

## 소방용 공기호흡기 중량 변화에 따른 신체 인지성 연구

## A Study on Body Cognition According to the Weight Change of Firefighting Self Contained Breathing Apparatus

이해원<sup>1</sup> · 박성면<sup>2</sup> · 최동호<sup>3\*</sup>Hae Won Lee<sup>1</sup>, Sung Myun Park<sup>2</sup>, Dong Ho Choi<sup>3\*</sup><sup>1</sup>Graduate Student, Department of Disaster Prevention and Safety Engineering, Hanyang University Graduate School of Engineering, Seoul, Republic of Korea<sup>2</sup>Chairman, Korea Disaster Safety Management Association, Seoul, Republic of Korea<sup>3</sup>Professor, Department of Civil and Environmental Engineering, Hanyang University, Seoul, Republic of Korea

\*Corresponding author: Dong Ho Choi, samga@hanyang.ac.kr

## ABSTRACT

**Purpose:** This study aims to assess the physical cognition according to changes in the weight of firefighting Self Contained Breathing Apparatus (SCBA), and to provide foundational data for establishing standards for firefighting SCBA based on these results. **Method:** The study investigated and analyzed changes in physical changes, Rating of Perceived Exertion (RPE), and cognitive factors among firefighters and non-firefighters wearing three different types of SCBA with varying weights, following appropriate exercise loads. **Result:** In the case of the firefighter group, wearing SCBA with varying weights during exercise did not show significant differences in respiratory rate, heart rate, and blood pressure. Similarly, in the non-firefighter group, differences in weight change were not significant. Additionally, both groups did not demonstrate differences in RPE based on SCBA weight changes, and participants did not cognize changes in SCBA weight during the experiment. **Conclusion:** Due to the low level of physical cognition based on changes in SCBA weight, it is inferred that even if the current firefighting SCBA weight is additionally increased to 4kg, firefighters' cognitive fatigue levels would remain similar to or not significantly higher than current levels

**Keywords:** SCBA, Cognition, Physical Changes, RPE, Weight Change

## 요약

**연구목적:** 본 연구는 소방용 공기호흡기(SCBA) 중량 변화에 따른 신체 인지성 여부를 파악하고, 해당 결과를 바탕으로 소방용 공기호흡기 기준 수립 시 기초자료를 제공하고자 한다. **연구방법:** 소방공무원 및 비소방공무원을 대상으로 중량이 다른 세 가지의 공기호흡기를 착용한 후 적절한 운동부하를 통해 신체 변화량, 운동자각도(RPE) 및 인지성 여부를 파악 및 분석하였다. **연구결과:** 소방공무원 그룹의 경우 중량이 각기 다른 공기호흡기를 착용 후 운동부하 시 호흡수, 심박수 및 혈압의 차이가 유의미하지 못했으며, 비소방공무원 그룹에서도 체중 변화량의 차이가 유의미하지 못했다. 또한, 두 그룹 모두 공기호흡기 중량 변화에 따른 운동자각도 차이를 나타내지 못했으며, 피험자 모두 실험 중 공기호흡기 중량 변화를 인지하지 못했다. **결론:** 공기호흡기 중량 변화에 따른 신체 인지성은 낮은 수준이므로, 현재 사용 중인 소방용 공기호흡기의 중량을 4kg까지 증대 시켜 사용하더라도 소방공무원이 느끼는 피로도는 현재와 비슷한 수준이거나 높지 않을 것으로 사료된다.

**핵심용어:** 소방용 공기호흡기, 인지성, 신체 변화량, 운동자각도, 체중 변화량

Received | 12 July, 2024

Revised | 4 September, 2024

Accepted | 10 September, 2024

OPEN ACCESS



This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

© Society of Disaster Information All rights reserved.

## 서론

최근 발생하고 있는 대형 화재 사고의 특징을 보면 화재진압 활동에 참여하는 소방공무원의 사망사고 및 부상 건수가 지속적으로 발생하고 있는 것을 볼 수 있다. 특히, 지난 5년간 24명의 소방공무원이 화재진압 및 구조 활동 중에 순직하였으며 (NFA, 2023) 이러한 소방공무원의 사망사고에는 다양한 원인과 복합적인 요인들이 존재한다. 최근 건축 기술의 발달로 현대 건축물들은 점점 고층화되고 내부의 복잡도는 더욱 높아지고 있지만 현재 소방공무원들이 사용하고 있는 공기호흡기의 사용 시간은 현대 건축물에서 사용하기에 부족한 실정이며, 화재진압 및 구조 중심의 전술에 집중되어 있기에 소방공무원의 안전 및 탈출 인식에 대한 부족한 부분이 존재한다.

특히, 화재 현장에서 소방공무원들이 사용하는 45분용 공기호흡기의 경우 실제 소방 활동 시 사용 가능 시간은 45분 미만이며, Jeon et al.(2019)의 연구에서도 소방 활동 시 신체 작업의 강도가 높을수록 에너지 소모량이 증가하며 그에 따라 공기 소비량도 증가하므로 공기호흡기의 사용 시간이 줄어든다고 보고하고 있다. 또한, Kim(2022)의 연구에서도 유사시 비상호흡법을 사용하여 공기호흡기의 사용 시간을 증가시켜 사용할 수 있다고 보고하듯이 소방 활동 시 소방용 공기호흡기의 사용 시간 부족과 그로 인한 소방공무원들의 탈출 안전의 문제점은 지속적으로 제기되고 있다. 하지만 소방용 공기호흡기의 용량의 증가는 소방공무원이 부담해야 할 신체적 부담으로 이어질 수 있으며, Bang(2012a)의 연구에서도 소방용 방화복 및 공기호흡기를 착용하고 운동부하를 한 경우가 빈바지를 착용한 경우보다 평균 피부온도, 심박수, 호흡수 및 대사당량 모두 높게 나타났다고 보고하고 있다. 하지만 소방 활동 시 공기호흡기 이외에 다양한 개인안전장비를 착용하는 소방공무원이 공기호흡기의 중량 변화를 인지할 수 있는지에 대한 객관적인 연구는 전무한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 개인안전장비를 모두 착용한 상태에서 운동부하 실험 시 공기호흡기 중량 변화에 따른 신체 인지성 여부를 파악하고, 그 결과를 바탕으로 소방용 공기호흡기 기준 수립에 기초자료를 제공하고자 한다.

## 연구내용 및 방법

### 연구대상

본 연구의 대상은 근골격계질환이 없는 소방공무원 그룹과 충남 소재 N대학교의 스포츠를 전공하고 있는 대학생(=비소방공무원) 그룹으로 나누어 실험을 진행하였다. 실험 전 본 연구의 측정 방법 및 절차에 관한 주의사항을 모두 설명하였으며, 객관적인 실험 결과를 위해 두 그룹 모두 이중 블라인드 상태로 실험을 실시하였다. 먼저, 본 실험의 목적과 상이한 소방용 개인안전장비 착용감 실험으로 설명한 후 실험을 진행하였다. 둘째, 두 그룹 모두 실험 중 공기호흡기의 중량 변화는 없다고 피험자들에게 설명하였으며, 본 실험에 참여한 피험자의 특성은 Table 1과 Table 2와 같다.

**Table 1.** Firefighter characteristics

구분	나이(Age)	키(cm)	체중(kg)	성별
피험자 A	33	176	96	남
피험자 B	32	172	104	남
피험자 C	50	170	73	남
피험자 D	36	185	85	남
피험자 E	36	170	73	남
평균	37.4	174.6	86.2	

**Table 2.** Non-firefighter characteristics

구분	나이(Age)	키(cm)	체중(kg)	성별
피험자 1	23	166	58.8	남
피험자 2	26	174	69.4	남
피험자 3	24	175	103.5	남
피험자 4	21	173	81.1	남
피험자 5	24	170	83.7	남
피험자 6	20	171	61.5	남
피험자 7	21	175	54.34	남
피험자 8	21	177	78.2	남
피험자 9	21	181	79.6	남
피험자 10	20	178	100.8	남
평균	22.1	174	77.09	

**실험방법**

**공통사항**

Table 3과 같이 실제 소방 활동 시 소방공무원이 착용하는 국내 A사의 개인안전장비와 동일한 제품을 착용하였으며, Table 4와 같은 구성으로 장비를 착용 후 실험을 실시하였다.

**Table 3.** Equipment used in the experiment

구분	사용 장비	중량(kg)
①	45분용 SCBA	11.12
②	60분용 SCBA	13.12
③	60분용 SCBA + 2kg 덤벨	15.12
④	방화복	3.94
⑤	헬멧	1.34
⑥	장화	2.52
⑦	장갑	0.34

**Table 4.** Composition of equipment

구분	실험 시 개인안전장비 착용 구성	중량(kg)
구성 1	① + [ ④ + ⑤ + ⑥ + ⑦ ]	19.26
구성 2	② + [ ④ + ⑤ + ⑥ + ⑦ ]	21.26
구성 3	③ + [ ④ + ⑤ + ⑥ + ⑦ ]	23.26

**소방공무원 그룹 및 비소방공무원 그룹 운동부하 실험**

소방공무원 그룹의 경우, 실제 소방 활동과 유사한 조건의 운동부하 실험을 진행하기 위해 부산 소재 안전센터에서 지상부터 3층까지의 계단을 오르고 내려가는 활동을 2회 왕복 실시하였다. 또한, 공기호흡기 중량별 신체 변화량 및 인지성 여부를 측정하기 위해 Fig. 1과 같이 Table 4의 세 가지의 장비 구성으로 3차례 반복하여 실험을 진행하였다.

운동부하 전·후 신체 변화량을 측정하기 위해 실험 5분 전 건물 내 대기장소에서 호흡수, 심박수 및 혈압을 측정한 후 실험을 진행하였으며, 운동부하 직후에도 동일하게 호흡수, 심박수 및 혈압을 측정하였다.

운동자각도는 운동부하 완료 후 종합적 운동자각도 측정을 통해 공기호흡기의 중량 변화에 따른 운동 부하 시 신체가 느끼

는 운동강도의 차이를 측정 및 분석하였다. 운동자각도는 운동 또는 신체활동 시 어느 정도의 힘이 드는지에 대한 강도의 인지 측정 도구이며, 일반적으로 운동 또는 신체활동 중 심박수를 측정하기 어려운 상황에서 운동 강도를 측정할 수 있는 주관적 방법으로 Borg의 15단계 척도 운동자각도가 많이 사용되어 진다고 보고하고 있다(Lee et al., 2016). 특히, 미국스포츠의학회에서는 운동처방에서 운동 강도를 관찰하고, 평가하는 방법으로 운동자각도의 기준을 제시하고 있으므로 본 실험에서도 Borg의 15단계 척도 운동자각도를 활용하였다(ACSM, 2014).

비소방공무원 그룹의 경우, Bang(2012b)의 실험조건을 참고하여 실험 30분 전 모든 피험자들은 200 ml의 물을 섭취하게 하여 수분 상태를 최대한 표준화하고자 하였으며, 실험 전 운동부하 대기 장소에서 상의 및 양말을 탈의한 상태로 체중 측정 및 장비 착용 후 실험을 진행하였다. 또한, 실험실의 환경 조건을 통일시키기 위해 온풍기를 사용하여 내부 온도 26°C, 습도 37%의 상태를 유지한 상태에서 실험을 진행하였다.

본 실험의 운동부하 강도는 실제 구조물 화재 진압 시 산소 소비량이  $25.6\text{ml}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ 인 것을 참고하여(Sothmann et al., 1992) 트레드밀 속도 6.1km/h, 경사도 2%의 조건으로 15분간 운동부하 후 60분간 휴식을 취하였으며, 소방공무원 그룹과 동일하게 Fig. 2와 같이 Table 4의 장비 구성으로 3차례 반복하여 실험을 진행하였다.

운동자각도는 소방공무원 그룹과 동일하게 Borg의 15단계 척도 운동자각도를 사용하였으며, 운동부하 시 3분 단위 운동자각도 측정 및 운동부하 완료 후 종합적 운동자각도 측정을 통해 실제 운동 부하 시 공기호흡기의 중량 변화에 따라 신체가 느끼는 운동강도의 차이를 측정 및 분석하였다.

마지막으로 두 그룹 모두 실험 종료 후 운동부하 시 공기호흡기 중량 변화에 따른 인지성 여부를 조사하였다.



<Composition 1> <Composition 2> <Composition 3>

Fig. 1. Photos of composition case 1,2 and 3 for firefighter



<Composition 1> <Composition 2> <Composition 3>

Fig. 2. Photos of composition case 1,2 and 3 for non-firefighter

## 실험 결과 분석

### 소방공무원 그룹 실험 결과 분석

#### 호흡수 변화량

Table 4와 같이 장비 착용 후 계단 오르고 내려가기 운동부하 전·후 1분간 호흡수(respiration rate)를 측정한 결과 Table 5와 Fig. 3과 같이 운동부하 직후 측정된 평균 호흡수의 최대와 최소값의 차이는 2회로써 유의미한 차이를 나타내지 못했으며, 공기호흡기 중량에 비례하여 호흡수가 증가하지 않았다.

**Table 5.** Changes in respiration rate depending on the equipment compositions (unit : ea)

피험자	구성 1		구성 2		구성 3	
	전	후	전	후	전	후
피험자 A	13	28	16	28	15	29
피험자 B	12	30	14	31	13	30
피험자 C	14	28	15	25	14	24
피험자 D	15	29	15	30	16	28
피험자 E	18	28	20	33	19	26
평균	14.4	28.6	16	29.4	15.4	27.4

**심박수 변화량**

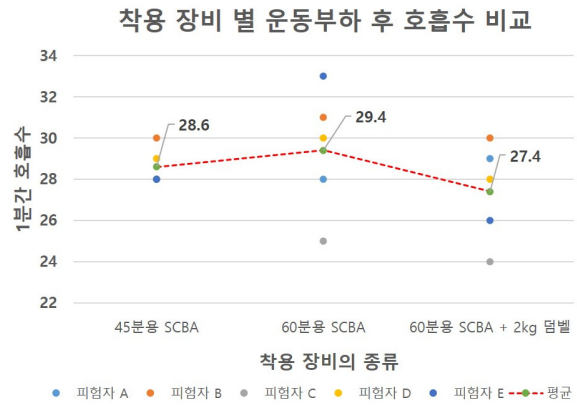
Table 4와 같이 장비 착용 후 계단 오르고 내려가기 운동부하 전·후 1분간 심박수(heart rate)를 측정된 결과 Table 6과 Fig. 4와 같이 운동부하 직후 측정된 평균 심박수의 최대와 최소값의 차이가 0.6bpm으로써 유의미한 차이를 나타내지 못했으며, 공기호흡기 중량에 비례하여 심박수가 증가하지 않았다.

**Table 6.** Changes in heart rate depending on the equipment compositions (unit : bpm)

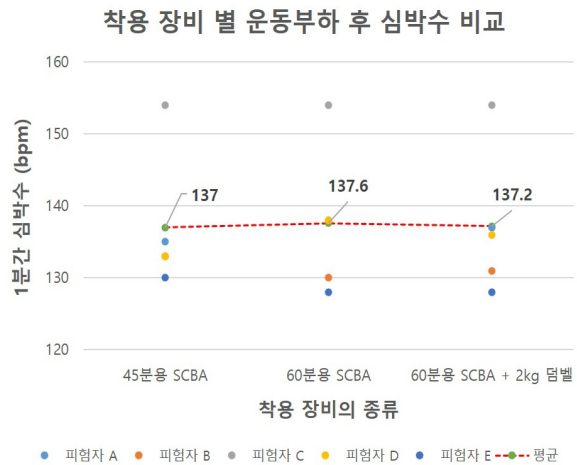
피험자	구성 1		구성 2		구성 3	
	전	후	전	후	전	후
피험자 A	61	135	70	138	71	137
피험자 B	70	133	72	130	70	131
피험자 C	75	154	74	154	75	154
피험자 D	65	133	66	138	64	136
피험자 E	72	130	80	128	81	128
평균	68.6	137	72.4	137.6	72.2	137.2

**혈압 변화량**

Table 4와 같이 장비 착용 후 계단 오르고 내려가기 운동부하 전·후 1분간 혈압(blood pressure rate)을 측정된 결과 Table 7과 Fig. 5와 같이 운동부하 직후 측정된 평균 최대 혈압의 최대와 최소값의 차이가 2.2 mmHg로써 유의미한 차이를 나타내지 못했으며, 공기호흡기 중량에 비례하여 혈압이 증가하지 않았다.



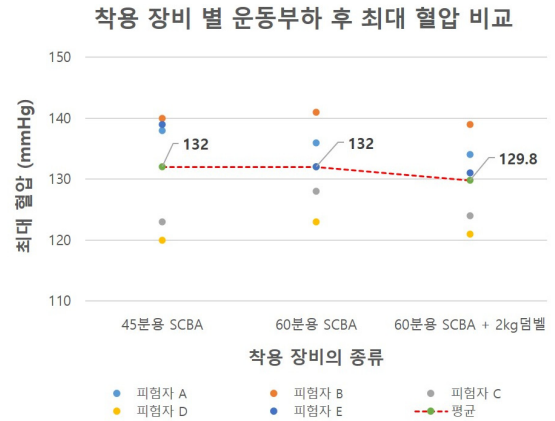
**Fig. 3.** Comparison of changes in respiration rate



**Fig. 4.** Comparison of changes in heart rate

**Table 7.** Changes in blood pressure rate depending on the equipment compositions (unit : bpm)

피험자	구성 1		구성 2		구성 3	
	전	후	전	후	전	후
피험자 A	123	138	122	136	122	134
피험자 B	130	140	130	141	131	139
피험자 C	116	123	115	128	115	124
피험자 D	110	120	109	123	112	121
피험자 E	121	139	122	132	119	131
평균	120	132	119.6	132	119.8	129.8



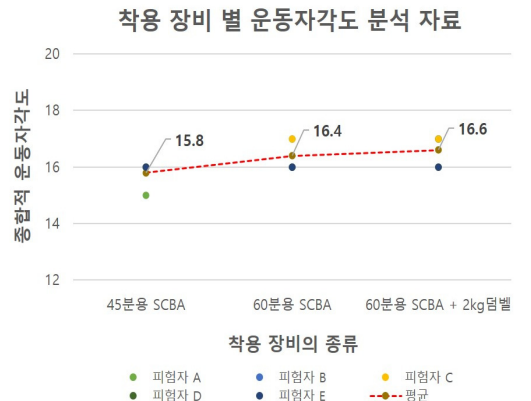
**Fig. 5.** Comparison of changes in blood pressure rate

**착용 장비별 운동자각도**

Table 4와 같이 장비 착용 후 계단 오르고 내려가기 운동부하 후 평균 운동자각도(RPE)는 Table 8과 Fig. 6과 같이 공기호흡기 중량 변화에 비례하여 증가하나, Borg 15단계 척도 운동자각도에서 15와 16의 수치는 동일한 ‘Hard’ 수준의 운동강도이므로 공기호흡기 중량 변화에 따른 운동자각도는 비슷하거나 그 차이가 유의미하지 못한 결과를 나타내었다.

**Table 8.** Firefighting group comprehensive RPE by equipment compositions

구분	구성 1	구성 2	구성 3
피험자A	15	17	17
피험자B	16	16	17
피험자C	16	17	17
피험자D	16	16	16
피험자E	16	16	16
평균	15.8	16.4	16.6



**Fig. 6.** Comparison of comprehensive RPE

**운동부하 실험 후 인지성 여부 분석**

계단 오르고 내려가기 운동부하 실험에 참여한 5명의 소방공무원을 대상으로 모든 실험이 종료된 후 실험 중 공기호흡기 중량 변화에 따른 인지성 여부에 대한 조사를 실시하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

첫째, 피험자 5명 중 2명은 공기호흡기 중량 변화에 대해 인지하지 못했다. 둘째, 피험자 5명 중 3명은 공기호흡기 중량 변화를 인지하였으나 해당 인원들의 경우 본 연구의 실험 진행에 따른 영향으로 인해 어떠한 변화가 있을 것 같은 심리적 요소가 반영되었다고 볼 수 있으며, 피험자의 답변 정확도 또한 신뢰할 수 없는 수준이었기에 피험자 모두 공기호흡기 중량 변화에 대해 인지하지 못했다는 결과를 나타냈었다.

### 비소방공무원 그룹 실험 결과 분석

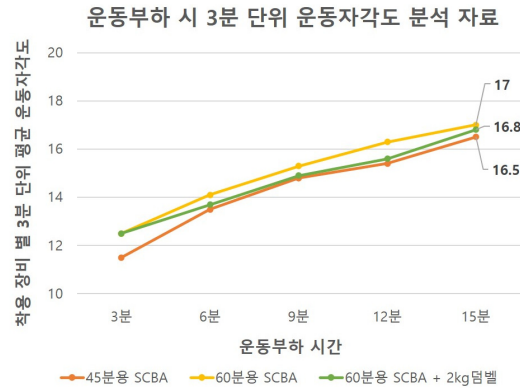
#### 운동부하 실험 시 착용 장비에 따른 평균 운동자각도 및 종합적 운동자각도 분석

Table 4와 같이 총 세 가지의 착용 장비별(equipment compositions) 운동부하 실험 시 3분 단위로 측정된 운동자각도 (RPE)의 평균값을 분석한 결과 Table 9와 Fig. 7과 같이 세 가지 착용 장비 상태 모두 시간이 지날수록 운동자각도는 증가하였으나, 세 가지의 착용 장비별 평균 운동자각도는 비슷하거나 그 차이가 유의미한 결과를 나타내지 못했다.

또한, 운동부하 실험이 종료된 후 각각의 착용 장비별 실험에 대한 종합적 운동자각도의 평균값을 분석한 결과 Table 10과 Fig. 8과 같이 세 가지의 착용 장비에 대해서는 공기호흡기 중량에 비례하여 운동자각도는 약간 증가하였다. 하지만 세 가지의 장비 착용 후 운동부하 시 피험자가 느끼는 평균 운동자각도 지수는 16 정도의 Hard 수준으로써 그 차이가 유의미한 결과를 나타내지 못했으며, 비슷한 수준의 운동강도를 나타내었다.

**Table 9.** Average RPE in 3 minute units

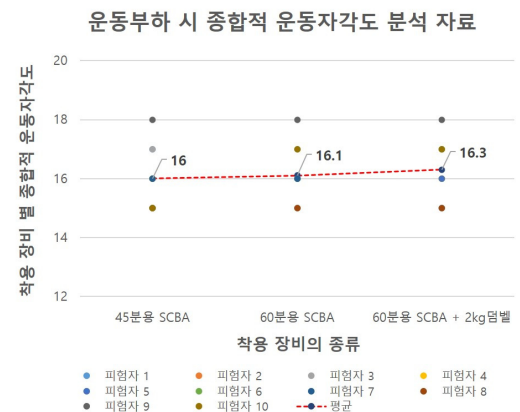
착용장비	3분 단위 운동자각도 평균값				
	3분	6분	9분	12분	15분
구성 1	11.5	13.5	14.8	15.4	16.5
구성 2	12.5	14.1	15.3	16.3	17.0
구성 3	12.5	13.7	14.9	15.6	16.8



**Fig. 7.** Comparison of average RPE in 3minute units

**Table 10.** Non-firefighting group comprehensive RPE by equipment compositions

피험자	구성 1	구성 2	구성 3
피험자 1	17	15	16
피험자 2	16	15	16
피험자 3	17	16	17
피험자 4	15	16	16
피험자 5	15	16	16
피험자 6	16	17	17
피험자 7	16	16	15
피험자 8	15	15	15
피험자 9	18	18	18
피험자 10	15	17	17
평균	16	16.1	16.3



**Fig. 8.** Comparison of comprehensive RPE

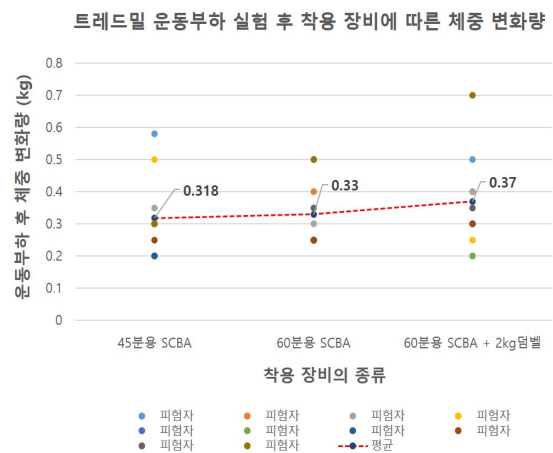
### 착용 장비별 운동부하 후 체중 변화량

Lee(2020)의 논문에서 운동 및 신체활동 시 저강도 운동을 하는 경우보다 고강도 운동을 할 경우 발생하는 땀량이 많은 것으로 보고하고 있으므로 본 실험에서는 착용 장비 중량의 증가를 운동강도의 증가로 설정하였으며, 운동부하 시 피험자가 흘리는 땀량 만큼 신체 내 수분이 배출되기에 그 양만큼의 체중 변화량을 측정하였다.

피험자들은 트레드밀 운동부하 전 상의와 양말을 탈의한 상태로 체중을 측정하였으며, Table 4와 같이 총 세 가지의 착용 장비별 운동부하 종료 후에는 배출된 땀을 모두 닦은 후 동일한 상태에서 체중을 측정하여 운동부하에 따른 체중 변화량(감소량)을 측정하였다. 운동부하 전·후 피험자의 평균 체중 변화량을 분석한 결과 Table 11과 Fig. 9와 같이 공기호흡기 중량에 비례하여 평균 체중 변화량(감소량)은 증가하였으나, 최대, 최소값의 차이가 0.052kg으로써 유의미한 결과를 나타내지 못했다.

**Table 11.** Weight change according to equipment compositions during 15minute exercise (unit : kg)

피험자	구성 1	구성 2	구성 3
피험자 1	0.58	0.5	0.5
피험자 2	0.3	0.4	0.4
피험자 3	0.35	0.3	0.4
피험자 4	0.5	0.25	0.25
피험자 5	0.2	0.25	0.3
피험자 6	0.2	0.25	0.2
피험자 7	0.2	0.25	0.3
피험자 8	0.25	0.25	0.3
피험자 9	0.3	0.35	0.35
피험자 10	0.3	0.5	0.7
평균	0.318	0.33	0.37



**Fig. 9.** Comparison of weight change according to equipment compositions

### 비소방공무원 그룹 운동부하 실험 후 인지성 여부 분석

트레드밀 운동부하 실험에 참여한 10명의 비소방공무원을 대상으로 모든 실험이 종료된 후 실험 시 공기호흡기 중량 변화에 따른 인지성 여부에 대한 조사를 실시하였으며, 그 결과 트레드밀 운동부하 실험에 참여한 피험자 모두 실험 시 공기호흡기의 중량 변화를 인지하지 못했다는 결과를 나타내었다.

## 결론

본 연구를 위한 공기호흡기 중량 변화에 따른 신체 인지성 관련 실험을 통해 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 착용하는 장비의 중량에 비례하여 호흡수, 심박수 및 혈압이 증가하는 것은 아니며 소방 활동 시 소방공무원이 착용하는 개인안전보호구를 착용한 상태에서 45분용 공기호흡기(11.12kg), 60분용 공기호흡기(13.12kg), 60분용 공기호흡기 + 2kg 덤벨(15.12kg)을 각각 착용한 후 운동부하 실험 시 평균 호흡수의 최대, 최소값의 차이는 2회, 평균 심박수의 최대, 최소값의 차이는 0.6bpm 및 평균 최대 혈압의 최대, 최소값의 차이는 2.2mmHg로써 그 차이가 비슷하거나 유의미한 결과를 나타



내지 못했다.

둘째, 착용하는 장비의 중량에 비례하여 운동자각도는 증가하나 그 차이가 유의미하다고 볼 수 없었다. 특히, 소방 활동 시 소방공무원들이 착용하는 개인안전보호구를 착용한 상태에서 45분용 공기호흡기(11.12kg), 60분용 공기호흡기(13.12kg), 60분용 공기호흡기 + 2kg 덤벨(15.12kg)을 각각 착용한 후 운동부하 실험 시 소방공무원 그룹 및 비소방공무원 그룹 모두 운동자각도의 평균값은 세 가지 조건 상태에서 ‘15-16’ 정도의 동일한 Hard 수준으로 그 차이가 비슷하거나 유의미한 결과를 나타내지 못했다.

셋째, 착용하는 장비의 중량에 비례하여 체중 변화량(감소량)은 증가하나 그 차이가 유의미하다고 볼 수 없었다. 특히, 소방공무원들이 실제 소방 활동 시 착용하는 개인안전보호구를 착용한 상태에서 45분용 공기호흡기(11.12kg), 60분용 공기호흡기(13.12kg), 60분용 공기호흡기 + 2kg 덤벨(15.12kg)을 각각 착용한 후 운동부하 실험 시 평균 체중 변화량의 최대값은 60분용 공기호흡기 + 2kg 덤벨을 착용했을 경우 0.37kg이며, 평균 체중 변화량의 최소값은 45분용 공기호흡기를 착용했을 경우 0.318kg으로 평균 체중 변화량의 최대값과 최소값의 차이는 0.052kg으로써 그 차이가 유의미하다고 해석하기 어려웠다.

넷째, 실험에 참여한 피험자 모두 운동부하 시 공기호흡기 중량 변화에 대해 인지하지 못한 결과를 나타내었다.

해당 실험 결과를 종합해보면, 본 실험에서 사용한 공기호흡기의 중량 차이는 최대 4kg으로써 ‘공기호흡기의 형식승인 및 제품검사의 기술기준’ 상 공기소모량이 40 L/min 상태를 기준으로 최소 15분 이상의 사용 시간이 증가하는 수준의 공기호흡기 중량 증대의 경우 신체 변화량 및 인지성은 낮은 수준으로 나타났다. 따라서, 소방공무원의 탈출 안전 시간 확보 및 효율적인 화재진압 및 구조 활동을 위해 현재 사용하고 있는 소방용 공기호흡기 중량보다 최대 4kg까지 증대시켜 사용하더라도 소방공무원들이 느끼는 신체적 피로도는 현재 수준과 비슷하거나 높지 않을 것으로 사료된다.

한편, 공동주택 및 대형 다중이용시설 등과 같이 고층 건축물이 많은 우리나라의 특성상 소방 활동 시 실험조건 이상의 운동강도 및 체력 소모가 발생할 경우가 있다. 따라서, 본 상황을 고려하여 현재의 ‘공기호흡기의 형식승인 및 제품검사의 기술기준’에 의한 약 2kg의 중량 증대 시 15분의 사용 시간 증대 방식이 아닌 현재 소방용 공기호흡기 중량 대비 최대 4kg 이하까지 증대되는 범위 내에서 우리나라 실정에 맞는 공기호흡기 용량 증대가 이루어져야 할 것이다.

본 연구의 한계점으로 실험에 참여한 피험자는 소방공무원 5명 및 비소방공무원 10명으로 한정되어 있기에 해당 실험 결과를 확대해석하여 일반화하는 것은 한계가 있다. 따라서, 본 연구의 한계점을 개선 및 발전시키기 위해 실험에 참여하는 피험자의 표본을 소방공무원으로 설정한 후 대상자 수를 증대시키고, 연령별로 구분하여 실험과 분석이 이루어진다면 조금 더 객관적이고 다양한 결과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다. 또한, 실제 화재진압 현장과 유사한 질은 연기 조건에서 공기호흡기 중량 변화에 따른 신체 인지성 여부 실험에 대한 부분은 후속 연구로 제안하고자 한다.

## References

- [1] American College of Sports Medicine (ACSM) (2014). ACSM’s Guidelines for Exercise Testing and Prescription. Lippincott Williams & Wilkins, New York, USA.
- [2] Bang, C.H. (2012a). “Physical response of human body wearing self contained breathing apparatus.” Fire Science and Engineering, Vol. 26, No. 5, pp. 8-12.
- [3] Bang, C.H. (2012b). “Effects of workload on human body wearing fire protective clothing and respirator.” Journal of Korea Society of Hazard Mitigation, Vol. 12, No. 5, pp. 165-169.

- [4] Jeon, J.I., Kong, H.S. (2019). "Changes in the amount of air respirator consumed by field fire-fighting activities." *The Journal of the Convergence on Culture Technology*, Vol. 5, No. 4, pp. 93-98.
- [5] Kim, G.T. (2022). "A study on the increase of the time of air respirator using emergency breathing method." *Journal of Korea Safety Management & Science*, Vol. 24, No. 3, pp. 1-14.
- [6] Lee, O., Jung, J.W. (2016). "Validity of Borg's category ratio 10 scale during maximal-graded exercise testing." *Journal of the Korea Exercise Science Academy*, Vol. 25, No. 2, pp. 92-99.
- [7] Lee, Y.B. (2020). *A Systematic Literature Review and Meta-analysis on the Amount of Sweat Volume According to Environmental Temperature and Exercise Intensity*. Master Thesis, Kookmin University.
- [8] National Fire Agency (2023). *National Fire Agency Statistical Yearbook*. Sejong.
- [9] Sothmann, M.S., Saupe, K., Jasenof, D., Blaney, J. (1992). "Heart rate response of firefighters to actual emergencies: implications for cardiorespiratory fitness." *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, Vol. 34, No. 8, pp. 797-800.