

## 소방용 보호장구의 무게가 신체활동능력에 미치는 영향 Effect of Weight of Fire-protective Equipment for Physical Activity Ability

허만동\* · 방창훈†

Man-Dong Huh\* · Chang-Hoon Bang†

\*경남대학교 체육교육과, 경남대학교 소방방재공학과  
(2010. 1. 18. 접수/2010. 2. 19. 채택)

### 요 약

본 연구에서는 소방용 보호장구의 무게가 소방공무원의 신체활동능력에 미치는 영향을 조사하여 소방공무원의 안전을 위한 기초자료 제공을 목적으로 하며 연구에서 얻어진 결과를 제시하면 다음과 같다. 최대 지친상태 도달시간은 소방용 보호장구의 무게와 같은 웨이트 자켓을 입은 경우가 체육복을 착용한 경우보다 18.8% 짧게 나타났다. 최대산소섭취량( $VO_{2max}$ )은 체육복을 착용한 경우가 웨이트 자켓을 입고 신체활동을 수행할 때보다 17.6% 증가하였다. 최대심박수(HRmax)는 체육복을 착용한 경우가 웨이트 자켓을 입고 신체활동을 수행할 때보다 5.4% 높게 나타났다.

### ABSTRACT

The aim of study intends to investigate effect of weight of fire fighting protective equipment for physical activity ability and to provide the base data for the safety of firefighter. The results of the study are as follows. The maximum all-out time is short about 18.8% in weight-jacket case which weight is same with fire-protective equipment than case of gym suit. The maximum oxygen consumption increased 17.6% in gym suit case than case of weight-jacket. The maximum heart rate is high 5.4% in gym suit case than case of weight-jacket.

**Key words** : Firefighter, Physical activity ability

### 1. 서 론

소방공무원은 화재현장에서 고온의 열기와 위험물로부터 신체를 보호하고 효과적인 화재진압과 인명구조를 위하여 소방방화복과 공기호흡기 등 다양한 보호장구를 착용한다. 또한 소화를 위한 소방호스, 구조구급을 위한 유압장비 등 중량의 기구를 사용하여 소방공무원의 신체는 보호장구와 작업도구의 과중한 무게로 인하여 매우 가혹한 작업조건에 놓이게 된다.

최근 도시화로 인한 건물의 집적화는 화재하중을 증가시켰으며, 각종 새로운 합성소재의 개발은 화재시 발생하는 열량을 과거와는 비교할 수 없을 만큼 높였다. 또한 건물의 단열화는 에너지의 집적으로 화재성장을 더욱 빠르게 발달시켜 화재진압을 하는 소방공무원에

게는 과거와는 다른 매우 가혹한 열적환경에 놓이게 되었다.<sup>1,2)</sup>

이에 따라 미국의 경우 1987년 더욱 열악해지는 화재현장에서 위험물에 대비하고 초고온환경에 견딜 수 있도록 새로운 NFPA 기준이 마련이 되면서 소방방화복의 성능이 개선이 되었다. 하지만 개선된 소방방화복의 다층화된 구조는 무게를 증가 시켰으며 수증기의 배출이 어려워지고 열교환율이 감소하여 체온조절을 어렵게 만들었다. 이는 소방공무원을 더욱 힘들게 하였으며 소방방화복을 입고 작업 시 작업에너지 소모량을 50% 정도 증가시켰다.<sup>3,4)</sup>

우리나라에서도 소방용 보호장구에 대한 기준이 개선되어 예전보다는 우수한 성능을 나타내고 있으나 일선 소방공무원들은 여전히 무게감과 착용성에 대하여 개선의 요구가 있으며 소방용 보호장구 착용이 신체에 미치는 영향에 대한 연구는 매우 부족한 현실이다.

† E-mail: bangch@kyungnam.ac.kr

일반적으로 신체활동시 나타나는 여러 가지 생리적인 반응은 신체활동 수행능력이나 건강상태를 파악하는 중요한 자료가 된다. 최대산소섭취량은 심혈관계의 최대 기능적 능력을 반영하며, 심혈관계의 기능은 심폐지구력을 결정하는 가장 중요한 요인이다. 또한 신체활동 시작과 더불어 거의 동시에 심박수가 급격하게 상승하며 최대신체활동에 이를 때까지 직선적으로 증가하다가 종료 시에 고원현상을 보인다. 그리고 혈압은 심박출량과 총말초저항에 의해 결정되며, 신체활동 중의 수축기 혈압은 신체활동 강도가 증가함에 따라 상승하게 되며 이것은 심박출량이 증가되기 때문에 나타나는 현상이다. 또한 주위 온도가 상승하거나 고강도의 신체활동은 체내 열생산을 촉진하여 신체는 체온조절을 위하여 혈압을 상승시키게 된다.<sup>5)</sup>

미국의 경우 심혈관계 질환의 사망자를 조사한 결과 소방공무원(45%), 경찰(22%), 일반근로자(15%), 응급구조자(11%)로 조사되어<sup>6)</sup> 타 직업군에 비하여 소방공무원의 경우 신체활동시 심혈관계 반응은 매우 중요하며 이에 대한 연구가 선행적으로 이루어져야 할 것으로 사료된다.

Selkirk 등<sup>7)</sup>은 소방방화복과 공기호흡기를 착용한 소방공무원의 신체활동시 온도가 25°C에서 35°C로 상승함에 따라 최대작업시간이 작업강도에 따라 최대 56%, 작업강도변화에 따라서는 최대 29%까지 감소한다고 보고하였다. Randy 등<sup>8)</sup>은 소방방화복과 공기호흡기를 착용한 경우 최대산소섭취량( $VO_2max$ )이 증가한다고 보고하였다.

이상의 연구결과에서 소방공무원이 업무 수행 중에 착용하는 소방방화복 및 공기호흡기는 소방공무원의 신체활동 수행능력에 상당한 영향을 미침을 알 수 있다. 하지만 국내에서는 이에 대한 연구가 거의 이루어지지 않았다.

본 연구는 화재현장에서 소방공무원이 착용하는 소방방화복과 공기호흡기의 무게가 신체활동능력에 미치는 영향을 분석하여 소방공무원의 안전을 위한 기초자료 제공을 목적으로 한다.

## 2. 연구방법

### 2.1 연구대상

본 연구의 대상은 경남 K대학교 재학생이며, 근골격계 질환이 없는 소방공무원을 희망하는 건강한 남학생 8명을 대상으로 본 연구의 취지를 밝히고, 실험에 자발적으로 동의한 학생들을 피험자로 선정하였으며, 연구 참여에 앞서 본 연구에 대한 충분한 설명과 측정절

**Table 1.** Physical Characteristics of Subjects (n = 8)

Age (y)	Height (cm)	Weight (Kg)	Fat (%)
21.9 ± 1.2	177.0 ± 6.3	69.5 ± 8.3	19.3 ± 2.6

차에 따르게 주의 사항을 알려주었다. 연구 대상자의 신체적 특성은 Table 1과 같다.

### 2.2 연구방법

본 연구에서 수행한 측정 계획과 방법으로는 측정 대상자에 각 종 측정에 대한 위험성, 특성 및 방법에 대하여 설명하였고, 측정 방법은 피험자들은 1회 측정 후 1주간의 휴식을 취하고 2회 측정을 동일한 방법으로 실시하였다. 체육복 차림으로 1회 측정하고 국내 A사에서 생산한 소방방화복(12kg)과 공기호흡기(6.6kg)의 총무게와 같은 18.6kg의 웨이트 자켓을 입고 1회씩 측정 하여 총 2회를 실시하였으며, 측정에 대한 적응을 피하기 위하여 4명씩 두 그룹으로 나누어 1회 측정에서 4명은 체육복, 4명은 웨이트 자켓을 착용하여 측정하였으며, 1주후 반대 복장을 하여 측정을 하여 자료를 수집하였다.

### 2.3 측정방법

#### 2.3.1 신체적 특성

Martin식 인체 계측기를 이용하여 피검자를 직립 자세로 자연스럽게 취하고 하고, 발꿈치는 붙이고 양 발끝은 30-40° 벌리고, 무릎은 펴고, 바닥에서 두정점까지의 거리를 0.001m 단위로 측정하였다. 체지방 검사는 체성분 검사기(Inbody 3.0, Biospace Co)을 이용하여 분석하였다.

#### 2.3.2 신체활동 부하검사방법(GXT 검사)<sup>9)</sup>

체육복과 웨이트 자켓의 착용 후 지구력성 최대 작업 능력에 대한 신체변화를 알아보기 위하여 최대 운동부하 검사방법인 브루스 프로토콜(Bruce protocol)을 실시하였다.<sup>5,9)</sup> 측정장비는 자동가스분석기(Trueone 2400, Parvo Med)와 트레드밀(Q-Stress TM55, Quinton)을 사용하였다. 자동가스분석기의 보정을 측정 1시간 전에 완료하여 측정하였으며, 트레드밀 보정도 동시에 하여 측정 시 오차를 최소화하였다.

점진적 과부하 방법으로 측정을 실시하여 측정 중단의 생리적 지표로서는 최대산소섭취량의 고원(plateau) 상태, 연령에 따른 목표심박수의 도달, 호흡상이 1.2를 초과 하였을 때, 그리고 피험자가 더 이상 측정을 지속 할 수 없다는 표시를 할 때 즉 최대치진상태(all-out)

에서 측정을 중단하였다.

측정 프로토콜의 각 단계별 체중당 산소섭취량, 분당 심박수, 혈압, 분당 호흡수, 총에너지소모량을 측정하였으며, 최대지친상태(all-out)의 최대산소섭취량, 최대심박수, 최대호흡수, 도달시간을 측정하였다.

#### 2.4 결과처리

실험 자료의 처리는 SPSS 14.0을 이용하여 평균(M)과 표준편차(S.D)를 산출하였다. 신체활동시간, 최대산소섭취량 그리고 최대심박수의 비교는 independent t-test로 비교하였으며, 각 단계별 분석은 2-way repeated-measures ANOVA를 사용하였으며, 사후 검증으로는 Turkey 방법으로 하였으며, 유의도는 .05로 설정하였다.

### 3. 결과 및 논의

#### 3.1 장기간 신체활동 후 최대 신체변화

Table 2에 장기간 신체활동 후 최대신체변화를 나타내었다.

본 연구에서는 장기간 지속적인 속도와 경사도 변화를 주어 최대지친상태(all out)의 결과를 최대신체변화로 하였다. 최대신체변화에서 최대지친상태 도달시간(All-out time)은 소방용 보호장구의 무게와 같은 웨이트 자켓을 입은 경우가 체육복을 착용할 때보다 18.8% 짧게 나타났으며 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $p < .01$ ). 즉 소방공무원이 착용하는 소방용 보호장구의 무게가 신체에 피로감을 증가시키고 이에 따라 최대지친상태에 도달하는 시간을 짧게 함을 알 수 있다. 하지만 소방공무원은 화재 진압시 소방호스, 각종 중량의 도구를 사용하며 이에 따라 최대지친상태는 더욱 빨리 도달할 것으로 사료된다.

최대산소섭취량( $VO_2max$ )은 체육복을 착용한 경우가 웨이트 자켓을 입고 신체활동을 수행할 때보다 17.6% 증가하였으며 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $p < .05$ ).

Table 2. Metabolic Responses by Conditions

항목	구분	M±SD	df	t	p
All-out Time (sec)	CON	853.38 ± 73.659	14	3.059	.009
	WJG	718.13 ± 101.076			
$VO_2max$ (ml/kg/min)	CON	44.33 ± 3.265	14	2.858	.013
	WJG	37.69 ± 5.699			
HRmax (beats/min)	CON	199.38 ± 8.535	14	2.749	.016
	WJG	189.25 ± 5.994			

CON: 체육복, WJG: 웨이트 자켓착용

이는 체육복의 경우 최대지친상태에 도달하는 시간이 웨이트 자켓의 경우보다 길어서 나타나는 현상이다.

소방공무원의 체력수준은 작업강도를 결정하는 중요한 요소일 뿐만 아니라 개인의 건강상태를 평가함에 있어 유용한 지표가 된다. 그리고 개인의 체력수준을 평가함에 있어 특히 중요시되는 것이 심폐기능에 관한 요소이며 이러한 심폐기능을 평가하는 주요 지표로는 최대산소섭취량을 들고 있다. 연구결과에서 소방용 보호장구의 무게가 소방공무원의 심폐기능에 상당한 영향을 미침으로써 작업능력을 저하시키고 이는 소방공무원의 직업성 질병과 사고 유발요인으로 작용할 수 있다.

미국의 경우<sup>10)</sup> 소방공무원의 사망 원인 중 심장마비가 39%로 가장 높은 것으로 보고되었으며 국내에서도 2007년 소방공무원 질병 공사상자의 원인을 분석한 자료<sup>11)</sup>에서 과로(25%), 뇌출혈(18.8%), 뇌경색(12.5%), 심근경색(12.5%) 등으로 나타나 이에 대한 연구가 보다 자세한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

최대심박수(HRmax)는 체육복을 착용한 경우가 웨이트 자켓을 입고 신체활동을 수행할 때보다 5.4% 높게 나타났으며 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $p < .05$ ).

체육복을 입은 경우에 심박수가 높게 나오는 이유는 웨이트 자켓을 입은 경우 최대지친상태(all-out)가 일찍 나타나 짧은 시간 운동한 반면 오랜 시간 운동한 체육복의 경우에 심박수가 높게 나타났다.

심박수는 운동시작과 더불어 거의 동시에 급격히 상승하는 양상을 보이는데 이는 작용근육과 관절부에 있는 수용체로부터의 신경반사가 그 원인이다. 또한 심박수는 신체활동이 증가함에 따라 함께 증가하며 건강한 성인의 경우 1분간 심박수는 보통 60~80회이며 운동 시에는 최고 210~240회까지 상승한다.<sup>5)</sup>

소방공무원의 경우 화재발생 신고와 동시에 출동하게 되며 이때 순간적으로 심박수가 급격히 증가하게 된다. 또한 화재진압 현장에서의 고온 환경도 심박수를 빠르게 하며 소방호스 또는 각종 무거운 도구의 사용도 심박수에 영향을 미친다.

Selkirk 등<sup>7)</sup>의 연구에서 작업강도가 증가함에 따라 심박수가 증가하였으며 작업온도가 상승하여도 증가한다고 보고하였다. 또한 Michael 등<sup>12)</sup>은 미국의 소방공무원 채용 신체검사인 CPAT(Candidate Physical Ability Test)의 시험에서 1단계인 스텝밀 테스트에서 3분 만에 심박수가 초기 상태에서 최대심박수의 90%인 166~173까지 증가한다고 보고하였다.

#### 3.2 신체활동 단계별 신체변화

Figure 1은 신체활동 단계별 혈압, 총에너지소모량,

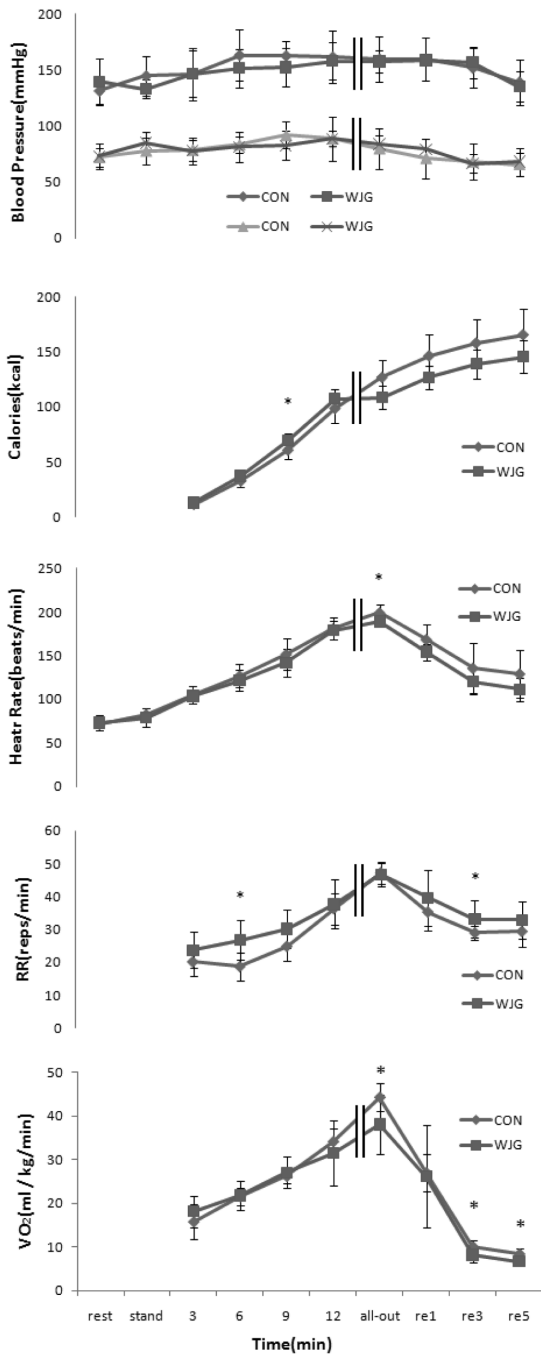


Figure 1. Graph of variables during working time.

분당 심박수, 분당 호흡수, 체중당 산소섭취량 등의 신체변화를 나타낸 그림이며 x축은 준비(rest), 대기(stand), 운동시간, 최대지친상태(all out), 휴식후 1분, 3분, 5분

(re1, re3, re5)을 의미한다.

혈압은 준비상태에서 체육복의 경우(132, 72mmHg)와 웨이트 자켓의 경우(140, 74mmHg)로 나타났으며, 최대지친상태에서는 체육복의 경우(160, 80mmHg), 웨이트 자켓(158, 84mmHg)로 증가하였다. 최대신체활동을 마친 5분 후 동안에 거의 초기 상태로 돌아갔다.

총에너지 소모량은 운동이 시작된 후 급격히 증가하였으며, 웨이트 자켓을 입은 경우에 총에너지 소모량이 비교적 높게 나타났으나, 최대지친상태에서는 각각 체육복의 경우 127kcal, 웨이트 자켓의 경우 109kcal로 나타났다. 이는 체육복의 경우가 웨이트 자켓의 경우보다 최대지친상태에 이르는 시간이 오래 걸려서 나타나는 현상이다.

심박수는 최대지친상태에서 체육복의 경우 199회, 웨이트 자켓의 경우 189회로 나타났다.

호흡수는 운동시간 동안 웨이트 자켓의 경우가 체육복의 경우보다 높게 나타나며 최대 지친 상태에서는 각각의 경우 동일하게 47회로 나타났다.

산소섭취량은 초기에는 웨이트 자켓의 경우가 조금 높게 나타나며 최대지친상태에서는 체육복의 경우가 웨이트 자켓의 경우보다 높게 나타났다.

Table 3은 각 단계별 변인 분석을 2-way(RM)-ANOVA로 실시한 결과이다.

산소섭취량( $VO_2$ )은 체육복과 웨이트 자켓 간에는 유의한 차는 나타나지 않았으나( $p > .05$ ) 실험 시간에 따른 유의한 변화는 나타났다( $p < .05$ ). 그러나 상호작용은 나타나지 않았다( $p > .05$ ). 따라서 본 실험에서는 신체활동 강도가 산소섭취량에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

분당 호흡수(RR, Respiratory Rate)는 체육복과 소방용 보호장구 간에는 유의한 차가 나타나 웨이트 자켓의 착용의 경우 분당 호흡수가 높게 나타났으며( $p < .05$ ), 측정 시간에 따라 유의한 변화가 나타났다( $p < .05$ ). 그러나 상호작용은 나타나지 않았다( $p > .05$ ). 따라서 소화방화복의 무게는 작업 강도와 호흡수에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

분당 심박수(HR, Heart Rate)는 체육복과 웨이트 자켓 간에 유의한 차는 나타나지 않았으나( $p > .05$ ) 측정 시간에 따른 유의한 변화는 나타났다( $p < .05$ ). 그러나 상호작용은 나타나지 않았다( $p > .05$ ). 그러므로 웨이트 자켓은 작업 강도에 따라 분당 심박수에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

총에너지소비량은 체육복과 웨이트 자켓 간의 유의한 차는 나타나지 않았으나( $p > .05$ ) 측정 시간( $p < .05$ )과 상호작용( $p < .05$ )은 유의한 변화가 나타났다. 수축

Table 3. Result of 2 way(RM)-ANOVA

Variance	Source	SS	df	MS	F	p
VO <sub>2</sub> (ml/kg/min)	Group (A)	12.636	1	12.636	.262	.618
	Test Time (B)	13,016.700	7	1,859.529	122.774	.001
	A × B	112.496	7	16.071	1.061	.396
	Error	1,272.640	84	15.146		
	Total	14,414.472	99			
RR (beats/min)	Group (A)	359.734	1	359.734	5.918	.032
	Test Time (B)	6,541.705	7	934.529	42.948	.001
	A × B	150.811	7	21.544	.990	.444
	Error	1,827.755	84	21.759		
	Total	8880.005	99			
HR (beats/min)	Group (A)	1,985.263	1	1,985.263	2.101	.175
	Test Time (B)	176,958.100	9	19,662.011	136.937	.001
	A × B	1,285.146	9	142.794	.994	.450
	Error	14,214.808	99	143.584		
	Total	194,443.317	118			
Calories (kcal)	Group (A)	75.551	1	75.551	.092	.766
	Test Time (B)	302,758.6	7	43,251.233	497.962	.001
	A × B	1,553.834	7	221.976	2.556	.020
	Error	7,295.952	84	86.857		
	Total	311,683.937	99			
DBP (mmHg)	Group (A)	14.780	1	14.780	.046	.834
	Test Time (B)	6,240.146	8	780.018	5.899	.001
	A × B	661.138	8	82.642	.625	.755
	Error	11,635.256	88	132.219		
	Total	18,551.320	105			
SBP (mmHg)	Group (A)	306.668	1	306.668	.198	.665
	Test Time (B)	10,117.021	8	1,264.628	7.416	.001
	A × B	1,278.252	8	159.781	.937	.491
	Error	1,006.261	88	170.526		
	Total	26,708.202	105			

기 혈압(SBP)과 이완기 혈압(DBP)은 체육복과 웨이트 자켓 간의 유의한 차는 나타나지 않았으나( $p > .05$ ) 측정 시간에 따른 유의한 변화는 있었으며( $p < .05$ ) 상호 작용은 나타나지 않았다( $p > .05$ ).

#### 4. 결 론

본 연구에서는 소방용 보호장구의 무게가 소방공무원의 신체활동능력에 미치는 영향을 조사하여 소방공무원의 안전을 위한 기초자료 제공을 목적으로 하며 연구에서 얻어진 결과를 제시하면 다음과 같다.

첫째, 최대지친상태 도달시간(All-out time)은 소방용 보호장구의 무게와 같은 웨이트 자켓을 입은 경우가

체육복을 착용한 경우보다 18.8% 짧게 나타났으며 통계적으로 유의한 차가 있었다( $p < .05$ ).

둘째, 최대산소섭취량(VO<sub>2</sub>max)은 체육복을 착용한 경우가 웨이트 자켓을 입고 신체활동을 수행할 때보다 17.6% 증가하였으며 통계적으로 유의한 차가 있었다( $p < .05$ ).

셋째, 최대심박수(HRmax)는 체육복을 착용한 경우가 웨이트 자켓을 입고 신체활동을 수행할 때보다 5.4% 높게 나타났으며 통계적으로 유의한 차가 있었다( $p < .05$ ).

#### 감사의 글

이 결과물은 2010학년도 경남대학교 학술연구장려금

지원에 의한 것임.

### 참고문헌

1. Lawson, J. Randall, Walton, W. Douglas, and Twilley, William H., "Fire Performance of Furnishings as Measured in the NBS Furniture Calorimeter. Part I", U.S. National.
2. J. Randall Lawwon, "Fire Fighter's Protective Clothing and Thermal Environments of Structural Fire Fighting", NISTIR 5804, NIST(1996).
3. G.A. Selkirk and T.M. McLellan, "Physical Work Limits for Toronto Firefighters in Warm Environments", Journal of Occupational and Environmental Hygiene, Vol.1, No.4, pp.199-212(2004).
4. H.W. Duncan, G.W. Gardner, and R.J. Barnard, "Physiological Responses of Men Working in the Fighting Equipment in the Heat", Ergonomics, Vol.22, No.5, pp.521-527(1979).
5. 정일규, 윤진환, "휴먼퍼포먼스와 운동생리학", 대경북스(2006).
6. Stefanos N Kales, Elpidoforos S Soteriades, Stavros G Christoudias, and David C Christiani, "Firefighters and On-duty Deaths from Coronary Heart Disease: A Case Control Study", Environmental Health: A Global Access Science Source, No.6, pp.1-13(2003).
7. G.A. Selkirk and T.M. McLellan, "Physical Work Limits for Toronto Firefighters in Warm Environments", Journal of Occupational and Environmental Hygiene, Vol.1, No.4, pp.199-212(2004).
8. Rany W. Dreger, Richard L. Jones, and Stewart R. Petersen, "Effects of the Self-contained Breathing Apparatus and Fire Protective Clothing on Maximal Oxygen Uptake", Ergonomics, Vol.49, No.10, pp.911-920(2006).
9. ACSM, "ACSM' Guidelines for Exercise Testing and Prescription Seventh Edition", Lippincott Williams & Wilkins(2006).
10. "Fire-related Firefighter Injuries in 2004", FEMA (2008).
11. 소방방재청, "2007년도 소방공무원 공사상자 발생현황"(2008).
12. F. Michael Williams-Bell, Rodrigo Villar, Michael T. Sharratt, and Richard L. Hughson, "Physiological Demands of the Firefighter Candidate Physical Ability Test", Medicine & Science in Sport & Exercise, Vol.41, No.3, pp.653-662(2008).
13. 김권운, "소방공무원의 재난현장 안전에 관한 연구", 한국방송통신대학교, 석사학위논문(2003).
14. 강방식, "소방공무원의 직업병과 건강관리", 호서대학교, 석사학위논문(2005).
15. 김종명, "소방공무원의 신체안전실태 및 체력증진방안", 한국체육대학교, 석사학위논문(2005).