

소방대원의 중량물작업에 대한 인간공학적 분석

임수정 · 박종태* · 최서연** · 박동현†

인하대학교 산업공학과, *고려대학교 의과대학 직업환경의학과, **인하대학교 의학과

An Ergonomic Analysis for Heavy Manual Material Handling Jobs by Fire Fighters

Su-Jung Im · Jong-Tae Park* · Seo-Yeon Choi** · Dong-Hyun Park†

Dept. of Industrial Engineering, Inha University

*Dept. of Occupational and Environmental Medicine College of Medicine, Korea University

**Dept. of Social & Preventive Medicine, Inha University

(Received May 20, 2013; Revised June 14, 2013; Accepted June 14, 2013)

요 약

본 연구에서는 소방대원이 수행하는 업무 중 중량물을 다루어야 하는 작업에 대한 분류 및 정량적 분석(NLE, 3DSSPP)을 수행하여 향후 소방대원의 중량물 관련 작업에 대한 위험도를 예측하고, 관련 위험도를 감소시키기 위한 기초 자료를 도출하고자 하였다. 도출된 위험도 등급은 위험도 점수가 3점부터 9점까지 총 7단계로 구성되었다. 가장 위험도가 높은 1등급은 나타나지 않았으며 인명구조 작업이 두 번째로 높은 2등급에 속하는 것으로 나타났다. 3등급은 파괴 기구 활용, 환자 들어올리기작업 등으로 나타났다. 본 연구 결과들은 소방대원의 허리 부상을 포함하는 근골격계 질환 예방을 위한 작업방법 및 장비의 개선, 교육 프로그램의 개발에 기본 토대가 될 수 있다고 판단되며, 소방대원들의 근골격계 질환에 대한 지속적인 예방을 위해서는 본 연구의 골격을 토대로 한 추후 심층적인 조사와 연구가 시급하다고 사료된다.

ABSTRACT

Modern fire fighting jobs have been expanded to include areas of rescue, emergency medical service as well as conventional fire suppression, so that load for fire fighting jobs has been increased. Specifically, musculoskeletal disorders (MSDs) such as low back injury have been considered as one of major industrial hazards in heavy manual material handling during fire fighting jobs. This study tried to evaluate risk levels and to prepare background for reducing risk levels associated with heavy manual material handling during fire fighting jobs. This study applied two major tools in evaluating heavy manual material handling jobs which were NLE (NIOSH Lifting Equation) and 3DSSPP (3D Static Strength Prediction Program). A risk index in terms of heavy manual material handling during fire fighting jobs was identified. This index consisted of seven risk levels ranged from nine points (the first level) to three points (the seventh level). There was no job associated with the first level (the highest risk level) of index. There was only one job (life saving job) belonging to the second level (the second highest risk level) of index. The third level had jobs such as usage of destruction equipment and lifting patient. A total of basic eighteen jobs was categorized into six different levels (2nd-7th levels) of index. The outcome of the study could provide a good basis for conducting job intervention, preparing good equipment and developing good education program in order to prevent and reduce MSDs including low back injury of fire fighting jobs.

Keywords : MSDs, Ergonomics, Heavy manual material handling, Risk Index

1. 서 론

최근의 소방 작업은 화재 예방, 경계 및 진압 업무에만 국한되지 않고 구조, 구급 등, 국민들의 생명과 신체 및 재

산을 지키기 위한 포괄적인 업무로 바뀌어 가고 있으며, 따라서 소방대원의 업무는 나날이 양적, 질적으로 증대되고 있는 실정이다^{(1,2)}}.

소방대원들의 업무는 크게 구급, 구조, 화재진압, 기타행

†Corresponding Author, E-Mail: pp0825@naver.com
TEL: +82-32-860-8702, FAX: +82-32-867-1605

ISSN: 1738-7167
DOI: <http://dx.doi.org/10.7731/KIFSE.2013.27.3.085>

정으로 나눌 수 있다⁽³⁾. 구급업무는 출동, 구급활동, 병원 이동, 병원업무(병원 응급실 이송 후 인계 작업), 귀소, 사무작업 등으로 구성되어 있으며⁽⁴⁾, 구조업무는 구조훈련지도, 구조대원 안전관리, 소방항공대 관리, 재난수습지원, 광역재난훈련지도, 수난사고 수습, 산악사고처리, 재난 시 구조 업무 등으로 구성되어 있다⁽⁵⁾. 화재진압 업무는 화재 발화지점 검색, 화재현장 진입, 인명검색 및 구조, 요구구조자 운반, 피난유도 등의 활동으로 구성된다⁽⁶⁾.

이처럼 소방대원은 많은 업무를 수행하고 있고 그 과정에서 다양한 심리적, 물리적, 화학적 유해요인에 노출된다⁽⁷⁾. 소방작업 관련 구체적인 유해요인은 화재 진압 시 치명적인 연소의 부산물 흡입, 통제 불능의 고열스트레스, 정신적인 스트레스, 생물학적인 유해요인, 교대 근무 시 생체 리듬혼란으로 인한 피로감, 불규칙한 식사와 야간의 식사(야간에는 위장기능이 저하) 등으로 인한 위장장애 등을 들 수 있다. 특히 정신·육체적 스트레스의 증가뿐만 아니라 중량물 사용으로 인한 신체적 부하의 증가 등은 타 업종에서의 경우와 같이 근골격계 질환을 비롯한 각종 산업재해에 노출될 위험 확률을 높이고 있다고 알려져 있다^(8,9).

하지만 이제까지의 소방대원들의 작업에 대한 연구는 화재 진화 시 발생하는 유해연기로 인한 폐 기능, 호흡기 증상⁽¹⁰⁻¹²⁾, 유해연기와 열에서 소방대원을 보호하는 보호장구⁽¹³⁾, 직무상스트레스나 교대근무로부터 오는 정신적 스트레스⁽¹⁴⁾ 등에 국한되어 있었다.

따라서 본 연구에서는 소방대원이 수행하는 업무 중 중량물을 다루어야 하는 작업에 대한 분류 및 정량적 분석을 수행하여 향후 소방대원의 중량물 관련 작업에 대한 위험도를 예측하고, 관련 위험도를 감소시키기 위한 기초 자료를 도출하고자 하였다.

2. 연구대상 및 방법

본 연구는 소방대원의 중량물 관련 작업에 대한 위험도를 예측하기 위하여 실제 현장에서 촬영, 수집한 동영상에 대상으로 중량물 전문 인간공학적 평가도구(NLE, 3DSSPP)를 이용하여 분석하였다.

2.1 연구대상

2012년 10월 19일부터 2013년 02월 1일 까지 전국 43개 소방서를 방문하여 각 소방서 마다 기본적인 53개 작업을 반복하여 촬영, 수집하였다.

2.2 연구방법

본 연구에서는 인간공학적 평가를 위하여 중량물 평가에 있어서 대표적 두 가지 방법이라고 할 수 있는 NLE(NIOSH Lifting Equation)와 3차원 인체역학 모델인 3DSSPP(3D Static Strength Prediction Program)를 적용하였다. 일반적으로 NLE를 적용하는데 있어서는 첫 번째 단계로

RWL(Recommended Weight Limit; 권장무게한계)을 계산하게 되는데, 여기서 RWL을 계산하는 식은 다음과 같다.

$$RWL(kg)=23 \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM \quad (1)$$

여기서 HM은 수평거리요인(Horizontal Multiplier), VM은 수직거리 요인(Vertical Multiplier), DM은 수직이동거리요인(Distance Multiplier), AM은 비대칭요인(Asymmetry Multiplier), FM은 빈도요인(Frequency Multiplier), CM은 손과 대상물의 계면요인(Coupling Multiplier)을 의미한다.

다음으로 RWL을 도출한 후에는 LI(Lifting Index; 들기 지수)를 계산하여 중량물작업에 대한 최종 평가의 근거를 마련한다. LI(들기 지수)는 다음과 같은 공식에 의하여 계산된다.

$$LI=L/RWL \quad (2)$$

여기서 L은 실제 대상물의 중량을 의미한다.

LI의 결과가 1보다 크면 작업부하가 권장치 보다 크다고 판단하며, 3이 넘을 경우에는 작업부하가 극단적으로 과도하여 즉각적인 공학적 개선을 실시하여야하는 상태를 의미한다. 참고로 NLE 평가는 시점(origin: 중량물 작업을 시작하는 시점에서의 작업 자세)과 종점(destination: 중량물 작업을 종료하는 시점에서의 작업 자세) 모두에 대하여 수행하며, 이 둘 중에서 상대적으로 열악한 결과(RWL이 낮거나, LI가 높은 경우)를 최종결과로 사용한다.

중량물취급 작업에 대한 정량적 평가를 위한 인체 역학적 컴퓨터 모델인 3DSSPP는 미국 미시간 대학에서 개발한 소프트웨어이다. 인체역학적인 모형을 이용하여 중량물취급 작업 시 특정관절과 근육별로 어떤 종류의 힘이 작업상 얼마만큼 요구되는가를 정량적으로 예측하고 이를 작업자의 능력과 비교할 수 있는 프로그램이다. 기본적으로 3DSSPP는 작업자의 인체측정자료(키, 몸무게), 5개의 인체 부위각도(위팔, 아래팔, 허리, 위쪽 다리, 아래쪽 다리), 작업 대상물의 중량을 입력 하여 중량물 작업의 인체에 대한 영향력과 관련되는 다양한 결과를 도출하도록 되어있다. 결과 중에서 척추 부위 특히 L5/S1(요추 5번/미추 1번) 부위에 걸리는 압축력(Compressive force)은 중량물 작업 시 허리에 걸리는 직접적인 부하의 정도를 나타낸다. 그 계산결과에 있어서 L5/S1에서의 압축력이 350 kg이 넘으면 요통발생확률이 높다는 것을 의미한다.

3. 연구결과

3.1 중량물 작업의 분류

소방대원이 수행하는 작업 중 중량물작업은 조사된 전체 53개 작업 중 화재진압에서 10개 작업(소방장비 점검·정비, 인명구조 활동, 송풍기 활용 배연, 관찰배치, 방수(주수), 사다리를 활용한 주수, 파괴 기구 활용(동력절단기), 문 개방, 파괴 기구 활용(천정파괴), 기타활동(비화경계,

Table 1. Job Types for Heavy Manual Material Handling by Fire Fighters

Tasks	Jobs	Job elements
Fire suppression	Ready for moving out	Checking up & maintenance of fire fighting equipment
Fire suppression	Rescuing human life	Rescuing human life
Fire suppression	Ventilation	Eliminating smoke by air blower
Fire suppression	Placing hose	Placing hose
Fire suppression	Injecting water	Injecting water (high, medium, low speed; diffusion, reflection)
Fire suppression	Injecting water	Injecting water using ladder
Fire suppression	Destruction	Using breaking equipment (power cutting machine)
Fire suppression	Destruction	Breaking door
Fire suppression	Destruction	Using breaking equipment (breaking ceiling)
Fire suppression	Others	Controlling residual fire, preserving scene, pulling out
Rescue	General rescue	Rescuing people from accident at confined space
Rescue	General rescue	Rescuing body part caught in the object
Rescue	General rescue	Rescuing people from motor vehicle accident
Rescue	Advanced rescue	Rescuing people from water accident
Emergency medical service	Lifiting & moving patients	Lifting patient
Emergency medical service	Lifiting & moving patients	Moving patient
Others	Removing icicle	Removing icicle
Others	Moving air mattress	Moving air mattress

간화정리, 현장보존, 현장철수 등)), 구조에서 4개 작업(건물 내 감금사고 구조, 신체가 낀 사고 구조, 자동차 사고 구조, 수난사고 구조), 구급에서 2개 작업(환자 들어올리기, 환자 이동), 기타작업 2작업(고드름 제거 작업, 에어 매트 옮기기 작업)으로 총 18개 작업으로 분류되었다<Table 1>.

3.2 중량물 장비 및 도구

소방대원이 업무 중 사용하는 장비의 중량은 최소 0.9 kg (신체가 낀 사고나 중량물로 인해 공간 확보가 어려울 경우 사용하는 에어백세트 중 가장 저용량)부터 최대 126 kg (구조현장에서 지면으로부터 충격을 완화하고 요구조자를 보호하기 위해 사용하는 에어매트)까지 그 범위가 매우 넓었다. 각 장비 및 도구의 명칭과 주로 활용되는 직무, 용도, 중량은 다음과 같다<Table 2>.

3.3 중량물 작업의 정량적 분석 결과

중량물 작업을 NLE로 분석한 결과, 시점을 기준으로 살펴보면 사다리를 활용한 주수, 자동차 사고 구조, 수난사고 구조, 환자 이동, 에어매트 옮기기의 작업이 들기 지수(LI)가 1 이상인 것으로 분석되었고, 소방장비 점검·준비, 인명구조 활동, 송풍기 활용 배연, 파괴 기구 활용(동력절단기), 환자 들어올리기, 고드름 제거 작업이 들기 지수(LI)가 2 이상인 것으로 분석되었다. 또한 중점을 기준으로 살펴보면 송풍기 활용 배연, 사다리를 활용한 주수, 수난사고 구조, 환자 이동, 에어매트 옮기기 작업이 들기 지

수(LI)가 1 이상인 것으로 분석되었고, 소방장비 점검, 인명구조 활동, 파괴기구 활용(동력절단기), 자동차 사고 구조, 환자 들어올리기, 고드름제거 작업이 들기 지수(LI)가 2 이상인 것으로 분석되었다. 또한 3DSSPP에 의한 요추부 압축력(L5/S1; kg)을 살펴보면 인명구조 활동, 파괴 기구 활용(동력절단기), 신체가 낀 사고 구조, 환자들어올리기와 이동, 에어매트 옮기기 작업이 요추부 압축력 350 kg을 초과하는 것으로 나타났다<Table 3>.

3.4 중량물 작업의 등급화

본 연구에서는 중량물 작업의 정량적 분석을 통한 결과를 바탕으로 NLE와 3DSSPP의 결과를 모두 고려하여 등급화를 시도하였다. NLE의 가중치는 시점의 LI평가와 종점의 LI평가 결과를 각각 적용하여 최대 6점, 최소 2점으로 평가하였으며, 3DSSPP를 이용한 가중치는 L5/S1 부위에 걸리는 압축력(Compression force) 350 kg을 기준으로 350 kg 미만은 가중치 1점으로 주었으며 350 kg 초과 700 kg 미만은 가중치 2점, 350 kg 이상은 가중치 3점으로 평가하였다<Table 4>. 즉, 본 등급화 과정을 통하여 중량물 작업은 NLE시점, 종점의 들기 지수(LI)값이 각각 1이고 3DSSPP의 결과 값으로 L5/S1 부위에 걸리는 압축력(Compression force) 350 kg 미만으로 1점으로 평가될 경우의 총 가중치 3점의 최저위험등급으로부터 총가중치 9점의 최고위험등급으로 분류될 수 있다.

NLE 가중치 평가 결과 시점의 NLE 가중치 1(LI<1)에

Table 2. Tools Used in Heavy Manual Material Handling

Tools	Tasks	Uses	Weight
Gas cutting machine	Rescue	Cutting metal	19 kg
Airbag set	Rescue	Securing space for heavy object	0.9~27 kg
Cutting machine for concrete	Fire suppression, rescue	Removing object by cutting concrete	9.2 kg
Power cutting machine	Fire suppression, rescue	Cutting pipe, steel plate, etc	9.4~23 kg
Hydraulic spreader	Rescue	Spreading the gap between objects associated with car accident or collapse accident	18.2 kg
Basket stretcher	Emergency medical service	Moving patient at various scenes of the accidents	12 kg
Divisible stretcher	Rescue, emergency medical service	Moving patient safely at emergency	7 kg
Ceiling breaker	Fire suppression	Removing combustible substance at ceiling during fire suppression	3~3.3 kg
Door breaking equipment	Fire suppression, rescue	Breaking door at scene of the accident	7.2 kg
Universal ax	Fire suppression, rescue	Breaking obstacle at scene of the accident	1.8~2.7 kg
Air blower	Fire suppression	Emitting out noxious gas	40 kg
Hanging ladder	Fire suppression, rescue	Saving life at high-story building	7 kg
Double ladder	Fire suppression, rescue	Saving life at high-story building	20~25 kg
Air respiration set	Fire suppression	Providing respiration equipment	8 kg
Air mattress	Fire suppression, rescue	Absorbing shocks for jumping from the scene of the accident in high-story building	126 kg
Fire hose	Fire suppression	Providing fire water for fire suppression	4.4 kg/15 m

는 7개 작업(관창배치, 방수(주수), 문 개방, 천정 파괴, 현장철수, 건물 내 감금사고, 신체가 낀 사고), NLE 가중치 2($1 \leq LI < 3$)에는 8개 작업(에어매트 옮기기, 소방장비 점검·정비, 환자 이동, 자동차 사고 구조, 고드름 제거, 송풍기 활용 배연, 사다리를 활용한 주수, 수난사고 구조), NLE 가중치 3($3 \leq LI$)에는 3개의 작업(인명구조, 파괴기구 활용, 환자 들어올리기)이 해당되었으며, 중점의 NLE 가중치 1($LI < 1$)에는 7개 작업(관창배치, 방수(주수), 문 개방, 천정 파괴, 현장 철수, 건물 내 감금 사고, 신체가 낀 사고), NLE 가중치 2($1 \leq LI < 3$)에는 9개 작업(송풍기 활용 배연, 사다리를 활용한 주수, 자동차 사고 구조, 수난구조, 환자이동, 고드름 제거, 파괴기구 활용, 환자들어올리기, 에어매트 옮기기), NLE 가중치 3($3 \leq LI$)에는 2개 작업(인명구조, 소방장비 점검·정비)이 해당되었다<Table 5>.

3DSSPP의 가중치 평가 결과 3DSSPP 가중치 1($L5/S1 < 350$ kg)에는 12개 작업(소방장비 점검·정비, 관창배치, 방수(주수), 문 개방, 천정 파괴, 현장철수, 건물 내 감금사고, 송풍기 활용 배연, 사다리를 활용한 주수, 자동차 사고

구조), 3DSSPP 가중치 2($350 \text{ kg} \leq L5/S1 < 700$ kg)에는 6개 작업(인명구조, 파괴기구 활용, 수난사고 구조, 환자 들어올리기, 환자 이동, 고드름 제거, 신체가 낀 사고, 에어매트 옮기기)이 해당되었으며 3DSSPP 가중치 3($L5/S1 > 700$ kg)에는 해당되는 작업이 없는 것으로 나타났다<Table 6>.

앞서 언급한 바와 같이 소방관련 중량물 작업 위험도 지수에 근거한 점수는 최대 9점에서 최소 3점으로 분류되었다. 중량물 작업들을 등급화 하여 분류한 결과 위험도 지수에 근거한 점수는 인명구조 활동이 8점으로 가장 높게 평가되었으며, 파괴기구 활용, 환자 들어올리기작업이 7점, 소방장비점검·정비, 환자이동, 에어매트 옮기기 작업이 6점, 송풍기 활용배연, 사다리를 활용한 주수, 자동차 사고 구조, 수난사고 구조, 고드름제거작업이 5점, 신체가 낀 사고 구조 작업이 4점으로 평가되었다. 또한 등급화지수 3점으로 평가된 작업은 관창배치, 방수(주수), 문 개방, 천정 파괴, 현장 철수, 건물 내 감금사고 구조 작업으로 나타났다<Table 7>.

Table 3. Analysis Results for Heavy Manual Material Handling Jobs (NLE, 3DSSPP)

Heavy manual material handling jobs			Weight (kg)	3DSSPP Compressive force at L ₅ /S ₁ (kg)	NLE		
Tasks	Jobs	Job elements			Origin	RWL (kg)	LI (kg)
Fire suppression	Ready for moving out	Checking up & maintenance of fire fighting equipment	23.9	209.69	Destination	7.79	3.07
					Origin	9.89	2.41
Fire suppression	Rescuing human life	Rescuing human life	70.8	473.26	Destination	19.76	3.58
					Origin	10.36	6.84
Fire suppression	Ventilation	Eliminating smoke by air blower	40 (20 kg/person)	171.83	Destination	18.29	1.09
					Origin	8.94	2.24
Fire suppression	Hose placement	Placing hose	4.4	62.45	Destination	13.87	0.32
					Origin	14.62	0.31
Fire suppression	Water injection	Injecting water (high, medium, low speed; diffusion, reflection)	10	165.51	Destination	17.43	0.57
					Origin	15.19	0.66
Fire suppression	Water injection	Injecting water using ladder	23 (11.5 kg/person)	232.86	Destination	13.16	1.75
					Origin	18.51	1.24
Fire suppression	Destruction	Using breaking equipment (power cutting machine)	23	358.16	Destination	11.36	2.02
					Origin	6.37	3.60
Fire suppression	Destruction	Breaking door	3	135.41	Destination	13.07	0.23
					Origin	11.28	0.26
Fire suppression	Destruction	Using breaking equipment (breaking ceiling)	3	121.84	Destination	16.30	0.18
					Origin	16.79	0.17
Fire suppression	Others	Controlling residual fire, preserving scene, pulling out	4.4	273.86	Destination	18.43	0.24
					Origin	16.70	0.26
Rescue	General rescue	Rescuing body part caught in the object	7.2	86.22	Destination	20.37	0.35
					Origin	20.24	0.36
Rescue	General rescue	Rescuing people from water accident	13.1	400.5	Destination	13.74	0.95
					Origin	17.58	0.75
Rescue	General rescue	Rescuing people from motor vehicle accident	23.9	288.67	Destination	8.77	2.72
					Origin	15.87	1.51
Rescue	Advanced rescue	Rescuing people from water accident	20	138.37	Destination	12.77	1.57
					Origin	13.81	1.45
Emergency medical service	Lifiting & carrying patients	Lifting patient	70.8 (35.4 kg/person)	432.35	Destination	13.23	2.68
					Origin	11.66	3.04
Emergency medical service	Lifiting & carrying patients	Moving patient	70.8 (35.4 kg/person)	476.94	Destination	20.47	1.73
					Origin	18.89	1.87
Others	Removing icicle	Removing icicle	5	117.76	Destination	2.09	2.39
					Origin	1.68	2.97
Others	Carrying air mattress	Carrying air mattress	126 (31.5 kg/person)	354.18	Destination	19.23	1.64
					Origin	18.30	1.72

따라서 등급화된 위험도 지수를 통해 중량물 작업을 분류한 결과, 가장 높은 점수 8점으로 평가된 작업은 1개 작업이며, 7점으로 평가된 작업은 2개, 6점으로 평가된 작업

은 3개, 5점으로 평가된 작업은 5개, 4점으로 평가된 작업은 1개인 것으로 나타났으며 최하 등급인 3점으로 평가된 작업은 6개로 나타났다<Table 8>.

Table 4. Risk Levels for NLE & 3DSSPP

Tools	Classification		Risk levels
NLE	Origin	Level 1	LI<1
		Level 2	1≤LI<3
		Level 3	LI≥3
	Destination	Level 1	LI<1
		Level 2	1≤LI<3
		Level 3	LI≥3
3D SSPP	Level 1		L5/S1<350 kg
	Level 2		350 kg≤L5/S1≤700 kg
	Level 3		L5/S1>700 kg

4. 고찰 및 결론

1999년 이후 소방방재청의 업무범위 확대와 함께 최근 화재진압 출동, 구급·구조 활동의 증가 추세 등으로 인하여 소방 업무 종사자의 근골격계 질환 위험은 더욱 높아졌고⁽¹⁵⁾, 특히 늘어나는 구조, 구급업무로 인해 허리 부위 질환자가 꾸준히 늘고 있다⁽¹⁶⁾.

소방대원의 근골격계 질환을 유발하는 활동은 주로 소방호스나 구조에 필요한 장비를 취급하는 활동, 사다리를 오르거나 중량물을 들거나 몸통을 비트는 동작, 몸통을 쭉 뺀 작업, 무리한 진화작업, 구급현장에서 바닥에 누워있는 요구조자를 이동하는 작업 등인 것으로 알려져 있다⁽⁵⁾.

구체적으로 소방대원의 근골격계 질환 관련한 기존 연구를 살펴보면 무거운 소방장비 설치, 호스를 운반, 불안정한 자세로 무거운 환자를 운반 하는 등의 작업이 요통을 유발한다는 홍성기 등(2007)의 연구⁽¹⁷⁾가 있었고 205명의 소방대원을 상대로 설문조사를 수행한 이상현(2007)의 연구⁽⁹⁾에 의하면 임용 후 근골격계 질환 발생을 경험한 적이 있다고 105명(51%)이 응답을 하였다고 하였으며, 소방대원이 화재, 구조, 구급 업무를 수행하는 과정에서 높은 노동 강도로 인해 다양한 근골격계 질환이 발생한다는 산업안전보건공단(2008)의 연구⁽¹⁸⁾가 있었다. 하지만 이 연구들은 소방업무로 인해 발생된 근골격계 질환 증상에 초점이 맞춰져 있었던 반면 근골격계 질환을 유발시키는 위험요인 등을 고려한 작업들에 대한 정량적인 분석 및 평가에 대한 내용은 포함되지 않았다.

따라서 본 연구에서는 소방대원들의 근골격계 질환에

Table 5. Results from NLE

Part to be analyzed	Risk levels	Risk scores	Number of jobs	Job elements
Origin	LI<1	1	7	Placing hose, injecting water, breaking door, breaking ceiling, pulling out, rescuing people from accident at confined space, rescuing body part caught in the object
	1≤LI<3	2	8	Moving air mattress, checking up & maintenance of fire fighting equipment, moving patient, rescuing people from motor vehicle accident, removing icicle, eliminating smoke by air blower, injecting water using ladder, rescuing people from water accident
	LI≥3	3	3	Rescuing human life, using breaking equipment, lifting patient
Destination	LI<1	1	7	Placing hose, injecting water, breaking door, breaking ceiling, pulling out, rescuing people from accident at confined space, rescuing body part caught in the object
	1≤LI<3	2	9	Eliminating smoke by air blower, injecting water using ladder, rescuing people from motor vehicle accident, rescuing people from water accident, moving patient, removing icicle, using breaking equipment, lifting patient, moving air mattress
	LI≥3	3	2	Rescuing human life, checking up & maintenance of fire fighting equipment

Table 6. Results from 3DSSPP

Risk levels	Risk scores	Number of jobs	Job elements
L5/S1<350 kg	1	12	Checking up & maintenance of fire fighting equipment, placing hose, injecting water, breaking door, breaking ceiling, pulling out, rescuing people from accident at confined space, eliminating smoke by air blower, rescuing people from motor vehicle accident
350 kg≤L5/S1≤700 kg	2	6	Rescuing human life, using breaking equipment, rescuing people from water accident, lifting patient, moving patient, removing icicle, rescuing body part caught in the object, moving air mattress
L5/S1>700 kg	3	0	-

Table 7. Risk Scores for Heavy Manual Material Handling Jobs Based on Risk Index

Task	Job	Job elements	NLE (origin)	NLE (destination)	3DSSPP	Risk scores
Fire suppression	Ready for moving out	Checking up & maintenance of fire fighting equipment	2	3	1	6
Fire suppression	Rescuing human life	Rescuing human life	3	3	2	8
Fire suppression	Ventilation	Eliminating smoke by air blower	2	2	1	5
Fire suppression	Placing hose	Placing hose	1	1	1	3
Fire suppression	Injecting water	Injecting water (high, medium, low speed; diffusion, reflection)	1	1	1	3
Fire suppression	Injecting water	Injecting water using ladder	2	2	1	5
Fire suppression	Destruction	Using breaking equipment (power cutting machine)	3	2	2	7
Fire suppression	Destruction	Breaking door	1	1	1	3
Fire suppression	Destruction	Using breaking equipment (breaking ceiling)	1	1	1	3
Fire suppression	Others	Controlling residual fire, preserving scene, pulling out	1	1	1	3
Rescue	General rescue	Rescuing from accident at confined space	1	1	1	3
Rescue	General rescue	Rescuing body part caught in the object	1	1	2	4
Rescue	General rescue	Rescuing from motor vehicle accident	2	2	1	5
Rescue	Advanced rescue	Rescuing from water accident	2	2	1	5
Emergency medical service	Lifiting & moving patients	Lifting patient	3	2	2	7
Emergency medical service	Lifiting & moving patients	Moving patient	2	2	2	6
Others	Removing icicle	Removing icicle	2	2	1	5
Others	Moving air mattress	Moving air mattress	2	2	2	6

Table 8. Job Distribution Based on Risk Index

Risk levels	Risk scores	Job elements
1	9	-
2	8	Rescuing human life
3	7	Using breaking equipment, lifting patient
4	6	Checking up & maintenance of fire fighting equipment, moving patient, moving air mattress
5	5	Eliminating smoke by air blower, injecting water using ladder, rescuing from motor vehicle accident, rescuing from water accident, removing icicle
6	4	Rescuing body part caught in the object
7	3	Placing hose, injecting water, breaking door, breaking ceiling, pulling out, rescuing from accident at confined space

관련하여 중량물 작업의 분류 및 정량적 분석을 통하여 소방대원의 근골격계 질환 예방을 위한 기초자료를 도출하고자 하였다. 본 분석을 위하여 전체 소방관련 작업을 53개로 분류하고 그 중 중량물을 취급, 사용하는 작업으로 18개를 도출하였다. 18개의 중량물 관련 작업을 다시 NLE, 3DSSPP를 사용하여 분석하여 등급화된 위험도 점수로 분류하였다.

분류한 결과 인명구조작업이 등급화된 위험도 점수 8점으로 가장 높은 등급(2 등급)으로 분류되었는데 이는 매우 열악한 작업 자세와 요구조자의 체중에 기인하여 높은 등급으로 분류되었다고 판단된다. 소방대원의 작업 자세를 분석한 노효련 등(2011)의 연구⁽¹⁹⁾를 살펴보면 본 연구에서의 인명구조작업과 작업자세가 비슷한 1인 운반법을 인공공학적 평가도구인 REBA와 RULA를 통하여 분석을 실시하였는데 분석결과가 각각 3단계, 4단계로 상당히 높게 평가되었다. 높게 평가된 이유로는 본 연구에서와 같이 부자연스러운 자세(무릎 굽힘, 허리 굽힘, 상완각도)와 요구조자의 체중을 이유로 들고 있다.

다음으로는 파괴기구 활용, 환자들어올리기 작업이 등급화된 위험도 점수 7점(2등급)으로 분류되었다. 파괴기구 활용 작업은 교통사고, 붕괴사고 시 압착, 매몰된 현장에서 틈새를 벌리거나 잡아당기거나 현장에서 장애물이 될 수 있는 철판, 파이프 등을 절단, 파괴할 경우 파괴기구를 활용하여 작업을 수행하는 것을 말한다. 작업을 수행할 때 기구가 절단, 파괴 등의 작업을 수행하지만 소방대원은 무거운 파괴기구(약 23 kg)를 원하는 위치에서 두 손으로 잡은 상태로 작업을 하거나 운반하기 때문에 소방대원은 파괴기구의 무게로 인해 과도한 육체적 부담을 가지게 되며 이로 인해 파괴기구 활용 작업이 높은 등급으로 분류된 것으로 판단된다. 환자 들어올리기 작업은 인명구조작업과 유사하게 열악한 작업 자세와 환자의 체중으로 인하여 높은 등급으로 분류된 것으로 판단된다. 이와 관련하여 환자를 들어 올리는 작업에 대해 병원근로자를 대상으로 작업 부하분석을 실시한 기도형(2006)의 연구^(20,21)를 살펴보면 환자의 몸무게가 무거워 질수록 그리고 운반자의 숫자가 감소될수록 들기 지수와 L5/S1의 압축력 수치가 점점 증가한다고 하였다. 비록 기도형(2006)의 연구^(20,21)결과가 병원근로자들 대상으로 하였다는 한계점은 있지만 환자를 들어 올린다는 기본 작업은 유사하기 때문에 참고할만한 결과로 판단된다.

등급화된 위험도 점수 6점으로 분류된 작업은 소방장비 점검·정비, 환자 이동, 에어매트 옮기기 작업이 있는데 이 중 소방장비 점검·정비는 현장 활동 작업 수행 시 필요한 차량 및 장비를 점검, 정비하는 작업이다. 특히 유압장비를 점검·정비할 때 중량물인 유압장비를 차량에서 꺼내어 점검 및 정비를 한 후 다시 차량에 적재해 놓기 때문에 고 위험도 작업으로 분석되었다고 판단된다. 이는 유압구조장비 작업 과정 중 꺼내기에서 가장 높은 부담이 생기는 것

으로 나타났다는 김용재 등(2011)의 연구⁽²²⁾결과와 일치한다고 할 수 있다.

등급화된 위험도 점수 5점으로 평가된 작업으로는 송풍기 활용 배연, 사다리를 활용한 주수, 자동차 사고 구조, 수난사고 구조, 고드름 제거 작업이 있다. 송풍기를 활용한 배연은 내부에 차 있는 연기를 송풍기를 활용하여 뽑아내는 작업으로 송풍기의 무게는 용량에 따라 다르나 약 40 kg 정도인 것을 기준을 하여 분석을 수행하였다. 자동차 사고 구조는 요구조자의 상태를 파악하여 구조 우선순위를 정하고 필요시 화재 진압 또는 기구를 사용하여 차량을 해체하고 구조하는 작업으로 사고차량의 종류, 요구조자의 신체적 상황, 사고의 정도에 따라서 작업자세가 많이 달라질 가능성을 가지고 있는 작업이기 때문에 좀 더 세밀한 관찰과 연구가 필요할 것으로 판단된다. 수난사고 구조 작업은 물에 빠지거나 고립된 요구조자를 구조하기 위한 일련의 활동이다. 수난사고구조가 중량물 작업으로 분류된 이유는 수난사고구조시 요구조자를 구조하려 수중으로 들어가기 위해서는 슈트 세트나 산소통을 강, 저수지 등 가까이 운반하기 때문에 중량물 관련 작업으로 분류되었고 슈트 세트나 산소통은 종류에 따라 다르지만 일반적으로 17~20 kg 정도로 상당한 중량을 가진 것으로 나타났다. 고드름 제거 작업은 겨울철에 건물 외벽이나 구조물에 발생된 고드름을 제거하는 작업으로 1.8~2.7 kg의 만능도끼를 사용하고 경우에 따라서는 도어 문 파괴기(약 7.2 kg)를 고드름 제거에 사용하기도 한다. 특히 고드름 제거 작업의 경우 멀리 건물 외벽에 발생하기 때문에 사다리나 사다리차를 이용하여 팔을 건물 쪽으로 뻗어 작업을 하는 관계로 매우 불안정한 자세로 중량물 작업을 하게 된다.

등급화된 위험도 점수 4점으로 평가된 신체가 낀 사고 구조는 출입문, 놀이시설, 기계, 차량 등에 신체 일부가 끼인 경우 절단, 파괴, 해체하는 작업인데 주로 공간을 확보하기 위해 에어백세트를 사용한다. 에어백세트의 무게는 용량에 따라 다르나 0.9~27 kg 정도로 조사되었고 특히 신체가 낀 사고는 장소, 상황이 매우 다양하기 때문에 여러 가지 조건을 고려해 분석하는 것도 필요하다고 할 수 있다.

마지막으로 등급화된 위험도 점수 3점으로 분류된 작업들은 중량물을 사용, 취급하는 작업이지만 중량물 작업과 관련된 위험도는 상대적으로 낮은 작업들이라고 판단된다.

소방작업 관련 기본 작업을 본 연구의 등급화 점수에 따라 결과를 정리해보면 전체 53개 작업 중 18개 작업이 중량물 작업으로 분류되었고, 이 작업들에 대하여 NLE와 3DSSPP를 이용하여 중량물관련 위험도를 평가하였다. 본 연구 결과들은 소방대원의 허리 부상을 포함하는 근골격계 질환 예방을 위한 작업방법 및 장비의 개선, 교육 프로그램의 개발에 기본 토대가 될 수 있다고 판단되며, 소방대원들의 근골격계 질환에 대한 지속적인 예방을 위해서는 본 연구의 골격을 토대로 한 추후 심층적인 조사와 연구가 시급하다고 사료된다.

후 기

본 연구는 2012년도 소방 방재청 차세대 핵심소방안전 기술개발사업 소방공무원의 현장 활동 작업강도 및 생리적 변화분석 과제 지원에 의하여 연구되었음.

References

1. S. I. Ryu and J. H. Lee, "The Improvement of the Working Environment for the Fire-Fighting Officers in Industrial Social Welfare Viewpoint", *Crisis and Emergency Management*, Vol. 7, No. 6, pp. 68-78 (2011).
2. G. W. Kim, "A Study on the Safety of Fire fighters in the Disaster Spot", Department of Public Administration Korea National Open University Master's Thesis (2004).
3. National Emergency Management Agency, "The Analysis of Risk factors related Health and Safety at Disasters and Development of special Medical Health Examination System for Firefighters" (2011).
4. 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", *Journal of the Ergonomics Society of Korea*. Vol. 29, No. 2, pp. 211-216 (2010).
5. S. K. Lee, "Correlation between Job and Life Style Related Factor and Musculo-skeletal Disorders in Fire Fighters", Gachon University of Medicine and Science Master's Thesis (2007).
6. National Fire Service Academy, Education Material for the First Level Fire Fighters (2012).
7. K. S. Kim, "Health Management of Fire Fighters", *Industrial Hygiene Monthly*, June, pp. 10-19 (2005).
8. S. K. Hong, "Effect on Occurrence of Low-Back Pain by Duty Type of Fire Fighting Civil Servant on Outside Duty", Gachon University of Medicine and Science Master's Thesis (2007).
9. S. H. Lee, "Study on Prevalence and Recognition of Musculoskeletal Disorders for Fire Fighters", *Journal of Kyung-Book Fire Service Academy*, Vol 11. pp. 151-176 (2007).
10. S. H. Kim, J. W. Kim, J. E. Kim, B. C. Son, J. H. Kim, C. J. Lee, S. H. Jang and C. K. Lee, "Pulmonary Function and Respiratory Symptoms of Municipal Fire Officers in Busan", *The Korean Journal of Occupational and Environmental Medicine*, Vol. 18, No. 2, pp. 103-111 (2006).
11. J. H. Goo, "Deposition of Inhaled Smoke Particles Produced by Fire", *Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering*, Vol. 21, No. 2, pp. 64-73 (2007).
12. J. M. Kim and H. J. Lee, "Hazards Exposed to Firefighters in Fire-Physical, Chemical, and Biologic Factors", *Journal of the Korean Medical Association*, Vol. 51, No. 12, pp. 1072-1077 (2008).
13. C. H. Bang, J. H. Lee and Y. T. Yea, "An Experimental Study on the Thermal Characteristics of the Working Uniform Exposed to the Radiation Heat", *Journal of the Korean Society of Safety*, Vol. 17, No. 3, pp. 56-60 (2002).
14. K. S. Kim, "Health Hazards in Firefighters", *Hanyang Medical Reviews*, Vol. 30, No. 4, pp. 296-304 (2010).
15. S. K. Kang and W. Kim, "Work-related Musculoskeletal Disorders in Firefighters", *J Korean Med. Assoc.*, Vol. 51, No. 12, pp. 1111-1117 (2008).
16. Daily Labor News (October 2, 2008), <http://www.labortoday.co.kr/news/articleView.html?idxno=83415> (2008).
17. S. K. Hong, J. S. Im and S. T. Youn, J. Yim, "Differences in Incidence of Lower Back Pain According to Fire Fighters' Duty Type", *Korean Journal of Health Policy and Administration*, Vol. 17, No. 4, pp. 99-112 (2007).
18. Korea Occupational Safety and Health Agency, "Study on Health Management of Fire Fighters", *Occupational Safety and Health Research Institute Report* (2008).
19. 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", *Journal of the Korean Society of Safety*, Vol. 26. No. 6, pp. 71-78 (2011).
20. D. H. Kee, "Workload of Patients Transferring and its Improving Methods", *Journal of the Korean Society of Safety*, Vol. 21, No. 2, pp. 121-127 (2006).
21. D. H. Kee, "Applicability of NIOSH Lifting Equation to analysis of Workload for Patients Transferring", *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, Vol. 25, No. 2, pp. 43-50 (2006).
22. Y. J. Kim, S. M. Son and H. L. Roh, Analysis of Work Postures of Fire Fighters. Proceedings of 2010 Annual Conference, The Korea Academia-Industrial Cooperation Society, pp. 1044-1047 (2011).