

요배근력 측정 및 L₅/S₁ 요추부하 평가에 관한 연구

A Study on the Measurement of Back Power and the Evaluation of Compression Force at the L₅/S₁

양 성 환* · 김 대 성* · 박 범*
S. H. Yang · D. S. Kim · P. Park
(1997년 6월 12일 접수, 1997년 9월 5일 채택)

ABSTRACT

Recently, industrial accidents have been getting great damage to an enterprise management directly and indirectly, the industrial injuries of conventional type are decreasing : on the other hand, musculoskeletal injuries are trending to a rapid increase. This shows that most of carrying works have been performing in almost all production process and convey objects, machine equipment and work method. Then, they are made by unfitted design which doesn't consider physical condition of workers, so it causes them to bring about forceful motion. In this paper, it was used NIOSH standard the data of spot. The ergonomic design of machine equipment and the evaluation of biomechanical compression force at the L₅/S₁ and back power, intend to provide the basis which can be applied, compared, and analyzed between before process improvement and after.

1. 서 론

과학 기술의 발달은 지난 30년간에 걸쳐 매우 급속한 속도로 변화하고 있음에도 불구하고 근로자의 건강과 안전에 대한 재해발생 빈도는 이에 비하여 감소되고 있지 않은 것이 우리의 실정이다. 또한, 생산성 향상의 올바른 정의가 이루어지지 않은 현실에서 작업자를 고려한 작업장 설계나 작업 방법이 이루어지지 않고 있음으로 인하여 작업자

의 건강과 안전에 많은 유해 원인을 내포하고 있을 뿐만 아니라 장기적으로 경제적 손실, 즉 생산성 저해 요인이 되고 있으며, 삶의 질적 향상을 요구하는 작업자에게 사기를 저하시키고 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 자동차 관련 부품 중 브레이크를 제조하는 M회사의 생산공정에서 작업자의 요통 재해율이 높은 생산 가공 및 조립 라인의 문제점을 파악하여, 당해 공정의 개선을 통한 작업자의 요통 재해 감소와 생산성을 향

*아주대학교 기계 및 산업공학부

상시킬 수 있다. 본 연구는 생산 공정을 인간 공학적 측면에서 작업 개선 및 작업 관리 개선을 통하여 요통 재해를 감소시키고자 한다. 작업의 개선 효과는 NIOSH의 인력 작업 기준을 이용하여 측정하였으며, 생체역학적 요추부하 평가와 요배근력 측정의 평가를 통하여 신체적 조건을 고려한 작업자의 적정 배치로 요통재해를 감소시키는 개선 효과를 보고자 한다. 본 연구는 각 피실험자의 요배근력을 실험을 통해 측정하고, 설문조사 분석을 통해 개선 방안을 제시하였다.

2. 연구 배경

오늘날 요통재해는 성별, 인종, 연령, 교육수준 및 직종을 불문하고 흔하게 경험하는 재해 중의 하나로 산업사회에서는 70~80%의 근로자들이 그들의 작업뿐만 아니라 일상생활을 통하여 경험하고 있고, 전체인구 가운데 10~15% 정도의 요통환자가 새로 발생하는 것으로 추정하고 있다³⁾. 특히 미국에서는 두통 다음으로 많은 사람이 요통으로 인하여 병원을 방문하고 있다. 이러한 요통은 개인적인 단순한 기능상의 문제로 끝나는 것이 아니라 경제적인 측면에서 막대한 손실을 발생시킨다. 미국인 중 작업도중 어떤 원인으로 요통을 경험하고 있는 사람이 약 80%이고, 1년동안 어떤 원인으로 인해 허리를 손상한 경우가 작업인구의 11%이며, 요통 중 lifting에 의한 것이 약 50%를 차지한다고 1992년 LaBar에 보고 되고 있다.

본 생산 공정의 96년 조사결과 1600명 중 42명의 재해자가 발생했으며, 직접 재해 비용으로 811,

384천원이 소요되었으며, 간접비는 직접비의 4배로 통용되는 것으로 볼 때, 간접비의 경우 3,245,536천원으로 Total cost는 4,056,920천원이 되는 것으로 나타났다. 이것은 총 매출액의 약 1.93%를 차지하는 것으로 나타났으며, 요통으로 인한 재해 손실 비용이 계속 증가하는 것으로 볼 때, 이에 대한 손실 비용은 매년 늘어날 것으로 추산된다. 또한, 재해자를 입사 년도별로 나타내어 본 결과 아래 Fig. 1과 같이 1년 이하의 근로자가 전체 51%를 차지하는 것으로 나타났다.

3. 연구 방법

본 연구는 설문지 및 질문법을 통해 요통의 유무, 신장, 체중 등의 Anthropometry를 조사하였으며, 요배근력을 측정하기 위해 간단한 교육을 실시하여 요배근력에 대한 근로자들의 선입관을 제거하여 보다 정확한 근력을 측정하였다.

또한, 본 연구에서는 주요 Factor들 중 H(Horizontal, 15~18cm), V(Vertical, 0~175cm), D(Distance, 25~(200-V)cm)를 고려하여 실험하였기 때문에 Revised NIOSH Lifting Equation(1991)을 이용하기 보다는 NIOSH Lifting Equation(1981)의 AL(Action Limits)을 이용하여 한계를 350kg으로 정해두고, 이들에 대한 현장 자료를 이용하여 L_5/S_1 요추에 걸리는 부하를 산출한다¹²⁾. 요추 부하를 계산하는 식은 아래 식(1)과 같다⁸⁾. 이들을 적절히 현장에 적용 가능한 정도로 변화시켜 실제 중량과 어느 정도 차이가 있는지를 분석하여 개선 방안을 제시한다.

$$F = ((W1/2 + W2) \times 10 \times H) / 5 \dots\dots\dots (1)$$

F : 요추부하(N, kg m/s²)

W1 : 체중(kg)

W2 : 물체의 중량(kg)

H : 물체의 중심에서 요추까지의 거리(cm)

3.1 피실험자

본 실험에서는 고교생 338명(Group1), 군인 126명(Group2), 사무직 113명(Group3), 기능직 208명(Group4)을 대상으로 '97년에 실험을 실시하였으며, Group4의 경우 '95년에 실시한 실험 자료와 비교하게 된다. 피실험자는 모두 남성이며, 이들에 대한 조사결과는 Table 1에 잘 나타나 있다.

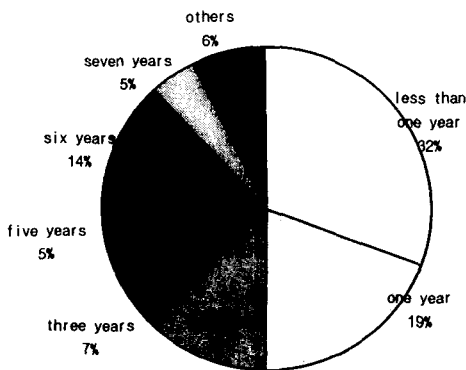


Fig. 1 Injury rate by duty years

Table 1 Analysis Data of each Group

	Group1	Group2	Group3	Group4	
	'97 years			'95	'97
Max Back Power(kgf)	95.8	111.5	85.82	128.18	94.55
Average Height(cm)	172.9	172.8	172.44	171.23	
Average Weight(kg)	64.2	65.1	69.77	64.77	
Average age(years)	18.8	23	32.32	28.73	
Total Personnel	388	126	113	208	

3.2 실험 장비

본 실험은 요배 근력을 측정할 수 있는 장비로 BACK-D라는 것을 사용하여 측정하였다. 이것의 범위는 20~30kgf까지, 측정 정확도는 ±3kgf in 150kgf로 측정이 가능하며, 휴대용으로 어느 장소에서든지 측정할 수 있다.

3.3 실험 방법

BACK-D에 두 발을 올려놓고, 자연스럽게 손잡이를 잡고 있는 상태에서 Fig. 2와 같이 허리를 30° 굽힌 상태에서 chain을 신장에 따라서 조절한다. 그리고 나서 무릎을 굽히지 않은 상태로 몸을 곧게 펴면서 위로 손잡이를 잡아 당기면 된다.

이런 과정으로 Group1, Group2, 생산 공정에서는 Group3와 Group4를 중심으로 실시한다.



Fig. 2 Experimental Design for Measuring Posture of Back Power

4. 실험 결과

설문지 및 질문법을 이용하여 조사한 여러가지 조사항목을 정리하여 통계 처리한 것이 Table 1에

나타나 있다. 요배 근력의 경우, Group2가 가장 큰 것으로 나타났으며 Group3가 가장 낮은 것으로 나타났다. 신장과 체중에 있어서는 네 Group이 거의 유사하게 나타났다.

또한, 네 Group을 합해 자료의 정밀도를 높여 일본인과 요배근력을 비교해 본 결과, 일본인의 경우 143.09kgf, 국내의 평균 최대 요배근력 100.56kgf로써 일본인에 비해 월등이 낮은 것으로 나타났다. 이들을 연령별로 구분하여 본 결과는 Fig. 3과 같다.

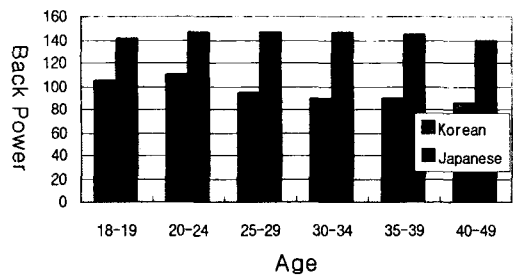


Fig. 3 Comparison of Korean between Japanese by age

설문 조사 및 질문 조사 결과 과거 요통을 경험한 사람이 그렇지 않은 사람보다 요배 근력이 작은 것으로 추정하고 비교해 본 결과 Group1과 Group2의 경우에는 요통을 경험한 사람들이 근력이 더 높은 것으로 나타났으며, Group3와 Group4의 경우에는 낮은 것으로 나타났다. 후자에 대해 검정한 결과 Group3의 경우 $\alpha=5\%$ 에서 $|t_0|=1.93 < t(111, 0.025)=1.98$ 이므로 유의한 차이가 없지만, Group4의 경우 $\alpha=5\%$ 에서 $|z_0|=14.2 > z_{0.25}=1.96$ 이므로 유의한 차이가 있다. 즉, Group4에서는 요통을 경험한 사람들이 요배근력이 떨어지는 것으로 나타났다. 이에 대한 결과는 아래 Table 2와 같다.

Table 2 Compare with Back Power by each Group on the Existence of Back Pain

	Group1	Group2	Group3	Group4
Yes	97.51(91)	117.05(20)	81.19(21)	87.68(37)
No	95.34(297)	110.51(106)	86.76(92)	96.02(171)
Total Personnel	388	126	113	208

그리고 생산 공정 중 Group3와 Group4 간에 근력에 차이가 있을 것으로 예측하고 이들간의 비교

분석을 해 본 결과 Group4의 경우 근무 연수는 평균 3.9년, Group3의 경우에는 5.5년으로 나타났으며 평균에 대한 차이는 없는 것으로 나타났다.

Fig. 4는 이들을 근무연수에 따라 비교해 본 결과로써, Group4 중에서 95년 평균 요배근력과 97년 요배근력의 차이는 95년은 128.18kgf, 97년은 94.55kgf로 95년도에 비해 73.76%밖에 되지 않는 것으로 나타났다. 95년도 Group4에 비해 Group3의 요배근력은 85.82kgf로 66.95%에 해당되는 것으로 나타났다.

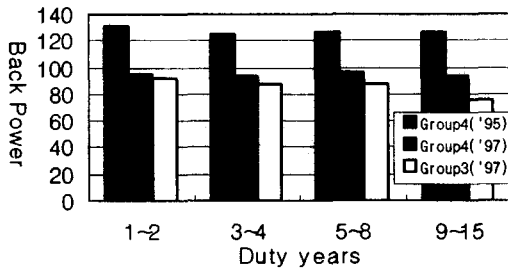


Fig. 4 Comparison of Group3 between Group4 by duty years

NIOSH lifting guide, 요추부하를 생산 공정에 적용해 보고, H, V, D를 중심으로 개선해 본 결과 아래 Table 3을 얻었다.

Table 3 Improvement Case

Weight	Process	Work Condition		Compression force	
		before imp.	after imp.	before imp.	after imp.
12.5kg	P1	H=57	H=40	5301N	3720N
		V=77	V=90		
		D=20	D=30		
13kg	P2	H=50	H=40	4700N	3760N
		V=120	V=95		
		D=30	D=20		

건강관리에 대한 설문 조사에서 “아침운동을 하십니까?”라는 질문에 87%가 하지 않는다고 응답했고, 운동을 하는 사람들도 평균 16분 정도 운동하는 것으로 나타났다. 출퇴근 수단은 자가용이 60%, 통근 버스가 33%로 나타났다. “매일 운동을 하십니까?”라는 질문에 46%가 “안하는 편이다”라고 답했으며, 18%가 “보통이다”라고 답했다.

본 설문지의 분석 결과 대부분의 근로자들은 운동을 하지 않고 있으며, 한다고 해도 시간이 너무

짧다. 이로 인해서 여러가지 재해, 질병이 발생할 가능성 있는 것으로 보여진다.

5. 결 론

지금까지의 결과를 정리해 보면, 관리직 근로자들이 기능직 보다 요배근력이 떨어지는 원인은 장시간 앉아서 작업하는 것이라 할 수 있다. 또한, 우리나라 사람들의 요배근력이 일본인의 70.3%밖에 되지 않는 것으로 평가되었으며, 과거 요통에 대한 경험과 요배근력과의 분석에는 아무런 관계가 없는 것으로 나타났다. 이는 요통에 대한 의료 진단의 필요성을 말해주고 있는 것이다.

같은 공정에서 2년전 요배근력에 비해 약 26.24%나 떨어진 것으로 나타났다. 이것은 동일 공정에서 몇년 동안 작업을 함으로써 같은 근육에 반복적으로 스트레스를 받게 되는데 이런 근육의 스트레스를 운동으로 해결해야 하는데 건강관리 설문지 결과에서 나타났듯이 운동을 안하는 편에 속하기 때문에 문제되는 것이다.

차후 연구 과제으로써 근로자들을 적절한 Training이나 Stretching을 했을 경우에 요배근력에 미치는 영향을 평가하는 것, 한국인 신체 조건에 맞는 NIOSH와 같은 기준을 만드는 것 등이 필요하다.

참 고 문 헌

- 1) 김윤철, 이관석, 박범, NIOSH 지침서의 한국적 적용 가능성 연구, 대한인간공학회 논문집, pp. 88~99, 1993.
- 2) 김철홍, '96춘계학술대회 특별강좌 강의록 : 기업과 인간공학, 대한인간공학회, pp. 21~24, 1996.
- 3) 양성환, 이동하, 나승훈, 요통재해예방을 위한 작업공정 개선, 대한인간공학회 논문집, pp. 119~124, 1996.
- 4) Amit Bhattacharya, Occupational Ergonomics : Theory and Applications, Marel Dekker, Inc. pp. 82~113, 329~350, 1996.
- 5) Don B. Chaffin, Occupational Biomechanics, John Wiley & Sons, Inc., pp. 215~239, 302~334, 1991.

- 6) Kelsey JL, White AA 3d, Epidemiology and impact of low-back pain, Spine Mar-Apr, Vol. 5, No. 2, pp. 133~142, 1980.
- 7) Lacroix JM, Powell J, Lloyd GJ, Doxey NC, Mitson GL, Aldam CF., Low-back pain. Factors of value in predicting outcome. Spine Jun; Vol. 15, No. 6, pp. 495~499, 1990.
- 8) Rolf Wirhed, 움직임 때 변화하는 동작, 해부학, 형설출판사, pp. 119~131, 1994.
- 9) Skovron ML, Szpalski M, Nordin M, Melot C, Cukier D., Sociocultural factors and back pain. A population-based study in Belgian adults. Spine Jan 15; 19(2), pp. 129~137, 1994.
- 10) Spengler DM, Bigos SJ, Martin NA, Zeh J, Fisher L, Nachemson A., Back injuries in industry : a retrospective study. I. Overview and cost analysis. Spine Apr; 11(3), pp. 241~256, 1986.
- 11) T.M. Khalil, S.S. Asfour, Ergonomics Contributions to the Rehabilitation of Low Back Pain, Ergonomics International 85, pp. 466~468, 1985.
- 12) Thomas R. Waters, Vern Putz-Anderson, Arun Garg, Applications Manual for the Revised NIOSH Lifting Equation, U.S. Department of Health and Human Services, pp. 1~47, 1994.