

중량물 인양작업에 있어서의 요추부하 평가에 관한 연구

A study on compression force at L5/S1 in MMH

-수평거리에 따른 척추기립근의 근전도 변화-

-Erector Spinae Muscle Electromyography about Lifting Distance-

최정화

양성환

박 범

Abstract

MMH(Manual Material Handling)와 관련되어 최근 요통질환으로 인한 요양신청이 크게 증가하는 추세에 있다. 본 연구에서는 Lifting 작업시 적용되는 중요 요소들 중 수평거리가 변함에 따른 IEMG 값을 이용하여 EMG 변화를 살펴보았다.

좌·우 EMG 값간에는 유의한 차이가 없었으며, 수평거리 35cm와 55cm간에는 유의한 차이를 보였다. 이는 수평거리가 길어질 경우 척추기립근의 동원량이 증가한다는 것을 의미한다. 따라서 요추부의 부담도를 줄이기 위해 수평거리를 줄이는 것이 요통 예방을 위해 무엇보다 중요한 것이라 하겠다. 인체측정치와 EMG 값 사이의 상관관계에서는 35cm일 때 키, 가슴둘레, 허리둘레 등이, 55cm일 때 체중, 몸통너비, 허리두께, 손바닥폭 등이 상관관계가 있는 것으로 나타나고 있다.

1. 서론

여러 공공기관(BLS: Bureau of Labor Statistics, NSC: National Safety Council)의 최근자료를 보면 대부분의 상해는 제조환경에서 발생하고 있고, 건설업에서의 상해 또한 그와 동일하거나 그 이상을 차지한다고 지적했다. 대부분의 작업환경은 어떠한 형태의 물자취급을 요한다. 공간의 제한성, 다양한 활동의 특성, 자동화 설비를 위한 막대한 투자부담은 인력물자취급을 선호하는 원인이 된다. 이러한 활동을 수행하는 각 개인의 능력은 빈도가 많거나 적거나 그 한계가 초과할 경우, 심각한 상해를 초래하게 된다[2]. 또한 공업화의 진전에 따른 산업 안전 보건 시설과 산업재해 방지대책에 대한 연구가

미비하여 안전사고와 직업병의 발생이 증가하고 있으며, 이로 인한 경제적 손실 역시 매우 크게 증가하고 있다. 특히 중공업, 건축업, 금속업, 제조업 등의 분야에 종사하는 현장 작업자의 경우, 동력 기구의 도움 없이 작업자가 자신의 근력을 이용하여 중량물을 대상으로 들어올리기, 내리기, 밀기, 당기기, 운반하기 등의 작업을 수행하는 인력운반(Manual Materials Handling, MMH)작업에서 신체적 충격에 계속적으로 노출되어 신체장애를 경험하는 사례가 많다. 이러한 인력운반작업에서 발생하는 가장 많은 재해로 요통질환을 들 수 있는데, 특히 최근에 들어 산업장에서 요통질환으로 인한 요양신청은 크게 증가하고 있는 추세이다[4].

요통재해는 인간이 직업보행을 하면서 발생하기 시작한 증상 중에 하나라고 할 수 있다. 누구나 일생동안 1-2번 허리문제로 고생을 하게 되지만 지속적으로 무리한 동작을 하지 않으면 예방을 할 수 있다. 작업자의 작업을 하면서 발생하는 경우가 많고 지속적인 자극이나 동작에 의해 계속 악화되어 쉽게 회복되지 않고 결국에는 수술이나 요양 등에 의한 치료에 의존하게 된다.

요통은 상대적으로 가벼운 일보다 힘든 일을 하는 사람이 자주 발생하지만 사무직에서도 비활동적인 사람은 요통이 발생한다. 후자는 자세불량과 운동량의 부족으로 척추와 복부를 지지하는 근육의 약화로 발생하는데 75%가 근력과 관련되어 요통이 발생한다. 이러한 문제로 최근에는 결근율을 높이는 것으로 밝혀졌고 노령층에서부터 젊은 층까지 확대되고 있다.

대부분 요통은 근육골격계 병변의 역학적 요인(mechanical factor)에 의하여 발생하는데 외상, 염증이나 척추에 이상으로 발생한다. 부적절한 작업자세와 무거운 물건을 들어올릴 때 척추에 과격한 힘이 가해지게 되면 요추를 지지하는 근육, 인대, 건 등의 지지조직에 기능적 이상이 발생한다. 질병, 노인성 변화, 영양상태 등에 의해 지지력이 약해지거나 어떤 강력한 충격으로도 발생할 수 있다.

요통에 대한 연구는 이미 선진국에서는 20~30년전부터 지금까지 활발히 진행되고 있음에도 불구하고 아직도 한국에서는 주로 외국에서 제공되는 자료를 토대로 국내에 적용시키고 있는 상황이므로 한국인에 맞는 체계적이고도 과학적인 자료들이 아주 미흡한 실정이다. 요통이 제조산업에서 가장 높은 상해빈도를 차지하고 있고, 그 숫자가 날이 갈수록 지속적으로 증가하고 있음은 이미 알려진 사실이다.

Lifting이나 Lowering 활동은 요리, 세탁, 창고와 이사, 선적, 소화, 청소, 정돈 등 산업 전반에 걸쳐서 아주 흔히 발생하는 작업요소이다. 그러나 비록 제조에 있어서 물건의 무게가 대부분 바람직한 표준에 이르도록 설계된다 할지라도 취급하는 무게나 사람의 무게한계를 정하는 것은 불가능하다[5]. 외부하중의 변화에 따른 L5/S1에 걸리는 모멘트와 근전도 실험으로 얻어진 EMG 값과는 서로 선형관계에 있다[9]. Kumar and Garand(1992)는 stoop와 squat strengths의 유의한 편차는 lifting의 형태, 자세의 비대칭, lifting 도달거리에 기인한다고 밝혔는데 stoop, squat lifting 모두 수평거리, 대칭, 형태, 성별 모두 peak와 average strength에 대한 분산분석에 있어서 상당히 중요한 영향을 미치는 것으로 분석되었다[6].

본 연구에서는 Lifting 작업시 적용되는 여러 가지 중요한 요소들 중에서 특히 수평거

리(Horizontal distance)에 중점을 두고 이에 대한 연구의 초점을 맞추고자 하였다. EMG를 통해 근육의 활성화 정도를 알아봄으로써 작업자에게 미치는 근육의 긴장도를 알아보는 것을 목적으로 한다. 또한 EMG 값과 인체측정치, 악력과의 상관관계를 살펴 보고자 한다.

2. 실험

2.1 피실험자

본 연구에서는 21명의 신체 건강한 남자 대학생(20~26세)이 실험에 참여하였다. 이들 모두에게 실험에 대한 충분한 교육을 실시한 후에 실험을 진행하였다.

2.2 실험장비

EMG 값을 측정하기 위해서 MEGA Electronics Ltd.의 ME300 기종을 사용하였다. 이는 두 개의 독립된 Channel을 사용하며, 프로그램이 가능하며, 32 Kbytes RAM Memory를 차지하고 있으며, 최대 45시간을 기록할 수 있고, PC Interface, Software를 통해 분석할 수 있는 장비다. 허리를 숙였을때의 각도는 Penny+Giles의 Goniometer를 이용하여 측정하였다. 그리고 신체의 각 부위의 측정은 Martin식 인체측정기를 이용하였으며 악력은 JAMER사의 Hand Dynamometer를 이용하여 각 3회씩 측정하였다. Lifting Machine은 자동으로 높이를 맞출 수 있도록 자체 설계 제작하였다.

2.3 EMG를 이용한 요추부하 측정

인체가 발휘하는 근력은 중추신경계로부터 발생한 전기적인 자극이 신경을 통하여 각 운동단위로 전달되어 근섬유가 수축함으로써 발휘된다. 이때 근수축이 일어나고 있는 근육주위에는 아주 미세하지만 전위차가 생기는데 이 미세한 전위차를 증폭시켜 근 활동을 전기적인 활동으로 추정하여 기록해 내는 것이 근전도(EMG)이다. EMG는 근육에 전극을 부착하여 활동전위의 전위차를 검출하는 것인데 이것을 이용하여 인체가 발휘하는 힘을 분석할 수 있다.

표면전극을 붙이는 위치는 조사하고자하는 근육의 근위단에 active electrode(+)를 붙이고 원위단에는 ground electrode(-)를 붙이고, reference electrode는 이들 근육과 관계없는 부위에 붙인다.

EMG를 측정하는 순서는 EMG amplifier module을 amplifier console에 배치 연결시키고 전극을 측정부위에 부착한 다음 calibration시켜 측정한다.

EMG의 측정 방법은 정성적 분석법과 정량적 분석법이 있다. 정성적 분석법은 EMG 신호의 파형을 서로 비교하는 것이고, 정량적 분석법은 Amplitude 분석, Frequency 분석, IEMG 분석 등이 있다. 본 연구에서는 IEMG 분석을 이용하였는데,

IEMG(Integrated EMG) 분석은 rectified EMG 신호를 근수축 지속시간에 대하여 적분하여 발휘능력과 EMG amplitude와의 관계를 알아보며 IEMG의 증가상태를 분석함으로써 근피로의 진행에 따른 새로운 운동단위의 추가동원 시점을 알아보는데 이용된다.

EMG는 임상의학적인 진단과 상해를 예방하는데 이용될 뿐만 아니라 운동선수의 과학적인 훈련에도 이용될 수 있다[7].

3. 실험방법

Lifting Machine은 20~150cm의 범위에서 전동기에 부착된 버튼을 이용하여 자유롭게 높이를 조절할 수 있도록 자체 설계하였으며, 실험용 상자는 제조업체에서 통상적으로 사용되고 있는 플라스틱 상자이며, 규격은 41×24.5×11.5cm, 자체무게는 0.9kg이다. 자갈을 가방에 넣어 무게를 10kg으로 맞추었으며, 피실험자들에게는 무게에 대한 정보를 모르게 하였다. 이는 현 제조업체에서 대부분 사용하는 MMH 관련 대상물의 무게이다.

Martin식 인체측정기로 Lifting 작업과 관련이 있다고 생각되는 키, 체중, 몸통너비, 가슴둘레 등 10가지를 측정하였다. 악력의 경우는 먼저 들기 최종점에서의 몸통의 기울어진 각도를 측정하고, 그 자세에서의 악력을 좌·우 각각 3회씩을 측정하였다.

EMG 값은 Lifting Machine 위에 올려져 있는 10kg 상자를 수평거리(인체 중심선과 상자 무게중심 사이의 거리) 35cm, 55cm 각각에 대해 실험을 실시하였다. vertical distance는 들기 시작점 20cm에서 80cm까지 60cm로 고정하였다. 들기 빈도는 2회/분이며 수평거리 35cm에 대해 실험을 실시한 후, 일주일의 휴식시간을 가진 뒤 55cm에 대해 실험을 실시하였다. Lifting 자세는 stoop로서 무릎을 편 상태에서 허리만을 이용하여 들기를 실시하였다.

4. 분석 결과

피실험자에 대한 측정 결과는 <표 1>과 같다. 기존의 연구에서 악력 및 요배근력과 관련이 있다고 판명된 몸통너비, 가슴둘레, 아랫팔둘레, 손목둘레, 허리둘레, 허리둘레, 허리두께, 손길이, 손바닥 폭 등의 10가지와 나이, 키, 체중 등에 대해 측정을 실시하였다.

<표 1> 인체 측정 결과

	나이	키	체중	몸통너비	가슴둘레	아랫팔둘레	손목둘레	허리둘레	허리두께	손길이	손바닥 폭
평균	23.19	174.00	66.56	43.89	90.15	25.69	16.54	77.80	19.19	18.65	9.95
표준편차	1.887	4.551	8.750	3.606	6.596	1.767	1.196	7.329	2.324	1.212	1.383

4.1 악력에 대한 분석 결과

수평거리 35cm, 55cm에서의 몸통각도는 평균 15.31° 이었다. 따라서 몸통을 15° 앞으로 숙이고, 높이를 80cm로 고정하고 들기 자세만을 취한 뒤, 좌·우 각각에 대한 악력을 3회씩 측정하고 그중 최대치만을 데이터로 취하였다. 이에 대한 결과는 <표 2>와 같다. 악력 측정은 수평거리가 변할 때 EMG 값과 어떤 관계가 있는지를 알아보는 것을 목적으로 한다. 오른손과 왼손 간에는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

<표 2> 악력 측정 결과

	왼손	오른손
평균	46.14	48.18
분산	57.575	49.483
F 비	0.815	
P 값	0.372	
F 기각치(0.05)	4.085	

4.2 EMG 값에 대한 분석결과

Channel 1을 우측 척추 기립근, Channel 2를 좌측 척추 기립근에 부착하여 분당 2회의 빈도로 들기를 수행하였다. 1차와 2차간의 차이분석결과 $p=0.677>0.05$ 로 나타나 유의한 차이를 발견할 수 없었다. 따라서 1차에 대한 수평거리에 따른 좌·우측 EMG 값은 <표 3>과 같다.

<표 3> 수평거리에 따른 EMG 값

	좌		우	
	35cm	55cm	35cm	55cm
평균	575	797.09	580.57	847.62
분산	57750.1	77906.19	56891.76	105587.9
F 비	7.636		9.217	
P 값	0.0086		0.0042	

<표 3>의 결과에서도 볼 수 있듯이 좌측과 우측 모두에서 수평거리를 35cm, 55cm로 했을 경우 유의한 차이가 있음을 알 수 있다. 이는 실제 M 제조업체 작업자를 대상으로 EMG를 측정된 선행연구에서의 동일한 결과이다. 선행연구에서는 수평거리뿐만 아니라 무게에 대해서도 조합간 상관관계를 파악하였는데, 그 결과 무게가 무겁고, 수평거리가 길 때 중요한 의미를 갖는 것으로 나타났다[8]. 양성환 외(1998)의 심박수를 이용한 연구에서는 수평조건에 따라서는 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으나, 중량에

대해서는 별 차이가 없는 것을 보여주고 있다. 심박수는 수평거리가 길어질 때 증가하므로 생리적인 부담도를 줄이기 위해서는 수평거리를 줄이는 것이 무엇보다 중요한 것임을 나타낸다[10].

그러나 좌·우간에는 35cm일 때 $p=0.9403>0.05$, 55cm일 때 $p=0.5918>0.05$ 로 나타나 유의한 차이를 보이지 않고 있다.

4.3 상관관계

4.3.1 인체 측정치와 EMG 값 간의 상관관계

인체 측정치와 EMG 값과의 상관관계는 <표 4>에서 보는 바와 같다. 김종인 외의 연구에서는 인체측정치와 요배근력과의 상관관계를 다루었는데, 상관관계가 높은 것으로 몸무게, 손목둘레, 왼손과 오른손의 손바닥 둘레, 손길이, 팔길이, 아랫팔 둘레 등이 지적되었다[11]. 그러나 본 연구에서는 전반적으로 인체측정치와 EMG 값과의 상관관계가 낮게 나타났다. 상관계수 0.2이상을 비교적 상관관계가 있다고 가정했을 경우, 35cm일 때는 키, 가슴둘레, 허리둘레 등이 상관관계가 있다고 할 수 있고, 55cm일 때는 체중 몸통너비, 허리두께, 손바닥폭 등이 상관관계가 있는 것으로 나타나고 있다.

<표 4> 인체측정치와 EMG 값과의 상관관계

		나이	키	체중	몸통 너비	가슴 둘레	아랫팔 둘레	손목 둘레	허리 둘레	허리 두께	손길이	손바닥 폭
35cm	좌	0.1412	0.2677	0.0602	-0.0881	-0.2811	-0.0814	-0.0948	-0.1800	0.1380	-0.1059	0.0808
	우	0.1991	0.2903	0.0311	-0.1360	-0.2810	-0.1377	-0.1781	-0.2116	0.1860	-0.1964	0.0755
55cm	좌	0.0228	0.2140	0.2192	0.1667	-0.1226	0.0193	0.0640	0.0462	0.1901	-0.0663	0.2549
	우	0.0501	0.2190	0.2700	0.2593	-0.0175	0.1542	0.1332	0.1732	0.3787	-0.0144	0.4311

4.3.2 악력과 EMG 값 간의 상관관계

들기 자세를 취했을 때의 좌·우 악력과 수평거리 35cm, 55cm일 때의 EMG 값과의 상관분석 결과는 <표 5>와 같다. 표에서 볼 수 있듯이 악력과 EMG 값과의 상관관계가 낮은 것으로 나타났다.

<표 5> 악력과 EMG 값간의 상관관계

		악력		35cm		55cm	
		좌	우	좌	우	좌	우
악력	좌	1					
	우	0.7668	1				
35cm	좌	-0.0606	-0.0395	1			
	우	0.0152	0.0631	0.9272	1		
55cm	좌	-0.0056	0.0253	0.8082	0.7746	1	
	우	0.0898	0.0491	0.6950	0.7539	0.8668	1

5. 결론

본 연구에서는 MMH 상에서 가장 많은 재해로 파악되고 있는 요통재해에 대한 예방을 위해 중요관련 요인들 중 수평거리를 중심으로 다루었다. 수평거리가 변할 때 척추기립근에 걸리는 부하를 측정하기 위하여 근전도(EMG)를 이용하였다. 들기를 시작한 시점과 들기가 끝났을 시점 사이의, 즉 들기에 소요되는 시간동안에 걸리는 총부하를 대상으로 분석을 행하였다.

수평거리 35cm와 55cm에서 좌·우 EMG 값간에는 유의한 차이가 없었으며, 좌측 척추기립근의 35cm와 55cm간, 우측 35cm와 55cm간에는 유의한 차이를 보이고 있었다. 이는 수평거리가 길어질 경우 척추기립근의 동원량이 증가한다는 것을 의미하며 결국 들 수 있는 능력이 감소하게 된다는 것을 의미한다. 따라서 요추부의 부담도를 줄이기 위해 수평거리를 줄이는 것이 요통예방을 위해 무엇보다 중요한 것이라 하겠다.

악력과 EMG 값간에는 상관관계가 낮은 것을 볼 수 있었으며, 인체측정치와 EMG 값 사이의 상관관계에서는 35cm일 때 키, 가슴둘레, 허리둘레 등이, 55cm일 때 체중, 몸통너비, 허리두께, 손바닥폭 등이 상관관계가 있는 것으로 나타나고 있다.

<참고문헌>

- [1] 한국산업안전공단, 요통 예방 지도 지침서, 1997. 5
- [2] A. Mital, A. S. Nicholson and M. M. Ayoub, A Guide to MANUAL MATERIALS HANDLING, Taylor & Francis, 1997 ,pp. 14-27
- [3] James M. Cox, 유성렬 옮김, LOW BACK PAIN, 푸른솔, 1997, pp. 91-96
- [4] 한국산업안전공단, 직업성요통 예방대책, 1998. 7, pp29-33
- [5] G. D. Kermit, C.K.Bryan, L.G.Laura, Y.Jaehwan, S.M. William, "Influence of Lift Moment in Determining MAWL", Human Factors, 39(2), 312-322, 1997
- [6] Shrawan Kumar, "Development of predictive equations for lifting strengths", Applied Ergonomics, vol 26, no 5, pp 327-341, 1995

- [7] 서구응, 윤양진 외, 생체역학, 부산대학교 생체역학실험실, 1995
- [8] 양성환, “근전도를 이용한 L5/S1에서의 요추부하 평가에 관한 연구”, 공업경영학회지, 제20권, 제44호, 1997, pp 323-332
- [9] 장성록, “L5/S1에 걸리는 부하염력과 척추기립근 근전도의 상관관계 분석”, 한국산업안전학회지, 제10권, 제4호, 1995, pp 103-108
- [10] 양성환, 김대성, 박범 외, “요통예방을 위한 요추부하 평가에 관한 연구”, 한국산업안전학회지, 제13호, 제4권, 1998
- [11] 김종인 외, “허리각도에 따른 요배근력특성에 관한 연구”, 대한산업공학회/한국경영과학회 '98 춘계공동학술대회 논문집, 1998