

# Evaluation of Korean Firefighters' Fitness Using Candidate Physical Ability Test: Pilot Study

Ji-Been Kim, Ph.D.<sup>1\*</sup>, Kyung-Tea Kim, MS<sup>1</sup>, Young-Seuk Cho, Ph.D.<sup>2</sup>, Dong-Il Seo, Ph.D.<sup>3</sup>, Wook Song, Ph.D.<sup>4,5</sup>, Han-Joon Lee, Ph.D.<sup>6</sup>, Hyun-Joo Kang, Ph.D.<sup>7</sup>, Chung-Gun Lee, Ph.D.<sup>4</sup>, Yeon-Soon Ahn, MD.<sup>8</sup>, Jung-Jun Park, Ph.D.<sup>1,\*\*</sup>

<sup>1</sup> Division of Sports Science, Pusan National University, Busan, Republic of Korea

<sup>2</sup> Department of Statistics, Pusan National University, Busan, Republic of Korea

<sup>3</sup> Department of Sports Science, Dongguk University, Gyeongju, Republic of Korea

<sup>4</sup> Department of Physical Education, Institute of Sport Science, Seoul National University, Seoul, Republic of Korea

<sup>5</sup> Institute on Aging, Seoul National University, Seoul, Republic of Korea

<sup>6</sup> School of Sport Science, University of Ulsan, Ulsan, Republic of Korea

<sup>7</sup> Department of Sports Medicine, Soonchunhyang University, Asan, Republic of Korea

<sup>8</sup> Department of Preventive Medicine and Genomic Cohort Institute, Yonsei Wonju College of Medicine, Yonsei University, Wonju, Republic of Korea

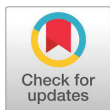
Received: April 21, 2022

Accepted: June 17, 2022

Published online: July 31, 2022

## Keywords:

Candidate Physical Ability Test  
Firefighter  
Physical Fitness  
VO<sub>2max</sub>



## ABSTRACT

**OBJECTIVES** The Candidate Physical Ability Capability Test (CPAT) is a complex performance test to assess whether firefighters have sufficient ability to meet the physical demands of firefighting, and is widely used in many countries, especially in North America. In South Korea, however, simple basic physical fitness assessments are still used for firefighters' fitness evaluation. Here, we report the physical fitness of Korean firefighters using the CPAT for the first time in Korea.

**METHODS** Eighteen male Korean firefighters aged between 20 to 30 years participated in this study. All subjects were measured for maximum oxygen consumption (VO<sub>2max</sub>) by using gas analyzer and cycle ergometer before CPAT. On a separate day, each subject performed CPAT with the best effort. Each subject's oxygen consumption (VO<sub>2</sub>), heart rate (HR) and completion time were measured during the CPAT. The results of CPAT were analyzed based on VO<sub>2max</sub> and HR<sub>max</sub> and compared to the those of previous study from North American firefighter candidates.

**RESULTS** VO<sub>2max</sub> was significantly ( $p < .001$ ) lower and HR<sub>max</sub> was significantly ( $p < .05$ ) higher in Korean firefighters (45.4±4.6 ml/kg/min and 194.2±2.1 beat/min) than American firefighter candidates (53.0±7.4 ml/kg/min and 188.0±8.0 beat/min). During CPAT, Korean firefighters showed 69.4±15.8 %VO<sub>2max</sub> and 87.6±7.8 %HR<sub>max</sub> and American firefighter candidates had 73.1±8.0 %VO<sub>2max</sub> and 90.1±5.3 %HR<sub>max</sub> but these were not statistically significant. However, the completed time of CPAT was significantly slower in Korean firefighters than American firefighter candidates (726.8±84.6 sec vs. 512.0±51.0 sec,  $p < .001$ ).

**CONCLUSIONS** Korean firefighters have lower cardiorespiratory endurance capacity and CPAT performance than American firefighter candidates. In addition, Korean firefighters did not complete the CPAT within the pass time limit. It suggests that Korean firefighters need to improve more physical ability for physical demands of firefighting.

© The Asian Society of Kinesiology and the Korean Academy of Kinesiology

\* The first two authors contributed equally to this work

\*\***Correspondence:** An, Jung-Jun Park, Division of Sports Science, Pusan National University, 2, Busandaehak-ro 63beon-gil, Geumjeong-gu, Busan, Republic of Korea; Tel: +82 51-510-2713; E-mail: jjparkpnu@pusan.ac.kr



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

## 서론

지난 10년간 한국 소방관의 소방활동 중 사고는 꾸준히 증가하였다[1]. 이는 사회 발전으로 인해 소방 활동 유형이 복잡해지면서 현장 출동 건수가 증가하여 소방 직무 시 신체적 부담이 높아진 것에 기인한다고 볼 수 있다[2]. 특히 화재 현장에서 위험 요소로부터 신체를 보호하기 위해 22-30 kg의 개인보호장비를 착용하고 직무를 수행하면 산소섭취량( $VO_2$ )이 0.8-1.2 l/min 증가하고 심박수(HR)가 최대심박수( $HR_{max}$ )의 90-99%까지 증가한다[3-6].

이처럼 고강도의 소방 직무 활동을 원활히 수행하기 위해서는 높은 수준의 심폐지구력, 근력, 근지구력 등이 요구된다[7-10]. 여러 체력 요소 중 심폐지구력의 경우, 최대산소섭취량( $VO_{2max}$ ) 45-48.5 ml/kg/min 정도의 체력 수준이 요구된다[11,12].  $VO_{2max}$ 가 43 ml/kg/min 미만인 경우 부상 위험이 2.2배 높아지며 심폐지구력을 1 MET 증가시키면 부상 가능성을 14% 감소시킬 수 있다고 보고된 바 있다[13].

소방 직무에 필요한 높은 체력 수준을 유지하기 위해 주기적인 체력 평가를 실시한다. 현재까지 한국 소방관은 기초체력평가(악력, 배근력, 앉아 윗몸 앞으로 굽히기, 제자리 멀리뛰기, 윗몸 일으키기, 20 m 왕복 오래달리기)를 활용해 체력을 평가해 왔다. 하지만 소방 직무 수행에 요구되는 복합적이고 높은 수준의 체력을 평가하기에는 다소 미흡해 보인다[14]. 특히, 소방 현장에서 요구되는 다양한 활동에 대한 종합적인 체력을 좀 더 정확히 평가하기 위해서는 소방 업무에 직접적으로 관련된 동작들로 구성된 복합적인 체력검사 방법이 필요하다. 실제로 해외 여러 나라에서는 이미 오래전부터 소방 직무 관련 활동으로 구성된 체력평가를 활용해 오고 있다[9,15]. 특히, 북미 지역에서는 소방관의 직무 관련 체력검사를 위해 국제소방관협회(International Association of Fire Fighter; IAFF)와 국제소방기관장협회(International Association of Fire Chiefs; IAFC)가 공동 개발한 소방관선발체력검사(candidate physical ability test; CPAT)를 사용하고 있다[16]. CPAT는 계단 오르기, 호스 끌고 당기기, 장비 이동하기, 사다리 올리기 및 전개하기, 강제 진입하기, 수색하기, 구조하기, 천장 밀고 당기기로 구성된 8개 작업을 연속적으로 수행해야하는 검사이며 남녀 구분 없이 10

분 20초 이내에 통과해야 한다. CPAT의 모든 작업에서 높은 수준의 유산소성 능력이 필요하며, 10분 20초 이내에 통과한 집단이 통과하지 못한 집단보다 최대산소섭취량, 근력, 근지구력이 모두 높게 나타났다고 보고된 바 있다[17]. 이러한 결과는 CPAT가 소방 직무에 필요한 체력 요소인 심폐지구력, 근력, 근지구력을 모두 포함한 종합적인 체력을 평가할 수 있는 검사라는 것을 보여준다.

이렇듯 해외에서는 CPAT와 같은 소방 직무 관련 활동으로 구성된 체력검사 방법을 이용하여 소방관의 체력을 평가하고 있는데, 아직까지 국내에서는 CPAT를 통해 소방관의 체력을 평가한 연구는 보고된 바 없다. 따라서 본 연구에서는 국내 최초로 한국 소방관을 대상으로 CPAT를 이용해서 소방 직무 관련 체력을 평가하고자 한다.

## 연구방법

### 연구대상

연구 대상자는 B 광역시 남성 신입 소방관 21명으로 선정하였다. 신체활동준비설문지(Revision of the physical activity readiness questionnaire; PAR-Q & YOU)를 활용하여 신체활동에 위험이 없는 대상자를 모집하였다[18]. 연구 대상자는 실험에 대한 충분한 설명 후 Y 대학의 기관생명윤리위원회 승인(No. CR318031)을 받은 동의서에 서명 후 연구에 참여하도록 하였다. 연구 대상자 3명의 최대운동부하검사 결과가  $VO_{2max}$  판정 기준에 적합하지 못해 결과 분석에서 제외하여 총 18명의 결과만 분석하였다. 연구 대상자의 신체적 특징은 <Table 1>과 같다.

**Table 1.** Age, height and weight in Korean and North American firefighter candidates.

	KF <sup>a)</sup>	NF <sup>b)</sup>	t	p
Age (yrs)	25.7±2.1	24.3±5.6	1.017	0.314
Height (cm)	177.2±3.9	180.0±6.9	-1.555	0.127
Weight (kg)	73.5±6.3	81.8±12.2	-2.008	0.051

Values are M±SD

<sup>a)</sup> Korean Firefighters

<sup>b)</sup> North America Firefighter candidates

### 실험 절차

본 연구는 CPAT를 통해 한국 소방관의 소방 직무

관련 체력을 평가하였다. 먼저, 연구대상자의 최대운동능력을 검사하기 위해 최대운동부하검사를 실시하여  $VO_{2max}$  와  $HR_{max}$  를 측정하였다. 이 후 48시간 이상의 휴식을 취한 후, CPAT를 실시하여 소방 직무 관련 체력을 측정하였으며, 이때 휴대용 가스 분석기와 무선 심박수 측정계를 이용하여  $VO_2$ 와 HR을 측정하였다. 측정 결과는 북미 소방관 지원자를 대상으로 CPAT을 실시했던 선행연구의 결과와 비교·분석하였다[17].

**측정 항목 및 방법**

**1) 최대운동부하검사**

**(1) 한국 소방관의 최대운동부하검사**

$VO_{2max}$  와  $HR_{max}$  는 휴대용 가스 분석기(K5, COSMED, Rome, Italy)와 무선 심박수 측정계(H10, Polar, Kempele, Finland)를 착용하고 Åstrand protocol에 따라 자전거 에르고미터(Corval, Lode BV, Groningen, Netherlands)를 이용하여 측정하였다[19]. 휴대용 가스 분석기는 30분 동안 예열한 후 16% 혼합가스(High Cal.  $O_2$  16%,  $CO_2$  5%)와 실린더(3 l)를 이용하여 캘리브레이션(calibration) 하였다.  $VO_{2max}$  의 판정 기준은 HR이 예측된 최대심박수의 90% 이상이거나, 호흡교환율이 1.15 이상인 경우, 또는 운동 부하가 증가함에도  $VO_2$ 의 변화가 없는 고원현상이 나타나는 경우로 결정하였다[20].

**(2) 북미 소방관 지원자의 최대운동부하검사**

$VO_{2max}$  와  $HR_{max}$  는 휴대용 가스 분석기(K4, COSMED, Rome, Italy)와 무선 심박수 측정계(H10, Polar, Kempele, Finland)를 착용하고 트레드밀(Quinton, Aimcardio, Washington, USA)을 이용하여 측정하였다.  $VO_{2max}$  측정을 위해 트레드밀 위에서 4분 준비운동을 실시 후 2분 마다 속도를 1.6km/h씩 증가시키고, 경사도를 2%씩 높여 연구대상자가 체력적 한계 상태에 도달하여 중단을 요청할 때 검사를 종료하였다.  $VO_{2max}$  는 검사 마지막 1분 동안 가장 높은 20초의 평균값으로 결정하였다[17].

**2) CPAT**

**(1) 한국 소방관의 CPAT**

연구대상자의 CPAT 수행 이전에 수행 가능 여부에 대한 예비실험을 실시한 결과, 전체 8개 작업 중 구조하

기 작업의 더미 무게와 천장 밀고 당기기 작업의 구조물 무게가 한국 소방관에게는 다소 무거워 CAPT 완료하지 못하였다. CPAT 수행완료 자체가 불가능하였으므로 연구대상자의 안전을 위해 불가피하게 두 작업의 무게를 표준 CPAT의 80% 수준으로 하향 조정하여 실시하였다. 한국 소방관이 수행한 CPAT는 약 22 kg 소방용 개인보호장비를 착용하고 8개의 작업을 연속적으로 최대한 빠른 속도로 수행하도록 하였다. 각 작업 사이의 이동 거리는 25 m이며, 걸어서 이동하도록 하였다. CPAT 수행 중 연구 대상자의  $VO_2$  및 HR은 휴대용 호흡 가스 분석기(K5, COSMED, Rome, Italy)와 무선 심박수 측정계(H10, Polar, Kempele, Finland)를 이용하여 측정하였으며, 스태프워치를 활용해 수행 시간을 기록하였다. 따라서 본 연구에서는 IAFF와 IAFC에서 개발한 CPAT를 한국 소방서의 공간 및 장비 등의 물리적 여건에 적합하도록 수정하여 실시하였으며 구체적인 내용은 <Table 2>과 같다.

**Table 2.** Comparison of original and modified CPAT

Type	Original CPAT <sup>a)</sup>	Modified CPAT <sup>a)</sup>
1) Stair climb	Walk for 3 minutes on a stepmill at 60steps/min	Climb 180steps
2) Hose drag	Move 22.86m while dragging the 45mm hose and pull the hose 15.24m	Move 30m while dragging the 65mm hose and pull the hose 15m
3) Equipment carry	Hold 2 chainsaws(10kg) in each hand and move 22.86m	Hold the power shear(10kg) and the chainsaw(10kg) in each hand and move 25m
4) Ladder raise and extension	Set up a fixed ladder(7.23m) against a wall, deploy and lower	Stand the ladder(7m) against the wall, deploy and lower
5) forcible entry	Hit the force measuring device with a hammer(4.54kg)	Hit the target 3 times using a hammer(5kg)
6) Search	Search the maze tunnel	Round-trip movement through the tunnel(10m) in a crawling position
7) Rescue	Move 21.33m while dragging a dummy(78.4kg)	Move 20m while dragging a dummy(50kg)
8) Ceiling breach and pull	4 sets of lifting a 27kg door 3 times and pulling a 36kg door 5 times	4 sets of lifting a 20kg object 3 times and pulling a 30kg object 5 times

a) Candidate Physical Ability Test

## (2) 북미 소방관 지원자의 CPAT

북미 소방관 지원자가 수행한 CPAT는 약 22.68 kg 소방용 개인보호장비를 착용하고 8개의 작업을 연속적으로 최대한 빠른 속도로 수행하도록 하였다. 각 작업 사이의 이동 거리는 22.9 m이며, 걸어서 이동하도록 하였다. CPAT 수행 중 연구 대상자의 VO<sub>2</sub> 및 HR은 휴대용 호흡 가스 분석기(K4, COSMED, Rome, Italy)와 무선 심박수 측정계(H10, Polar, Kempele, Finland)를 이용하여 측정하였으며, 스탑워치를 활용해 수행 시간을 기록하였다[17]. 북미 소방관 지원자가 수행한 CPAT의 구체적인 내용은 <Table 2>과 같다.

## 자료 처리

본 연구의 자료처리는 SPSS 25.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 분석하였다. 먼저 한국 소방관의 VO<sub>2max</sub>, HR<sub>max</sub>, CPAT 수행 중 VO<sub>2</sub>, %VO<sub>2max</sub>, HR, %HR<sub>max</sub>, 수행 시간에 대한 기술통계를 제시하였다. 이 중 VO<sub>2max</sub>, HR<sub>max</sub>, CPAT 수행 중 %VO<sub>2max</sub>, %HR<sub>max</sub>, 수행 시간의 결과를 선행연구에 보고된 북미 소방관 지원자의 자료와 비교하기 위해 단일표본 t 검정(One sample t-test)를 실시하였으며, 유의 수준은 α = .05로 설정하였다.

## 결과

### 최대산소섭취량 및 최대심박수

한국 소방관의 VO<sub>2max</sub>와 HR<sub>max</sub>의 측정 결과는 <Table 3>에 나타낸 바와 같다. VO<sub>2max</sub>는 선행연구에서 권고한 소방관 활동에 필요한 최소한의 수준(45-

48.5 ml/kg/min)을 겨우 충족시키는 것으로 나타났다 [11,12]. 하지만 HR<sub>max</sub>는 예측된 최대심박수의 100%에 가깝게 나타났다.

## CPAT

한국 소방관을 대상으로 실시한 CPAT 수행 결과는 <Table 4>에 제시된 바와 같다. CPAT 수행 시간은 통과 기준인 10분 20초보다 약 1분 46초 더 소요된 것으로 나타났다. VO<sub>2</sub>는 전 구간에서 최저 23.6 ml/min/kg, 최고 34.7 ml/min/kg, 평균 30.8 ml/min/kg으로 나타났다. %VO<sub>2max</sub> 기준으로는 최저 53.1%, 최고 78.0%, 평균 69.4%이며, 이는 ACSM에서 권고하는 고강도(64~90% VO<sub>2max</sub>)에 해당하는 것으로 나타났다 [21]. HR은 최저 157.3 beat/min, 최고 186.9 beat/min, 평균 170.1 beat/min으로 나타났으며, %HR<sub>max</sub> 기준으로 최저 81.0%, 최고 96.2%, 평균 87.6%이다. HR을 기준으로도 ACSM에서 권고하는 고강도 (77~95% HR<sub>max</sub>)로 나타났다. 특히, HR은 CPAT 첫번째 작업부터 마지막 작업까지 지속적으로 증가하는 경향을 보였으며, 이는 활동 강도가 지속적으로 증가한 것을 의미한다.

### 한국 소방관과 북미 소방관 지원자의 체력 비교

본 연구는 한국 소방관을 대상으로 CPAT를 실시한 국내 최초의 연구이며, 연구 결과를 외국의 사례와 비교하기 위해서 선행연구 중 유일하게 본 연구와 측정 항목 및 방법이 유사한 북미 소방 연구 결과와 단일표본 t-검정을 이용해서 한국 소방관의 CPAT 결과를 비교·분석하였다[17]. 한국 소방관과 북미 소방관 지원자의 단일표본 t-검정 결과 중 연령, 신장, 체중은 유의한 차이를 보이지 않았다<Table 1>.

#### 1) 최대산소섭취량 및 최대심박수 비교

한국 소방관의 VO<sub>2max</sub>는 북미 소방관 지원자에 비해서 약 15% 유의하게(p = .001) 낮게 나타났다. 반면에 HR<sub>max</sub>는 한국 소방관이 북미 소방관 지원자보다 약 3% 유의하게(p = .002) 높은 것으로 나타났다<Table 3>.

#### 2) CPAT 수행 비교

한국 소방관과 북미 소방관 지원자의 CPAT 수행 결과는 <Table 3>와 같다. CPAT 수행 시간은 한국 소방관이 북미 소방관 지원자에 비해 약 3분 34초 유의하게

**Table 3.** VO<sub>2max</sub>, HR<sub>max</sub>, and CPAT performance in Korean firefighters and North American firefighter candidates.

	KF <sup>b)</sup>	NF <sup>c)</sup>	t	p
VO <sub>2max</sub> (ml/kg/min)	45.4±6.6	53.0±7.4	-3.619	0.001
HR <sub>max</sub> (beat/min)	194.2±2.1	188.0±8.0	3.213	0.002
CPAT <sup>a)</sup> completion time (sec)	726.8±84.6	512.0±51.0	10.759	<0.001
%VO <sub>2max</sub> (%)	69.4±15.8	73.1±8.0	-1.102	0.276
%HR <sub>max</sub> (%)	87.6±7.8	90.1±5.3	-1.347	0.184

Values are M±SD

<sup>a)</sup> Candidate Physical Ability Test

<sup>b)</sup> Korean Firefighters

<sup>c)</sup> North America Firefighter candidates



**Table 4.**  $VO_{2r}$ , HR,  $\%VO_{2max}$ ,  $\%HR_{max}$  completion time during CPAT

CPAT <sup>a)</sup> Event	$\%VO_{2max}$ (%)	$\%HR_{max}$ (%)	$VO_{2max}$ (ml/kg/min)	HR (beat/min)	Completion time (sec)
Stair climb	78.0±12.5	81.0±6.0	34.7±2.5	157.3±11.9	126.0±14.1
Hose drag	53.1±10.0	81.7±6.8	23.6±2.5	157.7±13.8	35.5±4.4
Equipment carry	71.1±13.7	85.1±6.2	31.6±3.6	165.3±12.4	27.3±5.6
Ladder raise and extension	67.7±15.0	86.8±6.2	30.0±4.1	168.6±12.2	85.7±14.7
Forcible entry	61.0±14.6	85.1±6.6	27.0±3.9	165.5±12.8	7.1±0.9
Search	71.9±13.4	90.6±5.2	32.0±3.5	176.0±10.0	83.1±27.0
Rescue	75.2±16.1	94.6±4.5	33.4±5.1	183.8±8.8	30.9±4.5
Ceiling breach and pull	76.9±15.9	96.2±3.7	34.1±4.7	186.9±7.7	76.1±19.2
Average	69.4±15.8	87.6±7.8	30.8±3.0	170.1±10.5	-
Sum	-	-	-	-	726.8±84.6

Values are M±SD

<sup>a)</sup> Candidate Physical Ability Test

( $p < .001$ ) 더 소요된 것으로 나타났다. CPAT 수행 시 상대적 강도를 나타내는  $\%VO_{2max}$  는 한국 소방관이 북미 소방관 지원자에 비해 약 3.7% 낮게 나타났지만 통계적으로 유의하지는 않았다. 상대적 강도를 나타내는 또 다른 지표인  $\%HR_{max}$  는 한국 소방관이 북미 소방관 지원자에 비해 약 2.4% 낮게 나타났지만 역시 통계적으로 유의하지는 않았다.

## 논의

소방관은 직무 특성상 화재현장에서 진압, 구조, 구급 등의 다양하고 강도 높은 업무를 수행하기 때문에 심폐지구력, 근력, 근지구력, 순발력 등의 체력 요소를 필요로 하며 높은 수준의 체력이 요구된다[9,22]. 소방관의 공상 중 가장 높은 비율인 45%를 차지하고 있는 심혈관질환은 심폐지구력과 높은 상관성을 보이고 있으며[26] 심폐지구력은 심혈관질환을 예측하는 지표로 활용된다고 보고되고 있어 소방관에게 중요한 체력 지표이다[27]. 일반적으로 심폐지구력을 평가하는 지표로써  $VO_{2max}$  를 주로 활용하고 있으며[28,29], 소방관의  $VO_{2max}$  능력은 소방 직무의 효율성과 밀접한 관련성을 가지고 있는 것으로 보고 되었다[9,23-25]. 본 연구에서 한국 소방관의  $VO_{2max}$  는 45.4 ml/kg/min으로 나타났다. 해당 수치는  $VO_{2max}$  가 43-48 ml/kg/min인 경우, 48 ml/kg/min를 초과하는 소방관에 비해 부상 위험이 1.3-2.2배 높다고 보고한 Poplin 등[13]의 연구를

참고하였을 때, 한국 소방관 역시  $VO_{2max}$  가 48 ml/kg/min을 초과하는 소방관에 비해 부상 위험이 1.3-2.2배 높다고 할 수 있다. 뿐만 아니라 북미 소방관 지원자의  $VO_{2max}$  와 비교하였을 때 한국 소방관이 약 7.6 ml/kg/min 낮게 나타났다. 두 집단의  $VO_{2max}$  측정 시 트레드밀과 자전거 에르고미터의 측정 장비 차이로 인해 한국 소방관의  $VO_{2max}$  가 과소평가 되었음을 감안하더라도 한국 소방관이 북미 소방관 지원자 보다  $VO_{2max}$  수준이 낮은 것으로 사료된다[30]. 심지어 한국 소방관은 북미 소방관 여성 지원자에 비해서도 유의하게 낮게 나타났다( $p = .008$ )[17]. 한국 소방관의  $VO_{2max}$  는 권고되는 수준보다 낮은 뿐만 아니라 북미 소방관 지원자보다 낮게 나타나 소방 직무 수행하는데 체력적으로 어려움이 예상되며 심혈관질환으로 인한 위험에 더 많이 노출되어 있는 것으로 보인다.

또한 본 연구에서 CPAT를 활용해 소방 직무 관련 체력을 평가하였는데, CPAT를 실시하기 이전에 한국 소방서의 물리적 여건(공간 및 장비)과 CPAT 수행 체력을 고려한 예비 검사를 진행하였다. 예비 검사 결과, 연구 대상자 대부분이 CPAT 8개 작업 중 구조하기와 천장 밀고 당기기 2개의 작업이 수행에 어려움이 있어 CPAT를 완료하지 못하였다. 불가피하게 해당 작업의 강도를 표준 CPAT의 무게의 80% 수준으로 하향조절하여 수행하였다. 구체적인 내용은 구조하기 작업에서 이용되는 78.4 kg의 더미를 50kg으로, 천장 밀고 당기기 작업에서는 천장 밀기는 27kg에서 20kg으로, 천장

당기기는 36kg에서 30kg으로 하향조절하였다. 하지만 본 연구에서 실시한 CPAT 수행 중 나타난  $VO_{2max}$ 의 상대적 강도와  $HR_{max}$ 의 상대적 강도는 북미 소방관 지원자를 대상으로 한 선행연구의 CPAT 수행 강도와 유사한 것으로 나타났다[17]. 또한 소방 훈련에 관련된 선행 연구를 살펴보면 훈련 중의  $VO_2$ 는 33.9 ml/kg/min이고 HR은 168 beat/min으로 나타났으며 실제 화재 현장에서는 63.0%  $VO_{2max}$ , 88.0%  $HR_{max}$ 에 이르는 높은 강도의 신체적 부담을 나타낸다고 보고하였다[22, 31]. 이와 유사하게 본 연구에서도 CPAT 수행 중 산소섭취량은 30.8 ml/kg/min이고  $VO_{2max}$ 의 상대적 강도는 69.4%로 나타났으며 심박수는 170.1 beat/min이고  $HR_{max}$ 의 상대적 강도는 87.6%로 나타났다. 이 또한 본 연구에서 실시한 CPAT의 강도가 소방 직무 수행 시 나타나는 강도와도 유사한 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서 수행한 CPAT의 일부 작업에서 표준 CPAT와 비교했을 때 동작 및 무게의 차이가 존재하지만, 한국 소방관에게 소방 직무 관련 체력 평가로써 적절한 강도로 수정되었다고 사료된다.

CPAT는 완료시간을 평가 기준으로 활용한 준거지향평가로써 8개의 작업구간을 빠르게 통과할수록 높은 수준의 소방 직무 관련 체력을 가지고 있다고 할 수 있다. 수정된 CPAT를 활용해 한국 소방관의 소방 직무 관련 체력을 평가하였을 때, CPAT 수행 시간은 12분 6초로 통과 기준 시간인 10분 20초 보다 1분 46초 더 소요된 것으로 나타났다. 또한 한국 소방관의 CPAT 수행 시간은 선행연구의 북미 소방관 남성 지원자의 CPAT 수행 시간에 비해 유의하게 느린 것으로 나타났으며, 심지어 선행연구의 북미 소방관 여성 지원자의 수행 시간 ( $676.0 \pm 88.0$  sec)과 유사하게 소요된 것으로 나타났다 ( $p = .293$ ). 이는 한국 소방관과 북미 소방관 남성 지원자의 CPAT 수행 중 최대산소섭취량과 최대심박수의 상대적 강도는 유사한 수준으로 수행되었지만 북미 소방관 지원자의 최대산소섭취량이 더 높기 때문에 CPAT를 빠르게 수행 가능하여 수행 시간을 단축시키는 데 영향을 미쳤기 때문인 것으로 사료된다. 특히 CPAT 선행연구 결과와 비교했을 때, 호스 끌기와 사다리 올리기 및 전개하기, 천장 밀고 당기기 작업에서 더 많은 시간이 소요되는 경향을 보이는데[17], 그 이유는 해당 작업에 무게를 이동시키는 동작이 있어 심폐지구력뿐만 아니라 일정 수준의 근력 및 근지구력을 필요로 하여 한국 소방

관의 근력 및 근지구력이 북미 소방관 지원자 보다 낮은 수준이기 때문인 것으로 보인다[32]. 한국 소방관과 북미 소방관 지원자의 근력 및 근지구력 비교를 위해 공통적으로 측정된 지표가 존재하지 않아 객관적인 분석에는 어려움이 있으나 한국 소방관이 더 많은 소요시간을 보인 작업들은 주로 무게를 이동시키는 동작을 포함하고 있어 심폐지구력 뿐만 아니라 근력 및 근지구력의 체력요인이 개입되었을 가능성이 높다고 사료된다. 이처럼 CPAT를 활용하여 한국 소방관의 직무 관련 체력을 분석해 보았을 때, 북미 소방관 지원자보다 낮은 체력 수준을 보이는 것으로 나타났다.

본 연구의 대상으로 참여한 소방관은 현재 한국 소방관의 체력평가인 기초체력검사의 합격 기준을 모두 통과하는 수준임에도 소방 직무 관련 체력 수준은 상당히 낮은 것으로 나타났다. 현재까지 소방관의 체력에 관한 연구가 주로 기초체력평가를 통해 도출된 독립적인 심폐지구력, 근력, 근지구력, 민첩성 등의 신체능력과 소방 직무 수행의 상관성에 대해서 이루어져 직무 수행을 위해서 기초체력의 향상이 중요하다고 강조해 왔기 때문이라고 사료된다[33-36]. 기초체력평가의 각각의 항목이 소방 직무 관련 체력과 상관성을 가지지만, 개별적인 신체능력을 평가하는 기초체력평가의 결과가 복합적인 체력 능력이 요구되는 소방 직무에 적합한 수준인지 판단하는 근거로 활용하기 어렵다는 선행 연구와 일치하는 결과를 보였다[14].

본 연구는 한국 소방관의  $VO_{2max}$ 와  $HR_{max}$ 를 측정하고 한국 최초로 소방 직무 관련 체력 평가인 CPAT를 활용하여 체력 수준을 파악하였다. 또한 북미 소방관 지원자를 대상으로 한 연구와 단일 표본 t 검증을 통해 한국 소방관의 객관적인 체력 수준을 비교·분석하였다. 그 결과 한국 소방관은 원활한 소방 직무 수행과 심혈관질환의 공상을 줄이기 위해  $VO_{2max}$ 의 수준을 증가시키기 위한 노력이 필요한 것으로 나타났다. 또한 CPAT 수행 시간이 통과 기준에 미치지 못할 뿐만 아니라 북미 소방관 지원자의 기록보다 느리게 나타나 소방 직무 관련 체력의 개선이 필요한 것으로 보인다. 본 연구를 통해 한국 소방관의 체력 수준을 파악하고 소방활동에 요구되는 체력수준을 유지하여 효율적이고 안전한 직무활동을 실시하기 위한 기초자료로써 활용이 기대된다. 하지만 본 연구는 한국 20대 남성 소방관으로 국한되어 있으므로 결과를 일반화하기는 어렵다. 향후 후속 연구들은 직무

별, 연령별, 성별을 대상으로 확대해야 할 필요가 있다.

## 결론

본 연구에서는 한국 소방관의 최대산소섭취량 및 CPAT를 통한 소방 직무 관련 체력을 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다. 한국 소방관의  $VO_{2max}$ 는 원활한 직무 수행을 위한 권고 기준보다 낮았고 CPAT 수행 시간은 CPAT 통과 기준 시간보다 현저히 느린 것으로 나타났다. 따라서 한국 소방관의 체력은 비교적 낮은 수준을 보이며 특히 직무 관련 체력 증진을 위해 많은 노력이 필요한 것으로 나타났다.

## Acknowledgments

본 연구는 소방청 재난현장 긴급대응 기술개발사업(20013968)의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

## Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

## References

- National Fire Agency. National Fire Agency Statistical Year Book. Jeong JW, 2020, p 32.
- Lusa S, Hakkanen M, Luukkonen R, Viikari-Juntura E. Perceived physical work capacity, stress, sleep disturbance and occupational accidents among firefighters working during a strike. *Work Stress*. 2002; 16(3):264-274.
- Louhevaara V, Smolander J, Tuomi T, Korhonen O, Jaakkola J. Effects of an SCBA on breathing pattern, gas exchange, and heart rate during exercise. *Journal of occupational medicine*. 1985; 27(3):213-216.
- Guidotti TL. Human factors in firefighting : Ergonomic-, cardiopulmonary-, and psychogenic stress-related issues. *Int Arch Occup Environ Health*. 1992; 64(1):1-12.
- Elsner KL, Kolkhorst FW. Metabolic demands of simulated firefighting tasks. *Ergonomics*. 2008; 51(9):1418-1425.
- Phillips D, Scarlett M, Petersen S. The influence of body mass on physical fitness test performance in male firefighter applicants. *J Occup Environ Med*. 2017; 59(11):1101-1108.
- Kim SY, Lee JY. Development of firefighting performance test drills while wearing personal protective equipment. *Fire Sci*. 2016; 30(1):138-148.
- Gledhill N, Jamnik VK. Development and validation of a fitness screening protocol for firefighter applicants. *Can J Sport Sci*. 1992; 17(3):199-206.
- Rhea M, Alvar B, Gray R. Physical fitness and job performance of firefighters. *J strength Cond Res*. 2004; 18(2):348-352.
- Heimburg EV, Ingulf MJ, Sandsund M, Reinertsen RE. Performance on a work-simulating firefighter test versus approved laboratory tests for firefighters and applicants. *Int J Occup Saf Ergon*. 2013; 19(2):227-243.
- Doolittle TL. Validation of physical requirements for firefighters. Seattle, USA. 1979.
- O'Connell ER, Thomas PC, Cady LD, Karwasky RJ. Energy costs of simulated stair climbing as a job-related task in firefighting. *Occup Med*. 1986; 28(4):282-284.
- Poplin GS, Roe DJ, Peate W, Harris RB, Burgess JL. The association of aerobic fitness with injuries in the fire service. *Am J Epidemiol*. 2014; 179(2):149-155.
- Noh KM, Song W, Lee CK, et al. The study of korean national firefighters' physical fitness over 6-year period (2011~2016). *J Hum Mov Sci*. 2018; 12(2): 103.
- Michaelides, Marcos A, Koulla M, Leah J, Gerald B, Barry S. Assessment of Physical Fitness Aspects and Their Relationship to Firefighters' Job Abilities. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2011; 25(4):956-965.
- IAFC. IAFC/IAFF Candidate Physical Ability Test. 2000; <https://www.iafc.org/about-iafc/positions/position/iafc-position-iafc-iaff-candidate-physical-ability-test>. (Accessed Oct 18, 2021) International association of fire fighter. International association of fire chiefs. 2006.
- Williams-bell FM, Villar R, Sharratt MT, Hughson RL. Physiological demands of the firefighter candidate physical ability test. *Med Sci Sports Exerc*. 2009; 41(3):653-662.

18. Thomas S, Reading J, Shephard RJ. Revision of the physical activity readiness questionnaire (PAR-Q). *Can J Sport Sci.* 1992; 17(4):388-345.
19. G. Gregory H, Charles D. *Laboratory Manual for Exercise Physiology.* Human Kinetics, 2011, p 221-226.
20. James R, Dale P, James G, Minsoo. *Measurement and evaluation in human performance.* Human Kinetics. 2016(5th ed), p 194-195.
21. American College of Sports Medicine. *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription.* Wolters Kluwer. 2018(10th ed), p 233.
22. Sothmann MS, Saupe K, Jasenof D, Blaney J. Heart rate response of firefighters to actual emergencies: Implications for cardiorespiratory fitness. 1992; 34(8):797-800.
23. Davis PO, Dotson CO. Physiological aspects of fire fighting. *Fire Technology.* 1987; 23: 280-291.
24. Misner JE, Plowman SA, Boileau R. Performance difference between males and female on simulated firefighting tasks. *Journal of occupational medicine.* 1987; 29(10): 801-805.
25. Williford HN, Duey WJ, Olson MS, Howard R., Wang N. Relationship between firefighting suppression tasks and physical fitness. *Ergonomics.* 1999; 42(9): 1179-1186.
26. Kales SN, Soteriades ES, Christophi CA, Christiani DC. Emergency duties and deaths from heart disease among fire fighters in the United States. *New England Journal of Medicine.* 2007; 356(12): 1207-1215.
27. Levy D, Larson MG, Benjamin EJ, et al. Framingham Heart Study 100K Project: genome-wide associations for blood pressure and arterial stiffness. *BMC Medical Genetics.* 2007; 8(1): 5.
28. Foster C, Jackson AS, Pollock ML, et al. Generalized equations for predicting functional capacity from treadmill performance. *Am Heart J.* 1984; 107(6): 1229-1234.
29. Paffenbarger RS, Hyde RT, Hsieh CC, Wing AL. Physical activity, other life-style patterns, cardiovascular disease and longevity. *Acta Med Scand Suppl.* 1986; 220(711): 85-91.
30. Riebe. Deborah, Ehrman. Jonathan K, Liguori. Gary, Magal. Meir and American College of Sports Medicine. *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription.* 10 rd Ed. Wolters Kluwer. 2018;100-102.
31. Holmer I, Gavhed D. Classification of metabolic and respiratory demands in firefighting activity with extreme workloads. *Appl Ergon.* 2007; 38(1):45-52.
32. Ann SL, Juha O, Christer M. Laboratory or field tests for evaluating firefighters' work capacity?. *PLoS ONE.* 2014; 9(3): e91215.
33. Hyun SH, Song YS, Lee CW. A thought on the fire fighting official selection examination. *Fire science and engineering.* 2005; 19(4):80-86.
34. Hong SG. *The Setting of Physical Fitness Test Items for the Job Performance of Fire Fighter's.* Incheon; 2010.
35. Ko BG. The relationship between firefighting performance and physical fitness. *Korea journal of sport sience.* 2006; 17(1):66-74.
36. Jin JK, Lim SK. The norm-referenced standard for physical fitness in middle-aged firefighters. *J. Sport. Leis.* 2015; 62:785-794.