

[Research Paper]

# 고강도 인터벌 트레이닝(HIIT)이 소방공무원의 체력 및 업무능력에 미치는 영향

김철호 · 지창진\* · 김상호\*\*†

고려대학교 스포츠의학과 대학원생, \*고려대학교 사회체육학과 대학원생, \*\*고려대학교 국제스포츠학부 교수

## Effects of a High-Intensity Interval Training Program on the Fitness and Performance of Firefighters

Cherho Kim · Changjin Ji\* · Sangho Kim\*\*†

Graduate Student, Dept. of Sports Medicine, Korea University,

\*Graduate Student, Dept. of Sports and Leisure Studies, Korea University,

\*\*Professor, School of Global Sport Studies, Korea University

(Received February 14, 2020; Revised March 2, 2020; Accepted March 5, 2020)

### 요 약

본 연구는 소방공무원 16명을 대상으로 8주간 고강도 인터벌 트레이닝(HIIT) 중 타바타(Tabata) 프로그램을 진행하였으며 자료처리는 윌콕슨 순위검증(Wilcoxon signed rank test)와 대응표본 t검정(Paired t-test)분석을 실시하였다. 체력요인 중 하버드 스텝(Harvard step, 회)은 운동 전  $87.19 \pm 12.33$ 에서 운동 후  $93.81 \pm 13.27$  ( $p < .009$ ), 윗몸일으키기(회)는 운동 전  $35.75 \pm 10.73$ 에서 운동 후  $39.00 \pm 8.80$  ( $p < .001$ ), 악력(kg)은 운동 전  $53.35 \pm 6.11$ 에서 운동 후  $55.65 \pm 6.74$  ( $p < .035$ )으로 각각 유의한 차이가 나타났다. 신체조성 중 체지방률(%)은 운동 전  $17.69 \pm 4.32$ 에서 운동 후  $15.66 \pm 3.33$  ( $p < .003$ ), 근육량(%)은 운동 전  $36.65 \pm 4.38$ 에서 운동 후  $36.41 \pm 4.24$  ( $p < .043$ ), 체중(kg)은 운동 전  $75.50 \pm 6.40$ 에서 운동 후  $74.24 \pm 6.40$  ( $p < .000$ )으로 각각 유의한 차이가 나타났다. 37층 도착시간은 운동 전  $8 \text{ min } 13 \text{ s} \pm 1 \text{ min } 8 \text{ s}$ 에서 운동 후  $7 \text{ min } 19 \text{ s} \pm 1 \text{ min } 6 \text{ s}$  ( $p < .002$ ) 유의하게 감소시켰다. 따라서 HIIT는 화재 및 재난상황 대비 업무능력 향상에 긍정적 영향을 미칠 것으로 판단된다.

### ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the effectiveness of a Tabata exercise program as an alternative for firefighters whose working environment makes it difficult to manage physical fitness. The Tabata exercise program, in which 16 people participated, led to increased muscle mass and reduced weight and body fat, which not only improved the health of the firefighters but also improved their cardiopulmonary endurance, muscle endurance, and muscle strength, which are essential elements during firefighting emergency relief activities. On the basis of these results, it is believed that developing and providing guidelines for scientific and systematic exercise programs to firefighters will lead to better work capability during fire and disaster situations.

**Keywords :** Fire fighter performance, High intensity interval training (HIIT), Tabata training

## 1. 서 론

최근 고층 건축물이 기하급수적으로 증가한 결과, 대형 재난 발생 시 인명 구조 및 화재대응에 심각한 어려움이 발생하고 있다<sup>(1)</sup>. 초고층 건물일수록 연소 방향은 수직으로 향하기 때문에 과거에 비해 소방의 활동 범위는 증가함에

따라 소방공무원의 체력적 부담도 커지고 있다<sup>(2)</sup>. 초고층 건물은 화재 초기에 대응 속도 및 대응 방법에 따라 초기 진압 성공 여부를 결정한다. 초고층 건물은 병목현상이 발생하는 구조이기에 초기진압의 어려움을 가중시킨다<sup>(3)</sup>. 과거와 다른 고층 건물 구조에서는 소방시설의 오작동 혹은 화재에 대한 민감도가 감소할 경우 큰 사고로 이어지기 쉽다.

† Corresponding Author, E-Mail: [ksh1905@korea.ac.kr](mailto:ksh1905@korea.ac.kr). TEL: +82-44-860-1371, FAX: +82-44-860-1589

© 2020 Korean Institute of Fire Science & Engineering. All right reserved.

초고층 건물은 증가하지만 화재 진압이나 구급 등 현장 업무를 담당하는 소방공무원의 절반가량이 40세 이상이며 소방공무원들의 고령화 경향에 의해 소방력이 감소하는 위기에 놓여있다<sup>(4)</sup>. 업무 수행에서는 소방장비 착용시 최대산소섭취량과 최대심박수를 증가시켜 화재 위치 도달시간을 지연시킬 수 있으므로 체력관리는 초기 진압에서 중요하다<sup>(5)</sup>. 국내에서 소방공무원의 체력 관리는 개인의 몫으로 전가되는 상황이며 현장 업무 수행에 필요한 체력 유지 및 관리가 제도적으로 필요한 실정이다. 이에 반해, 미국의 소방 체력은 미국방화협회(National fire protection association; NFPA)에서 소방공무원 전원을 대상으로 정기적인 체력 평가, 소방공무원을 위한 체력단련 프로그램, 체력 향상 교육 및 상담, 체력 단련프로그램에 대한 정보 수집 및 관리 등으로 구성한다.

소방공무원의 근무 환경 및 관리는 불충분한 상황이다. 가중한 업무부하, 직무 불안정성, 보상의 적절성, 고도의 긴장상태 업무 및 수면부족 등은 반복적인 스트레스 환경에 노출되고 있다<sup>(6-7)</sup>. 수면부족의 불규칙적인 일상으로 인한 특정 호르몬을 자극하여 신체적·정신적 스트레스 증가를 직접적인 요인으로 볼 수 있다<sup>(8)</sup>. 주간 근무자에 비해 야간 근무자는 삶의 질 및 체력이 감소하는 경향이 나타났다<sup>(9)</sup>. 교대근무 부적응일 경우, 심혈관계 및 소화기질환 등 여러 질환 위험도는 상승한다<sup>(10)</sup>. 소방공무원의 업무 형태 및 시간의 변화에 따라 스트레스 호르몬의 변화가 나타났다<sup>(11)</sup>. 반복적인 직무스트레스 증가 및 누적은 호르몬의 변화, 수면의 질에 부정적 영향을 미친다<sup>(10-11)</sup>. 그동안 직무수행과 관련된 스트레스 치유에 소극적으로 대처해왔으며 소방관의 삶의 질에 대한 개선 방안이 필요한 실정이다.

국내 소방관련 선행연구에서, 일반인 및 선수들에게도 폭넓게 사용되는 고강도 인터벌 트레이닝(High intensity interval training, HIIT)이 교대근무 부적응 증상인 체력, 수면 및 우울증에 긍정적 영향을 미친 것으로 밝혔다<sup>(12)</sup>. 교대근무자는 부상의 위험도가 더 높기 때문에 근력 증가는 업무수행과 관련된 근골격계 질환을 최소화시킬 수 있다<sup>(13)</sup>. 소방공무원의 근무 환경 특성으로 인해 체력관리를 위한 시간과 공간의 제약이 많이 따른다. 따라서 이를 고려한 과학적이고 체계적인 개인별 체력 맞춤 프로그램이 부재 등이 문제점으로 제기된다.

본 연구는 근무 형태의 특성으로 인해 업무수행력과 관련된 체력 관리의 시간적, 공간적 제약을 받는 소방공무원에게 고강도 인터벌 트레이닝 중 타바타 운동을 통해 체력 및 업무 수행에 미치는 영향을 확인하고자 한다. 이를 통해 소방공무원의 환경적 제약을 극복한 체력 유지 및 관리 프로그램으로 현장에서 활용 가능성을 살펴보고자 한다.

## 2. 연구방법

### 2.1 연구대상

본 연구의 대상자는 창원시에 소재한 00소방서 소방공

Table 1. Characteristics of the Subjects

Subjects (n)	(Mean ± SD)		
	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)
16	35.76 ± 8.75	176.4 ± 5.89	75.87 ± 6.52

무원 16명이 참여하였으며, 1년 이상 심혈관계 질환이나 정형 외과적 병력이 없는 이들로 실험에 참가하기 전 실험과 관련된 모든 정보와 절차에 대한 설명을 듣고 실험 참가 동의서에 서명하였다. 8주 동안 고강도 인터벌 트레이닝(HIIT) 프로그램을 구성하고 적용하였다. 연구 대상자의 신체적 특성은 Table 1과 같다.

### 2.2 실험방법

본 연구는 8주간 고강도 인터벌 트레이닝 중 타바타 운동프로그램<sup>(14)</sup>을 적용하여 체력, 신체조성, 업무수행능력에 미치는 영향을 검증하기 위해 2019년 3월부터 5월까지 8주 동안 주 3회 점진적 운동 프로그램을 실시하였다. 독립변인으로 간헐적 고강도 트레이닝 그룹(16명)으로 설정하였고, 종속변인은 체력(근력, 근지구력, 심폐지구력)과 신체조성(체중, 근육량, 체지방률)으로 나누어 진행하였다.

### 2.3 측정도구 및 측정방법

#### 2.3.1 체성분(Body composition)

본 연구의 체성분 측정은 인바디(Inbody430, 2016)를 사용하여 측정하였다. 측정은 편안한 복장을 입고 장신구를 제거 후 양말을 벗은 상태로 실시하였다. 정확한 측정을 위하여 대상자에게 움직이지 않고 자세를 유지 하게 하였다.

#### 2.3.2 심폐지구력(Cardiovascular endurance)

본 연구의 심폐지구력 측정은 하버드 스텝 테스트로 하버드대학의 피로연구소에서 고안되었으며 하버드 스텝을 실시 후 심박수의 회복시간을 측정하는 방법으로 5 min간 40cm 높이의 벤치를 오르내리며 메트로놈 박자(속도 120)에 맞추어 실시하며 측정 후 1 min에서 1 min 30 s, 2 min에서 2 min 30 s, 3 min에서 3 min 30 s 동안 각 30 s 동안의 맥박수를 측정하여 공식에 대입하였다<sup>(15)</sup>.

$$PEI = \frac{\text{Step 수행시간 (300 s)}}{(\text{3번의 맥박수의 합}) \times 2} \times 100$$

PEI (Physical efficiency index, 신체효율지수)

#### 2.3.3 근 지구력(Muscle endurance)

본 연구의 근 지구력 측정은 복근의 동적 지구력을 횡수로 나타내는 측정 방법이다. 자신의 상반신을 부하로 하고 있으므로 지방이 많은 비만한 사람은 낮은 값을 나타낸다. 윗몸일으키기 측정법에는 여러 가지가 있는데 제한시간을

**Table 2.** HIIT Program

Section	Duration (Week)	Variable	Program	Time (min)	Rest (min)	Frequency / Rest
		Warm up		10		
I	1~2 <sup>i</sup>	Main Exercise	Standard Push Up	10	1	20 s /10 s x 2 rep
			Jump Squat			
			Cross Back Extension			
			Plank			
II			Wide stance Push Up		1	
			Jumping Lunge			
			Leg Raise			
			Burpee Test			
III	3~6 <sup>ii</sup>	Speed Squat	5	1		
		Mountain Climbing				
		Side Lunge				
		Burpee Test				
IV	7~8 <sup>iii</sup>	Reverse Plank	5	1		
		Hindu Push Up				
		Side Step				
		Burpee Test				
		Cool Down		5		

<sup>i)</sup> The 1~2 weeks program combines section I and II, with a total workout time of 25 min.  
<sup>ii)</sup> The 3~6 weeks program combines section I, II and III, with a total workout time of 30 min.  
<sup>iii)</sup> The 7~8weeks program combines section I, II, III and IV, with a total workout time of 35 min.

설정하지 않고 몸이 지칠 때까지 반복하는 것과 1 min, 2 min, 30 s간으로 시간을 제한하는 방법이 있다. 본 연구에서는 피험자를 시트업보드(Sit up board) 위에 눕히고 양발을 30cm 벌려 무릎을 직각으로 구부리며, 양손을 머리 뒤로 하여 각지를 끼게 한 후 ‘시작’신호와 함께 상체를 일으키며 양 팔꿈치가 양 무릎에 닿도록 일어난 다음 다시 눕기를 연속 반복을 실시하여 1 min간 반복하였다<sup>(16)</sup>.

**2.3.4 근력(Muscle power)**

본 연구에서 근력 측정은 악력을 측정으로 물건을 잡을 때 사용하는 손의 힘을 우리는 악력(Grip Strength)이라고 하며 측정방법은 앉은 자세로 측정으로 어깨의 각도 0°, 팔꿈치 각도는 90°, 손목각도는 중립자세를 취한 후 측정기의 손잡이를 손가락 둘째 마리로 잡고 레버를 힘껏 당겨 실시하였다.

**2.3.5 소방공무원 업무 수행능력 평가**

소방공무원 화재 진압 적합도 평가<sup>(17)</sup>를 토대로 장비를 착용하고 건축물의 비상계단을 통하여 옥상까지 이동한 후 소방 업무를 진행 하는 것으로 업무수행 평가를 실시하였으며 10층, 20층, 30층, 37층 도착시간을 각각 측정하였다.

**2.4 중재프로그램**

본 연구에서는 운동기구 사용법 및 운동 프로그램 교육

을 설명하고 동의를 받았으며 타바타 운동 프로그램은 총 8주간 주 3회(월, 수, 금) 시행 하였다. 공통적으로 시작 전 10 min간 준비운동(Warm-up), 종료 후 5 min간 정리운동(Cool-down)을 실시하였고 1세트의 운동시간은 4 min이며 20 s 운동, 10 s 휴식을 총 4번 2회 반복하는 트레이닝을 실시 하였다. 처음 1-2주는 적응 기간으로 2개 section 진행하였으며, 3-6주는 3 section , 7-8주는 4 section으로 강도를 늘려가면서 시행하였다. 운동 동작은 근육 부위별 6가지이며 기구 없이 하는 맨몸운동으로 대근육인 가슴, 등, 하체, 소근육인 어깨, 복근을 모두 사용 할 수 있도록 구성하였다(Table 2).

**2.5 자료분석**

본 연구에서 얻은 자료를 분석하기 위해서 IBM SPSS 20 통계분석 프로그램을 사용하였으며 모든 자료는 Wilcoxon signed rank test 검정을 통해 정규성 검정을 실시하였다. 기술통계 분석을 이용하여 측정치의 평균과 표준편차를 산출하였고, 독립변인인 트레이닝 사전(Pre), 사후(Post)에 따라 나타나는 종속변인인 체력과 신체조성, 업무수행능력 변인을 검정하기 위해 대응 표본 검정을 이용하여 분석 하였다. 자료 분석에 대한 통계적 유의수준은 *p-value* = .05로 설정하였다.

**Table 3.** Changes in the Physical Fitness Factor before and after HIIT

(Mean ± SD)				
List	Pre-test	Post-test	t-value	p-value
Cardio Endurance	87.19 ± 12.33	93.81 ± 13.27	-3.01	0.009**
Muscle Endurance	35.75 ± 10.73	39.00 ± 8.80	-4.18	0.001**
Muscle Power	53.35 ± 6.11	55.65 ± 6.74	-2.31	0.035*

\* p &lt; 0.05, \*\* p &lt; 0.01, \*\*\* p &lt; 0.001

**Table 4.** Changes in Body Composition Before and After HIIT Application

(Mean ± SD)				
List	Pre-test	Post-test	t-value	p-value
Body fat (%)	17.69 ± 4.32	15.66 ± 3.33	3.48	0.003**
Muscle (%)	35.65 ± 4.38	36.41 ± 4.24	-2.21	0.043*
Weight (kg)	75.50 ± 6.40	74.24 ± 6.40	4.45	0.000***

\* p &lt; 0.05, \*\* p &lt; 0.01, \*\*\* p &lt; 0.001

**Table 5.** Changes in HIIT Ability to Perform Tasks Before and After Application

(Mean ± SD)				
List	Pre-test	Post-test	t-value	p-value
37 <sup>th</sup> Floor Arrive (time)	08:18 ± 01:08	07:19 ± 01:06	3.77	0.002**

\* p &lt; 0.05, \*\* p &lt; 0.01, \*\*\* p &lt; 0.001

### 3. 연구 결과

#### 3.1 HIIT 적용 전·후 체력요인 차이

8주간의 HIIT 운동프로그램 적용에 따른 심폐지구력 차이(하버드스텝(회)), 근지구력(윗몸일으키기(회)), 근력(약력(kg))은 Table 3과 같다. 심폐지구력 요인은 실험 전에 87.19 ± 12.33에서 실험 후 93.81 ± 13.27 ( $p < .009$ ), 근지구력 요인은 실험 전 35.75 ± 10.73에서 실험 후 39.00 ± 8.80 ( $p < .001$ ), 근력 요인은 실험 전 53.35 ± 6.11에서 실험 후 55.65 ± 6.74 ( $p < .035$ ) 각각 통계적으로 유의한 차이가 나타났다.

#### 3.2 HIIT 적용 전·후 신체조성 요인 차이

8주간의 HIIT 운동프로그램 적용에 신체 조성차이는 Table 4와 같다. 체지방율(%) 요인은 실험 전 17.69 ± 4.32에서 실험 후 15.66 ± 3.33 ( $p < .003$ ), 근육량(%) 요인은 실험 전 35.65 ± 4.38에서 실험 후 36.41 ± 4.24 ( $p < .043$ ), 체중(kg) 요인은 실험 전 75.50 ± 6.40에서 실험 후 74.24 ± 6.40 ( $p < .000$ ) 각각 통계적으로 유의한 차이가 나타났다.

#### 3.3 HIIT 적용 전·후 업무수행 능력 변화

8주간의 HIIT 운동프로그램 적용에 따른 소방공무원 업무수행 능력 변화는 Table 5와 같다. 업무수행 능력 요인은 실험 전 08:18 ± 01:08에서 실험 후 07:19 ± 01:06 ( $p < .002$ )

통계적으로 유의한 차이가 나타났다.

### 4. 고 찰

본 연구는 총 8주간 진행 되었으며, 1년 이상 심혈관계 질환이나 정형 외과적 특이 병력이 없는 16명을 대상으로 HIIT 운동프로그램 실시 사전·사후 검증으로 하였다.

8주간 HIIT 운동프로그램 적용에 의한 체력요인의 결과를 살펴보면, 첫째, 심폐지구력 요인에서 약 6.6% 증가를 통해 통계적으로 유의한 변화가 나타났다. 저항 운동 트레이닝<sup>(18)</sup>은 심실 중격과 좌심실 벽의 두께를 증가와 함께 좌심실의 수축력 또한 증가되어 결과적으로 심박출량을 증가 높인다고 하였고 이는 고강도 인터벌 트레이닝을 통해 심폐능력을 향상시키는 요인이라 볼 수 있다. HIIT은 알파인 스키선수들<sup>(19)</sup>의 훈련 방법 중 하나이며 지속적 유산소 운동 보다 많은 시간을 할애 하지 않고 적은 시간으로 운동의 극대화하였다. HIIT은 소방공무원들 또한 공간 및 시간의 부담을 최소화하면서 심폐지구력 향상에 긍정적 역할을 한 것으로 사료된다.

둘째, HIIT 운동프로그램 적용에 의한 근지구력 요인 결과를 살펴보면, 약 3.3% 향상은 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 지속적 유산소성 운동에 반해 고강도 인터벌 트레이닝을 통해 최대근력 증가와 근지구력 증가에 영향에

미치는 것으로 선행연구에서 확인되었다<sup>(20)</sup>. 이처럼 유·무 산소성 대사에 대한 에너지 공급에 활발히 사용함으로써 ATP System과 근육의 사용 능력향상이 주된 이유로 볼 수 있다<sup>(21)</sup>.

셋째, HIIT 운동프로그램 적용에 의한 근력 요인 결과를 살펴보면, 약 2.3% 향상은 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 근력은 고강도 인터벌 트레이닝에 따른 Type II 섬유인 속근의 발달능력으로 인해 지속적 유산소운동 보다 유의하게 증가 되었다고 보고되었다<sup>(22)</sup>.

HIIT 운동프로그램 적용에 의한 신체조성을 살펴보면, 체지방률은 약 1.7% 감소, 근육량은 약 0.8% 증가, 체중은 약 1.5% 감소하여, 통계적으로 유의한 변화를 나타낸 결과를 보였다. 운동은 체지방 산화를 증가시켜 신체조성에 많은 변화를 가져오는데 간헐적 고강도 인터벌 트레이닝 역시 근육 내 미토콘드리아 효소를 발현 하게 하고 체지방 산화를 증가시키며 체중감소에 효과적 결과를 보고하였다<sup>(23)</sup>. HIIT 운동 후 약 22시간 동안 안정시 에너지 소비량을 유의한 증가시키고, 호흡률을 감소시켰다<sup>(24)</sup>.

소방 업무수행능력을 살펴보면, HIIT 운동프로그램 적용 후 업무수행 능력이 61 s 감소하였다. 초고층 건물의 화재 특성상 국내 피난 기준 시간은 6 min 이내로 안전한 장소로 대피해야 한다<sup>(25)</sup>. 산소부족과 유해가스에 노출 된다면 기초적인 대사에 필요한 에너지가 공급이 중단 되어 생체 내 장기 손상과 장애등을 일으키기도 한다<sup>(26)</sup>. 본 연구의 HIIT 운동 프로그램은 전신운동으로써 코어 및 큰 근육들로 이루어진 동작들로 소방공무원의 직무수행에 필수적인 오르기(Climbing), 밀기(Pushing), 끌기(Pulling), 들기(Lifting)를 수행하는데 필수적인 동작들이라 할 수 있다.

소방공무원이 현장 화재 및 구조 등의 활동 시 가장 중요한 체력인 심폐지구력, 근지구력, 근력의 향상 및 관리에 적합한 운동이라는 결론을 내릴 수 있다. 이러한 신체적 긍정적인 향상은 연령대와 상관없이 향상되어 꾸준한 HIIT 운동 프로그램을 적용 실시할 경우 소방공무원은 고령화에 영향을 받지 않고 효과적으로 소방임무를 수행할 수 있을 것으로 판단된다.

## 5. 결 론

본 연구의 목적은 8주간의 HIIT 운동 프로그램이 소방공무원의 신체조성 및 체력 업무수행에 미치는 영향을 규명하고 효과를 알아보려고 하였다. 직업 특성상 많은 시간을 할애하지 못하고 부족한 소방공무원들에게 짧은 시간에 효과적인 운동프로그램을 제안하기 위한 기초자료의 틀을 제공하는 것이다. 본 연구 결과를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, HIIT 운동 프로그램은 소방공무원의 체중감소, 체지방률 감소, 근육량 증가에 유의한 차이가 있었다( $p < 0.05$ ). 둘째, HIIT 운동 프로그램은 소방공무원의 심폐지구

력, 근지구력, 근력 증가에 유의한 차이가 있었다( $p < 0.05$ ). 셋째, HIIT 운동 프로그램은 소방공무원의 업무수행 능력 평가에 긍정적인 효과를 보였다( $p < 0.05$ ).

위와 같은 결론을 종합해보면 HIIT 운동 프로그램을 통해 소방공무원의 체중 및 체지방량 감소 근육량의 증가로 소방공무원 신체 유지관리 건강증진 뿐만 아니라 화재진압 응급구조 활동 중 필수 요소인 심폐지구력, 근지구력, 근력도 효과적인 향상을 주는 것으로 나타났다. 또한 소방공무원들에게 과학적이고 체계적인 운동 프로그램 가이드라인을 만들어 제공한다면 화재나 재난상황 대비 업무능력 향상을 가져 올 것으로 판단된다.

## 후 기

이 연구는 주저자(김철호)의 석사 학위 논문을 일부 수정, 보완한 것임.

## References

1. J. Y. Lee, "A Study on the Operation and Tactic Extinguishing the Fire in High-rise Building", Master's Thesis, Kyonggi University, pp. 1-50 (2013).
2. S. Y. Song, J. R. Kim, S. K. Lee, D. W. Song and T. H. Kim, "A Study on the Applying of the Disaster Information Center of High-rise Complex Building", Proceedings of 2010 Fall Annual Conference, Korean Institute of Fire Science & Engineering, pp. 390-395 (2010).
3. E. M. Hyun, K. H. Ahn, J. E. Lee and Y. S. Kim, "Improvement of Standard by Analyzing Evacuation Plans of Domestic High-rise Buildings - Focused on Domestic and Foreign Buildings Laws and Case Analysis", Korea Institute of Ecological Architecture and Environment, Vol. 19, No 3, pp. 53-62 (2019).
4. Ministry of Public safety and Security, "Study for Cause of Suffocation Disasters by Analysis of Suffocating Accidents in Confined Spaces in the Past 10 years : 2005-2015", (2015).
5. M. D. Huh and H. B. Chang, "Effect of Weight of Fire-protective Equipment for Physical Activity Ability", Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 24, No. 1, pp. 128-133 (2010).
6. K. H. Kim, "Influences of Job Stressors on Psychosocial Well-being, Fatigue and Sleep Sufficiency among Firefighters", Annals of Occupational and Environmental Medicine, Vol. 18, No. 3, pp. 232-245 (2006).
7. Y. S. Moon, "The Level and Job-related Provoking Factors of Firefighters' Stress", The Korean Journal of Local Government Studies, Vol. 15, No. 1, pp. 119-141 (2011).
8. M. Bracci, N. Manzella, A. Copertaro, S. Staffolani, E.

- Strafella, M. Barbaresi, B. Copertaro, V. Rapisarda, et al., "Rotating-shift Nurses after a day off: Peripheral Clock Gene Expressin, Urinary Melatonin, and Serum 17- $\beta$ -estradiol Levels", *Scand. J. Work Environ. Health.*, Vol. 40, No. 3, pp. 295-304 (2014).
9. L. L. Kaliterna, L. Z. Prizmic and N. Zganec, "Quality of Life, Life Satisfaction and Happiness in Shift- and Non Shift-workers", *Rev. Saude Publica*, Vol. 38, pp. 3-10 (2004).
  10. M. J. Yun, E. N. Eun and Y. H. Won, "Concept Analysis of Shift Work Maladaptation Syndrome", *Journal of Muscle and Joint Health*, Vol. 21, No. 2, pp. 135-144 (2014).
  11. K. S. Kim, S. W. Yoo, Y. L. Won and M. Y. Lee, "Duty-Dependent Changes in Stress Hormones of Firefighters", *J. Environ. Health Sci.*, Vol. 38, No. 3, pp. 195-203 (2012).
  12. S. T. Lim, S. K. Park, H. T. Park, Y. C. Kwon, E. H. Kim, W. N. Kim and S. K. Min, "Effects of Intermittent Exercise on Physical Function, Sleep Quality and Depressive in Night Shift Workers", *Korean Journal of Sports Science*, Vol. 24, No. 1, pp. 1011-1018 (2015).
  13. J. M. Kim, B. S. Suh, K. Y. Jung, D. I. Kim, W. S. Kim, H. S. Cho, J. W. Kim, J. Kwon, et al., "The Study for Musculoskeletal Symptoms and Job Stress in Firemen", *J. Korean Soc. Occup. Environ. Hyg.*, Vol. 17, No. 2, pp. 111-119 (2007).
  14. I. Tabata, K. Nishimura, M. Kouzaki, Y. Hirai, F. Ogita, M. Miyachi and K. Yamamoto, "Effects of Moderate- Intensity Endurance and High-Intensity Intermittent Training on Anaerobic Capacity and VO<sub>2</sub> Max", *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Vol. 28, No. 10, pp. 1327-1330 (1996).
  15. Seoul National University Institute of Sport Science, "Physical Activity Promotion System (PAPS)" (2010).
  16. G. J. Cho, "Measurement and Evaluation in Physical Education and Sport Science", Dae Han Media (2003).
  17. S. Y. Kim and J. Y. Lee, "Development of Firefighting Performance Test Drills while Wearing Personal Protective Equipment", *Fire Science and Engineering*, Vol. 30, No. 1, pp. 138-148 (2016).
  18. M. J. Joyner, E. F. Coyle, "Endurance Exercise Performance: the Physiology of Champions", *The Journal of Physiology*, Vol. 586, No. 1, pp. 35-44 (2008).
  19. M. Zuhl and L. Kravitz, "HIIT vs. Continuous Endurance Training: Battle of the Aerobic Titans", *IDEA Fitness Journal*, Vol. 9, No. 2, pp. 35-40 (2012).
  20. E. M. Gorostiaga, C. B. Walter, C. Foster and R. C. Hickson, "Uniqueness of Interval and Continuous Training at the Same Maintained Exercise Intensity", *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, Vol. 63, No. 2, pp. 101-107 (1991).
  21. G. Rodas, J. L. Ventura, J. A. Cadefau, R. Cuss and J. Parra, "A Short Training Programme for the Rapid Improvement of both Aerobic and Anaerobic Metabolism", *European Journal of Applied Physiology*, Vol. 82, No. 5-6, pp. 480-486 (2000).
  22. V. L. Billat, L. Mille-Hamard, B. Petit and J. P. Koralsztejn, "The Role of Cadence on the VO<sub>2</sub> Slow Component in Cycling and Running in Triathletes", *International Journal of Sports Medicine*, Vol. 20, No. 7, pp. 429-437 (1999).
  23. J. L. Talanian, S. D. Galloway, G. J. Heigenhauser, A. Bonen and L. L. Spriet, "Two Weeks of High-intensity Aerobic Interval Training Increases the Capacity for Fat Oxidation During Exercise in Women", *Journal of Applied Physiology*, Vol. 102, No. 4, pp. 1439-1447 (2007).
  24. A. Paoli, T. Moro, G. Marcolin, M. Neri, A. Bianco, A. Palma and K. Grimaldi, "High-Intensity Interval Resistance Training (HIRT) Influences Resting Energy Expenditure and Respiratory Ratio in Non-dieting Individuals", *Journal of Translational Medicine*, Vol. 10, No. 1, p. 237 (2012).
  25. Y. G. Kim, "A Study on the Evaluation of Stairway Evacuation Using Crowd Movement Information Measuring Equipment (Centered on 7 Subway Station Stairways)", Ph.D. Dissertation, Hoseo University (2017).
  26. S. C. Jung, Y. J. Lee, J. M. Lee, J. H. Son and S. C. Kim, "Cognitive Performance Following Oxygen Administration", *Proceedings of 2003 Spring Conference, Korean Society for Emotion and Sensibility*, pp. 111-114 (2003).