소방대원들의 작업자세에 따른 족저압력 분석

손성민 · 노효련*

강원대학교 작업치료학과

(2012. 10. 16. 접수 / 2013. 1. 10. 채택)

Analysis of Foot Pressure according to the Work Postures on Fire Fighters

Sung Min Son · Hyo Lyun Roh*

Department of Occupational Therapy, Kangwon National University

(Received October 16, 2012 / Accepted January 10, 2013)

Abstract : The purpose of this study is to find out the difference of foot pressure according to the firefighter's work postures for providing the basic information to prevent Musculoskeletal disorders. This study was conducted by 9 male firefighters. Work postures were selected for rescuee handling, fire hose and hydraulic rescue equipment work postures. These were divided into 3 position, "High", "Middle" and the postures of taking out and letting down hydraulic rescue equipment were analyzed as starting point and end point respectively. Foot Pressure was used to analyze contact area, peak pressure, and maximum force in terms of work postures, and compared between fire hose and hydraulic rescue equipment work postures. The results of foot pressure are as follows. According to the results of rescuee handling work postures, one person handling posture showed wide contact area and foot pressure showed the highest at right foot. According to the (High), (Middle), (Low) postures of fire hose, the results didn't show the difference among the contact area, peak pressure and maximum force. As the results of hydraulic rescue equipment work postures, (Low) postures showed the highest in terms of the right foot of contact area, peak pressure and maximum force and (High) postures showed the highest in left foot. The increase of foot pressure lead to be inconvenience of low extremity and muscle fatigue for maintaining postural control cause pain. Thus, it is necessary to design insole-equipped working shoe for reduce the impulse and effect of foot during the rescuee handling work which standing out as foot pressure.

Key Words : musculoskeletal disorders, fire fighter, work postures, foot pressure

1. 서론

소방대원들은 다른 직업들과 비교했을 때 과도한 육체적 움직임을 요구하는 작업들이 많아¹⁾ 상해에 대한 위험성이 매우 높다²⁾. 소방대원들은 고열, 화학적, 생물학적 유해인자, 육체적 부담, 정신적 스트레스, 과도한 힘, 복잡하고 다양한 작업 환경, 반복적인 동작 등에 노출되고 있고, 이로 인해 호흡기 질환, 심혈관계 질환, 암, 근골격계 질환 등이 발병할 수 있다³⁾. 그 중 누적 외상성 근골격계 질환은 소방대원들에게 업무상 질병으로 가장 높은 비율을 차지하고 있으며⁴⁾, 인간공학작업자세 분석에서도 소방대원들의 작업 자세가 정밀조사와 즉각적인 개선이 필요하다고 하였다⁵⁾. 근골격계 질환을 유발하는 소방대원들의 작업 자세는 주로 소방호스 작업 자세, 화재시 구조 장비 사용 작업 자세 등이 있으며, 사다리를 오르거나 중량물을 들 경우, 몸통을 비틀거나 쭉 뻗게 되는 자세, 무리한 진화작업과 현장에서 구조자 이송자세 등에 의해서 근골격계 질환이 발생하게 된다⁶⁾. 그 원인은 생체역학적자세의 불량,

퇴행성 변화, 심리적 원인 등 다양하지만, 주원인으로 기계적 스트레스에 의한 생체역학적 원인, 특히 중량물 취급으로 인한 과격한 근육작업으로 신체에 과도한 힘이 가중됨으로써 발생한다고 할 수 있다^{7,8)}.

이러한 중량물에 의한 과도한 힘과 체중부하가 반복적, 지속적으로 발에 작용하게 되면 부정적 또는 긍정적인 영향을 미치게 되어⁹⁾ 소방대원들의 피로도를 높일 수 있고, 부상을 유발할 가능성이 높아진다. 그러나 재난 현장에서 발생할 수 있는 안전사고를 최소화하기 위한 기술기반의 부족과 효율적이고 적절한 대처 능력의 미흡으로 인해 각종 안전사고가 발생하게 되어¹⁰⁾ 소방대원들은 업무 수행 중 부상을 당하거나 사망에 이르는 경우가 종종 발생하고 있다¹¹⁾. 이러한 부상발생의 원인을 규명하고 예방하기 위해서 부하의 측정과 평가를 위한 족저압력 분석이 적용될 수 있다⁹⁾.

족저압력은 운동과학의 임상분야, 연구분야에서 널리 이용되고 있는 측정 방법 중 하나로¹²⁾ 정적, 동적 족저압력의 정확한 정량적 분석을 통해 다양한 일상생활 동작과 기

*Corresponding Author: Hyo Lyun Roh, Tel : +82-33-540-3480, E-mail : withtry@knu.ac.kr

Department of Occupational Therapy, Kangwon National University, Samcheok 2nd Campus, Hwangjo-ri, Dogye-eup, Samcheok-si, Gangwon-do 245-710, Korea

능적 활동 중 발의 특정부위에 가해지는 압력을 관찰할 수 있다¹³⁾. 족저압력 분포의 측정과 분석을 통하여 부상의 진단 및 평가, 치료에도 활용하고 있다⁹⁾. 압력은 힘에 의한 손상의 발생을 결정하는 중요한 양이며¹⁴⁻¹⁵⁾, 뉴턴의 제 3법칙에 의해 바닥과 족저간에 같은 양이 영향을 미치게 된다^{14,16)}. 소방업무 현장의 조건은 위험요소가 매우 많으며 지면이 딱딱하여 소방대원들이 장시간 작업할 경우 발전체에 받게 되는 압력과 충격은 증가한다¹⁷⁾. 이러한 압력과 충격의 증가는 조직의 손상의 위험성을 매우 높일 수 있다^{14,18-19)}. 그러므로 정확한 평가를 위해 소방대원들의 족저압력을 측정하는 것이 필요하다^{14,20-21)}.

건강 및 안전과 관련하여 위험성, 긴급성, 출동환경의 이상성 및 강인한 체력이 요구되는 업무의 특수성을 가지고 있음에도 불구하고 소방대원들의 작업 자세에 따른 근골격계 질환과 족저압력에 관한 연구는 부족한 실정이다^{5,7)}. 따라서, 본 연구는 소방대원들의 작업 자세 중 빈번하게 취하는 자세의 족저압력의 차이를 밝혀서 근골격계 질환 예방을 위한 기초자료 제공하고자 한다.

2. 연구 방법

2.1. 연구 대상자

B시 소재 소방서에 근무하고 있는 남자 소방대원 9명을 대상으로 하였다. 대상자들에게 연구의 취지를 충분히 설명한 후 자발적으로 동의하는 경우에 조사를 실시하였다.

2.2. 연구 방법

2.2.1. 작업 자세 선정

본 연구에서는 소방대원들을 대상으로 한 작업 자세 분석 연구⁵⁾를 토대로 인간공학적 분석결과 근골격계 질환을 유발할 수 있으며, 소방 업무 중 빈번하게 행해지고 있어서 작업 자세의 개선과 관리가 필요한 구조자 구조시 이송작업, 방수작업, 유압구조장비 작업 자세를 선정하였다. 각 작업 자세는 시뮬레이션으로 재현하게 하였으며, Table 1과 같이 구분하여 분석하였다.

2.2.2. 측정 방법

정확도를 높이기 위해 대상자들에게 조사의 목적을 정확히 주지시킨 후, 10분간 스트레칭과 준비 운동을 충분히 실시하여 자연스러운 자세를 취하도록 하였다. 측정 시 모든 장비와 방열복을 착용하였다.

구조자 구조시 이송작업은 1인 운반과 2인 운반으로 구분하였으며, 방수작업과 유압구조 장비사용 작업자세는 (상), (중), (하)로 구분하였다. 유압구조장비를 꺼내는 작업은 (시점), (중점)으로 구분하였는데, 작업시 시작되는 첫 지점을 (시점)으로 꺼내는 자세의 마지막 부분 동작을 (중점)으로 구분하여 분석하였다. 소방장비를 착용 후 Table 1과 같이 작업 자세를 30초간 맨발로 측정장비의 중앙에 자세를 유지하게 하였다. 접지면적은 각 영역의 접지면적을 백분위로 표현한 것이며, 면적이 좁아진다는 것은 최

Table 1. The classification of postures extinguishing the fire

Postures	Classification	
Rescuee handling work postures	1 person handling
	2 person handling
Firehose work postures	High
	Middle
	Low
Hydraulic rescue equipment work postures	High
	Middle
	Low
	Taking out

Fig. 1. EMED foot pressure measuring system.

대압력분포가 특정방향으로 집중된다는 것을 의미한다. 최대압력은 각 영역에 가해지는 압력의 최대값이며, 수치에 따라 충격흡수도를 파악할 수 있는 평가지표가 된다. 또한, 최대힘은 발의 각 부위별 받는 힘의 최고치를 말하며, 충격력을 평가할 수 있다²²⁾. 족저압력 분석은 30초 동안의 발 전체 부위의 접촉면적, 최대압력, 최대힘의 평균을 측정하였다. 자세의 움직임에 따른 족저압력의 변화를 알아보기 위하여 장비를 메고 차렷 자세를 한 자세의 데이터를 뺀 값으로 데이터를 분석하였다. 족저압력 측정을 위해 Novel (독일)사 EMED 판형식 정밀 압력분포 측정기를 사용하였다. 압력분포 측정기의 Pedar 소프트웨어 프로그램에 의한 결과물의 각 항목별 자료는 엑셀로 처리하였다.

2.3. 자료분석 및 통계 방법

대상자의 일반적 특성의 분석은 기술통계를 사용하였으며, 방수 작업, 유압구조장비 사용 작업 자세를 분석하기 위해서 Kruskal-Wallis 비모수 독립 K-표본 검정을 실시하였으며, 구조시 구조자 이송 작업 자세를 분석하기 위해서 Mann-Whitney 비모수 독립 2-표본 검정을 실시하였으며, 통계처리는 한글 PASW 18.0 프로그램을 이용하여 처리하였다. 유의수준은 $p<0.05$ 로 설정하였다.

3. 결 과

3.1. 대상자들의 일반적 특성

대상자들의 일반적 특성을 살펴보면 평균나이 41.0 세,

Table 2. The characteristics of subjects

구분	Age(yrs)	Height(cm)	Weight(kg)	Career(yrs)
Total(N=9)	41.0±1.2	173.7±5.0	71.7±3.0	13.4±1.8
Rescue(N=3)	44.3±6.0	171.3±2.0	71.0±0.6	16.7±4.4
Firefighting(N=3)	35.0±1.0	175.5±0.5	73.0±1.0	5.5±0.8
First aid(N=3)	40.2±5.1	173.5±3.2	71.9±1.9	12.0±5.7

키 173.5 cm, 몸무게 71.7 kg, 경력 13.4 년으로 나타났다. 화재진압 부서의 근무경력이 가장 작았으며, 구조 부서의 근무경력이 가장 길게 나타났다(Table 2).

3.2. 작업별 족저압력 분석

3.2.1. 구조자 이송작업 자세

구조자 구조시 이송작업 자세의 접촉면적은 왼발과 오른발에서 1인 운반과 2인 운반 간에 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p<0.05$). 따라서, 구조자 이송작업 자세에서의 접촉면적은 1인 운반에서 높게 나타났다.

구조자 이송작업 자세의 최대압력 분석에서는 오른발의 1인 운반과 2인 운반에서 유의한 차이가 나타났다($p<0.05$). 왼발의 1인 운반과 2인 운반은 유의한 차이가 나타나지 않았다(Table 3). 따라서, 이송작업 자세에서는 1인 운반시 오른발에 최대압력이 가해지는 것으로 나타났다.

구조자 이송작업 자세의 최대힘은 오른발과 왼 발의 1인 운반과 2인 운반에서 통계적으로 유의하게 나타나지 않았다. 따라서, 구조자 이송시 1인 운반과 2인 운반에서 오른발과 왼발의 차이가 나타나지 않았다.

3.2.2. 방수작업 자세

방수작업 자세의 접촉면적에서는 오른발의 (상), (하), (중) 자세 순으로 높게 나타났으나 통계적인 유의성이 나타나지 않았다. 왼발의 (하), (중), (상) 자세 순으로 높게 나타났으나 통계적인 유의성이 나타나지 않았다. 따라서, 양발의 (상), (중), (하) 위치에 따른 접촉면적의 차이가 없는 것으로 나

Table 3. Rescuer handling work posture

Foot	Rescuer handling	Contact area(Unit:cm ²)	Z	p-value	Peak pressure(Unit:kpa)	Z	p-value	Maximum force(Unit:N)	Z	p-value
Right (n=3)	1 person handling	38.44±7.30	-3.223	0.001**	356.67±226.85	-2.796	0.004**	297.00±63.09	-1.502	0.136
	2 person handling	21.78±9.86			126.67±98.87			232.63±138.69		
Left (n=3)	1 person handling	31.67±4.78	-2.121	0.032*	304.44±293.93	-1.687	0.092	345.97±95.45	-1.104	0.297
	2 person handling	24.61±8.13			103.33±94.87			281.31±144.02		

** $p<0.01$, * $p<0.05$

Table 4. Fire hose work posture

Foot	Firehose	Contact area(Unit:cm ²)	X ²	p-value	Peak pressure(Unit:kpa)	X ²	p-value	Maximum force(Unit:N)	X ²	p-value
Right (n=3)	High	3.72±14.43	1.063	0.588	63.33±100.37	5.449	0.066	49.14±177.77	0.025	0.988
	Middle	8.67±7.95			71.11±74.28			57.75±110.36		
	Low	7.06±19.79			157.22±103.41			45.83±226.34		
Left (n=3)	High	0.44±12.41	1.166	0.558	58.89±85.32	3.348	0.188	99.72±140.88	4.222	0.121
	Middle	-2.50±12.25			40.56±93.52			30.44±172.49		
	Low	-4.78±9.55			-7.78±39.54			-59.47±122.43		

** $p<0.01$, * $p<0.05$

Table 5. Hydraulic rescue equipment work posture

Foot	Hydraulic rescue equipment	Contact area(Unit:cm ²)	X ²	p-value	Peak pressure(Unit:kpa)	X ²	p-value	Maximum force(Unit:N)	X ²	p-value
Right (n=3)	High	-4.22±15.18	18.721	0.001**	31.67±51.23	17.321	0.002**	-69.25±184.69	19.901	0.001**
	Middle	8.67±27.72			120.00±135.53			115.58±170.76		
	Low	29.56±7.30			236.67±155.54			362.42±115.04		
	꺼내기시점	11.33±6.38			15.56±51.08			68.64±137.70		
	꺼내기종점	11.72±9.85			70.00±74.41			90.44±161.13		
Left (n=3)	High	17.11±15.31	11.724	0.020*	118.33±145.75	6.956	0.138	245.11±145.22	22.066	0.000**
	Middle	8.67±12.67			63.33±159.61			63.44±141.75		
	Low	-15.61±27.09			-38.89±123.76			-228.08±207.98		
	꺼내기시점	2.78±12.19			-7.22±85.55			-13.22±139.66		
	꺼내기종점	6.28±14.49			32.78±135.33			80.94±169.79		

**p<.01, *p<.05

타났다.

방수작업 자세의 최대압력과 최대힘은 오른발과 왼발의 (상), (중), (하) 자세에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다(Table 4).

3.2.3. 유압구조장비작업 자세

유압구조장비작업 자세의 접촉면적 분석에서는 오른발의 (상), (중), (하), (시점), (종점), 자세 순으로 높게 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이가 나타났다(p<.05).

왼발의 (하), (시점), (종점), (중), (상) 자세 순으로 높게 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이가 나타났다(p<.05). 따라서, 오른발의 (하) 자세와 왼발의 (상) 자세에서 접촉면적이 넓은 것으로 나타났다(Table 5).

유압구조장비작업 자세의 최대압력은 오른발의 경우 (하) 자세에서 가장 높게 나타났으며 통계적으로 유의한 차이가 나타났다(p<.05). 왼발의 경우 (상) 자세가 가장 높게 나타났으나, 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

유압구조장비 작업자세의 최대힘은 오른발의 경우 (하) 자세가 가장 높게 나타났으며, 왼발의 경우

(상) 자세가 가장 높게 나타났으며 통계적으로 유의한 차이가 나타났다(p<.05). 따라서, 오른발의 (하) 자세에서, 왼발의 (상) 자세에서 최대힘이 가해지는 것으로 나타났다.

3.3. 방수작업, 유압구조장비작업 비교 분석

방수작업 자세와 유압구조장비 작업은 자세는 유사하나, 다른 장비를 사용한다. 따라서, 장비의 하중에 따라 작업에 미치는 영향이 변할 수 있으므로 두 자세를 비교하여 분석하였다.

3.3.1. (상) 자세비교

(상) 자세에서는, 접촉면적의 경우 오른발의 방수작업과 유압구조장비작업은 통계적인 차이가 나타나지 않았다. 왼발에서는 방수작업과 유압구조장비작업은 통계적인 차이가 나타났다(p<.05). 따라서, 유압구조장비작업에서 왼발의 접촉면적이 넓은 것으로 나타났다(Table 6).

최대압력과 최대힘은 오른발과 왼발의 방수작업과 유

Table 6. The comparison of "High" work posture between handling fire hose and hydraulic rescue equipment

Variables	Foot	Classification	M±SD	Z	p-value
Contact area	Right	Firehose	3.72±14.43	-1.325	0.190
		Hydraulic rescue equipment	-4.22±15.18		
	Left	Firehose	0.44±12.41	-2.209	0.024*
		Hydraulic rescue equipment	17.11±15.31		
Peak pressure	Right	Firehose	63.33±100.37	-0.443	0.667
		Hydraulic rescue equipment	31.67±51.23		
	Left	Firehose	58.89±85.32	-0.575	0.605
		Hydraulic rescue equipment	118.33±145.75		
Maximum force	Right	Firehose	49.14±177.77	-1.192	0.258
		Hydraulic rescue equipment	-69.25±184.69		
	Left	Firehose	99.72±140.88	-1.810	0.077
		Hydraulic rescue equipment	235.11±145.22		

*p<.05

Table 7. The comparison of "Middle" work posture between handling fire hose and hydraulic rescue equipment

Variables	Foot	Classification	M±SD	Z	p-value
Contact area	Right	Firehose	8.67±7.95	-0.751	0.489
		Hydraulic rescue equipment	8.67±27.72		
	Left	Firehose	-2.50±12.25	-1.810	0.077
		Hydraulic rescue equipment	8.67±12.67		
Peak pressure	Right	Firehose	71.11±74.28	-0.707	0.489
		Hydraulic rescue equipment	120.00±135.53		
	Left	Firehose	40.56±93.52	-0.309	0.796
		Hydraulic rescue equipment	63.33±159.61		
Maximum force	Right	Firehose	57.75±110.36	-0.927	0.387
		Hydraulic rescue equipment	115.58±170.76		
	Left	Firehose	30.44±172.49	-0.397	0.730
		Hydraulic rescue equipment	63.44±141.75		

압구조장비작업은 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않아서, 방수작업과 유압구조장비 작업의 최대압력과 최대힘은 차이가 나타나지 않았다.

3.3.2. (중) 자세비교

(중) 자세에서는, 접촉면적의 경우 오른발과 왼발의 방수작업과 유압구조장비작업에서 통계적인 유의성이 나타났다.

최대압력의 경우에서도 오른발과 왼발의 방수작업과 유압구조장비작업에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않아서, 방수작업과 유압구조장비 작업의 최대압력은 차이가 나타나지 않았다.

최대힘의 경우도 오른발과 왼발의 방수작업과 유압구조장비작업에서 통계적인 유의성이 나타나지 않아서, 방수작업과 유압구조장비 작업의 최대압력은 차이가 나타나지 않았다(Table 7).

따라서, 중 자세에서는 오른발과 왼발의 방수작업과 유압구조장비작업에서 족저압력의 차이가 없는 것으로 나타났다.

3.3.3. (하) 자세비교

(하) 자세에서는, 접촉면적의 경우 오른발의 방수작업과 유압구조장비작업에서, 통계적인 차이가 나타났다($p<.05$). 왼발의 방수작업과 유압구조장비작업에서, 통계적으로 차이가 나타나지 않았다(Table 8). 따라서, 오른발의 유압구조장비작업에서 접촉면적이 넓은 것으로 나타났다.

최대압력의 경우 오른발과 왼발의 방수작업과 유압구조장비작업에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않아서 방수작업과 유압구조장비 작업의 최대압력은 차이가 나타나지 않았다(Table 8).

최대힘의 경우 오른발의 방수작업과 유압구조장비작업에서 통계적으로 차이가 유의하였다($p<.05$). 왼발의 방수작업과 유압구조장비작업에서는 통계적으로 차이가 유의하지 않았다. 따라서, 오른발의 경우 유압구조장비작업에서 최대힘이 가해지는 것으로 나타났다.

Table 8. The comparison of "Low" work posture between handling fire hose and hydraulic rescue equipment

Variables	Foot	Classification	M±SD	Z	p-value
Contact area	Right	Firehose	7.06±19.79	-3.095	0.001**
		Hydraulic rescue equipment	29.56±7.30		
	Left	Firehose	-4.78±9.55	-0.618	0.546
		Hydraulic rescue equipment	-15.61±27.09		
Peak pressure	Right	Firehose	157.22±103.41	-0.841	0.436
		Hydraulic rescue equipment	236.67±155.54		
	Left	Firehose	-7.78±39.54	-0.889	0.387
		Hydraulic rescue equipment	-38.89±123.76		
Maximum force	Right	Firehose	45.83±226.34	-3.046	0.001**
		Hydraulic rescue equipment	362.42±115.04		
	Left	Firehose	-59.47±122.43	-1.810	0.077
		Hydraulic rescue equipment	-228.08±207.98		

** $p<.01$

4. 결론 및 제언

본 연구는 소방대원들의 작업 자세에 따른 족저압력을 알아보아서, 작업 자세에 따른 피로도를 줄여 근골격계 질환을 예방하기 위한 기초자료 제공을 위해 실시하였다.

본 연구의 구조자 이송작업 자세 분석결과에서 1인 운반시 양발에서 접촉면적은 넓었고, 최대압력은 오른발에서 높게 나타났다. 이러한 결과는 피구조자의 체중을 지탱하기 위하여 오른쪽에 힘을 많이 들어가는, 좌우의 균형이 맞지 않는 불안정한 작업 자세가 되므로 이에 대한 안정성을 확보하기 위하여 접촉면적을 넓게 한 것으로 보인다. 또한, 환자 이송시 허리를 구부린 상태로 피구조자의 체중을 지탱하여 이동하게 되어 허리부위에 과도한 하중을 받게 된다. 이는 다른 소방업무 부서보다 구조업무를 담당하는 소방관들이 2-3배 정도 허리부위에 대한 근골격계 증상호소 비율이 높게 나타난다고 한 연구⁷⁾를 뒷받침하는 결과라고 하겠다. 또한, 2인 운반 보다 1인 운반시 접촉면적이 증가하여, 소지하고 있는 무게가 증가하면 접촉면적의 넓어진다고 한 연구²³⁾와 유사한 결과이며, 인간공학적 작업자세 분석에서도 소방대원들의 작업 자세가 정밀조사와 즉각적인 개선이 필요하다고 나타나서⁵⁾ 본 연구를 지지하였다. 구급업무는 대부분 2명이 환자를 실은 들것을 들게 되지만, 좁은 경사로나 계단을 1인이 이동하게 되는 경우에는 특히 부하가 증가하여 급성 요추질환이 발생 할 수 있다⁷⁾. 따라서, 신체적 부담을 줄이고 효율적인 피구조자 운반을 위해 운반시 사용되는 장비의 개선이 필요하다. 또한, 장기적으로 볼 때, 2명이 이송 할 수 있는 통로를 확보할 수 있는 가옥 및 도로의 정비나 구조적 개선도 필요할 것으로 사료된다.

본 연구에서 방수 작업 자세에서는 (상), (중), (하) 위치에 따른 양발의 접촉면적, 최대압력, 최대힘은 차이는 나타나지 않았다. 주로 방수작업은 하지가 고정된 상태에서 이루어지므로 차이가 나타나지 않은 것으로 보인다. 체간(trunk)이 뒤쪽으로 신전된 상태에서 이루어지는 자세는 상완의 각도와 상관없이 작업수행능력이 높으며, 작업자가 느끼는 부담정도가 낮다고 하였으나²⁴⁾ 상지의 무게를 분석하는 것을 목적으로 하는 RULA 분석에서 방수작업은 개인 착용 장비의 무게(16kg)의 영향으로 점수가 높게 나타났다⁵⁾. (하) 자세는 목과 허리 굽힘 각도가 크기 때문에 방수작업 중 REBA 분석에서 가장 높은 점수로 나타내어서 가장 부담이 높은 작업으로 보인다. 화재시 방수작업은 큰 관에서 나오는 물의 힘과 압력을 지탱하여야 하므로 본 연구에서의 시뮬레이션 보다 훨씬 큰 힘이 요구될 것이고 상지와 하지에서 지지하는 힘 또한 많이 요구 될 것이라고 사료된다.

유압구조장비에서는 접촉면적, 최대압력과 최대힘 모두 오른발의 (하) 자세에서 높게 나타났고, 왼발에서는 접촉면적과 최대힘이 (상) 자세에서 높게 나타났다. 따라서, 유압구조장비 사용시에는 (하) 자세에서는 오른발에 많은 체중을 지탱하고 (상) 자세에서는 왼발에 많은 체중을 지탱하는 것으로 보인다. 인간공학적인 평가에서 유압구조장비 자세의 꺼내기 작업 자세가 가장 부담이 높은 위험한 자세이며⁵⁾, 쪼그려 앉아서 무거운 유압구조장비를 꺼집어낼 때, 쪼그려 앉아서 팔을 멀리 뻗은 자세로 인해 발목과 고관절(hip joint)의 가동범위와 관절에 부담이 높은 자세 이나²⁵⁾ 본 연구에서의 꺼내기작업의 족저압력은 높지 않

게 나타나서 다른 결과를 보였다. 또한, 본 연구에서 유압 구조장비 자세에서 (상), (하) 자세에서 각각 오른발과 왼발의 체중부하가 많이 이루어지고 있으나 인간공학적 분석⁵⁾에서는 위험단계는 ‘보통’, 조치단계는 ‘필요함’으로 나타나서, 인간공학적 자세와 족저압력과는 다르게 나타났다.

본 연구에서 족저압력과 인간공학적 평가와는 큰 관련성이 없는 것으로 나타났는데, 인간공학적 평가를 할 때, 어떤 평가도구를 적용하느냐에 따라 평가결과가 다르게 나올 수 있고²⁶⁾, 인체의 운동범위 각도와 자세, 반복횟수, 진동 등에 의해 평가되어지므로 족저압력과의 상관성이 낮은 것으로 보인다. 그러나 족저압력의 증가는 하지에서 불편함을 증가시키며 장시간 서서 일하는 자세와 시간과 관련이 깊다. 또한, 자세를 유지하기 위한 근육들의 근피로도를 증가시키고 통증을 유발시킨다²⁷⁾. 따라서 본 연구에서 족저압력의 증가가 두드러진 구조자 이송작업시 발에 미치는 충격과 압력을 줄이기 위하여 소방대원들에게 인솔이 장착된 작업화의 설계가 필요하다고 생각된다.

Reference

- 1) J. H. Ha, D. I. Kim, B. S. Seo, W. S. Kim, S. H. Ryu and S. G. Kim, “Job Stress and Psychosocial Stress among Firefighters”, The Korean Journal of Occupational and Environmental Medicine, Vol. 20, No. 1, pp. 104~111, 2008.
- 2) N. I. Kim, J. H. Jang, K. H. Seong and S. Yoon, “Exercise Capacity and Isokinetic Muscle Strength on Duty Form in Fire Fighters”, The Journal of Korean Society of Aerobic Exercise, Vol. 6, No. 1, pp. 17~32, 2002.
- 3) K. J. Lee, H. T. Heo, D. W. Kim, I. A. Kim, S. Y. Kim, J. R. Rho, S. Y. Jung and J. H. Mun, “The Factors Related to Health-related Quality of Life(HRQOL), and Correlation between Occupational Stress and HRQOL among Municipal Fire Officers in Incheon”, The Korean Journal of Occupational and Environmental Medicine, Vol. 21, No. 3, pp. 267~275, 2009.
- 4) J. M. Kim, B. S. Suh, K. Y. Jung, D. I. Kim, W. S. Kim, H. S. Cho, J. W. Kim, J. Kwon, D. Y. Yoon, J. I. Kim and Y. M. Roh, “The Study for Musculoskeletal Symptoms and Job Stress in Firemen”, The Journal of Korean Industrial Hygiene Association, Vol. 17, No. 2, pp. 111~119, 2007.
- 5) H. L. Roh, S. M. Son, H. S. Oh, S. R. Chang and Y. J. Kim, “Analysis of Work Postures of Fire Fighters for Prevention of Musculoskeletal Disorders”, The Journal of the Korean Society of Safety, Vol. 26, No. 6, pp. 71~78, 2011.
- 6) Sung-Qyu Lee, “Correlation between Job and Life Style Related Factor and Musculo-skeletal Disorders in Fire Fighters”, Gachon Univ. Master's Thesis, pp. 1~37, 2007.
- 7) D. S. Kim, M. K. Moon and K. S. Kim, “A Survey of Musculoskeletal Symptoms & Risk Factors for the 119 Emergency Medical Services (EMS) Activities”, The Korean Journal of Ergonomics Society, Vol 29, No. 2, pp. 211~216, 2010.
- 8) National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Musculoskeletal Disorders and Workplace Factors: A Critical Review of Epidemiologic Evidence for Work-Related Musculoskeletal Disorders of the Neck, Upper Extremity, and Low Back. DHHS(NIOSH) Publication, pp. 97~141, 1997b.
- 9) J. S. Lee, Y. J. Kim and S. B. Park, “A Study of In-sole Plantar Pressure Distribution in Fuctional Tennis Shoes”, The Korean Journal of Sports Biomechanics, Vol. 14, No. 3, pp. 99~118, 2004.
- 10) S. H. Hyun, J. M. Cha, Y. J. Lee, Y. S. Song, H. S. Kim and Y. S. Ahn, “An Analysis on Current Conditions of Occupational Casualties of Firefighters”, The Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering Fall Conference, pp. 383~391, 2009.
- 11) S. H. Hyun, Y. S. Song and C. W. Lee, “A Thought on the Fire Fighting Official Selection Examination”, The Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 19, No. 4, pp. 80~86, 2005.
- 12) J. S. Roh and T. H. Kim, "Reliability of Plantar Pressure Measures Using the Parotec System", The Journal of the Korean Academy of University Trained Physical Therapists, Vol. 8, No. 3, pp. 35~41, 2001.
- 13) Joon-Mo Park, “Analysis on Plantar Pressure between Amateur and Professional Golf Players in Putting Action”, Silla Univ. Master's Thesis, pp. 1~52, 2009.
- 14) Jong-Pil Kim, “The Relations of the Plantar Pressure and Plantar Ulcer in Patients with Leprosy”, Korea Univ. Master's Thesis, pp. 1~72, 2009.
- 15) P. W. Brand and J. K. Davisone, “A Problem Oriented Approach”, Thieme Medical Publishers, pp. 376~382, 1986.
- 16) P. R. Cavanagh, J. S. Ulbercht and G. M. Caputo, “The Biomechanics of the Foot in Diabetes Mellitus”, The Diabetic Foot, Vol. 6, pp. 125~196, 2001.
- 17) S. B. Park and K. D. Lee, “The Study of the Foot Pressure Distribution of the Safety Shoes Suspension for Impact Absorption”, The Korean Journal of Ergonomics Society Fall Conference, pp. 178~183, 2007.
- 18) A. Veves et al., “The Risk of Foot Ulceration in Diabetic Patients with High Foot Pressure”, Diabetologia, Vol. 35, No. 7, pp. 660~663, 1992.
- 19) R. G. Frykberg et al., “Role of Neuropathy and High Foot Pressures in Diabetic Foot Ulceration”, Diabetes Care, Vol. 21, pp. 1714~1719, 1998.
- 20) P. R. Cavanagh, F. G. Hewitt and J. E. Perry, “In-shoe Plantar Pressure Measurement”, A review. The Foot, Vol. 2, pp. 185~194, 1992.
- 21) M. Lord and R. Hosein, “Pressure Redistribucation by Moulded Inserts in Diabetic Footwear”, J Rehabil Res Dev, Vol. 31, pp. 214~222, 1994.
- 22) Sun-Woo Shin, “Pressure Distribution according to the Classification of Foot Types and Heel Height during Gait”, Keimyung Univ. Doctoral Thesis, pp. 60~74, 1997.

- 23) Soo-Jin Park, "The Analysis the Changes of Foot Pressure by Various Carrying a Pack Methods during Walking", Daegu Univ. Master's Thesis, pp. 1~106, 2009.
- 24) S. R. Chang and H. G. Park, "Man-Machine System Safety : A Study of the Effects of the Trunk Angles and the Upper Arm Angles on Workloads in the Lifting Work", The Journal of the Korean Society of Safety, Vol. 24, No. 4, pp. 69~75, 2009.
- 25) D. Seop Lim, K. S. Lee, H. C. Kim, H. S. Chae and H. R. Koo, "Biomechanical Evaluation of Work Load for Lower Extremity according to the Various Harvesting Work postures", The Korean Journal of Ergonomics Society Fall Conference, Vol. 2010, No. 5, pp. 31~34, 2010.
- 26) Byung-Yong Jeong, "Ergonomics? Role for Preventing Musculoskeletal Disorders", The Korean Journal of Ergonomics Society, Vol. 19, No. 4, pp. 393~404, 2010.
- 27) Duck-Hwa Kim, Do-Young Jung and Oh-Yun Kwon, "The Effects of Customized Insoles on the Post-Work Discomfort and Pain", The Journal of the Korean Academy of University Trained Physical Therapists, Vol. 14, No. 2, pp. 85~90, 2007.