대한산업의학회지 제 17 권 제 1 호 (2005년 3월)
Korean J Occup Environ Med, 2005;17(1):26-35

중년 직장 남성의 피로도와 심박동변이

가톨릭대학교 의과대학 가정의학교실 성빈센트병원[1], 뉴저지의과대학 만성피로증후군 및 섬유근통 센터[2]

송상욱[1,2] · 신진희[1] · Thomas Findley[2]

— **Abstract** —

Relationship between Fatigue Severity and Heart Rate Variability in Middle-Aged Male Workers

Sang-Wook Song[1,2], Jin-Hee Shin[1], Thomas Findley[2]

Department of Family Medicine, St. Vincent's Hospital, College of Medicine, The Catholic University of Korea[1]
Chronic Fatigue Syndrome & Fibromyalgia Center, New Jersey Medical School[2]

Objectives: This study investigated the relationship between the severity of fatigue and the cardiac autonomic function by analyzing the heart rate variability on middle-aged male workers.

Methods: The severity of fatigue and heart rate variability were assessed with the control measures of age, body mass index, blood pressure, alcohol consumption, smoking history, regular exercise on 82 healthy middle-aged male workers in an annual health checkup. The severity of fatigue was evaluated by the Fatigue Severity Scale (FSS), which was developed by Krupp. The 5-minute electrocardiographic recordings were analyzed as a function of the time and the frequency domain methods of the heart rate variability (HRV). Standard Deviation of the NN intervals (SDNN), Root-Mean-Square of Successive Differences (rMSSD), Total Power (TP), Low Frequency (LF: 0.04~0.15 Hz) power, High Frequency (HF: 0.15-0.4 Hz) power, LF/HF ratio were used as the indices of the HRV. For a comparison of autonomic nervous functions and other variables, the subjects were divided into three fatigue groups based on the FSS score as follows: low (N=31), moderate (N=33), high (N=18) fatigue groups

Results: There were no significant differences in age, blood pressure, heart rate, body mass index, alcohol consumption, or regular exercise except for the smoking history among the groups. In addition, there were no significant differences in the time domain analysis (SDNN, rMSSD) of HRV among the groups. Spectral analysis of the HRV showed that the mean amplitudes of the HF and LF component were lower in the high fatigue group, whereas there was no significant difference in the LF/HF ratio among the fatigue groups. There were no significant differences in the HRV indices between the smoking and non-smoking groups. No significant interacting effects between the severity of fatigue and smoking on the HRV were observed.

Conclusions: The association between severe fatigue and the reduced high and low frequency components of the HRV in middle-aged male workers reflects a dysregulation of the cardiac autonomous control. Although the pathophysiological mechanism of this association remains unclear, these results might explain their increased risk for cardiovascular disease. However, these effects need to be confirmed through a well-designed prospective study.

Key Words: Fatigue, Heart rate variability, Autonomic nervous function, Middle-aged men

<접수일: 2004년 12월 6일, 채택일: 2005년 1월 26일>

교신저자: 신 진 희 (Tel: 031-249-7680) E-mail: sjhfm@hanmail.net

서 론

피로는 흔한 건강상의 문제로 미국의 경우 일차 진료 환자의 20%이상이 만성 피로를 호소하고 있으며 (Adams et al, 1997), 우리나라에서도 일차진료소를 방문하는 환자의 주 증상 가운데 여섯 번째를 차지할 정도로 흔한 증상이다(신호철 등, 1993). 피로 증상은 그 자체가 매우 주관적이며, 관련 요인 파악이 복잡하여 개념을 규정하거나 객관적으로 측정하는데 어려움이 있어 명확히 정의내리기는 쉽지 않지만, 산업장에서의 피로는 일반적으로 고단하다는 주관적인 느낌이 있으면서 작업 능률이 떨어지고 생체기능에 변화를 가져오는 현상으로 설명하고 있다(조규상, 1991).

업무와 관련된 산업 피로는 작업 자세, 작업 방식 등의 작업 부하, 소음, 온열 조건과 같은 물리적 작업 환경 요인과 함께 개인의 생활 환경 또는 업무와 관련된 심리적 환경 등(田中, 1988; 양인애, 1990) 여러 요인이 복합되어 일어나게 된다. 피로로 인한 생체 기능의 변화와 관련하여 이러한 작업 환경은 심장의 자율신경 기능을 변화시키는 것으로 보고되었다(Kageyama et al., 1997; Sasaki et al., 1999). 또한 서구에서는 극심한 피로와 탈진 상태가 심근경색과 급작스런 심장 사망의 가장 흔한 전조 증상이라고 알려져 왔다(Apples & Mulder, 1988; Cole et al., 1999). 그러나, 직장인에서 심혈관 질환에 대한 정신사회학적인 전구 증상과 생리적인 예측 인자 사이의 관계를 실험한 연구가 거의 없기 때문에 이러한 증상 양상이 직장인들 사이에 심혈관 질환의 예측 인자로서 역할을 하는지에 대해서는 여전히 불확실한 상태이다. 즉, 극심한 피로나 생리적 탈진 상태는 심장 자율신경 기능의 변화를 통해서 관상동맥 질환에 대한 하나의 예고 증상이 될 수 있다는 추측이 가능하지만, 이러한 가능성을 논의하기 위해서는 피로 또는 생리적 탈진, 작업 환경, 그리고 생활 방식 등과 관련한 심장의 자율신경 기능을 분석하는 것이 필요하다.

심장에 대한 자율신경계의 영향은 심박동변이(heart rate variability)를 분석함으로써 교감 및 부교감 신경의 활성도를 양적으로 평가할 수 있다. 즉, 심박동변이란 시간에 따른 심박동의 주기적인 변화를 뜻하는데, 순간적인 심박동 및 RR 간격의 변동을 나타냄으로써 하나의 심장 주기로부터 다음 심장 주기 사이의 미세한 변화를 반영하는 개념이다. 1963년 Hon과 Lee 등이 처음으로 심박동변이의 임상적 타당성을 주장한 이후 심박동변이는 자율신경계 기능장애 뿐 아니라 자율신경계와 관련이 있는 신체병리학적 상태를 평가할 수 있는 유용한 방법으로 인식되어지고 있다. 1996년 심박동 변이의 적절한 기준을 정립하기 위해 유럽 심장학회와 북미 심박조율 및 전기생리학회에서 각 분야의 전문가들로 이루어진 전문위원회를 구성하여 용어 및 측정방법의 표준화와 생리학적, 병리학적 상호관계에 대한 정의 등을 마련하였다(Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996).

오늘날처럼 기술적으로 혁신된 산업 사회에서 직장 근로자들의 피로는 재해와 건강 장애의 원인이 되는 노동부담의 제요소를 점검하는데 매우 중요한 요소이다. 특히, 우리나라에서는 80년대 후반부터 중년 직장 남성의 과로사나 돌연사가 사회 문제화되고 있는데, 이들 30, 40대 돌연사의 원인 중 61.5%가 심혈관계 질환으로 나타났다(권일훈, 1997). 또한 1998년 통계 자료에 의하면 작업관련 뇌?심혈관계질환자가 전체 산재사망자 가운데 27.4 %를 차지하였으며, 이로 인한 사망 근로자 1인당 경제적 손실 추정액은 약 4억 3천만원일 정도로 경제적인 파급 효과도 매우 크다(김수근, 2000). 사실, 현재까지 근로자의 피로에 관한 연구는 여러 가지 직업별로 많이 연구되어 왔으나 (이은옥 등, 1974; 박종안, 1980; 구정완과 이승한, 1991; 이해진 등, 1997; 박내경 등, 1998) 내용이 근로자들의 일반적인 특성에 따른 피로의 정도나 관련 요인을 평가하는 수준이었으며, 피로와 관련된 구체적인 신체 기능 장애에 대한 연구는 매우 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 중년 직장 남성의 피로도와 심장 자율신경 기능과의 관련성을 심박동변이의 분석을 통해서 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구대상

본 연구는 2002년 7월부터 8월까지 경기도 소재 대학 부속 병원에서 종합건강검진을 받은 일개 자동차 생산 공장의 중년 남성 생산직 근로자 중 연구에 동의한 96명을 일차적인 대상으로 하였다. 한편, 처음 연구대상으로 선정할 때 문진 및 설문조사를 통해 자율신경계에 영향을 줄 수 있는 질병, 특히 고혈압, 당뇨, 갑상선 기능 항진증 및 저하증, 우울증을 포함한 심각한 정신 질환, 심혈관계 질환의 과거력이 있거나 자율신경계에 영향을 미칠 수 있는 약물(특히 항고혈압제, 항우울제, 신경안정제, 갑상선관련 약물 등)을 최근 4주 이내에 복용한 기왕력이 있는 환자는 연구조사 첫 단계에서부터 제외시켜 심박동변이에 미칠 수 있는 인자의 영향 (Tsuji et al, 1996; Fagard et al, 1999)을 최소화시키고자 하였다.

96명의 일차적인 연구 대상 중 심전도 검사에서 부정맥 등 전도장애를 보이는 5명과 고혈압의 과거력은 없었지만

병원에서 측정한 혈압이 고혈압의 기준(수축기혈압≥140 mmHg 또는 이완기혈압≥90 mmHg) 이상인 경우를 보이는 2명을 제외시켰다. 아울러 설문 작성 또는 검사 결과가 불충분한 7명을 제외하여 최종 82명을 연구대상으로 하였다.

2. 연구 방법

연구에 참여하기로 동의한 사람들에게 미리 준비된 자가-기입식의 설문을 작성하도록 하였으며, 설문에는 사회인구학적 특성 관련 항목으로 나이, 흡연력, 음주 유무, 규칙적인 운동 여부 및 과거병력 등을 포함시켰다. 규칙적인 운동은 일주일에 3회 이상, 매번 30분 이상 꾸준히 운동하는 경우로 정의하였다. 그리고 우울 성향을 평가하기 위해 선별 도구로서 그 유용성이 입증된 Zung의 SDS(Self-rating Depression Scale) 자가-기입식 설문지를 이용하였으며(신호철 등, 2000), 우울증이 의심되는 경우 DSM-IV에 의거하여 재평가하였다. 아울러 우울증으로 진단된 경우는 최종 연구 대상에서 제외하였다. 일반적인 종합건강검진에 앞서 기본적인 이학적 검사로 키, 체중, 혈압, 맥박 및 심전도 검사를 먼저 시행하였으며, 이후 피로도 평가 설문과 함께 심박동변이 검사를 시행하였다.

1) 피로도의 측정

피로도 측정은 신경생리학적 · 신경심리학적인 면에서는 정량적인 측정이 가능하나 주관적인 피로는 직접적인 측정보다 설문지법을 이용한 이차적인 측정방법이 이용되고 있다(Wessely, 1995). 본 연구에서는 1989년 Krupp 등에 의해서 개발된 Fatigue Severity Scale(FSS)을 이용하여 피로도를 평가하였다(부록). Fatigue Severity Scale은 피로의 기능적 그리고 행동적 측면을 강조한 자가-보고 형식의 설문으로 9문항으로 구성되어 있다. 즉, 피로도 평가를 위한 각 문항에 대해서 전혀 장애가 없다고 판단되면 1점, 장애가 아주 심하다고 생각되면 7점으로 하여 주관적으로 느끼는 장애의 정도에 따라 1에서 7까지의 점수를 선택할 수 있게 만든 Likert scale 이다. 피로도 평가는 각 문항의 점수를 총 합산한 후에 전체 문항 수인 9로 나눈 평균 점수로 표시하게 된다. Fatigue Severity Scale은 일반 인구 집단에서 피로의 강도를 평가하기 위한 유용한 측정 도구이며, 높은 내적 일치도와 함께 환자군과 대조군에서 명확한 차이를 나타내는 것으로 알려져 있다(Taylor et al. 2000). 또한 국내에서도 한국어로 번역되어 그 임상적 유용성이 보고된 바 있다(정규인 등, 2001).

피로도 평가를 위한 Fatigue Severity Scale(FSS)의 표준화된 기준치가 정해져 있는 것은 아니지만, Krupp 등(1989)이 건강한 대조군과 다발성경화증을 비롯한 피로 호

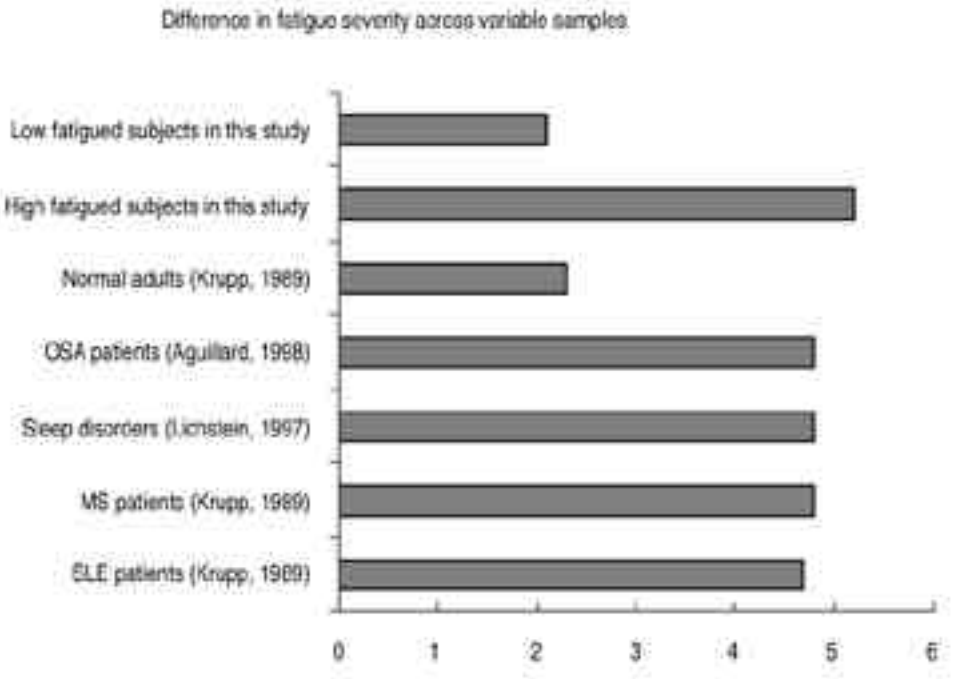

Fig. 1. Fatigue assessment in different populations showing comparison between normal and various disorders known to be associated with subjective report of high fatigue. (OSA: obstructive sleep apnea, MS: multiple sclerosis, SLE: systemic lupus erythematosis)

소 환자군을 대상으로 조사한 결과와 Friedberg(1994)가 그의 저서에서 피로도 평가 도구로서 FSS의 유용성을 기술하면서 제시한 기준치를 참고하여 본 연구에서도 FSS score가 3.0 이하인 경우를 저피로군, 3.0에서 4.5 미만인 경우를 중등도 피로군, 4.5 이상인 경우를 고피로군으로 분류하였다. 본 연구에서 분류한 기준에 따라 저피로군과 고피로군의 평균치는 각각 2.1±0.7, 5.2±0.4 이었다. Fig. 1은 이 두 군의 평균 점수와 문헌 고찰을 통해 살펴본 정상 대조군과 기타 피로와 관련된 질병군의 FSS score를 비교한 것이다. Krupp 등(1989)에 따르면 건강한 성인은 2.3±0.7, 전신성 홍반성 낭창 환자군은 4.7±1.5, 그리고 다발성 경화증 환자군의 평균 점수는 4.8±1.3 이었다. Lichstein 등(1997)은 광범위한 수면 장애 환자 206명의 평균치를 4.8로 보고하였으며, Aguillard 등(1988)은 32명의 폐쇄성 수면무호흡 환자군의 평균 FSS score가 4.8±1.4인 것으로 보고하였다.

2) 심박동변이 검사

심박동변이 검사는 오전 9시경 금식 및 금연한 상태에서 시행하였으며, 충분히 안정을 취한 후 편안하게 의자에 앉은 자세에서 SA-2000E®(MEDICORE사 제작) 장비를 사용하여 5분 동안 측정하였다. 심박동변이의 측정 결과는 시간 범주와 주파수 범주로 나누어 분석하였다. 시간 범주 분석을 이용하여 전체 RR 간격의 표준편차(SDNN, The Standard deviation of Normal to Normal intervals, in milliseconds)와 인접한 RR 간격의 차이를 제곱한 값에 대한 평균의 제곱근(rMSSD, Square root of the mean of the sum of the square of differences between adjacent NN intervals, in milliseconds) 값을 얻을 수 있는데, 이를 통하여 전반적인 심박동변이의 정도를 평가할 수 있다. 또한 주파수 범주 분석에는 전체 주파수의 강도를 나타내는 전체 강도(TP, Total Power: 1.15×10-5~0.40 Hz), 교감신경과 부교감신경 조절능력을 함께 포함하고 있으나 안정시에는 주로 교감 신경계를 대표하는 저주파수 영역(LF, Low Frequency Power: 0.04~0.15 Hz), 주로 부교감신경인 미주신경 활동에 대한 지표인 고주파수 영역(HF, High Frequency Power: 0.15~0.40 Hz), 그리고 교감신경과 부교감신경 사이의 평형 정도를 반영하는 고주파수 영역에 대한 저주파수 영역의 비(LF/HF ratio) 등이 포함된다(Akselrod et al, 1981; Malik & Camm, 1993).

3. 통계 분석

피로 정도에 따른 세 군의 사회인구학적 특성에 대한 비교는 변수의 특성에 따라 일원 분산분석 또는 카이제곱 검정을 이용하였다. 심박동변이에 대한 각각의 분석 값은 평균±표준편차 형태로 표기하였으며, 세 군간의 심박동변이 분석 값의 비교를 위해서는 일원 분산분석 및 Scheffe의 다중비교방법을 이용하였다. 심박동변이의 주파수 범주 값은 심한 사편위를 보여서 이들 값은 로그 치환(log transformation, ln) 후 통계 분석하였다. 또한 심박동변이 값에 대한 피로도와 함께 흡연의 영향을 평가하고자 이원 분산분석을 실시하였다. 자료 분석은 SPSS 통계 프로그램(version 11.0)을 이용하였으며, 각 분석에서 유의수준 5% 이하를 통계적으로 유의한 것으로 하였다.

결 과

1. 연구 대상의 특징

이번 연구의 최종 연구 대상은 총 82명이었으며, 저피로군이 31명, 중등도 피로군이 33명, 고피로군이 18명이었다. 피로도 점수(FSS score)는 저피로군이 2.1±0.7, 중등도 피로군이 3.7±0.4, 고피로군이 5.2±0.4 로 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p<0.001$). 또한 흡연 유무에 있어서도 세군간에 통계적으로 유의한 차이를 보였는데($p=0.010$), 저피로군에서는 비흡연자가 64.5%로 더 많았으며, 중등도 피로군과 고피로군에서는 흡연자가 각각 72.7%와 61.1%로 비흡연자에 비해 더 많은 비율을 차지하고 있었다. 이외에 나이, 수축기 및 이완기 혈압, 심박수, 체질량지수, 음주 유무, 규칙적인 운동 여부에 있어서는 세 군간에 통계적으로 유의한 차이가 없었다(Table 1).

2. 피로 정도에 따른 심박동변이 값의 비교

피로 정도에 따라 분류한 세 군간의 심박동변이 값의 차이를 알아보고자 시행한 일원 분산분석 및 Scheffe의 다중비교에서 시간범주 분석 항목에서는 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았지만 주파수 범주 분석 항목 중에서는 ln(natural logarithm) LF 및 HF 값이 고피로군에서 저피로군에 비해 유의하게 감소하는 것으로 나타났다($p=0.009$, $p=0.015$) 그 외 ln TP 및 LF/HF ratio 값은 세 군간에 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다(Table 2).

3. 심장의 자율신경기능에 대한 피로도와 흡연의 영향

피로 정도에 따라 분류한 세 군간의 흡연율이 차이를 나타내고 있어서(Table 1), 흡연 유무와 피로도가 심박

동변이 값에 미치는 상호 작용을 평가하고자 이원 분산 분석을 실시하였다. 이번 연구에서 흡연 유무에 따른 심박동변이 값은 시간 및 주파수 범주 분석 항목 모두에서 유의한 차이가 없었으며, 심박동변이 값에 대한 피로도와 흡연 유무와의 유의한 교호 작용 또한 관찰되지 않았다 (Table 3).

Table 1. Comparisons of participant characteristics among fatigue groups

	Low fatigue (n=31)	Moderate fatigue (n=33)	High fatigue (n=18)	P value*
Age (years)	34.8±2.7	35.1±3.6	34.9±3.4	0.939
FSS score	2.1±0.7	3.7±0.4	5.2±0.4	<0.001
Heart rate (beats/min)	66.1±9.8	67.7±9.5	66.6±8.1	0.766
Resting SBP (mmHg)	121.8±11.6	118.6±13.2	123.2±12.1	0.397
Resting DBP (mmHg)	77.7±10.0	76.1±9.0	77.7±7.2	0.742
BMI (kg/m^2)	23.7±2.3	22.8±2.2	23.9±3.4	0.227
Alcohol drinking				0.962
No†	8 (25.8%)	8 (24.2%)	5 (27.8%)	
Yes	23 (74.2%)	25 (75.8%)	13 (72.2%)	
Cigarette smoking				0.010
No	20 (64.5%)	9 (27.3%)	7 (38.9%)	
Yes	11 (35.5%)	24 (72.7%)	11 (61.1%)	
Regular exercise				0.662
No	17 (54.8%)	18 (54.5%)	12 (66.7%)	
Yes‡	14 (45.2%)	15 (45.5%)	6 (33.3%)	

* χ^2-test was used to test univariate associations between categorical variables (alcohol, smoking, exercise). One-way ANOVA was used to compare other continuos variables for the low fatigue, moderate fatigue, and high fatigue groups. Data are expressed as mean ±standard deviation and number(%).

† Alcohol consumption: teetotallers ‡ Regular exercise: ≥30min/day and ≥3/week

FSS: Fatigue Severity Scale (Krupp et al. 1989) BMI: Body mass index

Table 2. Comparisons of cardiac autonomic function assessed by heart rate variability among fatigue groups

	Low fatigue (n=31)	Moderate fatigue (n=33)	High fatigue (n=18)	P value*
Time domain analysis				
SDNN (msec)	54.61±20.83	47.24±17.50	45.98±20.11	0.210
rMSSD (msec)	39.30±18.00	33.37±14.42	31.08±14.76	0.166
Spectral (frequency) power				
ln TP ($msec^2$)	7.48±0.85	7.21±0.86	7.01±0.62	0.135
ln LF ($msec^2$)	6.39±0.86†	5.95±0.94	5.60±0.70†	0.009
ln HF ($msec^2$)	5.74±0.80‡	5.44±0.79	5.03±0.82‡	0.015
LF/HF ratio	2.30±1.40	2.03±1.20	2.34±1.89	0.687

* One-way analysis of variance and Scheffe's multiple comparison test were used for comparing differences in heart rate variability variables among fatigue groups. Data are expressed as mean±standard deviation.

† Significant comparison; low fatigue vs. high fatigue, P<0.05

‡ Significant comparison; low fatigue vs. high fatigue, P<0.05

SDNN: the standard deviation of normal to normal intervals

rMSSD: root-mean-square of successive differences

TP: total power for the 5-minute cycle (0~0.40 Hz)

LF: low-frequency power (0.04~0.15 Hz)

HF: high-frequency power (0.15~0.40 Hz)

LF/HF ratio: low-frequency/high-frequency power ratio

ln: natural logarithm (The spectral power data were log transformed.)

고 찰

피로의 원인은 매우 다양하지만 육체적 질환으로 인한 병적 피로를 제외한 주관적인 피로 증상이 심근경색증과 같은 심혈관 질환의 전구 증상으로 의미가 있는지에 대해서는 오래 전부터 관심의 대상이었고 이를 뒷받침하는 몇몇 연구 결과도 보고되었다(Rissanen et al, 1978; Apple & Mulder, 1988). 특히 산업장에서의 피로 증상이 근로자의 심혈관질환이나 돌연사를 예측할 수 있는 지표로서의 유용성을 알아보기 위하여 직장인의 피로 증상과 심장 질환과의 관련성에 대한 연구가 시작되었지만 뚜렷한 결론을 얻어내지는 못하였다.

이번 연구에서는 피로 증상과 심장 질환과의 관련성을 알아보기 위해 안정시 심박동변이를 조사하였는데, 피로 증상이 경미한 저피로군에 비해 피로 정도가 심한 고피로군에서 심박동변이의 주파수 분석 항목 중 LF 값과 HF 값이 유의하게 감소하였으며, LF/HF ratio 값은 의미있는 차이를 나타내지 않았다. 이는 심한 피로 증상을 느끼고 있는 중년의 남성 직장인이 저피로군에 비해 안정시 교감 및 부교감 신경 기능이 저하되어 있음을 의미하며, 교감/부교감신경 평형에서는 차이가 없음을 나타낸다. 이러한 결과는 극심한 탈진 상태의 중년 남성 직장인에서 안정시 부교감신경 기능이 저하되고 교감/부교감신경 평형에서는 변화가 없었다는 Watanabe 등(2002)의 연구 결과와 유사하였다. 그러나 교감신경 기능에 대해서는 본 연구 결과와는 달리 Watanabe 등(2002)의 연구에서는 의미있는 변화가 없었으며, Pagani 등(1994)은 설명되지 않는 피로를 가진 군에서 정상군에 비해 안정시 교감신경 기능이 오히려 항진되어 있음을 보고하였다. 사실 자율신경계의 교감, 부교감 신경은 체내 항상성 유지를 위하여 어느 한쪽의 변화에 대해서 서로 균형을 맞추기 위해 노력한다(Grimm et al, 1997). 이번 연구 결과에서처럼 부교감신경 기능의 저하와 함께 교감신경 기능의 저하도 함께 일어나 교감/부교감신경의 평형을 유지하는 것으로 추측해 볼 수 있다. 그렇지만 자율신경계의 평형을 유지할 수 없는 상태라면 부교감신경 기능의 감소와는 반대로 교감신경 기능은 항진될 수도 있을 것이다. 또한, Sasaki 등(1999)은 전자제조업체 엔지니어를 대상으로 한 연구에서 오랜 시간을 일하는 장시간 작업군에서 교감신경 기능의 저하를 관찰할 수 있었는데, 연구자들은 직장인 피로의 주된 요인인 장시간 작업으로 인한 수면 부족을 그 원인으로 추측하였다.

심혈관 질환과 관련하여 심박동변이를 평가할 때 피검사자의 흡연 상태도 중요하게 고려되어야만 한다. 이전의 연구 결과에 의하면 흡연자는 비흡연자에 비해 피로 증상을 더 많이 느끼며, 흡연은 심장 부교감신경의 만성적인 기능 장애를 유발할 수 있는 것으로 보고되었다(Hayano et al, 1990). 또한 Watanabe 등(2002)은 흡연 유무에 상관없이 생리적 탈진 상태는 부교감 신경 기능을 억제하며, 특히 탈진 상태의 직장인에서는 하루 1갑 이상의 과다 흡연이 부교감 신경 기능 장애를 더욱 악화시킬 수 있다고 보고하였다. 이번 연구 결과에서도 흡연 유무와는 상관없이 고피로군에서 부교감신경 기능을 의미하는 심박동변이의 HF 값이 감소함을 관찰할 수 있었다. 그러나 부교감신경 기능에 대한 피로도와 흡연의 교호 작용은 관

Table 3. Effect of fatigue and smoking on cardiac autonomic nervous functions by two-way analysis of variance

	Fatigue		Smoking		Interaction	
	F	P	F	P	F	P
Time domain analysis						
SDNN (msec)	1.07	0.35	1.65	0.20	0.96	0.39
rMSSD (msec)	1.33	0.27	0.53	0.47	0.17	0.85
Spectral (frequency) power						
ln TP ($msec^2$)	1.38	0.26	0.77	0.39	0.43	0.65
ln LF ($msec^2$)	3.71	0.03	0.95	0.33	0.19	0.82
ln HF ($msec^2$)	3.92	0.02	0.19	0.66	0.22	0.80
LF/HF ratio	0.67	0.51	1.29	0.26	1.37	0.26

SDNN: the standard deviation of normal to normal intervals
rMSSD: root-mean-square of successive differences
TP: total power for the 5-minute cycle (0~0.40 Hz)
LF: low-frequency power (0.04~0.15 Hz)
HF: high-frequency power (0.15~0.40 Hz)
LF/HF ratio: low-frequency/high-frequency power ratio
ln: natural logarithm (The spectral power data were log transformed.)

찰되지 않았는데, 향후에는 이와 관련하여 흡연 유무 뿐만 아니라 흡연량을 고려한 정량적인 분석이 필요할 것으로 사려된다.

사실 이번 연구는 몇 가지의 제한점을 가지고 있다. 먼저, 심박동변이에 영향을 미칠 수 있는 여러 가지 요인들을 충분히 고려하지 못했다는 것이다. 현재까지 알려진 심박동변이의 정도에 영향을 미칠 수 있는 요인들에는 나이, 성별, 심박동수, 혈압 변화, 호흡 활동, 흡연, 음주, 카페인, 신체 활동량, 비만도, 정신적 스트레스 및 정서장애, 수면, 갑상선 기능 이상, 자율신경계에 영향을 미칠 수 있는 약물 등이 있다(Parati & Di Rienzo, 2003). 본 연구에서는 흡연 이외에 심박동변이에 영향을 미칠 수 있는 다른 요인들은 연구 대상자의 수가 적어 분석 결과를 제시하기에는 무리가 있을 것으로 판단하여 결과를 제시하지 않았다. 다만 피로도에 따른 세 군간의 특성 비교에서 차이를 보인 흡연 유무와 피로도 점수와의 교호작용은 결과에 제시하였다. 또한 흡연, 음주, 규칙적인 운동 유무 등에 대한 조사 내용이 보다 정량적인 설문이 되지 못해 이들 요인을 효과적으로 통제하기 어려웠고 연구 대상이 일개 대학병원 건강검진 센터를 방문한 직장인에 국한되어 충분한 대표성을 가지지 못한 것도 본 연구의 제한점일 것이다. 그러나, 심박동변이에 영향을 미칠 수 있는 요인들에 관한 이전의 연구 결과에 따르면, 나이, 성별, 심박동수가 주요 인자이며 다른 심혈관계 위험 인자들은 나이나 성별, 심박동수에 비해 그 영향이 상대적으로 적은 것으로 나타났다(Liao et al, 1995; Tsuji et al, 1996; Jensen-Urstad et al, 1997). 이번 연구에서는 처음부터 나이와 성별을 중년의 직장 남성으로 국한하였으며, 심박동수는 세 군간에 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서 충분히 통제할 수 없었던 몇 가지 심혈관계 위험 요인들의 영향이 연구의 결론을 왜곡시킬 만큼 심각하지는 않았을 것으로 여겨진다. 그리고 이번 연구에서 시행한 5분 심박동변이 분석이 심장에 대한 자율신경계 조절기능을 평가하는 유용한 도구로 사용되고 있지만, 교감신경계의 활성도를 직접적으로 나타내는 초저주파 영역은 5분 측정에서는 신뢰도가 떨어지고 24시간 측정에서 비교적 정확하게 관찰된다(Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996). 이로 인해 본 연구에서는 5분 심박동변이 분석 중 전체 주파수 영역과 저주파수 영역을 측정하여 간접적인 분석을 시도하였다.

이러한 제한점에도 불구하고 저자들은 이번 연구를 통해서 중년 직장 남성의 극심한 피로 증상이 심장 자율신경기능의 감소와 관련이 있음을 확인할 수 있었다. 사실 이번 연구 결과를 통하여 피로 증상 자체가 자율신경기능의 감소에 직접적인 영향을 미친 것인지 아니면 다른 어떤 요인에 의해서 피로 증상과 더불어 자율신경기능의 감소도 함께 유발된 것이지는 확실하지 않다. 그렇지만 심박동변이에 의해 평가된 심장 자율신경기능의 변화는 심울혈(Saul et al., 1988), 관상동맥질환(Hayano et al., 1991; Rothschild et al., 1988), 당뇨병성 신경병증(Lishner et al., 1987) 등과 같은 병적인 상태와 관련되어 있다는 것은 잘 알려진 사실이다. 심박동변이의 변화와 예후와의 관련성에 대해서는 다기관 심근경색후 프로그램(Bigger et al., 1992), Framingham Heart Study의 대규모 지역 사회에 기초한 연구(Tsuji et al, 1996), 그리고 Algra 등(1993)에 의한 연구에서 이미 보고되었다. 즉, 심박동변이가 감소하게 되면 허혈성 심질환, 부정맥 등의 발현이 증가되어 이와 연관된 심혈관 사망의 위험이 높아지게 된다는 것이다. 그렇지만, 극심한 피로가 심혈관 질환의 직접적인 원인이라기 보다는 다른 위험 인자들과 서로 작용하여 영향을 미칠 것이라는 주장이 좀 더 설득력이 있다(Steinhart, 1991). 예를 들면 심장 질환의 위험 요소인 활동량 감소는 피로로 인해 초래될 수 있다. 아울러 중년 남성 직장인들에게서 심장 질환의 위험성을 줄이기 위해서는 피로 예방을 위한 평소의 노력이 요구된다. 즉, 작업 자세나 작업방식 등의 작업부하와 소음, 온열 조건 등의 물리적인 작업 환경 요인과 함께 음주, 흡연 및 수면습관 등의 개인의 일상 생활 환경 또는 업무와 관련된 심리적 영향 등을 정기적으로 재평가하고 개선시켜 나가야 할 것이다.

결론적으로 중년 직장 남성의 극심한 피로 상태가 심박동변이 분석에서 교감/부교감신경의 평형 변화를 일으키지는 않았지만, 교감 및 부교감신경 기능의 감소와 관련이 있음을 알 수 있었다. 이는 심장에 대한 자율신경 조절의 이상을 반영하며, 아직까지 정확한 기전을 알 수는 없지만 이들에게서 심혈관 질환의 발생 위험이 증가할 수 있음을 시사한다. 아울러 향후에는 잘 계획된 전향적 연구를 통하여 이에 대한 추적 관찰이 필요할 것이다.

요 약

목적: 이 연구는 중년 직장 남성의 피로도와 심장 자율신경 기능과의 관련성을 심박동변이의 분석을 통해서 알아보고자 하였다.

방법: 대학 부속 병원에서 종합건강검진을 받은 자동차 생산 공장의 중년 남성 근로자 중 특이 병력이 없는 82명을 연구 대상으로 하여 연령, 키, 체중, 혈압, 음주 및 흡연력, 규칙적인 운동 여부 등과 함께 피로도 및 심박동변이를 평가하였다. 피로도 평가는 Krupp 등에 의해서 개발된 자가-보고 형식의 Fatigue Severity

Scale(FSS)을 이용하였으며, 피로도 점수에 따라 연구 대상을 저피로군(N=31), 중등도 피로군(N=33), 고피로군(N=18)으로 분류하였다. 심박동변이의 평가는 안정 상태에서의 5분 동안 심전도 기록을 시간 범주인 Standard Deviation of NN intervals(SDNN), Root-Mean-Square of Successive Differences (rMSSD)와 주파수 범주인 Total Power(TP), Low Frequency(LF: 0.04~0.15 Hz) power, High Frequency(HF: 0.15~0.4 Hz) power, LF/HF 비로 나누어 분석하였다.

결과: 피로 정도에 따라 분류한 세 군의 평균 피로도 점수는 저피로군이 2.1±0.7, 중등도 피로군이 3.7±0.4, 고피로군이 5.2±0.4 이었다($p<0.001$). 세 군간의 인구사회학적 특성 비교에서 흡연 유무에 있어서는 차이를 보였지만 이외에 나이, 수축기 및 이완기 혈압, 심박수, 체질량지수, 음주 유무, 규칙적인 운동 여부에 있어서는 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다. 세 군간의 심박동변이 값의 차이는 시간 범주 분석 항목에서는 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았지만 주파수 범주 분석 항목 중에서는 ln(natural logarithm) LF 및 HF 값이 고피로군에서 저피로군에 비해 유의하게 감소하는 것으로 나타났다($p=0.009$, $p=0.015$). 그 외 ln TP 및 LF/HF ratio 값은 세 군간에 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다. 흡연 유무에 따른 심박동변이 값은 시간 및 주파수 범주 분석 항목 모두에서 유의한 차이가 없었으며, 심박동변이 값에 대한 피로도와 흡연 유무와의 유의한 교호 작용 또한 관찰되지 않았다.

결론: 중년 직장 남성의 극심한 피로 상태가 심박동변이 분석에서 교감 및 부교감 신경 기능의 감소와 관련이 있음을 알 수 있었다. 이는 심장에 대한 자율신경 조절의 이상을 반영하며, 아직까지 정확한 기전을 알 수는 없지만 이들에게서 심혈관 질환의 발생 위험이 증가할 수 있음을 시사한다. 아울러 향후에는 잘 계획된 전향적 연구를 통하여 이에 대한 추적 관찰이 필요할 것이다.

참고문헌

구정완, 이승한. 은행원의 VDT작업에 따른 피로자각증상. 예방의학회지 1991;24(3):305-13.

권일훈. 작업관련 뇌혈관 및 심장질환. 작업관련 뇌혈관 및 심장질환에 관한 심포지움 자료집. 산업안전공단. 서울. 1997. pp58-61.

김수근. 직장의 뇌심혈관질환 예방을 위한 사업장 접근 방법의 실제. 산업안전공단. 서울. 2000.

박내경, 김정윤, 조영채, 이동배. 일부산업장 근로자들의 피로자각증상과 일상생활요인과의 관련성. 대한산업의학회지 1998;10(2):214-26.

박종안. 철강산업 근로자들의 자각증상에 의한 피로도 조사. 최신의학 1980;24(2):105-12.

신호철, 김철환, 박용우, 조비룡, 송상욱 등. 우울증 선별 도구로서 Zung's Self-rating Depression Scale(SDS)의 타당성. 가정의학회지 2000;21(10) :1317-30.

신호철, 최창진, 송상욱, 최환석. 가정의학과 외래에 피로를 주소로 내원한 환자분석-전향적 연구를 위한 기초 조사. 가정의학회지 1993;14(12):833-42.

양인애. 미혼 여성 노동자의 피로자각 증상에 관한 연구, 석사학위논문, 전남대학교 대학원. 1990.

이은옥, 한영자, 최명애. 종합병원근무 간호원들의 피로도에 관한 조사연구. 중앙의학 1974:27(2):170-6.

이해진, 김택준, 전정일, 구정완, 정치경. 약사의 피로자각증상. 대한산업의학회지 1997;9(1):26-39.

정규인, 송찬희. 피로와 우울, 불안증 환자에서 fatigue severity scale의 임상적 유용성. 정신신체의학 2001;9(2):164-73.

조규상. 산업보건학. 수문사. 서울. 1991. pp107-14.

田中純子. 中小企業勞動者の自覺的疲勞について-1週4日間の調査から. 廣島醫學 1988;41:2065-77.

Adams RD, Victor M, Ropper AH. Fatigue. asthenia, anxiety and depressive reactions In: Adams RD, Victor M, Ropper AH, eds. Principles of neurology, 6th ed. McGraw-Hill, New York, 1997. pp497-507.

Aguillard RN, Riedel BW, Lichstein KL, Grieve FG, Johnson CT, et al. Daytime functioning in obstructive sleep apnea patients: exercise tolerance, subjective fatigue, and sleepiness. Appl Psychophysiol Biofeedback. 1998;23(4):207-17.

Akselrod S, Gordon D, Ubel FA, Shannon DC, Berger AC, et al. Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: a quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control. Science 1981;213(4504):220-2.

Algra A, Tijssen JG, Roelandt JR, Pool J, Lubsen J. Heart rate variability from 24-hour electrocardiography and the 2-year risk for sudden death. Circulation 1993;88(1):180-5.

Apple A, Mulder P. Excess fatigue as a precursor of myocardial infarction. Eur Heart J 1988;9(7):758-64.

Bigger JT Jr, Fleiss JL, Steinman RC, Rolnitzky LM, Kleiger RE, et al. Frequency domain measures of heart period variability and mortality after myocardial infarction. Circulation 1992;85(1):164-71.

Cole, SR, Kawachi I, Sesso HD, Paffenbarger RS, Lee IM. Sense of exhaustion and coronary heart disease among college alumni. Am J Cardiol 1999;84(12):1401-5.

Fagard RH, Pardaens K, Staessen JA. Influence of demographic, anthropometric and lifestyle characteristics on heart rate and its variability in the population. J Hypertens 1999;17(11):1589-99.

Friedberg F. Coping With Chronic Fatigue Syndrome: Nine Things You Can Do. New Harbinger Pub. New York. 1995. pp32-3.

Grimm DR, De Meersman RE, Almenoff PL, Spungen AM,

Bauman WA. Sympathovagal balance of the heart in subjects with spinal cord injury. Am J Physiol 1997;272(2):H835-42.

Hayano J, Yamada A, Mukai S, Sakakibara Y, Yamada M, et al. Severity of coronary atherosclerosis correlates with the respiratory component of heart rate variability. Am Heart J. 1991;121:1070-9.

Hayano J, Yamada M, Sakakibara Y, Fujinami T, Yokoyama K, et al. Short- and long-term effects of cigarette smoking on heart rate variability. Am J Cardiol. 1990;65(1):84-8.

Hon EH, Lee ST. Electronic evaluation of the fetal heart rate. VIII. Patterns preceding fetal death, further observations. Am J Obstet Gynecol 1963;87:814-26.

Hossain JL, Reinish LW, Kayumov L, Bhuiya P, Shapiro CM. Underlying sleep pathology may cause chronic high fatigue in shift-workers. J Sleep Res 2003;12(3):223-30.

Jensen-Urstad K, Storck N, Bouvier F, Ericson M, Lindblad LE, et al. Heart rate variability in healthy subjects is related to age and gender. Acta Physiol Scand 1997;160(3):235-41.

Kageyama T, Nishikido N, Kobayashi Y, Kurokawa T, Kabuto M. Commuting, overtime, and cardiac autonomic activity in Tokyo. Lancet 1997;350(9078):639.

Krupp LB, LaRocca NG, Muir-Nash J, Steinberg AD. The fatigue severity scale. Application to patients with multiple sclerosis and systemic lupus erythematosus. Arch Neurol. 1989;46(10):1121-3.

Liao D, Barnes RW, Chambless LE, Simpson RJ Jr, Sorlie P, et al. Age, race, and sex differences in autonomic cardiac function measured by spectral analysis of heart rate variability--the ARIC study. Atherosclerosis Risk in Communities. Am J Cardiol 1995;76(12):906-12.

Lichstein KL, Means MK, Noe SL, Aguillard RN. Fatigue and sleep disorders. Behav Res Ther. 1997;35(8):733-40.

Lishner M, Akselrod S, Avi VM, Oz O, Divon M, et al. Spectral analysis of heart rate fluctuations. A non-invasive, sensitive method for the early diagnosis of autonomic neuropathy in diabetes mellitus. J Auton Nerv Syst. 1987;19(2):119-25.

Malik M, Camm AJ. Components of heart rate variability-what they really mean and what we really measure. Am J Cardiol 1993;72(11) :821-2.

Pagani M, Lucini D, Mela GS, Langewitz W, Malliani A. Sympathetic overactivity in subjects complaining of unexplained fatigue. Clin Sci (Lond) 1994;87(6):655-61.

Parati G, Di Rienzo M. Determinants of heart rate and heart rate variability. J Hypertens 2003;21(3):477-80.

Rissanen V, Romo M, Siltanen P. Premonitory symptoms and stress factors preceding sudden death from ischaemic heart disease. Acta Med Scand 1978;204(5):389-96.

Sasaki T, Iwasaki K, Oka T, Hisanaga N, Ueda T, et al. Effect of working hours on cardiovascular-autonomic nervous functions in engineers in an electronics manufacturing company. Ind Health 1999;37(1):55-61.

Saul JP, Arai Y, Berger RD, Lilly LS, Colucci WS, et al. Assessment of autonomic regulation in chronic congestive heart failure by heart rate spectral analysis. Am J Cardiol. 1988;61(15):1292-9.

Steinhart MJ. Depression and chronic fatigue in the patient with heart disease. Prim Care 1991;18(2):309-25.

Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Circulation 1996;93(5):1043-65.

Taylor RR, Jason LA, Torres A. Fatigue rating scales: an empirical comparison. Psychol Med. 2000;30(4):849-56.

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

Tsuji H, Venditti FJ Jr, Manders ES, Evans JC, Larson MG, et al. Determinants of heart rate variability. J Am Coll Cardiol 1996;28(6):1539-46.

Watanabe T, Sugiyama Y, Sumi Y, Watanabe M, Takeuchi K, et al. Effects of vital exhaustion on cardiac autononomic nervous functions assessed by heart rate variability at rest in middle-aged male workers. Int J Behav Med 2002;9(1):68-75.

Wessely S. The epidemiology of chronic fatigue syndrome. Epidemiol Rev 1995;17(1):139-51.

<부 록>

피로도 평가 설문 (Fatigue Severity Scale)

다음은 피로의 정도를 알아보고자 고안된 설문입니다. 아래 문항을 읽고 지난 1주일 동안의 나의 몸 상태나 느낌을 생각하여 매우 그렇다면 7점, 전혀 그렇지 않다고 판단되면 1점, 어느 정도 그렇다고 생각되면 그 정도에 따라 2~6점 사이의 점수에 ○표를 해주시기 바랍니다.

지난 1주일 동안, 나는 ...	전혀 그렇지 않다						매우 그렇다
1. 피로하면 의욕이 떨어진다.	1	2	3	4	5	6	7
2. 운동을 하면 피곤해진다.	1	2	3	4	5	6	7
3. 쉽게 피곤해진다.	1	2	3	4	5	6	7
4. 피로 때문에 신체활동에 지장을 받는다.	1	2	3	4	5	6	7
5. 피로로 인해 자주 문제가 생긴다.	1	2	3	4	5	6	7
6. 피로 때문에 지속적인 신체 활동이 어렵다.	1	2	3	4	5	6	7
7. 피로 때문에 업무나 책임을 수행하는데 지장을 받는다.	1	2	3	4	5	6	7
8. 내가 겪고 있는 가장 힘든 문제 세가지를 꼽는다면 그 중에 피로가 포함된다.	1	2	3	4	5	6	7
9. 피로 때문에 직장, 가정 또는 사회 생활에 지장을 받는다.	1	2	3	4	5	6	7