

최대 지친상태가 신체의 평형성, 민첩성, 순발력에 미치는 영향 Effect of All-out Condition on Physical Balance, Agility and Power

허만동* · 방창훈†

Man-Dong Huh* · Chang-Hoon Bang†

*경남대학교 체육교육과, 소방방재공학과
(2010. 2. 24. 접수/2010. 4. 9. 채택)

요 약

본 연구에서는 최대 지친상태가 신체의 평형성, 민첩성, 순발력에 미치는 영향을 조사하여 소방공무원의 안전을 위한 기초자료 제공을 목적으로 하며 연구에서 얻어진 결과를 제시하면 다음과 같다. 순발력 평가를 위한 제자리 높이뛰기는 운동부하 검사 전에는 $41.0 \pm 3.2\text{cm}$, 검사 후 즉 최대 지친상태에서는 $42.2 \pm 6.02\text{cm}$ 로 측정되었다. 평형성 검사에서 정적평형성 평가를 위한 눈감고 한발로 서기는 운동부하 검사 전에는 $40.3 \pm 36.8\text{sec}$ 검사 후는 $27.5 \pm 27.18\text{sec}$ 로 측정되어 약 32% 감소하는 경향이 나타났다. 동적평형성 검사를 위한 평균대 걸기에서는 운동부하 검사 전에는 $6.2 \pm 1.22\text{sec}$ 검사 후에는 $6.4 \pm 1.57\text{sec}$ 로 나타났다 통계적으로 유의하였다. 민첩성 평가를 위한 반복 옆뛰기 결과 운동부하 검사 전에는 $40.3 \pm 3.40\text{rep}/20\text{sec}$ 검사 후에는 $43.3 \pm 2.50\text{rep}/20\text{sec}$ 로 통계적으로 유의하게 증가하였다. 또한 전신반응검사에서는 운동부하 검사 전에는 $0.21 \pm 0.05\text{sec}$, 검사 후에는 $0.18 \pm 0.02\text{sec}$ 로 약간 감소하였다.

ABSTRACT

The aim of study intends to investigate effect of All-out condition on physical balance, agility and power and to provide the base data for the safety of firefighter. The results of the study are as follows. For power estimation, the sargent jump is $41.0 \pm 3.2\text{ cm}$ before estimation and $42.2 \pm 6.02\text{ cm}$ after estimation as All-out condition. For static balance estimation, the closed-eyes foot balance is $40.3 \pm 36.8\text{ sec}$ before estimation and $27.5 \pm 27.18\text{ sec}$ after estimation. For dynamic balance estimation, the beam walking is $6.2 \pm 1.22\text{ sec}$ before estimation and $6.4 \pm 1.57\text{ sec}$ after estimation. The results are statistically significant. For agility estimation, the side step is $40.3 \pm 3.40\text{ rep}/20\text{ sec}$ before estimation and $43.3 \pm 2.50\text{ rep}/20\text{ sec}$ after estimation. The results are statistically significant. The wholebody reaction time is $0.21 \pm 0.05\text{ sec}$ before estimation and $0.18 \pm 0.02\text{ sec}$ after estimation.

Key words : Firefighter, All-out condition

1. 서 론

우리나라의 산업화와 도시화는 소방공무원에게 새로운 위협요인으로 작용하고 있다. 도심 건물의 고층화 및 지하화는 소방공무원의 접근 위험성을 증가시키고, 새로운 건축자재의 적용은 다양한 유독가스와 발열량 증가를 초래하게 되었으며 이러한 가혹한 환경에 적응하기 위하여 소방공무원은 고성능의 방화복과 안전장구를 착용하게 되었다. 이는 소방공무원의 작업강도를 증가시켜서 체력적 소모를 더욱 가중시키게 되었다.

Malley¹⁾ 등은 현대적 소방방화복이 전통적 소방방화복에 비하여 작업시 소방공무원의 산소소모량과 신체 수분손실을 더욱 증가시켜 소방공무원의 체력이 더 빨리 소모한다고 하였다. 소방공무원의 체력적 소모는 과로와 피로로 이어지면서 부상을 일으키는 주요인으로 작용하게 된다.

Walton²⁾ 등은 1992년부터 1999년까지의 소방공무원의 사고를 조사한 결과 직접적인 과로와 연관된 경우가 33%, 간접적으로 연관된 경우를 포함하면 83%가 과로가 원인이었다고 보고하였다. 또한 Romet³⁾은 건물 침투 등의 고강도 작업의 경우 신체적 부담감이 크기 때문에 저강도 작업과 주기적 교체 작업하는 것이 사

† E-mail: bangch@kyungnam.ac.kr

고예방을 위하여 필요하다고 하였다. Sirpa⁴⁾ 등은 연기가 가득한 모형실에서 소방전공 학생들을 대상으로 실험한 결과 실험시간 17±4분 만에 혈압이 95±6%, 최대 산소소모량 60±12%가 증가한다고 보고하였다. 이상의 연구결과 소방공무원은 작업시 체력적 소모가 심하며 이에 따라서 피로와 과로를 많이 느낀다. 2007년 소방공무원 질병 공사상자의 유형별 원인분석에서 과로가 25%로 가장 큰 요인으로 나타났다.⁵⁾

일반적으로 피로는 일정노동 후 수면이나 기타의 휴식을 통해 쉽게 회복되는 정상적인 생리적 현상의 일부이지만 작업행위가 과도히 지속되고 회복할 수 있는 시간적 여유를 갖지 못하는 경우 적응의 장애가 발생한다. 그 결과 생리적 기능 및 작업능력이 저하되는 작업피로를 초래하여 노동생산성의 저하뿐만 아니라 재해와 질병의 원인이 된다.⁶⁾ 따라서 작업피로가 소방공무원의 신체에 미치는 영향에 대한 자세한 연구가 필요하다.

소방공무원은 화재작업 시 소방방화복을 착용하고 공기호흡기, 소방호스, 유압장비 등 각종 장비를 사용하여 신체의 움직임에 상당한 제약요인으로 작용한다. 또한 구조구급시에는 인명구조장비와 들것을 이용하기 때문에 신체유지에 큰 어려움이 있다.

신체의 평형성 유지와 응급상황에서의 민첩성과 순발력은 소방공무원의 사고 예방과 효율적인 작업을 위하여 필수적이며 소방공무원의 작업에는 반드시 필요한 체력요소이다. 또한 민첩성은 위치와 방향을 빠르고 정확하게 바꿀 수 있는 통제된 능력이며, 평형성은 신체를 어떤 자세로 유지하는 능력이다. 그리고 순발력은 높이 뛰거나, 멀리 물건을 던지는 등과 같은 짧고 한정된 시간 내에 강한 파워의 일을 하는 능력을 의미한다.⁷⁾

Punakallio⁸⁾ 등은 나이가 든 소방공무원이 화재진압 또는 인명구조 시에 균형을 잡지 못하여 사고로 이어질 가능성이 있으며 소방방화복과 소방공무원 훈련 방법에 대하여 개선사항이 필요하다고 하였다. Seliga⁹⁾ 등은 작업강도의 증가에 따라 피로가 증가하며 이에 따라 신체 균형성도 감소한다고 하였으며 사고예방을 위하여 작업현장에서 적절한 작업강도를 유지하여야 한다고 하였다.

우리나라의 경우 2007년 소방공무원 사고부상 공사상자 원인분석 결과, 신체자세를 조절하지 못하여 발생한 사고가 전도(13.0%), 충돌(12.2%), 실족(8.5%), 추락(8.1%)로 나타나 전체의 41.8%를 차지하며, 이에 대한 근본적인 대책이 필요하지만 국내에서는 이에 대한 연구가 거의 이루어지지 않았다.

본 연구에서는 극한의 피로 상태 즉 최대 지친상태 (All-Out condition)¹⁰⁾에서의 신체의 평형성, 민첩성, 순발력을 연구하여 소방공무원의 안전을 위한 기초자료 제공을 목적으로 한다.

2. 연구방법

2.1 연구대상

본 연구의 대상은 경남 K대학교 재학 중이며, 근골격계 질환이 없는 소방공무원을 희망하는 건강한 남학생 10명을 대상으로 본 연구의 취지를 밝히고, 실험에 자발적으로 동의한 학생들을 피험자로 선정하였으며, 연구 참여에 앞서 본 연구에 대한 충분한 설명과 측정 절차에 따르게 주의 사항을 알려주었다. 연구 대상자의 신체적 특성은 Table 1과 같다.

2.2 연구방법

본 연구에서 수행한 측정 계획과 방법으로는 측정 대상자에게 각 측정에 대한 위험성, 특성 및 방법에 대하여 설명하였고, 측정 방법은 피험자들의 최대 신체 활동 후 체력 활동의 변화를 보고자 Figure 1과 같은 방법으로 측정을 하였다.

2.3 측정방법

2.3.1 신체적 특성

Martin식 인체 계측기를 이용하여 피검자를 직립자세로 자연스럽게 취하고, 발꿈치는 붙이고 양 발끝은 30~40° 벌리고, 무릎은 펴고, 바닥에서 두정점까지의 거리를 측정 하였다. 체지방 검사는 체성분 검사기 Inbody 3.0(Biospace Co. Korea)을 이용하여 분석 하였다.

Table 1. Characteristics of the Subjects (n = 10)

Age (yr)	Height (cm)	Weight (Kg)	Fat (%)
21.7 ± 1.13	175.5 ± 6.38	69.5 ± 8.02	19.3 ± 2.52

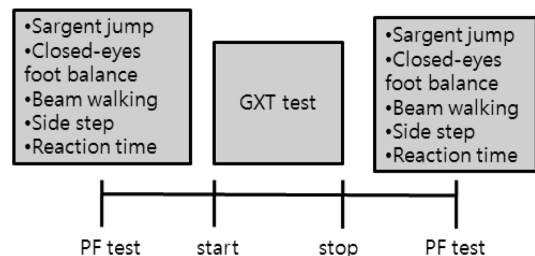


Figure 1. Research process.

2.3.2 체력(Physical Fitness, PF)

체력검사는 체력 측정장비(Helmas Co. KOR)를 이용하였으며, 순발력은 제자리 높이뛰기(sargent jump)를 2회 실시하여 측정하였다. 평형성 검사는 정적평형성(static balance)은 눈감고 한발로 서기(closed-eyes foot balance), 동적평형성(dynamic balance)은 평균대 걷기(beam walking)를 실시하였다. 눈감고 한발로 서기는 눈 감고 한발로 서서 얼마나 오래 서 있을 수 있는가를 측정 하였으며, 평균대 걷기는 5m 길이의 평균대를 눈을 뜨고 앞으로 걷다가 2.5m 지점에서 180도 턴을 하여 그 뒤 뒤로 걸어가며, 다시 돌아 올 때는 똑같은 방법으로 측정 한다. 평균대에서 떨어지면 1회에 1초씩 추가하여 측정을 하였다.⁸⁾

민첩성은 반복 옆뛰기(side step)와 전신반응검사(wholebody reaction time)로 측정을 하였으며, 반복 옆뛰기는 선 간격이 1.2m로 하여 좌우로 움직이는 방법으로 20초간 실시하여 횟수를 기록 하였다, 전신반응 시간은 무릎을 가볍게 굽혀 대위에 서서 빛 자극으로부터 뛰오르는 시간을 sec로 기록하였으며 2회 실시하여 우수한 기록을 채택하였다.

2.3.3 운동 부하 검사 방법(GXT 검사)

지구력성 최대 운동 능력 후 체력의 변화를 알아보기 위하여 최대 운동부하 검사방법인 Bruce protocol을 실시하였다. 측정 장비는 자동가스분석기(Trueone 2400, Parvo Med)와 트레드밀(Q-stress TM55, Quinton)을 사용 하였다. 자동가스분석기와 트레드밀의 보정을 측정 1시간 전에 완료하여 측정에 착수 하여 측정시 오차를 최소화하였다.

점진적 과부하 방법으로 측정을 실시하며 초기 부하는 속도 1.7mph, 경사도 10%로 3분을 1stage로 하여 매 stage 3분마다 속도 0.8~0.9mph, 경사도 2%씩 증가 하였으며, 측정 중단의 생리적 지표로서는 최대 산소 섭취량의 고원(plateau)상태, 연령에 따른 목표 심박수의 도달, 호흡상이 1.2를 초과 하였을 때, 그리고 피험자가 더 이상 측정을 지속 할 수 없다는 표시, 즉 최대 지친상태에 도달하였을 때, 측정을 중단하였다.

최대 지친상태의 최대 산소섭취량, 최대 심박수, 최

대 호흡수, 최대 칼로리 소비량, 운동시간을 측정 하였다.

2.4 결과처리

모든 자료의 처리는 SPSS 14.0 을 이용하여 평균(M)과 표준편차(S.D)를 산출하였다. 최대 신체활동 전, 후의 체력검사는 paired t-test로 비교하였으며, 유의도는 .05로 설정 하였다.

3. 결과 및 논의

3.1 최대 지친상태에서의 신체변화

본 연구에서는 점진적 증가 방법인 Bruce protocol로 속도와 경사도를 주어 최대 지친상태의 결과를 최대 신체 변화로 하였다.

Table 2에 최대 지친상태에서의 최대 신체변화를 나타내었다.

운동 수행시간은 846.2 ± 68.04 sec로서 일반적인 Bruce protocol은 측정 대상에 따라 달리 나타나고 있지만 일반적으로 9~12분에서 운동이 종료 된다고 보고되고 있다.¹¹⁾

최대 산소섭취량은 44.4 ± 2.91 ml/kg/min으로 20대 남성의 cooper¹²⁾ 평가 기준 6단계(매우 낮음, 낮음, 보통, 좋음, 매우 좋음, 최고 좋음) 중 좋음($42.5\sim 46.4$ ml/kg/min)의 결과를 보였다. 최대 심박수는 198.2 ± 8.20 beats/min으로 나타나 연령대비 최대 심박수의 측정공식($HR_{max} = 220 - \text{age}$)과 오차 범위 내에 있음을 확인 하였다. MET는 대사당량으로서 안정시의 산소 소비를 1MET로 환산하였다. 안정시 산소소비는 체중 1kg당 3.5ml로 나타난다.¹³⁾ 그러므로 최대 신체 활동 시 생리적 변화는 안정시의 9.7배로 산소를 섭취하고 에너지를 소비하고 있다고 정의를 내릴 수 있다. RER은 VCO_2/VO_2 의 비율로 나타나고 이것은 산소의 흡입에 대한 이산화탄소의 배출을 의미하고 비율이 0.7이면 지방에너지를 동원하고, 1.0이면 탄수화물 에너지를 동원 한다고 나타나고, 1.2 이상이면 최대 지친상태의 지표가 된다.¹⁴⁾ 따라서 본 연구에서는 1.49로 나타나 실험 참가자들이 최선을 다해 운동을 실시하였다고 볼 수 있다. 분당호흡수는 안정시 12~15회/분로 나타나고 있으며,

Table 2. Metabolic Responses on All-out Condition

EX. Time (sec)	VO ₂ max (ml/kg/min)	HRmax (beats/min)	MET	RER	RR	kacl	RPE
846.2 ± 68.04	44.4 ± 2.91	198.2 ± 8.20	9.7 ± 0.77	1.5 ± 0.44	36.5 ± 4.22	98.2 ± 11.76	13.6 ± 1.90

mean ± SD; EX. time: exercise during time; VO₂max: peak maximal oxygen uptake; HRmax: maximal heart rate; MET: metabolic equivalent; RER: respiratory exchange ratio; RR: respiratory repeat; kcal: energy content; RPE: rating of perceived exertion

본 연구에서는 36.5±4.22회/분으로 나타나고 있다. 에너지 소비는 98.2kcal로 나타났다. 자각적 운동강도(Rating of Perceived Exertion, RPE)는 Borg's scale¹⁵⁾을 이용하여 운동단계별 자각적 운동 강도를 각 stage 2분 50초에 측정하였으며, RPE의 척도는 6에서 20까지이며 6은 매우매우 가벼움, 20은 매우매우 힘들므로 표시하여 운동부하검사 중 힘든 정도를 수치화 한 것이다. 본 연구에서는 최대 지친상태를 20으로 보았다. 최대 지침 이전의 stage에서 평균적으로 약간 힘든 상태를 나타내었다. 이후 3분 이내에 운동검사가 종료됨을 알 수 있으며 이는 경사도와 속도가 동시에 증가하기 때문에 급속히 힘든 정도가 빨리 나타나고 있다고 사료된다.

3.2 단계별 신체변화

순발력 평가를 위한 제자리 높이뛰기(sargent jump)는 운동부하 검사 전에는 41.0±3.2cm, 검사 후 즉 최대 지친상태에서는 42.2±6.02cm로 측정되었으며 통계적으로 유의하지 않았다.

체력에서 운동은 근육이 수축함으로써 일어나고, 근육의 순간적인 수축력이 강할수록 활발해진다. 높이 뛰거나, 멀리 뛰거나 던지는 것과 같은 활발한 운동에서 짧고 한정된 시간에 많은 일을 할 수 있는 능력을 순발력이라고 하며, 일반적으로 순발력은 순간적이고 폭발적인 힘의 발휘로 정의되어 파워와 동의어로 사용된다.¹⁶⁾ 본 연구에서는 순발력 평가를 위한 제자리 높이뛰기 시험에서 운동부하 검사 전후의 차가 거의 없었다. 이는 근육피로를 경험한 후 정신적 긴장도가 증가하여 나타나는 현상으로 사료된다.¹⁷⁾

평형성 검사에서 정적평형성(static balance) 평가를

위한 눈감고 한발로 서기(closed-eyes foot balance)는 운동부하 검사 전에는 40.3±36.8sec 검사 후는 27.5±27.18sec로 측정되어 약 32% 감소하는 경향을 나타냈으나, 통계적으로 유의하지는 않았다.

동적평형성(dynamic balance) 검사를 위한 평균대 걷기(beam walking)에서는 운동부하 검사 전에는 6.2±1.22sec 검사 후에는 6.4±1.57sec로 나타났으며 통계적으로 유의하였다.

화재진압 시 물기로 인한 미끄러운 바닥 진입, 어두운 조명에서 목표지점 찾아 가기, 위험장소에서의 인명구조 등, 소방공무원이 처한 극한 상황에서 신체 평형성은 추락, 충돌, 실족 등 2차 사고를 예방하기 위한 가장 중요한 신체자세 조절능력으로 소방공무원에게는 매우 중요한 요소이다.

본 연구에서는 동적 평형성 평가를 위한 평균대 걷기 시험에서 유의한 결과가 나타났는데 이는 소방공무원이 최대로 지친 상태에서 움직일 때 평형성을 유지하기가 곤란하다는 것을 나타내고 있다.

Punakallio^{18,19)}은 반복적인 훈련으로 소방공무원의 평형성 능력을 향상시킬 수 있다고 보고하였으며, 특히 소방공무원의 훈련 시 평형성 훈련을 반드시 고려하여야 한다고 하였다. 따라서 우리나라에서도 소방공무원의 평형성 향상을 위한 자세한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

민첩성 평가를 위한 반복 옆뛰기(side step) 결과 운동부하 검사 전에는 40.3±3.40rep/20sec 검사 후에는 43.3±2.50rep/20sec로 나타나 통계적으로 유의한 증가가 나타났다.

민첩성은 몸의 위치와 방향을 빠르고 정확하게 전환시킬 수 있는 신체적 능력이나 신체의 일부분이나 전

Table 3. Physical Responses on All-out Condition

Variance	Stage	M ± SD	df	t	p
Sargent Jump (cm)	pre	41.0 ± 3.20	9	-1.050	.321
	post	42.2 ± 6.02			
Closed-eyes Foot Balance (sec)	pre	40.3 ± 36.8	9	.835	.425
	post	27.5 ± 27.18			
Beam Walking (sec)	pre	6.2 ± 1.22	9	-3.017	.015*
	post	6.4 ± 1.57			
Side Step (rep/20 sec)	pre	40.3 ± 3.40	9	-3.354	.008*
	post	43.3 ± 2.50			
wholebody reaction time (sec)	pre	0.21 ± 0.05	9	2.706	.068
	post	0.18 ± 0.02			

체를 가능한 한 빠른 속도로 움직이면서 빠르고 효과적으로 방향을 전환할 수 있는 능력¹⁶⁾으로 소방공무원에게는 필수적인 능력이다. 화재현장에서는 예기치 못한 위험한 상황이 발생할 수 있으며 소방공무원은 이때 신속히 대응하여야 한다. 만약 이러한 능력이 떨어지게 되면 사고로 이어질 확률이 매우 증가하게 된다.

전신반응검사(wholebody reaction time)에서는 운동부하 검사 전에는 $0.21 \pm 0.05\text{sec}$, 검사 후에는 $0.18 \pm 0.02\text{sec}$ 로 약간 감소하였으며 통계적으로 유의하지 않았다.

전신반응검사는 신호가 주어진 시점부터 발이 발판에서 떨어질 때까지의 시간을 의미하며 민첩성과 깊은 관계가 있는 것으로 인정되고 있다.¹⁶⁾

본 연구에서는 운동검사 후 즉 최대 지친상태에서 전신반응시간이 짧게 나타났다. 이는 앞서 설명한 것과 같이 운동 시의 정신적 긴장도가 운동 후에도 지속되어 나타나는 현상으로 사료된다.

4. 결 론

본 연구에서는 극한의 피로 상태 즉 최대 지친상태에서 신체의 평형성, 민첩성, 순발력을 측정 연구하여 소방공무원의 안전을 위한 기초자료 제공을 목적으로 한다.

첫째, 순발력 평가를 위한 제자리 높이뛰기는 운동부하 검사 전에는 $41.0 \pm 3.2\text{cm}$, 검사 후 즉 최대 지친상태에서는 $42.2 \pm 6.02\text{cm}$ 로 측정되었으며 통계적으로 유의하지 않았다.

둘째, 평형성 검사에서 정적평형성 평가를 위한 눈감고 한발로 서기는 운동부하 검사 전에는 $40.3 \pm 36.8\text{sec}$ 검사 후는 $27.5 \pm 27.18\text{sec}$ 로 측정되어 약 32% 감소하는 경향을 나타냈으나, 통계적으로 유의하지는 않았다. 동적평형성 검사를 위한 평균대 걷기에서는 운동부하 검사 전에는 $6.2 \pm 1.22\text{sec}$ 검사 후에는 $6.4 \pm 1.57\text{sec}$ 로 나타났으며 통계적으로 유의하였다.

셋째, 민첩성 평가를 위한 반복 옆뛰기 결과 운동부하 검사 전에는 $40.3 \pm 3.40\text{rep}/20\text{sec}$ 검사 후에는 $43.3 \pm 2.50\text{rep}/20\text{sec}$ 로 통계적으로 유의하게 증가하였다. 또한 전신반응검사에서는 운동부하 검사 전에는 $0.21 \pm 0.05\text{sec}$, 검사 후에는 $0.18 \pm 0.02\text{sec}$ 로 약간 감소하였으며 통계적으로 유의하지 않았다.

이상의 연구결과에서 최대지친상태 전후의 순발력, 평형성 및 민첩성은 상이하게 나타났으며 체력에 상당한 영향을 미치는 것으로 연구되었다.

소방공무원 근무환경은 갈수록 열악해지며 신체적

최대 지친상태의 극한 환경에 처하는 경우가 빈번히 발생한다. 이에 대응하기 위해서는 근무환경 개선, 보호구 착용, 훈련강화 등 여러 가지 방법이 있으나 최선의 방법은 소방공무원 각 개인의 일정한 체력 유지와 지속적인 관리가 선행되어야 하며, 이에 대한 제도 개선과 심층적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

이 결과물은 2010학년도 경남대학교 학술연구장려금 지원에 의한 것임.

참고문헌

1. K.S. Malley, A.M. Goldstein, T.K. Aldrich, K.J. Kelly, M. Weiden, N. Coplan, M.L. Karwa, and D.J. Prezant, "Effects of Fire Fighting Uniform (Modern, Modified Modern, and Traditional) Design Changes on Exercise Duration in New York City Firefighters", J. Occup. Environ. Med., Vol.41, No.12, pp. 1104-1115(1999).
2. Surrey M. Walton, Karen M. Conrad, Sylvia E. Furner, and Daniel G. Samo, "Cause, Type and Workers' Compensation Costs of Injury to Fire Fighters", American Journal of Industrial Medicine, Vol.43, pp.454-458(2003).
3. Tiit T. Romet and John Firm, "Physiological Responses to Fire Fighting Activities", European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology, Vol.56, No.6, pp. 633-638(1987).
4. Lusa Sirpa, Louhevaara Veikko, Smolander Juhani, Kivimäki Mika, and Korhonen Olli, "Physiological Responses of Firefighting Students During Simulated Smoke-diving in the Heat", American Industrial Hygiene Association Journal, Vol.54, No.5, pp.228-231(1993).
5. 소방방재청, "2007년도 소방공무원 공사상자 발생 현황"(2008).
6. 조규상, "산업보건학", 수문사(1991).
7. 김기학, "체육측정평가", 형설(1992).
8. A. Punakallio, S. Lusa, and R. Luukkonen, "Protective Equipment Affects Balance Abilities Differently in Younger and Older Firefighters", Aviation, Space, and Environmental Medicine, Vol.74, No.11, pp.1151-1156(2003).
9. R. Seliga, A. Bhattacharya, P. Succop, R. Wickstrom, D. Smith, and K. Willeke, "Effect of Work Load and Respirator Wear on Postural Stability, Heart Rate, and Perceived Exertion", Am. Ind. Hyg.

- Assoc. J., Vol.52, No.10, pp.417-422(1991).
10. 허만동, “유산소운동과 저항성 운동이 남자대학생의 폐기능과 혈중지질에 미치는 영향”, 한국체육과학회지, Vol.17, No.2, pp.617-630(2008).
 11. 전태원, “운동과 스포츠 생리학 실험법”, 무지개사(2005).
 12. K.H. Kooper, “The Aerobic Way”, New York, Bantam(1997).
 13. ACSM, “ACSM'Guidelines for Exercise Testing and Prescription Seventh Edition”, Lippincott Williams & Wilkins(2006).
 14. D.M. Willam, I.K. Frank, and L.K. Victor, “Exercise Physiology. 4th”, Williams & Wilkins(1996).
 15. B.J. Noble, G.A. Borg, I. Jacobs, et al., “A Category-ratio Perceived Exertion Scale: Relationship to Blood and Muscle Lactates and Heart Rate”, Med. Sci. Sports Exerc., Vol.15, pp.523-528(1983).
 16. 최민동, “체육측정평가”, 신지서원(2005).
 17. 김정만, “숙련된 근력 사용자와 미숙련 근력 사용자 간 단시간의 전신 근력활동이 정신적 작업에 미치는 영향”, 산업경영시스템학회지, Vol.25, No.6, pp.42-47(2002).
 18. Punakallio, “Trial-to-trial Reproducibility and Test-retest Stability of Two Dynamic Balance Tests Among Male Firefighters”, Int. J. Sports. Med., Vol.25, No.3, pp.163-169(2004).
 19. A. Punakallio, S. Lusa, and R. Luukkonen, “Protective Equipment Affects Balance Abilities Differently in Younger and Older Firefighters”, Aviation, Space, and Environmental Medicine, Vol.74, No.11, pp.1151-1156(2003).