Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 18, No. 2 1999, 8

인력물자취급시 작업빈도에 따른 생리적 작업능력의 연구

A Study of the Effect of Work Frequency on Physical Work Capacity for Manual Materials Handling Tasks

정 성 학* · 김 홍 기**

ABSTRACT

The objective of this study was to make comparison of the physical work capacities(PWCs) for three different types of tasks. For this purpose, an ergometer exercise, a treadmill exercise, and lifting activities with four different frequencies (2, 5, 8, 11 lifts/min) for the lifting range from floor to 76cm were considered. Oxygen consumption rates and heart rates were measured during the exercises and lifting activities.

The PWC values for ergometer exercise test was 2562.71 ml-O_2/min and the one for treadmill exercise was 2874.89 ml-O_2/min. The value of lifting PWC increased from 1774.07 ml-O_2/min to 2296.76 ml-O_2/min as the lifting frequency increased from 2 to 11 lifts/min. The ratio of the lifting PWCs to the ergometer PWC increased from 69.36% to 89.77% as the lifting frequency increased. To the treadmill PWC, the ratio increased from 62.21% to 85.24% as the lifting frequency increased. From this result, it appears that the PWCs based on the lifting tasks rather than PWCs by ergometer or treadmill exercise should be considered to determine the physiological criterion for safe weights for lifting tasks. Therefore, the physiological criteria of the NIOSH Guideline should be reexamined.

* 경희대학교 산업공학과
** 경기대학교 산업공학과

1. 서 론

인력물자취급(MMH: Manual Materials Handling Tasks)은 작업자의 신체근력을 바탕으로 손이나 몸의 일부분을 이용하여 장비나 물건을 들어올리거나 운반하는 일련의 작업을 말한다. 생산현장에서는 많은 작업자들에게 쾌적하고 안전하게 직무를 수행할 수 있도록 많은 부분에서 자동화를 시도하고 있지만, 아직 완전 자동화는 어려운 실정으로 건설, 제조, 물류(운수), 컨베이어 벨트로부터 원자재를 운반하거나 적재하는 인력물자취급이 상존하고 있는 실정이다. 영국, 독일, 프랑스 등 주요 선진 E.C국가에서는 꾸준히 산업재해를 0.5%이하의 수준까지 줄이고 있으나 최근 몇년 사이에 운반 및 무리한 동작에 의한 산업재해가 급증하고 있어서 이에 대한 예방대책의 일환으로 E.C Directive로서 Manual Handling Operation Regulation(E.C 90/269, 인력운반작업 규정)을 1990년 5월에 초안을 작성하고, 각국의 합의하에 1993년 1월에 제정하였다. E.C국가들 중에서 재해율이 낮은 영국의 경우에는 전체 재해의 약 34%가 인력운반 등 무리한 동작에 의해 발생되고 있으며, 이러한 재해로 상해를 입은 신체부위는 요통재해가 약 45%에 해당하며 프랑스, 독일 등도 전체 재해의 30-40%정도를 차지하고 있는 것으로 알려졌다(산업안전공단, 1997).

우리나라의 경우, 97년 초 금속연맹(자동차, 조선, 중공업) 산하 26개 사업장 1천7백36명을 대상으로 설문조사를 실시한 결과 허리·등(low back)부위 통증(67.8%), 어깨부위 통증(51.7%), 목부위 통증(49.7%), 손목부위 통증(33.3%) 등 50%이상이 각종 근·골격계 증상을 호소하였다. 이에 따라 97년 4~5월 민주금속연맹 산하 16개 사업장의 작업자 1백36명(평균연령 40세, 근속연수 13.5년)에 대해 한국노동보건직업병연구소의 건강검진 실시결과 89.5%가 각종 근골격계 질병을 호소하였다. 단순 반복작업이나 무거운 중량물을 운반·이동시키는 인력물자취급에 의해 94명(69.1%)이 요통, 근육통 등 근골격계의 증상을 보였다. 따라서, 사업장에서 보다 많은 사람들을 대상으로 역학조사를 실시하여 근골격계 질환으로 시달리는 노동자들의 실상을 시급히 파악하고 적절한 대책을 세워야 할 것이라고 지적했다(노동자신문, 1997).

인력물자취급에 대한 인간공학적 연구방법으로는 4가지 연구방법들이 적용되어 오고 있다.

첫째, 분포집단의 발생현황과 특성을 연구하는 역학(疫學)적 연구방법(Epidemiological Approach).

둘째, 심장이나 호흡기등 신체의 신진대사 에너지 대사량을 기초로 한 생리학적 연구방법(Physiological Approach).

셋째, 인체(특히, 요추부: L5/S1)에 부가되는 압축력(Compressive Force), 전단력(Shear Force)등의 신체부하를 이용하는 생체역학적 연구방법(Biomechanical Approach).

넷째, 주어진 작업조건하에서 안전하게 들어 올릴 수 있는 최대중량을 결정할 때, 시행착오의 반복 실험을 통하여 각 개인 작업자 자신의 힘 또는 능력을 자각하는 인체심리학적 연구방법(Psychophysical Approach)이 있다(NIOSH, 1981).

미국의 안전보건연구원(NIOSH: National Institute of Occupational Safety and Health)에서는 1981년 인력물자취급에 대한 행동한계(AL: Action Limit), 최대허용한계(MPL: Maximum Permissible Limit) 그리고 1991년에는 이들을 수정한 권장중량한계(RWL: Recommended Weight Limit)를 제정하여 신체적인 상해나 피로가 누적되지 않도록 안전하게 작업을 수행할 수 있는 안전하중을 제시하였다. 이러한 NIOSH의 한계치들을 한국인에게 적용시킬 수 있는가를 알아보기 위해 연구결과가 발표되고 있다. 인체심리학적 접근방법에 의한 최대허용

중량(MAWL: Maximum Acceptable Weight of Load)에 대한 연구결과(이관석, 박희석, 1995; 정성학, 김홍기, 1997)와 생리적 작업능력(PWC: Physical Work Capacity)에 대한 연구결과(박지수, 김홍기, 최진영, 1996)에 의하면 한국인과 미국인 사이에는 신체능력에 따른 차이가 있어서 NIOSH의 기준을 한국인에게 그대로 사용하기에는 무리가 있으므로 보정이 필요하다고 하였다.

NIOSH Guideline의 생리학적 기준치는 Ergometer 또는 Treadmill에 근거한 생리적 작업능력을 기준으로 하였다. 그러나, Khalil 등(1985), Fernandez 등(1987), Kim(1990)은 인력물자취급시 생리적 작업능력을 Ergometer나 Treadmill에 의한 생리적 작업능력보다 그 작업특성에 맞는 생리적 작업능력에 근거를 두어야 한다고 주장하였다.

본 연구의 목적은 세가지 작업유형(Ergometer, Treadmill, Lifting)에 따른 생리적 작업능력들을 비교·분석하여 이들 중 들어올리기 작업에 대하여 가장 잘 반영될 수 있는 생리적 작업능력을 제시하여 인력물자취급시 생산량을 저해하지 않고, 신체에 위해(危害: Hazard)를 가하지 않는 안전하중 설정을 위한 기초자료를 제시하고자 한다.

2. 본 론

본 연구에서는 작업자가 자신의 직무를 행함에 있어서 작업자의 신체에 부가되는 작업량에 따라 생리적으로 소모하는 에너지량에 근거한 생리적 작업능력과 이에 따른 작업시 생리적 기준치를 설정하고자 하는 것이다. 작업생리학은 작업을 수행하는 동안 생리적 변화가 신체 내에서 발생한다는 사실에 입각하여, 역으로 생리적 요소의 측정치 변화를 알게 되면 작업자에게 부과되는 스트레스 수준을 알 수 있다는 논리를 따른다. 생리학적 연구방법은 생리적 작업능력을 추정하고, 이 작업능력에 알맞는 작업을 설계하기 위하여 산소소모량($\dot{V}O_2$: oxygen consumption rate), 혈압 또는 심장박동수(HR: Heart Rate)와 같은 척도를 이용하는 것이다. 근육을 이용한 작업을 수행함에 있어서 근육의 지속적인 활동을 위해서는 에너지원을 요구하게 되고, 이러한 근육활동이 증가되면 증가될수록 근육은 더 많은 산소를 필요로 하게 되므로 이에 따라 더 많은 혈액이 근육으로 흐르게 된다. 그러므로 이러한 호흡과 심장혈관 반응은 근육에 의해 소모되는 산소소모량과 선형관계에 있다고 할 수 있다. 결론적으로 산소소모량은 근육에 의한 외부적 작업량과 선형관계에 있다(NIOSH, 1981).

일반적으로 생리적 작업능력은 세 가지 이상 수준의 작업부하에 따른 산소소모량과 심박수의 결과를 선형회귀분석에 의하여 모델링을 하고, 이로부터 최대심박수일때의 산소소모량을 추정한다. 생리적 작업능력을 추정하기 위하여 가장 일반적으로 설정하는 작업부하의 형태는 Bicycle Ergometer와 Treadmill에 의한 작업 유형이 있고, 또한 Arm cranking, 팔과 다리를 동시에 사용하는 Ergometer등이 있다. 그러나 같은 작업유형이라 할지라도 작업방법(단속적 방법과 연속적 방법), 회전속도(RPM), 달리는 속도 그리고 경사도에 따라 조금씩 차이가 있다. 예를 들면, Bicyle Ergometer에 의한 생리적 작업능력은 Treadmill에 의한 경우의 88.8~96%라고 한다(Astrand and Rodahl, 1986; McArdle 등, 1991; 박지수 등, 1996). 그리고 Bicycle Ergometer에 대하여도 작업부하를 부과시키는 방법에 따라 약 10% 정도의 차이가 있었다(박지수 등, 1996). 이와 같이 작업유형과 작업방법에 따라 생리적 작업능력에 차이가 있는 것으로 나타나 있기 때문에 어떠한 작업유형과 작업방법을 표준으로 선정할 것인가에 대해서는 많은 논란이 되

어 왔으나 지금까지는 일반적으로 Bicycle Ergometer와 Treadmill을 사용해 오고 있다. 인력물자취급은 Bicycle Ergometer나 Treadmill 작업과는 매우 다른 형태의 작업이므로 이에 대한 생리적 작업능력은 인력물자취급 작업형태의 작업방법을 택하는 것이 바람직 할 것 같다는 주장이 많이 대두되고 있다(Khalil 등, 1985; Ayoub and Kim, 1988, Fernandez 등, 1990).

본 연구에서는 인력물자취급시 가장 신체적인 부하가 많이 걸리는 들어올리기 작업의 생리적 작업능력(Lifting Physical Work Capacity)을 고려해 보고자 한다. 그러나 여기에서의 문제점은 Bicycle Ergometer나 Treadmill에 의한 생리적 작업능력은 회전속도(RPM), 달리는 속도, 경사도에 따라 조금씩은 차이가 있지만 하나의 대표적인 생리적 작업능력으로 표현될 수 있으나 들어올리기 작업의 경우는 작업 빈도수의 영향을 단순화 시킬 수 없기 때문에 하나의 대표적인 들어올리기 작업의 생리적 작업능력으로 설정하기가 가능하지 않다는 것이다. 그러므로 우선 작업 빈도에 따라 생리적 작업능력을 고려하고 추후 작업빈도수에 따른 영향을 모델화하여 확립시킬 수 있다면 표준이 되는 작업빈도의 들어올리기 작업을 설정하여 작업 빈도수에 따라 보정을 하는 것을 고려해 볼 수 있을 것이다.

Ayoub과 Mital(1989)은 하루 8시간을 작업함에 있어서 생리적 작업능력의 33%를 넘지 않아야 하며, 생리학적 기준치로 산소소모량이 남자는 1000 ml-O_2/min이하, 여자는 670 ml-O_2/min 이하로 권장하였다. 또한, 심장박동수는 110 내지 115bpm을 초과하지 않도록 추천하였다(Snook and Irvine, 1967). 미국 NIOSH의 행동한계와 최대허용한계에서는 생리학적인 기준치로서 산소소모량 700 ml-O_2/min와 1000 ml-O_2/min를 초과하지 않도록 제안하였다. 1991년에 보정된 권장중량한계에서는 생리학적 기준치를 작업의 초기 높이와 작업시간에 따라 440~940 ml-O_2/min를 초과하지 않도록 권고하였다.

3. 실험 장비와 방법

본 연구에서 실험절차는 다음과 같이 시행하였다. 작업환경은 실내 온도를 23℃±3로 유지하였고, 습도는 50% 미만일 경우에만 실험하였다. 그리고 실험장소의 바닥은 편편한 바닥으로서 장애물이 없고, 마찰력이 좋은 바닥으로 하였다. 피실험자는 운동복과 편안한 운동화를 사용하였고, 들어올리는 자세는 자유형으로 하였다. 한번에 들어올릴 수 있는 최대중량을 측정하고, Bicycle Ergometer, Treadmill, 들어올리기(분당 2, 5, 8, 11회) 작업에 대한 생리적 작업능력을 측정하였다.

3.1 피실험자의 선정

서울·경기지역 신체 건강한 6명의 남자 대학생들이 실험에 참가하였다. 실험전 병력체크를 문진했고, 가족력이나 자각증상에 따라 피실험자에서 제외하고, 인체측정을 실시하였다. 간단한 운동복과 운동화를 착용한 후 들어올리기작업에 대한 적응훈련시간을 가졌다. 산소소모량 측정을 위해 마우스피스에 대한 적응력 키우고, 손잡이에 대한

표 1. 피실험자 신체특성치

	연령(세)	신장(cm)	체중(kg)
평균	20.3	172.8	68.8
표준편차	1.86	6.35	11.70

부담감과 심박계에 친숙하도록 하였다. 피실험자에 대해 들어 올리는 능력과 실제 현장작업을 하는 것과 같은 들어 올리기의 친숙기로 14일을 시행하였다. 피실험자 6명의 신체특성치는 (표 1)과 같다.

3.2. 실험기기의 구성

본 연구를 위한 실험기기의 구성은 에너지 대사량 측정기(Metabolic Measurement Cart/System 2900), 심장박동수 측정기(Heart Rate Monitor), Ergometer, Treadmill, 작업상자, 작업대, 인체측정기로 하였다.

3.2.1. 에너지 대사량 측정기

본 연구에서 작업유형에 따라 산소소모량을 측정하기 위해서 미국 SensorMedics사의 에너지 대사량 측정기(MMC: Metabolic Measurement Cart/System 2900)를 사용하였다.

3.2.2. 심박계(Heart Rate Monitor)

미국 SensorMedics사의 SaO_2(Sat-Trak Pulse Oximeter)는 에너지대사량측정기와 연결되어 Finger Sensor나 Ear Sensor을 이용하여 심장박동수를 측정하여 준다. 또한, 보조장비로 매 5초, 15초, 30초 단위로 측정이 가능한 POLAR VANTAGE XL Heart Rate Monitor (Model # 145900)가 사용되었다.

3.2.3. Bicycle Ergometer

Ergometer는 미국 SensorMedics사의 Ergoline SMC (800S) Ergometer를 사용하였다. 수동으로는 5watt, 25watt 단위로 증가 또는 감소시킬 수 있으며, MMC에서는 원하는 작업부하(Workload)를 25watt에서 최대 1000watt까지 수치로 자동조절 할 수 있다.

3.2.4. Treadmill

Tradmill은 Marquett사의 Treadmill Serise-2000이 사용되었다. 최대속도는 22.5 km/h, 등판최대각도는 수평으로부터 25.0% grade까지 연속적으로 변화시킬 수 있다.

3.2.5. 작업대(Lifting Table)

작업대는 가로 150cm × 세로 80cm × 높이 76cm로 하였다. 재질은 철재로 만들었으며, 작업대가 움직이지 않도록 단단히 고정하였다.

3.2.6. 작업상자(Container)

들어올리기 작업을 위한 작업상자는 미국자료와의 비교를 위해 미국에서 가장 일반적으로 사용되는 상자를 선택하였다. 크기는 가로 45.72cm × 세로 30.48cm × 높이 30.48cm 이고, 재질은 합판을 이용한 나무상자 또는 종이 골판지를 이용한 상자를 사용하였다. 하중을 가하기 위해서 내경이 2.5cm인 PVC 파이프로 상자를 가득 채운후 지름 2.5cm인 1000g, 500g, 100g 환봉을 대칭적으로 배열하여 들어 올리는 작업시 무게 중심이 중앙에 오도록 고정하였다.

3.2.7. 인체측정기

작업자(피실험자)의 인체 측정을 위하여 마틴식 인체측정기를 사용하여 측정하였다.

3.3 실험 방법

생리적 작업능력의 측정에는 크게 Maximal test와 Submaximal test가 있고, Submaximal test에는 단속적인 방법(discontinuous method)과 연속적인 방법(continuous method)이 있다. 단속적인 방법은 작업부하를 변화시킬 때 휴식시간을 두어서 측정하는 방법이고, 연속적인 방법은 작업부하를 변화시킬 때 휴식시간 없이(각 5분간씩) 연속적으로 작업부하를 증가시키는 방법이다

(Astrand, 1986). 본 연구에서는 Submaximal test의 연속적인 작업방법으로 피실험자에게 30% HRR, 50% HRR, 75% HRR에 해당하는 작업부하를 각각 5분동안 부가하여 산소소모량과 심장박동수를 측정하였다. 선형회귀분석을 통하여 최대심박수일때의 최대산소소모량을 추정하여 생리적 작업능력을 추정하였다.

3.3.1. 한번에 들어올릴 수 있는 최대중량 (One Time Max)측정

들어올리기 작업시 작업중량(능력)의 측정은 피실험자의 안전을 위해서 한번에 최대로 들어올릴 수 있는 중량을 알아야 한다. 이것은 피실험자가 빈도에 따라 들어올리기 작업의 작업능력을 평가하는데 필수적인 요소이다. 피실험자는 자신의 힘을 최대로 발휘하여 그 힘을 약 3-4초간 유지한다. 측정은 여러번 반복하여 실시하였으며, 한번 측정 후 30분 이상의 휴식을 취하여 심박수가 휴식시 심박수로 돌아온 후 다시 실시하였다.

3.3.2. Bicycle Ergometer의 생리적 작업능력 측정방법

Bicycle Ergometer의 생리적 작업능력을 측정하기 위하여 5단계(준비기, 1단계, 2단계, 3단계, 회복기)로 나누었다. Ergometer의 속도는 50rpm을 유지하도록 하였으며, 준비기는 3분, 1단계는 5분간 30% HRR에 해당하는 작업부하로, 2단계는 5분간 50% HRR에 해당하는 작업부하로, 3단계는 5분간 75% HRR에 해당하는 작업부하로, 회복기는 5분으로 전체 23분간 실험하였다.

3.3.3. Treadmill의 생리적 작업능력 측정방법

Treadmill의 생리적 작업능력을 측정하기 위하여 5단계로 나누었다. 준비기는 3분간 속도 2.0 km/h, 경사도(%) 1.0% grade로 천천히 움직임을 시작하여, 1단계는 5분간 30% HRR에 해당하는 작업부하로, 2단계는 5분간 50% HRR에 해당하는 작업부하로, 3단계는 5분간 75% HRR에 해당하는 작업부하로, 회복기는 5분간 속도 2.0 km/h, 경사도(%) 1.0% grade로 전체 23분간 실험하였다.

3.3.4. 들어올리기 작업의 생리적 작업능력 측정방법

들어올리기 작업의 생리적 작업능력을 측정하기 위해서는 2단계의 실험을 실시한다. 우선 Ramp Incremental test를 실시하고, 이를 다시 3단계 부하로 나누어 Step Incremental test를 실시하여 생리적 작업능력을 추정한다. Ramp Incremental test에서는 점층적으로 0kg에서 분당 2kg씩 증가시키면서 작업중량에 따른 산소소모량과 심장박동수를 측정하였고, 심장박동수가 30% HRR, 50% HRR, 75% HRR에 해당하는 각각의 작업중량을 추정하였다. 이 때, 피실험자의 안전을 위해 3.3.1.(한번에 들어올릴 수 있는 최대중량의 측정방법)에 선정된 한번에 들어올릴 수 있는 최대중량의 약 75%를 초과하지 않도록 하였으며, 점층적으로 작업중량을 증가시키는 과정에서 피실험자 근력의 한계를 느끼면 즉시 중단하였다. Step Incremental test에서는 3단계의 작업부하(작업중량)에 따라 생리적 작업능력을 추정하였다. 준비기 3분은 0kg으로, 1단계는 5분간 30% HRR에 해당하는 작업부하로, 2단계는 5분간 50% HRR에 해당하는 작업부하로, 3단계는 5분간 75% HRR에 해당하는 작업부하로, 회복기는 5분간 0kg으로 전체 23분간 실험하였다.

4. 실험 결과

한번에 들어올릴 수 있는 최대중량의 평균은 68.6kg(표준편차: 11.0kg)이였다. 작업유형(Bicycle Ergometer, Treadmill)에 따라 측정된 생리적 작업능력은 (표 2)에 요약되어 있다.

표 2. Bicycle Ergometer와 Treadmill의 생리적 작업능력

작업유형		생리적 작업능력 [ml-O_2/min]	단위체중당 생리적 작업능력 [ml-O_2/kg-min]
Bicycle Ergometer (BPWC)	mean	2562.71	38.12
	std.	200.71	6.61
Treadmill (TPWC)	mean	2874.89	42.15
	std.	344.83	6.45

표 3. 작업빈도수에 따른 들어올리기 작업의 생리적 작업능력

작업유형			들어올리기 작업 빈도수			
			2	5	8	11
LPWC 측정결과	LPWC [ml-O_2/min]	mean	1774.07	1977.76	2134.47	2296.76
		std	133.63	120.90	151.37	188.68
	단위체중당 LPWC [ml-O_2/kg-min]	mean	26.24	29.40	31.63	34.01
		std	3.63	4.73	4.74	5.02
PWC간 비교	LPWC/BPWC		69.36%	77.38%	83.49%	89.97%
	LPWC/TPWC		62.21%	69.48%	74.78%	80.32%

Bicycle Ergometer에 의한 생리적 작업능력(BPWC)은 2562.71 ml-O_2/min, Treadmill에 의한 생리적 작업능력(TPWC)은 2874.89 ml-O_2/min 로 추정되었다.

Bicycle Ergometer의 생리적 작업능력은 Treadmill에 의한 생리적 작업능력에 90.27%로 나타났고, t-검정(t-test)한 결과 유의차가 없는 것으로 나타났다($t=1.82$, $P>0.064$). 그러나, 유의수준 7%에서는 유의차가 있다고 할 수 있다. Astrand(1986)는 Treadmill을 100으로 볼 경우 Bicycle Ergometer가 92~96%, McArdle (1991)은 88.8~93.6%, 박지수(1996)는 91.64%로 보고하였는데, 본 연구결과도 이와 유사한 결과를 보여주고 있다.

들어올리기작업의 생리적 작업능력(LPWC)은 분당 2, 5, 8, 11회로 들어올리는 빈도가 증가함에 따라 1774.07 ml-O_2/min에서 2296.76 ml-O_2/min로 증가하였으며, Bicycle Ergometer와 Treadmill의 생리적 작업능력에 대하여 비교 하면 62.21~89.97%로 빈도가 증가함에 따라 증가함을 보였다.

5. 결 론

세 가지 작업유형에 따른 생리적 작업능력은 Bicycle Ergometer의 경우 2562.71 ml-O_2/min, Treadmill에 의한 경우 2874.89 ml-O_2/min였으며, 들어올리기 작업에 의한 경우는 작업 빈도수가 분당 2회에서 11회로 증가함에 따라 1774.07 ml-O_2/min에서 2449.21 ml-O_2/min로 증가 하였다. 들어올리기 작업의 생리적 작업능력은 작업 빈도수가 분당 2회에서 11회로 증가함에 따라 Bicycle Ergometer에 의한 생리적 작업능력의 69.36%에서 89.97%로 증가하였다. Treadmill에 의한 생리적 작업능력에 대한 비율은 62.21%에서 80.32%로 증가하였다.

들어올리기 작업의 생리적 작업능력이 Bicycle

Ergometer나 Treadmill에 의한 생리적 작업능력보다 낮은 값을 나타냈는데 이것은 피실험자가 지닌 근력의 한계가 심폐기능의 한계보다 우선적으로 제약받은 이유라 생각 할 수 있다. 또한 Bicycle Ergometer나 Treadmill에 의한 test는 연속적인 부하를 받는 반면, 들어올리기 작업의 경우는 들어올리는 작업과 작업 사이에 잠시나마 쉬는 시간이 있어 연속적인 부하를 받지 않는다는 점도 다른 이유가 될 수 있다고 본다.

NIOSH의 행동한계와 최대허용한계에 따른 생리학적 기준치는 각각 700 ml-O_2/min와 1000 ml-O_2/min이며, 1991년에 보정된 권장중량한계의 생리학적 기준치는 들어올리기 작업의 초기 높이와 작업시간에 따라 440 ml-O_2/min에서 940 ml-O_2/min로서 작업빈도수에 관계없이 일정한 값을 사용하였다. 인력물자취급의 안전하중을 고려하기 위한 생리학적 기준치를 작업빈도수에 관계없이, 특히 낮은 빈도수(2회 이하)의 작업을 높은 빈도수의 작업과 마찬가지로 일률적으로 적용시킨다는 것은 문제가 있다고 본다.

그러므로 NIOSH의 생리학적 기준치는 작업빈도수를 전혀 고려할 수 없는 Bicycle Ergometer나 Treadmill에 근거한 생리적 작업능력보다는 들어올리기 작업의 특성을 감안하고 빈도수에 따른 보정치도 고려한 특별한 생리적 작업능력, 즉 들어올리기 작업의 생리적 작업능력에 따른 기준치를 고려하여 이에 따른 보정이 필요하다고 본다.

그러나 본 연구논문에서는 4가지 작업빈도에 대한 들어올리기 작업의 생리적 작업능력만을 고려하였기 때문에 작업빈도수에 따른 일반적인 경향을 고찰하고, 모델화하여 추후 연구과제로 고려할 것이다. 또한 본 연구는 피실험자의 선정이 일부 지역의 남자 대학생으로만 한정되었기 때문에 본 실험의 연구결과가 전체 한국인의 생리적 작업능력을 반영한다고 보기에는 만족스럽다고 볼 수 없다. 그러므로 현실적인 한국인의 노동인력에 대한 생리적 작업능력을 추정하기 위해서는 성별과 다양한 연령층 그리고 대학생만이 아닌 실질적인 노동인력을 고려한 광범위한 피실험자에 대한 연구가 필요할 것이다.

참고문헌

[1] 이관석, 박희석, "직접추정법의 대칭적인 들기 작업의 최대허용하중 결정에의 적용에 관한 연구", 대한인간공학회지, Vol. 14(1), pp. 1-7, 1995.

[2] 박지수, 김홍기, 최진영 " 작업유형에 따른 생리학적 작업능력의 비교분석" 대한인간공학회지, Vol. 15(2), pp. 89-98, 1996.

[3] 정성학, 김홍기 "인력물자취급시 작업빈도에 따른 인체심리학적 최대허용중량의 비교연구" 대한인간공학회 춘계학술대회 논문집, pp. 39-49, 1997.

[4] 한국노동자신문, 1997년 8월 29일.

[5] 한국산업안전공단, 선진국의 인력운반 재해예방 실태-운전재해예방세미나, pp. 7-10, 1997.

[6] Astrand, P. O. and Rodahl, K., Textbook of Work Physiology: Physiological Bases of Exercise: 3nd ed, McGraw-Hill, 1986.

[7] Ayoub, M. M. and Kim, H. K., "A Look at the Approaches to Determine Lifting Capacity"; Manual Material Handling: Understanding and Preventing Back Trauma; Edited by the Ergonomics Committee of the American Industrial Hygiene Association, pp. 79-85, 1988.

[8] Ayoub, M. M. and Mital, A., Manual Materials Handling: Taylor & Francis, 1989.

[9] Fernandez, J. E., Marley, R. J., and Stubbs, N. B., "Lifting Physical Work Capacity as a Function of Frequency," Proceedings of the Human Factors Society;

31st Annual Meeting, pp. 1331-1335, 1987.

(10) Khalil, T. M., Genaidy, A. M., Asfour, S. S. and Vinciguerra, T., "Physiological Limits in Lifting," American Industrial Hygiene Association Journal, vol. 46(4), pp. 220-224, 1985.

(11) Kim, H. K., "Development of A Model for Combined Ergonomic Approaches in Manual Materials Handling Tasks," Dissertation, Texas Tech University, Lubbock, Texas, 1990.

(12) McArdle, W. D., Katch, F. L., and Katch, V. L., Exercise Physiology; Energy, Nutrition, and Human Performance, 3rd Ed., Lea & Febiger, 1991

(13) NIOSH Technical Report, Work Practice Guide for Manual Lifting, U.S. Department of Health and Human Services, Cincinnati, Ohio. 1981.

(14) Snook, S. H. and Irvine, C. H., "Maximum Acceptable Weight of Lift," American Industrial Hygiene Association Journal, vol. 28(4), pp. 291-299, 1967.

(15) Waters, T. R., Putz-Anderson, V. and Garg, A., Applicatios Manual for the Revised NIOSH Lifting Equation, U.S. Department of Health and Human services, Centers for Disease Control and Prevention National Institute for Occupational Safety and Health Division of Biomedical and Behavioral Science Cincinnati, Ohio 45226, 1994.