

# 소방용 공기호흡기 착용에 따른 신체반응

방창훈\* · 허만동\*\* · 박은주\*\*\* · 권정숙\*\*\*\*

경남대학교 소방방재공학과\*, 체육교육과\*\*, 식품영양학과\*\*\*, 패션의류학과\*\*\*\*

## Physical response of human body wearing Fire Self Contained Breathing Apparatus

Bang, Chang Hoon\* · Huh, Man Dong\*\* · Park, Eunju\*\*\* · Kwan, Jung Suk\*\*\*\*

Dept. of Fire and Disaster Prevention Engineering\*,

Dept. of Physical education\*\*, Dept. of Food and Nutritional Science\*\*\*,

Dept. of Fashion and Clothing\*\*\*\* Kyungnam University

### 요 약

본 연구는 소방공무원이 착용하는 소방용 공기호흡기(SCBA)가 신체에 미치는 영향을 분석하여 소방공무원의 안전을 위한 기초자료 제공을 목적으로 한다. 연구결과 소방용 공기호흡기를 착용한 경우가 반바지를 착용한 경우보다 평균피부온도(7%), 심박수(28%), 운동자각도(65.4%), 대사당량(70.7%) 등이 통계적으로 유의하게 높게 나타났으며( $p < .05$ ), 호흡수는 유의하지 않았다. 이상의 결과 소방용 공기호흡기의 착용은 신체에 과중한 부담을 미치는 것으로 사료된다.

### 1. 서 론

화재현장에서 소방공무원은 화염, 연소가스, 고온물 등의 위험물로부터 신체를 보호하고 신속한 화재진압과 인명구조를 목적으로 하는 다양한 보호장구를 착용한다.

도시화로 인한 건물의 집적화는 화재하중을 증가시켰으며, 각종 신합성 소재의 사용은 화재시 발생하는 열량을 과거와는 비교할 수 없을 만큼 높였다. 또한 건물의 단열화에 의한 에너지의 집적은 화재성장을 촉진시켜 화재진압을 하는 소방공무원에게는 과거와는 다른 매우 가혹한 열적환경을 제공하는 결과를 초래하였다.<sup>1)</sup> 이에 따라 미국의 경우 1987년 더욱 열악해지는 화재현장에서 위험물에 대비하고 초고온환경에 견딜 수 있도록 새로운 NFPA 기준을 마련하여 소방방화복의 성능을 개선하였다. 하지만 개선된 소방방화복의 다층화된 구조는 하중을 증가시키고 수증기의 배출과 열교환율을 감소시켜 체온조절을 어렵게 만들었다. 이는 소방공무원을 더욱 힘들게 하였으며 소방방화복 착용후 작업 시 작업에너지 소모량을 50%정도 증가시켰다.<sup>2)3)</sup>

우리나라에서도 소방용 보호장구에 대한 기준이 개선되어 예전보다는 우수한 성능을 지니고 있지만 소방 업무현장에서 요구되는 하중감과 착용성에 대하여 개선 요구가 절실

하며 소방용 보호장구 착용이 신체에 미치는 영향에 대한 연구는 매우 부족한 현실이다.

본 연구는 소방공무원이 착용하는 소방용 공기호흡기(SCBA)가 신체에 미치는 영향을 분석하여 소방공무원의 안전을 위한 기초자료 제공을 목적으로 한다.

## 2. 연구방법

본 연구의 대상은 경남 K대학교 재학중이며, 근골격계 질환이 없는 건강한 남학생 9명을 대상으로 실험대상자의 신체적 특성은 평균나이 22세, 신장 176.4cm, 체중 72.8kg이다.

실험에서는 국내 A사의 소방방화복과 공기호흡기를 착용하였으며 무게는 18.6Kg이다. 실험은 1주간의 여유를 두고 실시하였다. 피험자는 실험실에서 반바지를 착용하고 체중을 측정, 온도 측정용 센서를 장착하고 방화복과 공기호흡기를 착용 후 10분정도 안정시킨 다음 실험실로 입장 후 측정하였다.

온도조건은 WBGT(Wet Bulb Globe Temperature Index)<sup>4)</sup>를 사용하여 WBGT 20℃(흑구온도 27.1℃, 건구온도 26.8℃, 습도 37.9%)로 설정하였다.

실험자에게 트레드밀을 사용하여 운동부하검사를 실시하였으며 운동부하는 4METs(4.1km/h, 3%)의 강도로 20분 동안 실시하였다. 운동하는 동안 평균피부온도(Mean skin temperature), 심박수(Heart rate), 호흡수(Respiration rate), 운동자각도(RPE, Rating of Perceived Exertion)를 측정하였다.

모든 자료의 처리는 SPSS 14.0 을 이용하여 평균(M)과 표준편차(S.D)를 산출 후 도표화하고 평균차 검증을 위하여 집단별 비교를 independent t-test 하였으며, 유의도는 .05로 설정 하였다.

## 3. 결과 및 고찰

Figure 1에 반바지(Shorts)를 착용한 경우와 소방용 공기호흡기(SCBA)를 착용한 경우의 평균피부온도를 나타내었다. 반바지를 착용한 경우에는 평균피부온도가 일정한 수준을 유지하고 있으며 약 0.2℃ 상승하였다. 소방용 공기호흡기를 착용한 경우에는 운동을 시작한 후 평균피부온도가 10분간 지속적으로 상승하였으며, 이후 완만하게 상승하였다. 실험진후 평균피부온도가 2.1℃정도 상승하였다. 소방방화복은 외부의 고온 환경으로부터 신체를 보호하기 위한 단열성능을 매우 높게 하며 이는 작업 활동으로 인해 발생하는 신진 대사열과 땀의 방출을 억제하여 체온조절능력을 저하시키고 신체온도 상승을 초래하게 된다. 신체 온도상승은 체온조절능력의 저하와 호르몬과 면역계에 상당한 영향을 끼치며 열스트레스를 유발하게 되며 열중증이 발생할 가능성이 증가한다.

운동중의 심박수(Heart rate) 변화를 Figure 2에 나타내었다. 반바지를 착용한 경우의 심박수는 5분경까지 증가하고 이후 일정하게 유지되며 20분경에 약간 낮게 나타났다. 소방용공기호흡기를 착용한 경우에는 5분까지는 급격히 상승하고 이후 상승폭은 감소하지만 지속적으로 상승하였다.

Figure 3에 호흡수(Respiration rate)는 반바지 착용 경우와 소방용공기호흡기를 착용한 경우 모두 5분경까지 급격히 상승 후 일정하게 유지되었으며 두 경우 모두 비슷한 경향을

나타내었다. 운동초기의 급격한 호흡수 증가는 작업근 활동개시와 더불어 근과 관절수용체로 부터의 신경자극이 호흡을 조절하는 호흡중추에 영향을 미치기 때문이며, 이후 혈액 내의 이산화탄소와 젖산 등의 증가로 인한 화학수용기의 자극으로 완만한 상승이 일어난다.<sup>5)</sup>

운동자각도(RPE, Rating of Perceived Exertion)<sup>6)</sup>를 Figure 4에 나타내었으며, 운동자각도는 주관적으로 느껴지는 “힘듦”의 정도를 나타낼 수 있으며, 이러한 느낌은 신체적 스트레스, 체력수준, 환경조건 등에 영향을 받는다. 소방용 공기호흡기를 착용한 경우가 처음부터 높게 나타났으며, 시간이 지남에 따라 실험자들이 점점 힘들어 하였다. 반바지를 입은 경우는 “약간 가벼움” 정도를 표시하였다.

Table 1에 운동완료시의 평균피부온도, 심박수, 호흡수, 운동자각도, 대사당량의 신체지수 변화를 나타내었다.

실험 전후의 평균피부온도(Mean skin temperature)는 반바지의 경우 32.7°C, 소방용 공기호흡기의 경우 약 35.0°C를 나타내어 7% 정도 높게 나타났으며 통계적으로 유의하였다 ( $p<.05$ ).

심박수(Heart rate)는 반바지의 경우 분당 105회, 소방용 공기호흡기의 경우 분당 134회로 소방용 공기호흡기의 경우가 유의하게 높게 나타나고 있다( $p<.05$ ). 즉 소방용 공기호흡기의 착용이 신체에 영향을 미치며 28% 정도 높게 나타남을 알 수 있다.

호흡수(Respiration rate)는 소방용 공기호흡기의 경우가 11.7% 높게 나타났으나

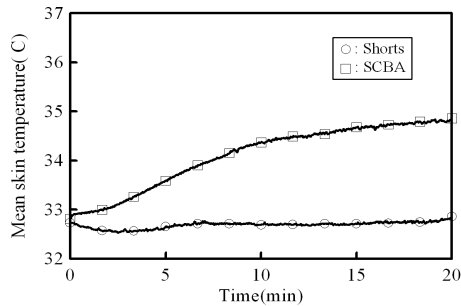


Figure 1. Mean skin temperature during walking in the workload 4METs

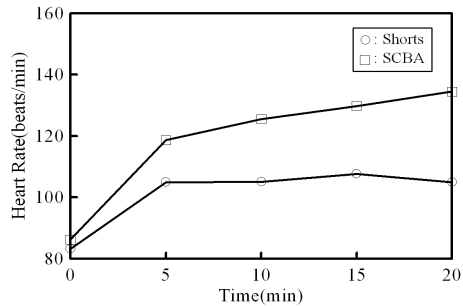


Figure 2. Heart rate during walking in the workload 4METs

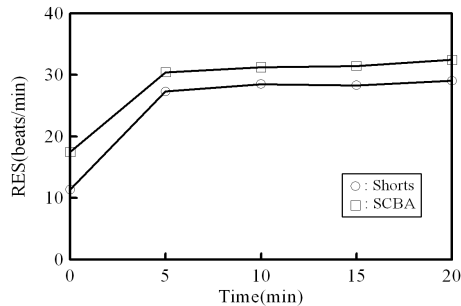


Figure 3. Respiration rate during walking in the workload 4METs

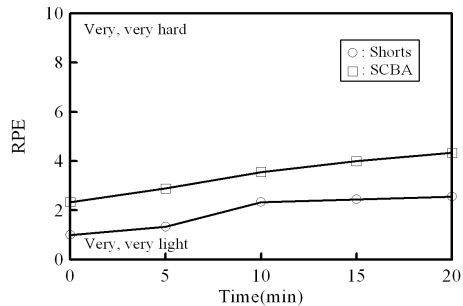


Figure 4. Rating of Perceived Exertion during walking in the workload 4METs

Table 1. Physical responses on 20 min after walking in the workload 4METs

요인	구분	n	M±SD	df	t	p
Mean skin temperature (T <sub>20min</sub> , °C)	Shorts	9	32.7±0.67	16	-7.207	.000
	SCBA	9	35.0±0.71			
Heart Rate (beats/min)	Shorts	9	105.0±15.67	16	-4.185	.001
	SCBA	9	134.4±14.14			
Respiration Rate (beats/min)	Shorts	9	29.0±5.13	16	-1.307	.210
	SCBA	9	32.4±5.95			
RPE (Rating of Perceived Exertion)	Shorts	9	2.6±0.73	16	-4.718	.000
	SCBA	9	4.3±0.87			
Mets (metabolic equivalent)	Shorts	9	4.1±1.54	16	-4.231	.001
	SCBA	9	7.0±1.38			

통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았으며, 운동자각도(RPE, Rating of Perceived Exertion)는 소방용 공기호흡기를 착용한 경우가 유의하게 65.4%정도 높게 나타났다(p<.05). 대사당량(MET)<sup>6)</sup>은 안정시의 산소소비를 1MET로 환산한 것으로 소방용 공기호흡기의 경우가 70.7% 높게 나타났으며, 통계적으로 유의하게 나타났다(p<.05). 이는 휴식시의 산소소비량의 7배에 해당하는 운동의 강도 또는 에너지소비량을 나타내는 것을 의미하며, 추후 이에 대한 자세한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 소방용 공기호흡기를 착용에 따른 신체지수변화에 대하여 실험을 수행하였으며, 연구결과 소방용 공기호흡기를 착용한 경우가 반바지를 착용한 경우보다 평균 피부온도(7%), 심박수(28%), 운동자각도(65.4%), 대사당량(70.7%) 등은 통계적으로 유의하게 높게 나타났으며, 호흡수는 유의하지 않았다. 이상의 결과 소방용 공기호흡기의 착용은 신체에 많은 영향을 미치는 것으로 사료된다.

#### 참고문헌

1. J. Randall Lawwon (1996), "Fire fighter's protective clothing and thermal environments of structural fire fighting", NISTIR 5804, NIST
2. G.A. Selkirk, T.M. McLellan (2004), "Physical work limits for Toronto firefighters in warm environments", Journal of Occupational and Environmental Hygiene, Vol 1, No4, pp199~212
3. Duncan, H.W, G. W. Gardner, and R.J. Barnard (1979), "Physiological responses of men working in the fighting equipment in the heat", Ergonomics, Vol. 22, No. 5, pp.521~527
4. Yaglou CP, Baetjer AM, Machle W, McConnell WJ, Shaudy LA, Winslow C-EA, et al. (1950), "Thermal standards in industry", Am J Publ Health, Vol. 40, pp.131~143.
5. 정일규, 윤진환 (2006), "휴먼퍼포먼스와 운동생리학", 대경북스
6. ACSM (2006) ACSM'Guidelines for exercise testing and prescription seventh edition, Lippincott Williams & Wilkins.