Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 30, No. 4 pp.437-441, August 2011 DOI:10.5143/JESK.2011.30.4.437

The Importance of Agricultural Ergonomics

Kwan Suk Lee

Department of Industrial Engineering, Hongik, Seoul, 121-791

ABSTRACT

Objective: The objective this paper is to introduce the agricultural ergonomics and to show the importance of it in improving the agricultural works. **Background:** Despite of rapid advancement of technologies and adoption of modern mechanical equipments at farms in Korea, most of agricultural works have still remained manual and thus have regarded as one of the hardest works. With aging and feminization in rural areas, the need to improve agricultural works has grown quite much. Agricultural ergonomics have been known as a good tool in improving agricultural works around the world. Recently Korean government initiated a national program of providing assistive equipments to help farmers and a few ergonomists started to apply agricultural ergonomics in our rural villages as a part of this program. **Method:** This study reviewed how Ergonomics was used for the agricultural work. **Results:** Methods of Ergonomics which are used for the agricultural ergonomics and the simple procedure of the agricultural ergonomics were presented. **Conclusion:** It was found that agricultural works can be improved quite much using the agricultural ergonomics principle and the musculoskeletal stress of farmers can be reduced significantly.

Keywords: Agricultural Works, Assistive Equipment, Musculoskeletal disorder, Aging, Agricultural Ergonomics

1. Introduction

우리나라는 1960년 이후 과거 50여 년간 산업화, 공업화에 집중적인 투자와 노력을 기울여서 눈부신 기술적 발전을 이루어왔다. 경제적으로도 크게 성장하여 선진국으로의 진입을 하였고 WTO에 가입하였으며 세계 10대 경제 강국이 되는 것을 눈앞에 두고 있다. 그러나 반면에 공업 분야의 발전에 밀려 농업 분야에 대한 투자나 연구개발의 노력은 상대적으로 적어졌다. 예전부터 농자천하지대본(農者天下之大本)이라고 하며 모든 산업에 앞서 가장 중요시 하던 농업이 상대적으로 우리나라에서 차지하는 비중도 줄게 되고 농업인구도 따라서 줄게 되었다. 2009년 기준 농가인구는 총 인구의 6.8%를 차지하고 있으며 농업생산량은 GNP 기준 2.9%로 줄어 들었다. 하지만 선진국 중에서 농업을 육성하지 않는 나라는 없으며 특히 세계가 자원 전쟁에 있는 요즈음 아무리 FTA가 세계의 많은 나라와 체결될 수 있다 해도 식량의 전략적 가치 때문에 농업을 고사하게 놓아 두어서는 안 된다. 여하한 경우라도 우리나라가 안정적으로 의존할 수 있는 식량 공급은 우리나라의 농업에 의존할 수 밖에 없기 때문이다. 이제는 농업의 중요성을 국가적으로 깨달아 농업 분야도 계속 발전하게 하여 미래의 식량 전쟁에 대비하는 것이 필요하다. 이를 위해서 농업 인간공학이 일익을 담당할 수 있을 것이다.

농업은 ILO(International Labor Organization)에서 규정하는 세계 3대 위험산업 중에서 광업, 건설업에 이어 세 번째를 차지하고 있다. 농업이 힘들다는 것은 많은 작업이 수작업으로 이루어진다는데 있다. 이에 따라 많은 농업인이 근골격계 질환의 위험에 노출되어 있다, 외국의 통계에 의하면 농업종사자의 허리병 발생률은 전체 산업 평균의 1.5배이고 특히 신체 장애가 생기는 직업으로 여성의 경우 산업 중에서 농업이 1위를 차지하고 있으며 남성의 경우도 2위를 차지하고 있다. 이런 관계로 농부들에게 나타나는 신체적, 정신적 장애를 1040년대 초부터 일본에서는 농부증이라고

Corresponding Author: Kwan Suk Lee. Department of Industrial Engineering, Hongik, Seoul, 121-791.
E-mail: kslee@hongik.ac.kr
Copyright@2011 by Ergonomics Society of Korea(pISSN:1229-1684 eISSN:2093-8462). All right reserved.

해 왔으며 이를 해결하고자 여러 학문이 적용되었는데 이 중에도 인간공학이 많이 적용되어 이에 따라 농업 인간공학이라는 분야가 생기게 된 것이다.

우리나라에서도 역시 농업은 힘든 일로 알려져 있고 그 상황은 선진국에 진입한 21세기에도 바뀌지 않고 있다. 우리나라에서도 농작업 분야의 산업재해는 전체 산업재해의 1.4배에 이르고 특히 농부증 중 신체적 장애인 근골격계 질환율은 일반 산업계에 종사하는 작업자에 비하여 2.4배나 더 많은 62%에 이르게 되었다(Ministry of Labor, 2007). 특히 일반 산업계에 종사하는 작업자에 비하여 삐거나 근육 당김 현상이 농업인에게 20% 더 일어나고 있으며 허리병도 12% 더 일어나고 있으므로 농업인에게서 근골격계 질환의 문제는 심각하다 할 수 있다. 농업이 3D(dirty, dangerous, difficult) 취급을 받게 되고 수익성도 떨어짐에 따라 농촌으로부터의 인구 이탈 현상이 심화되었다. 대부분의 경우 인구 이탈의 주역은 젊은 사람들이라서 농촌의 노동은 거의 50대 이상의 고연령 인력이나 여성이 맡고 있다. 이에 따라 농부증의 문제가 더욱 가중되어 큰 사회적 이슈가 되었다. 우리나라에서도 1970년대 후반부터 이에 관한 연구가 시작되었다(Ahn, 2010). 하지만 대부분의 연구들이 문제점 제기에 그치고 있었으며 근원적인 해결 방법을 제시하기 보다는 치료의 관점을 제시하는 경우가 많았다. 반면에 외국에서는 인간공학이 활발히 적용되어 농부증 관련 신체적 장애인 농업인들의 근골격계 질환을 줄이고 작업 편이를 높여주려는 노력이 많았으며 이 방면의 연구를 농업 인간공학이라고 부르게 되었다. 우리나라도 1990년대 후반부터 소수의 인간공학자가 농작업을 개선하고자 노력해 왔으나 큰 변화를 가져오기에는 역부족이었다. 만시지탄의 감은 있지만 2009년부터 농업진흥청에서 농작업 환경개선 편이장비 지원사업이 시작되어 본격적으로 인간공학자의 참여와 연구가 이루어지고 있다.

우리나라의 경우 고령화와 여성화로 인해 신체가 약한 작업자가 농작업으로 인한 재해가 점차 증가하고 있다(Bureau of Statistics, 2006; Kim et al., 2006; Korean Rural Development Administration, 2008). 특히 1990년대 이후 농업인들에게 가장 중요한 건강 문제로 부각되고 있는 근골격계 질환 문제는 농업복지에 대한 투자와 이에 대한 정책적인 지원이 많지 않은 상황에서 점차 증가하여 사회 문제로까지 발전하였다. 농작업은 노동 집약적인 특성을 가지고 있으며, 작업의 내용 및 방법이 표준화되어 있지 않고, 비연속적인 작업과 특정 기간 동안에 집중된 작업의 특성으로 근골격계 질환이 발생할 가능성이 높다. 또한 최근 들어 새로운 농업기술의 개발과 함께 기존 농한기에서의 작업 시간 외에 전체적인 작업 시간이 증가하고 있다. 좀 더 구체적으로 보면 농작업의 경우 근골격계 질환을 일으키는 3대 요인이 25Kg 이상의 중량물 들기와 운반, 지속적이고 반복적인 허리 굽힘, 그리고 매우 반복적인 접기나 절단하는 작업이다. 이러한 문제점은 인간공학에서 다루는 주요 과제이며 일반 산업계에 응용하여 많은 효과를 보았다(NIOSH, 1981, Lee et al., 2010). 농작업의 개선과 더불어 신체적 부담을 줄이고 인건비를 줄이기 위하여 외국에서는 농업의 기계화를 오랫동안 추진하고 왔다. 하지만 우리나라의 경우 농어촌 지역에 농작업 관련 기기의 개발 및 보급 수준이 아직도 후진국 수준에 머물러 있는 것이 현실이다(Sohn, 2008).

우리나라에서는 이러한 문제에 대응하기 위하여 농촌에 편이장비를 공급하기 위한 국가적 편이장비 사업을 2008년부터 실시하고 있으며 이에 따라 농촌에 농기계와 작업 공구가 많이 도입되게 되어 농업인의 힘든 작업을 많이 줄여 주고 있다. 하지만 우리나라의 농기계 업체가 대개의 경우 중소 기업이라 농기계의 설계에 인간공학적인 관점이 미흡하게 적용되는 경우가 많아 근골격계 질환과 안전성의 문제를 일으키는 경우가 많다. 따라서 인간공학을 적용하는 것은 농작업을 개선하여 농부증을 줄여 주려는 정부의 노력을 극대화할 수 있고 농작업이 3D라는 인식을 불식시켜 농촌의 인구 이탈을 막고 더 나아가서는 귀농을 촉진시켜 안정적 식량 생산 기반을 조성할 수 있다. 또한 중소 기업의 농업인과 농작업에 맞는 우수한 농기계의 설계를 가능케 하여 우리나라 농업인에게 도움을 주며 더 나아가서는 수출 경쟁력을 높여 중소기업이 해외에 농기계를 많이 판매할 수 있게 하는 일석이조의 효과가 있다고 본다.

2. What is the Agricultural Ergonomics?

200여 년 전에 이태리의 내과 의사이었던 Ramazini는 잘못된 방식의 작업이 인간의 신체에 나쁜 영향을 줄 수 있다는 사실에 주목했다(Putz-Anderson, 1988). 그는 산업 현장의 잠재적인 위험을 다음 두 가지로 나누었는데 하나는 다루는 물건에 의한 위험이고 다른 하나는 작업 도구의 상태가 좋지 못해서 부자연스러운 자세나 거칠고 비정기적인 동작을 취하게 되는 것이다. 이런 두 가지 위험 요소로 인하여 작업자의 인체에 심각한 영향을 주는 질환이 점진적으로 발생할 수 있다고 보고하였다(Putz-Anderson, 1988). 이 연구는 인간공학이라는 학문이 발생할 수 있는 근거를 마련해 주었다.

산업 혁명은 인간에게 증기기관과 같이 큰 힘을 낼 수 있는 기계들을 제공하였지만 반면에 이 과정에서 과거에 개별 사용자에게 맞추어 오던 맞춤 설계는 점차 사라졌다. 산업 혁명 시기에 만들어진 기계들은 인간에 비하여 생산성이 엄

청나게 컸고, 이 기계를 사용하는 작업자는 대부분이 수많은 농민들이었고 인건비도 기계의 가격에 비해 무척 저렴했다. 따라서, 기계를 설계하는 사람들은 사용자인 인간을 고려하는 것보다는 기계를 어떻게 더 싸게 빨리 많이 만드는가를 더 중요한 문제로 여겼다. 이러한 이유로 초기의 기계들은 사용자의 관점이 무시되고 단지 기계 제조의 용이성만이 고려된 것이 대부분이었다. 그러한 이유로 Figure 1에 보이는 선반 기계와 같이 원숭이에게나 맞는 기계가 만들어졌고 오일 주입구가 기계 후면의 밑 부분에 있어 오일 교환을 위해서는 벽에 붙은 기계를 움직이지 않으면 안 되는 경우도 생기게 되었다.

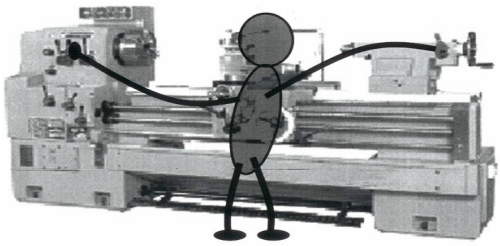

Figure 1. A milling machine designed without consideration of an operator(The operator needs to have very long arms like a chimpanzee to operate this machine)

1900년대에 이르러 Frederick. Taylor는 베들레햄 철강회사에 일하면서 작업자의 체격에 맞추어 설계된 도구가 생산성을 가장 높여 준다고 발표하였고, Gilbreth는 작업을 단위 작업으로 분석한 후, 반복되는 작업을 개선하는 것이 효율적이라는 것을 알아내고, 이를 위하여 단위 작업의 개념인 Therblig를 제안하였다. 이처럼 초기의 인간공학은 생산성 향상의 관점에서 주목받았으나, 1979년 Three Mile Island 원자력 발전소 사고를 비롯한 일련의 대형 사고 이후, 인간공학은 인간의 안전과 편의를 추구하는 학문으로 발전해 왔다.

특히, 컴퓨터가 널리 사용되기 시작한 1970년대부터는 기계 제조가 상대적으로 용이해져서 기계의 가격이 낮추어졌고 컴퓨터의 사용으로 이제는 기계보다는 사람의 작업이 생산성에 있어서 병목(bottleneck)이 되었다. 이와 더불어 이 때부터 근골격계 질환에 대한 예방이 강조되기 시작하면서 유럽의 Granjean 등이 "작업을 사람에게 맞추자(*Fitting the task to the man*)"고 외치기 시작했다(Granjean, 1988). 본격적으로 인간공학이 발전한 것은 이때부터라고 보아야 할 것이다. 이러한 관점은 인간공학의 필요성을 더욱 높이게 되었으며 우리나라에서도 인간공학적인 설계를 마케팅에 활용하는 사례도 나타났다. 또한 ILO와 미국의 NIOSH가 근골격계 질환을 줄이기 위한 대책을 인간공학적으로 제시한 것도 이즈음으로써 인간공학자들이 산업계에서 본격적으로 중요하게 활약하게 된 시기이기도 하다(NIOSH, 1981).

인간공학은 "인간의 한계, 능력을 파악하여 시스템, 기계, 설비, 도구 및 건물과 작업의 설계에 응용하는 학문"이다. 여기서 작업을 인간에게 맞춘다는 것이 무엇인지를 다음의 모델을 이용하여 설명해 보기로 한다. 인간공학에서 추구하는 것은 주어진 인간의 능력 내에서 인간이 원하는 작업이나 사용의 성과(performance)를 최대화하고 불량, 실수, 사고, 부상, 질병과 같은 원하지 않는 결과를 최소화하는 것이다. 모델에서 보이는 바와 같이 인간이 작업하거나 기계를 사용할 때에 필요한 인간의 능력은 다양하다. 예를 들어 딸기를 수확하는 농작업을 할 때 농업인에게 필요한 능력은 정확히 익은 딸기를 선별할 수 있는 시력과 딸기를 딸 수 있는 손가락의 능력과 들어서 나를 수 있는 상지와 허리의 능력 등이 필요하다. 이 경우 성과는 딸기를 딴 분량이고 원하지 않는 결과는 덜 익은 것을 잘못 따거나 떨어뜨린 손목과 팔, 어깨, 허리 등의 피로와 장기적으로 손목병이나 허리병 등이 된다. 가능하면 딸기의 위치가 허리를 많이 구부리지 않게 하는 위치이어야 한다. 이외에도 농업인이 농작업을 계속할 수 있는 지구력 등도 고려되어야 한다. 이러한 인간의 능력 내에서 성과를 극대화 할 수 있게 기계, 도구와 작업 등이 설계되어야 한다는 것이다. 앞에서 제시한 인간공학의 정의를 모델과 관련하여 설명하면 인간공학은 이에 필요한 인간의 능력을 파악하고 어떤 시스템, 기계, 도구와 작업이 필요로 하는 능력을 알아내며 어떻게 하면 인간의 능력을 효율적으로 사용할 수 있으며 시스템, 기계, 도구와 작업이 필요로 하는 능력을 최소화 또는 최적화 할 수 있는 지를 연구하고 필요한 기법을 개발하고 이에 관계되는 지식을 제공하는 학문이다.

- 목적함수 : 최대 (원하는 결과) + 최소(원하지 않는 결과)
- 제약조건 :

$$a_{11}\text{작업}_{11} + a_{12}\text{작업}_{12} + \cdots\cdots + a_{1n}\text{작업}_{1n} \leqq \text{인간의 능력}_1$$
$$a_{21}\text{작업}_{21} + a_{21}\text{작업}_{21} + \cdots\cdots + a_{2n}\text{작업}_{2n} \leqq \text{인간의 능력}_2$$
$$\vdots$$
$$a_{n1}\text{작업}_{n1} + a_{n1}\text{작업}_{n1} + \cdots\cdots + a_{nn}\text{작업}_{nn} \leqq \text{인간의 능력}_n$$

a_{ii} : 상수

작업$_{ii}$: 인간의 능력 $_i$를 요구하는 업무 $_i$의 능력 요구량

이렇게 인간공학의 관점을 농작업에 적용하는 것이 농업인간공학이다. 간단한 예를 들자면 Figure 2나 3과 같이 농업인이 농작업을 할 때 어느 자세나 어떤 방법이 힘이 덜 드는지를 알려주고 얼마 동안 그러한 작업을 해야 농부증 특히 근골격계 잘환을 피할 수 있는지를 알려주는 것이다.

Figure 4는 동력운반기의 조종간을 어떻게 설계하는 것이

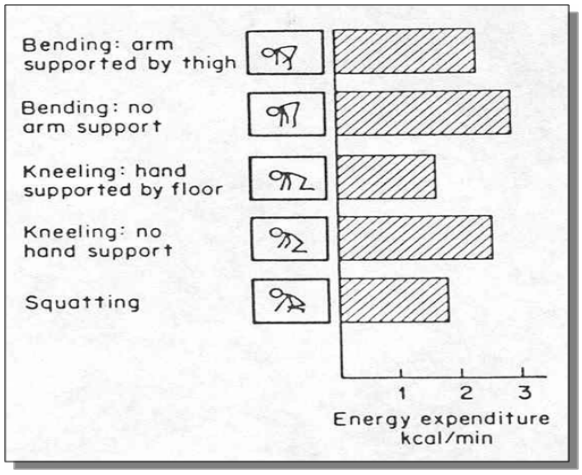

Figure 2. Difference of energy requirements by postures (Sanders and McCormick(1992))

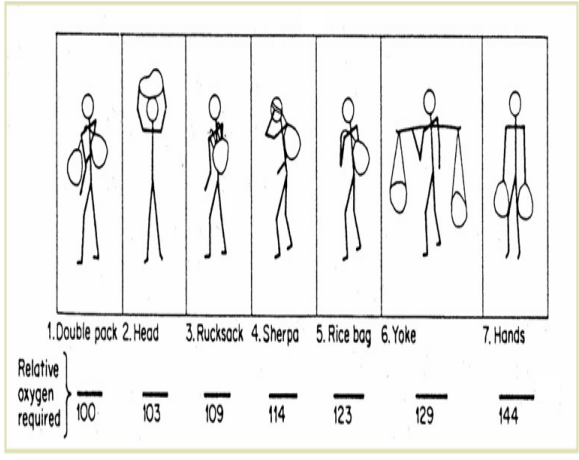

Figure 3. Difference of energy requirements by methods (Sanders and McCormick(1992))

Figure 4. The design of agricultural power cart

운전 실수를 줄이는 가를 보여주고 있다. 좌회전과 우화전의 조종간이 표시가 되어 있으며 진행과 정지도 표시가 되어 있다. 또한 우회전 조종간은 오른쪽에 좌회전 조종간은 왼쪽에 설치되어 있다. 이러한 것이 상식적이라고 생각할 수 있지만 가끔 이러한 것을 위반한 설계들이 있다. 여기에서는 간단한 예들만 들었지만 이 특별호의 다른 논문에서 좀 더 많은 농업 인간공학 적용 사례를 찾을 수 있을 것이다.

3. Procedures of Agricultural Ergonomics

농업 인간공학을 적용하려면 다음의 절차를 따르면 된다.

1. 현장조사(관련 농작업 전체)
2. 애로점 청취
3. 농작업 부담 평가
4. 문제 농작업 선정
5. 개선안 선정(관련 농기계 포함)
6. 개선안 토의
7. 현장 적용
8. 효과검토

농작업 부담 평가와 개선안 선정 시에는 농업인의 연령과 근력을 포함한 신체적 특성이 고려되어야 한다. 불특정 다수의 농업인을 위해서는 인체측정학이라는 개념이 사용되어 농업인을 대표할 수 있는 신체적 특성을 찾을 수 있다. 하지만 각 농가의 농작업의 개선을 위해서는 실제로 농기계를 사용하고 농작업을 할 농업인을 대상으로 연구가 진행되어야 하며 특히 고령자와 여성에 대한 고려가 꼭 이루어져야 한다.

부담 작업의 평가는 평가 결과의 정확도에 따라 근전도나 에너지 측정 장치(산소사용량, 탄산가스 배출량 등을 측정) 등을 사용하는 방법도 있고 이미 발표된 자세와 시간, 필요한 근력자료를 이용하여 추정하는 방법이 있다. 신체적 부담 정도를 평가하기 위해 사용하는 TOOL은 대표적으로 OWAS, RULA, REBA, NLE 등이 있으며 이외에도 QEC, LUBA, OCRA 등 다양하지만 한국산업안전보건공단에서는 OWAS, RULA의 사용을 권장하고 있다. 이러한 평가 방법에 대해서는 이 특별호의 다른 논문에서 상세히 설명되었다. 그러나 주의해야 할 점은, 각각의 TOOL은 개발될 당시 개발 목적이 있으며 이에 맞게끔 사용해야 올바른 평가가 진행될 수 있다는 것이다. 만약 그렇지 않고 무분별하게 사용한다면 작업의 부담이 위험이 과대 혹은 과소 평가할 위험이 있기 때문이다.

4. Conclusions

농업 인간공학은 열악한 농작업을 개선시킬 수 있다. 우리나라에서는 농작업 환경개선 편이장비 지원사업이 3년 전부터 시작되어 농작업 편이장비의 사용성, 안전성을 높이는데 농업 인간공학이 많이 사용되고 있으며 농업인들도 많은 혜택을 받고 있다. 우리나라의 농업 인간공학 적용과 관련하여 다음과 같은 결론을 제시한다.

1) 편이장비의 도입에 따른 농업 인간공학의 적용으로 중량물 취급, 작업자세, 피로도 등이 상당부분 개선되었다.
2) 농작업에 있어서 농업 인간공학의 도입이 근골격계 질환의 발생을 감소시킬 수는 있으므로 계속 사업이 확장되고 진행되어야 한다.
3) 다수의 농기계(편이장비) 제조회사는 규모와 운영여건이 영세하여 농업 인간공학을 적용할 수 있는 여력이 부족하므로 농기계의 사용성, 안전성 등에 대해 인간공학자들의 연구와 컨설팅이 계속 필요하다.

물론 농촌을 위하려 필요한 것이 여러 가지 많고 국가적 지원이 필요한 것도 많다. 하지만 농작업이 3D 작업이라는 인식에서 벗어나기 위해서는 농업 인간공학을 계속 적용할 수 있도록 지원하는 것이 필요하다. 또한 농업 인간공학을 적용하면 생산성도 좋아지므로 농가의 경제적 측면에서도 도움이 된다. 요즈음 의료보험 비용이 많아서 문제가 많은데 농업 인간공학을 적용하면 농부증도 줄일 수 있으므로 농업인에게 들어가는 의료보험 비용도 상당히 줄일 수 있으므로 농업 인간공학은 일석 삼조의 그야말로 우리나라의 농촌에 절대 필요한 학문이다.

Acknowledgements

This work was supported by 2011 Hongik University Research Fund.

References

Ahn, O.S., 2010, www.knrda.go.kr/ares/tech/P01/P010200_13.htm

Bureau of Statistics, *Statistics about elderly*, *2006*.

Granjean, Etienne., *Fitting the task to the man: An ergonomic approach*, London: Taylor and Francis, 1988.

Kim, Kyung S., Kim, Kyung L., Kim, Hyo C. and Lee, Kyung S., Status of Injury and Illness of Old Agricultural Workers, *J. Korean Community Living Science*, pp. 144-144, 2006.

Korean Rural Development Administration, *Booklet: Workshop for professionals on work environment improvement using assistive technology for agricultural workers*, 2008.

Lee, Kwan S., Chang, Seong R., Kim, Yu C., A Korean national project of assistive technology for agricultural works, *Proceeding of Pan-Pacific Conference on Ergonomics* 2010.

Ministry of Labor, *Industrial Accident Statistics*, 2007.

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Work practice guide for manual lifing (DHHS Publication No. 81-122), Washington D.C.: Superintendent of Documents, 1981.

Putz-Anderson, *Cumulative trauma disorders: A manual for musculoskeletal diseases of the upper limbs*, Taylor and Francis, 1988.

Sanders, M. S. and McCormick, E. J., *Human Factors in Engineering and Design*, 7th ed., McGraw-Hill, 1992.

Sohn, B. C., A report on consulting for the Korean national project of assistive technology for improvement of agricultural work environment, 2008.

Author listings

Kwan Suk Lee: kslee@hongik.ac.kr

Highest degree: Ph.D, Department of Industrial Engineering, The University of Michigan

Position title: Professor, Department of Industrial Engineering, Hongik University

Areas of interest: Ergonomics, Musculoskeletal Disorder, Biomechanics, Quality Management

Date Received : 2011-06-26

Date Revised : 2011-07-26

Date Accepted : 2011-07-26