

# 한 자동차공장의 1주연속 12시간주야맞교대근무 노동자들의 심박동수변이

손미아, 성주현, 염명걸<sup>1)</sup>, 공정옥<sup>2)</sup>, 이해은<sup>2)</sup>, 김인아<sup>3)</sup>, 김정연<sup>4)</sup>

강원대학교 의과대학 예방의학교실, 한양대학교 의과대학 소아과학 교실<sup>1)</sup>, 서울대학교 보건대학원<sup>2)</sup>  
한양대학교 의과대학 산업의학교실<sup>3)</sup>, 이화대학교 의과대학 산업의학교실<sup>4)</sup>

## Circadian Disruptions of Heart rate Variability among Weekly Consecutive-12-hour 2 Shift Workers in the Automobile Factory in Korea

Mia Son, Juhon Sung, Myunggul Yum<sup>1)</sup>, Jung-Ok Kong<sup>2)</sup>, Hye-Un Lee<sup>2)</sup>, In-A Kim<sup>3)</sup>, Jung-Yeon Kim<sup>4)</sup>

Kangwon National University, Medical College, Department of Preventive Medicine  
Hanyang National University, Medical College, Department of Preventive Medicine<sup>1)</sup>  
Seoul National University, School of Public Health<sup>2)</sup>

Hanyang University, Medical College, Department of Occupational Medicine<sup>3)</sup>  
Ehwa University, Medical College, Department of Occupational Medicine<sup>4)</sup>

**Objectives** : The objective of this study is to compare the circadian patterns of heart rate variability assessed by 24-hour ambulatory electrocardiographic (ECG) recordings during day shift and night shift among the workers in the 5 days-consecutive-12-hour shift in an automobile factory in Korea.

**Methods** : The study population consisted 300 workers, who were randomly selected among the 8700 total workers in one car factory. To analyse circadian variation, the 24-hour ECG recordings (Marquette) were measured during day shift (08:00-20:00 h) and night shift (20:00-08:00 h). Analysis was performed for all time and frequency domain measures of HRV. 233 workers completed taking 24-hour ECG recordings.

**Results** : This study shows that the 24 hour-circadian variation mainly follows work/sleep cycle rather than day/night cycle among shift workers. This study also shows that among the night shift, the circadian variation between work and sleep cycle

decreased compared to the work/sleep cycle among day shift workers. All time and frequency domain parameters (except LF/HF ratio) show significantly different between work and sleep in the day shift and night shift.

**Conclusion** : These changes in heart rate variability circadian rhythms reflect significant reductions in cardiac parasympathetic activity with the most marked reduction in normal vagal activity among the shift workers. Especially, it suggests the circadian rhythm has blunted among the night workers. The quantification of the circadian variation in HRV can be a surrogates of workers' potential health risk, as well as suggests possible mechanisms through which the shift works compromise workers' health.

Korean J Prev Med 2004;37(2):2-9

**Key Words**: Heart rate variability, 24-hour ECG recordings, shift, Circadian variation

## 서 론

교대제로 인한 건강장해의 중요한 기전은, 수면과 일의 주기가 정상적인 밤낮의 주기로부터 정반대로 되었을 경우, 신체의 내부시계가 외부요인들에 의해서 교란되고 파괴되는 과정에서 시작된다 [1].

심박동수변이지표는 이러한 생체주기의 파괴현상을 보여주는 하나의 지표가

될 수 있다 [2]. 심박동수변이분석방법은 일(직업)과 관련된 스트레스 요인들이 어떻게 심혈관계 자율신경계에 영향을 미치는가를 파악하기 위한 하나의 방법이다 [3]. 특히 교대근무를 하는 작업현장에서 교대근무로 인한 24시간 생체주기의 파괴현상과 교대근무로 인한 심혈관계 질환의 위험도를 예측하는 지표로 사용되어오고 있다 [4]. 최근 여러 연구자들

이 심박동수변이를 측정하여, 교대근무가 어떻게 24시간 생체주기를 파괴하고, 심혈관계 기능에 영향을 미치는가에 대한 연구를 보고하고 있는데, 여러 연구자들은 일할 때 교감신경기능으로 대표되는 여러 심박동수 변이지표들 (Low Frequency/High Frequency ratio, Low Frequency, normalised unit)의 기능이 최대가 되고, 부교감신경기능으로 대표되는 심박동수 변이지표들 (High Frequency, normalised unit)은 최소가 되며, 수면중에

는 위와 반대의 작용을 갖는다고 보고하고 있다 [5]. 교대근무자와 비교대근무자와의 비교를 한 연구는 교대근무자에서 낮근무자보다 수면동안에 심박동수 변이지표의 하나인 SDNN이 감소하는 소견을 보이고 있다 [6]. 저자들은 이 결과를 보고 교대근무자가 낮근무자보다 심혈관계 자율조정작용이 덜 작동하는 것으로 해석했고, 이러한 소견이 교대근무자에게 심혈관계질환의 위험을 증대시킨다고 보았다. 또한 여러 연구자들이 교대근무자에게서 낮근무 노동자들보다 심전도의 QT-interval이 길어짐을 관찰함으로써 교대근무로 인한 심혈관계 질환 위험증가를 주장하고 있다. 한편, Freitas 등은 낮근무와 밤근무 교대의 경우가 수면때보다 더 "LF, HF와 RR intervals"이 50ms 더 큰 반면, LF/HF ratio는 감소함을 보여주면서, 24시간 생체주기의 변형으로 인한 심장 자율기능의 기능저하를 지적하고 있다 7). 낮근무와 밤근무때에 심박동수 변이의 차이를 분석한 논문에서 의하면, 밤근무때가 아침이나 저녁근무때보다 더 LFnu, LF/HF 의 값이 낮게 나오므로써 심근에 주어지는 교감신경조절기능이 감소된 양상을 보여주고 있다 4). 이 연구는 교대근무로 인해, 심근의 교감신경과 부교감신경조절의 최대값과 최소값의 차이가 주단위로 변하는 것이 교대근무자의 심혈관계 질환의 증가에 기여를 할 것으로 주장하고 있다. 또한 밤근무 동안 심근의 교감신경계 조절기능이 감소된 상태로 나타나는 것은 아마도 근무시간에 졸음이나 각성도의 감소와 연관이 깊을 것이며, 이것은 사고율과 실수율을 증대시킬 것이다 라고 보고 있다.

그러나 위의 연구들은 대부분 8시간 교대제근무의 경우이고, 우리나라의 자동차공장에서와 같이 주야 2교대근무를 하는 작업장에서 심박동수변이지표를 이용하여 교대근무체계가 24시간 생체주기를 어떻게 파괴하는 지를 연구한 논문들은 많지 않다. 주야맞교대근무를 하는 작업장에서는 8시간주기 교대근무체계보다 야간노동시간이 길기 때문에 24시간 생체주기의 파괴현상은 더 심하게 나타날

것이다. 이 연구의 목적은 1주연속 12시간 주야 2교대 근무체계인 한 자동차공장에서 24시간동안 수면과 작업과정이 어떻게 노동자들의 심박동수변이에 영향을 미치는가를 분석하는 것이다.

이 연구의 가설을 보면, 이 연구의 목적이 주야 2교대근무가 24시간 생체주기를 파괴하는 것을 보기위함임으로, 낮교대근무동안 하루 24시간 생체주기의 변화와 밤교대근무동안 하루 24시간 생체주기의 변화를 비교하였다. 이 연구의 가설은 밤근무동안에 24시간 생체주기가 파괴되는 현상이 낮근무동안의 그것보다 더 심하다는 것으로 세웠다. 즉, 교대제근무 노동자들은 밤근무동안에 24시간 생체주기가 파괴된다면 밤근무동안에 생체주기의 변화는 낮근무동안의 생체주기의 변화와 같이 낮에 일을 하고 밤에 수면을 취하는 동안의 일어나는 뚜렷한 생체주기의 변화에 비해 뚜렷하지 못하고, 낮(수면시기)과 밤(작업시기)의 노동자의 활동변화가 정상적인 생체주기와 반대의 과정에 있으므로 생체주기의 변화가 정상적인 생체주기에서의 낮과 밤의 변화보다 덜 명확하게 나타날 것이며 오히려 낮과 밤이 구분이 없이 비슷한 상황이 될 수 있을 것이라고 가정하였다. 즉, 정상사람의 경우 낮에 일을 할 시기에는 교감신경의 작용이 명확하고, 밤에 수면을 취할 시기에는 부교감신경작용이 명확하여야 하는데, 낮에 수면을 취해야하고, 밤에 일을 해야하므로 24시간 생체주기를 거스르는 활동을 지속하게 되므로 생체주기에서 자율신경기능도 정상적인 내적인 생체기능에 의해서만 활동하지 못하고, 작업자의 활동에 따라서 영향을 받으므로 24시간 생체주기의 변형이 있을 것이라고 가정하였다.

## 연구방법

한 자동차공장에서 전체 8700명의 남자 생산직 노동자들의 각 부서와 반 등의 소속과 이름이 기록되어 있는 명부에서 무작위로 300명을 추출하여 설문지, 수면일지, 24시간 홀터모니터링을 통한 심박

동수변이지표의 분석, 기초체력검사를 실시하였다 (이 논문에서는 심박동수변이결과만을 요약한다). 이 생산직 노동자들의 교대체계는 주간근무는 오전 7시 30분(이 경우는 오전 잔업을 한 시간 하는 경우이다) 또는 8시 30분에 시작하여 오후 7시 30분에 끝나며, 야간근무는 저녁 8시 30분경에 시작하여 오전 7시 30분 또는 8시 30분에 끝난다.

24시간 심박동수의 측정은 "이동식 24시간 심박동수 측정기기 (Marquette)이 사용하였다. 숙련된 연구원들과 각 부서에서 뽑힌 10명의 현장연구원들이 무작위로 선정된 300명 노동자의 작업공정을 주간근무와 야간근무중에 각각 1회씩 총 2회 방문하여 조사연구의 목적을 설명한 후, 이동식 24시간 심박동수 측정기기를 노동자의 가슴부위에 부착하고, 24시간동안 심박동수 일지를 기록하게 하였다. 심박동수 일지는 심박동수 측정기기를 단 순간부터 각 시간대별로 해당 노동자의 활동내용 (작업내용, 일상활동, 수면활동)등을 세세하게 적는 것이다. 총 측정기간은 약 6개월동안 이루어졌으며, 각각 교대주기사이의 간격은 약 2주-2달 사이였다. 심박동수변이를 위한 분석은 무작위 추출된 전체 300명중, 67명은 부서 전환, 퇴직, 재해요양, 측정기부 등으로 측정에 참여하지 않았고, 233명의 노동자가 주간근무와 야간근무에서 한번이상 심박동수측정에 참여하였다. 그러나 이 233명의 측정기록들을 가지고 소프트웨어를 사용하여 RR-interval을 색출해내는 과정에서 104명의 것만 RR-interval이 구해졌는데, 그 이유로는 측정기록들에서 잡음이 많이 생겼거나, 측정기록이 일정하게 일련으로 이어지지 못했기 때문인데, 이는 아마도 작업현장에서 이동식 24시간 심박동수 측정기기 (Marquette)이 사용하여 심박동수변이를 측정할 것이어서 부착이 느슨하게 되었거나, 작업중 Electrode가 떨어졌기 때문이 아닌가 생각된다. 그러므로 이 논문의 분석에는 총 104명 (주간교대근무시에 측정된 80명분의 자료, 야간근무시 측정된 47명분의 자료, 주야간 모두 측정된 23명분의 자료)

본의 심박동수변이지표가 사용되었다.

이동식 24시간 심박동수 측정기에 저장된 원시 심전도 기록 자료에서 측정시나 부착 후에 부주의로 발생한 오차나 인위적인 것으로 생각되는 결과 등을 제거한 후, 심박동수와 심박동수 변이를 분석하기 위한 원시자료를 구축하였다. 이 원시자료로부터 홀터 분석기에 있는 소프트웨어(24-holter analyser, SUN)로부터 연속적인 심박동수 간격(RR interval)을 측정된 후에 개인용 컴퓨터로 자료를 이동하였다. 심박동수 변이 지표는 Multitab이란 프로그램을 이용하여 수행되었다. 24시간 기록들은 한시간에 24분지(segments)로 나누고, 각 분지로부터 512초의 고정된 일련의 연속결과물을 추출하였다. TP(Total Power), LF(Low Frequency), HF(High Frequency)는 0.01-0.5Hz, 0.04-0.15 Hz, 0.15-0.4 Hz로 정의하였다. LF와 HF의 지표는 절대치(ms<sup>2</sup>)와 로그취환한 지표로 표시하였다. LF와 HF의 표준화 단위 들은 power components를 0.04-0.5 power로 나누고 후 100을 곱해서 만들었다. 심박동수 간격(RR intervals)의 평균값도 구하였다. 이 연구에서 분석에 사용한 심박동수 변이 지표들은 Table 1과 같다.

밤근무시기에 24시간 생체주기의 파괴

또는 변형의 현상을 분석하기 위해서 심박동수 변이 지표를 주간교대근무동안의 수면시기와 작업시기의 평균치들의 차이 (d1), 야간교대근무동안의 수면시기와 작업시기의 평균치들의 차이 (d2)를 구하였고, 주야교대근무중 어디에서 더 수면시기-작업시기의 차이가 발생하는지, 또 이 차이들은 통계학적으로 유의한지를 분석하였다. 주간근무시기의 수면-작업시기와 야간근무시기의 수면-작업시기에서 심박동수변이지표의 평균치의 차이를 비교하기 위해 분산분석 (PROC GLM in SAS)을 이용하였다. 분산분석을 하기전에 각 차이값들 (d1, d2)이 정규분포를 하는지를 파악하여, 정규분포를 하는 경우에는 그대로 분산분석을 시행했고, 자료가 한쪽으로 치우쳐있어서 정규분포를 하지 않는 경우에는 로그치환후에 분산분석을 시행했다. 모든 분산분석은 연령보정을 하여 분석하였다.

또한 주간근무와 야간근무시에 모두 측정된 측정값들의 경우, 동일한 측정대상자에 대해서 주간근무시와 야간근무시에 수면-작업시기의 심박동수변이지표들의 평균치의 차이의 통계적 유의성에 대한 분석을 위하여 연령보정 분산분석과 paired t-test를 이용하였다. 이 경우에도 차이값들 (d1, d2)이 정규분포를 할 경우

에는 모수적 방법에 의한 paired t-test 로 검정하였고, 정규분포를 하지 않을 경우에는 비모수 방법에 의한 Wilcoxon signed rank test를 이용하였다.

**연구결과**

1. 연구참여집단의 일반적인 특성

이 논문에 참여한 연구참여집단의 일반적인 특성은 표 2와 같다. 연구참여집단의 평균나이는 31세, 평균 근속년수는 약 7-8년, 평균 신체비만지수는 약 22-23, 평균 심박동수는 74-76정도이었다 (Table 2).

2. 주간근무와 야간근무동안의 24시간동안 심박동수 변이 지표의 변화

1) 24시간 주기의 낮근무와 밤근무동안 HF (High Frequency)의 변화

Figure 1과 2는 전체 연구참여집단의 24시간 주기의 낮근무와 밤근무동안 1시간 간격으로 평균한 HF(High Frequency) 값과 로그치환하여 1시간 간격으로 평균한 HF(log transformed High Frequency)의 24시간 시간적 흐름에 따른 변화이다. 주간근무와 야간근무동안의 24시간동안 부교감신경기능지표로 알려져 있는 HF의 변화는, 전체적으로 보아, 외부환경인 주야변화에 관계없이, 주야 교대 근무 모두 일(작업)을 할 때 낮고, 수면중에 증가하는 경향을 보이고 있어서, 오직 작업과 수면의 양상에 따라 변하고 있음을 보여주고 있다. 그러므로 야간근무때에는 외부의 환경인 주야의 변화에 정반대로 작업과 수면에 따라 HF가 변화하고 있다 (Figure 1,2).

한편 주간근무와 야간근무때의 HF의 변화를 자세히 살펴보면, 주간근무 노동

**Table 1.** The characteristics of the indexes of Heart rate variabilities

Indexes	The characteristics of indexes	
Frequency domain	HF	High Frequency
	log HF	Log transformation of HF
	LF	Lower Frequency
	lof LF	Log transformation of LF
	VLF	Very Low Frequency
	MF	Mid Frequency
	LF/HF ratio	Ratio of LF/HF
Time domain	SDNNi	Standasd deviation of all RR intervals over a 24-h period
	PNN50	Percentage of RR intervals with >50 ms variation
Heart Rate	RMSSD	Square root of mean squared differences of successive RR intervals
	Heart Rate	Heart Rate

**Table 2.** The characteristics of the indexes of Heart rate variabilities

	All participants who took variability during day shift or night shift	Those who took heart rate variability during day shift among all participants,(104)	Those who took heart rate variability during night shift among all participants,(104)	Those who took heart rate variability during day shift and night shift among all participants,(104)
Total numbers	104	80	47	23
Age (Mean,SD)	30.59 ± 3.78	30.80 ± 3.72	30.79 ± 3.88	31.53 ± 4.02
Tenure (Mean,SD)	6.96 ± 4.23	7.12 ± 4.27	6.81 ± 4.37	8.12 ± 4.6
BMI (Mean,SD)	22.60 ± 2.56	22.82 ± 2.55	22.60 ± 2.33	23.03 ± 2.59
Heart Rate (Mean, SD)	76.27 ± 15.89	77.02 ± 16.17	75.32 ± 15.09	74.68 ± 13.3

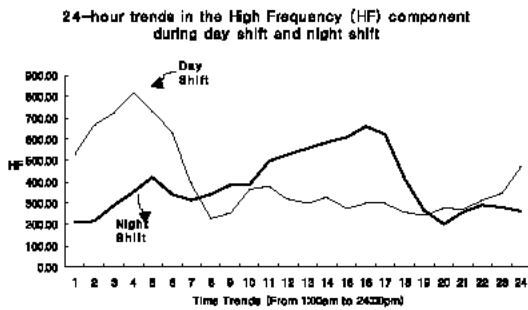


Fig 1. 24-hour trends in the average value of High Frequency (HF) component among all the study population during day shift and night shift.

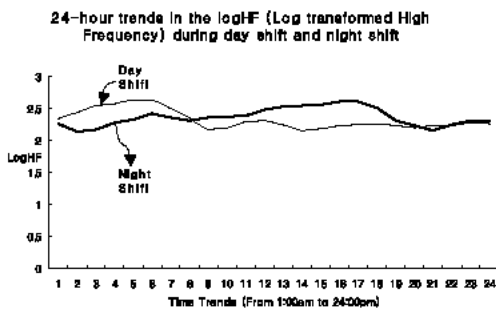


Fig 2. 24-hour trends in the average value of log-High Frequency (logHF) component among all the study population during day shift and night shift.

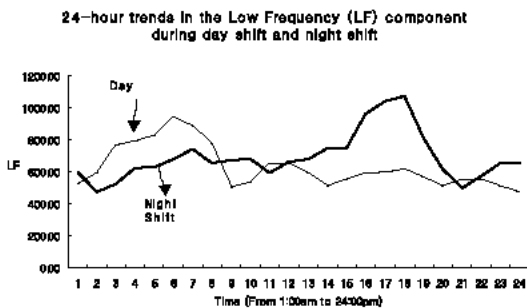


Fig 3. 24-hour trends in the average value of low frequency(LF) component among all the study population during day shift and night shift.

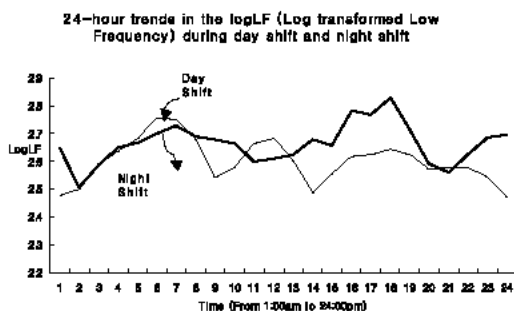


Fig 4. 24-hour trends in the average value of log low frequency(logLF) component among all the study population during day shift and night shift.

자의 수면시기인 밤시간대에서 야간근무 노동자의 수면시기인 낮시간대보다 HF가 더 크고 야간근무 노동자의 경우에는 밤근무가 끝나고 낮에 수면을 취할 때, 정상적으로 밤에 수면을 취하는 것보다 더 HF가 떨어지고 있어서 야간 근무 노동자의 경우 밤근무 후 낮동안에 충분한 수면이 이루어지고 있지 못함을 알 수 있었다. 또한 부교감신경기능의 저하의 양상은 야간근무 이후에 낮에 수면을 취할 때가 주간근무 이후 밤에 수면을 취할 때보다 부교감신경기능이 매우 완만하게 올라가는 양상을 통해서도 볼 수 있다. 또한 밤에 야간근무 노동자의 경우 HF가 주간근무 노동자가 낮에 일할 때 보다 높아있어, 야간근무 노동자의 경우 밤근무 때에 HF가 항진되어있어, 주간근무때보다 밤근무때에 더 졸린상태에 있음을 보여주고 있다. 이 양상은 아래의 Figure 1에서 특히 새벽 2시 이후 증가하여 새벽 5시에 최대가 되는 HF의 변화를 보면 알 수 있다. 요약하면, 밤근무 교대에서는 24시간 심박동수변이의 생체주기(HF)가 노동자들이 깨어서 일을 하거나 잠을 자는 행동에 따라서 영향을 받기는 하나, 그 영향력이 주간근무때의 24시간 주기보다 더 떨어지고 있다.

2) 24시간 주기의 낮근무와 밤근무 동안 LF의 변화

Figure 3과 4는 전체 연구참여집단의 24시간 주기의 낮근무와 밤근무동안 1시간 간격으로 평균한 평균 LF(Low Frequency) 값과 로그치환하여 1시간 간격으로 평균한 LF(Log transformed Low Frequency) 값의 24시간 시간적 흐름에 따른 변화이다. 이 연구결과에서는 LF는 주간교대와 야간교대근무 모두 수면중에 증가하고 작업중에 감소하는 양상으로 나타나고 있다. 주간근무때에는 새벽 1-7시 사이에 증가했다가, 점차로 감소하다, 다시 점심시간즈음에 한번 더 증가한 후에 점차로 감소하는 양상을 보이고 있으며, 야간근무때에는 야간근무 노동자들의 수면시기인 오후 2-6시 사이에 증가하고, 그이후 급격히 감소하다가, 새벽작업 중인 새벽 2-6시 사이에 다시 증가하는 양

상을 보이고 있다

3) 24시간 주기의 낮근무와 밤근무동안 LF/HF Ratio의 변화

Figure 5는 전체 연구참여집단의 24시간 주기의 주간근무와 야간근무동안 1시간 간격으로 평균한 LF/HF Ratio 값의 24시간 시간적 흐름에 따른 변화이다. 교대근무의 차이에 따라 교감신경계의 지표로 알려져있는 LF/HF Ratio의 변화를 보면, 주간근무와 야간근무 때 모두 작업중에 올라가 있고, 수면중에 떨어져 있다. 수면중의 변화를 보면, 야간근무 끝나고 수면을 취할 때가 주간근무 끝나고 수면을 취할 때보다 약간 더 LF/HF Ratio가 증가하고 있어, 밤근무 노동자의 경우 수면을 취할 때에도 교감신경기능이 항진되어 있어 야간근무이후 낮에 수면을 취할 수 없는 조건에 있음을 보여주고 있다. 한편 근무중에는 다양한 양상으로 나타나는 데, 대체적으로 주간근무 때보다 야간근무에서 새벽 3시이후로 가면서 작업중에 LF/HF Ratio기능이 더 저하되어 있으며 이 저하되는 정도는 새벽 6시 정도에 가장 심함을 보여주고 있다. 이는 새벽에 작업중에 졸음상태나 주의력집중이 저하된 상태의 반영이라고 볼 수 있다. 한편, 새벽 2시 정도에는 밤에 LF/HF Ratio기능이 항진되어 있는데 이는 아마 식사직후이어서 그런 것으로 보여진다 (Figure 5).

4) 24시간 주기의 낮근무와 밤근무동안 심박동수의 변화

Figure 6은 전체 연구참여집단의 24시간 주기의 낮근무와 밤근무동안 평균 심박동수 값의 24시간 시간적 흐름에 따른 변화이다. 주야간 교대근무에 따른 심박동수의 변화 역시, 각 교대근무에서의 작업-수면 사이클에 따라서 증가하고, 저하되는 양상을 보이고 있다. 즉, 주간교대근무에서 작업시 심박동수가 증가하고 있고, 수면시 감소하고 있으며, 야간교대근무일 경우에도 낮과 밤의 생체주기에 관계없이, 작업-수면 사이클에 따라 밤에 작업시에 심박동수가 증가하고, 낮에 수면시에 심박동수가 저하되는 소견을 보이고 있다. 또한 그림 6에서 보듯이 주간

교대근무와 야간교대근무사이에 뚜렷한 차이는 보기 어려우나, 야간근무시에 수면-작업사이클이 약간 완만한 경향을 볼 수 있다 (Figure 6).

3. 교대근무가 24시간 생체주기를 파괴시키고 있는가?

각 심박동수변이지표들의 야간근무동안의 24시간 주기동안의 수면시기와 작업시기동안의 차이와 주간근무동안의 수면시기와 작업시기동안의 차이를 분석한 결과들은 다음 Table 3,4와 같다. Table 3은 전체 연구참여자 104명의 심박동수 변이지표의 주간근무와 야간근무의 수면시와 작업시의 개인별 평균값의 차이와 이들 평균값이 연령을 보정했을 때에 유의미하게 다른지를 보기위해 연령보정 분산분석을 한 것이다. 연령보정을 했을 때와 연령을 보정하지 않았을 때 결과값이 큰 차이를 보이지 않았으나, 이 표는 연령보정 분산분석결과를 제시하고 있다 (Table 3).

Table 4는 주간근무와 야간근무중 둘 다 심박동수측정에 참가한 노동자들(23명)의 심박동수 변이 지표들을 동일노동자가 주간근무때 수면-작업시의 차이와 동일노동자가 야간근무때 수면-작업시의 차이가 유의하게 다른 지를 비교하기 위해서 paired t- test로 분석한 것이다 (Table 4).

작업시기보다 수면시기에 심박동수변이의 값이 더 크게 나오는 지표는 HF, logHF, LF, logLF, SDNNi, PNN50, RMSSD, VLF, MF였다. 수면시기보다 작업시기에 더 높은 값이 나오는 것은 주로 LF/HF ratio, HR이었다. 이들 수면시기와 작업시기사이의 심박동수변이지표들의 차이는 logLF와 MF(주간, 야간근무 모두), LF(야간근무) 등을 제외하고 분석에 사용된 거의 모든 지표들에서 주간근무때와 야간근무때 모두 통계적으로 유의미하게 차이가 있었다 (Table 3). 한편, 주간근무와 야간근무시의 측정이 모두 이루어진 23명의 심박동수변이지표를 보

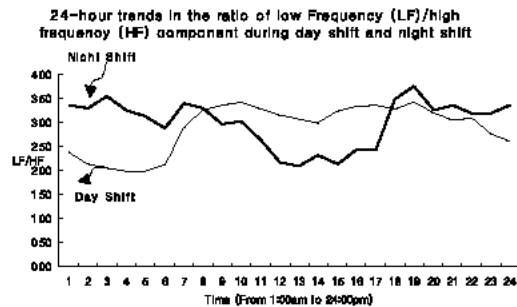


Fig 5. 24-hour trends in the average value of the ratio of low frequency(LF)/high frequency(HF) component among among all the study population during day shift and night shift.

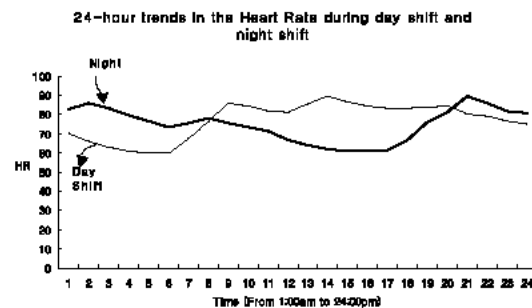


Fig 6. 24-hour trends in average value of the heart rate among all the study population during day shift and night shift.

**Table 3.** Circadian variation in the time and frequency domain among 104 workers

	Day Shift Sleep	Work	Difference (1)		Night Shift Sleep	Work	Difference (2)	
	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean of differences	Age adjusted ANOVA test (F,p-value)	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean of differences	Age adjusted ANOVA test (F,p-value)
HF	610.139 ± 514.54	282.139 ± 535.52	291.56	28.06 <sup>†</sup> (p=0.0011)	593.739 ± 528.65	296.429 ± 202.91	248.79	16.87 <sup>†</sup> (p=0.0001)
logHF	5.829 ± 0.95	5.059 ± 0.77	0.71	27.97 <sup>*</sup> (p<0.0001)	5.909 ± 0.73	5.309 ± 0.68	0.58	15.35 <sup>*</sup> (p<0.0002)
LF	698.249 ± 384.76	563.939 ± 394.79	118.38	4.89 <sup>†</sup> (p<0.0287)	748.519 ± 406.24	626.759 ± 264.81	96.59	2.01 <sup>†</sup> (p=0.1593)
logLF	6.019 ± 0.67	5.969 ± 0.56	0.04	0.35 <sup>*</sup> (p=0.5560)	6.129 ± 0.48	6.129 ± 0.51	-0.05	0.03 <sup>*</sup> (p=0.8688)
LF/HF ratio	2.139 ± 1.56	3.459 ± 1.87	-1.22	16.53 <sup>*</sup> (p<0.0001)	2.169 ± 1.23	3.169 ± 1.76	-1.19	10.02 <sup>*</sup> (p=0.0020)
HR	65.219 ± 10.32	85.709 ± 9.64	-20.32	136.58 <sup>†</sup> (p<0.0001)	63.849 ± 7.99	80.759 ± 9.58	-16.01	85.52 <sup>†</sup> (p<0.0001)
SDNNI	69.709 ± 21.09	60.619 ± 20.21	9.14	4.84 <sup>†</sup> (p=0.0295)	73.679 ± 17.38	66.139 ± 18.76	6.79	2.76 <sup>†</sup> (p=0.0995)
PNN50	10.789 ± 7.47	4.279 ± 4.38	6.14	26.46 <sup>†</sup> (p<0.0001)	10.639 ± 6.92	5.569 ± 4.18	4.96	13.73 <sup>†</sup> (p=0.0003)
RMSSD	45.009 ± 20.09	29.049 ± 16.29	14.81	31.85 <sup>†</sup> (p<0.0001)	44.779 ± 17.76	32.309 ± 11.13	11.87	15.67 <sup>†</sup> (p=0.0001)
VLF	2985.839 ± 1576.15	2176.909 ± 1634.99	907.16	10.73 <sup>†</sup> (p=0.0013)	3271.509 ± 1450.15	2590.239 ± 1652.36	704.96	4.82 <sup>†</sup> (p=0.0303)
MF	206.629 ± 347.73	224.819 ± 394.80	127.58	2.03 <sup>†</sup> (p=0.1567)	229.419 ± 388.51	212.719 ± 230.32	93.41	0.40 <sup>†</sup> (p=0.5283)

HF: High Frequency, logHF: Log transformation of HF, LF: Lower Frequency, logLF: Log transformation of LF, LF/HF ratio: Ratio of LF/HF, HR: Heart Rate  
 SDNNI: Standard deviation of all RR intervals over a 24-h period, PNN50: Percentage of RR intervals with >50 ms variation,  
 RMSSD: Square root of mean squared differences of successive RR intervals, VLF: Very Low Frequency, MF: Mid Frequency  
 Difference (1): Mean of Differences between Sleep and Work during the Day Shift, Difference (2): Mean of Differences between Sleep and Work during the Night Shift  
 \* The result of age adjusted analysis of variance without log transformation using GLM in SAS, † The result of age adjusted analysis of variance using with log transformation using GLM in SAS

**Table 4.** Circadian variation in the time and frequency domain among 23 workers

	Day Shift Sleep	Work	Difference (1)		Night Shift Sleep	Work	Difference (2)	
	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean of differences	Paired t-test (T,p-value)	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean of differences	Paired t-test (T,p-value)
HF	578.65 ± 457.65	229.66 ± 117.48	348.98	4.32 <sup>*</sup> (p<0.0003)	571.53 ± 418.88	336.47 ± 210.31	235.06	3.53 <sup>*</sup> (p<0.0019)
logHF	5.75 ± 1.01	5.07 ± 0.66	0.68	3.76 <sup>*</sup> (p<0.0011)	5.87 ± 0.77	5.41 ± 0.59	0.46	3.73 <sup>*</sup> (p<0.0012)
LF	717.13 ± 420.29	508.52 ± 217.82	208.60	2.59 <sup>*</sup> (p<0.0168)	709.15 ± 367.21	625.12 ± 200.91	84.03	1.08 <sup>*</sup> (p=0.2911)
logLF	5.96 ± 0.83	5.89 ± 0.49	0.06	0.36 <sup>*</sup> (p=0.7231)	6.09 ± 0.55	6.16 ± 0.36	-0.07	-0.65 <sup>*</sup> (p=0.5253)
LF/HF ratio	2.19 ± 1.77	3.21 ± 2.12	-1.03	-2.08 <sup>*</sup> (p=0.0493)	2.12 ± 1.39	3.09 ± 1.93	-0.98	-84 <sup>†</sup> (p<0.007)
HR	63.29 ± 9.99	85.72 ± 8.60	-22.42	-11.62 <sup>*</sup> (p<0.0001)	63.85 ± 9.11	78.32 ± 7.73	-14.47	-5.65 <sup>*</sup> (p<0.0001)
SDNNI	69.94 ± 20.12	58.53 ± 12.17	11.41	3.02 <sup>*</sup> (p<0.006)	74.20 ± 18.27	68.32 ± 12.04	5.89	1.53 <sup>*</sup> (p=0.1409)
PNN50	10.34 ± 6.68	3.68 ± 2.41	6.66	5.29 <sup>*</sup> (p<0.0001)	10.93 ± 7.29	5.97 ± 3.81	4.97	3.78 <sup>*</sup> (p<0.0010)
RMSSD	43.72 ± 17.85	27.16 ± 7.46	16.56	3.13 <sup>*</sup> (p<0.001)	44.70 ± 16.56	33.47 ± 9.07	11.24	4.01 <sup>*</sup> (p=0.0006)
VLF	3044.96 ± 1241.69	1949.49 ± 828.62	1095.47	4.66 <sup>*</sup> (p<0.0001)	3316.72 ± 1568.75	2666.40 ± 976.30	650.32	1.85 <sup>*</sup> (p=0.0780)
MF	226.25 ± 303.73	217.56 ± 136.07	148.20	3.81 <sup>*</sup> (p<0.0010)	212.99 ± 182.80	233.81 ± 145.62	83.57	4.44 <sup>*</sup> (p<0.0002)

HF: High Frequency, logHF: Log transformation of HF, LF: Lower Frequency, logLF: Log transformation of LF, LF/HF ratio: Ratio of LF/HF,  
 HR: Heart Rate, SDNNI: Standard deviation of all RR intervals over a 24-h period, PNN50: Percentage of RR intervals with >50 ms variation,  
 RMSSD: Square root of mean squared differences of successive RR intervals, VLF: Very Low Frequency, MF: Mid Frequency  
 Difference (1): Mean of Differences between Sleep and Work during the Day Shift, Difference (2): Mean of Differences between Sleep and Work during the Night Shift  
 \* The result of parametric paired test for significance of sleep-work difference, † The result of non-parametric paired test (Wilcoxon's signed rank test) for significance of sleep-work difference.

면, 연령보정 분산분석의 경우에는 logLF와 MF(주간, 야간근무 모두), LF(야간근무), paired t-test에서는 logLF(주간, 야간근무 모두), LF(야간근무)를 제외하고는 수면시기와 작업시기의 차이값이 통계적으로 유의했다 (이 논문에서는 paired t-test 결과만 수록했음, Table 4).

또한, 이 심박동수변이지표들의 수면시기와 작업시기의 차이들은 주간근무때보다 야간근무때에 더 줄어들고 있어, 상대적으로 야간근무때에 수면과 작업시기 사이에 지표들의 차이가 줄어들고 있음을 보여주고 있다. 이 결과는 야간근무때에 심박동수변이지표들의 수면과 일의 차이가 주간근무때의 그것들보다 작게 나타나, 야간근무에서의 24시간 생체주기가 주간근무보다 뚜렷하지 못하고 있어 야간근무에서의 24시간 생체주기의 파괴현상을 보여주고 있다고 볼 수 있다 (Table 3,4).

Table 4에서 심박동수와 심박동수변이와의 관계를 보면, 주간근무시와 야간근무시의 차이는 야간에 작업을 하면서 보이는 심박동수의 평균이 주간에 작업을 하면서 보이는 심박동수의 평균보다 낮은 것으로 나타나고 있어, 야간근무조에 속하는 기간동안에는 전체적인 활동량이 주간근무조에 속하는 기간에 비하여 떨어지고 그 결과 심박동수변이는 상대적으로 높은 편을 유지하고 있어, 이러한 것이 수면시간에 비하여 작업시간 동안에 심박동수가 높으면서 그 변이는 낮아지는 정도가, 즉 수면시간과 작업시간 사이에 벌어지는 심박동수변이의 차이가 완화되는 결과를 초래하고, 결과적으로 수면과 작업 간의 심박동수변이의 폭을 줄이는 것으로 보여진다.

한편, 수면과 작업으로 인한 변화의 폭 내지는 내용이 주간근무와 야간근무시간 표에 따라서 달라지는가를 보기 위해서, 주간근무시의 작업-일의 차이와 야간근무시의 작업-일의 차이와의 차이값이 주간과 야간근무에 따라 유의하게 다른가를 분석했으나, 통계적으로 유의하게 다르지는 않았다.

## 고 찰

이 연구결과는 작업(또는 활동)시에 HF가 감소하고, 수면시에 HF가 증가하고 있어서 HF기능이 부교감신경기능과 일치한다는 기존의 결과들과 일치하고 있다. 기존의 여러 연구들을 보면, 고주파영역 (High Frequency)은 부교감신경기능(vagal activity)을 반영한다 [4-6].

또한 작업(활동)시에는 LF/HF Ratio가 증가하고, 수면시에 감소하고 있어서 LF/HF Ratio는 교감신경계를 반영하는 것으로 파악할 수 있었다. 이 연구결과는 다른 여러 연구결과들과 마찬가지로 저주파/고주파비(LF/HF ratio)가 교감신경계의 균형정도와 교감신경계 조절작용을 반영하고 있음을 보여주고 있다 [4-6,8]. 반면, 이 연구에서는 저주파영역에(Low Frequency)에 대해서 교감신경기능과 부교감신경기능 중에 뚜렷한 어느 하나의 기능을 반영한다기 보다는 복합적인 반영의 결과이거나, 부교감신경기능을 약간 더 반영하는 복합적인 결과라고 보여지고 있다. 이 연구결과는 Furlan 등의 LFnu와 LF/HF Ratio를 모두 교감신경기능을 반영한다고 보고한 결과와 다른 결과를 보이고 있는 것이다. 일반적으로 LFnu와 LF/HF Ratio를 모두 교감신경기능으로 보고있는 연구들이 있으나, 아직까지 저주파영역에(Low Frequency)에 대해서 논란의 여지가 많다 [9-12]. 즉, 일부 연구에서는 저주파(LF)가 교감신경조절의 양적인 지표라고 주장하는 반면 [4,5, 13] 다른 연구들에서는 교감신경기능과 부교감신경기능을 동시에 반영하거나 또는 교감신경과 부교감신경이 복합되어서 나타나는 결과라고 보고하고 있다 [12]. 이 연구결과에서는 VLF나 MF 지표들이 뚜렷하게 교감신경이나 부교감신경을 대표한다고 볼 수 있는 특징들을 발견하지 못하였다. 비록 ULF (Ultra Low Frequency)와 VLF(Very Low Frequency)가 Total power의 95%를 차지하지만, 이들의 생리학적 연관성은 아직 밝혀지지 않고 있는데 9), 더 낮은 파의 영역들(VLF, ULF)은 더 검토해 보아야

할 부분이다 [9].

이 연구결과에서 다른 연구결과와 유사하게 발견한 또 한가지는 심박동수변이지표들이 24시간 생체주기에 따르는 것이 아니라, 일-수면여부에 따라서 변한다는 것이다. 즉, 자연의 현상인 밤과 낮을 따르는 것이 아니라, 일-수면여부에 따라서 변하기 때문에, 야간노동의 경우, 내부생체시계의 교란이 오고, 일-수면에 의해서 결정되어지는 생체주기마저 파괴되는 현상을 보이게 된다는 것이다. 24시간 생체주기의 변화를 심박동수변이지표의 변화로 보았을 때, 야간근무때에 심박동수변이지표들의 수면과 일의 차이가 주간근무때의 그것들보다 작게 나타나, 야간근무에서의 24시간 생체주기가 주간근무보다 뚜렷하지 못하고 있어 야간근무에서의 24시간 생체주기의 파괴현상을 보여주고 있다고 볼 수 있다.

즉, 이 연구는 야간근무 노동자들의 경우 주간근무 노동자들보다 수면동안에 작동하는 부교감신경기능(HF)이 덜 작동됨으로써 야간근무 끝나고 낮에 수면을 취할 때 회복이 정상적으로 이루어지고 있지 못함을 보여주고 있다. 이는 야간근무 노동자들의 경우 야간노동이 인체의 생체주기를 파괴함으로써 인하여 업무가 끝난 후 낮동안의 수면을 통해서 최소한의 노동력재생산을 위한 회복을 하지 못하고 있음을 보여주고 있다. 이 양상은 교감신경기능의 변화를 보았을 때 역시 나타나고 있었다. 즉, 야간근무 끝나고 낮에 수면을 취할 때, 부교감신경과는 반대로 교감신경기능이 항진되고 있었으며, 이는 역시 야간근무 끝나고 낮에 충분한 휴식을 취하기 어려운 신체의 상황을 그대로 나타내 주고 있는 것이다. 한편, 야간근무 노동자들의 야간작업 시에는 출퇴근 시, 야간 작업시작시기 (오후 8시30-9시), 야간 점심이후 작업(새벽 1시30분 이후) 등의 시기에는 교감신경기능(LF/HF Ratio)이 항진되어있고 평균적으로 교감신경기능이 주간근무시보다 높아 야간근무 시에 주어지는 신체의 스트레스가 상당히 큼을 보여주고 있다. 즉, 신체가 안정적으로 휴식을 취하고 자야할

시간에 노동자들은 밤근무동안 육체를 소진하면서 일을 하고 있는 상황이 신체에 그대로 반영된 결과이다. 이러한 결과는 야간근무 노동자들이 야간근무 시에는 주간근무 시보다도 더 많은 신체의 소진과 에너지의 소비 및 신체의 스트레스를 가져오며, 반면에 야간작업 후 낮에 수면을 통한 휴식기를 통해서 노동력의 재생산이 되지 못하는 점에서 야간근무 노동자들은 야간에 일을 할 때, 주간에 잠을 자야할 때 이중의 고로 인하여 24시간 신체리듬의 변형을 가져오는 상황이라는 것을 말해주고 있다. 이 24시간 생체주기파괴가 갖는 중요한 의미는 교대체로 인한 건강장해의 근원이 여기에서 비롯되기 때문이다.

이 연구의 한계는 작업장에서 심박동수변이를 측정하는 과정에서, 24시간 심박동수기기를 부착할 때 발생되었던 인위적인 오차들과 작업시에 실시되었으므로 작업과정중의 여러 간섭요인들(신체적인 움직임, 전자파등)로 인해 인위적인 오차들이 발생된 점이다. 측정이 시도된 것들 중 일부에서 24시간 심박동수 기기의 부착(가슴부위에 부착하는 전극판이 작업시에 떨어지는 문제)이 제대로 되지 않아 인위적인 오차로 인한 부정확한 심전도파가 많이 발생하여 심박동수변이를 위한 분석에서 제외된 경우가 있었다. 또한 작업장에서 교압전류가 흐르거나 전자파가 있을 경우 24시간 심박동수기기가 제대로 작동이 안된 적도 있었다. 이러한 제한점으로 인해 측정을 마치고도 자료가 깨끗하지 못하여 자료분석에 이용하지 못한 측정사례들이 많았다. 이러한 사례들은 분석에서 제외를 했기 때문에 측정결과에 미치는 영향은 거의 없었으나, 분석사례들이 처음 목표했던 것 보다 줄어든 결과를 낳았다. 향후의 측정시에는,

신체에 전극부착이 잘 되게 하는 장치를 고안할 것(전극 부착이 잘되게 하기 위해 망사옷의 착용, 전극부착을 잘되게 하기 위해서 피부표면을 폐이퍼로 살짝 긁는 것, 알콜 솜의 사용 등), 측정과정에서 외부간섭요인들의 배제등이 요구된다.

## 결 론

이 연구 결과는 교대체의 장시간 야간노동이 노동자에게 미칠 수 있는 다양한 건강영향의 한단면을 분석한 것이다. 이 연구를 통해 교대체 근무가 교감신경-부교감신경으로 대표되는 생체주기를 파괴시킬 수 있는 요인임을 볼 수 있었다. 이 연구는 교대체 근무가 미칠 수 있는 건강영향의 일부에 대해서 단기간의 생체지표를 대상으로 수행한 것에 불과하다. 특히, 장시간의 야간노동이 장기적으로 미칠 수 있는 다양한 건강영향들은 직업의학의 중요한 연구과제가 되어야 할 것이다.

## 참고문헌

1. Akerstedt T. Optimal sleep/wake rhythm in shift work-some empirical observations and predictions from a mathematical model. *Abstracts shiftwork international newsletter* 1997; (5): 74
2. Kiesswetter E, Knauth P, Weier R, Theissen W, Rutenfranz J. Reretr- ainment of rectal temprature and heart frequency during days with experimental night shifts and morning and afternoon sleep. *Proceedings of the fifth interna- tional symposium on night and shift work: scientific committee on shift work of the Permanent Commission and International Association on Occupational Health [PC IAOH]. Rouen* 1980: 12-16.
3. Van Amelsvoort. Occupational determinants of heart rate variability. *Int Arch Occup Environ Health* 2000; 73: 255-262

4. Furlan R, Barbic F, Piazza S, Tinelli M, Seghizzi P, Malliani A. Modifications of cardiac autonomic profile associated with a shift schedule of work. *Circulation* 2000; 17: 1912-1916
5. Ito H, Nozaki M, Maruyama T, Kaji Y, Tsuda Y. 2001. Shift work modifies the circadian patterns of heart rate variability in nurses. *Int J Cardiol* 2001; 79: 231-236
6. Murata K, Yano E, Shinozaki T. Impact of shift work on cardiovascular functions in a 10-year follow-up study. *Scand J Environ Health* 1999; 25(3): 272-277
7. Freitas J, Lago P, Puig J, Carvalho MJ, Costa O, de Freitas AF. 1997. circadian heart rate variability rhythm in shift workers. *J Electrocardiol* 1997. 30(1): 39-44
8. Burger AJ, Charlamb M, Sherman HB. Circadian patterns of heart rate variability in normals, chronic stable angina and diabetes mellitus. *Int J Cardiol* 1999; 71: 41-48
9. Eur Heart J. 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. *Heart rate variability* 1996; 17(3): 354-381
10. Berntson GG, Bigger JT Jr, Eckberg DL, Grossman P, Kaufmann PG, Malik M, Nagaraja HN, Porges SW, Saul JP, Stone PH, van der Molen MW. Heart rate variability: origins, methods, and interpretive caveats. *Psychophysiology* 1997; 34(6): 623-648.
11. Stein PK, Kleiger RE. Insights from the study of heart rate variability. *Annu Rev Med* 1999; 50: 249-261
12. Malik M. 1996. heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Circulation* 1996; 93: 1043-1065
13. Malliani A, Pagani F, Lombardi F, Cerutti S. 1991. Cardiovascular neural regulation explored in the frequency domain. *Circulation* 1991; 84; 482-492.