*Journal of the Ergonomics Society of Korea*
Vol.21, No.1, pp.81-93, April 2002


# 심물리학적 방법을 이용한 여성의 안락 동작범위*

# Joint Angles of Comfort for Females Based on the Psychophysical Scaling Method*

기 도 형**

## ABSTRACT

This study aims to provide joint angles of comfort for females, based on the psychophysical scaling method. Ten female subjects participated in the experiment for measuring perceived discomfort for varying joint motions. The subjects were instructed to maintain given joint motions for a minute, and to rate their perceived discomfort for the motions during a minute's rest by using the free modulus method of the magnitude estimation. Joint angles of comfort were calculated from the regression equations based on the experimental results, in which levels of joint motions were used as independent variables and perceived discomforts as dependent variables. The results showed that joint angles of comfort for the joint motions investigated were much smaller than full range of motions for corresponding joint motions. The ratios of joint angle of comfort to its range of motion for the hip were found to be smallest of all joint motions dealt with in this study, and those for the neck were the largest. In addition, comfortable joint angles for females were much smaller than those for males. It is recommended that when designing or evaluating workplaces ergonomically, different comfortable joint angles should be applied according to workers' or population's gender.

Keyword: discomfort, psychophysical method, joint angle of comfort, joint motion

* 본 연구는 2000년도 계명대학교 비사연구기금으로 이루어졌음.
** 계명대학교 기계·자동차공학부
주소: 704-701 대구시 달서구 신당동 1000
전화: (053)580-5319 E-mail: dhkee@kmu.ac.kr

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

## 1. 서 론

Ramazzini가 공예가(craftsman)의 불규칙 동작(irregular motion)과 부자연스러운 자세의 해로운 결과를 언급한 이래로, 좋은 작업 자세의 중요성이 인식되어져 왔다. 자세는 작업 시의 건강을 증진시키고 부하나 불편 수준을 최소화하는데 중요할 뿐만 아니라, 작업의 생산성에도 영향을 미친다 (Haslegrave, 1994). Spilling et al.(1986)은 작업대를 개선함으로써 작업자의 이직과 병가(sick leave)가 줄어드는 효과가 있음을 보였고, Corlett(1981)은 좋지 못한 작업 자세는 자세부하 (postural stress), 피로, 통증(pain)을 유발하고 심할 경우에는 작업을 멈추게 하기도 한다고 보고하였다. 또한, 그는 산업체에서 수행도(performance)나 생산성을 결정하는 것은 작업자의 능력(capacity)이 아니라 통증이라고 제안하였다.

목, 어깨, 등에 통증이나 불편을 호소하는 근골격계질환 (musculoskeletal disorders)은 여러 가지의 원인, 즉 큰 힘 (Moore et al., 1991; Silverstein et al., 1986, 1987), 큰 모멘트 (Marras et al., 1993), 몸통을 비틀면서 무거운 물체를 들어 올리는 작업 (Kelsey et al., 1984) 등에 의하여 유발되기도 하나, 거북하고, 극단적이고 반복적인 좋지 못한 자세가 중요한 원인 중의 하나로 알려져 있다 (Aaras et al., 1988; Burdorf et al., 1991; Keyserling et al., 1988; Kilbom et al., 1986; Moore et al., 1991; Punnett and Keyserling, 1987; Punnett et al., 1991; Ryan, 1989; Silverstein et al., 1987). 미국에서 근골격계질환은 1981년 23,000건에서 1995년에는 약 13.4배 증가한 308,200건이 보고되었으며, 1995년의 전체 직업병 중 약 62%를 차지하여 그 심각성을 보여 주고 있다 (한국산업안전공단, 2001). 우리나라에서도 1986년 모방송국의 타자수가 근골격계질환의 증상으로 직업병으로 인정받은 이후, 폭발적인 증가세를 보이고 있다 (http://home.kosha.net/~coddr/data/trend.htm). 노동부가 발표한 2000년 산업재해 환자 현황에 따르면 근골격계질환 환자는 394명으로 1999년의 161명에 비하여 144.7%가 증가한 것으로 나타났다 (동아일보, 2001.4.23.).

좋지 못한 작업 자세로 인한 근골격계질환을 예방하기 위해서는 작업장을 인간공학적으로 설계하여 이러한 자세가 일어나지 않도록 하여야 한다. 이를 위해서는 작업장 설계 시 작업자세의 좋고 나쁨을 평가할 수 있는 기준이 필요하다. 작업 자세에 대하여 현재까지 많은 연구가 이루어져 왔으나, 작업장 설계 시 참조할 수 있는 작업 자세의 평가 기준에 대한 연구는 많지 않은 실정이다 (Haslegrave, 1994). 대표적인 몇 가지를 들면, Grandjean (1988)은 시각 작업에서 선호 시각(viewing angle)은 수평 아래 10°와 15° 사이이며 작업장 배치 시 이를 고려하여야 한다고 주장하였으며, Chaffin (1973)은 장시간의 시각 작업을 수행할 때의 안락한 머리 자세(head posture)와 팔을 들어올린 자세(elevated arm posture)에 대한 지속시간을 제시하였다. Rebiffe (1967)는 운전석에 앉았을 때의 안락 관절 동작범위를 보고하였으며, 기도형 (1997)은 앉은 자세와 선 자세에서 일어

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

날 수 있는 대부분의 관절 동작에 대한 안락 동작범위를 제시하였다. 기도형(1997)의 연구는 전 연구들이 제한적인 인체 부위에 대한 기준만을 재시한 것에 비하여, 인체에서의 대표적 관절 동작들을 대부분 포함하고 객관적 실험 자료에 근거하여 안락 동작범위를 산출하였다는 점에서 타 연구에 비하여 진일보한 것이라 할 수 있다. 그러나, 현재까지 발표된 기존의 연구들이 제한적인 인체 부위를 다루거나 남성 피실험자만을 대상으로 한 문제점이 있다.

여성의 근력이 남성에 비하여 일반적으로 작은 것으로 알려져 있어 (Chaffin and Andersson, 1991), 작업 자세로 인한 부하도 남녀간에 차이가 있을 것으로 기대된다. 그리고, 우리 나라에서 근골격계질환의 발병 사례를 보면 타자수, 은행 창구 작업자, 전화번호 안내원 등 여성 근로자들에게서 많이 보고되고 있어 (한국산업안전공단, 2001), 여성의 작업 자세를 평가할 수 있는 기준이 필요하다 하겠다. 따라서, 본 연구에서는 심물리학적인 방법인 magnitude estimation을 이용하여 측정한 지각 불편도에 근거하여, 여성의 관절 동작에 대한 안락 동작범위 (joint angle of comfort)를 제시하고자 한다. 안락 동작범위는 불편도의 수준이 '편함/안락함'으로 같은 각 관절 동작의 동작 범위의 한계를 의미한다.

## 2. 방 법

### 2.1 피실험자

본 연구의 지각 불편도 측정 실험에는 과거에 근골격계질환의 병력이 없는 건강한 여성 피실험자 10명이 참여하였다. 참여한 피실험자들의 연령, 신장과 체중의 평균 및 표준편차는 다음과 같다: (1) 연령 - 21.4 ± 1.4(세); (2) 신장 - 161.4 ± 3.5(cm); (3) 체중 - 54.3 ± 4.8(kg). 실험 전에 피실험자들에게 실험 내용과 목적을 설명하고 실험 참여에 대한 동의를 얻었으며, 모든 피실험자에게는 실험 수행 시간에 대한 수당을 지불하였다.

### 2.2 지각 불편도 측정 관절 동작 및 방법

본 연구에서는 선 자세에서 일어날 수 있는 대부분의 관절 동작에 대하여 지각 불편도를 측정하였으며, 그 대상은 다음 표 1과 같다. 여기서, 팔목(wrist), 팔꿈치(elbow), 목(neck), 엉덩 관절(hip), 발목(ankle) 동작은 Murrell (1969)의 정의를, 어깨(shoulder) 동작에 대해서는 Chaffin과 Anderson (1991), Hsiao와 Keyserling (1991)의 정의를, 그리고 등(back) 동작은 Hsiao와 Keyserling(1991)의 정의를 따랐다. 관절 동작의 지각 불편도에 대한 기존 연구에서 앉은 자세와 선 자세의 지각 불편도는 엉덩 관절을 제외하고는 유의한 차이가 없는 것으로 나타나 (기도형, 1998), 본 연구에서는 선 자세만을 대상으로 지각 불편도를 측정하였다.

본 연구에서는 여러 심물리학적 방법 중 다양한 정량적 통계적 분석이 가능한 ratio 혹은 interval scale의 특성을 가진 반응 값들을 얻

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

을 수 있는, magnitude estimation 여러 방법 중 피실험자 자신의 scale로 응답하게 하는 free modulus 방법을 사용하였다. magnitude estimation의 free modulus 방법에서는 피실험자에게 자극에 대한 반응 값의 크기와 관련된 어떠한 reference number나 verbal anchor를 제공하지 않고, 피실험자들 자신의 scale을 이용하여 주어진 자극 강도에 주관적 숫자를 부여하게 하는 방식으로 반응 값들을 구한다. 피실험자의 3-6%만이 물리적 혹은 심리적 이유로 magnitude estimation을 제대로 수행할 능력이 없으며, 연령이 4-5세 이상의 대부분의 피실험자들은 magnitude estimation을 수행할 때에 자신의 modulus (scale)를 설정할 능력이 있는 것으로 알려져 있어 (Gescheider, 1985; Han et al., 1999), free modulus 방법을 사용하여도 문제가 없을 것으로 판단된다.

표 1. 지각 불편도 측정 관절과 동작

| 관 절 | 관 절 동 작 |
|---|---|
| 손 목 | 굴곡 (flexion)<br>신전 (extension)<br>요골편향 (radial deviation)<br>척골편향 (ulnar deviation) |
| 팔 꿈 치 | 굴 곡<br>회내(pronation)<br>회외(supination) |
| 어 깨 | 굴 곡<br>신 전<br>내전 (adduction)<br>외전 (abduction)<br>내선 (medial rotation)<br>외선 (lateral rotation) |
| 목 | 굴 곡<br>신 전<br>회전(rotation)<br>측면 굴곡(lateral bending) |
| 등(back) | 굴 곡<br>신 전<br>회전(rotation)<br>측면 굴곡(lateral bending) |
| 엉덩이(hip) | 굴 곡<br>신 전<br>내전 (adduction)<br>외전 (abduction)<br>내선 (internal rotation)<br>외선 (external rotation) |
| 무 릎 | 굴 곡 |
| 발 목 | 굴곡 (dorsi flexion)<br>신전 (plantar flexion)<br>내 전<br>외 전 |

## 2.3 실험 방법

본 연구의 실험은 다음과 같이 크게 4단계로 구성되었으며, 차례대로 실험이 진행되었다: (1) calibration test; (2) ROM 측정; (3) 지각불편도 측정; (4) verbal descriptor에 대한 지각 불편도 matching.

### 2.3.1 Calibration test

본 연구에서는 magnitude estimation을 제대로 수행할 능력이 없는 피실험자를 실험 전에 filtering 하고, 피실험자들이 실험에 익숙하여 지도록 할 목적으로 calibration test를 실시하였다. Calibration test에서는 최대 자극

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

대 최소 자극의 비가 100:1이 되는 10개씩의 숫자와 선의 길이를 제시하여, 피실험자로 하여금 숫자로 된 자극에 대해서는 선의 길이로, 선으로 된 자극에 대해서는 숫자로 피실험자 자신의 느낌의 크기를 응답하게 하였다. 자극과 응답의 크기를 log 변환하여 선형 회귀 분석을 실시하여, 기울기의 99% 신뢰구간 안에 이들 자극에 대한 기울기의 이론적인 값인 1.0을 포함하면, 피실험자가 magnitude estimation을 제대로 수행할 능력이 있는 것으로 간주하였다 (Gescheider, 1985). 본 연구에서는 참여한 10명의 피실험자 모두 calibration test를 통과하였다.

### 2.3.2 ROM 측정

피실험자는 관절 동작을 취하는데 제약이 없도록 여유있는 반바지와 어깨가 드러나는 얇은 셔츠를 입은 상태에서 ROM을 측정하였다. 몸의 유연성을 제고하기 위하여 실험 전에 피실험자들은 stretching을 하거나 ergometer 등을 이용하여 약 5분간 준비 운동을 실시하였다. 준비 운동 후에 실험자는 피실험자들의 관절 동작의 회전 기준점에 land mark를 부착하였다. 그리고, 실험자는 피실험자로 하여금 실험 계획에 따라 주어진 관절 동작을 취하게 한 다음, 피실험자가 관절 동작의 최대에 도달하였다고 말하면 실험자가 goniometer를 이용하여 ROM을 측정하였다. 각 관절 동작의 정의는 앞에서 언급한 바와 같이 전 연구들의 정의를 따랐다. 엉덩 관절은 외견상 몸통 운동의 기준으로 보이는 L5/S1으로 가정하였다. ROM 측정 시에 측정 대상 관절을 제외한 다른 관절 중립 자세를 취하도록 하였다. 여기서, 중립 자세란 관절 동작의 각도가 0o인 것을 의미한다.

### 2.3.3 지각 불편도 측정

표 1에 나와 있는 관절 동작의 동작범위 (range of motion: ROM)를 5개의 구간 -0%, 25%, 50%, 75%, 100%(ROM)-으로 나누어 각각에 대하여 지각 불편도를 측정하였으며, 측정 관절 동작은 피실험자별로 random하게 제시하였다. 피실험자는 실험자의 지시에 따라 주어진 동작을 1분간 유지한다. 불편도의 측정 간에는 1분 이상의 휴식이 주어졌으며, 휴식 시간 중에 피실험자는 주어진 동작에 대한 불편도를 magnitude estimation의 free modulus 방법으로 수치로 rating한다. 피실험자별로 4일에 걸쳐 불편도를 측정하였으며 실험에는 약 12시간이 소요되었다. 매 실험 session 전에 약 5가지 정도의 동작에 대하여 불편도 측정 연습을 한 후 본 실험을 수행하였다.

### 2.3.4 Verbal descriptor

위에서 측정한 주어진 관절 동작에 대한 지각 불편도는 수치로 되어 있어 크기의 비교는 할 수 있으나 구체적 의미를 나타내고 있지 않으므로, 실제 자세 평가나 작업장 설계 시에 기초 자료로 활용하기에는 문제가 있다. 따라서, 본 연구에서는 심물리학적 방법에서

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

자주 사용되는 verbal category와 지각 불편도 측정 시에 사용한 수치를 matching시켜, 본 연구에서 측정된 지각 불편도가 실제 상황에 쉽게 활용될 수 있도록 하였다. 즉, 9개의 verbal category에 대응되는 지각 불편도의 크기를 수치로 측정하였다: 극히 불편 (extremely poor), 매우 불편 (very poor), 불편 (poor), 조금 불편 (poor a little), 보통 (so-so), 조금 편함 (good a little), 편함 (good), 매우 편함 (very good), 극히 편함 (extremely good). 피실험자는 지각 불편도 측정 시에 사용한 피실험자 자신의 scale을 사용하여 9개의 verbal category에 해당하는 지각 불편도의 크기를 평가한다.

## 3. 결 과

### 3.1 자료의 정규화

본 연구에서는 지각 불편도 측정 시 magnitude estimation의 free modulus 방법을 사용하였기 때문에, 피실험자별로 각기 다른 scale을 사용하여 분석이나 서로간의 비교가 어렵다. 따라서, 이를 통일된 scale로 변환하는 과정이 필요하며 본 연구에서는 Hwang과 Yoon(1981)이 제안한 다음의 식을 이용하여, 모든 실험 자료를 정규화 하였다.

$$\text{정규화 불편도}_{ijk} = \frac{\text{raw data}_{ijk} - \text{min discomfort}_k}{\text{max discomfort}_k - \text{min disocmfort}_k}$$

여기서, i = 동작의 i번째 수준; j = j번째 동작;
k = k번째 피실험자;
$\text{raw data}_{ijk}$ = k번째 피실험자의 j번째 동작의 i번째 동작 수준에서의 불편도;
$\text{max discomfort}_k$ = k번째 피실험자의 불편도 중 최대값;
$\text{min discomfort}_k$ = k번째 피실험자의 불편도 중 최대값.

일반적으로 산술 평균은 몇 개의 비정상적인 큰 값에 영향을 크게 받는 것으로 알려져, magnitude estimation에서는 median이나 기하평균을 대표값으로 많이 사용한다 (Gescheider, 1985). 본 연구도 이를 따라 각 관절 동작별로 10명의 피실험자에 대한 기하평균을 구하여, 이를 대표값으로 다음의 분석에 사용한다.

### 3.2 관절 동작과 지각 불편도의 관계

본 연구에서 다루어진 관절 동작들의 수준에 따른 지각 불편도를 분석하기 위하여, 각 관절 동작별로 관절 동작의 수준을 독립변수로, 지각 불편도를 종속변수로 하는 회귀 분석을 실시하였다. 각 관절 동작별로 직선 (linear), 이차(quadratic), 지수 (exponential) 함수 등의 3가지 관계에 대한 회귀 분석을 실시하여, 그 중 결정 계수(R2)의 값이 가장 큰 것을 선택하였다 (표 2). 표 2에서 보는 바와 같이 각 관절 동작에서의 동작 수준에 따른 지각 불편도는 직선 혹은 포물선으로 잘 fitting되고 있음을 알 수 있다.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

표 2. 관절 동작과 지각 불편도의 관계*

| 관 절 | 관절 동작 | 회 귀 식 | $R^2$(%) |
|---|---|---|---|
| 손 목 | 굴 곡 | $y = 0.7627x + 4.6774$ | 98 |
| | 신 전 | $y = -0.004x^2 + 1.1505x + 5.1744$ | 98 |
| | 요골편향 | $y = 0.0394x^2 + 0.9266x + 6.9202$ | 96 |
| | 척골편향 | $y = 0.9396x + 6.6056$ | 97 |
| 팔꿈치 | 굴 곡 | $y = 0.0014x^2 + 0.1206x + 2.2350$ | 96 |
| | 회 내 | $y = -0.0021x^2 + 0.8921x + 2.9071$ | 99 |
| | 회 외 | $y = -0.0016x^2 + 0.7552x + 3.7774$ | 98 |
| 어 깨 | 굴 곡 | $y = 0.3382x + 3.1919$ | 99 |
| | 신 전 | $y = 0.0036x^2 + 0.7159x + 0.8970$ | 98 |
| | 내 전 | $y = 1.1428x + 4.4083$ | 96 |
| | 외 전 | $y = -0.0018x^2 + 0.7790x + 4.4687$ | 98 |
| | 내 선 | $y = 0.5092x + 2.4020$ | 98 |
| | 외 선 | $y = 0.0123x^2 + 0.3743x + 2.4742$ | 98 |
| 목 | 굴 곡 | $y = 0.0121x^2 - 0.2148x + 3.7133$ | 91 |
| | 신 전 | $y = 0.6815x + 0.8708$ | 99 |
| | 회 전 | $y = 0.0068x^2 - 0.1509x + 2.6342$ | 96 |
| | 측면 굴곡 | $y = 0.0336x^2 + 0.0029x + 1.0856$ | 99 |
| 등 | 굴 곡 | $y = 0.0024x^2 + 0.4726x + 0.7399$ | 98 |
| | 신 전 | $y = 0.0289x^2 + 1.5069x + 3.1760$ | 96 |
| | 회 전 | $y = 0.0060x^2 + 0.2171x + 1.2176$ | 99 |
| | 측면 굴곡 | $y = 0.0696x^2 + 0.6655x + 0.8103$ | 99 |
| 엉덩이 | 굴 곡 | $y = -0.0167x^2 + 2.4703x + 3.8118$ | 99 |
| | 신 전 | $y = -0.0238x^2 + 2.7378x + 5.0736$ | 97 |
| | 내 전 | $y = -0.0274x^2 + 3.0150x + 6.0515$ | 95 |
| | 외 전 | $y = -0.0196x^2 + 2.5436x + 5.4482$ | 97 |
| | 내 선 | $y = -0.0651x^2 + 4.2414x + 8.9559$ | 92 |
| | 외 선 | $y = -0.0285x^2 + 3.1398x + 4.6115$ | 97 |
| 무 릎 | 굴 곡 | $y = 0.5766x + 4.2868$ | 93 |
| 발 목 | 굴 곡 | $y = -0.0283x^2 + 2.4945x + 3.4771$ | 97 |
| | 신 전 | $y = 1.2453x + 4.7576$ | 97 |
| | 내 전 | $y = 1.2678x + 5.0572$ | 97 |
| | 외 전 | $y = -0.0116x^2 + 1.7485x + 2.7941$ | 98 |

* x: 각 관절 동작의 동작 수준 (°) $(0 \le x \le ROM)$, y: 지각 불편도.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

### 3.3 verbal descriptor

위의 표 2에서 제시한 회귀식을 이용하여 본 연구에서 제시하고자 하는 안락 동작범위를 구하기 위하여, 지각 불편도의 값을 본 연구의 실험에서 사용한 9가지의 verbal descriptor로 나누어야 한다. 이를 위하여 관절 동작에 따른 지각 불편도 자료의 정규화에 사용한 식을 이용하여, 각 피실험자별로 verbal descriptor에 대응되는 지각 불편도 값을 정규화한 다음 기하 평균을 구하였다 (표 3, 그림 1). 표 3과 그림 1에서 verbal descriptor가 '극히 편함'에서 '극히 불편함'으로 옮겨가면서 거의 선형적으로 지각 불편도가 증가함을 볼 수 있다.

표 3. verbal descriptor의 지각 불편도

| verbal descriptor | 지각 불편도 |
|---|---|
| 극히 불편 | 100.0 |
| 매우 불편 | 89.2 |
| 불편 | 76.6 |
| 조금 불편 | 58.1 |
| 보통 | 42.0 |
| 조금 편함 | 29.0 |
| 편함 | 19.3 |
| 매우 편함 | 9.7 |
| 극히 편함 | 0.0 |

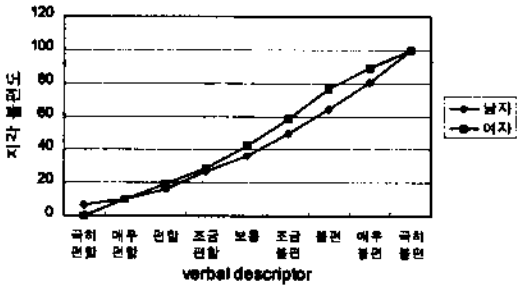



그림 1. verbal descriptor의 지각 불편도

### 3.4 안락 동작범위

안락 동작범위는 불편도 혹은 편함의 수준을 어디에 두느냐에 따라 달라질 수 있지만, 본 연구에서는 '극히 편함'에서 '보통'까지의 지각 불편도에 해당하는 구간을 안락 동작범위로 가정한다. 즉, 불편을 거의 느끼지 않는 관절 동작범위가 안락 동작범위가 된다. 이러한 안락 동작범위는 표 2에 제시된 각 관절 동작별 회귀식에 표 3에 나와 있는 '보통'에 해당하는 지각 불편도 값, 즉 '42.0'을 종속 변수(y)에 대입한 후 역으로 관절 동작의 수준(x)을 구함으로써 얻어진다. 이와 같이 구한 안락 동작범위는 다음 표 4에 나와 있다. 표 4에서 보는 바와 같이 여성의 안락 동작범위는 지각 불편도가 가장 큰 엉덩 관절 동작에서 가장 작고, 반면에 손목, 팔꿈치, 목, 어깨 등의 동작에서는 상대적으로 큰 것으로 나타났다. 또한, 각 관절 내에서도 동작간의 안락 동작범위의 크기뿐만 아니라, 동작범위에 대한 상대적 동작범위(안락 동작범위와 동작범위의 비율)도 큰 차이를 보이고 있다.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

표 4. 여성과 남성의 안락 동작범위(°)

| 관 절 | 관절 동작 | 여 성 | | | 남 성(기도형, 1997) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 동작범위[1] | 안락동작범위[2] | (2)/(1) | 동작범위[3] | 안락동작범위[4] | (4)/(3) |
| 손 목 | 굴 곡 | 72 | 0-49 | 0.68 | 72 | 0-72 | 1.0 |
| | 신 전 | 73 | 0-37 | 0.51 | 65 | 0-57 | 0.88 |
| | 요골편향 | 29 | 0-20 | 0.69 | 29 | 0-29 | 1.0 |
| | 척골편향 | 52 | 0-38 | 0.73 | 50 | 0-49 | 0.98 |
| 팔꿈치 | 굴 곡 | 147 | 0-131 | 0.89 | 145 | 0-145 | 1.0 |
| | 회 내 | 90 | 0-50 | 0.56 | 87 | 0-87 | 1.0 |
| | 회 외 | 135 | 0-58 | 0.43 | 119 | 0-85 | 0.71 |
| 어 깨 | 굴 곡 | 191 | 0-115 | 0.60 | 194 | 0-132 | 0.68 |
| | 신 전 | 79 | 0-47 | 0.59 | 72 | 0-41 | 0.57 |
| | 내 전 | 54 | 0-33 | 0.61 | 44 | 0-29 | 0.66 |
| | 외 전 | 126 | 0-55 | 0.44 | 132 | 0-78 | 0.59 |
| | 내 선 | 100 | 0-78 | 0.78 | 116 | 0-92 | 0.79 |
| | 외 선 | 43 | 0-43 | 1.0 | 32 | 0-22 | 0.69 |
| 목 | 굴 곡 | 68 | 0-66 | 0.97 | 69 | 0-67 | 0.97 |
| | 신 전 | 85 | 0-60 | 0.71 | 94 | 0-61 | 0.65 |
| | 회 전 | 89 | 0-88 | 0.99 | 72 | 0-71 | 0.98 |
| | 측면 굴곡 | 42 | 0-35 | 0.83 | 55 | 0-49 | 0.89 |
| 등 | 굴 곡 | 107 | 0-66 | 0.62 | 115 | 0-53 | 0.46 |
| | 신 전 | 33 | 0-19 | 0.58 | 36 | 0-12 | 0.33 |
| | 회 전 | 83 | 0-66 | 0.80 | 95 | 0-73 | 0.77 |
| | 측면 굴곡 | 30 | 0-20 | 0.67 | 37 | 0-17 | 0.46 |
| 엉덩이 | 굴 곡 | 68 | 0-18 | 0.26 | 80 | 0-23 | 0.29 |
| | 신 전 | 50 | 0-16 | 0.32 | 51 | 0-14 | 0.27 |
| | 내 전 | 32 | 0-14 | 0.44 | 28 | 0-14 | 0.50 |
| | 외 전 | 60 | 0-16 | 0.27 | 66 | 0-15 | 0.23 |
| | 내 선 | 35 | 0-9 | 0.26 | 49 | 0-10 | 0.20 |
| | 외 선 | 42 | 0-14 | 0.33 | 44 | 0-6 | 0.14 |
| 무 릎 | 굴 곡 | 112 | 0-65 | 0.58 | 116 | 0-57 | 0.49 |
| 발 목 | 굴 곡 | 36 | 0-20 | 0.56 | 36 | 0-31 | 0.86 |
| | 신 전 | 48 | 0-30 | 0.63 | 37 | 0-33 | 0.89 |
| | 내 전 | 43 | 0-29 | 0.67 | 38 | 0-29 | 0.76 |
| | 외 전 | 42 | 0-27 | 0.64 | 41 | 0-37 | 090 |

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

### 3.5 성별 비교

여성과 남성의 관절 동작에 대한 안락 동작범위를 비교하기 위하여, 표 4에 본 연구와 방법이 같은 기도형 (1997)의 연구에 제시되어 있는 남성의 안락 동작범위를 병기하였다. 표 4에서 보는 바와 같이 여성과 남성의 안락 동작범위에 큰 차이가 있음을 알 수 있으며, 그 주요 차이점들을 서술하면 다음과 같다.

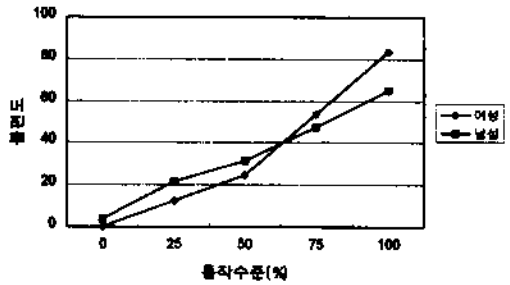
1) 관절 동작에 대한 여성의 지각 불편도가 남성에 비하여 약 37% 정도 커 ($p<0.05$), 같은 verbal descriptor에 대한 여성의 안락 동작범위가 남성에 비하여 작게 나타났다. 본 연구에서 지각 불편도를 측정한 모든 관절 동작을 고려할 때 여성의 안락 동작범위는 남성보다 약 10% 정도 작은 것으로 나타났다 ($p<0.05$).

2) 손목, 팔꿈치, 목 동작에 대한 남성의 안락 동작범위는 거의 동작범위에 가깝게 크게 나타났으나, 여성의 경우는 목 동작의 안락 동작범위는 남성과 같이 동작범위에 가까우나 손목, 팔꿈치 동작에서는 동작범위와 큰 차이를 보였다. 이는 목 동작의 지각 불편도는 성별간 큰 차이가 없고, 손목, 팔꿈치 동작에 대한 여성의 지각 불편도가 남성에 비하여 유의하게 크기 (각각 $p<0.01$, $p<0.10$) 때문인 것으로 판단된다.

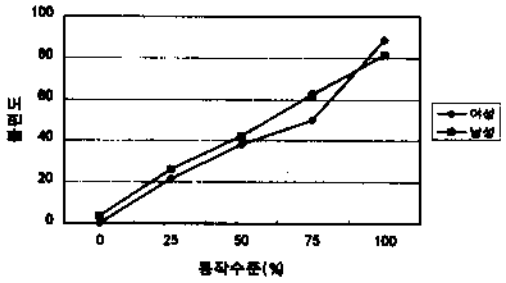
3) 회전(rotation)에 관련된 동작, 즉 어깨의 외선, 목의 회전, 등(back)의 회전, 엉덩 관절의 내선과 외선의 경우에는 남성에 비하여 여성의 안락 동작범위가 크거나, 혹은 안락 동작범위와 동작범위간의 비율이 크게 나타났다. 이는 여성이 회전과 관련된 관절 동작을 취할 때 남성보다 유연함을 보인 것이라 할 수 있다.

4) 등 동작의 굴곡, 신전, 측면 굴곡(lateral bending)의 경우에는 여성의 안락 동작범위가 남성에 비하여 크며, 회전의 경우는 여성의 안락 동작범위와 동작범위의 비율이 남성보다 큼을 보이고 있다. 이는 굴곡, 측면 굴곡, 회전의 경우는 여성의 지각 불편도가 남성에 비하여 크기는 하나 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않고 ($p>0.49$), 안락 동작범위 산정에 사용된 verbal descriptor '보통'의 지각 불편도 값(여성: 42.0, 남성: 35.9) 내에서는 남성의 지각 불편도가 여성보다 크기 때문인 것으로 추정된다 (그림 2, a)). 그리고, 신전 동작에서 남성의 안락 동작범위가 여성보다 큰 것은 남성의 지각 불편도가 여성보다 전반적으로 크기 때문이다 (그림, 2, b)). 이는 작은 등 동작, 즉 등 동작의 각도가 작은 범위 내에서는 다른 관절 동작에 비하여 남성보다 여성이 유연하여 지각 불편도를 작게 느낌을 의미하는 것으로 추측된다.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.




(a) 측면 굴곡




(b) 신전

그림 2. 여성과 남성의 등(back) 동작에 대한 지각 불편도

본 연구의 실험에서 수치로 측정한 관절 동작의 지각 불편도를 안락 동작범위로 변환할 때, 매개로 사용한 verbal descriptor에 대한 성별 평가 결과는 관절 동작에 대한 지각 불편도 평가에서와 같이 여성이 전반적으로 높게 평가하고 있으나 경향은 거의 유사함을 보여, 남녀간에 심물리학적 scale에 대한 반응이 성별에 크게 영향을 받지 않음을 알 수 있다 (그림 1). 그리고, verbal descriptor에 대한 지각 불편도 값은 관절 동작의 지각 불편도에서와 같이 여성의 경우가 남성보다 약 9% 정도 큰 것으로 나타났다 ($p<0.10$). 그러나, verbal descriptor에 대한 지각 불편도의 남녀간의 차이는 관절 동작에 대한 지각 불편도의 성별 차이보다는 작아, 이로 인하여 여성의 안락 동작범위가 남성에 비하여 작게 나타났다.

## 4. 결 론

본 연구에서는 기존 연구에서 다루어지지 않았던 여성의 안락 동작범위를 심물리학적 방법에 근거한 지각 불편도를 바탕으로 제시하였다. 여성의 안락 동작범위가 남성에 비하여 큰 관절 동작도 있었으나, 전반적으로는 여성의 안락 동작범위가 남성보다 약 10% 정도 작은 것으로 나타났다. 따라서, 실제 산업현장에서 작업장을 설계할 때나 기존 작업 작업장, 작업 자세를 평가할 때 성별간 다른 안락 동작범위를 사용하여야 할 것으로 판단된다. 본 연구의 결과는 근골격계질환이 산업안전 분야의 큰 문제로 대두되고 있고, 여성 작업자가 점점 증가하고 있는 실정을 감안할 때 작업장 설계 시나 평가 시 중요한 인간공학적 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

## 참고 문헌

기도형, "작업장 설계와 평가를 위한 한국인 관절의 안락 동작범위 측정." 대한인간공학회지, 16(2), 73-82, 1997.

기도형, "인체 관절 동작의 지각 불편도에 근거한 상체의 자세 분류 체계의 개발." 대한산업공학회지, 24(3), 447-455, 1998.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

동아일보, "허리통증...어깨 뻐근 등 컴퓨터 직업병 급증." 2001.4.23.

한국산업안전공단, 인간공학적 작업장 개선, 한국산업안전공단, 2001.

Aaras, A., Westgaard, R.H. and Stranden, E., "Postural angles as an indicator of postural load and muscular injury in occupational work situations." Ergonomics, 31, 915-933, 1988.

Burdorf, A., Govaert, G. and Elders, L., "Postural load and back pain of workers in the manufacturing of prefabricated elements." Ergonomics, 34, 909-918, 1991.

Chaffin, D.B., "Localized muscle fatigue -definition and measurement." Journal of Occupational Medicine, 15, 346-354, 1973.

Chaffin, D.B. and Andersson, G.B.J., Occupational biomechanics, 2nd ed., John Wiley & Sons Inc.: New York, 1991.

Corlett, E.N., "Pain, posture and performance," In E.N. Corlett and J. Richardson (Ed), Stress, work design and productivity, Wiley, London, 27-42, 1981.

Gescheider, G.A., Psychophysics: Method, theory, and application, 2nd ed., Lawrence Erlbaum Associates: London, 1985.

Grandjean, E., Fitting the task to the man: A textbook of occupational ergonomics, 4th ed., Taylor & Francis: London, 1988.

Han, S. H., Song, M. and Kwahk, J., "A systematic method for analyzing magnitude estimation data." International Journal of Industrial Ergonomics, 23, 513-524, 1999.

Haslegrave, C.M., "What do we mean by a 'working posture'?." Ergonomics, 37, 781-799, 1994.

Hsiao, H. and Keyserling, W.M., "Evaluating posture behavior during seated tasks." International Journal of Industrial Ergonomics, 8, 313-334, 1991.

http://home.kosha.net/~coddr/data/trend.htm.

Hwang, C.L. and Yoon, K., Multiple decision making: Method and application, Spring-Verlag: New York, 1981.

Kelsey, J.L., Githens, P.B., White III, A.A., Holford, T.R., Walter, S.D., O'Connor, S.D.T., Ostfeld, A.M., Weil, U., Southwick, W.O. and Calogero, J.A., "An epidemiologic study of lifting and twisting on the job and risk for acute prolapsed lumbar intervertebral disc." Journal of Orthopaedic Research, 2, 61-66, 1984.

Keyserling, W.M., Punnett, L. and Fine, L.J., "Trunk posture and back pain: Identification and control of occupational risk factors." Applied Industrial Hygiene, 3, 87-92, 1988.

Kilbom, A., Persson, J. and Jonsson, B.G., "Disorders of cervicobrachial region

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

among female workers in the electronics industry." International Journal of Industrial Ergonomics, 1, 37-47, 1986.

Marras, W.S., Lavender, S.A., Leurgans, S.E., Rajulu, S.L., Allread, W.G., Fathallah, F.A. and Ferguson, S.A., "The role of dynamic three-dimensional trunk motion in occupationally-related low back disorders: The effects of workplace factors, trunk position, and trunk motion characteristics on risk of injury." Spine, 18(5), 617-628, 1993.

Moore, A., Wells, R.P. and Ranney, D., "Quantifying exposure in occupational manual tasks with cumulative trauma disorder potential." Ergonomics, 34(12), 1433-1453, 1991.

Murrell, K., Ergonomics, Chapmann and Hall: London, 1969.

Punnett, L. and Keyserling, W.M., "Exposure to ergonomic stressors in the garment industry: Application and critique of job-site work analysis methods." Ergonomics, 30(7), 1099-1116, 1987.

Punnett, L., Fine, L.J., Keyserling, W.M., Herrin, G.D. and Chaffin, D.B., "Back disorders and nonneutral trunk postures of automobile assembly workers." Scandinavian Journal of Work and Environment, 17, 337-346, 1991.

Rebiffe, R., "An ergonomic study of the arrangement of the driving position in motor cars," Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, 181, Part 3D(pp. 43-50), 1966-1967.

Ryan, G.A., "The prevalence of musculo-skeletal symptoms in supermarket workers." Ergonomics, 32, 359-371, 1989.

Silverstein, B.A., Fine, L.J. and Armstrong, T.J., "Hand-wrist cumulative trauma disorders in industry." British Journal of Industrial Medicine, 43, 779-784, 1986.

Silverstein, B.A., Fine, L.J. and Armstrong, T.J., "Occupational factors and carpal tunnel syndrome." American Journal of Industrial Medicine, 11, 343-358, 1987.

Spilling, S., Eitrheim, J. and Aaras, A., "Cost-benefit analysis of work environment investment at STK's telephone plant at Kongsvinger," In N. Corlett, J. Wison and I. Manenica(Ed), The ergonomics of working postures, Taylor & Francis, London, 380-397, 1986.

## 저자 소개

◈ 기도형

서울대학교 산업공학과 (학사, 석사)
포항공과대학교 산업공학과 (박사)
현재 계명대학교 산업공학전공 재직중

논문접수일 (Date Received): 2001/11/26
논문게재승인일(Date Accepted): 2002/4/1

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.