

# 자연스러운 동작 분석을 통한 냉장고 Half Guard 조립체의 인간공학적 개선

박장운<sup>1</sup> · 김수진<sup>2</sup> · 유희천<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>포항공과대학교 기계산업공학부 / <sup>2</sup>LG 전자 MC 사업본부

## An Analysis of Natural Motion for Product Design : Refrigerator Half Guard Installation Part Design

Jangwoon Park<sup>1</sup> · Sujin Kim<sup>2</sup> · Heecheon You<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Division of Mechanical and Industrial Engineering, Pohang University of Science and Technology,  
Pohang, Gyeongsangbuk-do, 790-784, Korea

<sup>2</sup>Department of Mobile Communication, LG Electronics, Seoul, 153-801

Ergonomic product design considering users' natural use motion is of importance to improve the usability and satisfaction of a product. A five-step process of product design was developed in the present study by measuring and analyzing users' natural product-use motion with a motion capture system. The developed process was applied to ergonomic design improvement of a half guard installation part of refrigerator; new guard designs (diagonal and arc shape) were developed with the process and evaluated in terms of validity during the development as two measures (task satisfaction and similarity of natural motion). According to the evaluation result, the satisfaction at putting in- and out-task of new guard designs ( $6.3 \pm 0.5$  points) was significantly higher than that of existing guard designs ( $3.3 \pm 1.0$  points); the difference between natural motion and product-use motion in new guard designs ( $1.0 \pm 0.3$ cm) was significantly less than that of existing guard designs ( $2.0 \pm 0.2$ cm). The proposed process of natural motion analysis and product design is applicable to ergonomic product design and evaluation.

**Keywords:** Ergonomic Product Design, Natural Motion, Refrigerator Half Guard

### 1. 서론

인간공학적 제품 설계 및 평가를 위한 중요 요소로서 사용자의 동작이 고려되고 있다. 예를 들어, Nelson *et al.*(2000)과 Rempel *et al.*(2007)은 인간공학적 컴퓨터 키보드 설계를 위해 키보드의 다양한 설계 형태(예 : pitch, roll, and yaw angle)에 따른 사용자의 손가락 관절과 손목 동작을 각각 분석하였다. 그리고 Karlqvist *et al.*(1999)은 컴퓨터 관련 근골격계질환(예 : carpal tunnel syndrome, neck-shoulder myofascial pain) 예방을 위해 컴퓨터 input device(예 : mouse, track-ball) 사용 시 신체 관절의

움직임과 사용 편의성을 평가하였으며, Moffet *et al.*(2002)은 컴퓨터 노트북 사용 시 책상과 무릎에서 사용자의 목, 팔꿈치, 그리고 손목 관절의 자세 및 동작 변화를 분석하였다.

사용자가 선호하는 동작을 분석하여 제품을 설계하는 방법에 대한 연구들이 수행되고 있다. 장준호(2006)는 인간공학적 청소기 설계를 위해 자연스러운 청소 동작에서 8개 신체부위(예 : 손목, 팔꿈치)의 range of motion(ROM)을 설정하고, 이를 기준으로 동작 측면에서의 사용성 평가 방법을 개발하고 청소기 손잡이 설계에 적용하였다. 또한, Nyberg and Kempic(2006)은 세탁물 출입 시 사용자의 자연스러운 자세 및 동작을 고려

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2010-0012291).

\* 연락처 : 유희천 교수, 790-784, 경북 포항시 남구 효자동 산31번지 포항공과대학교 산업경영공학과,

Tel : 054-279-2210, Fax : 054-279-2870, E-mail : hcyou@postech.ac.kr

2010년 5월 22일 접수; 2010년 10월 7일 수정본 접수; 2010년 12월 5일 게재 확정.

하여 편안한 자세로 세탁물 출입 동작이 가능하도록 드럼 세탁기 입구 방향을 사선으로 제안하였다. 그리고 Allie *et al.* (1999)은 자연스러운 동작(natural motion)의 개념을 근육 피로도를 줄이기 위한 신체의 자연스러운 움직임으로 정의하고, 착좌 자세에서 척추(spine)의 자연스러운 움직임을 고려한 가변형 의자 등받이 설계를 제안하였다.

인간공학적 제품 설계를 위해 사용자의 동작을 고려한 제품 평가 및 설계에 대한 연구들이 수행되고 있으나, 기존 연구의 제품 설계 방법은 체계화, 정량화 측면에서 미흡하였다. 예를 들어 Allie *et al.*(1999)이 제안한 가변형 의자 등받이 설계는 구체적인 설계 방법에 대한 제시와 설계된 제품의 효과 검증이 미흡한 한계가 있었다. 그러므로 사용자의 자연스러운 동작을 체계적이고 정량적으로 제품 설계에 반영하기 위한 새로운 설계 절차의 개발과 설계된 제품의 인간공학적 효과 검증이 필요하다.

본 연구는 사용자의 자연스러운 동작을 고려한 제품 설계 방법을 개발하고, 개발된 방법의 타당성을 정량적으로 평가하였다. 자연스러운 사용 동작은 사용자가 제품을 최대한 편안하고 자연스럽게 사용할 때의 동작으로 측정되었으며, 측정된 자연스러운 사용 동작은 통계적으로 분석되어 신규 제품 설계 시 기초자료로 활용되었다. 또한 설계된 제품의 개선 효과는 동작 편의성, 사용 편의성 측면에서 인간공학적으로 평가 검증되었다. 본 연구에서 제안된 제품 설계 및 효과 검증 방법은 <Figure 1>에 나타난 냉장고 guard 조립체(조립홈, 조립턱)의 설계에 적용되었다.

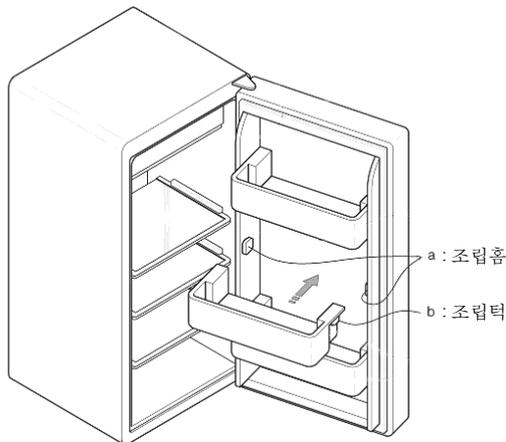


Figure 1. Installation parts(groove and projection) of refrigerator half-guard

## 2. 연구 방법

본 연구에서 제안하는 자연스러운 동작 분석을 통한 제품 설계 방법은 <Figure 2>와 같이 5단계 절차로 구성되었다. 첫째, 제품 사용 작업 특성 분석을 통해 제품의 사용 작업 및 동작을

이해한다. 둘째, 자연스러운 동작 측정을 통해 제품 사용 시 사용자가 선호하는 사용 동작을 측정한다. 셋째, 측정된 자연스러운 동작을 분석하여 신규 제품 설계에 활용하기 위한 설계 가이드 정보를 도출한다. 넷째, 도출된 설계 가이드 정보를 바탕으로 신규 설계안을 개발한다. 마지막으로 신규 설계된 제품의 인간공학적 개선 효과를 검증한다.

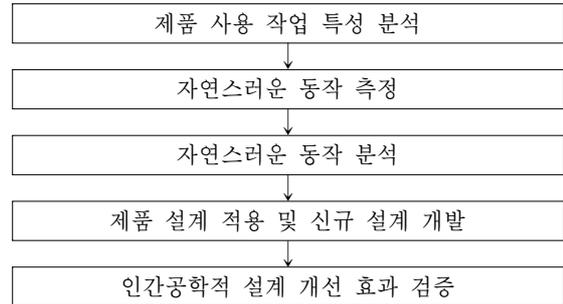


Figure 2. Product design procedure based on natural motion

### 2.1 제품 사용 작업 특성 분석

제품 사용 작업 특성 분석은 제품의 사용 동작 특성(예 : 사용되는 신체 부위, 사용 동작 특성)을 조사하고 파악하는 단계이다. 예를 들어 냉장고 guard 사용 작업을 주부 20명(나이 : 30~50대)을 대상으로 조사한 결과, guard를 냉장고 문으로부터 장탈착하는 작업으로 조사되었다. Guard의 장탈착 작업은 <Figure 3>과 같이 냉장고 문에 위치한 조립체(guard의 결합을 보조하는 조립턱과 조립홈)를 이용해 냉장고 문에 장착 및 탈착하는 작업으로서 주로 손목, 팔꿈치, 어깨를 사용하며 조립체의 형태, 크기, 그리고 장탈착 위치에 따라 달라질 수 있는 것으로 파악되었다.

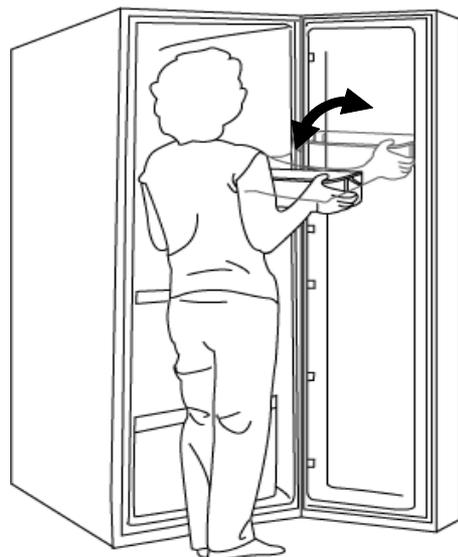


Figure 3. Product-use task analysis(Refrigerator half-guard installation task)

## 2.2 자연스러운 동작 측정

자연스러운 동작 측정은 제품의 자연스러운 사용 동작을 측정하는 단계이다. 자연스러운 동작은 사용자가 신체부위에 불편함이 없이 최대한 편안하고 자연스럽게 제품을 사용할 때의 신체 동작으로서 인체공학적 제품 설계 시 고려되어야 할 중요한 설계 요소로 활용될 수 있다. 본 단계에서는 제품 사용 시 자연스러운 동작 측정을 위한 protocol(실험참여자, 실험 장비, 작업 측정)을 개발하였으며, 개발된 protocol은 guard의 자연스러운 장탈착 동작 측정에 적용되었다.

### 2.2.1 실험 참여자

자연스러운 guard 사용 동작 측정을 위해 냉장고의 사용 빈도가 높은 30~50대 전업 주부 18명(평균 연령: 44 세; SD = 9)이 실험에 참여하였다. 본 실험에서는 키 측면에서 다양한 사람이 참여할 수 있도록 Size Korea(2004)의 여성 키를 각각 3개 영역(상: 67th percentile 이상; 중: 33th~67thpercentile; 하: 33th percentile 이하)으로 구분하여 실험 참여자를 모집하였다. 실험 참여자의 키는 평균 157.4cm(SD = 5.3)로 나타났으며 범위는 148.7 cm ~ 173.5 cm로 조사되었다.

### 2.2.2 실험 장비

자연스러운 동작 측정을 위한 실험 장비로서 <Figure 4>와 같이 prototype(냉장고 guard 거치대)과 motion capture system이 사용되었다. Prototype은 기존 제품의 특성(예: 냉장고 문의 특정 높이에 장탈착)을 반영하여 설계되었으며, 실험 참여자가 제품 사용 동작을 최대한 자연스럽게 편안하게 수행할 수 있도록 제작되었다. 예를 들어 <Figure 4>(a)에 나타낸 guard 거치대는 기존 양문형 냉장고(side by side)의 조립홈 높이를 조사하여 6단의 높이(15, 45, 75, 95, 125, 155cm)로 설계되었다. 그리고 실험 참여자의 자연스러운 장탈착 동작에 제약을 줄 것으로 예상되는 조립홈과 턱 부분을 제거하여 제작되었다. 자연

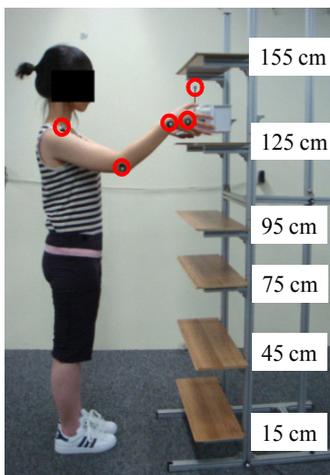
스러운 사용 동작 측정을 위해 motion capture system (Hawk-I, Motion Analysis Co., U.S.A.)이 사용되었으며 측정 시 sampling rate는 60Hz로 설정되었다. 동작 측정을 위한 reflective marker ( $\Phi = 1.2\text{cm}$ )는 <Figure 4>(a)에 나타낸 것과 같이 오른팔에 4개(어깨, 팔꿈치, 손목, 손등), guard에 1개가 부착되었다.

### 2.2.3 작업 측정

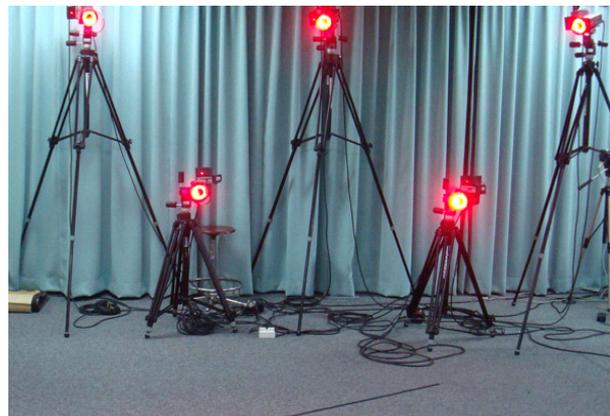
Guard의 자연스러운 장탈착 동작은 총 6단계 절차로 측정되었다. 첫째 단계에서는 실험 목적과 방법을 실험 참여자에게 설명한 후 실험 참여 동의서를 받았고, 둘째 단계에서는 실험 참여자의 인체크기(예: 키, 어깨 높이, 팔 길이)를 측정하였다. 셋째 단계에서는 실험 참여자에게 reflective marker를 부착하였으며, 넷째 단계에서는 실험 참여자가 냉장고 prototype과 guard를 이용하여 장탈착 작업을 연습할 수 있도록 하였다. 이때 자연스러운 장탈착 동작은 가슴 높이에 들고 있던 guard를 제작된 prototype의 특정 높이에 자연스럽게 위치시키고(장착) 다시 가슴 높이로 가져오는 동작(탈착)으로 구성되었다. 다섯째 단계에서는 각 실험 참여자의 자연스러운 장탈착 동작을 6단의 거치 높이에서 2회씩 측정하였으며, 장탈착 높이의 순서는 무작위(random)로 제시하였다. 마지막 단계에서는 실험 참여자의 실험 소감(debriefing)을 설문하였다.

## 2.3 자연스러운 동작 분석

자연스러운 동작 분석은 측정된 동작을 제품 설계에 반영하기 위해 정량적으로 분석하는 단계이다. 본 연구에서는 측정된 자연스러운 동작에 대한 회귀분석(regression analysis)을 통해 동작 궤적을 정량적으로 수식화 하였다. 즉, 측정된 자연스러운 동작은 <Figure 5>와 같이 2차원 상의 motion data(point data)로 나타낼 수 있으며, 해당 point data에 대해 선형(linear) 또는 비선형(non-linear) 회귀분석으로 분석될 수 있다. 회귀분석을 통해 도출된 회귀식(regression function)은 다양한 인체크



(a) Experiment prototype



(b) Motion capture system

Figure 4. Experimental set-up for natural motion recording

기를 가진 실험 참여자로부터 측정된 동작을 대표할 수 있는 동작 궤적의 수식으로, 전체 동작의 평균(자연스러운 동작의 대표 궤적)을 나타낸다. 본 연구에서는 <Table 1>과 같이 guard의 자연스러운 장탈착 동작에 대한 회귀식과 자연스러운 동작의 대표 궤적을 분석하였다.

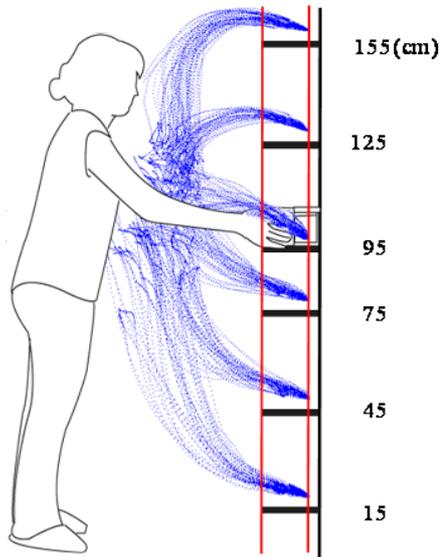


Figure 5. Recorded natural-use motion for guard installation

### 2.4 제품 설계 적용 및 신규 설계 개발

제품 설계 적용 및 신규 설계 개발은 분석된 자연스러운 동작 궤적을 활용해 제품을 설계하고 신규 설계안을 도출하는 세 단계 절차로 구성된다. 첫째, 제품 사용 동작에 영향을 주는 설계 변수를 선정한 뒤, 기존 제품을 benchmarking하여 설계 변수의 특성을 파악한다. 둘째, 설계 변수에 자연스러운 동작 궤적을 반영한 신규 설계안을 개발한다. 마지막으로 각 설계 변수에 대한 세부적인 크기 및 형태를 결정하고 사용성 검증 실험을 위한 시제품(mock-up)을 개발한다.

본 연구는 guard의 설계 변수로서 장탈착 동작에 영향을 줄 것으로 사료되는 조립체의 형태를 선정하였으며, 기존 guard 조립체에 대한 설계 치수들을 조사하여 설계 가능 범위를 파악하였다(<Table 2> 참조). 그리고 신규 guard 설계를 위해 선형 및 비선형 회귀식으로 분석된 자연스러운 동작 궤적의 형상(예: 기울기, 곡률)을 적용하여 각각 사선형과 호형 조립체를 도출하였다(<Figure 6>, <Table 3> 참조). 또한 guard 장탈착 위치를 시각적으로 쉽게 파악할 수 있고 동작의 효율성을 증진시키기 위해 장착 높이 별 조립 참조점(assembly reference points, ARP)을 추가하였다(<Figure 7> 참조). 마지막으로 신규 설계된 guard 조립체(사선형, 호형 조립체)는 rapid prototyping으로 제작되었다.

Table 1. Regression analysis on natural motion trajectories

Half guard 거치 높이 (cm)	Linear regression		Quad ratic regression	
	Trajectory plot	Formula (cm)	Trajectory plot	Formula (cm)
155		$y = 155.002 - 0.397x$ <i>Adjusted R</i> <sup>2</sup> = 0.85		$y = 154.986 - 0.455x - 0.001x^2$ <i>Adjusted R</i> <sup>2</sup> = 0.85
125		$y = 125.020 - 0.625x$ <i>Adjusted R</i> <sup>2</sup> = 0.83		$y = 124.939 - 0.918x - 0.006x^2$ <i>Adjusted R</i> <sup>2</sup> = 0.85
95		$y = 95.027 - 0.619x$ <i>Adjusted R</i> <sup>2</sup> = 0.74		$y = 94.957 - 0.821x - 0.004x^2$ <i>Adjusted R</i> <sup>2</sup> = 0.75
75		$y = 75.024 - 0.437x$ <i>Adjusted R</i> <sup>2</sup> = 0.74		$y = 74.994 - 0.528x - 0.002x^2$ <i>Adjusted R</i> <sup>2</sup> = 0.74
45		$y = 45.031 - 0.529x$ <i>Adjusted R</i> <sup>2</sup> = 0.75		$y = 44.993 - 0.651x - 0.003x^2$ <i>Adjusted R</i> <sup>2</sup> = 0.75
15		$y = 15.068 - 0.532x$ <i>Adjusted R</i> <sup>2</sup> = 0.74		$y = 15.010 - 0.724x - 0.004x^2$ <i>Adjusted R</i> <sup>2</sup> = 0.75

주) 회귀식을 통한 대표 자연스러운 동작 궤적.  
 실험 참여자들의 자연스러운 동작 궤적.

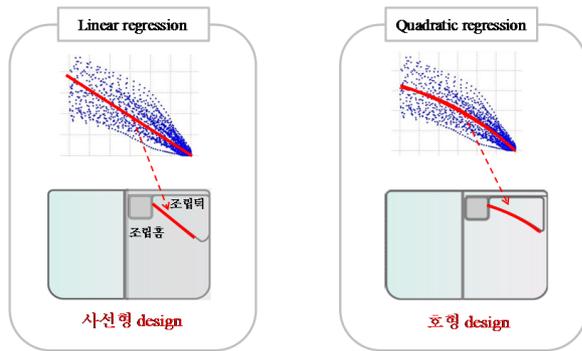


Figure 6. Product design using representative natural motion

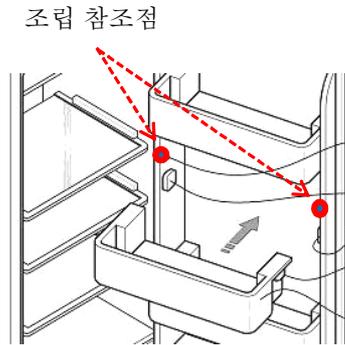


Figure 7. Assembly reference points

Table 2. Benchmarking of existing half-guard installation parts

Parameter	S 사				W 사				L 사				M 사				
																	
조립홈	형태	직사각형				사다리꼴				정사각형				정사각형			
	너비(cm)	윗면	2.0	아랫면	2.0	윗면	2.0	아랫면	1.8	윗면	2.0	아랫면	2.0	윗면	2.0	아랫면	2.0
	좌측면	2.8	우측면	2.8	좌측면	2.0	우측면	1.6	좌측면	2.0	우측면	2.0	좌측면	2.0	우측면	2.0	
두께(cm)	1.0				1.0				1.0				1.0				
조립턱	형태	가느다란 췌기형				사다리꼴 췌기형				집게형				사다리꼴 췌기형			
	너비(cm)	윗면	0.9	아랫면	0.6	윗면	3.0	아랫면	2.0	윗면	4.2	아랫면	1.0	윗면	2.0	아랫면	1.8
	좌측면	4.4	우측면	4.0	좌측면	3.0	우측면	3.0	좌측면	2.5	우측면	3.5	좌측면	2.4	우측면	2.2	
	두께(cm)	1.0				1.0				1.0				1.0			
	위치	가드 외벽 끝 (냉장고 문 내측)				가드 외벽 끝 (냉장고 문 내측)				가드 내벽측 (냉장고 문 외측)				가드 외벽 끝 (냉장고 문 내측)			
기울기(°)	5				5				0				3				

Table 3. New product design based on natural motion

설계 변수	형태	사다리꼴 췌기 + 조립 참조점		운행 췌기 + 조립 참조점									
													
조립홈	형태	정사각형				정사각형							
	길이(cm)	윗면	2.0	아랫면	2.0	윗면	2.0	아랫면	2.0	윗면	2.0	아랫면	2.0
	좌측면	2.0	우측면	2.0	좌측면	2.0	우측면	2.0	좌측면	2.0	우측면	2.0	
두께(cm)	1.0				1.0								
조립턱	길이(cm)	윗면	2.0	아랫면	4.8	윗면	3.7	아랫면	3.7	윗면	3.7	아랫면	측정 불가
	좌측면	2.0	우측면	3.0	좌측면	0.3	우측면	0.3	좌측면	0.3	우측면	높이 별 다름(2.2~3.2)	
	두께(cm)	1.0				1.0							
	위치	가드 외벽 끝				가드 외벽 끝							
기울기(°)	60				-								
조립 참조점	O				O								

2.5 인간공학적 설계 개선 효과 검증

인간공학적 설계 개선 효과 검증은 신규 설계안에 대한 객관적, 주관적 사용성 평가를 통해 인간공학적 개선 효과를 검증하는 단계이다. 본 연구의 신규 guard 조립체의 개선 효과 검증 실험은 30~50대 전업 주부 18명(평균 나이 : 43세; SD = 7.7)을 대상으로 수행되었으며, two-factor within-subject design으로 설계되었다(factor 1 : 조립체 형태; factor 2 : 장탈착 높이). 평가 대상 조립체 형태는 <Table 4>에 나타난 것과 같이 기존 설계안 3종(집게형, 집게형-ARP, 직사각형-ARP)과 자연스러운 동작 궤적을 적용한 신규 설계안 2종(사선형-ARP, 호형-ARP)이 선정되었다.

그리고 장탈착 높이는 자연스러운 동작 측정 실험 시 사용된 6단 거치 높이(15, 45, 75, 95, 125, 155cm)가 활용되었다. 실험 방법은 자연스러운 동작 측정 실험과 동일한 protocol(예: 실험 참여자 모집 기준, 실험 장비, 측정 위치)을 적용하였으며 인간공학적 효과 검증을 위한 객관적, 주관적 평가 지표로서 자연스러운 동작 궤적과의 장탈착 동작 유사도(자연스러운 동작과의 평균 최소 거리차; 단위 : cm; <Figure 8>, 식 (1) 참조)와 장탈착 용이성(7점 척도; 1점 : 매우 만족, 4점 : 보통, 7점 : 매우 불만)이 분석되었다.

Table 4. Design alternatives for validity evaluation

집게형 (참조점 없음)	집게형 (참조점 있음)	직사각형 (참조점 있음)	사선형 (참조점 있음)	호형 (참조점 있음)

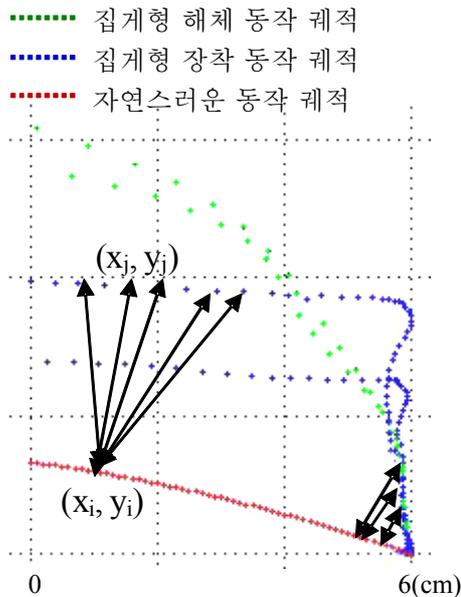


Figure 8. Diagram for the similarity of natural motion

$$D_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \tag{1}$$

$$D_i = \min_j(D_{ij})$$

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

Where

i = 1 to n (n : 자연스러운 동작 궤적의 좌표 수)

j = 1 to k (k : half guard 사용 동작 궤적의 좌표 수)

(x<sub>i</sub>, y<sub>i</sub>) = 자연스러운 동작 궤적 좌표

(x<sub>j</sub>, y<sub>j</sub>) = Half guard 사용 동작 궤적 좌표

D<sub>ij</sub> = 자연스러운 동작 좌표(i)와 guard 사용 동작 좌표(j)의 최단거리

D<sub>i</sub> = 자연스러운 동작 좌표(i)와 guard 사용 동작 궤적의 최단거리

$\bar{D}$  = 자연스러운 동작 궤적과 사용 동작 궤적 사이 최단거리들의 평균

3. 인간공학적 개선 효과 평가

자연스러운 동작을 적용하여 개발된 신규 설계 제품은 인간공학적 개선 효과에 대한 검증이 필요하다. 본 연구는 신규 설계된 guard 조립체의 형태와 장탈착 높이에 따른 객관적(자연스러운 동작 궤적과의 차이; 단위 : cm), 주관적(장탈착 용이성, 단위 : 7-point scale) 사용성 평가를 수행하였으며, 각 평가 결과의 통계적 유의성을 분석하기 위해 분산분석(analysis of variance, ANOVA)과 사후 분석(Student-Newman-Keuls, SNK test)을 수행하였다.

3.1 사용 동작의 자연스러운 정도(궤적 유사도)

Guard 조립체의 형태별 장탈착 동작을 자연스러운 동작 궤적과 비교 분석한 결과, <Figure 9>와 같이 신규 설계안의 장탈착 동작이 기존 제품의 동작에 비해 평균 0.8cm 이상 유사한 것으로 나타났다( $F(4, 60) = 98.6, p < 0.001$ ; <Table 5> 참조). 예를 들어, 신규 설계된 사선형 조립체의 사용 동작은 기존의 집게형, 직사각형 조립체 설계에 비해 자연스러운 동작과 유사도가 높은 것으로 파악되었다. 또한 같은 형태의 집게형 조립체에서 조립 참조점의 적용 유무에 따라 자연스러운 동작 궤적과의 유사도에는 차이가 있는 것으로 조사되었다(조립 참조점 적용 시 : 1.6cm; 미 적용 시 : 2.0cm).

한편 guard 조립체의 높이별 장탈착 동작을 자연스러운 동작 궤적과 비교한 결과, 유사도는 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다(<Figure 10> 참조). 실험 참여자의 무릎과 골반 사이 높이(45~75cm)에서의 장탈착 동작은 자연스러운 동작 궤적과 평균 1.6cm의 차이가 있었으나, 가슴과 머리 사이 높이(125~155cm)에서의 동작의 경우에는 1.3cm로 차이가 유의하게 줄어드는 것으로 나타났다( $F(5, 75) = 26.4, p < 0.001$ ).

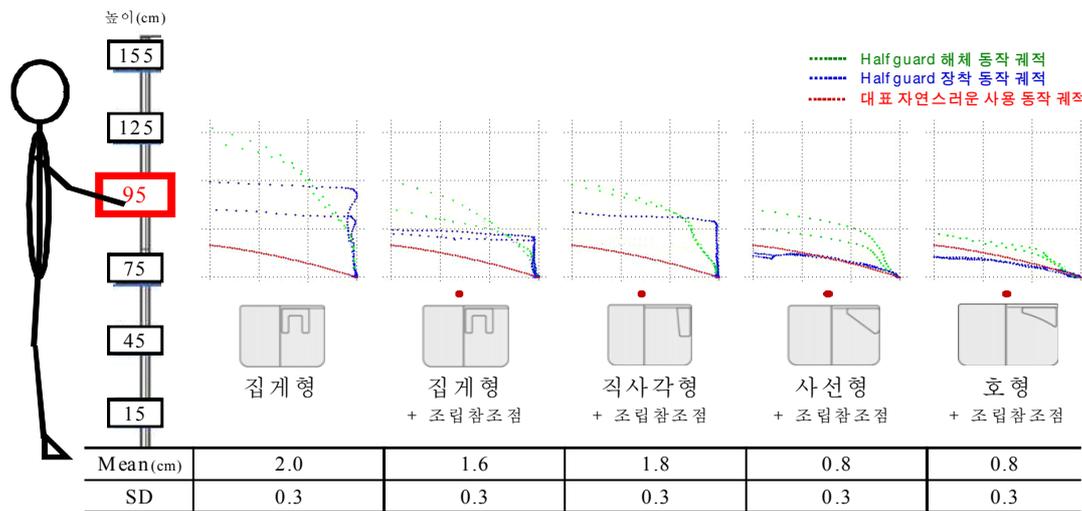
**Table 5.** ANOVA result for Similarity of natural motion ( $\alpha = 0.05$ )

Source	df	SS	MS	F	p
Subject(S)	15	14.88	0.99	4.1	< 0.001
Guard design(D)	4	87.05	21.76	98.6	< 0.001
D×S	60	13.36	0.22	3.6	< 0.001
Installation height(H)	5	11.22	2.24	26.4	< 0.001
H×S	75	6.38	0.09	1.4	0.033
D×H	20	6.86	0.34	5.6	< 0.001
D×H×S	287	17.71	0.06		
Total	466	157.46			

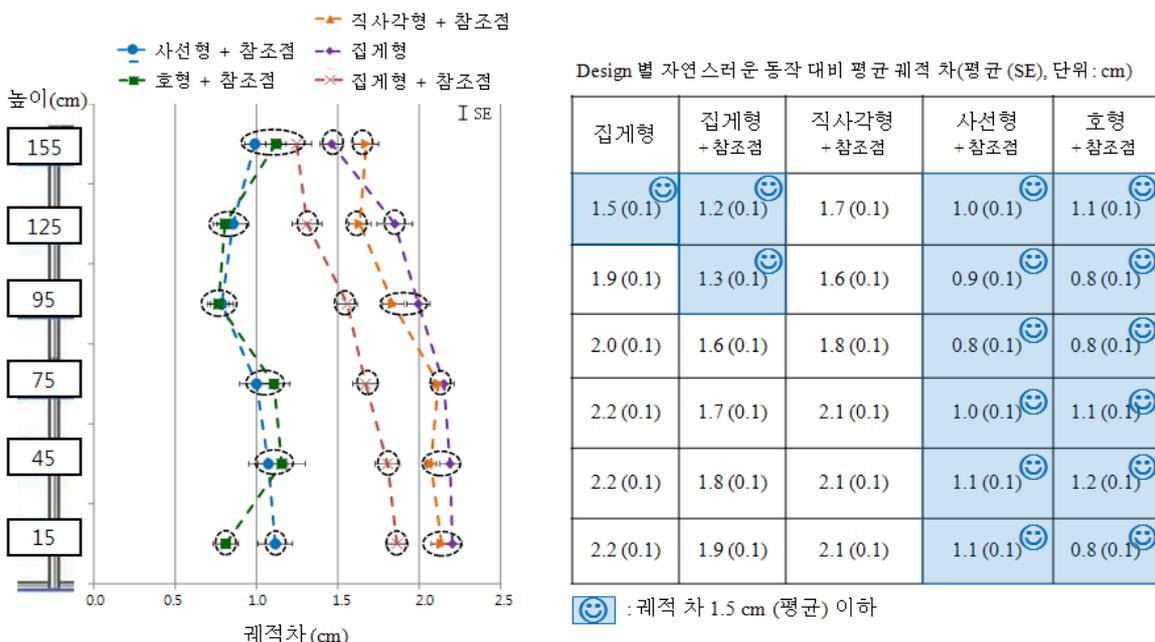
### 3.2 장탈착 용이성

Guard 조립체 형태별 장탈착 용이성을 분석한 결과, <Figure 11>과 같이 신규 설계안의 장탈착 용이성이 기존 제품에 비해 유의하게 높은 것으로 나타났다( $F(4, 68) = 149.17, p < 0.001$ ; <Table 6>참조). 예를 들어, 자연스러운 동작이 반영된 사선형 와 호형 조립체의 장탈착 용이성은 각각 5.5점, 6.3점으로 기존 집계형 조립체(3.3점)에 비해 유의하게 높은 것으로 분석되었다. 이러한 결과는 자연스러운 동작을 반영해 설계된 제품이 사용 동작뿐만 아니라 사용자의 주관적인 평가에서도 긍정적인 것을 나타내고 있다.

이외에도 guard의 장탈착 용이성은 장탈착 높이에 따라 유



**Figure 9.** Diagram for the similarity of natural motion (height : 95 cm)



**Figure 10.** Similarity of natural motion (mean, standard error)

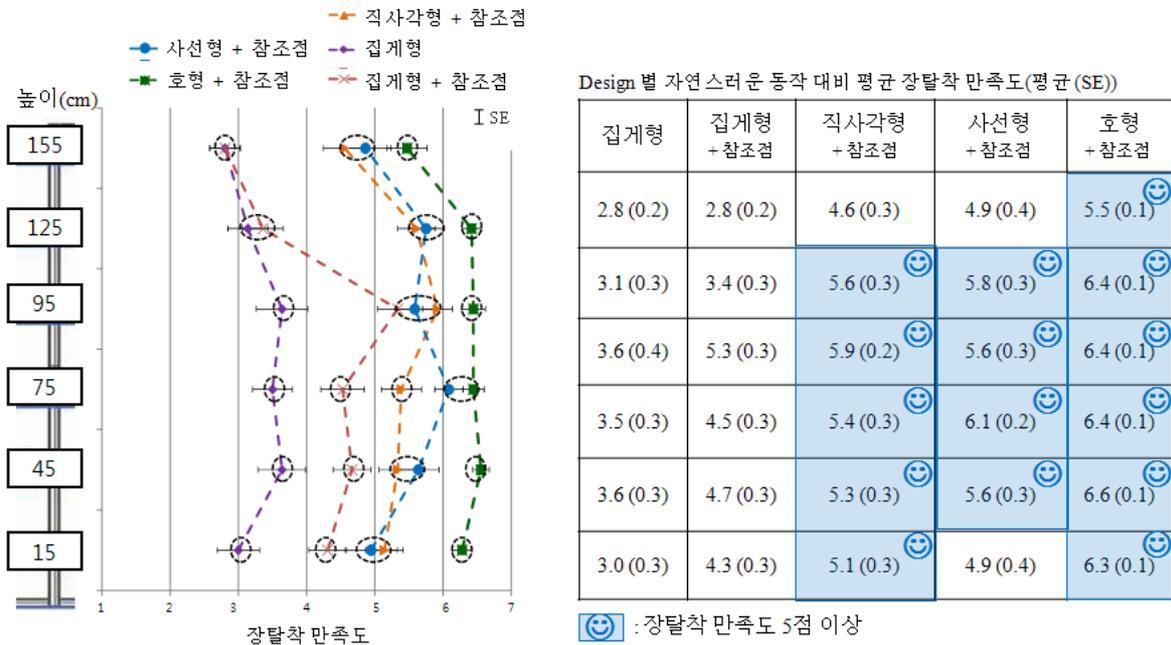


Figure 11. Task satisfaction(mean, standard error)

의하게 차이가 있는 것으로 나타났다( $F(5, 85) = 19.04, p < 0.001$ ). 즉, guard의 장탈착 작업 수행 시 골반(75cm)에서 어깨 높이(125 cm)까지의 장탈착 용이성은 평균 5.3점(‘만족’ 수준)으로 분석되었다. 반면 무릎 아래(15cm) 또는 어깨 위(155cm)에서의 작업은 사용자의 신체 부위(예 : 무릎, 어깨)에 부하를 주기 때문에 평균 4.4점(‘보통’ 수준)으로 비교적 낮은 장탈착 용이성을 나타내고 있다.

Table 6. ANOVA result for task satisfaction( $\alpha = 0.05$ )

Source	df	SS	MS	F	p
Subject(S)	17	166.46	9.79	2.5	0.003
Guard design(D)	4	596.67	149.17	47.1	< 0.001
D×S	68	215.33	3.17	5.2	< 0.001
Installation height(H)	5	95.20	19.04	14.4	< 0.001
H×S	85	112.17	1.32	2.2	< 0.001
D×H	20	46.95	2.35	3.9	< 0.001
D×H×S	340	205.55	0.61		
Total	539	1438.34			

#### 4. 토의

본 연구는 사용자의 자연스러운 동작을 분석하여 제품 설계에 반영하는 절차를 제시하였다. Allie et al.(1999)과 Nyberg and Kempic(2006)의 연구에서는 사용자의 자연스러운 동작을 고려한 가변형 의자 등받이와 세탁기 입구 설계를 제안하였으나, 사용자의 동작에 대한 정량적 분석을 통한 구체적인 제품 설

계 적용 방안에 대한 제시는 미흡하였다. 반면, 본 연구에서는 선형, 비선형 회귀 분석을 통한 자연스러운 동작의 정량화 절차를 제시하였으며, 제시된 절차를 guard의 자연스러운 장탈착 동작 분석에 적용하여 동작 궤적의 수식화에 활용하였다.

사용자의 자연스러운 동작이 반영된 제품은 기존 유사 제품에 비해 사용 동작의 자연스러움, 사용성 측면에서 높은 만족도를 가지는 것으로 나타났다. 본 연구는 사용 동작에서 불편함을 야기했던 기존 냉장고 half guard의 조립체를 사용자 동작 측면에서의 개선하여 장탈착 용이성의 향상을 검증하였다. 즉, 사용자의 동작을 고려하여 설계된 제품은 사용자로부터 금 신체적으로 편안한 자세와 자연스러운 동작을 제공함으로써 제품의 사용 작업의 인간공학적인 개선을 수반하는 것으로 추정된다.

사용자의 자연스러운 동작을 제품 설계에 적용하는 경우, 자연스러운 동작 궤적의 적절성에 대한 선행적 검토가 필요하다. 본 연구에서의 자연스러운 동작은 사용자가 제품을 사용할 때 신체적으로 최대한 편안하고 자연스럽게 작업을 수행할 때의 동작으로 정의되었으며, 실험 참여자에게는 자연스러운 동작의 정의를 먼저 설명한 후, 동작을 수행하도록 요청하였다. 그러나 실험 참여자가 특정 제품을 자연스럽게 사용하는 것은 제품의 사용 환경이나 작업의 특성에 따라 쉽게 영향을 받을 수 있으므로 실험 참여자마다 측정된 자연스러운 동작에는 차이가 있을 수 있다. 그러므로 자연스러운 동작의 측정 protocol 보완과 측정된 동작에 대한 반복성(repeatability) 검증을 위해 inter-and intra-subject variability의 추가 분석이 요구된다.

본 연구에서 제안된 사용자 동작 기반 제품 설계 방법은 인간공학적인 제품 설계 기술의 한 분야로서 높은 활용성이 기대된

다. 기존의 사용자 및 제품 사용 동작에 관한 연구들(Karlqvist *et al.*, 1999; Moffet *et al.*, 2002; Nelson *et al.*, 2000)은 동작을 제품 평가의 요소로만 활용하였으나, 본 연구는 동작 특성에 대해 보다 심층적이고 정량적인 분석을 통해 제품의 설계까지 활용할 수 있었다. 이러한 방법은 추후 다른 제품들(예 : hand-held device)의 설계에도 유용하게 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

## 참고문헌

- Chang, J-H. (2006), *Development of an Ergonomic Product Design Evaluation Process Using Motion Analysis*, Unpublished Master's Thesis, POSTECH, Korea.
- Karlqvist, L., Bernmark, E., Ekenvall, L., Hagber, M., Isaksson, A., and Rostö, T. (1999), Computer mouse and track-ball operation : Similarities and differences in posture, muscular load and perceived exertion, *Industrial Ergonomics*, **23**, 157-169.
- Moffet, H., Hagberg, M., Hansson-Risberg, E., and Karlqvist, L. (2002), Influence of laptop computer design and working position on physical exposure variables, *Clinical Biomechanics*, **17**, 368-375.
- Nelson, J. E., Treaster, D. E., and Marras, W. S. (2000), Finger motion, wrist, motion and tendon travel as a function of keyboard angles. *Clinical Biomechanics*, **15**, 489-498.
- Nyberg, P. and Kempic, J. (2006), Transforming the Laundry process, *Ergonomics in Design*, **14**(2), 16-21.
- Ailie, P., Faiks, F., and Reinecke, S. (1999), Supporting Natural Human Motion While Seated, In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 43rd Annual Meeting*.
- Rempel, D., Barr, A., Brafman, D., and Young, E. (2007), The effect of six keyboard designs on wrist and forearm postures, *Applied Ergonomics*, **38**(1), 293-298.
- Size Korea (2004), *Report on the Fifth Survey of Korean anthropometry*. Korean Agency for Technology and Standards, Ministry of Commerce, Industry and Energy.