

# 취급자재의 무게와 성별이 균형 능력에 미치는 영향

양 병 학\*

\*경원대학교 산업정보시스템공학과

## An Effect of Load and Genders on Postural Stability

Byoung-Hak Yang\*

\*Department of Industrial Engineering, Kyungwon University

### Abstract

The purposes of this paper are to investigate an effect of weight of material and gender on postural stability and to introduce formulas for those. There were five levels of weights 0, 9, 18, 27 and 36 kg, and two levels of genders were conducted. Eight male and five female subjects participated in this experiment, ten tests were performed for each level of weights to measure the postural stability by using the stability platform. The effect of the genders and the load on the postural stability were statistically analysed by the two way ANOVA test and the regression analysis. The ANOVA test showed that the effect of weights was statistically significant on postural stability to the both male and female subjects. And the postural stability of female subjects was better than that of male subjects. A linear regression formula for the balancing time and the load and a formula for the reduction rate postural stability and the relative load were introduced by the regression analysis.

**Keywords :** Postural stability, Load, Gender

### 1. 서론 및 연구배경

작업 현장에서 인력 자재취급 활동(manual material handling)이 필요한 직무나 활동이 많다. 상자를 싣고 내리거나, 컨베이어 벨트에서 물건을 들어내거나, 창고에 물건을 쌓는 일 등은 모두 수동 작업이다[17]. 물류 현장에서 발생하는 재해 중에는 작업자가 물자를 취급 중에 신체적 중심을 잃고 넘어지는 사고, 즉 추락 및 전도가 산업 재해 중에서 상당부분을 차지한다고 보고 되었다[6]. 우리나라 인천항만의 재해를 분석한 연구에 의하면 전체 재해 중 전도가 43%, 추락이 30%인 것으로 조사된 바 있다[4]. 서 있는 동안 안정성을 유지하기 위해서는 인간의 중심은 두 발이 이루는 영역 안에 있어야 한다. 만약 중심이 이 영역을 벗어나면 넘어지게 된다. 또한 인간의 중심이 아래로 내려가면 더 안정성을 가지게 된다. 두 발을 가진 인간은 네 발 가진 동

물에 비하여 안정성이 약한 것이다. 사람은 무거운 물체를 들어 올릴 때 몸의 중심을 이동하여 영역을 잡도록 노력한다[15]. 따라서 물류 현장에서 작업자의 자재 취급 활동 시 자재의 중량과 작업자의 균형 능력간의 관계를 규명하는 것은 상당히 중요한 일이라 하겠다.

인간의 자세와 균형 능력에 관한 그 간의 연구 결과는 정병용과 박경수의 연구에서 잘 정리되어 있다. 그들에 의하면 지금까지 밝혀진 균형 능력에 대한 영향 요인으로는 시각, 내이의 고장, 호흡의 형태, 다리의 길이 차, 약품의 섭취, 육체의 피로도, 여령 등이 영향을 미치는 것으로 알려져 있다[16]. 이후 발표된 연구를 살펴보면 박재규와 박성하가 작업자가 취급하는 물자의 위치와 균형 능력간의 관계를 규명하였다. 그들에 의하면 어깨에 짐을 지는 자세는 균형 능력을 현저히 떨어뜨리지만 등 쪽에 짐을 지는 자세는 균형 유지에 유리하다고 했다[7]. 박경수 등은 가상현실 속의 영상

† 이 논문은 2010년도 경원대학교 지원에 의한 결과임

† 교신저자: 양병학, 경기도 성남시 수정구 복정동 산65 경원대학교 산업정보시스템공학과

Tel: 031-750-5368, E-mail: byang@kyungwon.ac.kr

2010년 7월 6일 접수; 2010년 9월 7일 수정본 접수; 2010년 9월 10일 게재확정

이 인간의 균형 능력에 영향을 주고 이것이 전자계 입 병을 유발할 수 있다는 것을 보였다[5]. 박성하와 이승원은 소음에 노출된 인간의 균형 능력에 대한 연구에서 2000Hz에서는 안정적인 자세를 유지하지만 1000Hz나 3000Hz에서는 전후 방향의 신체 동요가 관찰 되었다고 보고 하였다. 그러나 좌우 방향의 자세에는 큰 영향이 없었다고 보고하였다[6]. 이승원 등은 바닥 면이 오염된 경우에 좌우방향으로의 자세 동요가 발생하는 것을 관찰하였다[13]. 또 다른 연구자들은 연구자의 연령과 균형 능력의 관계를 규명한바 있다[1][8][9][14].

또한 노동에 의한 피로와 균형 능력간의 관계를 규명한 연구들이 있었다[2][12]. 일반인이 아닌 장애인들에 대한 균형 능력은 의학계에서 진행되고 있으며 [3][11] 스포츠 분야에서는 훈련과 균형 능력의 관계에 대한 연구들을 진행하고 있다[8][10]. 지금까지의 연구 중 본 연구와 가장 유사한 연구는 박재규와 박성하의 연구[7]로 자세 취급 시 15kg의 중량물에 대한 네 가지 자세별 균형에 대하여 연구하였다. 그런데 작업자의 균형 능력이 자재취급물의 중량에 의해서 영향을 받을 수도 있다[2]. 따라서 취급자재의 중량 증가와 작업자의 균형 능력에 관한 계량적인 관계 분석을 실시하여 자재 취급 시 안전사고를 감소시킬 필요가 있다.

본 연구의 목적은 취급해야할 자재의 무게와 작업자

의 균형 능력간의 상관관계를 정량적으로 밝히는 것이다. 작업자는 남녀를 구분하여 적용하였고, 자재의 무게는 절대 무게와 자거업자의 체중에 대한 상대 무게로 구분하여 분석하려고 한다. 정량화된 균형 능력과 무게와의 상관관계를 도출하여 안전한 작업을 위한 적정 무게의 지침에 대한 기초 이론을 제시하려고 한다.

2장에서는 피실험자와 실험기기 및 실험 절차를 설명하고 있으며 3장에서는 실험의 결과를 정량적으로 분석하고 4장에서는 실험의 결론을 제시하려고 한다.

## 2. 연구 방법

### 2.1 피실험자

20대 대학생으로 구성된 남자 8명과 여성 5명으로 피실험자를 구성하였다. 이들은 과거 척추관련 질환이나 균형 능력과 관련된 질병을 앓은 바가 없었으며 균형 능력과 관련된 운동을 특별히 수행한 경험이 없는 일반 학생들 중 선발하였다. 실험 전에 균형측정기에 대한 사용방법을 충분히 학습하였고 중량물을 이용한 실험임으로 안전을 위하여 피실험자가 위험하거나 실험하기 어렵다고 생각되면 실험을 중지하도록 조치를 취하였다.



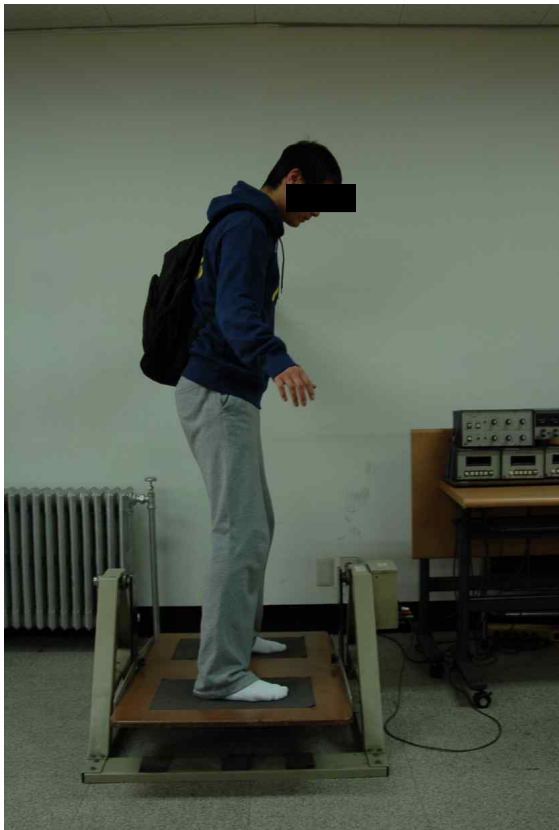
<그림 1> Lafayette사의 균형측정기(Stability Platform 16030)

## 2.2 실험기기

실험 기기는 Lafayette사에서 제작한 균형측정기(Stability Platform 16030)를 사용하였다. 균형측정기는 본체와 모니터로 구성되어있다. 균형측정기의 본체는 <그림 1>처럼 166.68cm×77cm의 측정용 판과 강철 프레임으로 구성되어 있다. 측정용 판은 프레임의 상단에 걸려 있어서 좌우로 회전할 수 있도록 되어 있다. 피실험자는 측정용 판 위에 올라가서 최대한 균형을 유지하도록 지시하였다. 피실험자가 균형을 유지 하지 못하고 좌우로 동요하면 균형측정기는 좌우로 회전하는 판의 각도를 측정할 수 있는 기기이다. 측정용 판이 좌우로 5도 이상으로 기울어지면 중심을 이탈한 것으로 간주하도록 조정하였다. 10초간의 실험을 실시하여 측정용 판이 중심을 벗어나지 않는 시간을 측정하도록 하였으며 그 결과는 모니터에 표시된다. 이때 측정된 시간을 본 연구에서는 “균형시간”이라고 하였다.

## 2.3 실험 절차

피실험자들은 실험 전에 인간공학을 수강하여 인간공학에 대한 이론과 실험에 대한 이해를 하고 있는 상



<그림 2> 피실험자의 측정 자세

<표 1> 피실험자별 무게별 평균 균형시간

피실험자	0kg	9kg	18kg	27kg	36kg
남1	6.536	4.350	4.143	3.080	2.826
남2	7.836	8.024	6.655	5.414	3.561
남3	3.843	3.921	3.350	3.624	3.285
남4	3.915	4.480	4.498	2.558	2.759
남5	3.971	3.073	2.271	1.746	1.786
남6	2.015	2.760	1.985	1.953	1.894
남7	5.910	5.219	4.733	3.316	2.892
남8	2.809	2.807	2.052	2.308	1.970
여1	8.226	8.042	5.874	4.162	*
여2	5.027	5.356	4.674	3.414	3.548
여3	4.461	4.368	3.895	2.688	*
여4	3.725	3.931	3.011	2.038	*
여5	2.159	2.357	2.503	2.145	*

\*: 안전을 위하여 실험하지 않음

태였다. 피실험자들은 먼저 배낭을 메지 않은 상태로 균형측정기에 올라가서 실험 시행 1회당 10초간의 균형 능력을 측정하였다. 시행은 모두 10회를 반복하였다.

다음으로 부하를 위하여 납주머니를 배낭에 적재하고, <그림 2>처럼 등 쪽에 짊어지도록 하였다. 배낭의 무게는 9, 18, 27, 36kg의 네 가지를 준비하였다. 안전을 위하여 피실험자의 몸무게가 50kg 이하이면 최대한은 27kg까지로 제한하였고 몸무게가 50kg을 초과하는 경우에는 배낭의 무게가 36kg인 경우까지 실험을 실시하였다. 실험은 각 무게 당 10회의 반복 실험을 시행하였다. 10회의 반복 실험 후 충분한 휴식을 취해서 피로에 의한 영향을 최소화하였다. 실험을 시행한 후 피실험자별 무게별 평균 균형시간은 <표 1>과 같다.

## 3. 연구 결과

실험 결과는 무게에 따른 균형 능력의 변화를 분석하려고 한다. 이때 배낭의 절대 무게와 피실험자의 체중 대비 배낭의 상대 무게로 나누어 분석하였다.

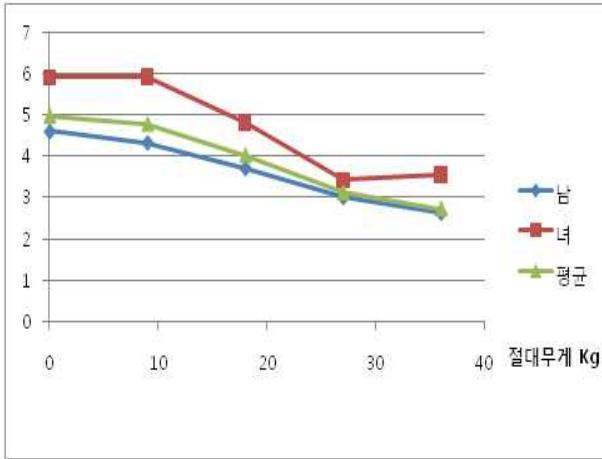
<표 2> 피실험자별 균형시간의 평균치

무게(kg)	남	여	평균
0	4.604	5.904	4.959
9	4.329	5.921	4.763
18	3.710	4.814	4.011
27	2.999	3.421	3.114
36	2.621	3.5483*	2.724

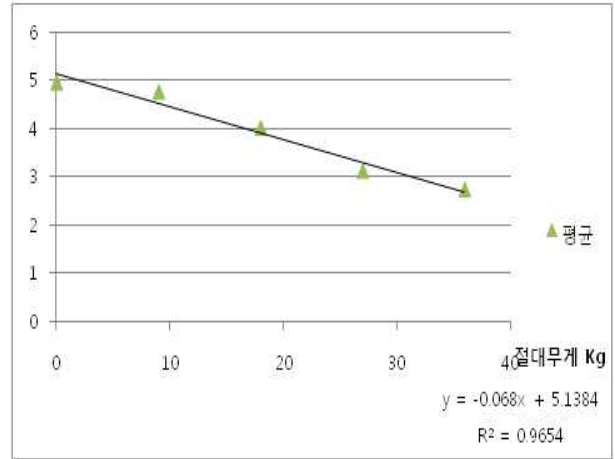
\*: 무게 36kg은 여성 피실험자 1명만 실시

<표 3> 절대 무게와 남녀를 요인으로 하는 이원배치요인분석

변동의 요인	제곱 합	자유도	제곱 평균	F 비	P-값	F 기각치
무게	8.388876	4	2.097219	21.82363	0.005591	6.388233
남녀	2.856261	1	2.856261	29.72221	0.0055	7.708647
잔차	0.384394	4	0.096099			
계	11.62953	9				



<그림 3> 절대무게와 남녀의 균형시간



<그림 4> 절대무게와 균형시간의 회귀 분석(상관계수 96%)

### 3.1 절대 무게와 균형 능력

배낭의 절대 무게에 따른 피실험자별 균형시간의 평균치는 <표 2>와 같다. 무게가 증가함에 따라 균형시간이 감소하는 것을 알 수 있다. 또한 남녀 간에도 균형시간의 차이가 있는 것으로 보인다. 좀 더 정확한 차이를 분석하기 위해 무게와 남녀를 각각 요인으로 하는 이원배치요인분석을 실시한 결과가 <표 3>에 제시되었다.

요인분석의 결과에 의하면 균형 능력의 남녀 간 차이(F=29.72, 유의 수준 5%)는 의미가 있으며 여성의 균형 능력이 더 우월한 것으로 나타났다. 균형 능력의 절대 무게 간 차이(F=21.82, 유의수준0.5%)는 의미가 있는 것으로 분석되었다. 절대 무게의 증가는 균형 능력을 감소시키는 현상이 있음을 알 수 있다.

<그림 3>에 의하면 절대무게와 균형 능력의 관계를 남녀별로 도표화 하였다. 모든 절대 무게에서 여성의 균형 능력이 우월한 것을 알 수 있다. 무게가 9kg까지는 균형 능력에 영향을 주지 않지만 9kg 이상에서는 거의 선형적으로 균형 능력이 감소함을 알 수 있다. 절대 무게와 균형 시간을 회귀 분석한 결과가 <그림 4>에 제시되어 있다.

<그림 4>에 의하면 회귀식이 다음과 같이 제시되었으며 상관계수는 96%였다.

$$T = -0.068 \times Wa + 5.1384$$

단, T : 균형 시간

Wa : 절대무게

### 3.2 상대무게와 균형시간의 감소율

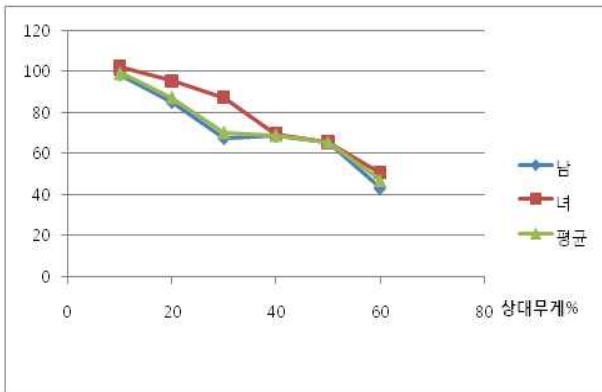
상대무게란 피실험자의 체중대비 배낭의 무게를 의미한다. 상대 무게 분석을 위하여 배낭의 무게 / 피실험자의 무게를 백분율에 의해서 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%로 상대무게 구간을 설정하였다.

<표 4> 상대 무게와 균형시간 변화율

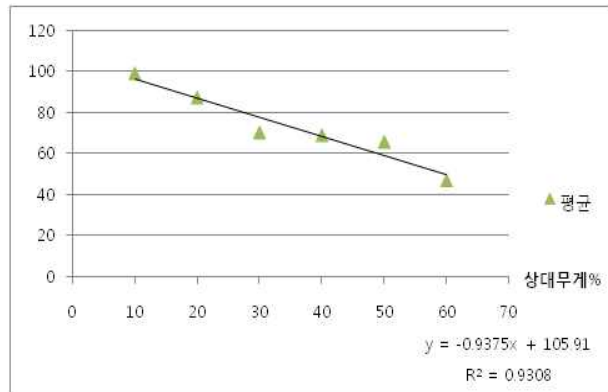
상대무게	남	여	평균
~10%	98.495	102.219	99.239
~20%	85.112	95.367	87.391
~30%	67.549	87.306	70.371
~40%	68.709	69.658	68.980
~50%	65.788	65.411	65.681
~60%	43.242	50.593	46.917

<표 5> 상대 무게와 남녀를 요인으로 하는 이원배치요인분석

변동의 요인	제곱 합	자유도	제곱 평균	F 비	P-값	F 기각치
상대무게	3583.859	5	716.7718	26.0465	0.001372	5.050329
남녀	144.6249	1	144.6249	5.255469	0.070431	6.607891
잔차	137.5946	5	27.51893			
계	3866.078	11				



<그림 5> 상대무게와 남녀의 균형시간 감소율



<그림 6> 상대 무게와 균형 능력 감소율의 회귀 분석(상관 계수 93%)

다음으로 배낭의 무게가 없는 상태의 균형시간을 기준으로 하중이 있을 때의 균형시간의 백분율을 변화율이라고 정의하였다. 이렇게 분석한 결과가 <표 4>에 제시되었다.

균형능력의 감소율에 대하여 남녀와 상대무게 구간을 요인으로 하는 이원배치요인분석을 실시하였다. <표 5>의 요인 분석의 결과에 의하면 남녀 간의 차이 (F=5.25, 유의수준 7%)는 통계적으로 큰 의의가 없는 것으로 분석되었다. 일반적으로 5%의 유의 수준을 기준으로 한다면 남녀 간에는 균형 능력의 감소율은 차이가 있다고 하기 어려웠다. 상대무게 구간과 균형 능력의 감소율과의 관계(F=26.05, 유의수준 1%)는 의미가 있는 것으로 분석되었다.

<그림 5>는 상대무게와 균형 능력의 감소율을 도식화했다. 배낭의 무게가 체중의 30%가 될 때까지는 균형 능력이 선형적으로 감소하였다. 배낭의 무게가 체중의 30%에서 50%까지는 감소율에 변화가 작게 나타났으나 50% 이상부터는 균형 능력이 다시 감소하는 현상이 발생하였다.

상대무게와 균형 능력의 감소율을 회귀 분석한 결과가 <그림 6>에 제시되어 있다. <그림 6>에 의하면 회귀식이 다음과 같이 제시되었으며 상관계수는 93%였다.

$$R = -0.9375 \times W_b + 105.91$$

단, R : 균형 능력의 감소율

W<sub>b</sub> : 상대무게

균형 능력이 50% 수준으로 떨어지는 상대무게는 59.6%임을 알 수 있다. 따라서 배낭의 무게가 체중의 약 60%이내라면 균형 능력은 50% 수준에서 유지된다는 것을 알 수 있다. 만약 작업장의 안전 지침에서 균형 능력의 저하 수준에 대한 기준이 제시된다면 작업자의 배낭 무게에 대한 최대허용무게를 피실험자의 체중 대비 상대 무게로 제시할 수 있을 것이다.

#### 4. 결론

인력자재취급활동에서 발생하는 사고의 많은 부분이 작업자의 균형 능력과 관련이 있는 것으로 알려져 있다. 본 연구의 목적은 남녀 작업자의 배낭 지기 자세에서 배낭의 무게와 균형능력간의 관계를 실험을 통하여 정량화하는데 있다. 피실험자들은 특별히 운동을 전공하지 않은 일반 남녀 대학생들로 구성하였다. 배낭에 여러 가지 무게의 추를 적재한 피실험자를 균형측정기를 이용하여 균형 시간을 측정하는 실험을 실시하였다.

먼저 배낭의 무게가 증가함에 따라 남녀 모두 균형 시간이 감소하는 현상을 보였다. 배낭의 무게가 9kg까지는 균형 시간의 감소가 크지 않았으나 9kg 이상에서는 무게의 증가에 선형적으로 균형 시간이 감소하였다. 남녀의 비교에서는 여성 피실험자의 균형시간이 더 높은 것으로 나타났다. 피실험자의 체중과 배낭의 무게와

의 관계를 알기 위해서 배낭의 무게를 피실험자의 체중의 비율로 환산한 상대 무게의 개념을 도입하였다.

상대 무게가 증가함에 따라 균형 능력은 선형적으로 감소하였다. 특히 체중의 60%의 무게에서 균형 능력이 50% 이하로 감소하였다. 상대 무게와 균형 능력 감소 관계에 있어서는 남녀 간에 유의한 차이가 발생하지 않았다. 이번 연구에서 작업자의 자재취급물량이 증가함에 따라 균형 능력의 감소율을 정량적으로 분석하였다. 향후에는 균형과 관련된 위험 작업에서 작업자에게 허용할 적정 취급무게에 대한 추가 연구가 필요하다.

## 5. 참 고 문 헌

- [1] 강순희. "청년들에 대한 균형검사의 검사-재검사 신뢰도." 한국체육측정평가학회지, 10, no. 1 (2008): 31-40.
- [2] 김상기. "부하와 피로가 신체평형에 미치는 영향에 관한 연구." 석사논문, 서울대학교, (1983).
- [3] 김영록, 이상현, 안연준. "평균대 운동 프로그램이 청각장애학생의 균형능력에 미치는 영향." 특수아동교육연구, 10, no. 3 (2008): 37-48.
- [4] 남영우, 이창호. "인천항 항만하역 재해분석에 관한 연구." 안전경영과학회지, 6권, no. 3호 (2004): 1-14.
- [5] 박경수, 최정아, 김경택, 김상수. "화면 움직임과 Cybersickness의 관계에 관한 연구." 대한인간공학회지, 24, no. 1 (2005): 1-7.
- [6] 박성하, 이승원. "소음수준에 따른 신체자세동요의 변화." 대한인간공학회지, 25, no. 3 (2006): 1-5.
- [7] 박재규, 박성하. "인력물자취급작업시 작업 대상물의 위치가 신체자세동요에 미치는 영향." 대한인간공학회지, 23, no. 4 (2004): 1-8.
- [8] 박후성. "단일과제와 이중과제 균형훈련 후 노인들의 균형능력 비교." 한국스포츠리서치, 18, no. 1 (2007): 109-119.
- [9] 신승헌. "연령증가에 따른 신체 동요의 변화에 대하여." 대한인간공학회지, 5, no. 1 (1986): 3-9.
- [10] 신중달, 엄창홍, 문대성, 김우규, 박영훈. "12주간 태권도 트레이닝이 고령 여성의 정적균형 제어능력에 미치는 영향." 한국체육학회지, 47, no. 5 (2008): 385-395.
- [11] 유경태, 이만균, 성순창. "복합운동과 유산소운동 트레이닝이 뇌졸중으로 인한 편마비 환자의 일상생활능력, 보행능력 및 균형능력에 미치는 영향." 체육과학연구, 19, no. 2 (2008): 37-50.
- [12] 육조영, 황혜정, 권만근. "하지의 근피로가 균형능력에 미치는 영향." 한국스포츠리서치, 17, no. 5 (2006): 643-647.
- [13] 이승원, 박성하, 김성원. "바닥 지지면의 불안정 상태에 따른 신체자세동요의 변화." 대한인간공학회 추계학술대회논문집 (2007): 488-91.
- [14] 임재형. "동적 자세측정기를 이용한 성인 남자들의 평형성 연구." 운동과학, 8, no. 2 (1999): 263-271.
- [15] 정동근, 서덕준. 생명과학을 위한 인체물리: 한승, (2000): 50-51.
- [16] 정병용, 박경수. "자세의 유지성 및 안정성에 관한 해석." 대한인간공학회지, 15, no. 1 (1996): 53-67.
- [17] 조영일. 인간공학: 대영사, (1995): 235.

## 저 자 소 개

### 양 병 학



서울대학교 산업공학과에서 학사, 석사, 및 박사학위를 취득하였고 동경공업대학교, 테네시 주립대학교에서 객원 연구원으로 활동하였다. 현재 경원대학교 산업정보시스템공학과 교수로 재직 중이다. 주요 관심분야는 물류관리, 공급사슬관리이다.

주소: 경기도 성남시 수정구 복정동 산65 경원대학교 산업정보시스템공학과