

스테인리스 컵의 온도와 무게에 따른 무게감 분석

Analysis of Perceived Weight According to Temperature and Weight of Stainless Steel Cup

류태범¹ · 박재현^{2*}

Taebeum Ryu¹ · Jaehyun Park^{2*}

Abstract

The weight of an object is an important research topic in terms of sense, and objects have size-weight, color-weight, and material-weight illusions due to the influence of size, color, and material and the weight of the object. Although temperature is a very important environmental factor in our daily life, there is a dearth of studies on how the temperature of an object affects its perceived weight. This study analyzed the effect of an object's temperature on the perceived weight. A stainless steel cup, in which weight and temperature are easily adjustable, was selected as a perceived weight measurement object; 5 temperature levels (0, 9, 20, 40, 70 degrees) and 2 weight levels (250, 400 g) were set. A total of 40 healthy men and women in their 20s participated in the experiment. The weight of the given cup compared to the reference cup was evaluated according to the modulus method. The study revealed that both temperature and weight significantly affected the perceived weight. The effect of temperature on the weight was different depending on the weight of the object. When the cup's weight was small (250 g), the temperature of the cup did not affect the weight. However, the perceived weight of a large cup (400 g) increased at a low temperature. This result suggests that the effect of temperature on the weight of an object depends on the size-weight illusion.

Key words: Temperature, Weight, Perceived Weight, Size-weight Illusion

요약

물체의 무게감은 감각 측면에서 중요하게 다뤄진 연구 주제로 물체의 무게뿐만 아니라, 크기, 색상, 재질 등의 영향을 받아 크기-무게, 색상-무게 그리고 재질-무게 왜곡 현상을 갖는 것으로 알려져 있다. 온도는 우리의 일상생활에 매우 중요한 환경적 요소이나, 물체의 온도가 무게감에 어떤 영향을 미치는지에 대해 충분한 연구가 되어 있지 않다. 본 연구는 물체의 온도가 무게감에 미치는 영향을 파악하고자 하였다. 이를 위해 본 연구는 물체의 온도, 무게를 조정하기 용이한 스테인리스 컵을 무게감 측정 물체로 선정하였고, 온도 5 수준(0, 9, 20, 40, 70°C), 무게 2 수준(250, 400g)의 조합으로 10개의 스테인리스 컵을 준비하였다. 무게감 실험에는 건강한 20대 남녀 40명이 참여하였고, modulus 방법에 따라 기준 컵 대비 주어진 컵의 무게감을 평가하였다. 실험 데이터의 분석 결과, 온도, 무게 모두 무게감에 유의한 영향을 주는 것으로 나타났다. 온도가 무게감에 주는 영향은 물체의 무게에 따라 다르게 나타났는데, 적은 컵 무게(250g)로 컵의 무게감이 작은 경우 컵의 온도는 무게감에 영향을 주지 않았다. 반면, 큰 컵 무게(400g)에서 낮은 온도에서 무게감이 커지는 것으로 나타났다. 이의 결과는 온도의 물체 무게감의 영향이 크기-무게 왜곡에 따라 달라짐을 의미한다.

주제어: 온도, 무게, 무게감, 크기-무게 왜곡 현상

* 이 논문은 2016년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2016R1D1A1B01009516).

¹ 류태범: 한밭대학교 산업경영공학과 교수

^{2*} (교신저자) 박재현: 인천대학교 산업경영공학과 교수 / E-mail: jaehpark@inu.ac.kr / TEL: 032-835-8867

1. 서론

힘의 감각 중 물체의 무게감은 주로 실험 심리학 분야에서 오랫동안 연구되고 있다. 물체의 무게를 인식하는 과정은 뇌에서 운동명령을 생성하는 것과 근육과 피부로부터 받아들이는 정보를 통합하며 일어난다(Lee & Han, 2021).

물체의 실제 무게에 대한 정보는 부차적으로 물체에 대한 인식에 영향을 미치기 때문에, 인간이 특정 물체의 무게를 얼마나 무거운 것으로 예측하는지도 중요하다고 할 수 있다. 가령 과자, 음료 같은 상품은 무거울수록 또는 무거워 보일수록 상품성이 높아지며, 표준적인 기능을 제공하는 전자제품의 경우에는 가벼울수록 또는 가벼워 보일수록 상품성이 높아진다. 무게감에 영향을 미치는 요인에 대해 알고자 하는 학문적 요구는 이러한 배경에서 생겨났다.

물체의 무게감은 감각적 차원에서 물체의 무게와 함께 크기에 의해서 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 예를 들어 무게는 같고 크기가 다른 물체 둘이 있을 때 더 작은 크기의 물체를 더 무겁게 지각한다. 물체가 작으면 우리의 뇌는 이것이 가벼울 것으로 예상하여 좀 더 적은 힘으로 들어도 되는 것으로 인식하기 때문이다. 이러한 무게와 크기에 따른 무게감 변화는 크기-무게 왜곡 현상(size-weight illusion, SWI)으로 잘 알려져 있다.

또한 무게감은 물체의 크기뿐만 아니라 재질, 색 등 시각의 영향도 받는다. 같은 무게를 갖지만 재질이 다른 물체들의 경우에도 크기-무게 왜곡과 같은 원리로 우리는 나무를 금속 재질의 물체보다 더 무겁게 인지한다. 같은 무게를 갖으나 색이 다른 물체들의 경우 우리는 밝은색의 물체를 어두운색의 물체보다 더 무겁게 느낀다. 마지막으로, Dijker(2008)은 성별, 나이 등과 같은 사회적 요인도 무게감에 유의미한 영향을 준다고 보고한 바 있다.

시각 정보에 의한 물체 무게감의 왜곡 현상은 시각적 정보에 따른 물체의 기대 무게에 의해 나타난다. 우리는 물체의 크기, 재질, 색 등의 정보를 기반으로 경험에 의해 물체 무게를 추정하여 인체의 운동을 계획한다. 우리의 무게 추정 능력은 들기에 필요한 힘을 시간

소모적 피드백에 의존하지 않고 예측할 수 있게 해준다(Buckingham, 2014). 우리는 부피와 무게 간에 양의 상관 관계가 있음을 알고 있어 크기가 클수록 무거울 것으로 기대한다(Buckingham & Goodale, 2010). 또한, 우리는 강철로 만든 물체가 스티로폼으로 만든 동일한 크기의 물체보다 무거울 것으로 예상한다(Baugh et al., 2012; Buckingham et al., 2011). 물체 정보의 지각에 따른 물체 무게의 기대는 크기-무게 왜곡(size-weight illusion, SWI), 재질-무게 왜곡(material-weight illusion), 그리고 색-무게 왜곡(color-weight illusion) 현상과 관련되어 있다(Buckingham, 2014).

참고로 기대 무게와 실제 무게의 차이를 다른 시각에서 보완 설명하는 이론들도 존재한다. 첫째, 물체를 드는 데에 실제로 필요한 힘은 들어 올리는 과정에서 피드백에 의해 순간적으로 수정되어, 무게감 왜곡이 사라진다는 설명이 있다(Flanagan & Beltzner, 2000). 무게에 대한 기대와 실제 무게가 다를 수 있으나 순간적으로 실제 무게에 대해 적응한다는 것이다. 둘째로, 눈을 감고 물체를 완전히 들어 올리고 난 후, 눈을 뜨고 크기 정보를 확인한 경우에는 무게감 왜곡이 여전히 존재한다(Brayanov & Smith, 2010; Jones & Burgess, 1998). 무게감은 단순히 힘의 감각에만 의존하지 않으며 상당히 복잡한 과정을 거쳐 정해진다는 것이다.

물체 무게감의 왜곡 현상은 크기, 재질, 색 등 시각적 감각에 대해 주로 밝혀졌으나, 온도 등 피부 감각에 대해서는 덜 알려져 있다. 우리의 환경은 온도에 큰 영향을 받고, 우리가 사용하는 물체도 다양한 온도를 갖을 수 있으므로, 온도-무게 왜곡 현상은 기존 연구자들도 관심을 가진 바 있다(Kuhtz-Buschbeck & Hagenkamp, 2020). 하지만 온도-무게 왜곡은 다른 시각적 무게감 왜곡 현상에 비해 아직 체계적인 실험이 미흡한 실정이다.

본 연구는 기존 온도-무게 왜곡 현상에서 무게감이 어떻게 달라지는지 파악하고자 한다. 본 연구에서는 기존에 진행된 것보다 넓은 온도의 범위에서 무게-온도 왜곡 현상을 파악하고자 하였다. 본 연구는 물체의 온도 조절이 비교적 쉬운 스테인리스 컵을 대상으로 하여, 다양한 컵의 무게(두 가지 무게), 온도(다섯 가지 온도)의 조합에 따른 컵의 무게감을 측정하였다.

2. 실험 방법

2.1. 실험 참여자

본 연구의 실험은 공용기관생명윤리위원회의 승인을 받았고(P01-201910-13-001), 20대의 건강한 대학생 43명(남 23, 여 20)이 실험에 자발적으로 참여하였다. 이 중 사전 실험을 통과한 참여자는 총 40명(남 20, 여 20)이며, 당초 실험에 참여한 인원 대비 93%였다. 이들의 키와 몸무게는 순서 척도로 조사되었고, 키의 중위수는 3.5(160 cm 이상 170 cm 미만과 170 cm 이상 180 cm 미만 사이)이고, 몸무게의 중위수는 3(60 kg 이상 70 kg 미만)으로 나타났다(Table 1 참고).

Table 1. Heights and weights of participants

Category	Height (cm)	Freq.	Weight (kg)	Freq.
1	< 150	0	< 50	3
2	150 - 160	7	50 - 60	16
3	160 - 170	13	60 - 70	10
4	170 - 180	16	70 - 80	7
5	> 180	4	> 80	4

Freq. stands for Frequency

2.2. 물의 양 및 온도

본 연구는 물체의 온도, 무게를 쉽게 조절하기 위해 물을 담은 스테인리스 컵을 이용하였다. 스테인리스 컵은 뚜껑을 닫으면 물의 양이 보이지 않고 온도 전달이 잘되는 특징이 있다. 크기는 일반적으로 많이 사용되는 450cc를 사용하였다. 물의 무게를 포함한 스테인리스 컵의 무게는 판매되는 음료의 무게를 고려하여 250g과 400g으로 설정되었다. 그리고 물의 온도는 0, 9, 20, 40, 70℃로 냉장고의 냉장과 냉동 기능 그리고 온도 유지 전기포트 기능으로 쉽게 설정될 수 있도록 선택되었다. 온도 유지를 위해서 각 컵은 냉장고와 냉동고에 비치하였고 실험참여자에게 제시할 때에만 꺼냈다. 실험 대상이 되는 온도의 물을 스테인리스컵에 담았을 때 컵 표면 온도의 비접촉 측정 결과는 각각 -22, 9.5, 18.5, 22, 29.4℃ 였다.

결과적으로 설정된 무게(2 수준), 온도(5 수준)의 수준

Table 2. Experimental conditions (20 treatments)

Cup No.	Weight (g)	Temperature (℃)
1	250	70
2	400	70
3	250	40
4	400	40
5	250	20
6	400	20
7	250	9
8	400	9
9	250	0
10	400	0



Fig. 1. Stainless cups used in the experiment

으로 총 10가지의 실험 조건이 Table 2와 같이 조합되었고, 총 10개의 스테인리스 컵이 준비되었다(Fig. 1 참고).

2.3. 실험 절차

먼저, 실험참여자들의 크기 추정 능력은 Han et al. (1999)에 따라 숫자와 선의 길이를 서로 변환하는 선별 실험으로 확인하였다. 추정 능력이 있는지를 판단하는 기준은, 선의 길이와 숫자를 각각 로그 변환한 후 만들어진 회귀계수가 95%의 신뢰도 하에서 1을 포함하는가이다. 그리고 이 크기 추정 능력 평가에 통과한 실험참여자들이 스테인리스 컵의 무게감 평가를 하도록 하였다.

사전 실험을 통과한 실험 참여자들은 무게-온도 왜곡 현상을 모르는 상태에서 수행할 실험의 내용과 방법 그리고 평가 항목을 담은 평가지를 숙지하였고, 평가기록지의 컵 번호에 따라 뚜껑이 있는 스테인리스 컵의 무게감을 평가하였다. 실험참여자는 자신의 주사용 팔을 어디에도 기대지 않은 자세에서 주사용 손으로 컵을 들어 무게감을 느끼고 평가하는 능동 들기

(active lifting)를 수행하였다(Ellis & Lederman, 1993). Jones(1986)은 이 방법이 무게감 평가 시 민감도를 높인다고 하였다. 무게감 왜곡에 영향을 주는 온도의 정보를 시각적 그리고 촉각적 느끼도록 하기 위해 Ellis & Lenderman(1993)의 연구에서와 같이 컵을 드는데 필요한 손 동작의 제한을 없도록 하였다. 단, 컵을 흔들거나 컵의 뚜껑을 열지는 못하게 하였다.

본 실험에서 컵의 무게감은 modulus 방법에 따라 평가하였다. 즉, 기준이 되는 컵의 무게감을 특정 수치로 설정하고 이 수치를 기준으로 평가되었다. 이 방법은 평가 대상이 되는 자극들이 기준 대상의 자극과 크게 차이가 나지 않는 경우 유용하며(Han et al., 1999), 기존 무게 왜곡 연구들(Ellis & Lenderman, 1993; Dijker, 2008, Kuhtz-Buschbeck & Hagenkamp, 2020)에서 사용된 바 있다.

이는 또 다른 방법인 modified modulus와 free modulus에 비해 분석이 쉽다는 장점이 있다. 참고로 이들은 각 기준치르 피실험자 본인이 부여하거나 기준이 되는 자극 없이 자유롭게 평가하는 방법들이다.

본 실험에서 기준은 무게가 250g이고 온도는 20℃인 컵이었다. 이것의 무게감 크기는 100으로 설정되었고, 실험참여자는 실험에서 2개의 무게, 5개 온도의 조합으로 설정된 컵들의 무게감 정도를 이 기준과 상대적으로 비교하여 평가하였다. 기준 컵은 평가 대상들과 별도로 언제든지 확인할 수 있도록 편한 위치에 위치시켜 평가 전 또는 중간에 자유롭게 이용될 수 있게 하였다.

무게감 크기 평가 문항은 “기준 컵의 무게가 100이라 할 때 주어진 컵의 무게는 어느 정도인지 수치로 나타내주세요”으로, 각 컵에 대해서 이 항목에 응답하도록 요구하였다.

컵들의 제시 순서는 실험순서 효과(carry over effect)를 상쇄시키기 위해 Latin Square 방법에 의해 무작위화되었다. 모든 실험참여자는 10가지의 스테인리스 컵들을 모두 평가하였고, 약 1 시간이 소요되었다. 이들에게는 실험 후에 소정의 참가비가 주어졌다.

2.4. 분석 방법

본 연구는 물체의 무게, 온도가 무게감에 미치는 영향

을 파악하기 위해, 컵의 무게, 온도를 개체 내(Within-subject) 요인으로 설정한 반복 설계 분산분석을 이용하여 실험데이터를 분석하였다. 본 연구에서 modulus 방법에 의해 측정된 무게감은 Han et al.(1999)에 따라 로그변환 없이 분산분석에 사용되었다. 무게, 온도의 주요인이 유의한 영향을 미치는 경우 그 수준 별 차이를 그리고 두 요인 간의 상호작용이 유의한 경우 Keppel & Wickens(2004)에 따라 단순 효과 분석(simple effect test)으로 그 영향을 분석하였다.

3. 결과

3.1. 무게감 영향 인자 분석

스테인리스 컵의 무게 그리고 온도에 따른 컵의 무게감은 Fig. 2와 같이 나타났다. 같은 컵 크기에서 400g인 스테인리스 컵의 무게감이 250g인 컵보다 큰 당연한 결과가 데이터로 확인되었다. 참고로 Fig. 2에서 동일한 알파벳은 사후분석에서 통계적으로 같은 그룹을 표시한 것이다. 앞서 언급한 바와 같이 20℃ 250g 시료의 무게감은 modulus 측정 방법에 따라 100으로 설정되었으며 Fig. 2에서도 이를 확인할 수 있다.

스테인리스 컵의 무게감에 영향을 미치는 요인을 반복설계 분산분석으로 분석한 결과는 Table 3과 같다. 주효과로 본 연구에 포함된 모든 요인은 스테인리스 컵 무게감에 유의한 영향을 주는 것으로 분석되었다.

컵 무게 요인은 $F(1,39) = 107.3, p < 0.0001$ 로 매우

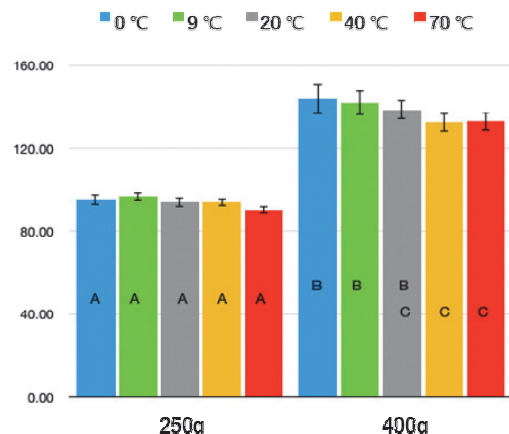


Fig. 2. Perceived weight of stainless cups

Table 3. Effects of weight, temperature on perceived weight

Factor	SS ^a	Df ^b	MS ^c	F	p
Weight	368811.7	1	368811.7	107.322	<0.0001
Temp. ^d	4213.3	4	1053.3	4.886	0.001
Weight × Temp.	1801.3	4	450.3	2.802	0.028

a: Sum of square
 b: Degree of freedom
 c: Mean of square
 d: Temperature

Table 4. Temperature effect on perceived weight in 250g cup

Factor	SS ^a	Df ^b	MS ^c	F	p
Temp. ^d	887.050	4	221.763	1.942	0.106

a: Sum of square
 b: Degree of freedom
 c: Mean of square
 d: Temperature

유의하였고, 컵 온도는 $F(4,156) = 4.9, p = 0.001$ 로 스테인리스 컵의 무게감에 유의한 영향을 주는 것으로 분석되었다. 상호작용의 효과로는 무게와 온도의 상호작용이 $F(4,156) = 2.8, p = 0.028$ 로 무게감에 주는 유의한 영향을 주었다.

3.2. 무게에 따른 온도의 무게감 분석

Fig. 2에서 살펴본 바와 같이, 컵의 온도가 컵 무게감에 주는 영향은 컵의 무게에 따라 다른 것으로 나타났다. 컵의 무게와 온도 상호작용 또한 통계적으로 유의하였다. 이에 따라 컵의 무게를 고정하고 온도의 효과를 분석하는 단순 효과 분석(simple effect test)을 적용하였으며, 온도의 영향이 유의한 경우 LSD를 이용한 사후 분석을 수행하였다.

3.2.1. 250g 컵에서 온도 영향

컵의 무게가 가벼운 조건에서, 온도의 영향은 Table 4와 같이 유의하지 않았다. 무게감이 크지 않은 경우 온도의 영향은 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다.

3.2.2. 400g 컵에서 온도 영향

컵의 무게는 큰 조건에서, 물 온도의 영향은 Table 5와 같이 통계적으로 유의하였다. 무게감이 큰 경우 온도의 영향은 통계적으로 유의하였다. Fig. 2에서 표시

Table 5. Temperature effect on perceived weight in 400g cup

Factor	SS ^a	Df ^b	MS ^c	F	p
Temp. ^d	4046.750	4	1011.688	3.202	0.015

a: Sum of square
 b: Degree of freedom
 c: Mean of square
 d: Temperature

Table 6. Post-hoc analysis on temperature

(I) Temp.	(J) Temp.	Mean Dif. (I-J)	Std. Error	Sig.
0	9	2.100	3.178	.513
	20	5.325	4.584	.252
	40	11.175*	4.275	.013
	70	10.775*	5.699	.049
9	0	-2.100	3.178	.513
	20	3.225	2.981	.286
	40	9.075*	3.368	.010
	70	8.675*	4.249	.048
20	0	-5.325	4.584	.252
	9	-3.225	2.981	.286
	40	5.850	3.270	.081
	70	5.450	3.357	.113
40	0	-11.175*	4.275	.013
	9	-9.075*	3.368	.010
	20	-5.850	3.270	.081
	70	-.400	3.985	.921
70	1	-10.775*	5.699	.049
	9	-8.675*	4.249	.048
	20	-5.450	3.357	.113
	40	.400	3.985	.921

Temp. stands for Temperature
 Dif. stands for Difference
 Sig. stands for Significance
 * means that the p-value is less than 0.05

한 바와 같이 온도에 대한 사후 분석 결과, 온도가 낮을 수록 무게감이 커지는 경향이 있었고, 0°C의 무게감은 40, 70°C의 무게감보다 통계적으로 유의하게 높았으며, 9°C의 무게감은 40, 70°C 무게감보다 통계적으로 유의하게 높았다(Table 6 참고).

4. 토의

본 연구는 무게와 온도에 따른 물체 무게감의 영향을 평가하였다는 데에 의의가 있다. 본 연구의 가벼운 무게

(250g) 조건에서 온도는 무게감에 영향을 주지 않는 것으로 분석되었다. 이는 기존 연구인 **Kuhtz-Buschbeck & Hagenkamp(2020)**의 결과와 일치한다. 본 연구의 가벼운 무게(250g) 조건에서는 온도에 따라 무게감이 통계적으로 다르지 않았다. 이는 온도의 무게감에 대한 영향은 무게가 적은 경우 나타나지 않는다는 것으로, 온도가 영향을 미치는 무게의 한계 구간이 있을 수 있음을 의미한다. 단, **Kuhtz-Buschbeck & Hagenkamp(2020)** 연구에서 작은 컵이 350g으로 본 연구의 큰 컵(400g)과 유사한 경향이 있다. 이에 따라 350g보다 크고 400g보다 적은 어떤 무게 조건에서 무게감이 온도의 영향을 받는 임계점이 형성될 가능성이 있다.

무게가 400g인 조건에서 낮은 온도가 무게감에 주는 영향은 **Kuhtz-Buschbeck & Hagenkamp(2020)**의 연구와 비슷하게 나타났다. 이 기존 연구에서 낮은(18°C) 온도의 무게감은 32°C(기존연구의 상온)보다 유의하게 컸는데, 본 연구의 낮은 온도(0 & 9°C)의 무게감은 20°C(본 연구의 상온)보다 컸으나 유의하지 않았고, 높은 온도(40 & 70°C)보다는 유의하게 컸다. 따라서 본 연구의 무거운 조건에서 낮은 온도들의 무게감이 다른 온도보다 크다는 분석 결과는 낮은 온도는 무게감을 증가시킨다는 일부 기존 연구의 결과를 재현하고 있다. 다만, 기존 연구에서 높은 온도(41°C)의 무게감이 상온(32°C)보다 높은 결과는 본 연구에서 나타나지 않았다.

이러한 현상은 **Kuhtz-Buschbeck & Hagenkamp(2020)**에서 설명한 바와 같이 온도 변화에 의한 피부 감각의 무게 적응 감소로 설명될 수 있다. 이 연구에서 낮은 온도와 높은 온도의 무게감은 상온보다 높았는데, 이에 대해 고찰하기를 상온과 다른 온도는 피부 감각의 무게에 대한 적응을 느리게 하여, 물체의 무게가 기대 무게보다 크면, 해당 무게에 적응이 느려 더 무겁게 느껴진다고 하였다. 예를 들어, 이 연구에서 700g인 물체의 무게는 크기에서 기대되는 무게보다 큰데, 18°C 온도에서 물체의 무게감이 32°C(상온)에서 보다 큰 이유는 낮은 온도가 무게 차이에 대한 적응을 느리게 하여 상온에서 보다 더 무겁게 느껴진다는 것이다.

물론 다른 각도에서의 설명도 가능하다. 상온을 포함한 높은 온도에서는 무게 차이에 대한 적응 속도가 빨라 저온 대비 가볍게 느껴진다는 것이다. 단, **Kuhtz-**

Buschbeck & Hagenkamp(2020) 연구에서는 고온의 경우 상온과 대비하여 더 무겁게 느껴졌으며, 본 연구와 차이가 있다. 이를 제대로 규명하기 위해서는 추가 연구가 필요할 것으로 보인다. 또한, 기존 연구에서의 무거운 컵과 본 연구에서의 무거운 컵의 무게가 일치하지 않기 때문에, 정확한 무게 조건에서의 무게감 영향을 파악하기 위해서 별도의 추가 연구가 필요한 것으로 보인다.

온도가 예상하지 못한 정보를 유지시킨다는 설명은 예상하지 못한 무거움이 나타나는 조건도 설명할 수 있다. 즉, 400g의 컵에서의 무게감은 예상치 못한 무거움으로, 낮은 온도에서 이의 예상하지 못한 정보가 온도로 인해 유지되어 이 정보가 더욱 확대되어 낮은 온도에서의 무게감이 더욱 높아진 것이다. 이 설명은 가벼운 무게로 온도에 무게감에 대한 영향이 뚜렷하지 않았지만, 예상치 못한 무거움이 나타나는 250g의 컵에도 적용된다. 요약하자면, 온도는 무게감이 시각에 의한 기존 기대와 반대인 현상을 증폭시키는 역할을 한다.

물론, 본 연구의 온도가 무게감에 미치는 영향에 대한 가설은 추후 연구들로 철저히 검증되어야 한다. 본 연구는 적은 실험참여자의 수, 기존 연구와 다른 무게 및 온도 조건, 주관적 무게감의 측정, 무게감 측정의 반복수 제한, 무게감 전용 물체의 미사용 등 여러 한계를 갖는다. 그리고 이러한 한계로 인해 가설을 뒷받침하는 연구 결과도 가설의 가능성을 보일 뿐 통계적으로 뚜렷하게 나타나지 않았다. 따라서 본 연구의 온도가 무게감에 주는 영향에 대한 가설은 이러한 한계들을 보완한 추후 연구로 충분히 검증될 필요가 있다.

5. 결론

본 연구는 물체 무게감에 대한 온도의 영향을 파악하고자 하였고, 이를 위해 5수준의 온도, 그리고 2수준 무게의 모든 조합을 갖는 스테인리스 컵에 대한 무게감을 조사하였다. 본 연구에서 온도는 무게감에 유의한 영향을 주었으나, 이의 영향은 물체의 무게에 따라 다르게 나타났다. 먼저, 물체 무게감에 대한 온도의 영향

은 Kuhtz-Buschbeck & Hagenkamp(2020)의 연구에서와 같이 물체의 무게가 큰 경우 유의하게 나타나서 물체의 무게가 온도의 무게감에 대한 영향을 심화시켰다. 또한, 크기-무게 왜곡 현상으로 기대 보다 무게가 무거운 조건에서 기존 연구와 같이 낮은 온도의 물체 무게감은 상온보다 크게 나타났다. 반면, 크기-무게 왜곡 현상으로 기대 보다 무게가 가벼운 조건에서는 기존 연구와 달리 상온의 물체 무게감이 다른 온도보다 크게 나타났다. 이의 상반된 현상을 설명하기 위해 본 연구는 무게감에서 온도가 예상하지 못한 정보를 유지하여 이를 더욱 확대시키는 역할을 하다는 가설을 제시하였다. 크기-무게 왜곡으로 예상치 못한 가벼움은 상온과 다른 온도에서 상온보다 오래 유지되므로 이것이 더욱 확대되어 상온에서의 무게감 보다 작아진 것이다. 반면, 예상치 못한 무거움도 낮은 온도에서 상온보다 오래 유지되어 이 정보가 더욱 확대되어 상온에서의 무게감 보다 높아졌다.

본 연구의 결과는 물체의 온도가 물체의 무게감에 미치는 영향을 보다 포괄적으로 이해하는데 기여할 수 있을 것이다. 무게의 많고 적음이 상품성에 영향을 미치는 상품의 경우, 온도에 의한 영향이 있을 수 있으므로 진열 온도를 결정하는 데에 도움이 될 수 있다. 또한 제조업이 아니더라도, 근육 운동을 할 때 최선의 결과를 낼 수 있는 온도 조건을 제안하는 등 다양한 효과를 기대할 수 있을 것이다.

REFERENCES

- Brayanov, J. B., & Smith, M. A. (2010). Bayesian and “anti-Bayesian” biases in sensory integration for action and perception in the size-weight illusion. *Journal of Neurophysiology*, *103*(3), 1518-1531. DOI: 10.1152/jn.00814.2009
- Baugh, L. A., Kao, M., Johansson, R. S., & Flanagan, J. R. (2012). Material evidence: Interaction of well-learned priors and sensorimotor memory when lifting objects. *Journal of Neurophysiology*, *108*(5), 1262-1269. DOI: 10.1152/jn.00263.2012
- Buckingham G. (2014). Getting a grip on heaviness perception: A review of weight illusions and their probable causes. *Experimental Brain Research*, *232*(6), 1623-1629. DOI: 10.1007/s00221-014-3926-9
- Buckingham, G., & Goodale, M. A. (2010). Lifting without Seeing: The role of vision in perceiving and acting upon the size weight illusion. *Plos One*, *5*(3), e9709. DOI: 10.1371/journal.pone.0009709
- Buckingham, G., Ranger, N. S., & Goodale, M. A. (2011). The material-weight illusion induced by expectations alone. *Attention, Perception, & Psychophysics*, *73*, 36-41. DOI: 10.3758/s13414-010-0007-4
- Dijker, A. J. M. (2008). Why Barbie feels heavier than Ken: The influence of size-based expectancies and social cues on the illusory perception of weight. *Cognition*, *106*(3), 1109-1125. DOI: 10.1016/j.cognition.2007.05.009
- Ellis, R. R., & Lederman, S. J. (1993). The role of haptic versus visual volume cues in the size-weight illusion. *Perception & Psychophysics*, *53*(3), 315-324. DOI: 10.3758/bf03205186
- Flanagan, J., & Beltzner, M. (2000). Independence of perceptual and sensorimotor predictions in the size-weight illusion. *Nature Neuroscience*, *3*, 737-741. DOI: 10.1038/76701
- Jones, L. A. (1986) Perception of force and weight: Theory and research. *Psychological Bulletin*, *100*(1), 29-42. DOI: 10.1037/0033-2909.100.1.29
- Han, S. H., Song, M., & Kwahk, J. (1999). A systematic method for analyzing magnitude estimation data. *International Journal of Industrial Ergonomics*, *23*(5-6), 513-524. DOI: 10.1016/S0169-8141(98)00017-1
- Jones, L., & Burgess, P. R. (1998). Neural gain changes subserving perceptual acuity. *Somatosensory & Motor Research*, *15*(3), 190-199. DOI: 10.1080/08990229870754
- Keppel, G., & Wickens, T. D. (2004). *Design and Analysis: A Researcher's Handbook* (4th ed.). Pearson Prentice Hall: New Jersey, 249-251.
- Kuhtz-Buschbeck, J. P., & Hagenkamp, J. (2020). Cold and heavy: Grasping the temperature-weight illusion. *Experimental Brain Research*, *238*(5), 1107-1117. DOI: 10.1007/s00221-020-05794-y

Lee, Y. J., & Han, K. (2021). Effect of multimodal cues on tactile mental imagery and attitude-purchase intention towards the product. *Korean Society for Emotion and Sensibility*, 24(3), 41-60. DOI: 10.14695/KJSOS. 2021.24.3.41

원고접수: 2022.02.08

수정접수: 2022.03.16

게재확정: 2022.03.16