



냉동창고 출하작업의 신체부담 분석에 관한 연구

An Analysis of Physical Load of the Shipping Work in Cold Storage Warehouses

장 성 록*

Seong-Rok Chang

(1999년 9월 20일 접수, 1999년 11월 29일 채택)

ABSTRACT

Work-related musculoskeletal disorders constitute a major source of employee disability and lost wages. Cumulative Trauma Disorders(CTD) refers to a category of physical conditions which result from chronic musculoskeletal injury. Assessment of CTD risk in industry at early stage allows for early control, a safe environment, and a healthier workforce. In this study, the physical load of the shipping work in the cold storage warehouse were especially investigated. Employees were working with almost unnatural posture in a very restricted work space. The questionnaire and biomechanical analysis were used to evaluate the physical load. Results from analyses showed that they were sufficiently exposed to CTD due to repetition and unnatural posture. Based on the analysis, ways for improving working conditions are proposed. The analysis and proposals in this paper will serve as a basic tool for designing/redesigning working environment such as improvement of tools and equipments, design of times for work/rest cycle.

1. 서 론

현대 산업사회에서는 생산시스템의 자동화로 인해 작업의 많은 부분이 기계화 되었지만 아직도 생산작업의 약 1/3 정도가 사람의 인력에 의

해 수행되고 있으며, 이에 따라 많은 산업재해도 발생하고 있다¹⁾. 우리나라의 1993년부터 1998년까지의 산업재해 현황을 보면, 재해율은 감소 추세를 보이고 있지만 산업재해 보상금과 간접 손실액을 합한 총 경제적 손실액은 오히려 증가

* 부경대학교 산업시스템안전공학부

추세를 보이고 있다. 또한 그 액수도 1998년에는 7조 4천억원에 달해 천문학적인 손실비용이 발생했다²⁾.

우리 나라의 산업안전에 대한 인식은 주로 육안으로 관찰할 수 있는 일회성 사고에 의한 외적인 손실에만 초점을 맞추어 왔으며, 밖으로 잘 드러나지 않는 작업의 신체부담에 의한 허리의 통증이나 누적외상성 장애(Cumulative Trauma Disorders: 이하 CTD)와 같이 반복적인 충격의 누적으로 일어나는 질병에 대해서는 관심을 두지 않고 있다. 1994년 미국의 통계자료에 의하면 CTD로 인한 산업재해가 제조업체 전체 산업재해의 35%를 차지하고 있으며, 지난 10년간의 통계를 볼 때 계속적인 급격한 증가 추세를 보이고 있다³⁾. 따라서 산업화의 진전, 작업환경 및 노동의 질(quality)에 대한 관심이 높아지고 있는 사회적 추세이며, 자동화, 정보화, 작업 특성의 변화, human-computer interface의 증가, 근로자의 고령화 등 산업의 구조 변화에 따라 가까운 장래에 우리 나라에서도 CTD가 산업재해의 주요 문제로 부각될 것이므로 이러한 질병을 사전에 예방하기 위하여 작업이 인체에 미치는 신체부담에 대한 분석이 필요하다.

본 연구는 제한된 공간에서 부자연스러운 작업자세로 작업하는 냉동창고의 작업환경하에서의 제품 출하작업에 종사하는 근로자를 대상으로 설문서로 작업현황 및 신체부담(physical work load)을 파악하고, 작업자세에 따른 생체역학적

분석으로 신체 각 부위별 신체 부담을 평가하였다.

2. 연구의 배경

2.1 CTD에 영향을 미치는 요인

CTD의 발병에는 여러 가지의 요소가 영향을 미칠 수 있는 것으로 알려져 있으며, Park과 Freivalds⁴⁾는 112개의 CTD에 영향을 미치는 속성들을 조사, 분석한 후 다음 Fig. 1과 같이 체계적으로 분류, 제시하고 있다. 이 분류에 의하면 CTD 발병에 영향을 미치는 요인으로는 크게 과도한 작업조건, 개인적 특성과 과도한 힘이나 염력(torque)의 발휘 등 세가지를 들고 있으며, 각 항목에 대한 세부 요인들을 제시하고 있다.

CTD 증상 중에서 가장 많이 연구되고 언급되고 있는 CTS(Carpal Tunnel Syndrome: 수근관 증후군)를 발병시키는 요인도 매우 다양하며, 만성적인 신경손상, 류마티스 관절염, 파젯병, 통풍, 당뇨병, 레노이드병 등의 질병, 여성의 임신과 폐경 등 호르몬의 변화 등이 보고되었다. 손목을 반복적으로 사용하는 작업에 종사하는 경우에도 CTD에 노출되는 것으로 알려져 있다⁵⁾.

2.2 CTD 위험 확인과 분석 방법

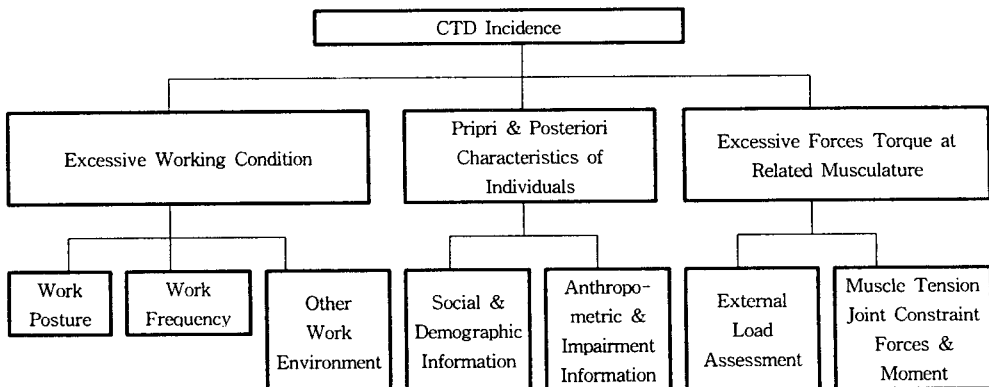


Fig. 1 Conceptual CTD model

MMH(Manual material handling)는 특히 손으로 물건을 드는 작업의 인간공학적 평가를 위해 이용되어지는 분석도구들은 다양하다. 이러한 도구에는 특수한 MMH작업과 관련된 신체적 스트레스의 일반적인 증상을 나타내는 체크리스트와 같은 간단한 방법부터 특수한 위험요소들을 상세히 설명해 주는 컴퓨터모델과 같은 복잡한 모델들이 있다⁶⁾.

일반적으로 이러한 분석도구들은 스트레스가 작업자의 신체적 능력을 초과할 때 신체스트레스를 일으키는 요소와 근골격계 장애(MSI; Musculoskeletal Injury) 유발인자와의 관계에 대한 과학적 연구에 기반을 두고 있다^{7,8)}. 과도한 작업부담으로 인한 신체적 스트레스나 인간의 능력에 대한 평가는 작업수행, 동기, 예상 그리고 피로에 대한 내성과 같은 다양한 요소들 때문에 복잡하다. CTD위험분석을 위한 공학적 접근의 제일 첫 단계는 신체적 위험과 위험상황을 규명하고 이러한 위험의 발생과 위험이 전개되어질 장소에 대한 분석이다. 이러한 작업분석은 위험을 초래하는 작업의 규명이나 조정을 위험 체계적인 방법 뿐만 아니라 포괄적인 재검토와 부상의 분석, 그리고 근골격계 부상의 증거를 찾을 수 있는 질병기록, 또는 특수한 분야나 일과 연관된 부상의 경향을 규명한다.

2.3 냉동창고 출하작업의 개요

본 연구의 대상이 되는 작업은 냉동 탑차에 적재된 얼음과자 제품을 창고로 입고하거나 창고에 입고된 제품을 냉동 탑차로 옮겨 실는 작업이며, 작업개요는 다음과 같다.

- 적재 차량: 8 톤 냉동 탑차.
- 적재함의 크기(작업 가능 범위): 높이 191cm, 길이 698cm, 너비 225cm
- 제품의 크기 및 무게: 35.0×25.5×13.5cm, 2.95 kg(1회 작업시 3개씩 들)
- 작업장의 바닥에서 허리까지의 높이: 95cm
- 제품의 적재위치에서 가장 먼 거리: 165cm
- 제품의 적재위치에서 가장 가까운 거리: 90cm
- 제품의 적재 높이는: 135cm
- 1파레트의 제품을 적재하는 횟수: 1인 각 21회
- 1대당 파레트의 개수: 20개

• 1일 평균 작업 차량 댓수: 25대

3. 연구 방법

본 연구는 작업자의 신체 부담을 분석하기 위하여 설문조사와 생체역학적 분석을 수행하였다. 설문조사는 Vern Putz-Anderson이 개발한 설문서를 이용하여 부산소재 K냉동주식회사의 냉동창고 출하작업에 종사하는 작업자 47명을 대상으로 조사하였다. 설문서는 작업의 특성과 이로 인한 불편감이나 고통 등의 경험여부 및 관련 신체부위를 작업자 스스로가 설문지의 인쇄도에 직접 표시하는 방식을 택했다⁹⁾.

생체역학적 분석을 위하여 냉동창고에서 파레트로 화물을 적재하는 작업을 촬영한 후 작업 방법 및 동작분석을 실시하였다. 동작분석을 통해 생체역학적 분석대상이 될 작업의 종류를 동작의 시점과 종점을 기준으로 Table 1과 같이 9가지 작업으로 구분하였다. 각 작업은 연속되는 동작으로 이루어지지만 3차원의 정적역학 분석을 위하여 동작의 시점으로부터 종점까지 7개의 자세로 구분하였다(Fig. 2). 각 관절에 부과되는 작업부하를 측정하기 위하여 작업의 종류별로 작업 자세에 따른 생체역학적 분석을 실시하였다. 이를 위해서 냉동창고 출하작업에 종사하는 작업자를 대상으로 6가지 인체 관절(어깨, 팔꿈치, 손목, 허리, 무릎, 발목)의 각도를 측정하여 이를 생체역학적 분석의 자료를 이용하였다. 분석도구로는 Michigan 대학에서 개발된 3D static model을 이용하였다.

Table 1 Classification of tasks

구분	작업방법
작업 1	냉동차 상단 → 파레트의 상단
작업 2	냉동차 상단 → 파레트의 중단
작업 3	냉동차 상단 → 파레트의 하단
작업 4	냉동차 중단 → 파레트의 상단
작업 5	냉동차 중단 → 파레트의 중단
작업 6	냉동차 중단 → 파레트의 하단
작업 7	냉동차 하단 → 파레트의 상단
작업 8	냉동차 하단 → 파레트의 중단
작업 9	냉동차 하단 → 파레트의 하단

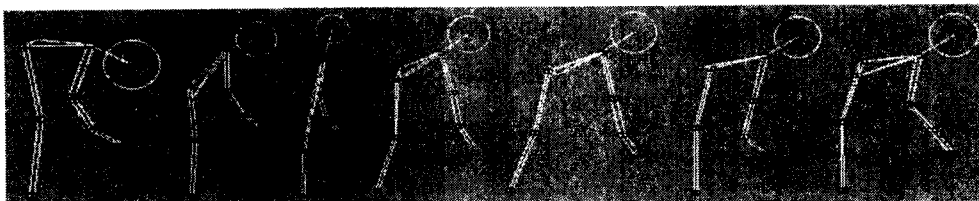


Fig. 2 Example of working posture(work 1)

4. 연구결과

본 연구에서는 냉동창고 출하작업의 신체부담 분석을 위하여 설문조사와 생체역학적 분석을 수행하였다.

설문조사는 통증을 느낀 경험, 통증을 느낀 부위, 치료 경험, 수술 여부, 직무 수행을 위한 반복작업 여부에 대하여 이루어 졌다. 그 결과는 Table 2와 같다.

Table 2 Result of questionnaire

질 문		응답자 수	응답비율 (%)
반복작업여부		30/47	63.8
통증경험		20/47	42.6
통증부위	견관절	15/47	31.9
	전완	12/47	25.5
	슬개골	5/47	10.6
	요추	5/47	10.6
	수근중수관절	4/47	8.5
	상지지골	3/47	6.4
고관절		1/47	2.1
치료경험		13/47	27.2
수술여부		5/47	10.6

Table 2에서 보는 바와 같이 63.8%의 응답자가 직무수행을 위하여 반복작업을 하며, 42.6%가 통증을 경험한 것으로 조사되었는데, 응답자의 70%가 5년 이상의 장기 근속자로 취업하중이 과도하지 않음에도 반복작업으로 인한 통증을 호소하고 있다. 또한 통증부위로는 견관절, 전완, 슬개골, 요추의 순으로 나타났다. 설문조사 결과, 냉동창고 또는 냉동 탐차와 같이 제한된 공간에서 반복적인 작업을 지속적으로 수행하는 경우 CTD의 위험성에 노출된다는 것을 제시한다.

생체역학적 분석은 연구 방법에서 제시한 바와 같이 작업의 종류를 9개로 분류하고 각 작업의 1 cycle을 7개 동작으로 분류하여 생체역학적 분석을 실시하였다. 생체역학적 분석을 위하여 작업자의 키와 몸무게, 외부하중, 각 관절의 각도를 입력자료로 이용하였다.

Fig. 2에서 나타난 바와 같이 작업 1의 자세별 신체부위의 각도를 측정된 자료는 Table 3과 같다.

Table 3 Joint angle of posture in work 1

(단위 : °)

	자세 1	자세 2	자세 3	자세 4	자세 5	자세 6	자세 7
목	64	51	70	61	61	38	15
어깨	50	60	102	101	98	90	83
팔꿈치	-59	10	30	35	40	43	32
손목	-31	2	25	30	28	22	57
허리	88	86	76	57	34	24	15
무릎	84	90	75	88	105	127	123
발목	63	90	98	74	80	89	83

Table 4 Moment of joint angle in work 1

(단위 : N·cm)

	자세 1	자세 2	자세 3	자세 4	자세 5	자세 6	자세 7
어깨	8367	10023	4768	4557	4770	5480	5836
팔꿈치	4358	6905	6095	5747	5638	5480	5076
손목	2006	2408	2140	2006	2140	2140	1204
Hip	12644	16425	10988	16012	20004	24474	27074
무릎	14511	16425	15612	16635	15381	13723	17345
발목	23469	16425	12866	22074	18807	14068	19750
F_comp	4402	5347	3584	5279	6661	7784	8829

작업종류에 따른 각 관절에 걸리는 신체부담

을 계산한 결과는 Table 4~12와 같다.

분석결과 어깨의 경우 최소 312 N·cm에서 최대 11310 N·cm로 작업의 종류와 자세에 따라 36배의 모멘트가 걸리는 것으로 나타났으며, 팔꿈치는 242~6957 N·cm, 팔목은 267~2408 N·cm, 허리는 3996~27074 N·cm, 무릎 2324~26134 N·cm, 발목 4159~31582 N·cm으로 나타났다.

Table 5 Moment of joint angle in work 2

(단위 : N·cm)

	자세 1	자세 2	자세 3	자세 4	자세 5	자세 6	자세 7
어깨	9225	6738	7211	8959	9977	11310	11238
팔꿈치	6297	6303	3202	2818	4632	5705	5541
손목	2006	1873	267	535	802	1471	1338
Hip	15247	5041	3996	8931	15135	17930	19694
무릎	20470	4417	2439	7685	16381	20107	16899
발목	22189	4762	4159	9405	22150	27498	23323
F_comp	5264	1713	1242	2885	5229	5992	6645

Table 6 Moment of joint angle in work 3

(단위 : N·cm)

	자세 1	자세 2	자세 3	자세 4	자세 5	자세 6	자세 7
어깨	8698	11082	10245	10211	11862	6798	1215
팔꿈치	6771	6236	6154	5879	6305	638	4702
손목	2274	1739	1605	1338	1739	1471	1204
Hip	11890	14321	10876	13883	14851	13600	9890
무릎	13136	12764	8082	10474	11749	8977	6788
발목	11073	13453	14830	14913	12781	8288	12886
F_comp	3987	4642	3759	4481	4805	4473	3289

Table 7 Moment of joint angle in work 4

(단위 : N·cm)

	자세 1	자세 2	자세 3	자세 4	자세 5	자세 6	자세 7
어깨	4532	1070	1660	2398	3104	3334	2284
팔꿈치	5075	1070	1660	719	560	242	1468
손목	2140	1070	401	401	401	401	1070
Hip	23749	21812	14190	14710	18069	17719	18221
무릎	24061	26134	11088	13995	16512	13700	12998
발목	29500	35092	11777	19214	17201	14044	13687
F_comp	7777	7352	4588	4915	5785	5765	5787

Table 8 Moment of joint angle in work 5

(단위 : N·cm)

	자세 1	자세 2	자세 3	자세 4	자세 5	자세 6	자세 7
어깨	173	4995	4301	10788	11147	10571	2666
팔꿈치	1997	6819	6637	6154	6370	6020	5103
손목	1204	2408	2140	1605	1873	1471	1605
Hip	20230	19179	17890	24343	26566	25150	18025
무릎	18673	15465	12966	21549	19874	15950	14617
발목	19705	16153	15371	25313	23639	19715	18719
F_comp	6569	6161	5875	8042	8725	8101	5818

Table 9 Moment of joint angle in work 6

(단위 : N·cm)

	자세 1	자세 2	자세 3	자세 4	자세 5	자세 6	자세 7
어깨	5619	6957	4097	8068	5638	5075	4442
팔꿈치	5075	6957	979	6771	5638	5075	5739
손목	2140	2408	2006	2274	2140	2140	2140
Hip	5717	7483	8803	8502	4810	5075	9290
무릎	11237	9040	11905	7567	2324	3829	8667
발목	12957	9727	15331	12673	2324	3485	15415
F_comp	2016	2546	3065	2870	1652	1592	3286

Table 10 Moment of joint angle in work 7

(단위 : N·cm)

	자세 1	자세 2	자세 3	자세 4	자세 5	자세 6	자세 7
어깨	2378	5075	2032	4968	4925	1585	3518
팔꿈치	5209	5075	3434	2632	2998	445	5237
손목	2274	2140	1873	1605	1739	2006	1739
Hip	23841	24129	9552	24830	25707	19508	24721
무릎	19217	21952	13266	25765	30930	25618	32271
발목	22304	24014	14299	34104	40796	25618	31582
F_comp	7839	7957	3288	8324	8864	6472	8210

분석결과 반복적인 작업에서 자세의 변화에 따라 각 신체부위에서 걸리는 모멘트가 급격히 변하는 것을 알 수 있다. 또한 공간의 제약으로 인한 부자연스러운 작업자세가 각 자세의 모멘트를 급격히 증가시켰다. 즉 자세를 변화시키고 유지하는데 급격한 근력의 작용이 따라야 하는 것이 필수적이며 이는 CTD를 유발시키는 주요

한 요인이 될 것으로 사료된다.

Table 11 Moment of joint angle in work 8

(단위 : N·cm)

	자세 1	자세 2	자세 3	자세 4	자세 5	자세 6	자세 7
어깨	2183	312	5363	5425	5305	2284	450
팔꿈치	647	2749	5255	5425	5196	4116	3085
손목	1204	1338	2140	2140	2140	1605	802
Hip	19753	17992	16212	21121	21031	15235	14828
무릎	18196	17369	8946	16497	18545	13989	12651
발목	17507	17713	13048	19243	22310	19427	18748
F_comp	6309	6021	5204	7018	7009	5007	4943

Table 12 Moment of joint angle in work 9

(단위 : N·cm)

	자세 1	자세 2	자세 3	자세 4	자세 5	자세 6	자세 7
어깨	2971	1281	6796	6620	5812	4898	5533
팔꿈치	635	3208	6905	6076	6030	5442	5968
손목	287	1873	2408	1873	1739	1338	2274
Hip	13672	18695	10614	16161	16806	19513	20878
무릎	17081	14071	5391	14604	14320	16718	17776
발목	13654	12695	7796	17009	15696	18438	21541
F_comp	4527	6055	3404	5278	5553	6425	6902

5. 결론 및 토의

설문조사와 생체역학적 분석을 통하여 다음과 같은 결과를 얻었다. 직무수행을 위한 반복작업을 수행한다는 답을 한 작업자가 60% 이상이며, 견관절 및 전완의 통증을 호소하는 비율이 32%, 26%로 나타난 것으로 분석되어 CTD의 발현을 예측할 수 있다. 작업종류에 따른 신체 각 부위에 걸리는 모멘트 값을 계산한 결과, 특히 어깨, 허리 및 무릎 부위에 큰 모멘트가 작용하는 것으로 나타났다.

설문 분석 결과 CTD 발생 예상 부위와 생체역학적 분석 결과 모멘트 값이 큰 부위가 다른 것으로 나타났다. 이는 각 지체에 걸리는 모멘트와 근육이 발휘할 수 있는 힘에 대한 분석이 근육생리학적으로 이루어지지 못하였고, 생체역학적 분석에 입력한 작업자세는 좌우대칭으로

가정하였기 때문에, 실제 작업 시 발생하는 비틀림, 협소한 공간 제약에 의한 비정상적 자세, 상체만을 이용하여 작업하는 경우 등에 대한 분석을 할 수 없었기 때문인 것으로 사료된다.

설문 분석과 현장 조사 결과 냉동창고에서 화물을 취급하는 작업의 환경은 매우 열악하며, 작업방법과 작업장소가 다양하고 노동시간도 불규칙한 것으로 나타났다. 이로 인하여 부자연스럽고 반복적인 작업이 이루어지며, 향후 CTD에 이환되는 근로자가 증가할 것으로 예상된다. 통계적으로도 누적외상성 장애로 인한 직업병자의 수는 점점 증가하는 추세를 보이고 있으며 치료에 드는 비용까지도 고려하면 사회, 경제적인 직·간접 손실은 매우 큰 실정이다. 여러 가지의 한계성에 의해 밝혀지지 아니한 누적외상성 장애자 수까지 고려한다면 문제의 심각성은 매우 커질 것으로 사료된다. 또한 CTD의 특성상 장시간이 경과한 후에 발견될 수 있으므로 예방차원에서의 노력이 체계적으로 이루어지지 않는 실정이다. 특히 제품 창고 운용에서 화물의 취급시 작업공간의 협소로 인하여 상당한 부분이 인력에 의해 이루어지고 있으며 부자연스러운 동작을 야기하므로, 신체부담을 증가시켜서 CTD에 이환될 가능성이 매우 높다. 이러한 누적외상성 장애를 예방하기 위해 다음과 같은 예방대책을 제안한다.

CTD는 작업의 숙련자가 신규작업자보다는 많은 재해율을 나타내므로 신규 채용시부터 들기 작업방법에 관한 교육과 인간공학적 자세에 관한 교육을 철저히 실시함으로써 앞으로의 장기간의 반복적 작업에 의한 장애를 사전에 예방하고, 작업능력의 향상에 기여할 수 있을 것이다. 중량물의 취급이나 반복동작이 많은 작업시는 충분한 warming up program의 개발하고, 반복작업에 의한 근육의 피로가 축적되지 않도록 하기 위해서 적절한 휴식 시간의 선정과 안정된 자세로 반복작업이 이루어져야 할 것이다. 또한 작업부하를 줄이기 위한 적절한 사용도구의 인간공학적인 개선이나 동력운반작업이 가능토록 냉동 탑차를 개선하는 것이 필요하다.

이 논문은 1997년 부경대학교 기성회 학술연구비에 의해 지원되었습.

참 고 문 헌

- 1) 김상호, 정민근, 반복적인 들어올리기 작업에서 작업자세와 시간이 근력 변화에 미치는 영향, 추계 산업공학회 논문집, pp.450~457, 1994.
 - 2) 노동부, 1998년 산업재해 통계, 1999
 - 3) National Safety Council, Accident Facts, 1995.
 - 4) Park, D. and Freivalds, A. risk assessment model of handcumulative trauma disorders, 3rd Pan-Pacific Conference of Occupational Ergonomics, pp. 302~306, 1994.
 - 5) 이은일, 이원진, 정민근, 모인견사 제조업체 근로자의 CTS 유병율에 관한 연구, 춘계 인간공학회 논문집, pp. 100~109, 1993.
 - 6) Tanaka, S. Record-based surveillance for cumulative trauma disorders, Occupational Ergonomics, 1996.
 - 7) Stock, S., Work place ergonomics factors and the development of musculoskeletal disorders of the neck and upper-limbs, A meta analysis, American Journal of Industrial Medicine, Vol. 19, pp. 89~107, 1991.
 - 8) 장성록, A. Freivalds, 장기간의 작업으로 인한 손상 누적성장애에 관한 연구, 한국산업안전학회지, 제12권, 제4호, pp. 153~160, 1997.
 - 9) Putz-Anderson, V., Cumulative trauma disorders: A manual for musculoskeletal disorders of the upper limbs, Taylor and Francis, 1988.
-