

통계적 분석을 이용한 철강업 근골격계 증상 호소도에 관한 연구



이 백 현 사무국장
대한산업안전협회 인천지회

1. 서론

최근 몇 년간 근골격계 질환이 급격히 증가하고, 노사갈등의 심사안으로 부각되는 등, 사회적 문제를 야기하고 있다. 노동부에서는 근골격계 질환 예방을 위한 각종 지침을 제작·보급하여 사업장의 자율적인 예방관리를 권고하여 왔으나 일부 대기업의 경우 이로 인한 노사갈등이 심화되고, 그 외 대부분의 기업은 여전히 인식이 미흡한 실정이다.

노동부 통계에 따르면 근골격계 질환자수 증가 추이(근골격계 질환자수, 업무상 질병자수 중 근골격계비율)를 연도별로 살펴보면, 97년(221명, 15.5%), 98년(123명, 9.5%), 99년(344명, 12.6%), 00년(1009명, 24%), 01년(1634명, 28.9%), 02년(1827명, 33.7%), 03년(4532명, 45.4%)으로 계속 증가하고 있는 추세이다.

이러한 여건 속에서 근골격계 질환에 대한 다양한 연구가 진행되어 왔으며 특히, 노동집약 산업 중 전자조립업종에 대한 연구의 비율이 높다. 이는 근골격계 질환의 발생이 '정적상태에서의 작업', '과도한 반복적 작업' 등의 요인으로 기인된다는 이해로 다른 노동집약적 산업인 신발, 섬유, 철강, IT업종 등의 연구가 상대적으로 미흡하다고 판단된다.

본 연구에서는 단순 반복 작업이 거의 없지만 작업 강도가 높은 철강업을 대상으로 근골격계 증상에 대한 실태를 파악해 보고자 한다. 우리나라의 대표적인 철강 업체 2곳을 대상(1,427명)으로 설문 조사한 내용을 바탕으로 철강업종에서의 생산직 근로자와 사무직 근로자간의 목, 어깨, 팔/팔꿈치, 손/손목/손가락, 허리, 다리/발의 세부 항목별 근골격계 증상 차이와 전체적인 근골격계 증상 호소도를 분석하였다. 또한, 총 11가지의 작업관련 요인(①평균작업시간, ②규칙적인 운동 여부, ③작업량 조절 가능 여부, ④1일 작업시간 변동 여부, ⑤작업 중 휴식 시간의 증·감 여부, ⑥작업 중 여유 시간의 증·감 여부, ⑦잔업 및 특근 횟수의 증·감 여부, ⑧공정수의 증·감 여부, ⑨자동화된 공정수 증·감 여부, ⑩육체적 피로 정도, ⑪스트레스의 증·감 정도)과 근골격계 증상 호소도와 이변량 상관분석을 실시하여 유의한 요인을 밝힌 다음 각 신체부위 6곳을 독립변수로 지정하고

근골격계 증상 호소도를 종속변수로 하여 회귀분석을 통한 근골격계 증상 호소도와 신체부위와의 회귀모형을 도출하여 근골격계 증상 호소에 대한 원인을 밝히고자 한다.

2. 근골격계 증상 호소 대상자들의 일반적 특성

설문 대상자들은 인천에 소재한 A업체는 617명, 포항에 위치한 B업체는 856명을 대상으로 하여 총 1476명의 작업자를 선정하여 설문 조사하였다. 이 중 설문 조사에서 887명은 ‘목’, ‘어깨’, ‘손/손목/손가락’, ‘팔/팔꿈치’, ‘허리’, ‘다리/발’ 부위에 어떠한 증상 호소를 보이지 않았으며, 한 부위라도 증상을 호소하는 호소자의 수가 589명으로 전체적인 근골격계 증상 호소율은 39.91%로 나타났다.

‘목’, ‘어깨’, ‘팔/팔꿈치’, ‘손/손목/손가락’, ‘허리’, ‘다리/발’ 6부위 중 최소한 한 곳 이상에서 근골격계 증상을 호소하는 대상자만 선별하여 분석한 결과 응답자의 나이는 남자의 평균이 45.64세였고, 여자는 33.2세였으며 전체적으로 남자의 연령대가 높게 나타났다. 근무년수는 남자의 평균이 12.85년, 여자는 6.6년으로 장기 근무자가 많았다. 직종은 생산직 근로자인 경우 남자는 501명(85.06%), 여자는 1명(0.17%), 사무직 근로자인 경우 남자는 83명(14.09%), 여자는 4명(0.68%)으로 생산직 근로자가 총 502명(85.23%)으로 사무직 근로자 87명(14.77%)보다 월등히 많았다. 남녀의 성비는 남자가 584명(99.15%), 여자가 5명(0.85%)으로 남자의 비율이 높았다. 철강업종의 특성상 나이가 많고, 근무년수가 길고, 생산직 근무자가 많고, 남성이 여성보다 많은 것과 동일하게 근골격계 증상 호소자 또한 같은 일반적 특성을 갖고 있는 것으로 나타났다.

3. 생산직 종사자와 사무직 종사자간의 근골격계 증상 호소도에 대한 독립 표본 t검정

아래 표1은 분석한 케이스를 요약하여, 정의한 집단별로 통계량을 나타내고 있다.

〈표 1〉 직종별 근골격계 증상호소도 비교

Occupational Category	N	Mean	Std. Deviation
Blue Color	502	14.193	12.001
White Color	87	11.644	7.695

총 589개의 케이스에서 생산직 근로자가 502명, 사무직 근로자가 87명이며, 생산직과 사무직의 평균 근골격계 증상 호소도는 각각 14.193, 11.644이고 표준편차는 각각 12.001, 7.695였다.

표2는 두 모집단 분산이 같은지에 관한 Levene의 등분산 검정, 두 모집단의 평균이 같은지에 관한 t검정과 두 모집단 평균차이의 95% 신뢰구간을 구한 결과이다.

표 2의 Levene의 등분산 검정의 가설은 다음과 같다.

$$\text{귀무가설 } H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

$$\text{대립가설 } H_1 : \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

σ_1^2 : 생산직 종사자의 근골격계 증상 호소도의 분산

σ_2^2 : 사무직 종사자의 근골격계 증상 호소도의 분산

Levene의 등분산 검정에서 F값은 5.83으로 이 값의 바깥쪽의 면적 ‘유의확률’이 0.016으로 유의수준 0.05보다 작으므로 귀무가설을 기각하여 두 모집단의 분산이 같지 않다고 할 수 있다.

평균의 동일성에 대한 t검정의 가설은 다음과 같다.

〈표 2〉 독립표본 검정

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
							Lower	Upper
Equal variances assumed	5.83	0.016	1.91	587	0.056	1.33	-0.067	5.17
Equal variance not assumed			2.59	168.65	0.010	0.98	0.608	4.49

귀무가설 $H_0 : \mu_1 = \mu_2$
 대립가설 $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$
 μ_1 : 생산직 종사자의 근골격계 증상 호소도의 평균
 μ_2 : 사무직 종사자의 근골격계 증상 호소도의 평균

두 모집단의 분산이 같지 않기 때문에 등분산이 가정되지 않고 유의 확률이 0.010으로써 유의 수준보다 작으므로 귀무가설을 기각한다. 즉 생산직 근로자의 근골격계 증상 호소도의 평균은 사무직 근로자의 근골격계 증상 호소도의 평균과 같다고 할 수 없다. 또한 '차이의 95% 신뢰구간'에서 '하한'이 0.608, '상한'이 4.49로 0을 포함하지 않으므로 두 집단의 평균 근골격계 증상 호소도는 같다고 할 수 없으며, 모집단에서 생산직 근로자의 근골격계 증상 호소도는 사무직 근로자보다 0.608에서 4.49 높을 확률이 95%라고 할 수 있다.〈표 2〉

4. 근골격계 증상 호소도와 작업 특성 요인간 상관 분석

근골격계 증상 호소도와 작업 특성 요인 11가지 (①1일 작업시간, ②주당 운동시간, ③작업량 조절, ④1일 작업시간 변동, ⑤작업 중 휴식시간, ⑥

작업 중 여유시간, ⑦잔업 및 특근 횟수 변동, ⑧공정수 변동, ⑨공정의 자동화 변동, ⑩육체적 피로 변동, ⑪스트레스 변동)요인과 이변량 상관 분석을 실시하였다. 분석 결과 ②, ④를 제외한 나머지 9가지 요인과 99%, 95% 신뢰 수준에서 상관관계를 갖고 있는 것으로 판단되었다. '1일 작업 시간' ($r=0.336$), '잔업 및 특근횟수 변동' ($r=0.285$), '공정수 변동' ($r=0.160$), '스트레스 변동' ($r=0.130$)은 '근골격계 증상 호소도'와 아주 강한 정의 관계가 있다고 할 수 있으며, '작업량 조절 가능' ($r=-0.430$), '여유 시간 변동' ($r=-0.159$), '자동화 변동' ($r=-0.546$)은 '근골격계 증상 호소도'와 아주 강한 부의 관계가 있다고 할 수 있다. 또한 '휴식 시간 변동' ($r=-0.089$)은 약한 부의 관계를 갖고 있다고 할 수 있다.〈표 3〉

〈표 3〉 작업 특성과 근골격계 증상 호소도와의 상관 분석

작업 특성 요인	Pearson Correlation	Sig. (2-tailed)
1일 작업 시간	0.336**	0.000
작업량 조절 가능	-0.430**	0.000
휴식 시간 변동	-0.089*	0.030
여유 시간 변동	-0.159**	0.000

작업 특성 요인	Pearson Correlation	Sig. (2-tailed)
잔업 및 특근횟수 변동	0.285**	0.000
공정수 변동	0.160**	0.000
자동화 변동	-0.546**	0.000
스트레스 변동	0.130**	0.002
육체적 피로 변동	0.178**	0.000

5. 신체 부위와 근골격계 증상 호소도와의 회귀분석

표 4는 회귀분석에 사용될 변수의 평균, 표준편차 및 이를 계산하는 사용된 케이스의 수를 제시하고 있다.

〈표 4〉 기술 통계량

Variables	Mean	Std. Deviation	N
근골격계 증상 호소도	13.817	11.498	589
목 호소도	1.555	3.136	589
어깨 호소도	3.608	3.898	589
팔/팔꿈치 호소도	1.796	3.510	589
손/손목/손가락 호소도	1.920	3.396	589
허리 호소도	2.676	3.713	589
다리 호소도	2.151	3.621	589

〈표 5〉 종속변수와 독립변수간의 상관계수

Variables	Pearson Correlation	Sig. (1-tailed)	N
목 호소도	0.666	0.000	589
어깨 호소도	0.564	0.000	589
팔/팔꿈치 호소도	0.569	0.000	589
손/손목/손가락 호소도	0.523	0.000	589
허리 호소도	0.471	0.000	589
다리 호소도	0.508	0.000	589

Dependent Variable: 근골격계 증상 호소도

표 5는 회귀분석에서 사용될 변수들 간의 상관관계, 상관계수에 의한 단측검정에서의 유의확률, 상관계수 계산에 사용된 각 변수의 케이스 수가 제시되어 있다. 종속변수인 ‘근골격계 증상 호소도’와의 상관관계를 보면 ‘목 호소도’, ‘팔/팔꿈치 호소도’, ‘어깨 호소도’가 비교적 큰 상관관계를 갖는다는 것을 알 수 있다.

표 6은 각 단계별로 회귀모형의 적합성과 각주에 종속변수와 각 단계별 독립변수들이 제시되어 있다.

모형 6의 경우 회귀모형은 상수, ‘목 호소도’, ‘팔/팔꿈치 호소도’, ‘다리 호소도’, ‘어깨 호소도’, ‘허리 호소도’, ‘손/손목/손가락 호소도’가 사용되었다는 것을 각주 f에서, 종속 변수는 ‘근골격계 증상 호소도’라는 것을 g에서 보여주고 있다. R Square값이 모형6의 경우 0.993을 나타내고 있으며 이 값은 회귀모형이 종속변수에 의해 변동의 99.3%를 설명하고 있으며 매우 높다고 할 수 있다.

오차간의 독립성을 나타내는 Durbin-Watson 값이 1.688로 2를 초과하지 않으므로 자기상관이 없는 것으로 판단된다. 표 7은 신뢰 수준 95%에서의 모형의 적합성에 대한 가설 검정 결과이다. 모형 6의 경우 가설은 다음과 같다.

귀무가설 : $H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = \beta_6$
 대립가설 : $H_1 : 적어도 한 계수는 0이 아니다.$

F값의 유의 확률이 통상적인 유의수준 0.05보다 작으므로 귀무가설을 기각하여 한 집단의 편회 귀계수는 0이 아니라고 할 수 있다. 즉 모든 독립 변수 β 는 0이 아니라고 할 수 있다.(서로 편회귀계수가 같지 않다.)

표 8은 회귀계수와 독립변수들 간의 다중공선성

검토를 위한 통계를 제시하고 있다. 위의 표에서 'B' 열에는 표준화하지 않은 편회귀계수가, 'Std. Error' 열에는 편회귀계수의 표준오차가 제시되어 있다. '모형 6'의 경우 추정된 회귀모형은 다음과 같다.

$$\hat{Y} = 0.397 + 0.979X_1 + 0.999X_2 + 0.971X_3 + 0.980X_4 + 0.972X_5 + 0.977X_6$$

X_1 : 목 호소도, X_2 : 팔/팔꿈치 호소도
 X_3 : 다리 호소도, X_4 : 어깨 호소도
 X_5 : 허리 호소도, X_6 : 손/손목/손가락 호소도

〈표 6〉 모형의 요약

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics					Durbin-Watson
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change	
1	0,666a	0,443	0,442	8,587	0,443	467,095	1	587	0,000	
2	0,793b	0,629	0,627	7,019	0,185	292,625	1	586	0,000	
3	0,868c	0,753	0,751	5,732	0,124	293,741	1	585	0,000	
4	0,910d	0,829	0,828	4,775	0,076	258,939	1	584	0,000	
5	0,958e	0,918	0,918	3,299	0,090	640,481	1	583	0,000	
6	0,996f	0,993	0,993	0,971	0,075	6150,716	1	582	0,000	1,688


g : Dependent Variable: 근골격계증상호소도

〈표 7〉 분산분석표

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	34445,885	1	34445,885	467,095	0,000a
	Residual	43288,312	587	73,745		
	Total	77734,197	588			
2	Regression	48862,993	2	24431,497	495,887	0,000b
	Residual	28871,204	586	49,268		
	Total	77734,197	588			
3	Regression	58513,911	3	19504,637	593,655	0,000c
	Residual	19220,286	585	32,855		
	Total	77734,197	588			
4	Regression	64418,119	4	16104,530	706,292	0,000d
	Residual	13316,078	584	22,802		
	Total	77734,197	588			
5	Regression	71388,965	5	14277,793	1311,844	0,000e
	Residual	6345,232	583	10,884		
	Total	77734,197	588			
6	Regression	77185,692	6	12864,282	13649,865	0,000f
	Residual	548,505	582	0,942		
	Total	77734,197	588			

종속 변수에 가장 영향을 많이 미치는 독립변수는 '팔/팔꿈치 호소도'로 나타났으며 '어깨 호소도', '목 호소도', '손/손목/손가락 호소도', '허리 호소도', '다리 호소도'라는 것을 알 수 있다. 't' 열과 '유의확률' 열에는 각 편회귀계수에 대한 t검정 결과의 관측값과 유의확률이 제시되어 있다. 각 편회귀계수가 0인지 아닌지에 대한 가설검정의 t값은 표준화하지 않은 편회귀계수를 그 회귀계수의 표준오차로 나눈 값이다. '유의확률' 열에 제시된 유의확률이 모두 통상적인 유의수준보다 작으므로 귀무가설을 기각하여 각 모집단의 편회귀계수는 모두 0이 아니라고 할 수 있다.

6. 결론

기존의 연구에서는 전체적인 근골격계 증상 호소율에 관한 연구가 일반적인 것에 비해 본 논문은 일단 근골격계 증상을 호소한 작업자를 대상으로 작업환경 변화와 근골격계 증상 호소도와의 관계를 파악하고, 신체 부위와 전체적인 근골격계 증상 호소도의 관계를 밝히는 것에 초점을 두었다. 뿐만 아니라 기존 생산직 직종과 사무직 직종과의 근골격계 증상 호소율이 차이를 보인 것은 일반적으로 동의하나 본 논문에서는 독립표본 t검정에서 그 차이를 통계적으로 증명하였다. 

〈표 8〉 회귀계수에 대한 통계

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	10,021	0,395		25,366	0,000
	목 호소도	2,441	0,113	0,666	21,612	0,000
2	(Constant)	7,985	0,344		23,206	0,000
	목 호소도	2,077	0,095	0,567	21,930	0,000
	팔/팔꿈치 호소도	1,448	0,085	0,442	17,106	0,000
3	(Constant)	6,048	0,303		19,970	0,000
	목 호소도	1,815	0,079	0,495	23,021	0,000
	팔/팔꿈치 호소도	1,380	0,069	0,421	19,937	0,000
	다리 호소도	1,146	0,067	0,361	17,139	0,000
4	(Constant)	3,675	0,292		12,576	0,000
	목 호소도	1,410	0,070	0,384	20,039	0,000
	팔/팔꿈치 호소도	1,253	0,058	0,382	21,525	0,000
	다리 호소도	1,152	0,056	0,363	20,678	0,000
	어깨 호소도	0,892	0,055	0,303	16,092	0,000
5	(Constant)	1,488	0,220		6,776	0,000
	목 호소도	1,111	0,050	0,303	22,209	0,000
	팔/팔꿈치 호소도	1,229	0,040	0,375	30,560	0,000
	다리 호소도	1,051	0,039	0,331	27,143	0,000
	어깨 호소도	0,983	0,038	0,333	25,536	0,000
	허리 호소도	0,967	0,038	0,312	25,308	0,000
6	(Constant)	0,397	0,066		6,002	0,000
	목 호소도	0,979	0,015	0,267	66,097	0,000
	팔/팔꿈치 호소도	0,999	0,012	0,305	81,905	0,000
	다리 호소도	0,971	0,011	0,306	84,903	0,000
	어깨 호소도	0,980	0,011	0,332	86,572	0,000
	허리 호소도	0,972	0,011	0,314	86,448	0,000
	손/손목/손가락 호소도	0,977	0,012	0,289	78,427	0,000