

## 인체 관절 동작의 지각 불편도에 근거한 상체의 자세 분류 체계의 개발

### Development of a Upper Body Micropostural Classification Scheme Based on Perceived Joint Discomfort

기도형\*

Do hyung Kee\*

#### Abstract

It is important to identify and evaluate poor working postures properly to prevent work-related musculoskeletal disorders. The purpose of this study is to develop a new upper body micropostural classification scheme for analyzing postural stress in industry. Most of the existing postural classification schemes were based either on the literature, or on simple biomechanical principles, or on a subjective ranking system. The scheme suggested in this study was based on perceived joint discomfort measured through experiment, in which nineteen subjects participated and the magnitude estimation method was employed to obtain subjects' joint discomfort. Also, the criteria for evaluating postural stress of working postures were presented for practitioners of health and safety to be able to redesign working methods and workplaces, which was based on maximum holding time by Miedema and other people. It is expected that the scheme developed in this study could be used as a valuable tool when evaluating working postures.

#### 1. 서론

현재까지 많은 연구자들에 의하여 좋지 않은 자세와 근골격계 질환의 관계가 언급되어져 왔다 [2, 9, 13, 26]. van Wely는 좋지 못한 자세로 인하여 근골격계 질환이 발생할 수 있는 인체 부위를 정리하여 제시하였으며, Armstrong 등은 작업 자세와 근골격계 질환의 관계에 대한 역학(疫學) 조사 결과를 제시하였다 [3, 26]. 그리고, Bhatnager 등은 실험을 통하여 작업 자세가 작업 수행도

및 지각 불편도(discomfort)와 관련되어 있음을 보였다 [5].

좋지 않은 작업 자세가 근골격계 질환의 발생, 작업 수행도의 저하 등에 미치는 영향을 파악하기 위해서는, 자세가 가지는 부하(load)의 크기를 평가할 수 있어야 한다. 자세 부하(postural load)는 자세 분류 체계(postural classification scheme)를 이용하여 평가할 수 있으며, 자세 분류 체계는 1974년에 Priel이 숫자 code로 자세를 분류하는 체계를 제안한 이래로 OWAS(Ovako Working

\* 계명대학교 산업공학과

Posture Analysing System), Posture Targetting, RULA (Rapid Upper Limb Assessment), PATH(Posture, Activity, Tools and Handling) 등의 다수의 분류 체계가 발표되어져 있다 [6, 8, 16, 21, 24].

이러한 기존의 자세 분류 체계는 자세의 관측 방법에 따라 관찰법(observational technique)과 기기를 사용하는 방법(instrumentation-based technique)으로 크게 나눌 수 있다. 관찰법은 육안으로 작업 자세를 관찰하면서 작업 현장에서 바로 분류하거나 사무실 등에서 필름 분석을 통하여 정하여진 체계에 따라 자세를 분류하는 방법이다 [10]. 이 방법은 비용은 크게 들지 않으면서, 빠른 시간 안에 손쉽게 다양한 자세를 분류할 수 있는 장점이 있는 반면에, 육안 관측을 통하여 평가하기 때문에 자세를 부하의 크기에 따라 정확하게 분류하지 못하는 단점이 있다. 반면에 기기 사용법은 관찰법에 비하여 자세를 정확하게 분류할 수 있다. 그러나, 기기를 사용하여 인체의 모든 자세를 측정하는 것이 불가능하므로 몸통의 굴곡(trunk flexion)과 같이 제한된 자세의 측정만 가능하고, 기기를 인체에 장착하게 되면 기기 부착 부위에 불편을 초래하고, 기기가 고가인 단점이 있다. 이러한 이유로 인하여 현재까지 개발된 대부분의 자세 분류 및 평가 시스템은 관찰법이 사용되고 있다.

관찰법은 다시, 자세를 분류하는 동작의 범위에 따라 거시 자세 분류법(macropostural classification), 미시 자세 분류법(micropostural classification)과 자세-작업활동 분류법(postural-work activity classification) 등의 3 가지로 나누어 진다 [10]. 거시 자세 분류법은 하나의 관절에서 일어나는 하나의 자유도(degree of freedom) 이상의 동작을 하나의 자세 범주(category)로 분류하는 방법을 의미한다. 예를 들어, 등(back)에서 일어나는 동작인 굴곡/신전(extension), 옆으로 굽힘(lateral bending) 등의 2 가지 자유도 동작을 통칭하여 bending 동작으로 분류하는 것과 같은 방법을 말한다. 이 방법에 속하는 대표적인 체계로는 OWAS, PATH 등을 들 수 있다. 미시 자세 분류법은 하나 하나의 자유도 동작에 대한 분류 기준을 가지고 있는 방법을 말하며, RULA 등 현재까지 발표되어 있는 대부분의 자세 분류 체계가 여기에 속한다. RULA에서는 손목의 굴곡/신전 자유도 동작을 3 가지 부류로 분류하고 있다. 그리고, 자세-작업활동 분류법은 자세와 작업 활

동을 결합하여 분류하는 방법을 의미한다.

현재까지 여러 연구자들에 의하여 위에서 분류한 각 방법에 해당하는 분류 체계가 개발되어 왔으나, 기존의 분류 체계는 다음의 문제점을 보이고 있다. 첫째, 대부분의 기존의 자세 분류 방법은 문헌, 사례보고, 간단한 생체역학적 원칙이나 전문가의 주관적 평가에 근거하여 개발되어, 객관적이고 체계적인 근거가 부족한 실정이다. 둘째, 기존의 분류 방법은 건설업, 제철업 등의 특정 작업 자세의 평가를 위한 특수 목적으로 개발되었기 때문에, 일반적인 작업을 대상으로 객관적 자세 부하를 평가하기에는 문제가 있다. 셋째, 기존의 분류 체계는 인체의 특정 부위의 특정 자유도 동작만을 다루고 있어, 모든 관절에서 일어나는 다양한 자유도 동작을 분류할 수 있는 체계가 없다. 이는 대부분의 기존의 자세 분류 체계들이 관련 문헌, 재해 사례보고에 근거하여 개발되었으며, 이들 문헌이나 보고는 주로 특정 인체 부위의 동작을 다루고 있기 때문에 생각된다. 이와 같이 제한된 자료를 바탕으로 개발되었기 때문에 자세 분류 구간이 매우 넓게 분류되어, 자세 부하의 정확한 평가가 어렵다. 넷째, 기존의 분류 체계는 자세 부하를 평가하는 기준이 없는 경우가 많다. 작업 자세를 분류하고 난 다음에는 분류된 자세에 대한 부하를 평가하여 작업 자세의 개선 여부를 결정하여야 하나, 대부분의 기존의 자세 분류 체계에서는 단순히 자세의 분류 체계만 제시하고 자세 부하의 적절성을 판단하는 절차가 없는 경우가 많다. OWAS, RULA 등에서는 자세 부하를 평가하는 절차를 제시하고는 있으나, OWAS에서는 주어진 자세에 대하여 필요할 때마다 자세 부하의 적절성을 전문가가 주관적으로 판단하게 하고 있으며, RULA에서는 전문가의 주관적 판단 결과를 표의 형태로 제시하여 이를 따르게 하고 있어, 판단의 객관성이 부족한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 실험을 통하여 상체(upper body)의 각 관절에서 일어나는 다양한 자유도 동작에 대한 각각 불편도를 측정하여, 이를 바탕으로 몸통을 포함한 상체에서 일어나는 각 자유도 동작을 분류하여 범용으로 사용할 수 있는 새로운 미시 자세 분류 체계를 개발하고자 한다.

본 연구에서 개발된 자세 분류 체계는 일반적인 작업의 자세 부하를 평가하는 데 사용될 수 있으므로, 안전한

작업의 설계와 잘못된 작업 자세로 인한 근골격계 질환을 예방하는 데 유익하게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

## 2. 실험방법

### 2.1 피실험자

본 연구의 불편도 측정 실험에는 과거에 근골격계 질환의 경력이 없는 19명의 건강한 남자 대학 및 대학원생이 참여하였으며, 피실험자들의 연령은  $25.4 \pm 2.7$ 세, 신장  $171.9 \pm 6.0$  cm, 체중은  $67.1 \pm 7.0$  kg을 보였다.

### 2.2 실험방법

본 연구에서는 상체의 대부분의 관절 동작을 포함하는 자세 분류 체계를 개발하기 위하여, 다음의 표에 제시된 관절과 자유도 동작에 대한 지각 불편도를 측정하였다. 각 자유도에 대해서는 동작범위(range of motion)의 0%

(중립), 25%, 50%, 75%와 100% 수준에 대한 피실험자의 지각 불편도를 측정하였다. 여기서, 손목, 팔꿈치와 목에서 일어나는 자유도 동작의 측정은 Murrell (1969)이 제시한 방법을, 어깨의 자유도 동작에 대해서는 Chaffin과 Andersson (1991), Kroemer 등 (1994)이 제시한 방법을, 등(back)의 자유도 동작 측정 시는 기도형 (1996)이 제시한 방법을 따랐다 [1]. 여기서, 등은 외견상 몸통 동작의 기준으로 보이는 L5/S1을 측정 기준점으로 하였다.

실험은 앉은 자세와 선 자세, 관절, 동작 자유도, 자유도별 수준, 피실험자에 대하여 완전 randomize하여 실시하였으며, 지각 불편도의 측정에는 피실험자의 주관적 느낌의 크기를 측정하는 정신물리학적(psychophysical) 방법의 하나인 magnitude estimation[12]을 이용하였다. 실험 전에 magnitude estimation의 평가 방법 중의 하나인 NE (numerical estimation)를 이용한 예비실험을 통하여 magnitude estimation을 수행할 능력이 없는 피실험자를 제외하였다. 그리고, 피실험자의 주관적 느낌을 피실험자 자신의 scale로 표현할 수 있도록, magnitude estimation의 두 가지 응답 방법인 modulus method와 free modulus method 중 후자를 사용하여 NE로 응답하게 하였다.

실험 전에 피실험자에게 본 연구에서 측정하는 모든 자세를 취해 보도록 하여 실험 환경에 익숙하게 하였다. 실험은 주어진 자세를 1분간 유지한 후에 피실험자가 느끼는 불편도의 크기를 측정하였으며, 불편도 측정 실험은 4일에 걸쳐 실시되었으며 한 피실험자가 모든 실험을 마치는 데에는 약 8시간이 소요되었다. 실험과 실험 사이에는 약 1-2분 정도의 휴식이 주어졌으며, 이 시간 동안에 피실험자로 하여금 주관적 불편도의 크기를 평가하게 하였다.

## 3. 결과

본 연구에서는 피실험자의 지각 불편도 측정 시 magnitude estimation 중 free modulus method를 사용하였기 때문에, 피실험자마다 지각 불편도의 scale이 다르게 된다. 따라서, 측정된 지각 불편도를 분석에 사용하려면 모든 피실험자의 scale을 표준화하기 위한 변환(transformation)을 하여야 한다. 이를 위하여 본 연구에서는 각 피실험자별로 측정된 불편도를 Hwang과 Yoon[14]

표 1. 불편도 측정 대상

관 절	앉은 자세	선 자세
손 목	굴곡(flexion) 신전(extension) 요골편향(radial deviation) 측골편향(ulnar deviation)	굴곡 신전 요골편향 측골편향
팔꿈치	굴곡 회내(pronation) 회외(supination)	굴곡 회내 회외
어 깨	굴곡 신전 내전(adduction) 외전(abduction) 내선(medial rotation) 외선(lateral rotation)	굴곡 신전 내전 외전 내선 외선
목	굴곡 신전 옆으로 굽힘(lateral bending) 회전(rotation)	굴곡 신전 옆으로 굽힘 회전
등(back)	굴곡 옆으로 굽힘 회전	굴곡 신전 옆으로 굽힘 회전

이 제안한 다음과 같은 변환을 이용하여 표준 불편도 (standardized discomfort index)를 구하여 분석에 사용하였다. 여기서, raw data는 지각 불편도를 측정할 때 피실험자들이 느끼는 불편의 정도를 magnitude estimation으로 응답한 값이다.

$$\text{표준 불편도} = \frac{\text{raw data} - \text{min discomfort}}{\text{max discomfort} - \text{min discomfort}} \times 100$$

3.1 자유도별 분류 code

새로운 자세 분류 체계를 개발하기 위하여, 먼저 자유도 동작별로 표준 불편도에 대하여 SAS GLM의 Tukey 범위 검정(range test)을 수행하여, 각 자유도 내에서 통계적으로 지각 불편도가 같은 동작 수준들을 grouping하였다. 다음으로, 이 group들 각각을 하나의 자세 부류로 나누는 새로운 자세 분류 체계를 개발하였다. 관찰법에서는 자세 부하의 크기에 따른 정확한 분류도 중요하지만, 육안으로 관찰할 때 쉽게 구분할 수 있어야 한다 [16]. 따라서, 본 연구에서는 기존의 Armstrong 등(1982), Kilbom 등(1986), Keyserling(1986, 1990), Genaidy 등(1993), PEO [15], VIRAL[15], TRAC[25], OWAS[16], RULA[21], PATH[6] 등의 분류 체계를 눈으로 관찰할 때 쉽게 구분할 수 있는 각도를 고려하여 SAS 분석을 통하여 만들어진 분류 체계를 수정하여, 다음과 같은 자세 분류 체계를 완성하였다 (표 2-6). 위의 과정을 목과 등의 예를 들어 설명하면 다음과 같다. 본 연구의 실험에 참여한 피실험자들의 목의 회전 자유도의 동작범위의 평균값은 78°이었으며, 동작범위의 0%, 25%, 50%, 75%, 100%에서 지각 불편도를 측정된 결과를 SAS GLM의 Tukey 범위 검정을 수행한 결과 불편도가 0-25%, 50-75%, 100%의 3 그룹으로 나누어졌다. 여기서, 75% 수준과 100% 수준에서의 불편도가 유의한 차이를 보이고, 75%의 경계값이 59°여서 이를 읽기 쉬운 각도인 60°로 한 것이다. 마찬가지로, 등의 앉은 자세의 회전에서도 같은 분석을 수행한 결과 0%, 25%, 50-75%, 100%의 4 그룹으로 나누어졌으며, 75%와 100% 동작 수준이 유의한 차이를 보이고 75%의 경계값이 51°였으나, 이를 구분하기 쉬운 45°로 하는 등과 같은 방법으로 자세 분류 체계를 개발하였다.

각 자유도의 동작 구간별로 나타나 있는 code는 불편도의 크기가 가장 작은 팔꿈치 관절의 굴곡의 중립 자세

(0°)에서의 불편도를 1로 하였을 때의, 해당 구간의 지각 불편도의 상대적 크기이다. 표 2-6에서 보는 바와 같이 대부분의 자유도 동작에서 3-4 등급으로 분류되고, 앉은 자세와 선 자세의 경우는 대부분 같이 분류되고 있음을 볼 수 있다. 그리고, 각 자유도에서 동작을 최대로 할 때, 즉 동작범위 한계 주위의 구간에서 불편도가 급격하게 증가함을 알 수 있으며, 팔꿈치 관절에서 불편도가 가장 작고 등에서 가장 크게 나타났다. 본 연구에서 제시한 자세 분류 중에서 선 자세에서 등의 신전의 동작범위 한계에 가까운 구간의 code 값이 18로 나타나, 불편도가 가장 큰 동작임을 보이고 있다.

표 2. 손목의 자유도 동작별 분류 code

자세 및 code 자유도	앉은 자세		선 자세	
	분 류	code	분 류	code
굴곡	0-20°	1	0-20°	1
	20-60°	4	20-60°	4
	>60°	9	>60°	8
신전	0-20°	1	0-20°	1
	20-45°	5	20-45°	4
	>45°	11	>45°	10
요골편향	0-10°	1	0-10°	1
	10-30°	5	10-30°	4
	>30°	10	>30°	7
측골편향	0-10°	1	0-10°	1
	10-20°	5	10-20°	4
	>20°	9	>20°	9

표 3. 팔꿈치의 자유도 동작별 분류 code

자세 및 code 자유도	앉은 자세		선 자세	
	분 류	code	분 류	code
굴곡	0-45°	1	0-45°	1
	45-120°	3	45-120°	3
	>120°	7	>120°	7
회외	0-90°	3	0-90°	3
	>90°	9	>90°	9
회내	0-70°	3	0-70°	3
	>70°	9	>70°	9

표 4. 어깨의 자유도 동작별 분류 code

자세 및 code 자유도	앞은 자세		선 자세	
	분 류	code	분 류	code
굴곡	0-45°	1	0-45°	1
	45-90°	5	45-90°	5
	90-150°	9	90-150°	8
	>150°	14	>150°	13
신전	0-20°	1	0-20°	1
	20-45°	7	20-45°	5
	45-60°	12	45-60°	9
	>60°	16	>60°	13
내전	0-10°	1	0-10°	1
	10-30°	4	10-30°	4
	>30°	11	>30°	11
외전	0-30°	1	0-30°	1
	30-90°	6	30-90°	5
	>90°	13	>90°	10
내선	0-30°	1	0-30°	1
	30-90°	4	30-90°	3
	>90°	10	>90°	7
외선	0-10°	1	0-10°	1
	10-30°	5	10-30°	4
	>30°	10	>30°	8

표 5. 목의 자유도 동작별 분류 code

자세 및 code 자유도	앞은 자세		선 자세	
	분 류	code	분 류	code
굴곡	0-20°	1	0-20°	1
	20-45°	5	20-45°	5
	>45°	8	>45°	8
신전	0-30°	1	0-30°	1
	30-60°	9	30-60°	7
	>60°	15	>60°	12
옆으로 굽힘	0-30°	1	0-30°	1
	30-45°	5	30-45°	4
	>45°	13	>45°	10
회전	0-30°	1	0-30°	1
	30-60°	4	30-60°	4
	>60°	11	>60°	11

표 6. 등의 자유도 동작별 분류 code

자세 및 code 자유도	앞은 자세		선 자세	
	분 류	code	분 류	code
굴곡	0-20°	1	0-30°	1
	20-60°	6	30-60°	5
	>60°	13	60-90°	9
			>90°	15
신전	*	*	0-10°	1
			10-20°	7
			20-30°	11
			>30°	18
옆으로 굽힘	0-10°	1	0-10°	1
	10-20°	5	10-20°	7
	20-30°	12	20-30°	12
	>30°	16	>30°	16
회전	0-20°	1	0-20°	1
	20-30°	3	20-60°	6
	30-45°	7	>60°	13
	>45°	14		

\* 측정하지 않았음

### 3.2 자세 분류 체계

본 연구에서 개발한 자세 분류 체계는 다음과 같이 크게 4 단계로 구성된다. 첫 번째는 주어진 작업 자세를 videotape로 현장에서 녹화를 하여 추후 자세한 분석이 가능하게 한다. 촬영 시에는 작업자의 3 차원 자세를 잡을 수 있도록 작업자와 비스듬한 위치에서 촬영한다. 두 번째 단계에서는 녹화된 videotape를 되돌려 보면서 작업 사이클(work cycle)의 가장 많은 부분을 차지하거나 자세 부하가 가장 큰 작업 자세를 선택하여, 이 자세를 위의 표 2-6에 나와 있는 분류 code에 따라 분한다. 다음에는 각 관절의 동작 자유도에 대하여 중립 자세를 벗어난, 즉 본 연구에서 제시한 자세 분류 code가 2 이상인 자유도 동작에 대하여, 다음 식과 같이 code 값의 합으로 자세 부하를 구한다. 마지막으로 선택된 자세의 부하의 크기를 기준으로 작업 자세 부하의 적정 여부를 판단한다. 주어진 작업 자세의 적정 여부 혹은 수정 여부 판단에 대한 기준은 다음에 서술한다.

$$\text{자세 부하} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij}$$

여기서,  $i$ :  $i$ 번째 자유도,  $j$ :  $j$ 번째 관절,

$C_{ij}$  =  $j$ 번째 관절의  $i$ 번째 자유도 동작의 code,

단, 자세 분류 code가 1일 때는  $C_{ij} = 0$ .

### 3.3 작업 자세의 평가

정확한 작업 자세 부하를 평가할 수 있는 체계를 개발하기 위해서는 많은 양의 근골격계 질환에 대한 자료, 혹은 인체를 대상으로 한 자세 부하의 영향에 대한 실험이 요구되나 현재로서는 이것들이 불가능하므로, 본 연구에서는 기존에 발표되어 있는 연구 결과에 근거하여 작업 자세의 부하 평가 기준을 수립하고자 한다. Miedema 등은 선 자세의 최대 지속 가능 시간(maximum holding time: MHT)에 대한 기존의 7 개 연구에 나오는 19 개의 자세에 대한 결과를 바탕으로, 자세를 안락한 자세(comfortable postures), 적절한 자세(moderate postures)와 불편한 자세(uncomfortable postures) 등의 3 부류로 분류하였다 [22]. 본 연구에서는 이 연구 결과를 이용하여 자세 부하 평가 기준을 제시하고자 하며, 이를 위하여 Miedema 등의 MHT와 본 연구의 자세 부하의 관계를 파악하고자 한다. 먼저, Miedema 등이 사용한 19 개 자세에 대하여 본 연구에서 제시한 분류 체계를 이용하여 각 자세를 분류한 다음, 위에서 제시한 식을 이용하여 19 개의 각 자세에 대한 자세 부하를 계산하였다. Miedema 등이 제시한 19 개 자세에 대한 MHT와 본 연구에서 제시한 자세 부하는 다음 표 10에 정리되어 있으며, MHT와 자세 부하간의 관계는 그림 1에 나와 있다. 그림 1에서는 표 10에서 첫 번째 자세의 MHT가 37.2분으로 다른 것에 비하여 이상적으로 크므로, 이를 outlier로 간주하여 제외한 나머지 18개 자세에 대한 MHT와 자세 부하간의 관계를 나타내었다. MHT와 자세 부하는 선형 상관관계수가 -0.792 ( $p < 0.000$ )로 음의 상관관계를 보이고 있어, 자세 부하가 증가하면 MHT가 유의하게 감소함을 보이고 있다. 그림 1은 이들의 관계가 선형적임을 보이고 있으며,  $R^2$ 값이 62.7%를 보이고 있어 2 지수간의 관계가 선형적으로 대체적으로 잘 fitting되고 있음을 나타내고 있다. 이로부터 본 연구에서 제시한 자세 부하 공식이 타당성이 있음을 알 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 위에서 살펴 본 바와 같은

표 7. MHT와 자세 부하

자세 분류	MHT	자세 부하
comfortable postures (MHT > 10 분)	37.2	3
	17.8	3
	16.7	3
	14.4	0
	12.2	8
	11.9	0
moderate postures (5 분 < MHT < 10 분)	9.8	7
	9.2	5
	9.0	4
	8.2	8
	6.1	12
	6.0	10
	5.6	8
	5.4	5
uncomfortable postures (MHT < 5 분)	4.8	10
	4.2	10
	3.6	13
	3.3	10
	3.1	13

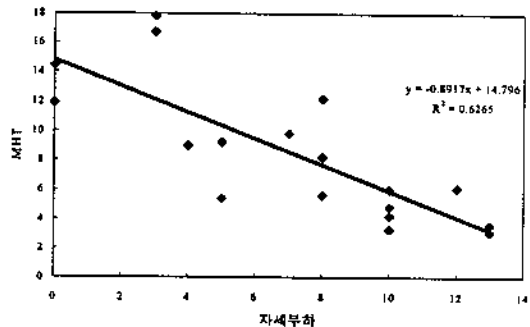


그림 1. MHT와 자세 부하의 관계

Miedema 등이 제시한 MHT와 본 연구의 자세 부하와의 관계를 바탕으로 하여, 다음과 같이 작업 자세 부하의 평가 기준을 제시한다. 다음의 category I, II, III은 Miedema 등이 제시한 3 가지 자세에 각각 해당하는 분류이며, 각 category를 결정하는 자세 부하 값은 Miedema 등이 제시한 자세 분류에 해당하는 MHT 값을 그림 1의 회귀식에

대입하여 구한 자세 부하의 근사치이다. 여기서, 그림 1의 회귀식에는 MHT가 종속변수, 자세 부하가 독립변수로 되어 있으나, 각 category에 해당하는 MHT값을 회귀식에 대입하여 역으로 자세 부하를 구한 것이다. Category IV는 Miedema 등의 연구 결과를 확장하여 본 연구에서 추가한 것으로, 회귀식에서 MHT 값을 2분으로 할 때의 자세 부하에 해당한다.

Category I : 자세 부하가 5 이하인 자세로 자세 부하가 크지 않아 MHT가 10분 이상인 안전한 자세.

Category II : 자세 부하가 5 이상이고 10 이하인 자세로 MHT가 5-10분인 비교적 안전한 자세.

Category III : 자세 부하가 10 이상이고 15 이하인 자세로 MHT가 5분 이하인 자세로, 빠른 시간 내에 작업장의 재설계나 작업 방법의 수정을 통한 자세의 변경이 요구되는 자세.

Category IV : 자세 부하가 15 이상인 자세로 MHT가 2분 이하인 자세로 즉각적인 작업장의 재설계나 작업 방법의 수정이 요구되는 위험(risk)이 높은 자세.

#### 4. 결론 및 추후 연구방향

본 연구에서는 인체 관절 동작의 지각 불편도의 크기에 근거하여 새로운 자세 분류 체계를 제시하였다. 이는 기존에 발표되어 있는 자세 분류 체계가 대부분 경험이나 문헌 조사 등의 단편적 자료에 근거하였던 것에 비하여, 본 연구의 자세 분류 체계는 인체 동작의 지각 불편도를 측정된 실험 결과에 근거하여 좀 더 객관적이며 체계적인 방법이라 할 수 있다. 그리고, PATH의 경우는 자세 부하의 적절성에 대한 판단은 포함하지 않고 단지 주어진 자세의 분포만 제시하고 있으며, OWAS, RULA에서는 자세 부하를 평가하는 절차를 제시하고 있으나 그 절차가 불명확하거나 근거 제시가 부족한 실정이다.

그러나, 본 연구에서는 Miedema 등이 제시한 최대 지속 시간과 본 연구에서 제시한 자세 부하와의 관계가 음의 강상관관계에 있음을 통계적으로 밝힘으로써, 본 연구에서 제시한 자세 분류 체계의 사용 가능성을 증명하였다. 또한, 기존의 자세 분류 체계가 각 자세에 대한 분류나 code 값을 부하의 크기에 관계없이 평면적으로 나열

하고 있음에 비하여, 본 연구의 분류 체계는 지각 불편도가 가장 작은 팔꿈치 관절을 기준으로 한 비율 척도(ratio scale)의 개념을 가지고 있어 진일보한 것이라 할 수 있다.

본 연구에서 제시한 자세 분류 체계의 자세 부하 평가 결과에 근거한 새로운 작업의 설계나 기존 작업의 재설계는, 산업 현장에서 발생하는 근골격계 질환의 감소에 일조를 할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구에서는 목통을 포함한 상체에 대한 자세 분류 체계를 제시하였으나, 하지를 포함한 전신에 대한 연구도 요망된다. 또한, 손에 작업 부하가 가해질 때의 지각 불편도 등외부 부하의 영향을 고려한 자세 분류 체계가 개발되어야 할 것으로 판단된다. 뿐만 아니라, 장기적으로는 산업체체 자료, 임상 자료, 실험 자료 등의 축적을 통하여 작업 자세 부하를 좀 더 객관적으로 평가할 수 있는 방안에 대한 연구도 요망된다.

#### 참고문헌

- [1] 기도형, "한국 대학생의 가상 hip 관절과 하지관절의 동작범위 측정", *대한인간공학회지*, Vol. 15, No. 2, pp. 125-135, 1996.
- [2] Armstrong, T.J., "Upper-extremity posture: definition, measurement and control", in Corlett, E.N., Wilson, J., and Manencia, I.(eds), *The Ergonomics of working postures*, Taylor & Francis, London, pp. 103-116, 1986.
- [3] Armstrong, T.J., Buckle, P., Fine, L.J., Hagberg, M., Jonsson, B., Kilbom, A., Kuorinka, I.A.A., Silverstein, B.A., Sjøgaard, G., and Viikari-Juntura, E.R.A., "A conceptual model for work-related neck and upper-limb musculoskeletal disorders", *Scandinavian J. of Work, Environment, and Health*, Vol. 19, pp. 73-74, 1993.
- [4] Armstrong, T.J., Foulke, J.A., Joseph, B.S., and Goldstein, S.A., "Investigation of cumulative trauma disorders in a poultry processing plant", *American Industrial Hygiene Association Journal*, Vol. 43, pp. 103-116, 1982.

- [5] Bhatnager, V., Drury, C.G., and Schiro, S.G., "Posture, postural discomfort, and performance", *Human Factors*, Vol. 27, No. 2, pp. 189-199, 1985.
- [6] Buchholz, B., Paquet, V., Punnett, L., Lee, D., and Moir, S., "PATH: A work sampling-based approach to ergonomics job analysis for construction and other non-repetitive work", *Applied Ergonomics*, Vol. 27, No. 3, pp. 177-187, 1996.
- [7] Chaffin, D.B., and Andersson, G.B.J., *Occupational Biomechanics*, 2nd ed, John Wiley & Sons Inc., New York, 1991.
- [8] Corlett, E.N., Madeley, S.J., and Manencia, I., "Posture targeting: A technique for recording working postures", *Ergonomics*, Vol. 22, No. 3, pp. 357-366, 1979.
- [9] Corlett, E.N., Wilson, J., and Manencia, I., *The ergonomics of working postures*, Taylor & Francis, London, 1986.
- [10] Genaidy, A.M., Al-Shedi, A.A., and Karwowski, W., "Postural stress analysis in industry", *Applied Ergonomics*, Vol. 25, No. 2, pp. 77-87, 1994.
- [11] Genaidy, A.M., Guo, L., Eckart, R., and Troup, J. D.G., "A postural stress analysis system for evaluating body movements and positions in industry", *Proc. of the Ergonomics Society Conference*, Edinburgh, Scotland, pp. 346-351, 1993.
- [12] Gescheider, G.A., *Psychophysics: method, theory, and application*, 2nd Ed., Lawrence Erlbaum Associates, London, 1985.
- [13] Grandjean, E. and Hunting, W., "Ergonomics of postures - review of various problems of standing and sitting postures", *Applied Ergonomics*, Vol. 8, No. 3, pp. 135-140, 1977.
- [14] Hwang, C.L., and Yoon, K., *Multiple attribute decision making: Method and application*, Springer-Verlag, New York, 1981.
- [15] Juul-Kristensen, B., Fallentin, N., and Ekdahl, C., "Criteria for classification of posture in repetitive work by observation method: A review", *Int. J. of Industrial Ergonomics*, Vol. 19, pp. 397-411, 1997.
- [16] Karhu, O., Kansi, P., and Kuorinka, I., "Correcting working postures in industry: A practical method for analysis", *Applied Ergonomics*, Vol. 8, No. 4, pp. 199-201, 1977.
- [17] Keyserling, W.M., "Postural analysis of trunk and shoulders in simulated real time", *Ergonomics*, Vol. 29, No. 4, pp. 569-583, 1986.
- [18] Keyserling, W.M., "Computer-aided posture analysis of the trunk, neck, shoulders and lower extremities", in Karwowski, W., Genaidy, A.M., and Asfour, S. S.(eds), *Computer-aided ergonomics*, Taylor & Francis, London, pp. 261-272, 1990.
- [19] Kilbom, A., Persson, J., and Jonsson, B., "Risk factors for work-related disorders of the neck and shoulder-with special emphasis on working postures and movements", in Corlett, E.N., Wilson, J., and Manencia, I.(eds), *The Ergonomics of working postures*, Taylor & Francis, London, pp. 44-53, 1986.
- [20] Kroemer, K., Kroemer, H., and Kroemer-Elbert, K., *Ergonomics: How to Design for Ease & Efficiency*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1994.
- [21] McAtamney, L., and Corlett, E.N., "RULA: A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders", *Applied Ergonomics*, Vol. 24, No. 2, pp. 91-99, 1993.
- [22] Miedema, M.C., Douwes, M., and Dul, J., "Recommended maximum holding times for prevention of discomfort of static standing postures", *Int. J. of Industrial Ergonomics*, Vol. 19, pp. 9-18, 1997.
- [23] Murrell, K., *Ergonomics*, Chapman and Hall, London, 1969.
- [24] Priel, V.Z., "A numerical definition of posture", *Human Factors*, Vol. 16, pp. 576-584, 1974.
- [25] Van der Beek, A.J., van Gaalen, L.C., and Frings-Dresen, M.H.W., "Working postures and activities of lorry drivers: A reliability study of on-site observation and recording on a pocket computer", *Applied Ergonomics*, Vol. 23, pp. 331-336, 1992.



- [26] van Wely, P., "Design and disease", *Applied Ergonomics*, Vol. 1, pp. 262-269, 1969.

98년 3월 최초 접수, 98년 7월 최종 수정