

☒ 응용논문

허리굽힘 각도에 따른 요배근력특성에 관한 연구
-A study on back power for lumbar bending
angle-

김 종 인*

Kim, Jong In

양 성 환**

Yang, Sung Hwan

박 범**

Park, Peom

ABSTRACT

Most of carrying works have been performed in almost all production process, conveyer 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. This study investigated the back power for what difference between lumbar bending angle and back power by selecting 21 male aged 22~30 years old. Lumbar angle were shared each 30, 60, 90 degrees and measured. The results of this study was that as lumbar angle was increasing, back power was decreased and were very significant differences for angles respectively. Besides, sample correlation coefficients were calculated in order to analyze the relationship between back power, anthropometric dimensions and grip strength. Back power was correlated with weight, arm length, hand length, breadth of palm, breadth of lower arm, breadth of wrist and left-right grip strength.

1. 서론

요통재해는 성별, 인종, 연령, 교육수준, 및 직종을 불문하고 흔하게 경험하는 재해중의 하나로 산업사회에서는 70~80%의 근로자들이 그들의 작업뿐만 아니라 일상생활을 통하여 경험하고 있고, 전체인구 가운데 10~15%정도의 요통환자가 새로이 발생하는 것으로 추정하고 있다[8,16].

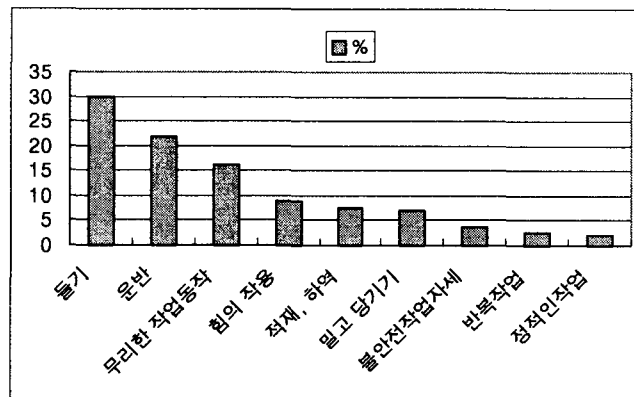
특히, 미국에서는 두통 다음으로 많은 사람이 요통으로 인하여 병원을 방문하고 있고, 이러한 요통은 개인적인 단순한 기능상의 문제로 끝나는 것이 아니라 경제적인 측면에서도 막대한 손실을 발생시킨다. 1년동안 어떤 원인으로 인해 허리를 손상한 경우가 작업인구의 11%이며, 요통중 lifting에 의한 것이 약 50%를 차지한다[17].

상해에 대한 다량의 정보에도 불구하고 요통의 재해의 정확한 비용산정은 여전히 심사숙고

* 한국 원자력연구소

** 아주대학교 기계 및 산업공학부

해야 할 문제로 남아있다. 특히 척추질환은 다른 신체부위보다 재해비율이 높으며, 요통 재해는 제조산업에서 가장 빈도높은 상해로 알려졌다. 1996년 NIOSH(National Institute for Occupational Safety and Health)보고자료를 보면 매년 요통의 재해로 인한 비용은 70조에서 140조에 달하고 있다고 밝혔다[14]. NSC(National Safety Council)에 따르면 1972년과 1994년사이에 모든 상해의 매년 직접비가 무려 4배나 증가한 169조였다고 보고했다[14]. MMH(Manual Materials Handling:인력물자취급)로 인한 재해중에서 특히 lifting에 의한 재해가 가장 많이 발생하는 것으로 나타났는데, 1996년도 노동부 자료의 재해 현황은 <그림1>과 같다.



<그림1> MMH 재해현황

본 연구는 국내의 요배근력에 관한 연구논문 중에서는 미흡했던 허리굽힘 각도에 따라서 요배근력에 어떤 차이가 있는지를 통계적으로 분석했고, 또한 특히 외국의 여러 논문들에서 미흡했던 요배근력이 악력이나 인체측정치수(Anthropometry)와 어떤 상관관계가 있는지를 밝혔다. Snook & Ciriello(1991)와 Kermit의(1997)의 논문에서는 psychophysical approach method로 접근하여 MAWL(Maximum Acceptable Weight of Limit)값을 정하는데 lifting distance의 중요성을 언급했었고[13], 본 논문과 유사한 논문으로 Kumar (1995)가 쓴 Development of predictive equations for lifting strengths[12]에서는 인양거리에 따른 요배근력의 최대값과 최소값을 구하여 회귀분석을 적용했지만, 인체측정치수와 의 상관관계에 대한 언급은 없다.

이러한 여러 논문들을 참고로하여 본 연구에서는 특히 허리를 굽히는 각도에 따라서 요배근력에 어떠한 영향을 미치는지를 밝혀서 이를 직접 현장 작업자들의 작업방법개선에 적용하거나 또는 요통을 고려한 설비나 기계, 기구의 디자인, lay-out에 적용할 수 있을 것이다. 요배근력과 악력, 인체치수와의 상관관계를 구하여 인체에 적합한 수공구를 설계하거나 특히 인체치수와의 상관관계 자료를 토대로 작업자를 그사람의 신체특성에 맞는 작업장에 배치하여 작업효과를 한층더 높일 수 있는 가시적 효과가 있다고 본다.

2. 이론적 배경

본 연구는 인력물자취급(MMH:Manual Material Handling)으로 인한 요통 문제의 해결을 위한 4가지 접근방법 즉, 역학적 방법(Epidemiological Approach), 생체역학적 방법

(Biomechanical Approach), 생리학적 방법(Physiological Approach), 정신물리학적 방법(Psychophysical Approach)중에서 생체역학적 방법으로 접근하였다. 생체역학적 접근방법은 주어진 작업조건하에서 들어올릴 수 있는 안전중량을 결정하기 위한 기준으로서 척추에 가해지는 압축력과 같은 신체내의 힘의 부하를 사용한다. 생체역학적 방법은 크게 두가지 측정치를 기준으로 하는데, 첫째는 본 연구에서 적용한 lifting을 실시하는 순간 L5/S1disc에 발생하는 요추부하(Compressive Force)를 측정하는 것이고, 두번째는 운반작업시 허리에 하중이 걸리면 횡격막 아래의 복부 내부에서 발생하는 복부압력(Abdominal Pressure)을 측정하는 방법이다[14].

3. 실험방법

3.1 피실험자

피실험자는 21명의 남자 대학생 및 대학원생을 대상으로 하였는데, 12명은 과거에 요통경험이 없는 현재 모두 신체건강한 사람들이고, 9명은 과거에 요통 경험이 있었지만 완치된 상태에서 최근 2.54년동안 요통경험이 없는 현재 신체건강한 사람들이다. 과거 요통 유경험자를 선택한 이유는 과연 무경험자들과 요배근력에 어떤 차이가 있는지를 통계적으로 비교, 분석하는데 있다.

3.2 실험장비

인체측정은 Martin식 인체측정set을 이용하였고, 악력은 JAMAR사의 Hand Dynamometer를 이용하였다. 요배근력은 Lafayette사의 Jackson Evaluation System (Model 32528)을 사용하였는데, 이 system은 전자 로드셀을 사용하여 컨트롤러에서 테스트 기간중의 최고치와 평균치를 구할 수 있고, 측정범위는 0~450kg까지 가능하다. 신체의 각도는 Penny+Giles의 Goniometer를 이용하여 측정하였는데, 이것은 Analogue output(nominal)이 -180도~180도이고, 정확도는 측정오차 1%이다.

3.3 실험절차 및 방법

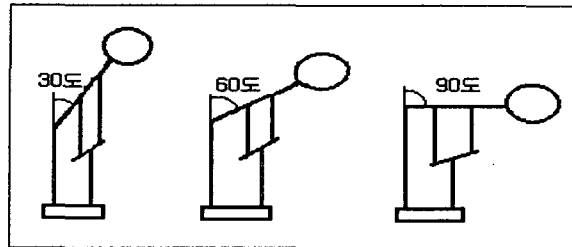
피실험자들의 나이, 몸무게, 신장과 기존의 데이터를 참고로 본 실험과 밀접한 관련이 있으리라 예측된 왼손과 오른손의 손바닥 둘레 길이, 손길이, 팔길이, 가슴둘레, 윗팔과 아랫팔 둘레길이 등 총 15 item을 측정하였다. 상체길이는 어깨높이 까지만 측정하였다. 측정방법은 Lafayette사의 Jackson Evaluation System (Model 32528)의 manual을 참고로 하였다. 요배근력 측정 방법은 다음과 같은 절차에 의해 실시한다.

첫째, 우선 subject에게 기술적인 교육을 주입하고 실험에 들어가기전 반드시 warming up을 실시하여 갑작스런 사고를 방지한다.

둘째, 요배근력기에 올라서면 자연스럽게 다리를 벌리고 다리를 곧게 편 자세에서 허리를 굽히고 시선은 다리쪽으로 향한후 손바닥으로 손잡이를 잡는다.

셋째, 이 자세로부터 팔을 완전히 편 상태에서 허리 펴는 힘을 이용하여 요배근력을 측정한다. 준비시간은 1초, test time은 3초로 하였다. 이는 측정기준 3~6초중 최소시간을 선택한 값이다. 주의할 사항은 몸을 흔들거나 비튼다든지, 팔힘 또는 다리힘으로 들지 말고 허리힘을 최대한으로 이용해야 하며, 몸을 뒤로 젖히거나 등을 기대면 안된다.

기존의 연구들이 허리각도를 30도를 기준으로[5,6,9] 설정한 것과는 달리 이번 실험은 허리각도를 각각 30, 60, 90도로 나누어 각도별 요배근력의 차이를 비교, 분석하고자 하였다. 각도별로 개인별 2회씩 실시하여 이중 maximum값을 선택하였고, 1회 측정이 끝날때마다 5분이상의 휴식을 취하였다. 악력은 피실험자수가 비교적 많았던 기존 논문을 참고로 하여 악력이 가장 큰 자세인 선 자세 팔꿈치 각도 180도에서 측정하였다[4]. 각도별 요배근력 측정자세는 <그림2>와 같다.



〈그림2〉 각도별 요배근력 측정 자세

4. 실험결과 및 분석

4.1 인체측정값

근력을 측정하기전에 개개인에 대한 15부위의 인체치수를 측정하였는데, 측정부위별 15개 변수는 〈표1〉과 같고, 평균, 표준편차, 5percentiles-50percentiles-95percentiles 범위는 〈표2〉와 같다.

〈표1〉 인체측정변수

변 수 명	변 수	변 수 명	변 수
나이	X1	팔길이	X9
몸무게	X2	가슴둘레	X10
신장	X3	윗팔둘레	X11
상체길이	X4	아랫팔둘레	X12
손목둘레	X5	어깨길이	X13
손바닥둘레(왼)	X6	허리둘레	X14
손바닥둘레(오)	X7	하체길이	X15
손길이	X8		

〈표2〉 인체측정결과

길이둘레단위:cm

구분	평균	표준편차	5%	50%	95%
X1	27.14	1.96	23.00	28.00	29.00
X2	69.29	7.27	58.00	71.00	78.00
X3	173.24	4.21	168.00	174.00	178.00
X4	60.28	2.28	56.7	60.10	63.40
X5	16.31	0.69	15.7	16.30	17.20
X6	20.10	0.96	18.60	20.50	21.80
X7	20.37	0.83	19.00	20.50	21.80
X8	18.06	0.80	17.10	17.80	19.20
X9	54.88	1.70	52.40	54.70	57.80
X10	95.33	5.44	87.50	95.00	102.00
X11	27.12	2.17	24.20	26.60	30.90
X12	26.87	1.68	25.10	27.00	29.20
X13	41.26	2.56	37.70	41.50	44.50
X14	77.46	4.42	71.10	78.00	83.80
X15	99.37	4.18	93.20	100.00	104.50

4.2 요배근력 및 악력크기

허리굽힘 각도별 요배근력 및 왼손과 오른손의 악력에 대한 변수는 <표3>과 같고, 요배근력 및 악력의 평균, 표준편차, 5percentiles-50percentiles-95percentiles 범위의 측정결과는 <표4>와 같다.

<표4> 자세별 요배근력 및 악력크기결과 단위:kg

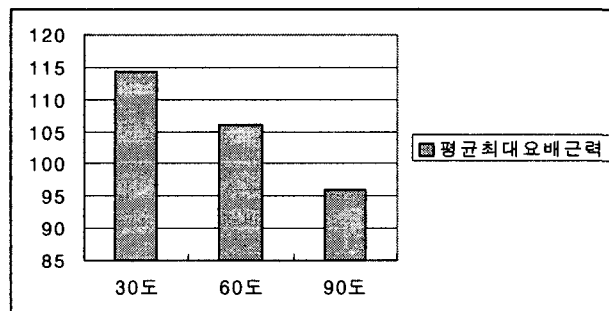
구분	평균	표준편차	5%	50%	95%
X16	114.37	31.31	95.25	110.22	135.62
X17	106.09	27.94	83.46	108.86	124.28
X18	95.93	27.04	78.02	94.80	112.49
X19	46.78	16.67	37.19	45.36	59.42
X20	50.41	16.92	39.01	50.35	64.86

4.3 분석결과

<표4>에서 보면 허리굽힘 각도가 커질수록 요배근력이 감소하며, 측정결과 개인별로 편차가 매우 큰것으로 나타났다. 특히 허리굽힘 각도가 30도일때와 90도일때의 차이가 거의 평균 20kg으로써 허리를 많이 굽힐수록 힘을 발휘할 수 있는 능력이 감소되는 것으로 나타났다. 기존연구에서 다뤘던 허리각도 30도일 경우만 고려했을 경우 본 연구의 평균 최대 요배근력이 114.37kg으로써 양성환외(1997) 결과치에서의 요배근력값인 100.56kg보다는 약간 높았지만, 일본의 경우 143.09kg으로써, 일본인 보다는 훨씬 낮은 것으로 나왔다(5). 허리각도에 따라서 요배 근력에 차이가 있는지의 여부를 알아보기 위해 신뢰수준 95%에서 ANOVA를 실시한 결과는 <표5>,<그림3>과 같다.

<표5> 자세별 요배근력 ANOVA 단위:kg

FACTOR	SS	DF	MS	F 비	P-value	F 기각치
허리각도	3585.319	2	1792.66	10.48806	0.000124	3.150411
잔차	10255.43	60	170.9239			
합	13840.75	62				



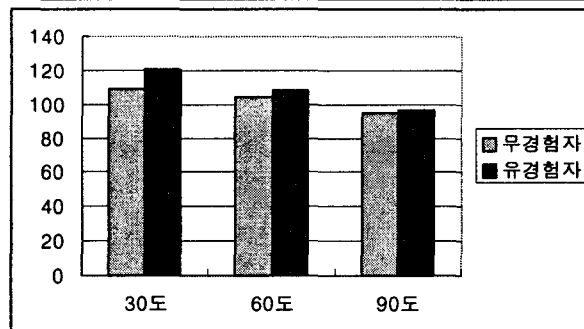
<그림 3> 각도별 평균 최대요배근력

분산분석을 실시한 결과 허리굽힘각도에 따라 각 자세간에 상당히 유의한 차가 있는 것으로 나타났다(P=0.0001). 또한 과거 요통에대한 무경험자와 유경험자간의 요배근력 차이가 있는지를 분석하기위해 유의수준5%에서 유의차를 검정하였다. 분석결과는 <표6>,<그림4>과 같다. 분석결과 오히려 요통 유경험자가 무경험자보다 요배근력이 크게 나타났고, 각도별 두 집단간 유의한 차가 없어 과거 요통경험과는 전혀 무관한 것으로 나타났는데, 이는 양성환외(1997)

의 group1과 group2의 결과치와 같은 결과를 보였다(6).

〈표6〉 요통경험 유무에 따른 요배근력 차이분석 단위:kg

구 분		30도	60도	90도
평균값	무경험자	109.43	104.52	95.14
	유경험자	120.96	108.21	96.97
t0 값		-1.97	-0.65	-0.33
$t(19, 0.05) = 1.73$				



〈그림4〉요통경험 따른 요배근력의 차이비교

4.4 상관관계 분석

인체치수와 요배근력 및 왼손, 오른손의 악력과의 상관관계 분석결과는 〈표7〉과 같다. 분석 결과 몸무게, 손목둘레, 왼손과 오른손의 손바닥둘레, 손길이, 팔길이, 아랫팔둘레 길이등이 상관관계가 높은 것으로 나타났고, 악력과의 상관관계가 있는 것으로 나타나 허리굽힘각도에 관계없이 요배근력이 큰 사람은 악력 또한 높은 것으로 나타났다. 이는 김진호의 2명이 77명의 남성을 대상으로 연구한(1990) 결과와 일치함을 보였다[2]. 인체측정치와의 관계에 있어서 손목둘레, 왼손과 오른손의 손바닥둘레, 손길이, 아랫팔둘레는 요배근력 및 악력 모두 상관관계가 있는데 몸무게와 팔길이는 요배근력에만 신장은 악력에만 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 나이, 상체길이, 가슴둘레, 윗팔둘레, 어깨넓이, 허리둘레, 하체길이는 요배근력과 상관관계가 비교적 낮은 것으로 나타났다.

〈표7〉 인체치수와 요배근력 및 악력과의 상관관계

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14	x15	x16	x17	x18	x19	x20
x16	0.05	0.56	0.49	0.31	0.67	0.67	0.65	0.39	0.56	0.21	0.37	0.54	0.48	0.37	0.37	1.00				
x17	0.25	0.40	0.40	0.30	0.58	0.65	0.62	0.41	0.52	0.07	0.22	0.40	0.40	0.18	0.32	0.82	1.00			
x18	0.08	0.45	0.44	0.13	0.54	0.50	0.46	0.53	0.50	0.11	0.17	0.28	0.43	0.19	0.47	0.73	0.85	1.00		
x19	0.37	0.39	0.50	0.33	0.38	0.49	0.48	0.62	0.23	0.18	0.17	0.33	0.03	0.16	0.49	0.56	0.63	0.61	1.00	
x20	0.18	0.47	0.35	0.11	0.58	0.52	0.63	0.59	0.25	0.22	0.34	0.54	0.14	0.25	0.30	0.61	0.61	0.54	0.87	1.00

5. 결론 및 토의

본 연구는 성인 남자를 대상으로 허리굽힘 각도에 따라 요배근력에 어떤 차이가 있는지를 측정하여 요배근력이 가장 큰 허리 각도를 결정하였고, 악력 및 인체측정 치수와의 상관관계를 분석하였다. 분석결과 허리의 굽힘각도가 클수록 요배근력이 점차 감소하며, 각 자세간 상당히 유의한 차를 보였다. 요배근력이 큰 사람은 악력 또한 큰 것으로 나타났는데, 이는 김진호의 2명이 77명의 남성을 대상으로 연구한(1990) 결과와 일치함을 보였다(2).

요배근력과 인체치수와의 상관관계 있어서는 몸무게, 손목둘레, 왼손과 오른손의 손바닥둘레, 손길이, 팔길이, 아랫팔둘레 길이등이 상관관계가 높은 것으로 나타났고, 나이, 상체길이, 가슴둘레, 윗팔둘레, 어깨넓이, 허리둘레, 하체길이와는 상관관계가 낮은 것으로 나타났다. 이 중에서 예상과는 달리 어깨넓이, 가슴둘레가 상관관계가 낮은 것으로 나타났다. 김진호의 2명(1990)의 연구에서는 등힘과의 상관관계에서 윗팔둘레, 아랫팔둘레, 주먹둘레, 손 가운데두께, 가슴둘레, 몸무게와 상관관계가 있는 것으로 나왔는데, 이 논문에서는 상관계수를 0.37까지를 포함 시켰으므로 분석 기준을 고려해야 할 것이다.

요통경험자와의 비교에 있어서는 유의한 차가 없는 것으로 나와 요통경험 유무와 요배근력과는 무관한 것으로 나타났다.

악력 측정은 Balogun 등(1991)이 61명의 대학생을 대상으로 실험한 것과 이동춘등(1997)의 연구결과 선자세 180도에서 악력이 가장 큰 것을 참고로 하여 본 연구에서는 선자세 180도에서 악력을 측정하였다(3). 본 연구에서의 악력은 요배근력과의 상관관계를 분석하는데 사용하였다.

본 연구를 통해서 서론에서 제기한바와 같이 산업현장의 요통재해를 방지하기 위한 제품설계, 작업장설계 및 작업대를 설치하거나 작업방법을 개선하는데 인간특성을 고려한 자료로 활용할 가치가 있다. 또한 인체치수와 악력과의 상관관계 분석을 통해 사용자의 신체특성을 고려한 수공구를 설계할 수 있고, 요배근력과의 상관관계 자료를 이용하여 작업자를 적재적소에 배치하여 요통으로 인한 재해를 방지할 수 있는 효과가 있다고 본다.

6. 향후 연구과제

먼저 실시하고자 하는 실험은 lifting distance가 요배근력에 미치는 영향을 참고로(12) 거리에 따라 요배근력이 어떠한 변화를 보이는 지를 측정하고자 한다. 허리를 60도, 90도로 구분된 상태, 무릎을 90도로 조그린 상태에서 수평거리를 3단계로 나누어서 요배근력을 각각 측정하여(13) 기존논문과 비교 평가할 것이며, 추가로 이 수치와 인체측정치수와의 상관관계를 구하고자 한다.

그 다음 과제는 본 연구를 참고로 운반작업으로 인한 직업성 요통을 방지하기 위한 방법으로 1991년에 개정된 NIOSH Lifting Guideline을 적용함과 동시에 작업자세를 평가하기 위한 분석 방법으로써 OWAS (Ovako Working Posture Analyzing System)와 RULA (Rapid Upper Limb Assessment) tool을 사용하여 작업자세를 평가, 분석하고자 한다.

참 고 문 헌

- [1] 김대성, 김종인, 양성환, 박 범, "쪼그려 앉은 자세에서의 최대 악력에 관한 연구", 대한 인간공학회 추계학술대회 논문집, 1997.11
- [2] 김진호, 박세진, 김철중, "한국청년의 근력특성에 관한 연구", 대한인간공학회지, pp. 37-45, 1990
- [3] 이동춘, 장규표, "한국성인의 악력특성 분석에 관한 연구", 대한인간공학회지, Vol.16, 1997
- [4] 양성환, 이동하, 나승훈, "요통재해 예방을 위한 작업공정개선", 대한인간공학회 논문집, 1996
- [5] 양성환, 김대성, 박 범, "요배근력 측정 및 L5/S1 요추부하 평가에 관한 연구", 산업안전학회지, 1997.9
- [6] 양성환, 갈원모, 박 범, "악력의 인간공학적 평가를 위한 접근 방법", 산업안전학회지, Vol.12 No.4, pp211, 1997.12.
- [7] 양성환, "근전도를 이용한 L5/S1에서의 요추부하 평가에 관한 연구", 한국공업경영학회지, Vol.20, No.44, 1997
- [8] 한국산업안전공단, "직업성요통 예방대책", 1998.7
- [9] Bhattacharya, A., James D.M., "Occupational Ergonomics", 1995
- [10] Cushman, W.H & Rosenberg, D.J., "Human factors in Product Design", advances in Human Factors/Ergonomics Series Vol.14.Elsevier, 1991
- [11] Gurram,R., Gouw,G.J., Rakheja,S., "Grip pressure distribution under static and dynamic loading", Experimental Mechanics, pp. 169-173, 1993
- [12] Kumar, S., "Development of predictive equations for lifting strengths", Applied Ergonomics, 1995
- [13] Kermit G., Davis, Bryan C. K., Laura L. G., Yang, Jaewan.,William S.M., "Influence of lift moment in determining MAWL" ,Ohio state University, Colombus, Ohio Human Factors, 1997
- [14] Mital,A., Nicholson, A. S., Ayoub, M.M., "Manual Material handling", 1997
- [15] Marley, R.J., Debree, T.S., and Wehrman, R., "Effect of wrist, forearm and elbow posture on maximum grip strength", Proceeding of the 2nd Industrial Engineering Research Conference, Los Angeles, 1993
- [16] Tark M.K., Elsayed M.A., Renee S.R., Hubert L. R., "Ergonomics in Back Pain", 1990
- [17] Humantech, "Applied Ergonomics Training Manual", 1995