소방용 가죽제안전화 착용이 신체평형성에 미치는 영향

Effect of Wearing Fire Leather Boot For Physical Balance

허유섭* · 방창훈**

Huh, Yu-Sub · Bang, Chang-Hoon

Abstract

The aim of study intends to investigate effect of weight of fire leather boot for physical balance and to provide the base data for the safety of firefighter. The results of the study are as follows. Static balance tests with closed-eyes foot balance, opened-eyes foot balance on cushion and dynamic balance tests with beam walking, closed-eyes walking at 10 m, barefoot group and fire leather boot group is not statistically significant. For balance comparisons between firefighting and rescue & EMS was not statistically significant between barefoot and fire leather boot. For balance checks about career, closed-eyes foot balance is appeared statistically significant between career groups and the rest of the test results are not statistically significant.

Key words : Physical balance, Fire leather boot

요 지

본 연구에서는 소방용 가죽제안전화 착용이 신체평형성에 미치는 영향을 조사하여 소방공무원의 안전을 위한 기초자료 제공을 목적으로 하며 연구에서 얻어진 결과를 제시하면 다음과 같다. 정적평형성 검사를 위한 눈감고 한발서기와 쿠션 위에 서기와 동적평형성 검사인 평균대 걷기와 눈감고 10 m 걷기에서 맨발과 소방용 가죽제안전화 착용간의 통계적 유의함은 나타나지 않았다. 화재진압과 구조구급을 담당하는 집단간의 평형성비교에서 맨발과 소방용 가죽제안전화 착용간의 통계적 유의함은 나타나지 않았다. 근무경력에 따른 소방공무원의 평형성 검사 결과 눈감고 한발서기에서 맨발의 경우 경력간의 통계적 유의함이 나타났으며, 나머지 검사에서는 통계적으로 유의하지 않았다.

핵심용어 : 신체평형성, 소방용 가죽제 안전화

1. 서 론

2010년 한해 우리나라 산업현장에서 산업재해보상보험법에 의해 보상을 받은 업무상 사고 부상자 8,841명을 조사하여 분석한 결과 전도·전복(25.6%)이 가장 주요한 사고원인으로 나타났으며, 이중 “바닥에서 미끄러짐”에 의해 발생한 재해자가 890명으로 나타나 전체 전도·전복 사고발생자의 39.4%를 차지하고 있어 전도·전복 재해의 대부분이 미끄러짐 사고와 관련이 있는 것으로 조사되었다(KOSHA, 2011).

평형능력이란 공간안에서 신체를 안전하게 유지하는 것을 의미하며 여러 신체 활동에 있어서 중요한 역할을 담당하는 기능이며, 주로 전정기관이나 근육의 조절작용에 의해 이루어지는 활동이다.

소방공무원의 경우 화재진압 현장에서 물기가 가득하고 모

래 등 이물질이 많은 바닥에서 작업을 수행하며, 구조·구급 대원들은 건물내부의 대리석 바닥, 유리외벽, 물과 얼음, 눈으로 미끄러운 도로 및 산악지형 등 다양한 바닥조건에서 작업을 하고 있어 미끄러짐 사고 발생 가능성이 매우 높다.

2009년 소방공무원 사고부상원인을 분석한 결과(NEMA, 2010) 실족(16.2%), 교통사고(13.1%), 하중(11.5%), 추락(11.5%), 충돌(7.3%)의 순으로 조사되어 실족이 사고의 가장 큰 원인임을 알 수 있으며, 이러한 경향은 외국에서도 유사하여 2007년 미국소방관 사고 조사(Karter and Molis, 2008) 자료에 의하면 화재현장에서 미끄러짐으로 인한 사고가 27.3%를 차지하고 있다. 이에 따라 소방공무원에게 미끄러짐 방지 신발을 권고하고 있으며 관련 연구가 활발히 진행되고 있다.

최근 소방용 안전화에 대하여 미끄러짐에 대한 기준이 제

*정회원. 경남대학교 체육교육과 부교수(E-mail: yshuh@kyungnam.ac.kr)
Member. Professor, Department of Physical Education, Kyungnam University.

**교신저자. 정회원. 경남대학교 소방방재공학과 부교수(Tel: +82-55-249-2657 Fax: +82-55-999-2166, E-mail: bangch@kyungnam.ac.kr)
Corresponding Author. Member. Professor, Department of Fire & Disaster Prevention Engineering, Kyungnam University

정되는 등 그 필요성을 인식하고 있으나 이에 대한 연구는 매우 미흡하다.

신발은 보행이나 달리기를 하는 신체에 직접 간접적으로 영향을 주게 되어 결과적으로는 신체활동 중의 상해 또는 에너지 소모율 등에 영향을 미치게 된다. 반복된 충격부하는 부상의 원인이 되는데 발은 지면으로부터 받은 충격파를 흡수하기도 하고 신체의 전 부분으로 전달하는 역할을 하기도 한다. 따라서 신발은 주로 신체의 부하를 감소하기 위한 부상방지 측면에서 개발되기 시작하였다.

소방용 안전화는 화재진압 및 인명구조 활동 시 소방공무원의 발, 발등 및 발목부위를 보호하기 위하여 착용하는 것으로 열악한 환경에서 위험한 작업을 수행하는 소방공무원의 안전을 위하여 매우 중요한 보호구이다(KFI, 2009).

소방공무원에게 신체 평형성 유지는 사고 예방과 효율적인 작업을 위하여 필수적인 체력요소이며 소방용 안전화는 이를 수행하는데 절대적인 역할을 수행한다.

Punakallio 등은 소방공무원이 미끄러짐 사고를 예방하기 위해서는 적절한 보호장구의 사용과 신체의 평형성 향상을 위한 적절한 훈련이 필요하다고 보고하였다(Punakallio et al, 2003; 2005).

Seliga 등은 작업강도의 증가에 따라 피로가 증가하며 이에 따라 신체 균형성도 감소한다고 하였으며 사고예방을 위하여 작업현장에서 적절한 작업강도를 유지하여야 한다고 하였다(Seliga, 1991).

Huang 등은 고무제 소방용 안전화와 가죽제 소방용 안전화의 신체반응 비교연구에서 가죽제의 소재가 발목과 무릎의 굽힘에 유리하며 더 많은 힘을 사용하게 하고 피로는 적게 느낀다고 보고하였으며 소방공무원의 신체 활동에 유리하다고 하였다(Huang et al, 2009).

이상의 연구결과 소방용 안전화는 소방공무원의 신체에 많은 영향을 미침을 알 수 있으며 이에 대한 자세한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

본 연구에서는 소방용 가죽제안전화의 착용이 소방공무원의 신체의 평형성에 미치는 영향을 연구하여 소방공무원의 안전을 위한 기초자료 제공을 목적으로 한다.

2. 연구내용 및 방법

2.1 연구대상

본 연구의 대상은 경남지역의 소방공무원들이며, 근골격계 질환이 없는 54명을 대상으로 본 연구의 취지를 밝히고, 실험에 자발적으로 동의한 소방공무원들을 피험자로 선정하였으며, 연구 참여에 앞서 본 연구에 대한 충분한 설명과 측정 절차에 따르게 주의 사항을 알려주었다. 연구 대상자의 신체적 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. Characteristics of the Subjects(n=54)

Age (years)	Height (cm)	Weight (Kg)	Body Mass Index
39.2±7.7	173.5±4.05	73.3±6.81	24.3±1.97

2.2 연구방법

본 연구에서 수행한 측정 계획과 방법으로는 측정 대상자에게 각 측정에 대한 위험성, 특성 및 방법에 대하여 설명하였으며, 측정 방법은 소방공무원이 일반 근무복을 착용한 상태에서 맨발과 가죽제안전화 착용한 두 가지 조건의 평형성을 측정하였다.

Martin식 인체 계측기를 이용하여 피검자를 직립자세로 자연스럽게 취하고, 발꿈치는 붙이고 양 발끝은 30~40° 벌리며, 무릎은 펴고, 바닥에서 두정점까지의 거리를 측정 하였으며, 체중은 체중계를 이용하고 BMI는 체중(kg)/신장(m)의 공식을 이용하여 나타내었다.

평형성 검사는 정적평형성(static balance) 검사와 동적평형성(dynamic balance) 검사로 구분하여 실시하였다. 정적평형성 검사는 눈감고 한발로 서기(closed-eyes foot balance), 쿠션 위에 한발로 서기(opened-eyes foot balance on cushion), 동적평형성 검사는 평균대 걷기(beam walking), 눈감고 10 m 걷기(closed-eyes walking at 10 m)를 실시하였다. 눈감고 한발로 서기는 눈 감고 한발로 서서 얼마나 오래 서 있을 수 있는 정도를 측정 하였으며, 쿠션 위에 한발로 서기는 고무 쿠션위에서 눈을 뜨고 한발로 중심 잡아 서 있는 시간을 측정 하였으며, 평균대 걷기는 5 m 길이의 평균대를 눈을 뜨고 앞으로 걷다가 2.5 m 지점에서 180도 턴을 하여 그 뒤 뒤로 걸어가며, 다시 돌아 올 때는 똑같은 방법으로 측정 한다(Punakallio, 2003). 평균대에서 떨어지면 1회에 1초씩 추가 하여 측정을 하였다. 눈감고 10 m 걷기는 10 m 선을 중심으로 걷고 난 후 중심선에서 좌, 우 벌어진 간격을 cm단위로 측정을 하였다.

2.3. 자료분석

모든 자료의 처리는 SPSS 14.0을 이용하여 평균(M)과 표준편차(S.D)를 산출하였다. 맨발과 가죽제안전화의 비교, 담당업무에 따른 평형성 검사는 independent t-test 경력에 따른 평형성 검사는 One-Way ANOVA로 검정을 하고 사후검정은 Tukey 방법으로 하였으며, 유의도는 .05로 설정 하였다.

3. 결과 및 분석

Table 2에 맨발과 소방용 가죽제안전화를 착용한 경우의 신체평형성 실험결과를 나타내었다.

정적평형성 검사를 위한 눈감고 한발서기에서 맨발의 경우 평균 19.6±17.04초, 가죽제안전화를 신었을 때는 평균 14.8±14.32초를 나타내어 맨발이 경우가 더 오래 서 있었으나 통계적으로는 유의 하지 않았다.

쿠션 위에 서기에서는 맨발의 경우가 평균 13.0±13.87초, 가죽제안전화의 경우 평균 13.7±18.23초로 나타났으며 통계적으로는 유의 하지 않았다.

동적평형성 검사를 위한 평균대 걷기는 맨발의 경우 평균 10.2±2.86초, 가죽제안전화의 경우 평균 10.3±2.36초로 나타났으며 통계적으로는 유의 하지 않았다.

눈감고 10 m걷기에서는 맨발의 경우가 평균 46.9±28.90 cm,

Table 2. Physical Balance Test for Fire Leather Boot and Barefoot

Variable	Condition	n	M±SD	df	t	p
Closed-eyes foot balance (sec)	Barefoot	54	19.6±17.04	106	1.582	.117
	Fire leather boot	54	14.8±14.32			
Opened-eyes foot balance on cushion (sec)	Barefoot	54	13.0±13.87	106	-2.215	.830
	Fire leather boot	54	13.7±18.23			
Beam walking (sec)	Barefoot	54	10.2±2.86	106	-.187	.852
	Fire leather boot	54	10.3±2.36			
Closed-eyes walking at 10 m (cm)	Barefoot	54	46.9±28.90	106	.641	.523
	Fire leather boot	54	43.1±32.28			

Table 3. Physical Balance Test According to Task

Variable	Condition	Task	n	M±SD	df	t	p
Closed-eyes foot balance(sec)	Barefoot	Firefighting	26	20.3±17.96	52	.294	.770
		Rescue & EMS	28	18.9±16.45			
	Fire leather boot	Firefighting	26	17.0±17.41	52	1.084	.283
		Rescue & EMS	28	12.8±10.65			
Opened-eyes foot balance on cushion(sec)	Barefoot	Firefighting	26	12.0±12.19	52	-.521	.604
		Rescue & EMS	28	14.0±15.42			
	Fire leather boot	Firefighting	26	15.7±22.67	52	.761	.450
		Rescue & EMS	28	11.9±13.01			
Beam walking (sec)	Barefoot	Firefighting	26	10.2±2.62	52	.016	.987
		Rescue & EMS	28	10.2±3.11			
	Fire leather boot	Firefighting	26	10.1±2.00	52	-.321	.749
		Rescue & EMS	28	10.4±2.68			
Closed-eyes walking at 10 m(cm)	Barefoot	Firefighting	26	47.9±31.58	52	.241	.811
		Rescue & EMS	28	46.0±26.73			
	Fire leather boot	Firefighting	26	42.6±29.61	52	-.122	.903
		Rescue & EMS	28	43.6±35.11			

가죽제안전화의 경우 평균 43.1±32.28 cm로 나타났으며 통계적으로는 유의하지 않았다.

정적평형성은 일정공간에서 직립자세로 설 때 질량 중심을 지지 기저면의 범위내에서 유지하는 능력을 의미하며, 동적평형성은 몸이 지지 기저면을 통과하거나 그 위로 기울일 때 무게 중심을 제어하는 능력을 의미한다(Lee, 2011).

소방공무원이 화재진압, 구조구급의 활동을 전개할 때의 정적평형성은 신체 유지와 사고예방을 위하여 매우 중요한 신체능력이며 안전화의 착용은 평형성 유지에 도움이 되어야 한다. 하지만 이번 연구결과에서는 맨발의 경우와 비교하여 유의한 특성이 나타나지 않았다. 향후 소방용 가죽제안전화 개발에서는 평형성 유지를 위한 성능 보강이 필요할 것으로 판단된다.

소방공무원의 담당업무별 평형성을 알아보기 위하여 측정된 결과를 Table 3에 나타내었다.

정적평형성 검사를 위한 눈감고 한발서기와 쿠션 위에 서기에서 맨발과 가죽제안전화를 착용한 경우에 대하여 실험한 결과 화재진압 업무를 담당하는 집단과 구조 구급 업무를 담당하는 집단간에는 통계적 유의함이 나타나지 않았다.

동적평형성 검사인 평균대 걷기와 눈감고 10 m걷기에서 맨발과 가죽제안전화를 착용한 경우에 대하여 실험한 결과 화

재진압 업무를 담당하는 집단과 구조 구급 업무를 담당하는 집단간에는 통계적 유의함이 나타나지 않았다.

현장에서 화재진압과 구조구급 활동을 전개하는 소방공무원은 다양한 외적환경에 노출되며 효과적인 업무수행과 사고 예방을 위하여 신체의 평형유지는 필수적이다.

신체의 정상적인 평형반응이 일어나기 위해서는 근골격계의 지지작용, 협응작용을 포함한 운동기능, 감각기능의 통합적작용 등의 3가지 요소가 필요하다(Fay, 1987). 따라서 소화수의 방수, 구조물 진입, 피재자 구출, 계단오르기 등의 소방활동시 신체평형능력 향상을 위한 체계적인 교육훈련이 필수적이라 판단된다.

근무경력에 따른 소방공무원의 평형성 검사 결과를 Table 4에 나타내었다.

눈감고 한발서기에서 맨발의 경우 경력 5년 이하의 신입 소방공무원은 29.5±18.61초, 16년 이상 고경력자에서는 16.2±13.46초로 나타나 시간이 약 45.1% 짧으며 통계적으로 유의하였다. 가죽제안전화를 착용했을 때는 5년 이하의 경우 17.9±12.69초, 16년 이상에서는 26.5±24.40초로 조사되었으며 통계적으로는 유의하지 않았다.

즉 나이가 비교적 젊은 5년 이하의 소방공무원들이 우수한 평형능력을 가지고 있음과 비교적 나이가 많은 고경력자의

Table 4. Physical Balance Test According to Career

Variable	Condition	Career(years)	n	M±SD	df	F	p	Post-hoc
Closed-eyes foot balance(sec)	Barefoot	~5	16	29.5±18.61	2	4.369	.018	a<b,c
		6~15	17	14.5±16.45				
		16~	21	16.2±13.46				
	Fire leather boot	~5	16	17.9±12.69	2	.731	.486	NS
		6~15	17	25.7±24.47				
		16~	21	26.5±24.40				
Opened-eyes foot balance on cushion(sec)	Barefoot	~5	16	18.4±19.75	2	2.221	.119	NS
		6~15	17	12.9±12.12				
		16~	21	9.0±7.66				
	Fire leather boot	~5	16	15.7±15.01	2	.174	.841	NS
		6~15	17	11.7±11.26				
		16~	21	13.7±13.8				
Beam walking (sec)	Barefoot	~5	16	9.9±2.36	2	.078	.925	NS
		6~15	17	10.2±3.54				
		16~	21	10.3±2.71				
	Fire leather boot	~5	16	9.9±1.93	2	.378	.687	NS
		6~15	17	10.6±3.91				
		16~	21	10.1±2.28				
Closed-eyes walking at 10 m(cm)	Barefoot	~5	16	37.2±25.77	2	1.305	.280	NS
		6~15	17	51.0±27.49				
		16~	21	51.0±31.68				
	Fire leather boot	~5	16	47.6±29.02	2	.913	.408	NS
		6~15	17	53.4±34.35				
		16~	21	42.8±24.11				

NS: no significantly; a: 5년 이하; b: 6~15년; c: 16년 이상

경우 평형능력이 낮음을 알 수 있다. 이러한 결과는 다수의 연구자들의 결과와 유사하다(Pertti, 1985; Gill, 2001; Punakallio, 2003). 불안정한 신체평형능력은 낙상뿐만 아니라 이차적으로 낙상에 대한 두려움과 자신감의 결여로 인하여 신체활동성이 저하되고 독립적인 업무수행에 어려움을 초래한다(Julie, 1990). 이에 따라 부상과 사고예방을 위하여 신체평형능력이 저하된 이들에 대한 직무배정과 훈련이 필요할 것으로 사료된다.

쿠션 위에 서기에서 맨발의 경우 5년 이하에서는 18.4±19.75초, 16년 이상에서는 9.0±7.66초로 서있는 시간이 51% 정도 짧으며, 가죽제안전화를 착용했을 때는 5년 이하의 경우 15.7±15.01초, 16년 이상에서는 13.7±13.8초로 조사되었으며 통계적으로는 유의하지 않았다.

평균대 걷기와 눈감고 10 m걷기에서 경력에 따른 맨발과 가죽제안전화를 착용한 경우에 대하여 실험한 결과 집단간 통계적 유의함은 나타나지 않았다.

결 론

본 연구에서는 소방용 가죽제안전화의 착용이 소방공무원의 신체의 평형성에 미치는 영향을 연구하여 소방공무원의 안전을 위한 기초자료 제공을 목적으로 하며 연구결과는 다음과 같다.

첫째, 정적평형성 검사를 위한 눈감고 한발서기와 쿠션 위에 서기와 동적평형성 검사인 평균대 걷기와 눈감고 10 m걷기에서 맨발과 소방용 가죽제안전화 착용간의 통계적 유의함은 나타나지 않았다.

둘째, 화재진압과 구조구급을 담당하는 소방공무원의 평형성비교에서 맨발과 소방용 가죽제안전화 착용간의 통계적 유의함은 나타나지 않았다.

셋째, 근무경력에 따른 소방공무원의 평형성 검사 결과 눈감고 한발서기에서 맨발의 경우 경력간의 통계적 유의함이 나타났으며, 나머지 검사에서는 통계적으로 유의하지 않았다.

빈번한 소방공무원의 사고발생과 더불어 소방공무원의 안전에 대한 다양한 문제점이 논의되고 있으나, 이를 뒷받침할 객관적이고 과학적인 기초자료는 매우 부족한 실정이다. 따라서 소방공무원의 현장활동을 고려한 다양한 연구가 필요할 것으로 판단되며, 이를 통하여 국민들이 원하는 안전사회로의 진입이 가능할 것으로 사료된다.

본 연구의 제한점으로 연구대상자가 경남지역 일부 소방공무원들로 한정되어 결과를 확대해석하여 일반화 하는 것은 한계가 있다.

References

Anne Punakallio (2003) Balance abilities of different-aged workers

- in physically demanding jobs, *Journal of Occupational Rehabilitation*, Vol. 13, No. 1, pp. 33-43.
- Anne Punakallio, Mikko Hirvonen and Raoul Grönqvist (2005) Slip and fall risk among firefighters in relation to balance, Muscular capacities and age, *Safety science*, Vol. 43, Issue 7, pp. 455-468.
- Fay B Horak (1987) Clinical Measurement of Postural Control in Adults, *Physical Therapy* December, Vol. 67, No. 12, pp. 1881-1885.
- Gill, J., Allum, J.H.J., Carpenter, M.G. *et al.* (2001) Trunk Sway Measures of Postural Stability During Clinical Balance Tests : Effects of Age, *J. Gerontol A Biol. Sci. Med. Sci.*, Vol. 56, No. 7, pp. 438-447.
- Huang, C.-J., Ryan S. Garten, Chip Wade, Heather E. Webb, and Edmund O. Acevedo (2009) Physiological responses to simulated stair climbing in professional firefighters wearing rubber and leather boots, *Eur J. Appl. Physiol.*, Vol. 107, pp. 163-168.
- Julie M Chandler, Pamela W Duncan and Stephanie A Studenski (1990) Balance Performance on the Postural Stress Test: Comparison of Young Adults, Healthy Elderly, and Fallers, *Physical Therapy* July, Vol. 70, No. 7, pp. 410-415.
- KFI (2009) Fire safety shoes standard, KFI.
- KOSHA OSHRI (2011) Industrial Accident Cause Investigation in 2010, KOSHA OSHRI.
- Lee, J.B. (2011) The Change of Static and Dynamic Balance on the Elderly People using Exercise Programs in the Welfare Facility, Graduate School of Science, Kyonggi University.
- Michael J. Karter and Joseph L. Molis (2008) 2007 Firefighter Injury Report, NFPA.
- NEMA (2010) Firefighter Injuries Statistical analysis in 2009, NEMA.
- Pertti Era and Eino Heikkinen (1985) Postural Sway During Standing and Unexpected Disturbance of Balance in Random Samples of Men of Different Ages, *Journal of Gerontology*, Vol. 40, pp. 287-295.
- Punakallio, A., Lusa, S. and Luukkonen, R. (2003) Protective equipment affects balance abilities differently in younger and older firefighters, *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, Vol. 74, No. 11, pp. 1151-1156.
- Seliga R, Bhattacharya A, Succop P, Wickstrom R, Smith D, Willeke K. (1991) 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.

© Received May 28, 2013
 © Revised May 31, 2013
 © Accepted June 19, 2013