

I. 서론

21세기 생산공정에서 가장 커다란 변화는 마이크로일렉트로닉스(micro-electronics)와 컴퓨터의 발달로 인한 자동화라고 할 수 있다. 공정의 자동화는 두 가지의 극단적인 작업형태를 초래하였다. 하나는 단순반복작업이고 다른 하나는 불규칙한 작업이다. 생산공정의 자동화는 많은 근로자들을 단순·반복 작업자로 전락시켰고, 자동화 설비와 시설이 증가함에 따라 작업자들은 점점 기계 및 설비를 보수하는 점검작업이나 불규칙한 작업의 비중이 크게 증가하였다. 제품의 생산주기와 일반적인 생활패턴의 속도가 증가하면서 불규칙적인 작업은 더욱 증가하는 경향이 있으며, 최근에는 서비스업종의 비중이 크게 높아지면서 다양한 형태의 불규칙한 작업이 많아졌다. 비정규직이나 불규칙적인 작업형태가 증가하는 것은 현대 산업사회의 특징 중의 하나인 듯하다.

또한 우리나라는 1997년 IMF 경제위기가 닥치자 많은 기업과 조직은 대대적으로 구조조정을 실시하였고, 상대적으로 그 전보다 적은 인원이 더 많은 일을 하게 되는 경우가 많아지면서 불규칙적이고 다양한 작업 부담도 증가한 것으로 추정된다.

단순반복작업의 작업형태와 불규칙적인 작업이 증가하면 필연적으로 작업관련성 질환의 위험이 증가한다. 작업관련성 질환을 유발하는 가장 대표적인 단순반복 작업은 대부분 규칙적이고 정상적인 생산라인에서 주로 문제가 되며, 작업관련성 질환을 다루는 분야에서 주관심사이다. 본 세미나의 앞부분에서도 단순반복작업에 대해서는 충분히 다루어졌다. 그러나 불규칙적인 작업의 위험성에 대해서는 아직까지 충분히 연구나 조사가 이루어지지 않았으며, 특별한 개선방법론이 확립된 것도 아니다. 불규칙한 작업이란 말이 의미하는 바와 같이 불규칙한 작업의 형태가 매우 다양하고 복잡하기 때문에 이에 대한 위험요인을 일일이 파악하거나 개선대책을 수립한다는 것이 쉽지 않기 때문일 것이다. 그러나 산업위생학적 접근 방법은 대상이 다양하다고 하더라도 기본적으로 위험요인의 인식과 파악, 측정과 평가, 그리고 개선대책의 수립이라는 틀에서 근로자의 건강을 보호하는 목적이나 기준을 바탕으로 이루어지므로 불규칙적 작업에 대한 작업관련성 질환의 예방과 작업환경 및 조건의 개선도 마찬가지 일 것이다. 최근에는 사업장의 차원에서 문제를 파악하고 이를 개선하기 위한

체제를 구축하는데 경영시스템적 접근이 주목을 받고 있다. 환경 및 안전보건 분야에도 경영시스템의 방법이 개발되어 이미 지침이나 인증시스템으로 나와 있다. 앞의 시간에서 논의된 작업관련성 질환에 대한 사업장내 관리프로그램도 이러한 방법의 하나로 분류될 수 있을 것이다. 불규칙적인 작업도 큰 틀에서의 접근방법은 동일할 것이다. 다만, 불규칙적인 작업의 특성에 맞는 측정평가 방법과 관리방법에 우선 순위를 두는 정도가 다를 것이다. 따라서 이번 시간에는 불규칙적인 작업에 대한 특성과 불규칙적인 작업에서의 대표적인 작업관련성 요인에 대해 산업위생학적 측정 및 평가 방법을 소개하고자 한다.

II. 불규칙한 작업에서의 작업관련성 위험요인

1. 불규칙한 작업의 개념과 종류

불규칙한 작업에 대해서 일반적으로 합의된 정의나 분류는 없다. 규칙적인 작업에 대한 상대적인 개념 정도로 본 세미나에서는 일반적으로 논의되고 있는 정규 인간공학적 관리프로그램으로 다루기에 부적절한 작업이나 공정을 망라하기 위하여 작위적으로 분류한 것이다. 즉, 앞에서 비교적 사업장에서 정상적 또는 상시적으로 이루어지는 작업에 대한 작업관련성 질환의 위험요인에 대한 예방프로그램을 다루었으므로 그 부분을 제외한 작업형태에 대해 포괄적으로 작업관련성 질환에 대한 측정 및 평가와 개선방안을 다루기 위한 것이다.

불규칙한 작업이란 관점에 따라 여러 가지로 분류할 수 있을 것이다. 산업위생분야에서 작업관련성 질환을 염두해 두고 불규칙한 작업을 분류하기 위한 기준은 대개 다음과 같은 것이 있다.

- 단위 작업당 작업시간이 짧은 것으로 불규칙적인 작업
 - 단위 작업당 작업시간이 길지만 간헐적으로 있는 작업
 - 작업회수나 지속시간을 예측하기 어려운 것
 - 작업자의 업무가 다양한 것
 - 작업자가 사전에 미리 해야 할 일의 구체적 내용을 알지 못하는 작업
- 불규칙적인 작업은 일일이 파악이 불가능할 정도로 다양하지만 대표적인 불

규칙한 업종이나 직종의 예를 든다면 다음과 같은 것들이 있을 것이다.

- 건설업에서의 단순노역작업
- 공무/UT부서의 점검 및 시설보수작업
- 서비스업에서의 물건하역작업
- 소규모 영세작업장의 작업

이 세미나에서는 위와 같은 특수한 업종에 대한 관리보다는 사업장내에서 정상적이고 규칙적인 작업이외의 작업들에 대한 관리방안, 즉 앞의 주제에서 포함되지 못한 작업들의 위험요인에 대하여 보완하는 의미에서 불규칙한 작업의 측정평가와 개선방안에 주안점을 두고 있다. 따라서 비교적 일정한 작업조직과 생산관리시스템이 있는 사업장내의 불규칙한 작업으로 범위를 국한해 보면 불규칙한 작업은 작업내용이 다양한 부서나 라인조직을 지원하는 부서, 또는 시간에 따른 작업내용이 수시로 바뀌거나 예측이 불가능한 작업등이 해당된다. 그 외에 현장에서는 불가피하게 작업자의 자신의 고유업무와 무관하게 물체를 들어 올리거나 내리는 작업 또는 무리한 동작이나 자세를 취하게 되는 작업이 많이 있다. 이러한 작업은 정상적인 작업이 아니므로 보통의 위험성평거나 조사에서는 누락되기 쉬우며, 적절한 관리방안이 수립되지 않고, 교육도 제대로 이루어지지 않는 경우가 많다.

그런 의미에서 불규칙한 작업이란 ‘정상적인 작업이외의 모든 작업’이라고 할 수 있으며, 이러한 작업 중에서 ‘작업관련성 질환의 위험이 있는 작업’이 이번 시간의 논의대상이다. 불규칙적 작업이든 규칙적 작업이든 사실상 작업관련성 질환을 유발하는 구체적 요인은 같으며, 다만 불규칙적 작업에서는 단순 반복작업보다는 주로 다음과 같은 요인이 더 심각한 문제일 것으로 보인다.

- 물체를 들거나 내리는 작업
- 과도한 힘을 주는 작업
- 무리한 동작을 요구하는 작업
- 부자연스러운 자세

특히, 사전에 이에 대한 교육이나 홍보가 부족한 상태에서 관리감독도 제대로 이루어지지 않는 경우가 많으므로 별다른 생각 없이 무거운 물체를 드는 일은 주위에서 흔하게 발생된다. 또한 물체를 이동한다거나 오랫동안 쓰지 않던 밸브를 개폐하는 작업등은 현장에 적절한 공구나 기구가 없는 경우가 많아

수작업으로 하는 경우가 많고 이때 무리한 힘을 주게 되는 경우가 있다. 기계 밑이나 좁은 통로로 들어가는 일 등도 불규칙적인 작업관련성 질환의 위험작업이라고 할 수 있다.

2. 불규칙한 작업에서의 작업관련성 질환의 위험요인

불규칙한 작업에서 작업관련성 질환은 크게 급성과 만성으로 분류할 수 있다. 급성이란 사고성 재해로 주로 단일 작업으로 인한 건강장해를 말하며, 만성이란 단순반복 작업과 같이 장기간동안 위험요인에 노출되어 서서히 건강장해가 진행되는 것을 말한다. 급성과 만성은 명확하게 구분될 수는 없지만 일반적인 질환의 경우, 원인에 노출되어 2주 이내에 질환이나 증상으로 발현되는 경우를 보통 급성질환이라 하며, 원인에 노출된 후 질환이나 증상으로 발현되기까지 2주 이상 걸리는 질환을 만성으로 분류한다. 작업관련성 질환 중에서 대표적인 급성 장애는 요통을 예로 들 수 있으며, 만성적 장애는 누적외상성 질환이 전형적인 예가 될 수 있을 것이다.

불규칙한 작업도 계속 반복되면 작업강도나 위험의 수준이 낮다고 하더라도 만성적 작업관련성 질환을 유발할 것이다. 그러나 사업장에서 비록 시간적으로 불규칙한 작업이라고 하더라도 지속적으로 반복되는 경우에는 앞의 시간에서 다룬 바와 같이 측정과 평가, 그리고 개선방안에 대한 적절한 관리프로그램을 운용해야 할 것이다. 따라서 불규칙적 작업에서의 위험요인은 일차적으로 사고성 작업관련성 질환을 유발하는 요인이 될 것이다.

작업관련성 위험요인에 대해서 1990년 Armstrong은 반복(Repetitiveness), 힘(Forcefulness), 접촉(Contact Stresses), 작업자세(Work Postures), 저온(Low Temperature), 진동(Vibration) 과 같은 6가지 요인을 꼽았다. 반복과 관련된 요인으로는 작업속도, 작업량, 시간당 작업회수 및 표준시간 등을 들었으며, 작업주기(cycle time)가 30초 미만이고, 하나의 작업단위의 50% 이상인 작업은 고위험도의 반복작업으로 분류하였다. 힘과 관련된 요인으로는 드는 작업, 미는 작업, 당기는 작업, 공구이용 조립작업 등이 있다고 하였다. 접촉의 관련요인으로는 작업대, 키보드, 작업공구 및 가위 사용으로 인한 손목, 손바닥, 또는 상완 등의 국소적인 신체 압박이라고 하였으며, 작업자세와 관련된 요인으로는 집는 작업(pinch), 쥐는 작업(power grip), 팔을 드는 작업, 팔뚝기 작업(reaching over head or behind the torso), 손목이 비틀리는 작업

(deviation), 숙이는 작업/젖히는 작업(flexion/hyper -extention), 팔꿈치를 펴는 작업(extreme elbow flexion), 그리고 팔을 비트는 작업(forearm rotation) 등이 있다고 하였다.

한편, 1997년 미국국립안전보건연구원(National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH)에서는 2000건 이상의 관련 역학조사 결과를 검토하여 신체부위별 장애와 작업관련요인의 연관성에 대하여 <표 1>과 같은 연구결과를 발표하였다.

불규칙한 작업에서 작업관련성 위험요인은 대개 힘을 많이 주는 작업이나 정상적인 작업이 아닌 비정상적인 작업으로 인한 부자연스러운 작업자세가 많은 특징이 있으므로 <표 1>에서 보면 대부분의 신체부위에 대한 장애에 관련이 있음을 알 수 있다. 다만 <표 1>에서 나타난 신체부위별 장애는 해당작업이 일정수준이상으로 과도하게 나타나는 경우이므로 간헐적이고 불규칙한 작업이 모두 이와 직접관련이 있다고는 볼 수 없을 것이다.

일차적으로 불규칙한 작업에서 자료 질환의 위험요인은 힘과 자세가 주요요인이 될 것이며, 관련 요인을 요약하면 <표 2>와 같다.

<표 1> 신체부위별 장애와 작업관련요인의 연관성(NIOSH, 1997)

신체부위	증거		
	매우 확실함 (strong evidence)	보통 (evidence)	불확실함 (insufficient evidence)
목과 목-어깨 부위	자세	반복 힘	진동
어깨 부위	-	자세 반복	힘 진동
팔꿈치 부위	자세-반복-힘의 혼합	힘	반복 자세
손 및 손목부위의 수근관증후군 (Carpal tunnel syndrome)	자세-반복-힘의 혼합	반복 힘 진동	작업자세
손 및 손목부위의 건초염 (Tenosynovitis)	자세-반복-힘의 혼합	반복 힘 자세	-
손 및 손목부위의 진동증후군 (Vibration syndrome)	진동	-	-
허리부위	드는 작업	힘 진신진동 자세 부하	정적인 작업

<표 2> 불규칙한 작업에서의 주요 자료 위험요인

요인	작업	주요 신체 부위	세부요인	권고기준
힘	드는 작업 (중량물 취급작업)	허리	물체의 무게 물체의 수직위치 물체의 수평위치 물체의 부피 물체의 손잡이 들어올리는 높이 들고 이동하는 거리 작업량(단위시간당 드는 건수) 총작업량 작업자 자세(드는 자세) 작업자 자세(허리를 비트는 자세) 작업자의 체력 작업자의 사전준비 바닥/온도 등 작업조건	ILO의 협약 NIOSH의 AL NIOSH의 MPL NIOSH의 RWL NIOSH의 LI
	밀거나 끄는 작업	허리	물체/이동체의 무게 바닥과 물체/이동체의 마찰력 물체/이동체의 손잡이 작업량(단위시간당 드는 건수) 총작업량 작업자 자세 작업자의 체력 작업자의 사전준비 바닥/온도 등 작업조건	-
	기타 과도한 힘을 주는 작업	손목 팔 허리	작업에 요구되는 힘 대상의 손잡이 적절한 공구 작업자 자세 작업자의 체력 작업자의 사전준비 바닥/온도 등 작업조건	-

(<표 2> 불규칙한 작업에서의 주요 자료 위험요인(계속))

요인	작업	주요 신체 부위	세부요인	권고기준
자세 (전신)	위로 보는 자세	목 어깨 팔 허리	작업강도 적절한 공구 공간의 크기 받침대 작업자 자세 작업자의 체력 작업자의 사전준비 바닥/온도 등 작업조건	-
	구부리는 작업	허리 목 어깨 팔	작업강도 적절한 공구 공간의 크기 받침대 작업자 자세 작업자의 체력 작업자의 사전준비 바닥/온도 등 작업조건	-
	기타 부자연스러 운 자세	허리 목 어깨 팔	작업강도 적절한 공구 공간의 크기 작업자 자세	-

III. 다른 요인에 대한 unusual work evaluation method(Excursion Limit, STEL, C로부터의 암시)

(1) 물리적 강도와 건강장해와의 관계

전통적으로 산업보건분야에서 비정상적인 작업이나 단시간의 작업으로 인한 유해위험요인의 측정·평가 및 관리방안은 중대한 관심사 중의 하나였다. 앞에서 본 바와 같이 아직까지 작업관련성 요인에 대해서는 단시간 노출에 대한 기준은 물론 장시간노출 기준도 확립되지 않았다. 그러나 사업장에서는 그러한 방법이 확립되고 기준이 설정되기만 기다릴 수는 없다. 따라서 사업장 나름대로 작업특성과 위험요인을 감안하여 적절한 측정평가방안과 관리방안을 수립해야 한다.

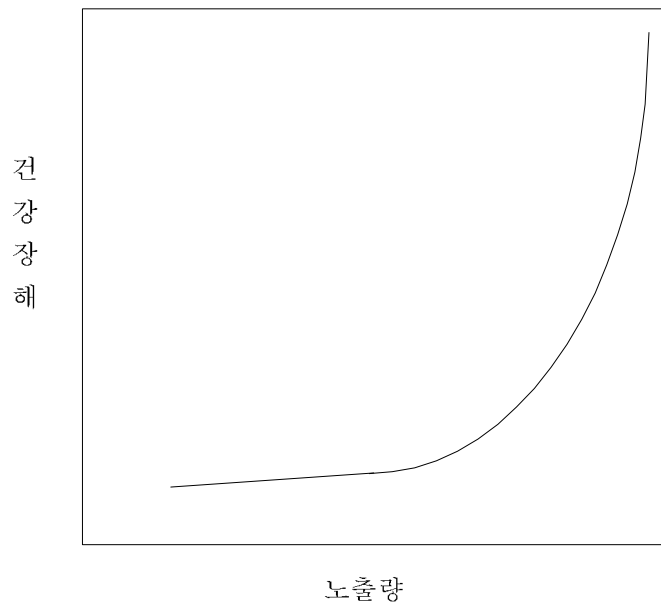
이러한 관리방안은 크게 보면 산업위생학적 관리의 틀에서 이루어지므로 비록 그 대상이 다르다고 할지라도 지금까지 노출기준이나 평가방안이 비교적 정교하게 발달한 물리적 요인이나 화학적 요인에 대한 기준 및 평가방안을 참고할 수 있을 것이다. 물리적 인자에 대한 노출기준은 이미 잘 알려진 바와 같이 노출강도에 따라 노출시간을 설정하는 방법을 설정하고 있다. 소음의 경우 노출강도가 2배 증가하면 노출시간을 반으로 제한하고 있다. 물론 노출강도가 2배 증가하는 것이 어떤 것인지는 별도로 설정되어 있다. 이를 Exchange Rate라고 하며, 우리나라의 경우 5 dB, 미국 ACGIH의 경우 3 dB로 설정되어 있다. 이와 같이 강도가 증가함에 따라 노출시간은 반으로 줄어든다.

소음이나 방사선 등과 같이 물리적 요인에 대한 노출량과 건강장해 요인과의 양-반응관계는 <그림 2>와 같은 관계를 보이는 경향이 있다. 작업요인도 이와 비슷한 경향을 보일 것으로 추정된다. 일정한 수준이하의 정상적인 작업에서 작업관련성 위험요인은 거의 없거나 무시할 만하다. 그러나 노출빈도가 많아지거나 힘의 강도가 일정이상으로 급격히 증가하거나, 자세의 부자연스러움이 일정한 한도를 넘으면 인체에 대한 부담은 급격히 증가하고 이로 인하여 인체는 건강장해가 나타나며 조직이나 기관에 급격한 손상을 초래하여 작업관련성 질환의 형태로 발전하게 된다.

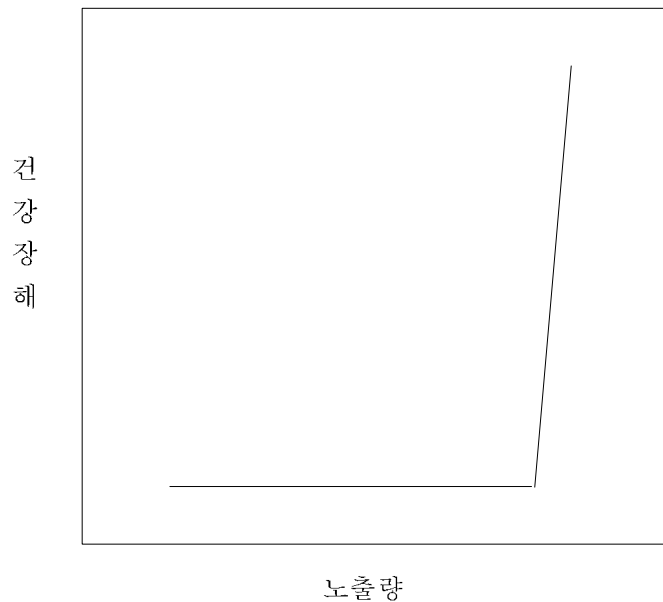
이러한 양-반응관계에 있는 위험요인은 단시간의 노출에서도 노출강도나 작업강도가 큰 경우에는 곧바로 건강장해로 연결되므로 위험성이 큰 경우

가 많다. 극단적인 경우 <그림 2>에서 보는 바와 같이 일정한 임계치를 넘으면 인체에 심각한 건강장애가 발생된다.

일반적인 사업장의 경우, 이러한 요인이나 관련작업은 보통 요통과 관련된 중량물의 취급, 즉, 무거운 물체를 들거나 내리는 작업 또는 무거운 물체나 이동체를 밀거나 끄는 작업을 들 수 있다. 간헐적으로 잘 열리지 않는 밸브를 개폐한다거나 손잡이를 돌리는 경우, 기계나 설비의 뚜껑이나 문을 개폐하는 작업, 부품을 교체하는 작업등의 예가 있으며, 기계나 설비의 사이 또는 밑으로 들어가 점검이나 부품의 교환 또는 수리를 하는 경우에 신체 조직이나 기관에 심각한 손상을 입을 수 있다.



<그림 1> 작업관련성 요인의 노출량과 건강장애와의 관계 모식도(추정)



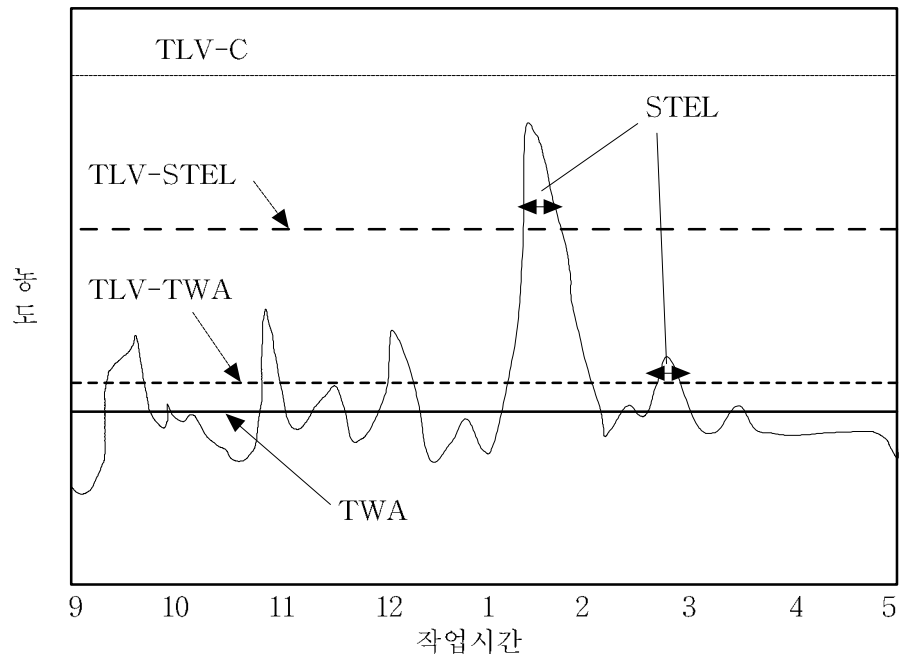
<그림 2> 사고나 재해성 질환의 노출량과 건강장해와의 관계 모식도(추정)

(2) 화학적 요인에 대한 단시간 노출농도

일반적으로 화학적 요인은 인체에 흡수 또는 침투된 총량이 문제가 되므로 작업시간동안의 시간가중평균(time weighted average, TWA) 농도가 중요한 지표로 사용된다. 그러나 자극성이 있거나 마취효과가 있거나 또는 한번 건강장해를 입으면 회복이 잘 되기 어려운 경우에는 짧은 시간에 고농도를 노출되는 것이 더 위험할 수도 있다. 이러한 경우에는 장시간의 시간가중평균 노출농도보다 단시간의 노출농도가 더욱 중요하다. 따라서 일반적으로 화학물질의 노출농도는 TWA이외에 다음과 같이 STEL(short term exposure limit, 단시간노출농도)이나 C(ceiling, 천정치 또는 최고치)의 기준치를 설정해 놓는 경우가 있다.

<표 3> ACGIH TLV의 시간대별 노출기준의 종류와 의미

노출기준	의미
시간가중평균치(TWA; Time Weighted Average)	1일 8시간, 1주일 40시간에 대한 평균 농도로서 거의 모든 근로자가 나쁜 영향을 받지 않고 폭로될 수 있는 농도
단시간노출기준(STEL; Short Term Exposure Limit)	작업환경 중의 유해물질농도가 시간가중평균치기준(TLV-TWA) 이하라고 하더라도 짧은 시간(대개 15분)동안 노출농도가 높은 경우에 i)자극, ii) 만성 또는 불가역적 조직장해, 그리고 iii) 마취 등으로 인하여 사고유발, 자기구조능력 저하 및 작업능률 저하 등을 , 일으키는 화학물질에 대하여 단시간 동안의 노출 기준을 설정한 농도. 따라서 만성적인 건강장해를 예방하기 위하여 TLV-TWA를 초과하지 않아야 하며, STEL기준이 있는 경우 고농도로 노출될 때의 15분 동안의 평균농도가 STEL값을 초과해서는 안된다. 환경농도가 TLV-TWA를 초과하고 TLV-STEL이하일 경우는 1회의 노출지속시간이 15분 이하이어야 하고, 이런 경우(TWA초과, STEL이하)가 1일 4회 이하이어야 하는데, 한번 이런 경우가 발생하면 최소한 60분이상은 TWA이하라야 한다.
천정치(C; Ceiling)	작업시간중 잠시라도 초과되어서는 안되는 농도. 자극성 가스나 독성이 빠른 물질에 적용
허용기준의 상한치(Excursion Limit)	STEL이 설정되어 있지 않은 경우. 단시간 동안 농도변이의 상한치에 대한 기준 - TLV-TWA의 3배: 30분 이하 - TLV-TWA의 5배: 잠시도 초과해서는 안된다.



<그림 3> 화학적 유해물질의 시간별 농도변이와 시간대별 노출기준.

불규칙한 작업의 작업관련성 위험요인에 대해서도 화학적 요인의 노출 기준과 마찬가지로 유형을 설정할 수 있을 것이다. 현재 작업관련 요인에 대해서는 기준이 설정되어 있는 것이 많지 않으므로 당장 단시간의 노출기준을 설정하거나 추정하는 것은 어렵지만 산업보건실무자나 관리자 특정한 공정이나 사업장의 작업기준이나 관리기준 또는 평가기준을 설정할 때 불규칙한 작업에 대한 접근방법의 실마리를 제공해 줄 수 있을 것이다.

예를 들어, 일단 작업관련성 요인에 대한 기준이 설정되면 잠시라도 초과해서는 안 되는 Ceiling이나 Excursion Limit의 개념을 가지고 보면 될 것이다. 다음 장에서 소개하고자 하는 NIOSH 중량물 취급기준의 AL에 대하여 MPL은 Ceiling에 해당되는 것이라고 볼 수 있다. 마찬가지로 RWL이 계산되면 단시간의 작업에 대해서 최대허용기준은 3 RWL로 설정을 한다든지 30분

을 초과하지 않는 작업의 경우는 3 RWL로 설정하고 Ceiling값으로 5 RWL을 설정하는 등의 임시관리기준을 수립할 수 있을 것이다.

특히 단시간 노출기준(STEL)이 조건은 불규칙한 작업의 평가나 관리방안에 대해 시사하는 바가 크다. 단시간 노출기준의 경우, ① 15분 동안의 평균 노출농도가 이 기준을 초과하지 않아야 하며, ② 15분 이내지만 이 기준을 초과하는 경우는 하루에 4번을 초과하지 않도록 해야 하며, ③ 15분 이내라고 하더라도 이 기준을 초과한 후 다시 최고치가 이 기준을 초과하는 사이의 간격이 한시간은 되어야 한다고 되어 있다. 불규칙한 작업에 작업관련성 위험요인이 있는 경우 이 세 가지 조건과 유사한 기준의 관리방안을 설정하고 이를 초과하는지 여부를 측정·평가하는 방법이 개발될 수 있을 것이다. 세 가지 조건이란

- 단시간의 작업강도,
- 작업강도가 단시간이내에 기준을 초과할 경우, 1일 총 빈도의 제한
- 작업강도가 단시간이내에 기준을 초과할 경우, 이러한 경우의 시간간격 제한을 말한다.

IV. 불규칙한 작업의 위험요인의 식별과 평가방안(특정 작업/공정의 평가방법)

1. 불규칙한 작업의 평가주안점

작업환경측정이나 평가는 현실적으로 대개 어느 시점, 즉 어느 정해진 단기간에 이루어진다. 특히, 외부 전문가나 기관에 의한 평가는 단기간에 모든 평가가 끝나기 쉬우며, 이러한 평가는 대개 정상적인 작업이나 대표적인 생산라인과 공정에 대해서만 평가가 이루어지기 쉽다. 보통 불규칙적으로 이루어지는 작업은 측정이나 평가가 이루어지는 기간에 작업자체가 아예 없는 경우가 많고, 워낙 다양해서 일일이 이러한 작업을 측정·평가한다는 것도 어려우며, 정상적인 작업이 아니라는 이유로 평가대상에서 제외되거나 무시되는 경우가 보통이다. 이러한 경향은 사업장내에 안전보건팀이나 보건관리자가 있는 경우도 마찬가지다.

따라서 불규칙한 작업을 평가하기 위해서는 먼저 불규칙한 작업을 파악

하고 불규칙한 작업에 대한 직무분석(Job Analysis)을 실시하여야 할 것이다. 따라서 반드시 직무분석시 일상적인 업무와 간헐적인 업무를 분리하여 조사할 필요가 있다. 보통 직무분석은 일반적으로 작업관련성 요인을 분석하기 위해서 일상적인 작업을 중심으로 이루어지기 때문이다.

2. 요인의 위험도 평가방법

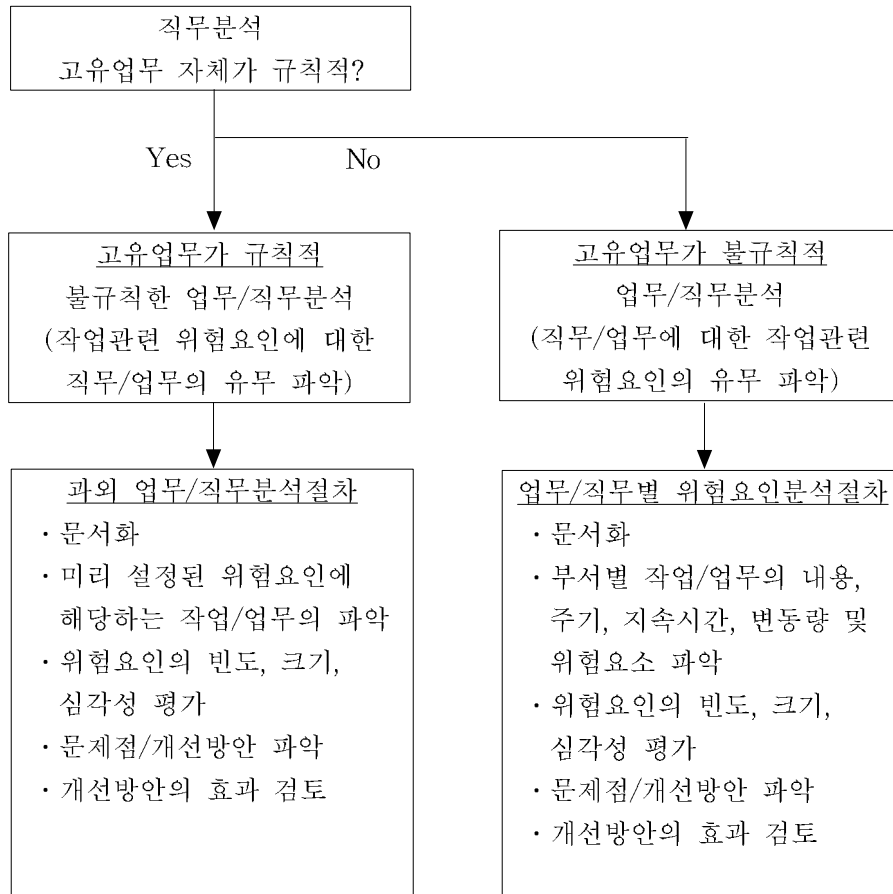
(1) 불규칙한 직무의 파악

불규칙한 작업은 다음 두 가지의 경우가 있으며, 각각의 경우에 대한 요인의 파악, 측정평가 그리고 개선방안이 다르다.

- ① 본연의 업무가 불규칙적인 경우: 해당 부서 본연의 업무지만 작업 대상과 범위 그리고 내용이 복잡하거나 시간별 변동이 크기 때문에 불규칙한 작업으로 분류되는 경우
- ② 본연의 규칙적 업무이외에 불규칙한 업무가 있는 경우: 해당 부서 고유의 정상적인 작업은 일정하게 있으나 간헐적으로 중량물의 취급이나 기계나 설비의 고장수리/점검 등으로 인한 위험요인이 있는 경우

각각에 대한 위험요인을 파악하는 방법은 기본적으로 같지만 ①번과 같이 본연의 업무자체가 불규칙한 경우는 업무를 먼저 분석하고 각각의 업무에서 작업관련성 위험요인이 있을 것으로 추정되는 업무를 중심으로 위험요인을 식별해 낸다.

반면에 ②번과 같은 경우에는 일상적인 직무분석을 하게되면 간헐적으로 일어나는 과외의 업무는 무시되기 쉽기 때문에 과외의 불규칙한 업무로 인한 위험요인도 무시되기 쉽다. 또한 불규칙한 업무의 내용이 천차만별이기 때문에 구체적인 업무내용을 일일이 파악하기도 어렵고, 현장 조사시 과외의 업무가 워낙 간헐적으로 이루어지는 경우가 많기 때문에 누락되기 쉽다. 따라서 과외의 업무에 대해서는 <표 4>의 예에서 보는 바와 같이 작업관련성 위험요인을 중심으로 그러한 위험과 관련이 있는 작업이 있는지 조사하는 것이 효과적이다.



<그림 4> 불규칙한 작업의 종류에 따른 위험요인의 파악방법.

<표 4> 위험요인에 해당하는 과외의 작업/직무 유무의 조사표

부서		작성자		
위험요인	작업 내용	위험도		
		물체무게	빈도	자세
1. 중량물 - 원료나 부품 조달? - 무거운 기계/공구 - 제품 - 기타				
2. 밀기/끌기 작업 - 카트 - 운반차량 - 박스/짐 밀기 - 문 여닫기 - 기타				
3. 자세 - 기계점검/수리 - 청소 - 기타				
4. 힘 - 밸브나 뚜껑열기 - 기계조작 - 기타				

(2) 위험도 평가

불규칙한 작업이 본연의 업무든 과외의 업무든 일단 작업관련성 질환을 유발할 만한 위험요인이 존재하면 각 요인에 대해 구체적인 위험도의 크기와 우선 순위를 파악해야 한다. 위험도의 크기와 우선순위는 ISO 14001이나

OHSAS 18001과 같은 환경 및 안전보건경영시스템에서 계획을 수립할 때의 첫 번째 단계, 즉 환경경영시스템에서는 ‘측면파악’이라 하고 안전보건경영시스템에서는 ‘유해위험도의 인식, 평가, 개선계획의 수립’이라 하는 단계의 방법을 사용하면 된다. 유해위험요인의 인식, 평가 개선계획의 수립은 업무나 직무별 작업관련성 질환과 관련된 요인의 목록을 작성하고 각 목록에 대하여 강도, 빈도, 영향의 심각도, 이해관계자의 관심도 및 법적 책임 수준에 대하여 1~5점까지 점수를 부여하는 방식을 통하여 이루어진다. 각각의 점수를 합산하여 가장 높은 점수가 나온 요인이 중요한 요인이며, 관리의 우선 대상이 된다.

<표 5> 위험요인에 파악과 우선순위 결정하기 위한 평가표의 예

부서		작성자					
업무/직무	위험요인	영향평가(1-5점)					
		강도	빈도	건강장애 심각성	이해당사 자 관심도	법적 책임	합계
1. 원료공급	중량물 내리기						
	중량물 적재						
2. 후공정라인 으로 공급	떨기						
3. 고장수리	자세						
4. 기계청소	무리한 힘						
	자세						

이러한 과정을 통하여 불규칙적인 작업 중에서 작업관련성 위험요인을 파악할 수 있는 것은 물론이고 각 요인의 우선순위와 빈도나 강도, 건강영향의 심각성, 이해관계자의 관심도, 법적 요구사항 등의 개별 우선순위도 파악할 수 있다. 이러한 자료는 경영자나 관리자 또는 현장의 근로자들에게 문제를 설명하고 논의하는데 매우 유용하다.

V. 개별 위험에 대한 정량적 평가

개별 위험요인이란 중량물 취급작업, 작업자세, 힘 등의 요인을 말하며, 개별 요인에 대한 정량적인 평가란 작업의 위험도를 허용기준이나 최대 기준치와의 상대적인 수준으로 비교·평가하는 것을 말한다. 작업관련성 질환을 유발하는 요인에 대한 정량적 평가방법은 그다지 많이 알려지지 않았다. 현재까지 그런대로 적용이 가능한 개별 작업의 평가방법은 다음 두 가지 정도이다.

- ① 중량물 취급작업에서 요통을 예방하기 위하여 NIOSH의 중량물 취급기준.
- ② 힘을 가하여 작업에서 작업시 요구되는 힘이 육체적 최대의 힘에 비하여 몇 %인지 즉, 작업강도가 얼마인지에 따라 최대 작업시간을 산정하는 방법.

1. NIOSH의 중량물 취급기준

(1) AL(action limit, 조치기준)

- 미국 NIOSH(1981)에서는 좀더 과학적인 기준을 설정하기 위하여 여러 분야의 전문가들로 연구팀을 구성하고 약 4년간 400여 편의 연구논문을 검토

- 역학 전문가 : 근육·골격 장애에 관한 역학조사 자료 검토
- 인간공학 전문가 : 생물역학(biomechanics)적인 면의 검토
- 생리학자 : 노동생리(work physiology)분야 검토
- 정신물리학 전문가 : 정신물리학적(psychophysical)기준 검토

- NIOSH 감시기준 적용범위

- ① 보통 속도로 두 손으로 들어올리는 작업이라야 한다. 만약 빠른 속도로 들어올리면 가속도가 작용하므로 본 기준을 적용할 수 없다.
- ② 물체의 폭이 75cm 이하로서 두 손을 적당히 벌리고 작업할 수 있어야 한다.
- ③ 물체를 들어올리는 자세가 자연스러워야 한다.
- ④ 신발이 작업장 바닥에 닿을 때 미끄러지지 않아야 하며, 손으로 물체를 잡을 때 불편이 없어야 한다. 박스(box)인 경우는 손잡이가 있어야 한다.

⑤ 작업장 내의 온도가 적절해야 한다.

- NIOSH 기준에 영향을 미치는 요인

- ① 물체의 무게
- ② 물체의 위치, 즉 사람과 물체와의 거리
- ③ 물체의 높이, 즉 바닥으로부터 물체가 처음 놓여 있는 장소의 높이
- ④ 물체를 들어올리는 거리
- ⑤ 작업의 빈도
- ⑥ 작업시간

- 근육·골격 장애는 다음과 같은 네 가지 경우에 많이 발생

- ① 무거운 물체를 취급할 때
- ② 부피가 큰 물체를 취급할 때
- ③ 물체가 바닥에 놓여 있을 때
- ④ 작업의 빈도가 높을 때

- NIOSH의 권고치

$$AL(kg) = 40 \left(\frac{15}{H} \right) \left(1 - 0.004 |V - 75| \right) \left(0.7 + \frac{7.5}{D} \right) \left(1 - \frac{F}{F_{\max}} \right)$$

H(horizontal location):

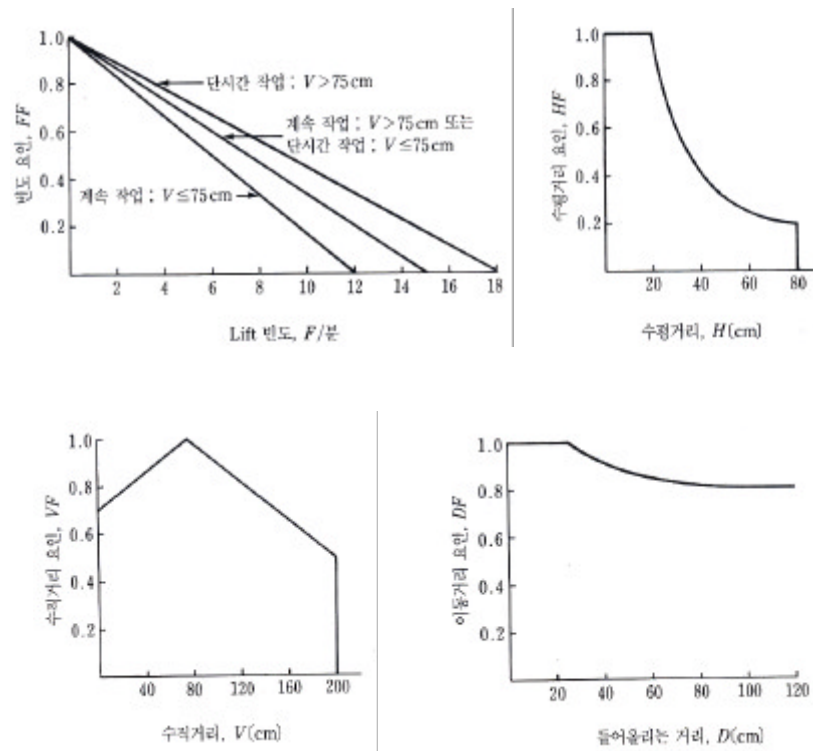
V(vertical location):

D(vertical travel distance):

F(frequency, #/min)

<표 6> 작업시간과 물체의 수직거리(V)에 따른 중량물 취급작업의 최빈수(Fmax)

작업시간	최빈수, Fmax (회/분)	
	V>75 cm	V≤75cm
1 시간	18	15
8 시간	15	12



<그림 5> 각 요인이 NIOSH 권고기준에 미치는 영향

(2) MPL(Maximum Permissible Limit)

- 역학조사 결과, 대부분의 근로자에게서 근육, 골격장애가 나타나는 기

준

- 생체역학적 연구결과, L5/S1 disc에 6400N의 힘이 걸리는 기준
- 작업생리학 연구결과, 에너지소비량 5 kcal/min을 초과하는 기준
- 정신물리학적 연구결과, 남자 근로자의 25%미만, 여자근로자의 1%미만만이 문제없이 작업 가능한 기준

$$MPL = 3AL$$

(3) RWL(Recommended Working Limit)

$$RWL(kg) = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$$

LC(load constant):

HM(horizontal multiplier): $\frac{25}{H}$

VM(vertical multiplier): $1 - (0.003|V - 75|)$

DM(distance multiplier): $0.82 + \left(\frac{4.5}{D}\right)$

AM(asymmetric multiplier): $1 - (0.0032A)$

FM(frequency multiplier):

CM(coupling multiplier):

<표 7> 작업빈도에 따른 승수

작업빈도/분 <i>F</i>	작업시간에 따른 승수					
	1시간 이하		1~2시간		2~8시간	
	<i>V</i> < 75*	<i>V</i> ≥ 75	<i>V</i> < 75	<i>V</i> ≥ 75	<i>V</i> < 75	<i>V</i> ≥ 75
≤0.2	1.00	1.00	.95	.95	.85	.85
0.5	.97	.97	.92	.92	.81	.81
1	.94	.94	.88	.88	.75	.75
2	.91	.91	.84	.84	.65	.65
3	.88	.88	.79	.79	.55	.55
4	.84	.84	.72	.72	.45	.45
5	.80	.80	.60	.60	.35	.35
6	.75	.75	.50	.50	.27	.27
7	.70	.70	.42	.42	.22	.22
8	.60	.60	.35	.35	.18	.18
9	.52	.52	.30	.30	.00	.15
10	.45	.45	.26	.26	.00	.13
11	.41	.41	.00	.23	.00	.00
12	.37	.37	.00	.21	.00	.00
13	.00	.34	.00	.00	.00	.00
14	.00	.31	.00	.00	.00	.00
15	.00	.28	.00	.00	.00	.00
>15	.00	.00	.00	.00	.00	.00

* 단위 : cm

<표 8> 물체, 손잡이, 홈의 규격 및 취급의 안이도 승수

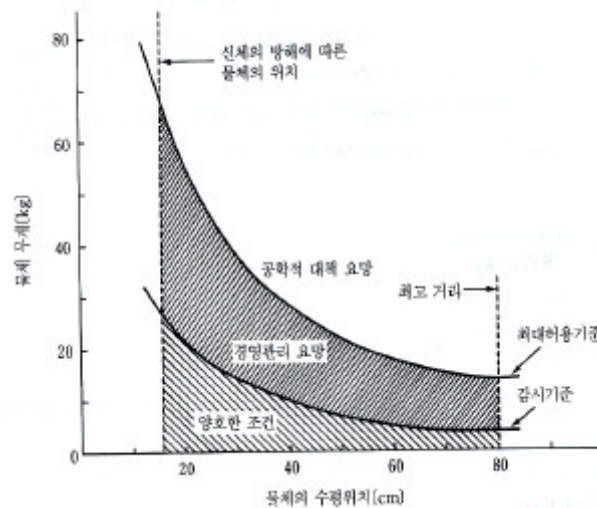
물체 또는 손잡이		V 값에 따른 승수	
상태	규격	$V < 75 \text{ cm}$	$V \geq 75 \text{ cm}$
양호 (good)	① 손잡이 : 직경 1.9~3.8 cm, 길이 11.5 cm 이상, 물체로부터의 간격 5 cm 이상 ② 손잡이 홈 : 폭 3.8 cm 이상, 길이 11.5 cm, 반난형(半卵形) ③ 물체 : 폭 40 cm 이하, 높이 30 cm 이하 ④ 물체를 아래에서 손가락으로 90도 정도로 잡을 수 있음.	1.00	1.00
보통 (fair)	① 물체는 적절하나, 손잡이나 홈이 없거나 적정 규격에 미달함. ② 적정 규격의 물체로서 손잡이나 홈이 없으나, 물체를 들 때 손이 90도로 구부러짐.	0.95	1.00
불량 (poor)	① 적정 규격에 미달되는 물체 ② 견고하지 않은 백	0.90	0.90

<표 9> 물체의 위치에 따른 수평거리

물체의 위치	수평거리 (cm)
$V \geq 25 \text{ cm}$	$H = 20 + W/2$
$V < 25 \text{ cm}$	$H = 25 + W/2$

(4) LI(Lifting Index)

$$LI = \frac{\text{Load Weight}}{\text{Recommended Weight Limit}} = \frac{L}{RWL}$$



<그림 6> 수평거리(H)에 따른 NIOSH AL과 MPL 및 관리방안

2. 국소피로를 예방하기 위한 최대 힘의 강도와 작업지속시간

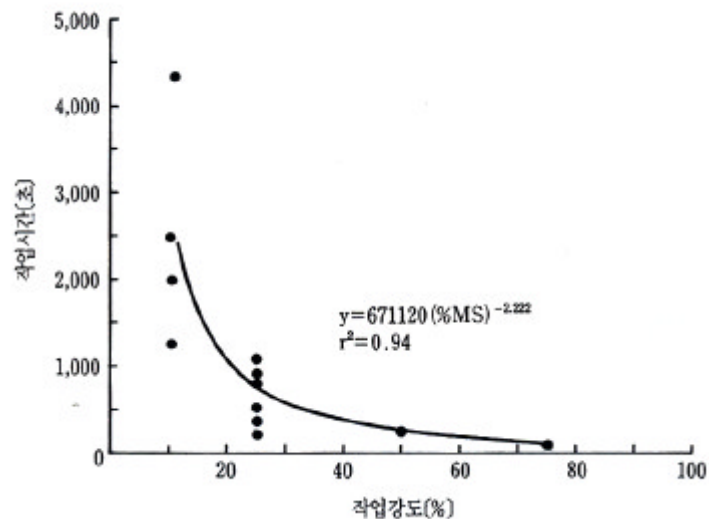
근육의 에너지가 고갈되거나 노폐물이 쌓이는 경우 또는 조직의 손상이나 파괴가 일어나는 경우 국소피로가 발생된다. 국소피로가 반복되면 결국은 작업관련성 질환으로 이행될 가능성이 커진다. 따라서 국소피로를 예방하기 위해서는 일을 하는데 요구되는 힘의 정도에 따라 작업지속시간을 제한하고 근육의 피로가 회복될 수 있도록 휴식시간을 주어야 한다.

최대 작업지속허용시간은 근육이 발휘할 수 있는 최대 힘과 작업에 요

구되는 힘의 크기에 의해 좌우된다고 한다.

1984년 Armstrong은 단일작업에 대하여 국소피로를 예방하기 위한 최대 작업시간을 산출하기 위한 실험을 통하여 다음과 같은 연구결과를 얻은 바 있다.

- o 근육의 최대 힘: 4분 동안 국소피로를 유발하지 않고 지속할 수 있는 최대 힘이 이론적 최대 근육 힘의 75%로 가정
- o 이론적 최대 근육 힘의 50%, 25%, 10%에서 힘을 지속시킬 수 있는 최대 시간을 측정



<그림 7> 작업강도와 허용작업시간.

<그림 7>은 Armstrong이 실험한 결과이며, 이 실험결과로부터 작업강도를 다음과 같이 정의할 때, 적정작업시간은 다음에 있는 식과 같이 정의될 수 있다.

$$(\%) = \frac{\text{Required Force}}{\text{Max. Strength}} \times 100$$

$$(\quad) = 671,120 \times (\%MS)^{-2.222}$$

물론 위 식에서 제시된 상수는 <그림 7>의 실험으로부터 얻어진 것이므로 다른 작업자나 작업조건에 대해서는 정확하게 맞지 않을 것이다. 따라서 자기 사업장의 특정 작업에 대한 적정 작업시간에 대해 평가하기 위해서는 Armstrong이 실험한 바와 같은 방법을 이용하면 된다.

이를 간단하게 설명하면 다음과 같다.

- ① 먼저, 강력한 힘이 소용되는 작업이 있는 경우를 파악한다.
(예, 양 손바닥으로 물체를 들어 올리는 작업, 물체의 손잡이가 없는 경우)
- ② 단위 작업을 수행하는데 인체가 필요한 힘의 형태를 파악한다.
(예, 작업 자세에서 손바닥으로 물체를 누르는 힘)
- ③ 위와 동일한 자세로 4분 동안 지속시킬 수 있는 힘을 측정한다.
(예, 물체와 동일한 부피의 면에 압력이나 힘을 측정할 수 있는 기구로 힘을 측정한다.)
- ④ 위에서 측정한 값을 0.75로 나눈 값을 이론적 최대 근육 힘이라고 가정한다.
- ⑤ 이론적 최대 근육 힘의 50%, 25% 및 10%에서 힘을 지속시킬 수 있는 최대 시간을 측정한다.
- ⑥ 힘과 지속시간과의 관계를 이용하여 다음 식의 a와 b값을 산출한다.

$$(\quad) = a \times (\%MS)^b$$

참고문헌

- 백남원, 산업위생학개론, 신광출판사 (1996)
- 황학, 작업관리론, 영지문화사 (1998)
- 이근철 역, ME화와 VDT운동, 기전연구소 (1991)
- 이윤근, 누적외상성질환 위험요인의 정량적 평가 및 관리를 위한 점검표 개발 -자동차 조립공장을 중심으로 - 가톨릭대학교 보건대학원 박사학위 논문 (2001).
- Armstrong T. J., Lecture note, School of Public Health, University of Michigan (1997)
- Armstrong T. J., Introduction : Cumulative Trauma Disorders. The University of Michigan, 1997
- NIOSH. Musculoskeletal disorders and workplace factors -A critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, and low back. 2nd Ed. 1997.
- T. R. Waters, V. Putz-Anderson, A. Garg, APPLICATIONS MANUAL FOR THE REVISED NIOSH LIFTING EQUATION, U.S. DHHS, CDC, NIOSH, Ohio 45226. January 1994.