

# 지각불편도와 심박수를 이용한 상지 반복 작업 작업/휴식 일정의 작업부하 비교

이인석<sup>†</sup> · Roger Haslam<sup>\*</sup> · 송영웅<sup>\*\*</sup>

한경대학교 안전공학과 · <sup>\*</sup>Department of Human Sciences, Loughborough University

<sup>\*\*</sup>대구가톨릭대학교 산업보건학과

(2008. 7. 11. 접수 / 2008. 8. 18. 채택)

## Comparison of Different Work/Rest Schedules of a Repetitive Upper-limb Task Based on Perceived Discomfort and Heart Rate

Inseok Lee<sup>†</sup> · Roger Haslam<sup>\*</sup> · Young W. Song<sup>\*\*</sup>

Department of Safety Engineering, Hankyong National University

<sup>\*</sup>Department of Human Sciences, Loughborough University

<sup>\*\*</sup>Department of Industrial Health, Catholic University of Daegu

(Received July 11, 2008 / Accepted August 18, 2008)

**Abstract :** Many automobile assembly workers often do several cycles of tasks continuously, i.e., without breaks, to get a longer break. This is not recommended since the dose of fatigue increases exponentially with time and it takes much longer time to recover. In this study, a laboratory experiment was conducted to investigate the effect of work/rest schedules on workload of a repetitive upper-limb task. Eleven male subjects participated in the experiment, in which simulated screw driving tasks were carried out repetitively with 3 different work/rest schedules: standard breaks(1 cycle of work at a time, 60 20-s breaks), medium breaks(5 cycles of work at a time, 12 100-s breaks), and long breaks(10 cycles of work at a time, 6 200-s breaks). The result showed that medium- and long-breaks schedules significantly increased the level of perceived discomfort and %HRR as compared to the standard-break schedule. The subjects' preference was not statistically different among work/rest schedules, which might be caused from the absolutely low level of workload of the experimental tasks. From the results, it is recommended to have frequent and shorter breaks rather than infrequent and longer breaks to decrease the level of physical workload. A more expanded studies, however, should be carried out to provide more practical safety guidelines on the work practice of continuous working without breaks among automobile assembly workers.

**Key Words :** work/rest schedules, repetitive task, work-related musculoskeletal disorders(WMSDs), perceived discomfort, Borg's CR10, heart rate(HR)

### 1. 서론

자동차 조립 공정과 같은 라인 방식의 작업장에서는 작업자들이 주어진 시간 동안 맡은 작업을 완수하고 남은 시간에 휴식을 취하면서 다음 주기의 작업을 준비한다. 작업 표준 시간은 보통의 숙련자가 정상적인 속도로 작업을 수행하는 것을 가정하고 여유 시간을 감안하여 정의된다<sup>1)</sup>. 일반적으로 작업자들은 주어진 표준 시간보다 빠르게 작업을 완

수한다. 예를 들어, 작업 표준 시간이 1분인 경우에 작업자는 40초 만에 작업을 끝내고 20초 동안 다음 작업을 준비하면서 휴식을 취할 수 있다. 그런데, 실제로는 작업자들이 매 작업주기마다 40초 작업과 20초 휴식을 반복하기보다는 여러 주기의 작업을 휴식없이 한번에 수행하고 더 긴 시간을 휴식과 여유시간으로 활용하는 경우가 많다. 즉, 작업자가 10주기의 작업을 6분 40초 동안 쉬지 않고 한번에 수행하면 3분 20초 동안 쉴 수 있는 것이다.

작업생리학 측면에서는 이와 같이 작업을 몰아서 하고 긴 휴식을 취하는 것보다 짧은 휴식을 더

<sup>†</sup> To whom correspondence should be addressed.  
lis@hknu.ac.kr

자주 취하는 것이 일반적으로 더 유리하다고 알려져 있다<sup>2,4)</sup>. 작업 수행 시간이 증가할수록 인체에 가해지고 누적되는 부하의 증가 속도는 증가하게 되며, 부하의 정도가 클수록 이를 해소하는 데 걸리는 시간은 부하에 노출된 시간보다 훨씬 길어지게 된다. 이러한 작업생리학적 배경에 의해 작업부하의 노출 수준을 낮추고 휴식시간을 짧고 빈번하게 하도록 하는 것이 안전지침으로 제시되고 있다.

작업/휴식 일정과 관련된 기존의 연구들은 대부분 장시간 작업과 이에 따른 휴식시간의 비율, 중량물 취급이나 작업부하 수준이 매우 높은 경우, 컴퓨터 작업과 같이 장시간 정적인 자세를 유지하는 경우 등과 같은 작업 환경을 대상으로 하고 있다<sup>12)</sup>. 이를 바탕으로 우리나라의 자동차조립 작업에서 이루어지는 것과 같이 작업자가 자율적으로 작업을 한번에 몰아서 하는 작업 특성에 대해 안전지침을 제시하는 것은 구체적이지 못하고 일반적 지침에 그칠 수밖에 없는 한계가 있다.

자동차조립 작업은 일반적으로 반복적인 수작업으로 구성되어 있으며, 전기나 공압을 이용한 동력 공구를 많이 사용한다. 작업자들이 사용하는 동력 공구의 중량은 약 2~3kg 정도로 작업자가 작업하기에 큰 부담을 느끼는 수준은 아니다. 그러나, 반복적인 수공구 작업은 근골격계질환 유발의 원인이 될 수 있으며<sup>5,6)</sup>, 특히 여러 주기의 작업을 한번에 몰아서 수행하는 것은 작업자에게 노출되는 부하가 증가하여 전체 작업부하의 수준을 높이는 원인이 될 수 있다. 반복작업에서 작업/휴식 일정이 중요한 유해 인자 중 하나라는 것이 보고된 바 있으며<sup>7)</sup>, 컴퓨터 작업에서도 휴식시간의 길이가 주관적 불편도에 영향을 미치는 것으로 보고된 바 있다<sup>8)</sup>.

이 연구는 자동차 조립작업과 같이 경량의 수공구를 이용하고 상지의 반복 동작을 동반하는 주기적 작업에서 작업/휴식 일정이 작업부하에 미치는 영향을 지각불편도와 심박수를 이용하여 파악하고자 수행되었다. 이 때 작업/휴식 일정은 작업자들이 수행하는 것과 유사한 방식의 작업방식을 의미하며, 본 연구의 결과를 바탕으로 실제적인 안전지침의 근거를 제시하고자 하였다.

## 2. 연구 방법

### 2.1. 피실험자

본 실험에는 남자 대학원생 11명이 자발적으로 참여하였으며, 이들의 나이, 신장, 체중은 Table 1

Table 1. Subjects' anthropometric information

	Mean (SD)		Min	Max
Age(years)	28.3	(3.1)	24	34
Height(cm)	178.5	(6.9)	170.0	191.0
Weight(kg)	78.8	(13.3)	57.0	106.0

과 같다. 피실험자들은 허리, 목, 어깨, 손목 등의 부위에서 근골격계질환이나 심혈관계질환을 경험하지 않았으며, 실험에 참여할 때 건강한 상태였다.

### 2.2. 작업/휴식 시간

본 실험에서 피실험자들은 상지의 반복 동작으로 구성된 작업을 세 가지 다른 작업/휴식시간 일정에서 각각 60주기씩 반복 수행하였다. 각 일정은 모두 동일하게 60주기의 작업으로 구성되었으나, 작업과 휴식시간의 배분에 따라 표준, 중기, 장기 작업/휴식 일정으로 구분되었다. '표준 작업/휴식 일정'에서 피실험자는 매 작업 주기마다 약 40초 동안 작업 후 약 20초 동안 휴식을 취하였다. '중기 작업/휴식 일정'에서 피실험자는 5주기의 작업을 연속해서 수행하여 약 200초 동안 작업 후 약 100초 동안 휴식을 취하는 일정을 12회 반복하였다. '장기 작업/휴식 일정'에서 피실험자는 10주기 작업을 연속해서 수행하여 약 400초 동안 작업 후 200초 동안 휴식을 취하는 일정을 6회 반복하였다.

60주기의 작업을 완수하는 데 걸리는 시간은 약 1시간이 소요되었으며, 작업/휴식 일정에 따라 약 3분의 차이가 발생하였다. 즉, 장기 작업/휴식일정에서는 표준 일정보다 작업이 약 3분 정도 빨리 끝났다.

### 2.3. 종속 변수

본 실험에서는 상지 반복 작업 수행 중 작업의 부하 수준을 평가하기 위하여 심박수(HR), 지각불편도, 주관적 선호도를 측정하였다.

심박수는 5초 간격으로 측정하였으며, 매 10회 주기 작업의 마지막 30초 동안의 심박수를 분석에 활용하였다.

지각불편도 평가에는 변형된 Borg's CR10 척도를 이용하였다<sup>9)</sup>. 지각불편도 평가 척도는 0~10점으로, 불편함의 정도를 설명하는 내용이 함께 제시되었다. 불편함의 정도는 불편함 없음(0점), 매우 적은 불편함(1점), 적은 불편함(2점), 보통의 불편함(3점), 심한 불편함(5점), 매우 심한 불편함(7점), 극도로 심한 불편함(10점) 등으로 표현되었다. 피실험자

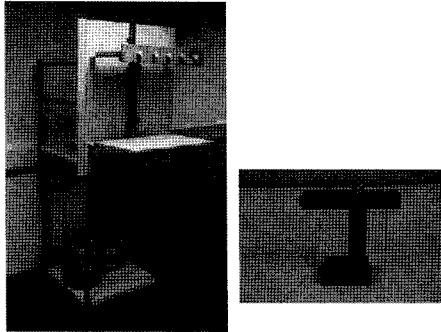


Fig. 1. 실험용 작업대와 수공구 모형.

는 매 10주기의 작업이 끝난 후 불편한 정도를 1) 목/어깨, 2) 상박, 3) 하박/손, 4) 허리, 5) 전신 등 5개 신체부위에 대하여 평가하였다.

피실험자들은 각 작업/휴식 일정의 작업을 마친 후에 해당 일정에 대한 선호도를 7점 척도(아주 매우 싫어함~아주 매우 좋아함)로 평가하였다.

#### 2.4. 실험 장비

본 실험에는 심박수 측정기, 상지 반복 작업 수행용 작업대와 실험용 수공구 모형 등이 사용되었다. 심박수 측정에는 가슴에 패드를 차고, 수신기와 저장기가 손목시계에 있는 심박수 측정장비(Polar, Sweden)가 사용되었다.

피실험자는 기억자형 드라이버를 모사한 무게 2.3kg의 수공구 모형을 이용하여 실험의 작업을 수행하였다(Fig. 1). 작업대는 공구 거치대와 수공구로 누르도록 고안된 버튼 5개가 부착된 작업판으로 구성되어 있다. 작업대의 높이는 조절이 가능하며 버튼의 높이를 피실험자의 어깨 높이가 되도록 하였으며, 수공구 거치대의 높이는 버튼으로부터 45cm 아래가 되도록 하였다. 나무로 만들어진 버튼은 지름 1.8cm의 원형이며 스프링으로 수직의 작업면에 고정되었다. 버튼을 누르는 데 필요한 힘은 평균 39.4N(37.0~44.5N)이었으며, 버튼 사이의 간격은 9cm이었다.

#### 2.5. 실험 방법 및 절차

피실험자들은 실험에 참여하기에 앞서 실험의 목적과 방법에 대한 설명을 들었으며, 지각불편도와 주관적 선호도를 평가하는 방법을 습득하였다. 본 실험을 시작하기에 앞서 피실험자들의 키, 체중, 어깨 높이를 측정한 후 피실험자의 어깨 높이에 맞춰 작업대 높이를 조정하였으며, 휴식 상태에서 피실험자의 심박수를 측정하였다.

피실험자는 작업대로부터 4m 거리에 떨어져 있는 의자에 앉아 있다가 작업 시작 신호에 맞춰 작업대로 걸어가 수공구 거치대에 놓여 있는 수공구를 오른손으로 들어 5개의 버튼을 차례대로 누르는 작업을 4회 반복하였다. 즉, 버튼누르기 20회를 수행하는 것이 작업 1주기에 해당한다. 피실험자는 버튼 5개를 연속해서 1회 누른 후에는 수공구 모형을 팔꿈치 높이로 내려 들 수 있었으며, 5개의 버튼누르기를 4회 모두 수행한 후에 수공구를 거치대에 올려놓으면 1주기의 작업이 끝난다. 의자에 앉아 있다가 작업대까지 걸어나와 1주기의 작업을 수행하고 다시 의자로 돌아가 앉을 때까지 약 40초가 소요되었으며, 피실험자마다 약간의 차이가 있었다.

피실험자는 표준 작업/휴식 일정에서는 작업 1주기마다 의자로 돌아와 앉아서 휴식을 취하였으며, 매 1분마다 울리는 청각 신호에 따라서 다음 주기의 작업을 실시하였다. 중기 작업/휴식 일정에서는 작업 5주기마다, 장기 작업/휴식 일정에서는 작업 10주기마다 의자로 돌아와 앉아서 휴식을 취하고, 다음 작업 시작 신호에 맞춰 작업을 재개하였다.

피실험자들은 하루에 하나의 작업/휴식 일정에서만 실험에 참여하였으며, 연속된 실험간에는 최소 24시간의 시간차를 두었다. 각 피실험자의 세 작업/휴식 일정의 순서는 무작위화하였다. 피실험자가 실험에 참여하는 시간은 오전 10시에서 오후 5시 사이가 되도록 하고 실험시각은 제어하지 않았다. 실험이 이루어진 공간은 실내온도 18~20°C의 독립된 장소였다.

#### 2.6. 분석

작업/휴식일정이 작업부하에 미치는 영향을 분석하기 위하여 지각불편도, 주관적 선호도, 심박수 자료를 대상으로 분산분석(ANOVA)을 실시하였다. 지각불편도는 Borg's CR10의 불편도점수를 그대로 이용하였으며, 주관적 선호도는 1~7점으로(1점: 아주 매우 싫어함, 7점: 아주 매우 좋아함)으로 변환하여 분석하였다. 심박수 분석에서는 심박수 자체에 대한 분석뿐만 아니라 최대심박수와 휴식심박수를 이용하여 표준화한 %HRR(Percentage Heart Rate Reserve, %HRR = (측정HR-휴식HR)/(최대HR-휴식HR)×100)를 이용하였다. 최대심박수는 피실험자의 나이를 이용하여 구하였다(최대HR = 205.8 - 0.685 × 나이)<sup>10,11)</sup>.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 지각불편도

작업/휴식 일정과 작업주기가 신체부위별 지각 불편도에 미치는 영향을 분석한 결과(Table 2), 각 신체부위별 지각불편도는 작업주기에 따라 유의한 차이를 보이는 것으로 나타났다( $p < 0.01$ ). 작업/휴식 일정에 따라서는 상박( $p < 0.01$ ), 하박/손, 전신( $p < 0.05$ )에 대한 불편도가 유의한 차이를 보였다. 허리에 대한 불편도는 작업/휴식 일정에 따른 차이가 유의하지 않은 것으로 나타났으며, 목/어깨에 대한 불편도는 작업/휴식 일정에 따른 차이가 거의 유의한 것으로 나타났다( $p = 0.051$ ). 각 신체부위와 전신에 대한 불편도는 작업/휴식 일정과 작업주기간의 교호작용이 유의하지 않았다( $p > 0.05$ ).

작업이 모두 끝난 후에 피실험자들이 신체부위별로 평가한 불편도는 상박에서 가장 높은 값을 보였으며, 하박과 손, 목과 어깨, 허리의 순으로 나타났다. 전신에 대한 불편도는 어깨와 비슷한 수준을 보였다. 상박의 불편도 평균은 1.78로 '매우 적은 불편도' 수준인 것으로 나타났다.

Fig. 2는 60주기의 작업을 모두 마친 시점에서 피실험자가 평가한 불편도의 평균을 작업/휴식 일정별로 나타내고 있다. 작업/휴식 일정에 따른 불편도 차이는 전신을 대상으로 하였을 때 표준 일정(STD)에 비해 중기(MDM)와 장기(LNG) 일정에 대한 불편도가 더 큰 것으로 나타났다. 중기와 장기 일정에 대한 불편도 차이는 크지 않은 것으로 나타났다. 이러한 경향은 목/어깨를 대상으로 한 불편도에서도 유사하게 나타났다. 상박과 하박/손을 대상으로 한 불편도에서도 표준 일정에 비해 중기와 장기 일정에 대한 불편도가 높게 나타나고 있으나, 이들의 경우에는 중기 일정에서의 불편도가 장기 일정에 비해서 높게 나타났다. 허리를 대상으로 한 불편도에서는 장기 일정에 대한 불편도가 가장 낮게 나타났으나, 세 일정간의 차이가 크지 않으며 다른 신체 부위에 비해서 불편도 수준이 매우 낮게 나타났다.

작업주기별 전신의 지각 불편도 평균은 작업 시간이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였으나, 표준 일정에서는 불편도 증가가 매우 완만하게 이루어진 반면에 중기와 장기 일정에서는 불편도의 증가가 좀 더 급격하게 이루어졌다(Fig. 3). 중기 일정에서는 10회 이후에 불편도가 급격히 증가한 이후에 완만한 증가세를 보였으며, 장기 일정에서는 30

회 이후에 급격한 증가 추세를 보였다. 작업이 모두 끝난 후에 평가된 불편도는 장기 일정의 불편도가 중기 일정과 유사한 값을 보였다. 목/어깨 지각불편도도 이와 비슷한 결과를 보였다(Fig. 4).

Table 2. ANOVA results of perceived discomfort (p-values)

Body Parts	Factors		
	Schedule(S)	Cycle(C)	S×C
Neck/Shoulder	0.051	0.002**	0.325
Upper Arm	0.004**	<0.001**	0.268
Lower Arm/Hand	0.039*	<0.001**	0.760
Low Back	0.468	<0.001**	0.279
Whole Body	0.022*	<0.001**	0.156

\* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ .

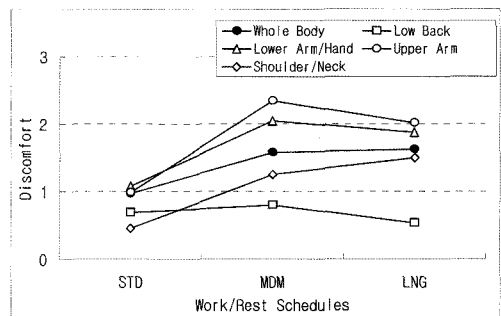


Fig. 2. Mean discomfort at the end of the task.

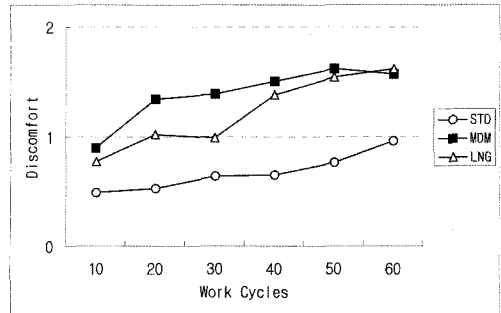


Fig. 3. Mean discomfort for the whole body.

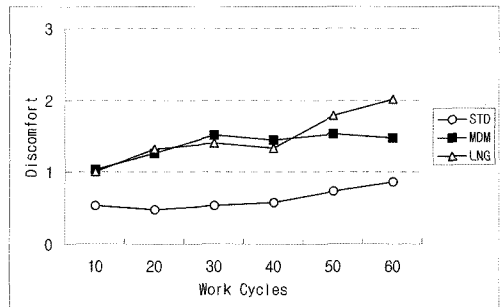


Fig. 4. Mean discomfort for the neck and shoulder.

3.2. 심박수

작업/휴식 일정과 작업주기가 심박수와 %HRR에 미치는 영향을 분산분석을 통하여 분석한 결과 (Table 3), 두 변수 모두 작업/휴식 일정과 작업주기에 따라 유의한 차이를 보이는 것으로 나타났다 ( $p < 0.05$ ). 작업/휴식 일정과 작업주기간에는 심박수와 %HRR의 교호작용이 유의하지 않았다 ( $p > 0.05$ ).

Duncan 다중범위 검정을 수행한 결과 작업/휴식 일정별 심박수 평균은 장기 일정( $87.1 \pm 11.4 \text{ bpm}$ )과 중기일정( $86.7 \pm 11.1 \text{ bpm}$ )이 표준 일정( $80.9 \pm 8.9 \text{ bpm}$ )에 비해 통계적으로 유의하게 높았다 ( $p < 0.05$ ). 작업/휴식 일정별 %HRR 평균도 장기 일정( $15.3 \pm 5.9\%$ )과 중기일정( $13.8 \pm 6.1\%$ )이 표준 일정( $9.9 \pm 4.3\%$ )에 비해 통계적으로 유의하게 높았다 ( $p < 0.05$ ).

심박수는 작업주기 10회부터 증가와 장기 일정이 표준 일정보다 높은 값을 보였으며, 세 일정 모두 작업주기가 증가할수록 심박수가 점차 감소하는 경향을 보였다 (Fig. 5). 중기와 장기 일정간에는 심박수가 유사한 값을 보였다. %HRR도 심박수와 유사한 경향을 보이고 있으나, 장기와 중기 일정간의 차이가 심박수에 비해 크게 나타나고 있다 (Fig. 6).

3.3. 주관적 선호도

장기 작업/휴식 일정에 대한 선호도( $4.4 \pm 1.2$ )가 가장 높으며, 중기 일정( $4.3 \pm 1.4$ ), 표준 일정( $3.7 \pm 2.0$ )의 순으로 선호되는 것으로 나타났다. 그러나, 분산분석 결과 작업/휴식 일정간에 선호도의 차이가 유의하지는 않았다 ( $F_{(2,20)} = 0.54, p = 0.59$ ).

Table 3. ANOVA results of HR and %HRR (p-values)

Dependent Variables	Factors		
	Schedule (S)	Cycle (C)	S×C
HR	0.017*	0.013*	0.466
%HRR	0.041*	0.011*	0.477

\*  $p < 0.05$ .

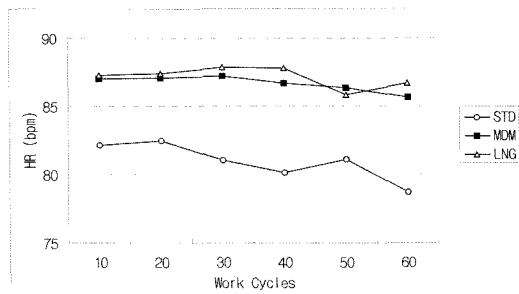


Fig. 5. Mean heart rate.

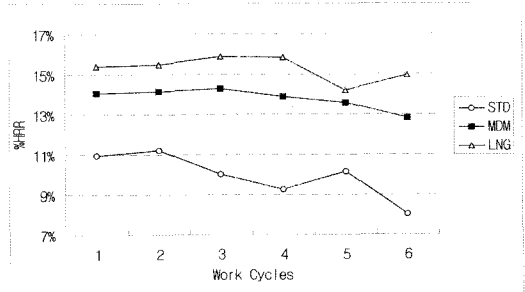


Fig. 6. Mean %HRR.

5. 결론

본 연구에서는 상지의 반복동작을 수반하는 주기적 작업에서 작업/휴식 일정에 따른 작업부하의 차이를 비교하였다. 지각불편도와 심박수를 바탕으로 하였을 때 짧은 휴식을 자주 취할수록 부하수준이 낮게 나타나는 것을 알 수 있었다. 5주기의 작업과 10주기의 작업을 몰아서 하는 작업 일정 간에는 상대적으로 차이가 명확하게 나타나지 않았으나, %HRR에서는 연속작업 시간이 길수록 부하의 수준이 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과를 바탕으로 할 때, 작업 시간을 길게 하여 긴 휴식시간을 확보하는 것은 심물리학적이나 생리적인 측면에서 작업부하를 증가시키는 원인이 된다고 할 수 있다. 이러한 결과는 기존의 작업생리학적 측면에서 제시되고 있는 지침과 일관된 것이라 할 수 있다.

본 연구에서 수행한 작업의 부하 수준은 Borg's CR10을 이용한 지각불편도에서 '매우 적은 불편함'의 수준이었으며, 심박수를 기준으로 할 때도 90 미만의 '낮은 부하' 수준이었다. 이는 본 연구의 목적이 절대적인 작업부하 수준을 평가하고자 한 것이 아니라 작업/휴식 일정간의 차이를 비교하고자 한 것이기 때문에 실험의 작업을 피실험자에게 크게 부담되지 않을 정도의 수준으로 설계하였기 때문이다. 비록 자동차 조립공정을 모사하여 2.3kg의 수공구 모형과 버튼을 이용하였으나, 이는 실제 작업에 비하였을 때 자세, 취급 부품, 진동, 이동 거리, 소음 등의 다양한 작업 요인의 측면에서 매우 단순화된 작업 환경이라 할 수 있다. 따라서, 본 연구에서 수행한 장기 작업/휴식 일정의 부하 수준이 높지 않다고 하여 실제로 10주기의 작업을 연속해서 하는 것이 타당함을 의미하는 것은 아니다. 또한, 본 연구는 1시간의 짧은 작업시간 동안만 작업을 수행하는 실험실 연구를 바탕으로 한 것이기 때문에 이 결과를 8시간 이상의 작업에 직접적으로 적용할

때 주의를 할 필요가 있다.

작업 주기에 따라서 작업부하의 수준이 크게 증가하지 않는 경향을 보였는데, 이러한 결과도 작업의 절대적 부하 수준이 높지 않았던 점과 관련이 있는 것으로 추정된다. 또한, 작업/휴식 일정간에 주관적 선호도 차이가 유의하지 않게 나타난 것도 절대적 작업부하 수준과 관련이 있는 것으로 추정된다. 절대적 작업부하가 높지 않은 상황에서 일부 피실험자들은 자주 짧게 휴식을 취하는 것을 매우 지겹게 생각하는 경향이 있었는데, 이는 물리적 작업부하보다 단순하고 지루한 작업에 의한 심리적 특성이 더 큰 영향을 미친 것으로 파악된다.

작업의 절대적 작업부하가 매우 높지 않은 경우에는 본 연구의 결과와 같이 여러 주기의 작업을 쉬지 않고 연속해서 수행하더라도 작업부하의 증가가 매우 높지 않을 것으로 추정된다. 이러한 상황에서는 작업자에게 적절하게 작업을 연속해서 수행하는 것을 추천할 수도 있다. 적절한 수준의 작업부하는 작업의 권태로움도 제거하고 작업의 생산성도 높이는 효과를 볼 수 있기 때문이다<sup>12)</sup>.

그러나, 기존의 연구는 물론 본 연구의 결과에서도 나타난 바와 같이 여러 주기의 작업을 쉬지 않고 연속해서 수행하는 것은 작업부하의 수준을 높이게 되며 결과적으로 누적된 피로를 해소하는데 필요한 시간은 확보된 휴식시간보다 더 길어질 수도 있다. 따라서, 작업자들에게 막연하게 짧게 자주 쉬는게 좋다고 하는 것이나 현재와 같이 자율적으로 연속해서 작업을 하도록 하는 것을 그대로 두는 것 모두 충분한 안전지침이라 하기는 어렵다. 이보다는 작업자가 필요한 경우에 연속해서 작업을 할 수 있는 한계에 대한 지침을 제시할 필요가 있다.

현장에 적용하기에 충분한 지침을 제시하기 위해서는 본 연구를 보완한 추가 연구가 필요하다. 본 연구는 실험실 실험 연구로서 현장에 직접 적용하는 데 여러 가지 한계를 가지고 있다. 실험에 현장 경험이 없는 학생이 피실험자로 참여하였으며, 작업 수행 시간이 1시간으로 제한되었고, 실제 작업장 상황과 다른 독립된 공간에서 모형 수공구를 이용해 작업이 이루어진 점 등이 향후 연구에서는 보완되어야 할 부분이다. 그리고, 절대적 작업부하 수준을 다양하게 하여 다양한 작업조건에 부합하는 연구가 이루어져야 할 것이다.

**감사의 글 :** 이 논문은 2005년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임.”(KRF-2005-214-D00394).

## 참고문헌

- 1) B.W. Niebel and A. Freivalds, “Methods, standards, and work design”, McGraw-Hill, 1999.
- 2) J. R. Wilson and N. Corlett, “Evaluation of human work”(3rd ed.), CRC, 2005.
- 3) P.O. Astrand, K. Rodahl, H.A. Dahl, S.B. Stromme, “Textbook of work physiology”(4th ed.), Human Kinetics, 2003.
- 4) S. Konz, “Work/rest: Part I - Guidelines for the practitioner”, International Journal of Industrial Ergonomics, Vol. 22, pp. 67~71, 1998.
- 5) V. Putz-Anderson, “Cumulative trauma disorders: A manual for musculoskeletal diseases of the upper limbs”, Taylor & Francis, London, 1988.
- 6) A. Kilbom, “Repetitive work of the upper extremity: Part II - The scientific basis(knowledge base) for the guide”, International Journal of Industrial Ergonomics, Vol. 14, pp. 59~86, 1994.
- 7) H. Christensen, K. Sogaard, M. Pilegaard, H.B. Olsen, “The importance of the work/rest pattern as a risk factor in repetitive monotonous work”, International Journal of Industrial Ergonomics, Vol. 25, pp. 367~373, 2000.
- 8) Y.C. Kim, J.P. Lee, “The Effects of Short Break Time and Mouse Clicks on the VDT Work by using Subjective Discomfort”, J. of the KOSOS, Vol. 23, No. 2, pp. 30~36, 2008.
- 9) G. Borg, “Borg’s Perceived exertion and pain scales”, Human Kinetics, 1998.
- 10) R.A. Robergs and R. Landwehr, “The surprising history of the “HRmax=220-age” Equation”, Journal of Exercise Physiology Online, Vol. 5, No. 2, 2002.
- 11) O. Inbar, A. Oten, M. Scheinowitz, A. Rotstein, R. Dlin, and R. Casaburi, “Normal cardiopulmonary age-related changes”, Journal of Applied Physiology, Vol. 53, No. 4, pp. 799~804, 1982.
- 12) S. Konz, “Work/rest: Part II - The scientific basis (knowledge base) for the guide”, International Journal of Industrial Ergonomics, Vol. 22, pp. 73~99, 1998.