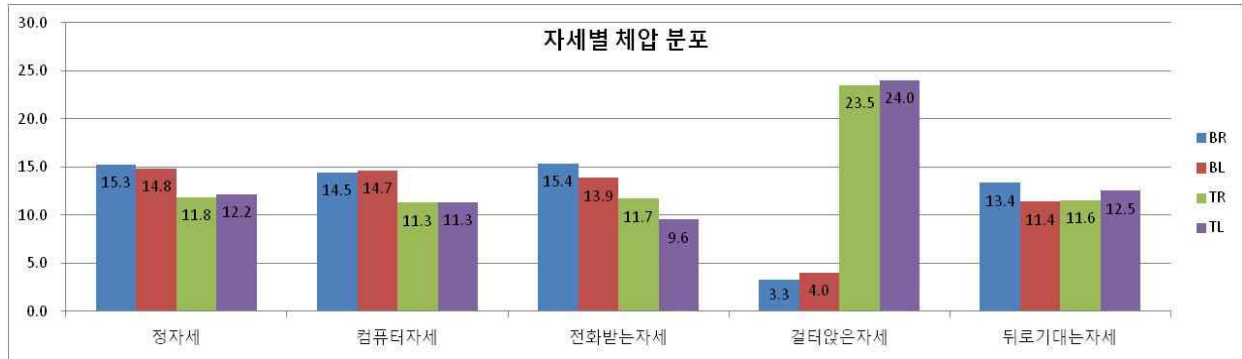


Figure 4. 자세 별 좌면의 힘 분포

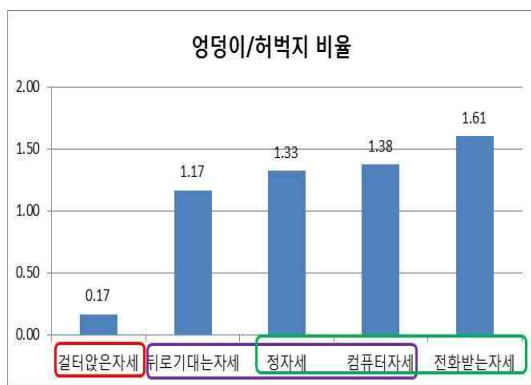


Figure 5. 영덩이/허벅지 힘의 비율



Figure 6. 오른쪽/왼쪽 힘의 비율

Table 1. 영덩이/허벅지 비율 간 사후검정

영덩이/허벅지 비율	N	유의수준 = 0.05에 대한 부집단		
		1	2	3
걸터 앉은 자세	30	.1680		
뒤로 기대는 자세	30		1.1667	
정자세	30		1.3300	1.3300
컴퓨터 작업 자세	30		1.3770	1.3770
전화받는 자세	30			1.6143
유의확률		1.000	.182	.070

Table 2. 오른쪽/왼쪽 비율 간 사후검정

오른쪽/왼쪽 비율	N	유의수준 = 0.05에 대한 부집단	
		1	2
걸터 앉은 자세	30	.9523	
컴퓨터 작업자세	30	.9993	
정자세	30	1.0120	
뒤로 기대는 자세	30	1.0513	
전화 받는 자세	30		1.1917
유의확률		.052	1.000

나타났으며, 전화 받는 자세가 2그룹으로 총 2개의 그룹으로 나누어졌다.

주관적 불편함에 대한 설문 조사결과, 뒤로 기대는 자세 2.37, 컴퓨터자세 2.7, 정자세 2.8, 걸터앉은 자세 3.2, 전화 받는 자세 3.23 순으로 불편함을 보고했다. 피실험자들은 뒤로 기대는 자세에서 가장 적은 불편함을 경험할 것이라고 응답했다. 이는 뒤로 기대는 자세가 좌면으로 가는 힘을 분산시켜 줄 수 있기 때문으로 판단된다. 다음으로 컴퓨터작업 자세, 정자세, 순으로 불편함

을 경험할 것이라고 응답했으며, 전화 받는 자세, 걸터앉은 자세 순으로 불편함을 경험할 것이라고 응답했다(Figure 7). Table 3은 설문조사의 사후검정 결과를 보여주며, 검정 결과 뒤로 기대는 자세, 정자세, 컴퓨터 작업 자세 등이 한 개의 그룹으로 이루어져 있으며, 정자세, 컴퓨터 작업하는 자세, 걸터앉은 자세, 전화를 받는 자세 등이 한 개의 그룹으로 나타났다.

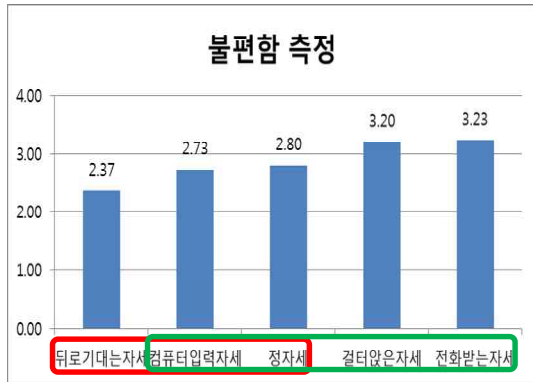


Figure 7. 불편함 측정 설문 결과

Table 4. 불편함 평가 설문 사후검정

설문조사 사후검정	N	유의수준 = 0.05에 대한 부집단	
		1	2
뒤로 기대는 자세	30	2.3667	
컴퓨터 작업자세	30	2.7333	2.7333
정자세	30	2.8000	2.8000
걸터앉은 자세	30		3.2000
전화받는 자세	30		3.2333
유의확률		.085	.054

4. Conclusion

본 연구에서는 힘 측정 센서인 load cell을 장착한 체중분포 측정시스템을 개발하였다. 이를 이용해 5 가지의 전형적인 사무작업 자세에 대해 착좌 시 힘의 분포를 측정하였다. 측정평가 결과, 균형 잡힌 좋은 자세는 힘의 분포비에서 좌/우에서 0.8-1.0, 후/전에서 1.0-1.4 까지를 나타내는 것으로 나타났다. 추후 본 연구에서 개발된 시스템을 활용해 더 다양한 자세에 대한 힘의 분포 측정과 이를 이용해 좋은 자세와 나쁜 자세를 구분 짓는 연구가 더 요구된다. 본 연구의 결과는 자세경고 시스템 등의 개발에 활용될 수 있을 것이다.

Acknowledgement

This work was funded by grants from Gyeonggi Science & Technology Promotion.

References

1. Drummond D.S., et. al., A study of pressure distributions measured during balanced and unbalanced sitting, J.Bone and Joint Surgery, 64(7) 1034-1089, 1982.
2. 고용노동부, 영상표시단말기(VDT) 취급 근로자 작업관리 지침, 2004.
3. 광원모, 홍성수, 정석길, 이상동, 이동춘, 윤훈용, 사무실 의자의 인간공학적 디자인, 디자인학연구, 12(3), 74-80, 1999.
4. 박수련, 오세진, 이요행, 셀프모니터링 실시 빈도의 차이가 사무직 근로자의 올바른 앉은 자세에 미치는 효과, 한국안전학회지, 26(6), 97-103, 2011.
5. 박재희 등, 인체측정치를 고려한 가구분야 치수표준화 연구, 기술표준원, 2009.
6. 박재희, 이인석, 김민욱, 김승희, 정한범, 사무작업자의 사무행태와 의자 사용 자세 분석, 대한인간공학회, 춘계 학술대회, 2011.
7. 이현철, 박현민, 나형현, 김종수, 조현일, 전오환, “자동차 시트의 체압 측정을 통한 안락감 평가 연구” 한국자동차공학회, 춘계학술대회논문집, 2007.