

허리의 비틀림 각도에 따른 작업부하 측정 및 근육의 활동 분석

박현진, 장성록

부경대학교 안전공학과

1. 서론

산업현장에 있어서 기계화의 확산에도 불구하고, 과도한 인력운반(manual materials handling, 이하 MMH)작업으로 인해 발생하는 근골격계 질환(musculo-skeletal injuries, MSIs)은 여전히 작업시간의 손실, 비용 증가, 그리고 신체 장애를 야기하는 중대한 원인으로 대두되고 있다¹⁾.

MMH작업이란 기계나 동력기구의 도움없이 작업자가 자신의 근력(muscle forces)을 이용하여 중량물을 들어올리거나(lifting) 내리고(lowering), 밀거나(pushing) 당기는(pulling) 동작을 통해 원하는 장소까지 운반(carrying)하는 작업을 지칭한다. 이 운반작업은 최근 30년간 인간공학을 비롯한 제관련분야에서 가장 활발히 연구되어온 주제의 하나인데, 이는 MMH작업시 과도한 중량물의 취급, 작업과정에서 반복적으로 발생하는 몸통부위(trunk)의 비틀림(twist), 구부림(bend) 등이 요통(low back pain, LBP)을 유발하는 주원인으로 알려져 있기 때문이다.

미국의 경우 직업성 요통은 전체 산업재해의 약 20~40% 정도를 차지하고 있으며, 산업재해 환자의 재발 중 약 70%가 요통환자로 판정되었다²⁾. 1979년 미국 26개 주에서 조사된 바에 따르면, 보상을 요구하는 모든 작업자 중 19~25.5%가 요통 때문인 것으로 평가되었으며, 그 중 어떤 물체를 드는 행위에 의한 것이 48%, 밀거나 당기는 행위에 의한 것이 9%, 그리고 잡거나 운반하는 행위에 의한 것이 45%로 보고되었다³⁾.

우리나라의 경우, 한국산업안전공단에 의하면 2000년 상반기에 과다동작으로 발생된 누적재해자수가 1월 300명, 2월 587명, 3월 1021명, 4월 1355명, 5월 1791명으로 지속적인 발생 현상을 보이고 있다⁴⁾.

따라서, 이러한 요통질환의 방지를 위해서는 작업에 요구되는 하중을 정확히 평가할 수 있는 작업조건 및 작업 상황의 과학적 분석, 즉 작업자세를 고려한 생체역학적 분석(biomechanical analysis)과 작업자의 근육피로도 분석을 위한 생리학적 분석(physiological analysis)을 통해 작업개선이 이루어져야 한다.

들기 작업시 중량물의 무게와 중량물이 놓인 수평거리의 증가, 드는 속도의 증가, 중량물이 놓인 수직거리의 감소가 허리에 가해지는 하중을 증가시키는 요인으로 널리 알려져 있다. 최근에는 들기 작업 자세 중 비틀림 동작이 허리에 상해를 주는 요인으로 평가되고 있다⁵⁾.

그러나 지금까지 연구되어진 비대칭적 들기작업의 자세는 거의 허리를 구부린 자세에서 실시되었다. 실제 산업현장의 컨베이어 작업에서는 허리를 구부리지 않고 하중을 드는 작업이 빈번히 이루어지고 있다.

본 연구의 목적은 허리를 편 상태로 비대칭적 들기작업시 허리의 비틀림 각도에 따른 maximum voluntary contraction(이하 MVC)을 측정하고, 각도별 근육의 활동을 분석하고자 한다.

2. 실험

2.1 피실험자

피실험자는 과거 허리나 다리를 다친적이 없는 학부생과 대학원생 5명으로 구성되었으며, 실험전 실험자세에 관해 숙지하도록 교육후 실험을 실시하였다.

2.2 근육선정 및 실험기기

관측대상으로 선정된 근육들은 기존의 인력운반 관련 연구에서 주 관측대상이 되고 있는 좌우 erector spinae(LES/RES)와 latissimus dorsi(LLD/RLD)이다.

본 실험에 사용된 기기로는 각도별 MVC 측정을 위해 Takei Kiki Kogto Co.에서 제조한 digital dynamometer를 이용하였으며, 측정대상 근육의 EMG신호를 검출하기 위해 Thought Tech.에서 개발하여 보급한 FlexComp EMG solution을 이용하였으며, 이 기기는 기존의 EMG Multiplexor와 A/D converter를 포함한 것으로 모니터를 통해 실시간으로 분석할 수 있다.

2.3 실험방법

MVC측정은 몸의 시상면을 중심으로 하여 시계방향으로 $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 까지 10° 간격으로 각도당 3회씩 정적인 들기 작업을 실시하였으며, 각도간 들기 작업후 10분간의 휴식 시간을 두어 실시하였다. 실험 자세는 허리와 다리를 편 자세로 실시되었으며, 또한 골반과 하지 관절의 움직임을 방지하기 위해 밴드를 이용하여 골반과 하지 관절부분을 고정시켰다. 팔꿈치 각도는 약 90° 로 유지하였으며, 각도 변경시 골반과 관절은 0° 방

향으로 계속 유지시키고 허리만 회전시켜 실험을 실시하였다.

근전도 측정은 비틀림 각도별 MVC측정시 근육에서 발생하는 힘의 크기를 Root Mean Square (이하 RMS)의 1초간의 평균값을 사용하여 나타내었다.

3. 실험결과

3.1 MVC 측정

실험을 통하여 나타난 각도별 MVC값은 그림 1과 같다. 그림1에서 나타난 것과 같이 허리의 비틀림 각도가 증가될수록 MVC값은 감소하는 경향을 보였으며, 허리의 비틀림 각도 0° 를 기준으로 30° , 60° , 90° 로 증가함에 따라 MVC값은 약 14%, 25%, 31% 로 감소하였다.

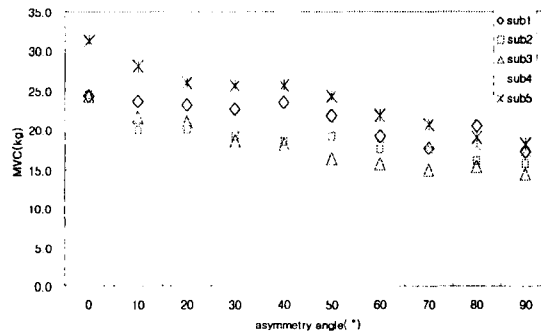


그림 1. 허리 비틀림 각도에 따른 MVC 변화

3.2 EMG data 분석

동원된 근육들의 활동을 분석하기 위해 허리의 비틀림 각도별 EMG값을 측정하였다.

비틀림 각도별 정적인 들기 작업이 실시되는 동안 LLD와 RLD근육은 거의 일정하게 유지되는 경향이 나타났다. LES근육은 비틀림 각도 30° 까지는 약 10% 증가하다가 40° 를 초과하면서부터 다시 감소하여 90° 시에는 약 23% 감소하였다. 이에 비해 RES 근육은 비틀림 각도가 증가할수록 감소하는 경향이 나타났으며, 비틀림 각도 90° 에서 약 70% 감소하였다. 그림 2는 비틀림 각도별 대상근육의 EMG값의 변화를 나타내고 있다.

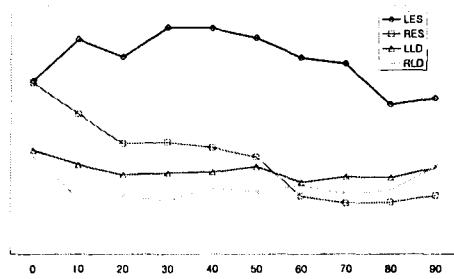


그림 2. 비틀림 각도에 따른 EMG값의 변화(sub5)

4. 결론 및 토의

본 연구에서는 허리를 편 상태로 비대칭적 정적인 들기 작업에 따른 MVC의 측정과 근육의 활동을 분석하기 위해 비틀림 각도가 0° ~ 90°로 증가함에 따른 MVC값과 EMG값을 측정하였다. 결과는 다음과 같다.

- (1) 비틀림 각도가 0° ~ 90°로 증가함에 따라 MVC값은 14% ~ 31% 감소하였다.
- (2) 비틀림 각도별 대상근육의 EMG 측정결과, 하중이 위치한 방향의 근육인 RES와 RLD보다 반대쪽에 위치한 근육인 LES와 LLD가 활동이 더 활발한 것으로 나타났다. 그리고 LLD와 RLD근육은 거의 일정하게 유지되는 반면에 RES근육은 비틀림 각도가 증가할수록 감소하였고, 특히 LES근육은 비틀림 각도 30°까지는 증가하다가 40°를 초과할수록 다시 감소하는 경향이 나타났다.

Gang and Badger는 비대칭적 들기작업이 대칭적 들기작업에 비해 최대허용중량 (maximum acceptable weight)에 있어서 7~22%의 감소를 가져오고⁶⁾, maximal voluntary isometric strength는 12~31%의 감소를 가져온다고 보고했다. P. Vink 등은 비대칭적 들기작업시 back strength의 muscle force가 최대 40%정도까지 감소한다고 나타냈다⁷⁾. 본 연구에서도 이와 유사한 결과가 나타났다.

Cook and Neumann은 작업물의 위치와 중량의 변화에 따른 근전도 신호의 크기 변화를 분석한 결과, 작업물의 중량이 증가할수록 근전도 신호의 크기도 증가하며, 작업물과 반대쪽 근육들이 같은쪽 근육들에 비해 큰 근력을 발휘한다는 사실을 밝혔는데⁸⁾, 본 연구에서도 이와 유사한 결과가 나타났다. 또한 하중의 반대쪽 근육인 LES와 LLD도 40°를 초과할수록 다시 EMG가 감소하는 현상이 나타났는데 이는 하지 관절과 골

반의 움직임 영향으로 인해 발생된 것으로 사료된다⁵⁾.

본 연구는 허리를 편 상태에서의 비틀림 각도에 따른 MVC값과 EMG값을 측정하였지만, 이 연구를 기초로 하여 컨베이어 작업등의 실제 현장에 적용할 수 있는 비틀림 동작이 포함된 중량물을 운반시 근육의 피로현상에 관한 연구가 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

1. Amit Bhattacharya and James D. McGlothlin, Occupational Ergonomics : Theory and Applications, Marcel Dekker, Inc., 1996.
2. 한국산업안전공단, 전문가를 위한 인간공학, 1999.
3. S. Kumar and D. Garand, Static dynamic lifting strength at different reach distances in symmetrical and asymmetrical planes, Ergonomics, Vol. 35, No. 7/8, pp.861-880, 1992.
4. www.kosha.or.kr
5. Idsart Kingma et al., Asymmetric low back loading in asymmetric lifting movement is not prevented by pelvic twist, Journal of Biomechanics, 31, pp. 527-534, 1998.
6. A. Gang and D. Bafger, Maximum acceptable weights and maximum voluntary isometric strengths for asymmetric lifting, Ergonomics, Vol. 29, No. 7, pp.879-892, 1986.
7. P. Vink et al. Decrease in back strength in asymmetric trunk postures, Ergonomics, Vol. 35, No. 4, pp.405-416, 1992.
8. T.M. Cook, D.A. Neumann, The effects of load placement on the EMG activity of the low back muscles during load carrying by men and women, Ergonomics, Vol. 30, No. 10, pp.1413-1423, 1987.