인간공학적 접근을 통한 제빵업의 근골격계 질환 유해요인 조사

- An Ergonomic Research on Injurious Factors Causing Musculoskeletal Disorders at a Bakery Workplace -

양성환 *
Yang Sung Hwan
조문선 *
Cho Mun Son
강 필 *
Kang Pil

Abstract

The purpose of this study is to find injurious factors and to propose an improvement plan on workers' musculoskeletal disorders at a bakery workplace through analyzing the symptom, work posture and quantitative estimate. For this study, a survey and ergonomic estimate methods were adopted.

According to the survey, it was analyzed that 429 workers corresponding to 68.2% of the response have been experienced the symptoms of musculoskeletal disorders such as an ache, prickle and numbness.

The result of QEC analysis shows that shoulder and waist are highly exposed to musculoskeletal disease. The result of RULA analysis shows that injurious factors of muscle, weight and repeated operations are a little higher than those of operation posture. The result of SI estimate shows that pre-treatment of making bread requiring highly repeated operation gets

* 국립한국재활복지대학 의료보장구과 교수

the highest point of 81, on the other hand, chocolate-coating job requiring relatively low speed and short time gets the point of 4.5.
Based on the analyzed results, improvement plan to prevent the musculoskeletal disorders against injurious working process of a bakery workplace.
The goal of this study is to propose the improved scheme that prevents the workers against musculoskeletal disorders. A questionnaire and an ergonomic assessment method were adopted to analyze the symptoms of workers' musculoskeletal disorders, and an analysis of working postures and a quantitative assessment on various processes were performed to find out harmful factors of workplace.

Keyword : Musculoskeletal Disorders, Q.E.C, RULA, OWAS, NLE, Strain Index

1. 서 론

노동부는 2002년 12월 사용자가 단순반복 작업 또는 중량물 취급등으로 인한 근골격계 질환의 예방을 위한 조치를 취하도록 산업안전보건법을 개정했다. 또, 이어 2003년 7월에는 사용자가 이행해야 할 세부적인 조치사항을 규정한 산업보건 기준에 관한 기준을 공포하였으며, 그 결과 사업주는 2004년 6월까지 근골격계 질환 관련 작업장의 유해요인의 조사와 질환이 발생할 우려가 있는 경우 작업환경 개선을 하며, 예방관리 프로그램을 수립, 시행하도록 하고 있다. 이와 같은 법 규정의 제정과 근로자 및 사용자의 인식변화로 인해 근골격계 질환에 관한 관심은 그 어느때 보다 높은 실정이다.

근골격계 질환 예방을 위해서는 먼저 사업장의 공정 및 작업, 설비, 작업강도 분석 등을 통한 유해요인 조사를 실시해야 하며, 조사 결과에 따라 설비 및 작업 개선안을 도출하여 예방 프로그램을 실시하여야 한다.

근골격계 질환은 작업자세(신체의 굴곡, 사지 관절의 굴곡), 하중(무게나 발휘하는 힘)과 시간(지속시간, 휴식간격, 반복횟수, 빠르기 등) 등의 요인이 복합적으로 작용하여 발생한다. 본 연구는 제빵 사업장을 대상으로 설문 및 인간공학적 평가기법을 사용하여 작업자들의 근골격계 질환 증상 분석, 공정별 작업자세 분석 및 해당 공정의 정량적 평가를 통해 유해요인을 찾아내고, 그 개선안을 제시하는 것을 목적으로 하였으며, 도출된 개선안은 근골격계 질환 예방 프로그램에 따라 단기 혹은 장기로 나누어 전체적인 계획을 수립하여 적용하도록 한다.

2. 연구 방법

2.1 대상 및 자료수집

본 연구는 근로자 1,100여명의 작업자가 근무하는 제빵업 사업장을 대상으로 했으며, 해당 업체의 2개 사업장중 900여명의 근로자가 근무하는 1개 사업장을 대상으로 하였다. 유해요인 조사는 먼저 사업장내의 전 근로자들을 대상으로 하여 근골격계 관련 질환 증상의 설문조사를 실시하였다. 설문조사의 분석을 통해 전체 근로자들의 근골격계 질환 현황을 파악하였으며, 이를 바탕으로 작업자세에 대한 동작분석 및 인간공학적 평가를 실시하였으며, 심각성이 있다고 판단되는 공정에 대해서는 Q.E.C.(Quick Exposure Check; 이하 Q.E.C.)를 실시하였다. 동작분석 및 인간공학적 평가를 위해 비디오 카메라와 디지털 카메라를 사용하여 작업자세에 대해 촬영을 실시하였으며, 과도한 구부림 동작이나, 무리한 하중을 요구하는 동작의 경우에는 경사계(Inclinometer)와 힘 측정기(Force Gauge)를 사용하여 구부림 각도와 하중을 측정하였다.

2.2 평가 방법

인간공학적 평가를 위한 평가기법은 다양하게 개발되어 있으나, 본 연구에서는 비디오 카메라 및 디지털 카메라를 사용한 관찰을 통해 유해요인를 파악하고, 작업 형태에 따라 적절한 정량화 평가기법을 사용하였다. 평가기법으로는 일반적으로 작업형태에 따라 상지쪽의 동작이 주가 되는 경우에는 RULA(Rapid Upper Limb Assessment ; 이하 RULA)를, 하지쪽의 동작이 주가 되는 경우에는 OWAS(Ovako Working posture Analysing System ; 이하 OWAS)를 사용하며, 인력 물자 취급 작업의 경우에는 미국 산업안전보건연구원의 들기작업 지침(NIOSH Lifting Equation ; 이하 NLE)을 사용한다. 대상이 되는 제빵업체의 경우 대개 손과 손목을 이용하여 서서하는 정적 작업이 많았으며, 대상물의 무게보다는 반복성이 더 문제가 되는 것으로 판단하였다. 따라서, 본 연구에서는 앞서 기술한 평가도구 이외에 상지의 위험도를 정량적으로 분석할 수 있는 SI(Strain Index)를 사용하여 유해요인 조사를 실시하였다.

3. 분석 결과

평가 대상 작업장은 제품의 특성상 반가공 상태로 가공되는 공정과 완제품 형태로 가공되는 공정, 검수, 출하관련 공정으로 나뉘어 진다. 반가공 상태로 가공되는 공정은 주로 원료의 배합, 생지형태의 가공이 대부분을 차지하고 있으며 대부분 컨베이어 라인의 속도가 빨라 작업빈도가 크게 나타나며, 비교적 수작업이 많은 관계로 손과 손목사용이 빈번하다는 특성을 보이고 있다. 완제품 가공공정은 품목에 따라서는 자동화가 상당부분 도입되었으나 대부분의 생산라인은 제품 특성상 품목이 빈번하게 바

뀌며, 소량 주문생산하는 식의 형태를 띄고 있는 관계로 인력물자 취급작업이 많은 부분을 차지하고 있다.

< 표 1 > 작업장내 부서 및 작업형태

부서명		비 고
반가공	생지	성형한 반죽상태의 제품생산
가공	특수양과	소량 다품종 생산라인
	쇼트케익	정적, 입식 작업, 쇼트케익 제조
	완제빵	완제빵 제조 및 포장
	식빵	식빵 제조 및 포장, 자동화 상당부분 도입됨
	케익	케익용 빵 제조 및 장식
	케익장식	케익 장식용 재료 제조 및 장식
기타	검수	검수 및 박스적재
	출하	상, 하차 (중량물 작업)

작업자들은 주로 성형 및 적재, 검수, 포장과정에 다수가 배치되어 있으며, 대다수가 단순반복적인 작업을 수행하고 있다. 작업형태는 대부분 입식작업의 형태를 취하고 있으며, 정적자세를 취하는 경우가 많은 특징을 보이고 있다. < 표 1 >에 사업장내의 작업공정과 각 공정별 작업인원을 정리하였다.

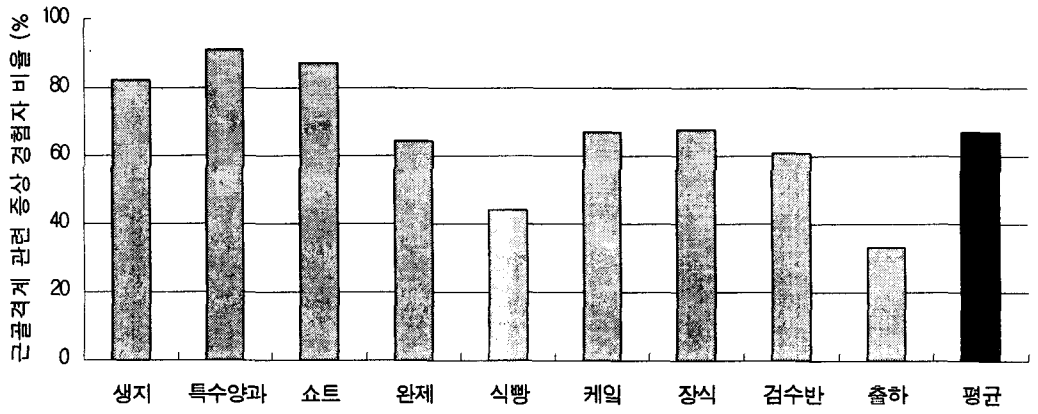
대상 사업장은 < 표 1 >과 같이 생산품목별로 부서를 나누어 인원배치를 하고 있다, 제빵의 작업공정은 품목마다 약간씩의 차이가 있지만, 대부분 < 표 2 >와 같은 공정을 거쳐 완성된다. 해당 작업공정 중 인력물자 취급작업 부분의 특성을 표의 오른편에 정리하였다. 대부분의 인력물자 취급작업은 반복도가 매우 높은 단순작업이 다수를 차지하고 있으며, 대부분이 정적 입식작업의 형태를 띄고 있다는 특징이 있다. 중량물과 관련된 작업의 경우 원료계근 공정과 배합공정, 출하 부분에서 집중적으로 발생하고 있다.

< 표 2 > 작업공정 및 특성

작업공정명	작업내용	특 성
①원료계근	배합을 위해 원료를 품목별 비율에 맞춰 준비하는 작업	원료계근 및 준비과정에서 중량물 반복인양작업 발생
②배합	기계력을 이용하여 원료를 반죽하는 과정	배합물의 운반 및 투입시 중량물 인양작업 수행
③성형	기계력 혹은 인력으로 성형하는 작업	인력성형작업시 반복도가 높고 편향된 자세로 작업함
④소성	성형된 반죽을 오븐에서 굽는 작업	소성된 제품을 반복 인양하여 적재
⑤장식	구워진 빵에 시럽투입 혹은 장식을 하는 작업	어깨가 들린 상태에서 장식작업 수행
⑥포장	완성된 제품을 포장하는 작업	손과 손가락을 많이 사용하는 정적 입식작업 위주임.
⑦검수	포장된 제품을 검사, 적재하는 작업	중량물 적재작업과 정적 입식 작업이 공존
⑧출하	적재된 제품을 출하하는 작업	제품 박스를 차량에 적재하는 작업

3.1 설문조사 결과

설문의 배포 및 수집은 사업장의 모든 현장근로자를 대상으로 실시되었으며, 총 참여 인원은 629명이다. 전체적인 근골격계 관련 증상 경험자 비율을 각 사업장별로 살펴보면 < 그림 1 >과 같으며, 전체 응답자 중 68.2 %에 해당하는 429명의 작업자들이 평소에 통증, 쑤심, 저림 등의 증상을 경험했거나 현재 경험하고 있는 것으로 분석되었다 부서별 증상자 비율을 살펴보면 소량 다품종 생산을 주로 하는 특수양과의 증상자가 다른 부서에 비해 높게 나타났으며, 출하부서와 식빵제조부서의 증상자 비율이 낮게 나타났다. 이는 출하부서와 식빵제조부서의 경우 작업의 난이도로 인해 인원의 교체가 잦기 때문인 것으로 보인다.



< 그림 1 > 부서별 근골격계 질환 관련 증상 경험자 비율

< 표 3 > 증상에 관한 설문조사 결과

문항 \ 부위	목	어깨	팔/팔꿈치	손/손목/손가락	허리	다리/발
각 부위별 증상경험비율	43.1	64.1	33.8	54/3	52.9	45.0
증상 경험 기간(월)	6.0	8.1	4.5	6.7	8.8	6.0
1주일 이상 지속되는 응답자 비율	8.6	14.7	9.3	13.8	16.3	12.8
발생빈도가 한달에 1번이상 발생하는 응답자 비율	41.3	59.9	31.2	51.5	47.8	44.3
통증정도가 중간정도 이상인 응답자 비율	17.5	32.6	17.2	31.2	32.2	28.7

해당부위 증상자 수의 비율을 살펴보면 어깨부위의 증상을 호소하는 비율이 특히 높았으며, 허리와 손, 손목, 손가락 부위의 순으로 나타나고 있다. 전반적으로 많은 작업자들이 증상들을 경험하고 있는 것으로 나타났으며, 특히 <표 3>과 같이 어깨 부위와

손/손목/손가락, 허리 부위에 상당히 많은 작업자들이 근골격계 관련 증상을 경험하고 있음이 분석되었다. 특히 근골격계 질환의 의심이나 질병 발전 가능성을 판단하는 척도가 되는 관련 증상이 1주일 이상 지속된다는 평가 항목에[1] 응답한 작업자들의 비율을 살펴보면 허리와 어깨 부분에 증상을 호소한 비율이 다른 부위에 비해 크게 나타나는 것을 알 수 있다. 또, 근골격계 질환의 의심이나 질병 발전 가능성을 판단하는 척도가 되는 1달에 적어도 한번 이상 증상을 경험하고 있다고 응답한 작업자들의 비율이 < 표 3 >에서 보는바와 마찬가지로 어깨, 손/손목/손가락, 허리부위의 순으로 나타나고 있다.

또한 현재 증상의 정도에 대한 점수를 단일 평가척도의 측면에서 보면 어깨 부위, 손/손목/손가락 부위, 허리 부위, 다리/발 부위 등의 모든 부위에서 중간 정도의 통증을 호소한 작업자들이 많은 것으로 분석되었다. 설문결과를 종합해 볼 때 현재 대상 사업장의 작업자들 중 많은 비율의 작업자들이 근골격계 질환이 의심되거나 질병으로 발전될 가능성이 매우 높은 것으로 분석되고 있으며, 특히 어깨 부위와 손/손목/손가락, 허리 부위 순으로 그 위험도가 높게 나타나는 것을 알 수 있다.

3.2 작업자세 분석결과

제빵사업의 특성은 < 표 1 >과 같이 반가공 혹은 가공제품의 생산 품목에 따라 부서가 나뉘어 지며, 각 부서는 제품별로 < 표 2 >와 같은 작업공정을 거쳐 제품을 생산하고 있다. < 표 2 >에 나타낸 작업공정은 내용상으로는 각 부서별로 대동소이하나, 근골격계 질환의 유해요인 조사라는 관점에서 살펴볼 경우 재료의 중량 및 제조방법이 다르기 때문에 개별적으로 다루어 주는 것이 바람직한다. 따라서, 근골격계 질환의 유해요인 조사는 1일 100명의 작업인원을 기준으로 주요한 공정을 추출하여 6일간에 걸쳐 실시하였으며, 모두 70여개의 작업에 대한 인간공학적 작업자세 분석을 실시하였다. 본 논문에서는 이 중 중복이 되지 않는 주요한 작업공정을 선택, 정리하여, < 표 4 >와 같은 적절한 평가도구를 선택하여 각각의 작업특성과 이에 대한 분석결과를 다루고자 한다.

3.2.1 Q.E.C. 분석결과

< 표 4 >에 정리된 작업중 대한 Q.E.C. 분석결과를 < 표 5 >에 정리하였다. 분석결과를 살펴보면, 대체로 어깨와 허리 부분에 대한 근골격계 질환 노출 위험도가 가장 크게 나타남을 알 수 있으며, 케익부서의 거품제거 공정의 경우 핀치 그립 자세로 반복작업을 실시하는 관계로 손과 손목 부위의 위험도가 크게 나타났다. 또한, 절대적인 점수기준으로는 케익 및 케익장식 부서의 배합공정과 거품제거 공정의 경우가 가장 크게 나타나고 있는데, 배합공정의 경우 낮은 작업점으로 인해 허리 부위의 반복적인 굽힘을 요구하는 작업형태이며, 거품제거 공정의 경우 손과 손목의 반복성이 다른 작업에 비해 크기 때문인 것으로 판단된다.

3.2.2 RULA 분석결과

제빵업 사업장의 경우 주로 정적 입식작업의 형태로 원료의 배합 및 성형, 적재 작업이 반복되는 관계로 작업의 대부분은 RULA를 이용하여 정량적으로 평가할 수 있다. 평가결과를 < 표 6 >에 정리하였는데, 분석결과를 살펴보면 작업별로 차이가 있지만, 근육 및 무게, 반복작업에 의한 위험요인이 자세요인보다는 다소 크게 나타났으며, 원료의 계근이나 배합작업을 제외하고는 대부분 작업의 반복에 의한 영향이 지배적으로 나타났으며, 몇 개의 작업을 제외한 대부분의 작업은 즉각적인 자세변경을 요하는 최고점수를 나타내었다. 이는 현재의 작업상태가 근골격계 질환에 있어서 위험도가 매우 큰 상태임을 의미하며, 즉각적인 대책을 요구하는 상태라고 할 수 있다.

< 표 4 > 제빵 사업장의 주요작업 및 특성

공정	#	작업명	작업 특성	평가도구
생지	1	계근작업	중량물 작업, 핀치그립	RULA
	2	파배기 성형작업	손, 손목작업	RULA, SI
	3	바게트 분할투입	정적 직립자세, 팔뻗침 과다,	RULA
특수양과	4	초코 생크림 쇼트	어깨 들림 자세, 도구 손잡이 부적절	QEC, RULA
쇼트케익	5	시트 시럽 작업	핀치그림, 과도한 자세	RULA
	6	장식	편향된 자세, 팔 뻗침, 어깨들림 자세	RULA
	7	고구마 케익작업	작업통 부적절, 도구 손잡이 부적절	RULA, SI
	8	아이싱	어깨 들림 자세, 작업대 높이 부적절	RULA
	9	쵸코 코팅	손잡이 부적절, 편향된 자세, 반복작업	RULA, SI
완제빵	10	펜닝	작업대 높이 부적절, 정적직립자세	QEC, RULA
	11	분할기 투입	중량물 작업	QEC, NLE
	12	철판 컨베이어	과도한 자세, 작업점 부적절	RULA
	13	식빵포장	핀치그림, 편향된 자세, 반복작업	QEC, RULA
	14	파이성형	정적직립자세, 핀치그립	RULA, SI
식빵	15	배합	정적직립자세, 편향자세, 과도한 자세	QEC, RULA, SI
	16	식빵 전처리	정적직립자세, 핀치그립	RULA, SI
케익	17	데포지터 분할	과도한 자세, 작업대 부적절	QEC, RULA, SI
	18	소성	작업대 부적절, 과도한 자세	QEC, RULA
	19	배합	부적절한 용기, 편향된 자세	QEC, RULA
	20	거품제거	부적절한 도구, 손, 손목의 반복작업	QEC, RULA, SI
	21	종이포장	작업공간 부족, 작업대 부적절	SI
	22	랩포장	정적직립자세, 과도한 자세	RULA, SI
케익장식	23	버터크림 배합	과도한 자세, 중량물	QEC, RULA
	24	시트적재	몸통회전 및 측방굴곡 자세	RULA
	25	장식작업	어깨들림, 악력사용	RULA, SI
	26	과일절단	손, 손목사용, 중량물 작업포함	RULA, SI
검수	27	검수	편향된 자세, 핀치그립, 과도한 자세	QEC, RULA
출하	28	출하	중량물, 작업공간협소, 과도한 적재높이	QEC, RULA, OWAS

< 표 5 > Q.E.C.분석결과(최종점수)

공정	#	신체부위 작업명	허리	어깨/팔	손목/손	목	작업자 평가
특수양과	4	초코 생크림 쇼트	14	20	24	6	6
완제빵	10	펜닝	26	30	24	10	14
	11	분할기 투입	52	44	38	14	14
	13	식빵포장	14	18	18	8	6
식빵	15	배합	18	18	20	10	17
케익	17	데포지터 분할	34	26	32	16	14
	18	소성	38	30	36	16	14
	19	배합	44	36	42	16	26
	20	거품제거	18	30	40	18	26
케익장식	23	버터크림 배합	52	48	38	16	26
검수	27	검수	22	30	26	18	6
출하	28	출하	46	50	30	12	14

<표 6 > RULA 분석결과

공정	#	신체부위 / 작업명	A분석 (팔, 손목)	B분석 (목,몸통, 다리)	C분석 (근육,무게)		최종점수
					행	열	
생지	1	제근작업	3	2	7	6	7
	2	파배기 성형작업	4	3	5	4	5
	3	바게트 분할투입	3	4	5	6	7
특수양과	4	초코 생크림 쇼트	4	2	5	3	4
쇼트케익	5	시트 시럽 작업	4	8	7	11	7
	6	장식	7	4	10	7	7
	7	고구마 케익작업	6	8	7	7	7
	8	아이싱	6	6	7	7	7
	9	쵸코 코팅	4	6	5	7	7
완제빵	10	펜닝	4	4	5	5	6
	12	철판 컨베이어	3	6	5	8	7
	13	식빵포장	3	5	4	6	6
	14	파이성형	2	4	3	5	4
식빵	15	배합	3	4	6	7	7
	16	식빵 전처리	4	3	7	6	7
케익	17	데포지터 분할	5	5	5	6	7
	18	소성	4	5	7	8	7
	19	배합	4	7	7	10	7
	20	거품제거	4	6	5	7	7
	22	랩포장	5	2	8	5	7
케익장식	23	버터크림 배합	4	7	6	9	7
	24	시트적재	4	6	6	8	7
	25	장식작업	3	6	4	7	6
	26	과일절단	3	3	4	4	4
검수	27	검수	5	5	8	8	7
출하	28	출하	4	8	8	12	7

3.2.3 Strain Index(SI) 분석결과

제빵 사업장의 경우 타 사업장에 비해 중량물 취급 과정이 상대적으로 적은 반면 손과, 손목을 이용한 강도 높은 반복작업이 주류를 차지하므로 Strain Index를 이용하여 해당 작업에 대한 평가작업을 실시하였다. < 표 7 >에 정리한 평가결과를 살펴보면 반복도가 높은 식빵 전처리 작업의 점수가 81점으로 최고점을 기록한 반면 작업속도가 상대적으로 느리며, 작업시간이 적은 쵸코 코팅의 경우 4.5점의 평가되었다. SI점수의 경우 9점 이상의 작업을 위험한 작업군으로 분류하고 있으며, 이 기준을 적용할 경우 손과 손목을 많이 쓰는 작업 대부분이 근골격계 질환의 발생가능성이 높음을 알 수 있다.

3.2.4 기타 분석결과

대상 사업장의 경우 작업의 특성상 하지가 사용되거나 중량물 인양작업은 적은 편이다. 본 논문에서 다루고 있는 28개의 공정중 출하작업의 경우에는 제품상자를 차량에 적재하는 과정에서 상, 하지를 모두 사용하는 자세를 취하므로 이를 OWAS를 통하여 평가하였으며, 그 분석결과를 < 표 8 >에 정리하였다. 정리결과를 살펴보면 출하작업의 경우 최고수준인 "4"를 기록하고 있으며, 이는 해당 작업자세가 근골격계에 심각한 해를 끼침을 의미한다. 따라서, 해당 작업장에 대해서는 설비개선 및 근골격계 예방 프로그램의 즉각적인 운용이 요구된다고 할 수 있다. 중량물 작업의 경우 미국 산업안전보건연구원의 들기작업 지침(NLE)를 사용하여 평가하였으며, 당 사업장의 경우 배합물을 정형 분할기로 옮겨 담는 과정에서 100 kgf 중량의 내용물을 3회에 걸쳐 인력으로 옮겨 담는 분할기 투입공정을 대상으로 NLE를 통한 평가를 실시하였다. < 표 9 >에 정리한 평가결과를 살펴보면 이동 전, 후 모두 권장무게한계(Recommeded Weight Limit, RWL)가 실제 운반 대상물의 중량보다 작게 나타나는 것을 볼 수 있으며, 특히 이동 후의 상태에서는 들기작업지수(Lifting Index)가 4.02로 권장중량 무게한계보다 실제 대상물의 무게가 약 4배에 이르고 있음을 알 수 있다. 이는 해당작업의 근골격계의 발생 위험도가 상당히 큼을 의미하며 즉각적인 개선조치를 요구하는 상태임을 알 수 있다.

< 표 7 > Strain Index 분석결과

공정	#	신체부위 / 작업명	노력의정도	노력지속시간 (%)	분당노력의 횟수	손/손목 자세	작업속도	하루 작업시간	SI 점수
생지	2	파배기 성형작업	2	70	50	3	4	1.5	20.3
쇼트케익	7	고구마 케익작업	2	50	3	3	3	12	6.8
	9	쵸코 코팅	2	60	3	3	3	5	4.5
완제빵	14	파이성형	2	60	30	3	3	4	27.0
식빵	15	배합	2	60	25	2	3	4	18.0
	16	식빵 전처리	3	60	65	2	4	12	81.0
케익	17	데포지터 분할	2	60	16	2	3	6	12.0
	20	거품제거	2	30	60	3	2	4	20.3
	22	랩포장	3	70	12	3	4	4	40.5
케익장식	25	장식작업	2	40	5	3	3	12	10.1
	26	과일절단	2	30	5	2	3	12	6.8

< 표 8 > OWAS 분석결과

공정	#	작업명	Code (Max)	AC Value(Max)
출하	28	출하	4142	4

< 표 9 > NLE 분석결과

공정	#	작업명	대상물중량 (kgf)	상태	RWL (kgf)	Lifting Index
완제빵	11	분할기 투입	33.3	이동전	21.1	1.56
				이동후	8.2	4.02

3.2.5 고 찰

대상 사업장의 경우 작업의 특성상 하지가 사용되거나 중량물 인양작업은 적은 편으로 본 논문에서는 두 개의 작업공정을 선정하여 OWAS와 NLE를 사용하여 유해요인을 평가하였다. 평가결과 두 작업 모두 근골격계 발생 위험도가 큰 것으로 나타났으며, 즉각적인 개선조치를 요구하는 상태로 나타났다. 또, 제빵 사업장의 특성상 중량물 취급에 의한 유해요인 보다 반복작업으로 인한 유해요인이 주로 작용하는 것으로 볼 수 있으며, 이에 해당하는 상당수의 공정들은 RULA와 Strain Index를 사용하여 평가하였다. 평가결과 선별된 공정 대부분이 근골격계 질환에 대한 유해요인 위험도가 큰 것으로 나타났다. 그 밖에 작업장 상황 및 근로자 면담등을 통해 일부 공정을 선별하여 Q.E.C.를 적용하였으며, 그 결과로 적용공정들 중 근골격계 질환 위험도가 큰 공정들을 선별할 수 있었으며, 평가결과는 작업환경 개선시 우선순위를 수립하는 데 사용하였다.

4. 근골격계 질환예방 프로그램

작업 분석결과를 살펴보면 당 사업장의 작업공정은 근골격계 질환유발에 매우 큰 유해요인을 가지고 있는 상태라고 할 수 있다. 이는 즉각적이고 체계적인 근골격계 질환예방 프로그램 운영을 실시하지 않을 경우 근로자는 근골격계 질환의 위험에 상시 노출되게 되며, 사업주는 그로 인한 경제적 손실을 입게 됨을 의미한다. 따라서, 본 연구에서는 **유해 공정**에 대해 근골격계 질환 예방을 위한 개선대책을 수립하였으며, 여기에서는 개략적인 내용과 예방 프로그램에 대해 약술한다.

4.1 작업 개선 방안

당 사업장의 평가결과 가장 큰 유해요인은 정적 입식작업의 형태로 반복도가 상당히 높다는 점이다. 해당 평가결과를 바탕으로 한 근골격계 질환 예방을 위한 개선대책은 다음과 같다.

첫 째, 적정 작업점의 유지를 위한 작업대를 개선한다.
전반적으로 작업점이 너무 높거나 낮게 설계되고 혹은 작업점과의 수평거리가 멀어서 허리의 굽힘 및 비틂, 목의 굽힘, 팔의 전방 뻗침 등의 자세를 취해야 하는 경우가 많아 근골격계 질환 발생 우려가 되는 공정이 많다. 작업점은 팔꿈치를 기준으로 중량물 및 가공품 취급 작업은 팔꿈치 보다 10 ~ 15 cm 낮게, 정밀작업의 경우 팔꿈치 보다 약 10 cm 높게 개선하는 것이 바람직 하다.

둘 째, 장시간 서서하는 정적작업의 경우 피로방지용 매트 및 입좌식 의자를 설치한다.
검사작업과 같이 서서하는 정적작업의 경우, 젖산 등이 근육내 모세혈관에 축적되어 피로 통증 등을 호소할 수 있으므로, 허리 부하를 줄일 수 있도록 발 받침대(foot-rest)를 전면에 설치하고, 바닥에는 피로방지용 매트를 깔아 작업하도록 하며 경우에 따라서는 입좌식 의자를 설치하여 피로를 경감시키는 것이 바람직하다.

세 째, 충분한 작업공간을 확보할 수 있도록 설비 및 공간재배치를 고려한다.
전반적으로 작업공정 내 작업공간의 협소로 작업자의 행동반경에 제한을 가하여 부적절한 작업자세(허리의 비틂, 굽힘, 어깨 들림 등)를 취한 상태에서 작업을 해야 하므로, 설비 및 공간 재배치 등을 통한 충분한 작업 공간의 확보가 필요하다.

넷 째, 작업 특성에 맞는 공구를 구입하여 사용하도록 한다.
일부 작업가운데에는 손잡이 부분이 없거나 짧은 형태의 공구를 사용하는 경우가 있는데, 이 경우 해당 공구의 사용으로 인해 근골격계 질환의 유발 가능성이 상존하므로, 이 경우 손잡이가 손목이 꺾이지 않고, 손바닥 전체와 충분히 접촉될 수 있는 형태로 개선혹은 대체하는 것이 바람직하다.

다섯 째, 중량물 취급작업 개선을 위해 설비를 개선한다.
중량물 취급시에는 허리에 대한 부하를 최소화할 수 있도록 취급 중량물의 용기를 제한하거나, 바닥에 적치대를 두어 작업대상물과의 거리를 짧게 하여, 허리에 가해지는 부담을 최소화한다. 또, 인력물자 취급을 해서는 않되는 중량물의 경우 기계력을 이용하여 할 수 있도록 설비를 개선하여 허리의 굽힘 동작이 일어나지 않도록 하며, 불가피하게 인력물자 취급작업을 해야할 경우에는 2인 이상의 작업자가 같이 작업하도록 한다.

여섯 째, 작업속도 및 인력재배치를 고려한다.
당 사업장의 경우 상대적으로 중량물 취급 공정의 비율이 적은 대신 반복작업의 비율이 높은 편이다. 특히 손과 손목을 반복사용하는 빠른작업 패턴이 주류를 이루고 있으며 대부분 동일공정에 수 년간 근무해온 작업자의 비율이 높은 편이다. 따라서, 생산성을 충분히 고려하여 작업속도를 조절하며, 인력의 정기적이고 고정적인 순환배치를 통해 근골격계 질환 발생의 위험요인을 줄여나가는 노력을 지속하여야 한다.

일곱 째, 스트레칭을 활성화 시킨다.
근골격계 질환예방을 위해 휴식시간 혹은 작업 시작전 혹은 후에 스트레칭을 활성화한다.

4.2 인간공학적 관리 프로그램의 추진

재해 예방 프로그램이나 품질 개선 프로그램과 마찬가지로, 근골격계 질환 유해요인을 제거하고 이의 발생을 방지하기 위해서는 경영진과 근로자가 주체가 된 인간공학 프로그램을 추진, 실시하는 것이 바람직하다. 이를 위한 인간공학 프로그램의 구성은 크게 4가지로 나뉜다. 첫째, 경영진의 의지와 근로자의 참여, 둘째, 프로그램의 추진 관리, 셋째, 프로그램의 운용, 넷째, 사후관리이다.

이 중 프로그램의 운용은 다시 4가지 요소로 나뉘어 실시되는데 (1) 작업장 분석 (2) 위험의 예방 및 관리 대책 (3) 의학적 관리 (4) 교육과 훈련 등이다.

작업장 분석은 근골격계 질환의 위험이 발생할 수 있는 작업과 작업장을 정의하는 안전보건상의 검토, 위험을 일으키는 위험 요인과 그 원인을 파악하는 단계이고, 위험의 예방 및 관리 대책은 작업 방법, 작업장, 수공구, 작업 환경 등을 근로자에게 맞추기 위해 이들을 변경시킴으로써 작업장 분석 단계에서 파악된 위험을 제거하거나 최소화하는 단계이다. 의학적인 관리는 작업관련 근골격계 질환을 예방하고, 관리하기 위해 활용 가능한 건강 관리 자원을 효과적으로 사용하는 단계이며, 교육 및 훈련은 상해, 상해의 원인, 증상, 예방과 치료, 잠재적인 위험 요소들을 근로자와 관리자들이 인식하게 하는 단계이다.

이러한 모든 요소들이 사업주의 프로그램에서 제 역할을 다 하지만, 제일 중요한 항목은 작업장 분석(당신의 설비에 현재 존재하고 있는 실제 혹은 잠재 위험을 찾는 일)이다. 이것은 어느 곳의 위험이 근골격계 질환으로 발전되는 가를 찾아내기 위해 작업장을 주의 깊이, 단계적으로 조사하여야 한다. 사업장의 재해/직업병 기록을 조사하고, 근로자의 산재보상 신청을 보고, 수행되고 있는 작업을 조사하고, 그리고 근로자들에게 인간공학적인 문제가 있는지를 물어본다. 문제가 있을만한 작업을 확인하고, 그러한 작업이 인간공학적인 위험요소를 포함하고 있는지에 대해 결정한다. 만약 문제가 있다면, 발견된 문제에 대한 조치가 적절하여야 한다. 만약 문제가 없다면, 안전하고 건강한 작업장을 유지하기 위해, 현재의 노력을 계속하여야 한다.

인간공학 프로그램의 시작 단계에서, 근로자들은 인간공학에 관심을 갖고, 친숙해짐에 따라 단기간내에 작업관련 근골격계 질환의 호소율이 증가할 수도 있다. 그러나 예방을 위해 좀더 많은 노력을 기울인다면 상해의 수나 정도(강도)는 많이 줄어들 것이다. 안전보건 프로그램과 마찬가지로 인간공학 프로그램의 적용 목표는 가능한 한 많은 상해를 예방하는 것이다.

5. 결 론

현 생산공정의 근골격계 질환 유해요인를 파악하고, 이를 개선하기 위하여 인간공학적인 평가방법을 사용하여 작업을 분석하였다. 이를 위해 먼저 설문조사를 통해 근로자들의 근골격계 질환 현황을 파악하였으며, 설문결과 높은 비율의 작업자들이 근골

격계 질환이 의심되거나 질병으로 발전될 가능성이 매우 높은 것으로 분석되고 있음을 알 수 있다. 작업자세 분석은 모두 70여개의 공정에 대해 실시되었으며, 본 연구에는 기계작업 공정 및 자동화 공정을 제외한 주요 인력물자 취급작업 공정을 대상으로 주요한 28개의 공정에 대한 분석결과를 다루었다. Q.E.C. 분석결과 대체로 어깨와 허리 부분에 대한 근골격계 질환 노출 위험도가 가장 크게 나타났으며, 케익 및 케익장식 부서의 배합공정과 거품제거 공정의 경우가 가장 크게 나타나고 있다. 자세분석을 위해 RULA와 Strain Index를 사용하여 분석하였으며, 분석결과 주로 부적절한 자세에 의한 요인과 반복에 의한 요인이 크게 작용하는 것을 알 수 있다. 또, OWAS와 NLE를 이용하여 하지사용작업과 중량물 인양작업을 분석하였으며, 분석결과 해당 작업 모두 현재의 상태가 즉각적이고 체계적인 근골격계 예방 프로그램이 요구되는 상태임을 알 수 있었다. 분석결과에 따라 근골격계 예방을 위한 개선대책을 제시하였으며, 개선대책의 실시를 위한 경영자와 근로자 모두가 참여하는 인간공학적 관리 프로그램의 추진방안을 제시하였다.

6. 참 고 문 헌

[1] 한국산업안전공단, 안전작업, 기술지침(KOSHA-CODE집), 2002

[2] 양성환, 신발제조업의 작업관련 근골격계 질환 예방을 위한 인간공학적 평가기법의 비교, 한국산업안전학회지, Vol. 15, No. 2, pp.136~142, 2000

[3] 김대성, 양성환 외, 작업자세에 대한 인간공학적 평가 도구들의 비교, 대한인간공학회 추계학술대회 논문집, 1999

[4] 박동현, 한상환, 범용 위험도 평가서를 이용한조선업체 작업에서의 누적외상성질환에 대한인간공학적 분석, 한국산업위생학회지, Vol. 8, No. 1, pp. 24~35, 1998

[5] 양성환, 김대성, 박범, 갈원모, 강영식, 요통 예방을 위한 요추부하 평가에 관한 연구, 한국산업안전학회지, Vol. 15, No. 3, 1998

[6] 양성환, 김대성, 박범, 요배력 측정 및 L5/S1 요추부하 평가에 관한 연구, 한국산업안전학회지, vol. 12, No. 3, pp. 161~165, 1997

[7] Anderson, C. B. J., Epidemiologic aspects on low back pain in industry, Spine, 6, pp. 53~60, 1981

[8] Bemard, T. M., Computerized dynamic bio-mechanical simulation of lifting versus inverse dynamics model : effects of task variables, Ph. D. Dissertation, Texas Tech University, 1995

[9] Bhattacharya, A., Mcclothlin, J. D., Occupational Ergonomics, Marcel DeMcer, Inc., 1996.

[10] Chafnn, D. B., Anderson, G., Occupational Bio-mechanics, John Wiley & Sons, Inc. 1991

[11] Garg, A., Lifting and back injuries A Reviewof the causes of this industrial health problem,and the major methods used to combat it. PlantEngineering, 37,

pp. 67~71, 1983
[12] Karhu O, et al, Correcting working postures inindustry : A practical method or analysis, Applied Ergonomics, Vol. 8. pp. 199~20], 1977
[13] Karhu O, et al, Observing working postures inindustry : Example of OWAS application, Applied Ergonomics, Vol. 12. pp. 13 ~ 17, 1981.
[14] Kennit C., et al, Influence of lift moment in determining MAWL, Human Factors, Vol. 39,No. 2, pp. 312~322, 1997.
[15] Khalil, T. M., et al, Ergonomics in back pain : A guide to prevention and rehabilitation, VAN NOSTRAND REINHOLD, 993.
[16] Kumar, S., Mital, A., Electromyography in ergonomics, Taylor & Francis, 1996
[17] McAtamney L, et al, RULA : a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders, Applied Ergonomics, VOI. 24, pp. 9]~99, 1993.
[18] Millar, D. J., Summary of proposed national strategies for the prevention of leading work-related diseases and injuries, Part 1' Am J 1nd Med, 13, pp. 223~240, 1988
[19] Mirka, C. A., A stochastic simulation model of the muscles of the trunk during lifting, Ph. D. Dissertation, Ohio State University, 1992
[20] Mital, A., Nicholson, A. S., Ayoub, M. M., A guide to manual materials handling, Taylor & Francis, 1997
[21] Pulat, B. M., Fundamentals of industrial ergonomics, Printice Hall, pp. 52~53, 1992
[22] Simon m, Hsiang, et al, Low back pain(LBP) and Lifting technique-A review, Industrial Ergonomics, Vol. 19, pp. 59~74, 1997

저 자 소 개

양 성 환 : 현 국립한국재활복지대학 의료보장구과 교수.
숭실대학교 환경공학과 석사학위, 아주대학교 산업공학과 박사학위를 취득하였으며, 산업위생관리기술사이다. 주요관심분야는 생체역학, 안전공학, 인간공학, 작업개선, 산업위생학 등이다.

조 문 선 : 현 국립한국재활복지대학 의료보장구과 교수.
인하대학교 기계공학과를 졸업하였으며, 한국과학기술원(KAIST) 기계공학과에서 석사, 박사학위를 취득하였다. 주요 관심분야는 시스템 규명 및 설계, 인간공학 등이다.

강 필 : 현 국립한국재활복지대학 의료보장구과 교수.
용인대학교 물리치료학과에서 석사학위를 취득하였으며, 주요 관심분야는 물리치료학, 의료보장구, 산업안전 등이다.