

# 자연스러운 동작 적용을 통한 냉장고 Half Guard 의 인간공학적 개선

## An Ergonomic Design of Refrigerator Half Guard Based on Human Natural Motion

김수진, 박장운, 장윤, 유희천  
포항공과대학교 기계산업공학부

### ABSTRACT

제품에 대한 사용편의성과 만족감을 향상시키기 위해 사용자의 자연스러운 제품 사용 동작을 고려한 인간공학적 제품 설계는 중요하다. 본 연구는 동작 측정 시스템을 이용해 측정된 자연스러운 제품 사용 동작을 냉장고 half guard(이하 guard) 조립부의 인간공학적 설계 개선에 적용하고 개선 효과를 평가하였다. 인간공학적 guard 조립부는 설계 특성 분석과 측정된 자연스러운 guard 사용 동작 분석 결과를 기반으로 설계되었다. 설계 개선 효과를 평가하기 위하여 guard 5 종(기존 제품: 3 종, 개선안: 2 종)에 대한 사용성 평가를 수행한 결과, 개선안의 주관적 만족도( $5.5 \pm 1.3$  점)는 기존 제품( $4.3 \pm 1.5$  점)에 비해 유의하게 높은 것으로 나타났다( $F(4, 32) = 9.84, p < 0.001$ ). 또한, 자연스러운 동작과의 궤적 유사도 측면에서 개선안( $0.9 \pm 0.2$  cm)이 기존 제품( $1.3 \pm 0.4$  cm)에 비해 유의하게 높은 것으로 나타났다. 본 연구에서 수행된 설계 개선 및 효과 평가 절차는 냉장고 guard 뿐만 아니라, 다양한 제품의 인간공학적 설계 및 평가에도 유용하게 활용될 수 있을 것으로 예상된다.

**Keyword:** 인간공학적 제품 설계, 제품 평가, 동작 분석, 자연스러운 동작, 냉장고 half guard

### 1. 서론

사용자의 제품 사용 자세와 동작을 고려한 인간공학적 제품 설계가 중요시되고 있다. 장준호 외(2006)는 제품 사용 자세 및 동작이 제품의 조작 효율성과 사용자가 느끼는 만족도에 미치는 영향을 분석하였다. Nelson et al. (2000)은 불편한 동작으로 장시간 제품을 사용하는 것을 근골격계 질환의 주요 원인으로 규명하며 사용 동작을 고려한 인간공학적 제품 설계의 중요성을 주장하였다.

사용자의 제품 사용 동작 특성을 고려한 제품 평가 및 설계에 대한 연구가 수행되고 있다. Treaster et al. (2000)은 높이 및 간격 조절이 가능한 alternative keyboard 를 이용하여 keyboard 사용 시 손가락 관절과 손목의 각도

변화를 측정하여 키보드 5 종에 대한 사용성을 평가하고 사용자가 편안함을 느낄 수 있는 키보드의 설계 각도를 제안했다. Rampel et al. (2006)은 기존 keyboard 6 종과 alternative keyboard 사용 시의 손목 각도 변화, 팔 자세, 그리고 수행도(예: typing speed)를 측정하여 제품의 사용성을 평가하였다. 또한 장준호 외(2006)는 가정용 청소기의 자연스러운 사용 동작에 대해 8 개 신체부위(예: 손목)의 편안한 range of motion (ROM)을 설정하고, 이를 기준으로 기존 청소기(4 종)에 대한 동작 측면에서의 사용성 평가 방법론을 개발하고 적용하였다.

인간공학적 제품 개발 및 평가를 위해 제품 사용 동작에 대한 연구들이 수행되고 있으나, 자연스러운 사용 동작을 분석하여 불편한

동작을 야기하는 설계 부위를 개선하고 개선 효과를 검증하는 연구는 미흡한 실정이다.

본 연구는 냉장고 guard(그림 1 참조)의 장탈착 동작을 개선하기 위해 자연스러운 장탈착 동작을 정량적으로 파악하고 설계 개선안을 개발하였다. 개발된 설계 개선안은 개선 효과 평가 실험을 통해 기존 설계와 정량적, 정성적으로 비교 평가되었다.

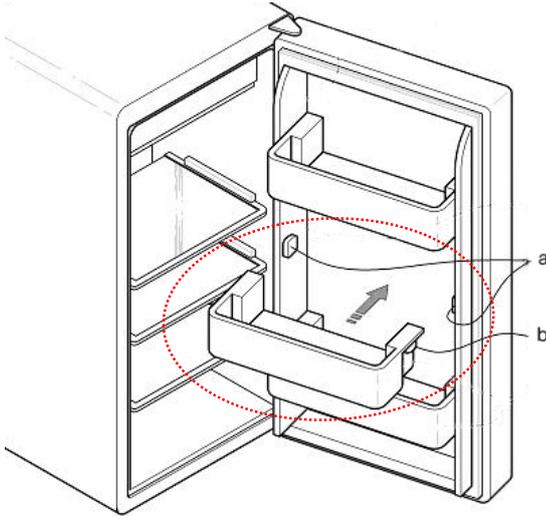


그림 1. 냉장고 half guard (a: 조립홈; b: 조립턱)

## 2. 인간공학적 Half Guard 설계

사용자의 자연스러운 제품 사용 동작 적용을 통한 guard 설계 개선은 그림 3 과 같이 4 단계 절차로 수행되었다.

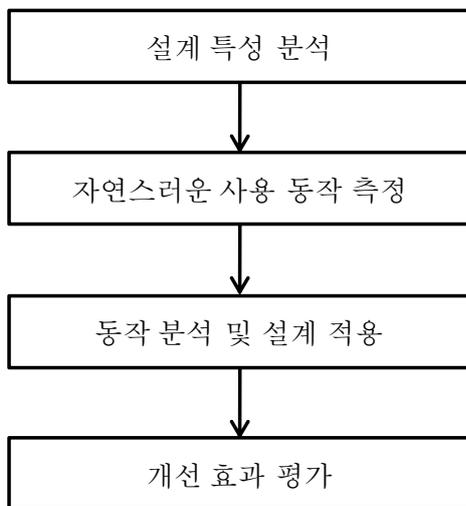


그림 2. Half guard의 설계 개선 절차

## 2.1 설계 특성 분석

본 단계에서는 guard 의 설계 특성을 분석하기 위해 설계 변수 및 작업 특성을 파악하였다. 먼저 guard 설계 변수를 파악하기 위하여 그림 2 와 같이 기존 제품의 치수 및 형태를 분석하였다. 그리고 guard 의 작업 특성 분석을 통해 guard 의 사용 동작(예: 장착 및 탈착 동작)을 파악하였다.

Parameter		M사 제품			
조립홈	형태	정사각형			
	길이(mm)	윗면	20	아랫면	20
		좌측면	20	우측면	20
	두께(mm)	10			
조립턱	형태	사다리꼴 쉼기형			
	길이(mm)	윗면	20	아랫면	18
		좌측면	24	우측면	22
	두께(mm)	10			
턱 위치	가드 외벽 끝 (냉장고 문 내측)				
	턱 기울기 (°)	3			

그림 2. Guard 설계 치수 및 형태 조사 예

## 2.2 자연스러운 사용 동작 측정

본 단계에서는 냉장고 guard 조립부의 자연스러운 장탈착 동작 궤적을 측정하였다. 실험참여자로 20 ~ 50 대 여성 6명(43 ± 7 세)을 모집하였으며, Size Korea(2004)의 20 ~ 50 대 여성 키를 기준(33<sup>th</sup> percentile 이하, 33<sup>th</sup> ~ 67<sup>th</sup> percentile, 67<sup>th</sup> percentile 이상)으로 모집하여 다양한 인체 크기를 가지는 사람들이 포함되도록 하였다(평균: 158.4 cm; 표준편차: 5.1; 범위: 152.8 ~ 169.5 cm).

실험 장비는 냉장고 문 mock-up 과 동작 측정 시스템(Hawk-I, Motion Analysis Co., USA)이 사용되었다. 냉장고 문 mock-up 은 aluminum profile 과 합판을 사용하여 제작되었으며, guard 높이는 기존 냉장고들의 설계 특성을 참고하여 6 개 높이(150, 450, 750, 950, 1250, 1550 mm)로 결정되었다. 또한, 동작 측정을 위해 6 대의 동작 측정 카메라가 사용되었다(그림 3 참조).

자연스러운 동작 측정 실험은 3 단계(실험 소개 및 marker 부착, 예행 연습, 자연스러운

동작 측정)로 수행되었다. 첫째 단계에서는 실험참여자에게 실험 목적 및 의의를 설명한 후 동작 측정을 위한 marker 를 피실험자와 guard 에 부착하였다(그림 4 참조). 둘째 단계에서는 실험참여자가 guard 장탈착 작업을 연습할 수 있도록 하였다. 마지막 단계에서는 자연스러운 guard 장탈착 동작 궤적을 측정하였다. 자연스러운 guard 장탈착 동작은 사용 동작에 제약을 가하는 guard 조립부를 제거한 후 실험 참여자가 최대한 자연스럽게 편안하게 guard 를 장탈착하는 동작으로 정의되었다. 동작 측정 작업은 약 1 시간에 걸쳐 수행되었으며, 6 개 높이에서 각 2 회씩 반복 측정되었다.



그림 3. 동작 측정 시스템



그림 4. 자연스러운 half guard 사용 동작 측정

### 2.3 동작 분석 및 설계 적용

측정된 자연스러운 guard 장탈착 궤적에 대한 회귀분석을 수행하여 guard 설계 개선에 적용할 대표 자연스러운 동작 궤적을 추출하였다. 회귀분석에는 guard 가 냉장고에 삽입되는 부분의 궤적이 사용되었고 이상치는 분석에서 제외되었다. 회귀 분석은 guard 거치

높이 별로 수행되었다. 그림 5 는 높이 150 mm 에서 수행한 1 차 회귀분석 결과 예시이다.

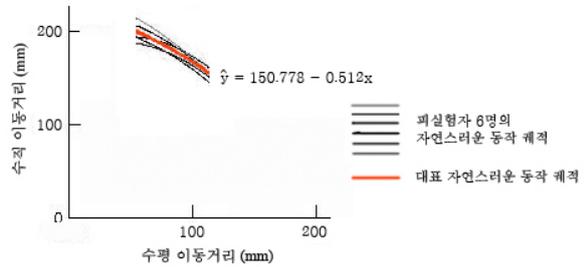


그림 5. 대표 자연스러운 장탈착 궤적 예 (guard 거치 높이: 150 mm)

도출된 대표 자연스러운 동작 궤적을 적용하여 guard 조립부의 설계를 개선하였다. 먼저 설계 변수와 설계 제약 조건을 분석하여 자연스러운 동작 궤적을 적용할 부위를 선정하였다. 그리고 추출된 대표 자연스러운 guard 장탈착 궤적을 적용하여 조립부를 설계하였다.

도출된 개선안은 사다리꼴 췌기와 운형 췌기이다(그림 6 참조). 사다리꼴 췌기는 제조 편의성을 고려하여 1 차 회귀분석 결과를 조립턱에 적용하여 설계되었다. 운형 췌기는 2 차 회귀분석 결과를 조립홈과 조립턱에 적용하여 설계되었다. 운형 췌기는 팔꿈치 높이를 기준으로 상하의 guard design 이 다른 특징이 있다.

사다리꼴 췌기	운형 췌기	
	높이 125.5 cm 이상	125.5 cm 이하

그림 6. Half guard 설계 개선안 예

### 2.4 개선 효과 평가

개선 효과 평가를 위하여 모집된 피실험자는 9 명(나이: 42 세 ± 4 )으로 자연스러운 동작 측정 실험 시와 동일한 기준으로 모집되었다 (평균: 157.9 cm; 표준편차: 5.5; 범위: 153.5 ~ 171.2 cm).

표2. 개선 효과 평가 결과(평균(SD))

평가 척도	기존 설계 A	기존 설계 B	기존 설계 C	사다리꼴 췌기	운형 췌기	통계량	
						F-value	p-value
주관적 만족도(점)	4.0(0.8)	4.2(1.2)	4.6(1.3)	5.5(0.6)	5.4(0.9)	$F(4, 32) = 9.84$	$p < 0.001$
레직 유사도(cm)	1.4(0.3)	1.2(0.9)	1.2(0.5)	1.0(0.2)	0.8(0.2)	$F(4, 32) = 6.58$	$p < 0.001$

설계 개선 효과 평가 실험에는 동작 측정 시스템과 냉장고 문, guard mock-up 이 사용되었다. 문과 guard 는 S 사의 제품이며 문 내부와 guard 에는 3D scanner (Elite Printer, Dimension Co., U.S.A)로 제작된 조립홈과 조립턱이 각각 설치되었다.

개발된 설계 개선안(사다리꼴 췌기, 운형 췌기)은 기존 냉장고 guard 설계 3 종과 함께 정성적(주관적 만족도), 정량적(동작 레직 유사도)으로 비교 평가되었다. 평가에 사용된 척도로 주관적 만족도는 7 점 척도(예: guard 를 쉽게 장착할 수 있는 정도, 7 점: 매우 만족, 4 점: 보통, 1 점: 매우 불만)로 구성하였으며, 레직 유사도는 평가 대상 guard 의 장탈착 레직과 자연스러운 동작 레직간 최소 거리의 평균으로 분석되었다.

### 3. 개선 효과 평가

평가 결과 설계 개선안은 기존 제품에 비해 주관적 만족도와 레직 유사도 측면에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(표 1 참조). 예를 들어, 주관적 만족도는 개선안( $5.5 \pm 1.3$  점)이 기존 제품( $4.3 \pm 1.5$  점)에 비해 유의하게 높은 것으로 나타났으며( $F(4, 32) = 9.84, p < 0.001$ ), 레직 유사도 측면에서도 개선안( $0.9 \pm 0.2$  cm)이 기존 제품( $1.3 \pm 0.4$  cm) 보다 자연스러운 레직과의 일치도가 높은 것으로 나타났다( $F(4, 32) = 6.58, p < 0.001$ ).

### 4. 토의

본 연구는 자연스러운 guard 사용 동작 적용을 통해 guard 설계 개선안을 제안하였고 개선 효과를 분석하였다. 개선안 효과 평가 결과, 개선안이 기존설계에 비해 선호되었고 자연스러운 동작과의 레직 유사도가 높은 것으로 나타났다. 개선안 효과 평가 실험을 통해 제품 설계 시 자연스러운 동작에 유사한 사용 동작을 유발할 수 있는 제품 개발이 가능하다고 예상된다.

자연스러운 사용 동작을 유발하는 제품 설계 및 개선 효과 평가 과정은 자연스러운 동작을 분석하고 적용하여 제품을 설계했다는 측면에서 기존 연구와 차별화된다. 기존 연구는 제품의 사용 동작을 측정하여 제품의 사용성을 평가하였으나, 본 연구는 자연스러운 제품 사용 동작을 측정 및 적용하여 자연스러운 동작을 유도하는 제품을 개발하였다.

동작 적용을 통한 제품 설계에 있어 동작 레직 이외 동작에 영향을 미치는 요소에 대한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 guard 의 특성상 자연스러운 동작 레직을 고려하여 guard 개선안을 설계하였다. 추후 사용 동작을 고려한 제품 설계 시에는 제품의 사용 특성에 따라 레직 외 제품 사용에 미치는 요소(예: 힘, 인체 변수)가 고려되어야 한다.

### 참고 문헌

기술표준원 (2004). 제 5차 한국인 인체치수조사 사업 보고서. 산업자원부.

장준호, 유희천 (2006). 동작 분석을 통한 인간공학적 제품 설계 평가 방법 개발. *대한산업공학회 2006 추계학술대회지*.

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.

Rempel, D., Barr, A., Brafman, D., and Young, E. (2006). The effect of six keyboard designs on wrist and forearm postures. *Applied Ergonomics*, 38(1), 293-298.

Treaster, D. E. and Marras, W. S. (2000). An assessment of alternate keyboards using finger motion, wrist motion and tendon travel. *Clinical Biomechanics*, 15, 499-503.