

# 냉장고 디자인의 인간공학적 평가

Ergonomic Evaluation of Refrigerator Design

박 재 회

한국표준과학연구원 인간공학연구실

황 민 철

한국표준과학연구원 인간공학연구실

박 세 진

한국표준과학연구원 인간공학연구실

김 명 석

한국과학기술원 산업디자인학과

## 1. 서론

## 2. 연구방법

2-1 근전도분석

2-2 3차원동작분석

2-3 조작패널의 사용성평가

2-4 인체측정자료분석

## 3. 인간공학적 평가결과

3-1 냉장고선반높이와 레이아웃평가

3-2 냉장고 도어손잡이의 평가

3-3 조작패널의 사용성평가 결과

3-4 인체측정자료분석과 냉장고 치수

## 4. 결론

## 요약

디자이너들은 어떤 제품의 크기, 모양 혹은 인터페이스 부분을 설계해야 하는데 그것들이 사용자에게 맞도록 하려면 인간공학 원칙과 데이터를 필요로 하게 된다. 그러나 아직까지 냉장고를 비롯한 가전제품 분야에서는 실제 작업에 쓰일만한 인간공학 관련 디자인 원칙이나 데이터들이 거의 없는 형편이다. 냉장고 디자이너들이 가장 고민하는 문제 가운데 하나인 냉장실과 냉동실의 레이아웃 결정만 하더라도, 서로 다른 레이아웃의 차이를 비교할만한 객관적인 방법이 없다. 그외에 도어손잡이를 어떤 모양으로 어느 위치에 부착할 것인지, 조작패널의 사용자인터페이스는 어떻게 설계할 것인지 등에 관한 모든 것이 아직까지는 디자이너들의 직관에 의존하고 있다. 본 연구는 이러한 냉장고 디자이너들의 의사결정 과정을 도와주기 위해 몇가지의 인간공학적 연구방법을 사용하여 냉장고 디자인에 대한 평가를 시도하였다. 근전도 분석방법은 냉장고의 선반 높이와 냉장실, 냉동실의 레이아웃을 평가하기 위해 사용되었으며, 3차원동작분석은 도어의 손잡이를 평가하기 위해 사용되었다. 비디오 분석에 의한 사용성평가는 조작패널의 문제점을 찾아내기 위해 사용되었다. 마지막으로 한국인 인체측정 데이터에 근거한 냉장고의 적정 설계치수 결정 기준을 설정하였다. 이러한 연구결과들은 향후 냉장고 디자인 개발에 참조 될 수 있을 것이다.

## 중심어

냉장고 디자인, 인간공학, 디자인가이드라인, 동작분석, 근전도 분석

## Abstract

Designers often hesitate to decide the shape, size, and layout of a product. Though ergonomic principles and data are absolutely needed in this process, they don't have enough guidelines to refer. For the refrigerator designers, they also are not convinced of their decision: the vertical position of the freezing and refrigerating rooms, the height of shelves, the shape of door-handle, etc. To support the refrigerator design, we applied several ergonomic methods to the evaluation of refrigerator. EMG was measured to evaluate the load of users' lumbar muscle. Based upon the experimental EMG data, we developed a model to estimate the relative load corresponding to the height of refrigerator shelves. Two different layouts of a refrigerator, R/F and F/R styles, were compared with the model. A three-dimensional motion analysis method was used to evaluate the users' motion of using a refrigerator. Ten door-handles with the different shapes and positions

were evaluated by tracking the rotations of the users arm. Video protocol analysis was used to evaluate the user interface of a control panel in a refrigerator. Finally, we suggested several ergonomic design guidelines based on the facts found in this research and the anthropometric data of the Korean adults. The results of this study can be applied to the ergonomic design of refrigerators

### Key Words

Refrigerator Design, Ergonomics, Design Guideline, Motion Analysis, EMG

## 1. 서론

디자이너들은 자주 어떤 제품의 크기나 형태, 레이아웃(layout) 등을 결정할 때 주저하게 된다. 이때 이러한 의사결정 과정을 도와줄 인간공학 원칙이나 데이터를 필요로 하는데 현장의 디자인 작업에 적용할만한 것은 그리 많지 않다. 물론 지금까지 디자이너들을 위한 일반적이고 포괄적인 인간공학 디자인 가이드라인(design guideline)은 어느 정도 출판되어 있다.[Woodson 1981, Pheasants 1986, Panero 1990, 野呂 1990]. 그러나 가전제품과 같이 구체적인 제품을 대상으로 하고 있는 디자인 가이드라인은 거의 없다. 대표적 가전제품의 하나인 냉장고의 경우에도 상황은 마찬가지여서 디자이너들이 작업을 할 때 많은 어려움을 겪고 있다.

대표적으로 냉장고의 냉장실과 냉동실의 상하 위치를 결정하는 문제는 냉장고 제조회사들과 디자이너들이 가장 고민하는 문제 가운데 하나이다.

지금까지 냉장고 시장의 주류를 형성하고 있는 모델은 냉동실(Freezing room)이 상단에 있고 냉장실(Refrigerating room)이 하단에 있는 형태를 취하고 있다(F/R 형). 그러나 이러한 형태는 자주 사용하는 물건일수록 손이 닿기 쉬운 곳에 위치시켜야 한다는 인간공학 설계 원칙에 어긋나고 있다. 그렇다면 반대로 냉장실을 상단에, 냉동실은 하단에 위치시키는(R/F 형) 형태를 취하면 될 터인데, 디자이너들은 이러한 변경에 신중할 수 밖에 없게 된다. 그 이유는 소비자 기호 등의 마케팅적 요인 외에, 서로 다른 대안(F/R 형과 R/F 형)을 객관적, 정량적으로 평가하는 방법과 데이터를 가지고 있지 못하기 때문이다.

이 문제 외에도 냉장고의 도어(door)와 도어손잡이(door-handle)를 어떤 형태로 어느 위치에 놓을 것인지, 조작패널(control panel)의 사용자인터페이스(user interface)를 어떻게 설계할 것인지, 그리고 한국인의 신체 크기를 고려한 냉장고 각 부위의 크기와 위치를 어떻게 할 것인가 등의 문제는 디자이너들의 노력만으로는 해결하기 힘든 문제라 할 수 있다. 이러한 것들은 모두 인간공학적 문제들로 디자이너와 인간공학자들의 협동 작업에 의해 해결 될 수 있을 것이다.

본 연구는 이러한 취지에서 디자이너들이 냉장고를 설계할 때 고민하게 되는 대표적인 인간요소(human factor)들을 추출하고 이에 대한 평가방법을 확립하여, 최종적으로 냉장고 디자인 시 손쉽게 활용할 수 있는 디자인 가이드라인을 만들기 위해 이루어졌다. 이를 위해 본 연구는 3차원동작분석, 근전도(EMG:electromyography)분석, 조작패널의 사용성평가(usability test), 한국인 인체측정 데이터 등을 연구, 평가방법으로 사용하였다.

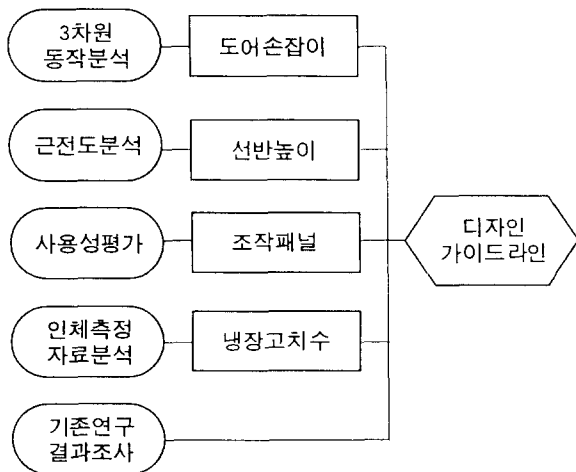
각각의 연구를 통해 얻어진 평가방법과 결과들은 기존의 다른 연구문헌에서 추출된 내용들과 함께 디자인 가이드라인을 만드는데 사용되었다.

## 2 연구방법

냉장고 디자인을 위한 인간공학 가이드라인을 작성하기 위해 본

연구는 우선 냉장고의 인간요소(human factor)들을 추출하였다. 여러 요소 가운데 우선 선반의 높이와 레이아웃, 도어의 손잡이, 조작패널의 사용자인터페이스, 냉장고의 치수 등을 추출하였으며 이러한 분야의 연구를 수행하기 위해 3차원동작분석, 근전도분석, 사용성평가, 인체측정데이터분석등의 방법을 활용하였다.

이렇게 각 부분에서 얻어진 결과와 기존의 연구 결과 등을 종합하여 디자인 가이드라인을 만들었다(그림 1 참조). 각각의 연구방법들을 요약하면 다음과 같다.



(그림 1) 연구의 체계

### 2-1 근전도분석

냉장고를 사용할 때 사용자의 척추 근육에 야기되는 부하를 측정하기 위해 척추근에 전극을 부착한 후 냉장고에 식품을 넣거나 꺼낼 때의 근육활동도를 원경생리신호 측정장치인 MT8TM 을 이용해 측정하였다.

냉장고 선반의 높이는 20cm에서 160cm까지 20cm 간격으로 7 단계로 변화시켰으며, 식품을 넣거나 꺼내는 시간동안 근육에서 발생하는 전기신호의 절대평균치로 각 선반높이의 상대적 부하를 평가하였다.

피실험자로는 20대의 여자 3명 남자 4명이 참여하였다.

### 2-2 3차원동작분석

냉장고를 사용할 때의 전신동작을 측정하기 위해 3차원동작분석 장치의 하나인 Elite™ 시스템을 사용하였다.

남,여 각각 3명의 피실험자의 신체 19개 주요 관절에 형광의 마커(marker)를 부착한 후 네대의 적외선 카메라로 이를 추적하여 사용자의 동작을 분석하였다. 대상작업은 냉장실, 냉동실, 포켓실(pocket room)의 각 선반에 해당 식품을 넣고 꺼내는 작업을 수행하도록 했다(그림 2 참조). 특별히 냉장고 도어를 여닫는 동작을 평가하기 위해서 Fastrack™ 시스템을 사용하였는데 이는 자기위치센서를 이용하여 어깨, 팔꿈치, 손목의 이동과 회전운동을 측정할 수 있도록 한 것이다. 본 실험에는 여자 3명이 피실험자로 참여하였다.



(그림 2) 3차원동작분석실험장면

### 2-3 조작패널의 사용성평가

조작패널의 사용자인터페이스를 평가하기 위해 온도조절, 쾌속냉동, 시계조작 등에 관한 세 가지 작업시나리오를 작성하였다[박세진 1996]. 남,여 각각 8명의 피실험자에게 작업시나리오를 주고 제한 시간 5분 이내에 조작을 완료하도록 했다. 모든 작업수행 과정은 비디오테이프에 기록되었으며, 후에 비디오 분석을 통해 작업의 완수 여부와 조작에러의 내용 등을 파악하였다.

### 2-4 인체측정 자료분석

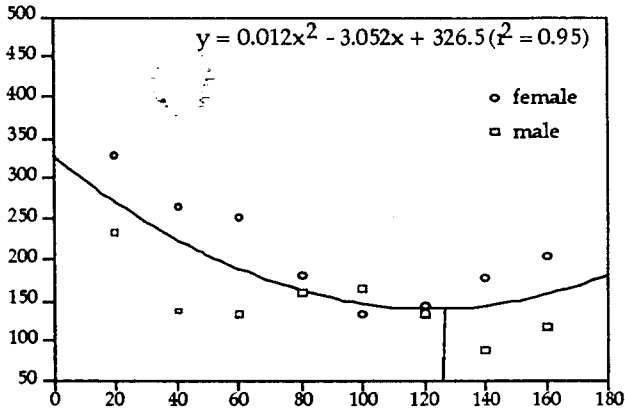
냉장고의 외관적 치수와 각 부분의 위치 등을 결정하는 원칙을 세우기 위해 한국인 인체측정자료를 분석하였으며 이를 이용해 냉장고 각 부분 설계의 최소허용치, 최대허용치, 적정치 등의 기준을 설정하였다. 한국인 성인의 인체측정 데이터베이스인 ADaM™ [김진호 1994]을 이용해 냉장고와 관련이 깊은 신체의 9개부위에 대해, 성인(25~50세) 여자 938명, 남자 950명의 데이터를 추출하여 사용하였다.[김철중 1992].

## 3 인간공학적 평가결과

### 3-1 냉장고 선반높이와 레이아웃 평가

근전도(EMG:electromyography) 측정에 의해 나온 각 선반높이 별 척추근에 걸리는 부하의 평균치를 남,여 별로 그림 3에 나타내었다. 그리고 이 데이터를 이용해 선반 높이에 따른 척추근의 부하 정도를 예측할 수 있는 2차식의 회귀모형을 개발하였다. 이 모형을 이용하면 냉장고 R/F와 F/R 형에 대한 상대적 부하의 객관적 평가가 가능하다. 이 모형을 이용해 F/R 형냉장고(DWR-5130)와 이를 R/F 형으로 바꾸었을 경우를 비교해 표 1에 나타내었다. 사용빈도 데이터는 한국과학기술원의 비디오 분석자료[김명석 1996]를 이용하였으며, 야채실은 최하단에 있는 것으로 하고 냉동실과 냉장실의 위치만 변경하는 것으로 가정하였다. 비교 결과 현행의 F/R 형에서 R/F 형으로 바꿀 경우 약 12.3 % (= (182.4-160.0)/182.4)의 사용자 부하를 경감할 수 있는 것으로 나타났다. 물론 이 결과는 단순히 척추근의 부하만을 기준으로 평가한 것이므로, 실제 레이아웃의 변경

을 시도하려 한다면 가시도(visibility) 등의 또 다른 인간요소와 마 아케팅 요소들이 추가로 고려되어야 할 것이다.



(그림 3) 선반높이별 최추근의 부하

면에 세로로 붙어 있는 냉장고 도어손잡이와 정면에 세로로 붙어 있는 도어 손잡이 2개의 결과만을 비교한 것이다. 측면세로 손잡이는 손끝이 우방향으로 향하게 되어 있어 도어를 잡을 때 팔의 심한 회전과 불편한 자세를 유발시키게 된다. 즉, 최대 120도의 pitch, 80도의 roll과 yaw가 발생하는데 모두 정면세로 손잡이에 비해 그 회전운동이 심하게 나타나는 것을 알 수 있다. 물론 이 정도의 손목 회전운동이 질병이나 이상을 불러일으키지는 않겠지만 노약자 등에게는 불편한 손잡이 임이 분명하다. 따라서 자연스러운 팔의 자세를 유도하는 손잡이로 개선하는 것이 바람직할 것이다.

3-3 조작패널의 사용성평가 결과

조작패널의 사용성평가를 실시한 결과 기기조작에 경험이 많은 남자 피실험자 집단에 비해 여자 피실험자집단의 경우 작업 성공률이 상당히 낮게 나타났다(남자 87.5%, 여자 37.5%). 남자의 경우에도 주어진 5분 이내 작업은 완수하였으나 도중에 시행착오를 많이 겪는 것으로 나타났다. 이는 아무리 단순한 기능만 가진 조작패널이라 하더라도 사용자모델을 고려하지 않은 디자인은 사용자에게 어

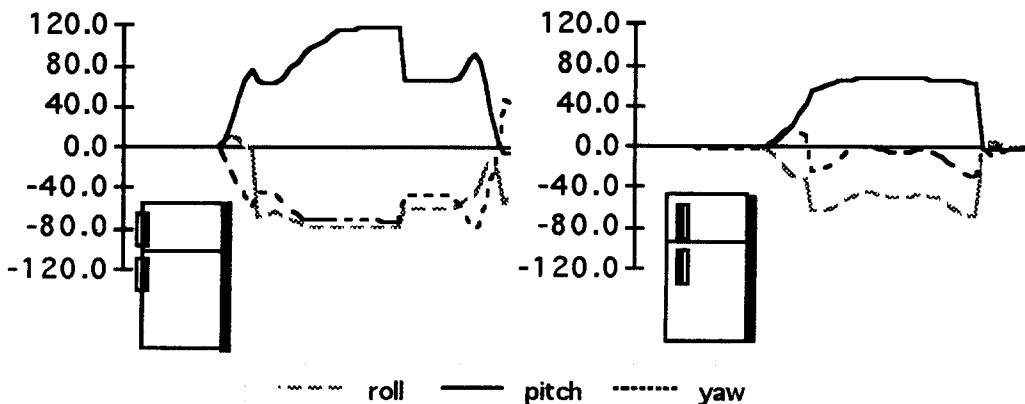
F/R형					R/F형						
구분	높이	빈도	부하	빈×부	구분	높이	빈도	부하	빈×부		
냉동실	1	145	4.3	136.3	5.9	냉장실	1	160	14.0	145.4	20.4
	2	115	10.8	134.2	14.4		2	140	23.7	134.4	31.9
냉장실	1	100	14.0	141.3	19.8		3	120	15.1	133.1	20.1
	2	80	23.7	159.1	37.6		4	100	24.7	141.3	34.9
	3	60	15.1	186.6	28.1	냉동실	1	70	4.3	171.7	7.4
4	40	24.7	223.6	55.3	2		40	10.8	223.6	24.2	
야채실	15	7.5	283.4	21.3	야채실	15	7.5	283.4	21.3		
182.4					160.0						

(표 1) F/R과 R/F형 냉장고 사용시의 최추근의 부하 비교

3-2 냉장고 도어손잡이의 평가

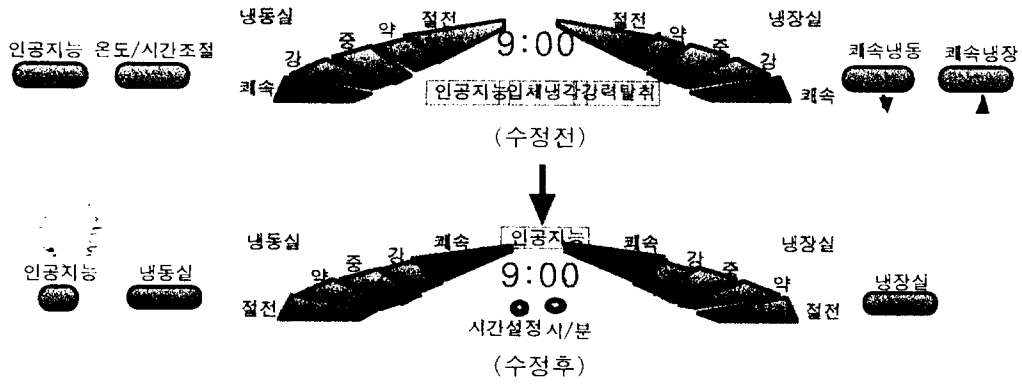
3차원 동작분석방법을 이용하여 서로 다른 모양과 위치의 10개 냉장고 도어 손잡이를 평가하였다. 그림4는 그 가운데 냉장고 측

려울 수 밖에 없다는 것을 보여주고 있다. 실험의 대상이 된 조작패널은 특히 시계조작기능과 온도조절기능이 한 조작 버튼 위에 중첩되어 있어 사용자에게 혼돈을 주는 것으로 나타났다. 그 외에도 인



(그림 4) 도어손잡이에 따른 손목의 회전운동 비교

(그림 5) 냉장고 조작패널의 개선



(그림 5) 냉장고 조작패널의 개선

간공학 원칙에 어긋나는 부분들을 수정하여 그림 5와 같은 개선안을 제시하였다.

3-4 인체측정자료 분석과 냉장고 치수

냉장고 설계와 관련이 되는 한국인 성인 남,여의 인체측정 자료를 ADaM을 이용해 추출하였다(표2, 표3 참조). 냉장고 각 부분의 설계치수와 관련된 인체부위는 9개로 잡았으며 이를 이용해 냉장고 각 부위의 설계기준(최대허용치, 최소허용치, 적정치)을 설정하였다.

설계원칙 설정의 일례로 조작패널의 높이를 결정하는 기준과 치수를 설명하면 다음과 같다.

번호	부위 명칭	평균	표준 편차	백분위수(Percentile)		
				5%	50%	95%
1	머리손끝높이	197.4	7.4	186.0	198.0	209.0
2	키	156.3	5.1	148.0	156.5	164.4
3	눈높이	145.5	4.9	137.4	145.9	153.2
4	어깨높이	127.1	4.3	120.1	127.0	133.8
5	소매길이	50.9	2.9	46.3	50.9	55.6
6	손길이	17.0	0.8	15.8	17.0	18.1
7	손너비	6.5	0.7	7.4	8.5	9.5
8	손두께	2.6	0.3	2.2	2.5	3.0
9	가슴두께	22.0	2.3	18.6	21.8	25.9

(표 2) 한국인 성인여자(25~50세)의 냉장고 관련 인체측정치

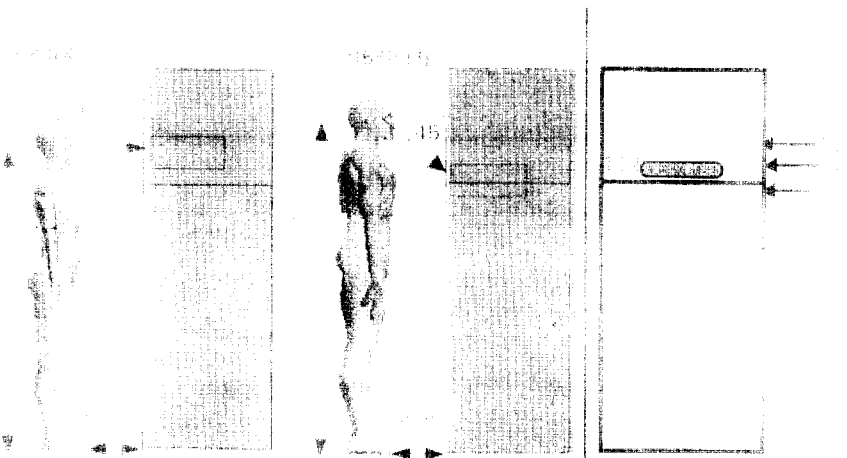
번호	부위 명칭	평균	표준 편차	백분위수(Percentile)		
				5%	50%	95%
1	머리손끝높이	213.6	7.3	202.0	214.0	225.0
2	키	168.4	5.5	159.9	168.4	177.0
3	눈높이	156.8	5.1	148.3	156.8	164.9
4	어깨높이	137.4	4.8	129.2	137.3	145.2
5	소매길이	52.5	2.399	49.0	52.5	56.4
6	손길이	18.1	0.8	16.9	18.1	19.4
7	손너비	9.4	0.8	8.0	9.5	10.7
8	손두께	2.8	0.2	2.5	2.8	3.2
9	가슴두께	21.8	1.9	18.7	21.8	25.1

(표 3) 한국인 성인남자(25~50세)의 냉장고 관련 인체측정치

조작패널은 눈의 높이를 기준으로 하여 위치시켜야 한다.

물론 조작패널에 버튼 등의 조작물이 존재하면 손이 잘 닿는 문체도 고려해야 하나 냉장고 조작패널의 경우 조작빈도가 많지 않기 때문에 눈의 높이만을 기준으로 한다.

Weston 은 평상시 안구는 정면시선으로부터 15° = 하방으로 향하며, 선호되는 각도는 30°, 허용각도는 45°로 제한하였다[Pheasant 1986]. Weston의 기준을 사용하고, 냉장고의 조작패널을 50cm 떨어진 곳에서 보는 것을 가정으로 하면 냉장고 조작패널의 최대허용치,



(그림 6) 조작패널의 높이 결정 기준

최소허용치, 적정치는 다음과 같이 결정할 수 있다.

- 최대허용치 = 눈높이<sub>5%</sub>(여) = 137.4 (cm)
- 최소허용치 = 눈높이<sub>95%</sub>(남) - 50 × tan 45  
= 164.9 - 50 × tan 45 = 114.9 (cm)
- 적정위치 = 눈높이<sub>50%</sub>(여) - 50 × tan 15  
= 145.8 - 50 × tan 15 = 132.4 (cm)

이러한 기준에 의해서 본 연구의 대상이 된 냉장고의 조작패널을 평가한 결과 이는 적정치에 약간 못미치나 적정 범위내에 위치하는 것으로 나타났다(그림 6 참조).

이와 비슷한 방법을 이용해 냉장고의 높이, 깊이, 손잡이의 크기, 냉수공급기 등의 설계 원칙과 치수 등을 결정하였으며 이를 표4에 요약하였다.

냉장고		관련인체 측정치	추천치		
분류	항목		최소치	적정치	최대치
냉장고	냉장고의높이	냉장고의높이	-	170.5±17	186.0
	최상선반높이	최상선반높이	-	-	170.1
	선반깊이	선반깊이	-	47.8±4.8	53.1
손잡이	냉동실손잡이높이	냉동실손잡이높이	-	-	136.0
	냉장실손잡이높이	냉장실손잡이높이	87.9	-	-
	손잡이 너비	손잡이 너비	8.6	-	-
	손잡이 깊이	손잡이 깊이	2.0	-	-
	손잡이 폭	손잡이 폭	1.6	-	-
냉수	냉수공급기높이	냉수공급기높이	72.70	-	89.4
패널	조작패널높이	조작패널높이	114.9	132.4	137.4

(표 4) 인체부위와 냉장고 설계 치수

#### 4. 결론

본 연구는 응용연구로서 인간공학적 평가방법이 제품의 디자인에 어떻게 활용될 수 있는 가 하는 한 예를 보여주었다. 본 연구의 대상은 냉장고이었는데, 실제 가전제품 분야에서는 아직까지 인간공학적 디자인 원칙이나 가이드라인으로 뚜렷한 것이 없는 형편이다. 따라서 본 연구는 그러한 작업의 한 기초로서 의의가 있었다고 생각된다.

본 연구에서 사용된 3차원 동작분석, 근전도분석, 사용성평가, 인체측정자료분석 등의 방법들은 제품평가에 자주 사용되는 방법들로서 본 연구에서도 유용하게 사용되었다. 구체적으로는 이러한 방법들을 이용해 평가 대상이 되었던 냉장고의 레이아웃, 도어손잡이, 조작패널 등의 개선안을 도출하였으며 향후 냉장고 디자인 시 참고할 수 있도록 냉장고 치수에 관한 디자인 가이드라인을 작성하였다.

디자인 작업에 있어 인간요소에 대한 고려는 필수적으로 이루어져야 하고 그러한 추세는 소비자의 요구 증대와 함께 더욱 확대되고 있다. 따라서 앞으로 디자이너와 인간공학자의 긴밀한 협력이 절실히 요구되며, 이러한 형태의 작업이 냉장고뿐만이 아니라 다른 산

업제품에도 확산시켜나갈 필요가 있다.

#### 참고문헌

- Cushman, W.H., and Rosenberg, D.J. (1991), Human factors in product design, Elsevier.
- Panero, J., and Zelnik, M. (1990), Human design & interior space, The Architectural Press.
- Pheasants, S. (1986), Body space, Taylor & Francis.
- Woodson, W.E. (1981), Human factors design handbook, McGraw-Hill.
- 野呂影勇 (1990), 도해 에르고노믹스 (한국판), 한국공업표준협회.
- 김명석 등(1996), 차세대 냉장고 디자인을 위한 기초 연구, 한국과학기술원.

- 김진호 등 (1994), 산업제품 설계 응용을 위한 한국형 인체모형 개발, 한국표준과학연구원.
- 김철중 등 (1992), 국민표준체위 조사보고서, 한국표준과학연구원.
- 박세진, 박재희, 황민철 (1996), 냉장고 디자인개발과 관련된 인간공학적 분석 및 자료산출, 한국표준과학연구원.