

## 심박변이에 영향을 미치는 작업관련요인의 만성 및 급성 효과

부산대학교 의학전문대학원 예방의학 및 산업의학교실,  
고신대학교 의과대학 예방의학교실<sup>1)</sup>

손민정 · 김영기 · 예상범 · 김지현 · 강동묵 · 함장성<sup>1)</sup> · 이용환<sup>1)</sup>

— Abstract —

### Chronic and Acute Effects of Work-related Factors on Heart Rate Variability

Minjeong Son, Youngki Kim, Sangbum Ye, Jihyun Kim,  
Dongmug Kang, Jangseong Ham<sup>1)</sup>, Yonghwan Lee<sup>1)</sup>

*Department of Preventive and Occupational Medicine, School of Medicine, Pusan National University,  
Department of Preventive Medicine, College of Medicine of Kosin University<sup>1)</sup>*

**Objectives:** Reduced heart rate variability (HRV) is one of the serious risk factors for heart diseases. We evaluated the acute and chronic effects of work-related factors on HRV.

**Methods:** The five-minute HRV of 85 male workers from an automobile assembly factory were measured at 9 A.M. (before-work) and at 5 P.M. (after-work). The workplace noise, temperature and physical workload levels were measured as work-related factors. We postulated that the HRV measured at before-work represents the chronic effects and the HRV measured at after-work represents the acute effects of work-related factors. We used generalized linear regression analysis with adjusting for the general characteristics and/or the morning HRV.

**Results:** The subjects exposed to noise or a hot environment showed increased HRV in the afternoon and decreased HRV in the morning. Machine oil and interpersonal conflict decreased the HRV in the morning, but other chemicals did not show any effect on the HRV. A physical workload decreased the HRV in both the morning and afternoon.

**Conclusion:** The physical and chemical environment, psychosocial stress and a physical workload may affect the autonomic nerve system.

**Key Words:** Heart rate, Variability, Acute effect, Workload

### 서 론

심장의 박동은 자동능을 지닌 여러 세포의 자발적인 흥분에 의하여 이루어지지만, 심박동수의 변동은 주로 자율신경계의 조절로 이루어지며 동방결절에 미치는 자율신경계의 영향은 체내/외부환경의 변화에 따라 시시각각으로

변화하는데, 이러한 시간에 따른 심박의 주기적인 변화를 심박변이(Heart rate variability: HRV)라 한다. 즉, 자율신경계에 이상이 오면 이런 상호작용이 감소되어 심박변이의 감소 또는 불균형이 일어나는 것이다<sup>1)</sup>. 자율신경계의 이상이 심장질환을 초래할 수 있으며, 심박변이가 심장질환의 예측지표로 유의하다는 사실은 이미 여러 차

〈접수일: 2008년 7월 14일, 채택일: 2008년 10월 13일〉

교신저자: 김 영 기 (Tel: 051-240-7742) E-mail: mungis@chol.com

\* 본 논문은 부산대학교 자유과제학술연구비(2년) 지원에 의한 것임.

레 증명되어 왔다. 만성적으로 저하된 자율신경계는 허혈성 심질환 환자에서 심장성 돌연사의 위험인자일 뿐만 아니라 일반인구집단에서도 사망률을 증가시키는 것으로 보고되었으며<sup>2,3)</sup>, 심박변이 지표 중 SDNN의 1 표준편차의 감소는 새로운 심장혈관질환의 발생위험도를 1.47배 증가시키는 것으로 나타났다<sup>4)</sup>.

McEwen<sup>5)</sup>에 따르면 스트레스에 대한 알로스타 시스템(allostatic system)은 변화에 대한 항상성을 유지하는 체계를 일컫는데, 알로스타 부하 모델(Allostatic load model)을 이용하면 스트레스에 대해 적응하거나 건강에 문제를 일으키는 생리적 반응을 이해할 수 있다. 스트레스에 대한 정상적인 반응은 처음에 스트레스원에 대응하기 위해 생리체계를 급격히 활성화 시키며 스트레스 상황이 끝나면 바로 이 생리체계를 종료한다. 정상적으로 알로스타 시스템(allostatic system)과 관계된 생리체계를 대사하고, 장애가 생긴 부위를 치료하며, 시스템을 재생산하기 위해서는 휴식과 회복기간이 필요한데, 알로스타 시스템(allostatic system)에 대한 과부하나 과소부하는 신체 생리 체계에 악영향을 준다. 이러한 생리체계는 자율신경계에서도 동일하게 적용되는데, 지속적인 스트레스 상황은 자율신경계의 만성적인 저하를 가져 오게 된다. 또한, 저하된 자율신경계는 급성 스트레스에 대하여 부적절한 반응을 하게 되어 생리체계의 교란이 오게 되고, 급성 스트레스에 반복적으로 노출되게 되면, 자율신경계의 항상성을 유지하려는 능력은 점점 저하된다<sup>5)</sup>.

일반인구에서 심혈관계 질환의 유병률이 높아지고 있으며, 사업장 근로자의 연령이 증가하면서 작업관련 심혈관 질환의 예방에 대한 관심이 높아지고 있다<sup>6)</sup>. 작업관련성 심혈관계 질환의 예방을 위해서는 개인적인 위험요인의 평가와 함께 다양한 작업환경으로 인한 심혈관계 질환의 위험을 평가할 필요가 있다. 따라서 산업의학 분야에서도 사업장 환경에서 노출되는 물질들의 심혈관계 건강영향을 연구하기 위해 심박변이를 이용할 수 있다. 작업장의 온도<sup>7)</sup>, 소음<sup>8-11)</sup>, 화학물질<sup>12,13)</sup> 등에 대한 영향과 함께 직무 스트레스<sup>14,15)</sup>에 의한 자율신경계의 영향 등이 개별적으로 또는 복합적으로 연구되었다. 그러나 현장에서는 동시에 다양한 작업관련 요인이 심박변이에 영향을 줄 수 있음에도 불구하고, 대부분의 연구에서 한, 두개의 요인에 의한 영향을 고려하였고, 방법론에서도 주로 만성적인 영향만을 평가하였다는 한계가 있다.

본 연구진은 선행연구에서, 오전에 측정된 HRV를 분석하여, 물리적, 화학적, 정신사회적 요인 및 육체적 작업부하 각각이 심박변이에 미치는 영향에 대해 연구함으로써 심혈관질환의 위험요인을 결정하는 작업관련 요인을 포괄적으로 파악하고자 하였다<sup>16)</sup>. 대부분의 연구에서 이와 같이 가장 안정된 상태인 오전의 HRV를 측정함으로

써 자율신경계의 만성적인 상태를 파악한다. 오후의 심박변이는 하루주기리듬이나 다른 환경에 의한 영향을 받을 수 있기 때문에 일반적인 연구에서는 추천하지 않는다.

몇 가지 실험연구에서 실험 전 대상자의 기초상태의 심박변이를 측정된 후, 스트레스(온도<sup>7)</sup>, 소음과 진동<sup>11)</sup>, 흡연<sup>17)</sup>, 운동<sup>18)</sup>에 노출시킨 후 심박변이를 측정하여 비교함으로써 스트레스에 의한 자율신경계의 급성영향을 파악하였다. 이러한 연구들은 실험연구로서 평소에 실험조건외의 스트레스 상황에 노출되지 않았던 이들을 대상으로 한 연구이다.

본 연구는 일종의 실험연구로 작업환경에서 일하는 근로자들을 대상으로 연구를 실시하였으며 작업환경요인을 스트레스 상황으로 간주하여 작업 전(오전)과 작업 후(오후)의 심박변이를 비교하였다. 그러나, 평소에도 작업환경에 노출되었으므로 작업환경으로 인한 자율신경계의 만성영향이 있음을 고려하였다. 만성적인 스트레스는 자율신경계의 만성적인 저하를 가져 올 수 있으며, 낮 동안의 작업은 급성 스트레스 인자로 작용하여 급성 영향을 주게 될 것이다. 작업 후에 측정된 심박변이는 스트레스로 인한 급성 영향 뿐 아니라 자율신경계의 만성적인 영향도 함께 반영할 수 있으므로, 오전의 심박변이를 보정함으로써 낮 동안의 작업으로 인한 급성 교란이 있는지를 확인하였다.

저자들은 심박변이를 이용하여 다양한 작업환경 즉, 물리적, 화학적, 정신사회적 요인과 육체적 작업부하 등이 자율신경계에 미치는 영향에 대해 연구함으로써 심혈관질환의 위험요인을 결정하는 작업관련요인을 파악하고, 각각의 요인이 자율신경계에 미치는 급성, 만성 영향을 파악하는데 그 목적이 있다.

## 대상 및 방법

### 1. 연구 대상

다양한 유해인자가 심박변이에 미치는 영향을 조사하기 위해 물리적 유해인자, 다양한 화학물질 및 공정이 복합적으로 존재하는 자동차 완성차 제조업체 1곳을 대상으로 하였다. 조립라인, 주철주조 및 도장 작업 등의 13개 부서에 근무하는 94명의 남성근로자를 대상으로 연구를 수행하였다. 대상자의 선정은 부서의 특징을 반영하기 위하여 1 부서 당 최소 3명 이상을 포함시켰으며, 고온순화가 안된 경우가 있을 수 있어 신규입사자나 장기휴직 후 복귀자를 제외하였다. 심박변이에 영향을 줄 수 있다고 알려진 고혈압, 당뇨, 고지혈증의 경우, 진단받은 사람이 각각 3, 2, 4명 이었고 심장질환이 있는 사람은 없었으며 질병들을 중복하여 가진 사람은 없었다. 질병이 있는 대

상자 9명을 제외한 85명을 최종분석대상으로 하였다. 연구는 2005년 6월부터 2005년 7월까지 진행하였으며 대상자의 심박변이 및 육체적 부하에 대한 측정은 3주간에 걸쳐 시행되었다.

## 2. 연구 방법

### 1) 일반적 특성

연구대상자의 일반적 특성을 설문을 통하여 조사하였다. 연령, 체중, 신장, 교육수준, 결혼상태, 운동, 흡연 및 음주에 대한 설문조사를 실시하였다.

### 2) 심박변이

SA-2000E (Medicore, 2002, Seoul, Korea)를 이용하여 연구대상자의 주간근무일의 오전 9시와 작업을 마친 오후 5시에 각각 심박변이를 측정하였다. 조사대상자는 측정 전날 음주를 하지 않도록 하고, 검사 전 30분 동안 흡연을 하지 않고 편안한 상태에서 휴식을 취하게 한 후, 검사를 실시하였다. 참여자를 의자에 앉힌 상태에서 좌, 우측 손목과 좌측 발목에 각각 전극을 부착한 후, 안정상태에서 5분간 측정하였다. 호흡에 의해 심박변이가 영향을 받는 것을 배제하기 위해 호흡수를 분당 15회에서 20회 이내로 유지하도록 하였다. 검사는 밝은 조명의 외부의 소음이 없는 곳에서 20~25℃의 실내온도에서 실시하였다. 심박변이를 크게 시간영역과 주파수 영역으로 나누어 분석을 실시하였다. 시간영역 항목은 the standard deviation of the NN interval (SDNN), the square root of the mean squared differences of successive NN interval (RMSSD)을 측정하였다. 주파수 영역 항목으로는 the high frequency component (HF), the low frequency component (LF), the total power (TP), LF/HF ratio (Ratio) 등을 측정하였다. 주파수 영역 지표들은 양의 방향으로 치우치는 비대칭 분포를 보이므로 로그변환된 값을 이용하였다.

SDNN은 전체 RR간격의 표준편차로 평균과 얼마나 차이가 있는지 변이도를 나타낸다. 즉 SDNN이 큰 경우에는 심박변동 신호가 불규칙하다는 것을 의미하고 작다는 것은 심박변동 신호가 단조롭다는 것을 의미한다. RMSSD는 인접한 RR간격의 차이를 제공한 값의 평균 제곱근으로 심장에 관여하는 자율 신경 중 부교감 신경의 활동을 평가하고자 할 때 가장 흔히 이용되는 변수다. 주파수영역의 지표 중 TP는 측정시간 동안 주파수 영역 지표의 모든 power를 의미하며 자율신경계의 전체적인 활동을 반영한다. HF는 0.15~0.4 Hz의 주파수 대역을 가지며, 부교감신경계 주로 미주신경의 활동과 관련이 있다고 알려져 있다. LF는 0.04~0.15 Hz의 주파수 대역

을 가지며 교감신경계와 부교감신경계의 활동을 모두 반영할 수 있다. Ratio는 LF와 HF간의 비율로 교감신경과 부교감신경의 균형정도를 반영하며 교감신경의 활동도에 비례하고 부교감신경의 활동도에 반비례한다<sup>19)</sup>.

### 3) 작업환경요인

#### (1) 물리적 환경요인

물리적 환경요인은 2004년도의 작업환경측정자료를 바탕으로 2회에 걸쳐 측정한 소음의 평균을 구하여 소음에 의한 노출정도를 파악하였으며, 2005년 7월에 각각의 부서에서의 온도를 실제로 측정하였다. 소음의 경우, 8시간 작업 허용기준인 90 dB을 기준으로 90 dB이상 노출되는 군과 그렇지 않은 군으로 구분하였으며 온도의 경우, 미국 ACGIH<sup>20)</sup>의 고온 허용기준 중 중등도 작업 wet bulb globe temperature (WBGT) 허용농도인 28℃를 기준으로 이상인 군과 미만인 군으로 나누었다. 소음 측정값은 소속된 부서의 측정값을 대입하였다.

#### (2) 화학적 환경요인

2004년도 상, 하반기의 작업환경측정자료를 바탕으로 각각 산화철분진, 중금속(Pb, Zn, Mn, Cr, Al), 금속가공유, 혼합유기용제에 노출된 근로자를 조사하였다. 노출정도는 소속된 부서의 측정값을 대입하였다.

#### (3) 정신사회적 요인

작업관련 심리적 위험요인은 한국형 직무스트레스 설문지<sup>21)</sup>를 이용하여 직무요구도(job demand), 직무자율성(job control), 관계갈등(interpersonal conflict)의 세부 항목을 분석하였다. 직무스트레스 설문은 각 문항의 점수를 100점 단위로 환산하여 중앙값을 기준으로, 높고/낮음으로 분류하여 평가하였다.

#### (4) 육체적 부하

작업장에서의 육체적 부하를 평가하기 위해 (에너지소모량과) 상대심박비 및 상지의 육체적 부하를 측정하였다. 상대심박비(Relative heart rate: RHR)는 심박동수 측정기(POLAR S810, Finland)를 작업자에 부착하여 8시간 동안 측정된 심박수 평균을 이용하여 다음과 같이 구하였다.

$$\text{상대심박비(RHR)} = \frac{\text{작업심박수} - \text{휴식심박수}}{\text{최대심박수} - \text{휴식심박수}} \times 100$$

또한 상지의 육체적 부하를 측정하기 위하여 표면근전도와 반복사용빈도를 측정하였으며, 표면근전도는 Pre Amplifier (type no. SX230, Biometrics UK)를 이용하여 작업 중 30분 동안 천지굴근(Flexor digitorum superficialis muscle), 요추수근근(Extensor digitorum muscle)의 표면근전도를 측정하여 손목 근육의 평균을 구하였고 비교활동도를 구하였다. 기준은 최대자발수축력의 2%를 기준으로 높고 낮음으로 구분하였다.

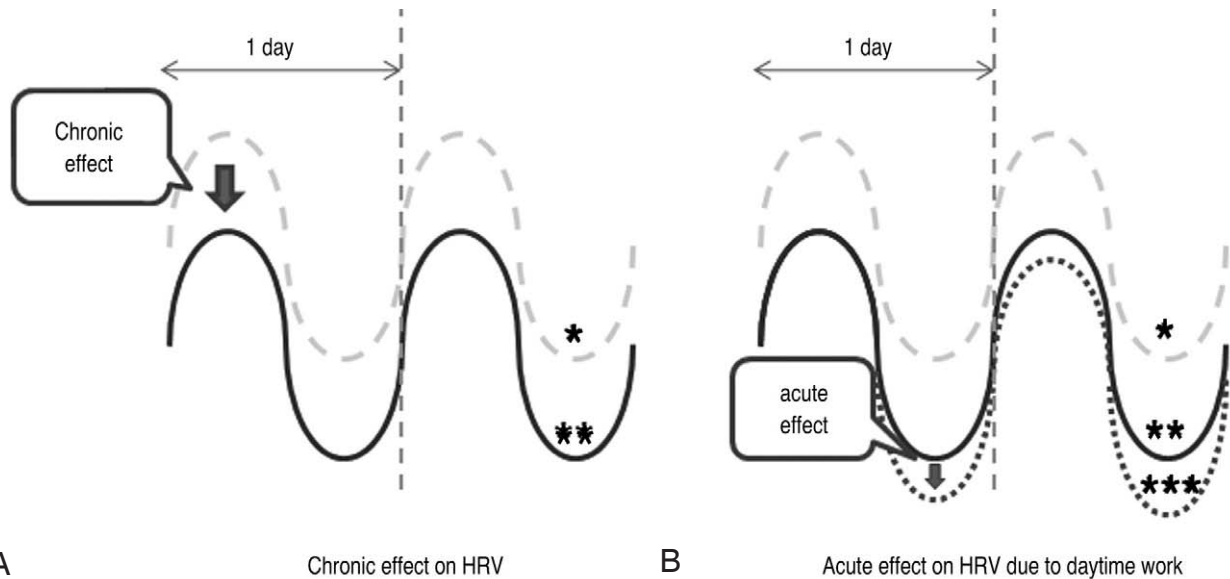
$$\text{비교활동도} = \frac{\text{작업중근전도} - \text{휴식시근전도}}{\text{최대근전도} - \text{휴식시근전도}} \times 100$$

손목의 반복빈도(wrist repetition)를 평가하기 위해 2차원의 전자각도기(Electro goniometer SG type, Biometrics UK)로 손목의 굴곡/신전과 요/척측편위를 조사하였고 평균을 구하였다. 반복에 대한 기준으로는 Kilbom<sup>22)</sup>이 제안한 손목 10회를 기준으로 높고 낮음으로 구분하였다.

(5) 급성, 만성 효과의 해석

만성적인 스트레스는 자율신경계의 만성적인 저하를 가져 올 수 있으며(Fig. 1A), 낮동안의 작업은 급성 스트레스 인자로 작용하여 급성 영향을 주게 될 것이다(Fig. 1B). 작업 전에 측정된 오전의 HRV는 대상자의 자율신경계의 기초적인 상태를 의미한다면 작업 후에 측정된 오후의 HRV는 하루 동안의 작업에 의하여 대상자의 자율

신경계가 영향을 받은 것으로 판단하였다. 작업 후에 측정된 심박변이는 스트레스로 인한 급성 영향 뿐 아니라 자율신경계의 만성적인 영향도 함께 반영할 수 있으므로, 오전의 심박변이를 보정함으로써 낮 동안의 작업으로 인한 급성 교란이 있는지를 확인하였다. 따라서 작업관련요인의 노출 유무에 따라 작업 전에 측정된 HRV가 차이를 보이는 경우에는 자율신경계에 만성영향이 있는 것으로 판단하였다. 또한 작업 전의 HRV (a.m. HRV)를 보정한 후에도 노출유무에 따라 작업 후의 HRV (p.m. HRV)에 차이가 나타나는 경우에는 하루 동안의 작업이 자율신경계에 대한 급성영향이 있는 것으로 해석하였다. 오후의 HRV에 영향을 미쳤으나 오전의 심박변이를 보정하였을 때, 효과가 없어진다면 급성영향이 있다고 판단하기는 어려운 것으로 해석하였다(Table 1).



**Fig. 1.** Interpretation of the chronic & acute effects of risk factors on heart rate variability.

- \* basal state of HRV.
- \*\* overall down-regulation of HRV due to chronic effect.
- \*\*\* point down-regulation of HRV due to acute effect.

**Table 1.** Interpretation of the chronic and acute effect of risk factors on heart rate variability

Effect on A.M. HRV only	Effect on P.M. HRV only	Effect on P.M. HRV adjusted by A.M. HRV	Interpretation	
			Chronic effect	Acute effect
○	○	○	Y	Y
○	○	X	Y	?
○	X	X	Y	N
○	X	○	Y	Y
X	X	○	N	Y
X	○	○	N	Y
X	○	X	N	?
X	X	X	N	N

### 3. 자료의 분석

동일한 대상에서 오전, 오후의 HRV의 차이를 확인하기 위하여 각 지표별 평균에 대한 paired t-test를 실시하였다. 오전, 오후에 측정된 HRV의 각 지표를 종속변수로 하여, 일반적 특성에 대한 단순회귀분석을 일반선형 모델을 이용하여 실시하였다. 단순회귀분석에서 HRV의 각 지표에 대하여 혼란변수로 작용할 가능성이 있는 변수를 선정하여(기준  $p < 0.1$ ) 이들 변수를 보정한 후, HRV에 영향을 미치는 작업관련요인(물리적 환경요인, 화학적 환경요인, 정신사회적 요인, 육체적 부하)의 항목별 관련성을 분석하기 위하여 다중회귀분석을 실시하였다. 다중회귀분석은 오전 HRV, 오후 HRV를 각각 종속변수로 하여 실시하였다. 또한 자율신경계의 만성적인 상태를 보정하고 작업관련요인의 급성 영향을 파악하기 위하여 오후에 측정된 HRV의 각 지표를 종속변수로 하고, 오후의 HRV 각 지표에 영향을 미치는 일반적인 특성 및 오전의 HRV 지표값을 보정하여, 각각의 작업관련요인의 영향을 보았다. 같은 대상자를 반복 측정하였으므로 mixed effects model에 대하여 SAS 명령어 proc mixed를 이용하여 분석하였다. 자료분석 및 통계처리는 SAS (version 9.1)를 이용하였고 통계학적 유의수준은 0.05를 기준으로 하였다.

## 결 과

### 1. 연구 대상의 일반적 특성

연구대상자는 총 85명이었다. 연령은 40대가 가장 많았고(49.4%), 그 다음이 30대(34.1%)이었다. 체질량지수는 과체중군( $23 \text{ kg/m}^2 \leq \text{BMI} < 25 \text{ kg/m}^2$ )이 35명(42.2%)으로 가장 많았고, 비만군( $25 \text{ kg/m}^2 \leq \text{BMI}$ )인 경우도 14명(16.9%)이었다. 결혼 상태는 대부분이 기혼이었으며(87.0%), 최종학력은 대졸자가 가장 많았다(87.0%), 생활 습관면에서는 운동을 불규칙하게 하거나 하지 않는 경우(88.2%)가 많았고 현재 흡연을 하는 경우가 50.6%였으며, 음주는 대부분(82.3%)이 한주에 한번 이상한다고 대답하였으며 마시지 않는다고 대답한 경우는 17.7%로 나타났다(Table 2).

### 2. 연구대상의 노출정도

Table 3에 작업환경측정자료를 바탕으로 이 연구에서 측정된 작업환경요인들에 노출되는 근로자들의 숫자와 작업환경요인들의 통계량을 제시하였다. 작업 중 노출되는 소음의 평균은 87.4 dB이었다. 온도는 품질관리, 생산관

리 등 일부 순환부서를 제외한 74명에 대하여 노출되는 정도를 측정하였고 평균 노출온도는 28.5°C이었다. 직무스트레스 항목 중 직무요구 항목의 평균은 45.3점이었으며, 직무자율 항목의 평균은 56.8점, 관계 갈등 항목의 평균은 48.8점이었다. 상대심박수의 평균은 17.2%였고, 작업 중 상지의 표면근전도를 평가한 비교활동도의 평균값은 3.4%, 반복빈도는 평균 13.0회였다.

### 3. 오전, 오후의 심박변이

대상자들의 오전, 오후의 심박변이를 paired t-test로 비교하였을 때, HF를 제외한 심박변이 지표들은 오후에 증가하였으나, 통계적으로 유의하지는 않았다(Table 4).

### 4. 심박변이와 일반적인 특성과의 연관성

나이가 많을수록 오전의 SDNN, Log (TP), Log (LF), Log (HF)는 유의하게 감소하였다. 체질량지수가 증가할수록 Log (HF)가 감소하였다( $p=0.087$ ). 음주군은 비음주군에 비해 오전의 Log (TP), Log (LF), Log (HF)가 낮았으며 오후의 심박변이 지표와는 관련성이 없었다. 대상자들의 일반적인 특성과 오후의 심박변이 지표의 연관성은 현재 흡연여부에서만 관찰되었다. 현재 흡연을 하는 군은 그렇지 않은 군에 비하여 오후의 심박변이 지표가 유의하게 저하(SDNN ( $\beta=-7.701$ ,  $p=0.008$ ), Log (TP) ( $\beta=-0.440$ ,  $p=0.004$ ), Log (LF) ( $\beta=-$

**Table 2.** General characteristics of study subjects (N=85)

Variables	N	%	
Age (yrs)	20~29	11	12.9
	30~39	29	34.1
	40~49	42	49.4
	50≤	3	3.6
Body mass index (kg/m <sup>2</sup> )	<23	34	40.9
	23~25	35	42.2
	≥25	14	16.9
Marital status	Not married	11	13.0
	Married	73	87.0
Education (yrs)	<12	2	2.3
	12~16	73	87.0
	≥16	9	10.7
Exercise (frequency/week)	None	75	88.2
	≥1~2	10	11.8
Smoking status	Current smoking	43	50.6
	Non-smoking	42	49.4
Alcohol drinking (frequency/week)	<1	15	17.7
	≥1	70	82.3

**Table 3.** Exposure status of subjects

(N=85)

Items	N	Mean	S.D.	Min.	Max.	Exposure limit
Noise (dB)	85	87.404	3.603	79.750	92.550	90.000
Temperature (°C)*	74	28.473	0.729	27.500	31.700	
Iron oxide dust (mg/m <sup>3</sup> )	9	0.579	0.082	0.480	0.720	5.000
Metal Fume (mg/m <sup>3</sup> )	5	0.724	0.122	0.595	0.885	5.000
Mn (mg/m <sup>3</sup> )	5	0.005	0.005	0.001	0.014	5.000
Zn (mg/m <sup>3</sup> )	5	0.040	0.076	0.002	0.176	5.000
Pb (mg/m <sup>3</sup> )	5	0.000	0.000	0.000	0.001	0.050
Cr (mg/m <sup>3</sup> )	5	0.002	0.003	0.000	0.007	0.500
Al (mg/m <sup>3</sup> )	4	0.006	0.007	0.000	0.014	5.000
Solvent mixture	12	0.069	0.081	0.000	0.260	1.000
Machine oil (mg/m <sup>3</sup> )	10	0.615	0.137	0.530	0.885	5.000
Job stress						
Demand	80	45.260	9.440	29.167	75.000	
Control	76	56.754	11.547	33.333	86.667	
Interpersonal conflict	81	48.765	14.320	25.000	83.333	
RHR (%) <sup>†</sup>	84	17.218	6.737	2.463	29.852	
Wrist % MVC (%) <sup>‡</sup>	83	3.350	1.496	0.932	8.327	
Wrist repetition (frequency)	85	13.040	5.324	4.300	27.083	

\*: WBGT

<sup>†</sup>: relative heart rate

$$RHR = \frac{\text{working HR} - \text{resting HR}}{\text{maximal HR} - \text{resting HR}} \times 100$$

<sup>‡</sup>: wrist % maximum voluntary contraction

$$\text{Wrist\%MVC} = \frac{\text{working electromyogram} - \text{resting electromyogram}}{\text{maximal voluntary contracture} - \text{resting electromyogram}} \times 100$$

**Table 4.** Comparison of heart rate variability between morning and afternoon

(N=85)

Domains	A.M.		P.M.		p-value*
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	
SDNN	35.732	12.363	36.835	13.522	0.459
RMSSD	25.934	11.765	27.402	13.103	0.299
Log (TP)	6.7929	0.767	6.811	0.706	0.819
Log (LF)	5.560	0.833	5.631	0.884	0.508
Log (HF)	4.927	0.906	4.851	0.871	0.370
Ratio	2.6741	2.642	3.236	3.165	0.101

\*by paired t-test

SDNN: the standard deviation of the NN interval

RMSSD: the square root of the mean squared differences of successive NN intervals

Log (TP): log transformation of the total power

Log (LF): log transformation of the low frequency component

Log (HF): log transformation of the high frequency component

Ratio: LF/HF ratio

0.387, p=0.043), Log (HF) ( $\beta=-0.418$ , p=0.026))되어 있었으나, 오전의 심박변이 지표와는 유의한 관계를 보이지 않았다(Table 5).

### 5. 오전, 오후의 심박변이에 영향을 미치는 작업관련요인

HRV의 각 지표에 영향을 미치는 일반적인 특성들을

**Table 5.** Relationship between heart rate variability domains & general characteristics by generalized linear regression analysis

(N=85)

Domains		Age		BMI		Exercise		Smoking		Alcohol drinking	
		$\beta$	S.E.	$\beta$	S.E.	$\beta$	S.E.	$\beta$	S.E.	$\beta$	S.E.
A.M.	SDNN	-0.367*	0.216	-1.504	2.729	-2.677	4.158	-0.436	2.698	-5.102	3.494
	RMSSD	-0.289	0.207	-3.429	2.618	-0.356	3.984	-0.286	2.567	-4.816	3.326
	Log (TP)	-0.027*	0.013	-0.211	0.167	-0.128	0.259	-0.136	0.167	-0.373*	0.216
	Log (LF)	-0.044***	0.014	-0.221	0.182	-0.045	0.282	-0.187	0.181	-0.470**	0.233
	Log (HF)	-0.038**	0.016	-0.344*	0.200	-0.110	0.307	-0.220	0.196	-0.566**	0.252
	Ratio	-0.005	0.047	0.726	0.593	-0.084	0.895	-0.122	0.577	0.422	0.755
P.M.	SDNN	-0.320	0.238	-1.375	3.032	-0.335	4.580	-7.701***	2.828	-0.977	3.869
	RMSSD	-0.137	0.232	-1.966	2.950	-0.807	4.437	-5.281*	2.800	0.481	3.750
	Log(TP)	-0.023	0.012	-0.037	0.157	-0.057	0.239	-0.440***	0.146	-0.084	0.202
	Log(LF)	-0.025	0.015	0.074	0.198	0.113	0.299	-0.387**	0.188	0.013	0.253
	Log(HF)	-0.025	0.015	-0.251	0.193	-0.103	0.295	-0.418**	0.184	-0.181	0.248
	Ratio	0.023	0.056	1.044	0.686	0.423	1.071	0.223	0.690	-0.012	0.906

\*p<0.1, \*\*p<0.05, \*\*\*p<0.01

SDNN: the standard deviation of the NN interval, RMSSD: the square root of the mean squared differences of successive NN intervals, Log(TP): log transformation of the total power, Log(LF): log transformation of the low frequency component, Log(HF): log transformation of the high frequency component, Ratio: LF/HF ratio

보정하고 오전, 오후의 심박변이와 작업관련요인의 연관성을 보았다. 또한 작업 후 자율신경계의 변화를 보기 위해 오후의 HRV 지표를 종속변수로 하여 오전의 HRV의 영향을 보정하고 오후의 심박변이에 대한 영향을 보았다(Table 6).

90 dB 이상의 소음에 노출되는 군은 그렇지 않은 군에 비해 오전의 Ratio가 낮았고( $\beta=-1.296, p=0.085$ ) 이러한 경향은 오후에는 나타나지 않았다. 그러나 RMSSD와 Log (LF)의 경우에는 오전에는 소음과의 관련성(RMSSD ( $\beta=1.893, p=0.575$ ), Log (LF) ( $\beta=-0.040, p=0.865$ ))이 나타나지 않았으나 오후에는 경계적으로 유의하게 높은 것으로 나타났다(RMSSD ( $\beta=6.921, p<0.1$ ), Log (LF) ( $\beta=0.427, p<0.1$ )). 특히, 오전의 HRV 지표를 각각 보정한 후에도 오후의 HRV 지표는 유의한 차이를 보였다(RMSSD ( $\beta=5.986, p=0.068$ ), Log (LF) ( $\beta=0.484, p=0.040$ )). 고온에 노출되는 군에서 오전에 RMSSD가 유의하게 낮게 나타났으며( $\beta=-5.209, p=0.041$ ) 오후에는 이러한 영향이 사라지는 것을 볼 수 있다.

화학적 환경요인에서는 금속가공유에 노출되는 군에서 심박변이 지표 중 오후의 Ratio가 높았고( $\beta=1.869, p<0.1$ ) Log (HF)가 낮았다( $\beta=-0.533, p<0.1$ ). 또한 금속가공유에 노출되는 군에서 Log (HF)의 경우에는 오전의 심박변이를 보정한 후에도 경계적으로 유의하게 낮게 나타났다( $\beta=-0.386, p<0.1$ ). 오전의 심박변이도 같은 방향성을 띄고 있으나 통계적인 의미는 없었다. 그 외 산화철흡, 금속 흡, 유기용제 등에 대한 분석도 실시하였으나

심박변이에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

직무스트레스 항목 중 관계 강등이 높은 군에서 오전의 심박변이 지표 중 Log (TP) ( $\beta=0.345, p=0.083$ )와 Log (LF) ( $\beta=-0.389, p=0.062$ )가 낮은 것으로 나타났다. 그러나 이러한 경향은 오후의 심박변이 지표에서는 나타나지 않았다. 관계강등이 높은 군에서 만성적으로 자율신경계의 저하가 나타남을 알 수 있다. 그 외, 직무요구와 직무자율항목은 심박변이에 영향을 미치지 않았다.

육체적 작업부하의 상대심박비는 다양한 심박변이 지표와 관련성이 있는 것으로 나타났다. 상대심박비가 높을수록, 오전의 심박변이 지표 중 RMSSD ( $\beta=-0.445, p=0.020$ )와 Log (HF) ( $\beta=-0.025, p=0.073$ )가 유의하게 감소되어 있었으며, 교감신경과 부교감신경의 균형을 나타내는 Ratio ( $\beta=0.072, p=0.095$ )가 증가하는 경향을 나타내게 된다. 오후가 되면서 상대심박비가 높을수록 자율신경계의 전반적 저하가 나타나는데, 자율신경계의 변이도를 나타내는 SDNN과 log (TP)가 감소(SDNN ( $\beta=-0.489, p=0.022$ ), Log (TP) ( $\beta=-0.025, p=0.138$ )) 하였고 이는 오전의 지표를 각각 보정한 후에도 유의하게 감소하였다. 마찬가지로 오후의 Log (TP)도 유의하게 감소( $\beta=-0.025, p=0.138$ )하였다. 또한 오전에 감소되어 있던 RMSSD와 Log (HF)는 오후에도 여전히 감소하였지만 오전의 지표를 각각 보정한 후에는 통계적인 관련성이 나타나지 않았다.

손목의 근육활동도가 높은 군에서는 낮은 군에 비해 RMSSD ( $\beta=-8.492, p=0.021$ )와 Log (HF) ( $\beta=-0.539, p=0.044$ )가 오전에 저하되어 있었다. 그러나 이들 지표

**Table 6.** Relationship between environmental factors & heart rate variability domains, chronic & acute effects interpretation by generalized linear regression analysis (N=85)

Factors	Domains <sup>§</sup>	A.M. HRV only		P.M. HRV only		P.M. HRV adjusted by A.M. HRV		Interpretation	
		$\beta$	S.E.	$\beta$	S.E.	$\beta$	S.E.	chronic	acute
Noise (high/low)	RMSSD	1.893	3.361	6.921*	3.633	5.986*	3.240	N	Y
	Log (LF)	-0.040	0.236	0.427*	0.245	0.484**	0.231	N	Y
	Ratio	-1.296*	0.743	0.118	0.906	0.818	0.832	Y	N
Hot environment (high/low)	RMSSD	5.209**	2.512	-4.088	2.791	-1.504	2.572	Y	N
Machine oil (exposed/non-exposed)	Log (HF)	-0.165	0.284	-0.533*	0.270	-0.386*	0.218	N	Y
	Ratio	1.241	0.848	1.869*	1.008	1.258	0.935	N	?
Interpersonal conflict (high/low)	Log (TP)	-0.345*	0.196	-0.197	0.173	-0.048	0.149	Y	N
	Log (LF)	-0.389*	0.206	-0.250	0.222	-0.137	0.214	Y	N
RHR <sup>†</sup> (%)	SDNN	-0.210	0.200	-0.488**	0.208	-0.381**	0.189	N	Y
	RMSSD	-0.445**	0.188	-0.484**	0.206	-0.274	0.193	Y	N
	Log (TP)	-0.007	0.012	-0.025**	0.011	-0.022**	0.009	N	Y
	Log (LF)	0.011	0.013	-0.021	0.014	-0.025*	0.013	N	Y
	Log (HF)	-0.025*	0.014	-0.031**	0.014	-0.017	0.011	Y	N
	Ratio	0.0724*	0.043	0.048	0.052	0.011	0.048	Y	N
Wrist % MVC <sup>‡</sup> (high/low)	RMSSD	-8.492**	3.617	-4.261	4.089	0.090	3.784	Y	N
	Log (HF)	-0.539**	0.263	-0.176	0.267	0.094	0.220	Y	N
Wrist repetition (high/low)	Ratio	0.844	0.619	1.421*	0.733	1.006	0.678	N	?

\*p<0.1, \*\*p<0.05, \*\*\*p<0.01

SDNN: the standard deviation of the NN interval, RMSSD: the square root of the mean squared differences of successive NN intervals, Log(TP): log transformation of the total power, Log(LF): log transformation of the low frequency component, Log(HF): log transformation of the high frequency component, Ratio: LF/HF ratio

†: Relative heart rate

$$RHR = \frac{\text{working HR} - \text{resting HR}}{\text{maximal HR} - \text{resting HR}} \times 100$$

‡: wrist % maximum voluntary contraction

$$\text{Wrist\%MVC} = \frac{\text{working electromyogram} - \text{resting electromyogram}}{\text{maximal voluntary contraction} - \text{resting electromyogram}} \times 100$$

§: SDNN (A.M.): adjusted for age, Log (TP) (A.M.): adjusted for age and alcohol drinking, Log (LF) (A.M.): adjusted for age, BMI and alcohol drinking, Log (HF) (A.M.): adjusted for age, BMI and alcohol drinking, SDNN (P.M.): adjusted for smoking, RMSSD (P.M.): adjusted for smoking, Log (TP) (P.M.): adjusted for smoking, Log (LF) (P.M.): adjusted for smoking, Log (HF) (P.M.): adjusted for smoking

를 작업 후 측정하였을 때는 이러한 경향성은 감소하였다 (RMSSD ( $\beta=-4.261$ ,  $p=0.301$ ), Log (HF) ( $\beta=-0.176$ ,  $p=0.512$ )). 손목의 반복빈도가 높은 군에서 낮은 군에 비해 Ratio가 오후에 높은 것으로 나타났다( $\beta=-1.421$ ,  $p=0.056$ ). 그러나 오전의 심박변이를 보정하였을 때는 이러한 차이가 사라졌다.

### 고 찰

흡연, 음주, 운동부족, 식이불량 등의 해로운 건강습관은 심박변이를 유의하게 감소시킨다고 알려져 있다<sup>23)</sup>.

본 연구에서 개인의 일반적인 특성이 심박변이에 미치는 영향을 살펴보면, 연령과 비만도 등 만성적으로 자율신경계의 활동에 영향을 미칠 것으로 예상되는 변수에 의해서는 오전의 심박변이만 유의하게 영향이 있음을 확인할 수 있었다. 이번 연구결과 중 유의할 점은 흡연여부와 음주 등, 급, 만성 영향을 모두 줄 수 있는 변수들에 의한 영향을 보았을 때, 흡연은 오후의 심박변이에만, 음주는 오전의 심박변이에만 유의하게 영향을 주었음을 알 수 있다. 이는 낮 동안의 흡연여부와 밀접한 관련성이 있을 수 있다. 택시운전사를 대상으로 24시간 심박변이를 체크한 연구에서는, 흡연 후 5분 이내에 HF의 감소, Ratio의



증가가 나타나 흡연이 자율신경계에 급성영향을 미치는 것을 보고하였다<sup>17)</sup>. 본 연구에서 나타난 일반적인 특성에 따른 심박변이의 영향은 이전의 연구들과 유사한 결과를 보이고 있으며, 따라서 본 연구에서의 만성영향과 급성영향의 분석에 대한 타당성을 뒷받침하고 있다.

본 연구에서는 오전의 심박변이를 보정한 오후의 심박변이를 급성 영향으로 해석하였다. 생리적인 일주기 리듬의 장애에 관한 연구로 스트레스의 또 다른 생리적 지표인 코르티솔의 농도에 관한 연구들이 있다. Okenfels 등<sup>24)</sup>은 취업자와 무직자에 대한 연구에서 무직자는 취업자에 비해 코르티솔 분비가 아침(오전 8~9시)에 유의하게 증가하고 저녁(저녁 8~9시)에 낮은 경향을 보고하였고, Steptoe 등<sup>25)</sup>은 직무요구도와 자율성이 차이가 나는 교사에 대한 연구에서 오전 중의 코르티솔 농도는 직무긴장이 높은 군에서 높았고, 직무긴장이 높은 군, 직무자율성이 낮은 군에서 오전-오후 코르티솔 농도의 차이가 커지며 이중 직무자율성에서만 통계적으로 유의하였다고 보고하였다.

스트레스에 의한 자율신경계의 일주기 리듬의 장애에 관한 연구로는 심장혈관질환이 있는 군과 없는 군을 대상으로 오전, 오후의 심박변이를 측정 한 연구<sup>26)</sup>가 있다. 심장혈관질환이 있는 군에서 자율신경계의 비정상적인 일주기 리듬이 관찰되었다. 그러나 위의 연구들이 만성적인 스트레스에 의한 생리적 반응을 오전, 오후에 나누어서 측정하였다면, 본 연구에서는 작업환경요인이 만성적인 스트레스원인 동시에, 낮 시간 동안 업무를 수행함에 따라 급성 스트레스원으로도 작용할 수 있기 때문에 오후의 심박변이가 단순히 만성 스트레스로 인한 오전, 오후의 일주기 리듬의 비정상적인 변화에 의한 자율신경계의 영향이라기보다는 작업환경요인에 의한 급성영향을 반영하고 있다고 판단된다.

각각의 유해요인에 의한 급, 만성 영향을 나누어서 파악하였을 때, 유해요인에 따라, 또는 HRV 지표에 따라 급성영향만 혹은 만성영향만 나타나기도 하였으며, 급, 만성영향이 동시에 나타나기도 하였다. 소음이나 고온에 노출되는 경우, 작업자의 교감신경활동이 증가함으로써 심혈관계의 위험을 증가시킨다<sup>7-10)</sup>. 본 연구에서도 소음작업자가 비소음작업자에 비해서 작업 후, 자율신경계의 활동성이 증가하는 것을 관찰할 수 있었다. 또한 교감신경과 부교감신경의 상대적인 활동성을 나타내는 Ratio는 소음작업자에서 만성적으로 유의하게 감소되어 있는 것을 확인할 수 있다. 소음에 노출 후 나타나는 자율신경계의 과활동성은 만성적으로 교감과 부교감 신경 활동의 불균형을 가져올 수 있다. 그러나 본 연구에서는 다른 연구에서처럼, 유의한 차이는 나타나지 않았는데 노출되는 소음의 수준이 평균 85 dB (S.D.= 3.603) 정도로 비교적 유사한 크기의 소음에 노출되기 때문에 소음의 효과를 제대로

로 반영하지 못하였기 때문으로 생각된다.

고온에 노출된 근로자에서 부교감신경지표인 RMSSD의 만성적인 저하가 관찰되었으며, 작업 후에는 이러한 경향이 줄어드는 것이 관찰되었다. Yamamoto 등의 연구에서도 WBGT 35℃에 30분간 노출된 피실험자에서 부교감신경의 지표인 HF%가 유의하게 감소하였고 교감신경에 비례하고 부교감신경에 반비례하는 Ratio가 유의하게 증가하는 등 고온노출에 의해 교감신경계가 항진, 부교감신경계의 저하되는 결과를 보였다<sup>7)</sup>. 본 연구에서는 Yamamoto 등의 실험연구에서보다 노출온도가 낮고 장기간 노출되기 때문에, 오전의 심박변이만 유의하게 낮아져있는 등의 만성적인 영향을 나타내는 것으로 보인다.

기존 연구와 비교하여 이번 연구에서 유의할 점은 금속가공유가 자율신경계에 영향을 미치며, 노출된 후, 부교감신경의 활동성이 감소하는 것으로 나타났다는 점이다. 이전의 연구에서는 금속가공유가 자율신경계에 미치는 영향에 대한 보고가 없었다. 어떤 기전으로 자율신경계에 영향을 주는지는 알 수 없지만 금속가공유에 함유되어 있는 물질의 유해한 작용이거나 혹은 금속가공유의 냄새로 인한 생리적 반응일 가능성도 있다. 금속가공유에 의한 영향에 대해서는 추가 연구가 필요하다.

사회정신적요인도 HRV에 영향을 미칠 수 있다. 직무스트레스 항목 중 관계 갈등이 높은 군에서 낮은 군에 비해 오전의 심박변이가 감소되어 있는 것을 관찰할 수 있었으며, 오후에는 이러한 경향이 나타나지 않았다. 직무스트레스와 심혈관질환의 관련성에 대해서는 잘 알려져 있으며, 직무스트레스가 심혈관질환을 발생시키는 기전을 HRV로 설명하기도 한다. 따라서 직무스트레스에 따른 HRV의 변화를 본 연구들이 많다. 직무스트레스가 심박변이에 미치는 영향과 기전에 관한 이전의 연구에서 높은 직무스트레스는 수면을 저해하고 낮아진 수면의 질은 다시 낮 동안의 심박변이에 영향을 미치는 것으로 나타났다<sup>15)</sup>. 직무스트레스가 만성적으로 작용하며, 수면에 영향을 미친다면 오후보다 오전의 심박변이가 감소되어 있는 본 연구의 결과를 설명할 수 있을 것이다.

직무스트레스와 심혈관계 질환에 대한 다른 연구에서는 낮은 고용등급이 낮은 심박변이도와 관련성을 보여주었으며, 낮은 직무 자율성이 흡연, 운동, 음주 및 식이 등의 해로운 개인적인 특성들과 함께 심박변이를 유의하게 감소시켰다<sup>23)</sup>. 직무스트레스와 심박변이, 그리고 대사증후군의 관련성을 보기 위하여 조선소 근로자를 대상으로 실시한 연구에 따르면, 고긴장군이 저긴장군에 비해 SDNN이 유의하게 낮았으며, 대사증후군의 유병율도 높으며, 고긴장군에서 대사증후군은 SDNN의 저하와 연관성이 높은 것으로 나타나. 직무스트레스가 자율신경계에 영향을 미치고 나아가 대사증후군 등에도 영향을 미치는

것으로 나타났다<sup>14)</sup>.

반복작업이나 육체적 작업강도를 정량화하고 이에 대한 심박변이의 영향을 본 연구는 거의 없었다. 일부에서는 청소년을 대상으로 작업피로도를 심박변이로 측정하려는 시도가 있었으나, 작업피로도를 다른 도구로 정량화하지 못했다는 한계가 있으며<sup>27)</sup>, 그 외 운동선수의 트레이닝 강도에 대한 육체적 반응과 적응도를 보기 위하여 심박변이를 이용하였다. 그러나 여기서도 트레이닝 강도나 선수들의 주관적인 피로도와 HRV와의 관련성을 보여주는 데는 실패하였다<sup>28)</sup>.

본 연구에서는 육체적 작업부하와 심박변이의 관련성을 알아보기 위해 개인별 상대심박비를 측정하여 심박변이에 미치는 영향을 살펴보았다. 육체적 작업부하가 증가할수록 작업 후의 심박변이가 저하되는 조건이 관찰되었으며, 이는 일부 오전의 HRV 지표에서도 유의하게 낮게 나타나, 육체적인 작업부하가 자율신경계의 만성적인 저하를 초래하고 있음을 알 수 있었다. 상지의 반복작업에 관한 분석에서도 동일한 결과를 보이는데 손목의 근육활동도가 높은 군에서 오전의 HRV 지표가 유의하게 감소되어 있는 것을 관찰할 수 있었다. 이전 연구에서도 본 연구의 결과를 뒷받침하고 있다. 상지의 반복작업에 관한 연구에서 반복작업 중에 측정된 심박변이에서 교감신경 활성화가 기록되었고, 반복작업이 인슐린에 대한 저항성을 증가시켜 인슐린에 의한 glucose 대사율을 떨어뜨림으로서 반복작업이 대사증후군의 위험요인이 될 수 있음을 시사하고 있다<sup>29)</sup>. 본 연구도 같은 맥락에 있는 연구로써 육체적 작업강도를 정량화하였으며 육체적 작업강도와 반복작업이 증가할수록 만성적으로 자율신경계의 저하를 일으킬 수 있음을 밝혔다. 이는 육체적 작업강도와 반복작업의 증가가 심혈관질환의 발생 위험요인이 될 수 있음을 의미한다.

본 연구의 제한점은 다음과 같다. 다양한 환경요인을 고려하기 위해 자동차조립업의 여러 부서에서 대상자들을 추출하였으나, 노출의 정도차가 기대만큼 크지 않았다. 따라서 노출군과 비노출군 또는 노출이 많은 군과 적은 군 간의 자율신경계의 반응의 차이도 실험연구에서 보고된 만큼 유의하게 드러나지는 않았다. 화학적 환경요인의 경우, 금속가공유를 제외한 기타 다른 화학물질에 의한 심박변이의 영향은 본 연구에서는 나타나지 않았는데, 이는 현재의 노출정도가 화학물질의 기준치 보다 현저히 낮은 수준이었기 때문일 수 있다. 또한, 유해물질에 노출되는 인원이 전체연구 대상자에 비해 매우 적은 수였기 때문에 통계적 검증력이 낮았을 수도 있을 것으로 생각된다. 금속가공유에 노출되는 그룹에서 오후의 자율신경계의 저하가 나타났으나 본 연구는 단면연구이고, 금속가공유의 영향을 알아보기 위한 연구설계를 하지 않았다는 점에서 우연의 가능성도 배제할 수 없다. 일부 데이터의 경

우, 노출정도를 개인별로 파악하지 못하고 소속부서의 노출정도를 대입하였다. 따라서 실제 사업장에서 간접 노출의 가능성을 고려한다면, 실제 노출되는 그룹과 노출되지 않은 그룹의 오분류의 가능성이 있다.

대상자의 심박변이의 측정은 대상자의 주간근무일 중 하루를 선택하여 실시하였다. 그러므로 대상자들의 누적 피로정도의 차이가 있을 수 있으나 이에 따른 자율신경계의 차이를 충분히 고려하지 못하였다. 또한 매트릭스 등에 맞추어 규칙적으로 호흡하도록 조장하지 않았다는 것이 심박변이의 측정에 영향을 주었을 수 있다. 연구의 대상자가 85명으로 본 연구의 결론을 일반화하기에는 적은 숫자이다. 따라서 앞으로의 연구에서는 각각의 작업요인에 의한 자율신경계의 효과를 파악하고 일반화하기 위해서 연구대상자를 확대하고 노출정도를 일정수준으로 유지하며 적정비율로 노출군과 비노출군을 구성하는 등, 연구설계에 있어서 세심한 주의가 요구된다.

이러한 한계점들에도 불구하고 본 연구와 같이 사업장에서 노출되는 유해요인에 대한 자율신경계의 반응을 총체적으로 파악한 연구는 거의 없었다. 물리적 작업환경이나 사업장의 유기용제, 흙 등 화학적 작업환경을 고려하였고 직무스트레스를 측정하여 정신사회적 요인을 고려하였다. 또한 새로운 시도로서 상대심박비와 손목의 근육활동도, 반복빈도 등을 개인별로 측정하여 육체적 작업부하 및 반복작업에 의한 자율신경계의 영향을 분석하였다. 본 연구에서는 기존에 심박변이에 영향을 주는 것으로 알려진 유해한 생활습관과 나이, 비만지수 등의 개인적인 특성을 고려한 후, 유해요인에 의한 심박변이의 변화양상을 관찰하였다.

본 연구는 유해요인에 의한 급성영향과 만성영향이 다르게 나타날 것이라는 가정 하에 실시하였고 각각의 유해요인에 의한 자율신경계의 반응을 파악하였다. 작업 전, 후에 각각의 심박변이를 측정하고 작업 외에 심박변이에 영향을 미칠 수 있는 변수에 대하여 충분히 고려하면서 급성영향과 만성영향에 대한 분석을 실시하였다. 이는 HRV 5분 측정법을 이용한 새로운 시도로 앞으로의 연구에서 충분히 검토 후, 현장에서 다양하게 적용할 수 있을 것이다.

본 연구는 한 자동차 사업장의 근로자들을 대상으로 사업장에서 근무하면서 영향을 받을 수 있는 다양한 요인을 고려하였고, 통제된 상황이 아닌 현장에서의 급, 만성영향을 고려하였다. 실험연구에서와 같이 통제된 상황이 아님에도 불구하고 많은 유해요인에 대하여 기존의 연구들과 일치하는 결과를 보여주었고, 자율신경계에 영향을 미치는 새로운 유해인자의 존재가능성을 제시하였다. 또한 급성, 만성영향의 해석을 통하여 과거의 노출 또는 만성적 노출에 의해 건강에 문제를 일으키는 위험인자를 파악

할 뿐만 아니라, 현재의 노출이 건강에 영향을 미치는지를 분석함으로써 현시점에서 작업환경개선의 필요성을 판단할 수 있는 근거로 활용할 수 있을 것이다.

요 약

목적: 심혈관계 질환의 유병율이 높아지고 있으며 사업장 근로자의 연령증가로 인해 작업관련 심혈관질환의 예방에 대한 관심이 많아지고 있다. 만성적으로 저하된 심박변이는 심혈관계 질환의 단일한 위험요인으로 알려져 있다. 본 연구에서는 심박변이를 이용하여 각각의 유해요인이 자율신경계에 미치는 급, 만성 영향을 파악하는데 그 목적이 있다.

방법: 자동차 제조업체의 85명을 대상으로 오전, 오후의 심박변이를 측정하였다. 작업환경요인은 물리적 환경요인(소음, 온도), 화학적 환경요인(산화철분진, 중금속, 금속가공유, 혼합유기용제), 정신사회적요인(직무스트레스), 육체적 작업부하(상대심박비, 손목의 근육활동도와 반복빈도) 등으로 나누어서 측정을 하였다. 심박변이에 영향을 미치는 개인적인 변수를 보정한 후, HRV에 영향을 미치는 작업관련 요인의 항목별 관련성을 분석하였다. 만성적인 자율신경계의 상태를 파악하기 위해 오전의 심박변이를 분석하였고 급성 영향을 파악하기 위해 오전의 심박변이지표를 보정한 후, 오후의 심박변이를 분석하였다. 분석은 다중회귀분석을 실시하였고 자료분석 및 통계 처리는 SAS (version 9.1)를 이용하였다.

결과: 소음 및 고온 작업자에서 작업 후, 자율신경계의 과활동성이 관찰되었으며, 오전의 심박변이가 저하되어 있었다. 금속가공유에 의해서는 노출 후, 부교감신경의 활동성이 저하되는 것으로 나타났다. 관계갈등이 높은 군이 낮은 군에 비해 심박변이가 만성적으로 저하되어 있었다. 육체적 작업부하가 증가할수록 작업 후의 심박변이가 저하되는 소견이 관찰되었으며, 일부 오전의 심박변이 지표도 낮아져 있었다.

결론: 물리적 환경요인, 화학적 환경요인, 정신사회적 요인과 육체적 작업부하 모두 자율신경계에 영향을 미칠 수 있다. 작업관련요인에 의한 자율신경계의 만성, 급성 영향에 대한 해석을 통하여 과거의 노출 또는 만성적 노출에 의해 건강에 문제를 일으키는 위험인자를 파악할 뿐만 아니라, 현재의 노출이 건강에 영향을 미치는지를 분석함으로써 현시점에서 작업환경개선의 필요성을 판단할 수 있는 근거로 활용할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1) Malliani A, Pagani M, Lombardi F, Cerutti S. Cardio-vas-

cular neural regulation explored in the frequency domain. *Circulation* 1991;84(2):482-92.

2) Tsuji H, Venditti FJ Jr, Manders ES, Evans JC, Larson MG, Feldman CL, Levy D. Reduced heart rate variability and mortality risk in an elderly cohort. The Framingham Heart Study. *Circulation* 1994;90(2):878-83.

3) Dekker JM, Schouten EG, Klootwijk P, Pool J, Swenne CA, Kromhout D. Heart rate variability from short electrocardiographic recordings predicts mortality from all causes in middle-aged and elderly men. *Am J Epidemiol* 1997;145(10):899-908.

4) Tsuji H, Larson MG, Venditti FJ Jr, Manders ES, Evans JC, Feldman CL, Levy D. Impact of reduced heart rate variability on risk for cardiac events. The Framingham Heart Study. *Circulation* 1996;94(11):2850-5.

5) McEwen, B.S. Allostasis, allostatic load, and the aging nervous system: role of excitatory amino acids and excitotoxicity. *Neurochem Res* 2000;25:1219-31.

6) Korea Occupational Safety & Health Agency. Work-related Cerebrovascular & Cardiovascular Disease Risk Assessment & Management. KOSHA Code H-11-2004. KOSHA. Incheon. (Korean) (translated by Son MJ)

7) Yamamoto S, Iwamoto M, Inoue M, Harada N. Evaluation of the effect of heat exposure on the autonomic nervous system by heart rate variability and urinary catecholamines. *J Occup Health* 2007;49(3):199-204.

8) Ising H, Babisch W, Kruppa B, Lindthammer A, Wiens D. Subjective work noise: a major risk factor in myocardial infarction. *Soz Praventiv med* 1997;42(4):216-22.

9) Ising H, Kruppa B Health effects caused by noise: evidence in the literature from the past 25 years. *Noise Health* 2004;6(22):5-13.

10) Tzaneva L, Danev S, Nikolova R. Investigation of noise exposure effect on heart rate variability parameters. *Cent Eur J Public Health* 2001;9(3):130-2.

11) Björ B, Burström L, Karlsson M, Nilsson T, Näslund U, Wiklund U. Acute effects on heart rate variability when exposed to hand transmitted vibration and noise. *Int Arch Occup Environ Health* 2007;81(2):193-9.

12) Jhun HJ, Kim H, Paek DM. The association between blood metal concentrations and heart rate variability: a cross-sectional study. *Int Arch Occup Environ Health* 2005;78(3):243-7.

13) Bortkiewicz A, Gadzicka E, Szymczak W. Heart rate variability in workers exposed to carbon disulfide. *J Auton Nerv Syst* 1997;66(1-2):62-8.

14) Kang MG, Koh SB, Cha BS, Park JK, Woo JM, Chang SJ. Association between job stress on heart rate variability and metabolic syndrome in shipyard male workers. *Yonsei Med J* 2004;45(5):838-46.

15) Kageyama T, Nishikido N, Kobayashi T, Kurokawa Y,

- Kaneko T, Kabuto M. Self-reported sleep quality, job stress, and daytime autonomic activities assessed in terms of short-term heart rate variability among male white-collar workers. *Ind Health* 1998;36(3):263-72.
- 16) Ham JS. Work-related factors affecting heart rate variability. Kosin Medical College Graduate School. 2006.(Korean)
- 17) Kobayashi F, Watanabe T, Akamatsu Y, Furui H, Tomita T, Ohashi R, Hayano J. Acute effects of cigarette smoking on the heart rate variability of taxi drivers during work. *Scand J Work Environ Health* 2005;31(5):360-6.
- 18) Hayashi N, Nakamura Y, Muraoka I. Cardiac autonomic regulation after moderate and exhaustive exercises. *Ann Physiol Anthropol* 1992;11(3):333-8.
- 19) Malik M, Bigger JT, Camm AJ, Kleiger RE, Malliani A, Moss AJ, Schwartz PJ. Heart rate variability standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task force of the european society of cardiology and the north american society of pacing and electrophysiology. *Eur Heart J* 1996;17:354-81.
- 20) ACGIH. Heat Stress and Strain. In: 2001 Documentation of the TLVs and BEIs with other worldwide occupational exposure values. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Cincinnati. 2001.
- 21) Chang SJ, Koh SB, Kang DM, Kim SH, Kang MG. Developing on occupational stress scale for Korean employees. *Korean J Occup Environ Med* 2005;17(4):297-317.(Korean)
- 22) Kilbom A. Assessment of physical exposure in relation to work-related musculoskeletal disorders-what information can be obtained from systematic observations? *Scand J Work Environ Health* 1994;20:30-45.
- 23) Hemingway H, Shipley M, Brunner E, Britton A, Malik M, Marmot M. Does autonomic function link social position to coronary risk? The Whitehall II study. *Circulation* 2005;111(23):3071-7.
- 24) Okenfels MC, Porter L, Smyth J, Kirschbaum C, Hellhammer DH, Stone AA. Effect of chronic stress associated with unemployment on salivary cortisol: Overall cortisol levels, diurnal rhythm, and acute stress reactivity. *Psychosom Med* 1995;57:460-567.
- 25) Steptoe A, Crockley M, Griffith J, Kirschbaum C. Job strain and anger expression predict early morning elevations in salivary cortisol. *Psychosom Med* 2000;62:286-92.
- 26) Matveev M, Prokopova R. Normal and abnormal circadian profiles of heart autonomic balance, evaluated by time-related common indicator of heart rate variability. *Anadolu Kardiyol Derg* 2007;7(1):125-9.
- 27) Pichot V, Bourin E, Roche F, Garet M, Gaspoz JM, Duverney D, Antoniadis A, Lacour JR, Barthélémy JC. Quantification of cumulated physical fatigue at the workplace. *Pflugers Arch* 2002;445(2):267-72.
- 28) Pichot V, Roche F, Gaspoz JM, Enjolras F, Antoniadis A, Minini P, Costes F, Busso T, Lacour JR, Barthélémy JC. Relation between heart rate variability and training load in middle-distance runners. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32(10):1729-36.
- 29) Bergfors M, Barnekow-Bergkvist M, Kalezic N, Lyskov E, Eriksson JW. Short-term effects of repetitive arm work and dynamic exercise on glucose metabolism and insulin sensitivity. *Acta Physiol Scand* 2005;183(4):345-56.