

액티그래프를 이용한 철강업 교대근무자의 수면·각성 행태

문세근¹ · 서유진^{2*} · 松本一弥³ · 박영만² · 하태영⁴

¹경남대학교 대학원 산업공학과 / ²경남대학교 테크노경영학부 정보산업공학

³廣島文教女子大學 人間科學部 心理學科 / ⁴경남대학교 법행정학부 법학

Sleep/Wake Behavior of Shift Workers in the Iron and Steel Industry Using Wrist Actigraph

Se-Keun Moon¹ · Yoo-Jin Seo² · Kazuya Matsumoto³ · Young-Man Park² · Tae-Young Ha⁴

¹Department of Industrial Engineering, Graduate School, Kyungnam University, Masan, 631-701

²Division of Techno-Management, Kyungnam University, Masan, 631-701

³Department of Psychology, Hiroshima Bunkyo Women's University, Japan, 731-0295

⁴Division of Law and Public Administration, Kyungnam University, Masan, 631-701

The purpose of this study was to investigate the effects of sleep/wake behavior for shift workers in the iron and steel industry using wrist actigraph for 59 male workers on a continuous full-day three-team three-shift system of backward rotation including on-duty and off-duty periods. The wrist actigraph data were recorded for 15 days (1 shift cycle) for each subject. The sleep length at home during night shift decreased significantly as compared to the morning or evening shifts. The night shift nap length increased significantly in all sections as compared to the morning or evening shifts. The nap length in the Steel Manufacturing Process and Rolling Process during night shift decreased significantly as compared to the Machine Maintenance Section, the Forwarding of Products Section, and the Field Management Section. However, the sleep length at home while off-duty period increased significantly. The percentage of nap length during night shift in the Rolling Process, Steel Manufacture Process, and the other three types of jobs was 16.0%, 20.4%, and about 50.0%, respectively. The nap length during night shift for the above 50 year olds increased significantly as compared to the below 50 year olds. Finally, we discussed the role of nap-taking during the burden on night shift workers and the increased difficulty in continuing their job.

Keywords: wrist actigraph, iron and steel industry, shift workers, nighttime nap, sleep/wake behavior

1. 서론

철강업에 있어서 노(爐)작업을 중심으로 하는 흐름작업에서는 생산기술적인 면에서 작업을 중단할 수 없기 때문에 심야업을 포함한 교대근무가 널리 실시되고 있다. 그리고 야간근무나 새벽근무를 해야 하기 때문에, 정상근무자의 휴식기간에 해당되는 밤이나 새벽에 근무를 해야 할 뿐만 아니라 규칙적이지

못한 생활주기를 자주 반복하게 된다. 특히 야간근무를 할 경우에는 생체 내에서 발생하는 하루주기 리듬(circadian rhythm)의 이탈이나 혼란을 비롯하여 수면부족이나 피로증대에만 그치지 않고, 인간실수의 증대, 가정·사회생활의 저해, 가족에게 미치는 악영향의 증대 및 근로자 자신의 건강에 대해서도 그 유해성을 미치는 경우가 있다(Matsumoto, 1988; Kogi, 2001). 교대근무자가 받는 여러 가지 영향은 근무조의 편성수,

*본 연구는 2003학년도 경남대학교 학술논문게재연구비 지원으로 이루어졌음

† 연락저자 : 서유진 교수, 631-701 경상남도 마산시 월영동 449 경남대학교 공과대학 테크노경영학부 정보산업공학전공, Fax : 055-249-2463,

E-mail : yoojin@kyungnam.ac.kr

2003년 10월 접수; 2004년 3월 수정본 접수; 2004년 5월 게재 확정.

교대일주기 내의 소주기(小週期)가 연속되는 일수, 교대일주기 내의 소주기의 순환방식, 교대주기의 길이 등 교대근무편성에 따라서 크게 달라진다.

교대제도가 국제적으로 널리 사용되고 있는 방법에 의해서 분류해 보면(Rutenfranz *et al.*, 1976; Shift Work Committee, Japan Association of Industrial Health, 1979), 근무자에게 미치는 부담의 정도를 쉽게 알 수 있으며, 그 분류방법의 개요는 다음과 같다.

먼저, ① 근무순번이 1개의 근무행태로 고정되어 있는가(근로고정제), 혹은 결정되어 있는 근무순번을 순차적으로 순환하는가(윤번교대제)에 따라서 분류한다. 다음으로, ② 심야작업(통상 22:00-05:00)의 포함 여부, ③ 24시간에 걸쳐서 조업하는지의 여부, ④ 주말(토요일 혹은 일요일)의 조업 여부, ⑤ 1일의 근무순번을 몇 가지로 나누고 있는지의 여부, ⑥ 근로자를 몇 조로 편성하여 근로순번에 투입하고 있는가 등이다. 따라서 24시간 연속해서 조업하는 것을 전일제(全日制), 근로시간 별로 구분되어 있는 것을 정시(定時)교대제, 연간 계속해서 조업이 연속되는 것을 연조제(連操制), 주말 등에 조업을 정지하고 일제히 휴일을 취하는 것을 주번형(週番型)이라 칭한다.

Seo *et al.*(1999)은 5년 전 창원·마산·진해 주변에 소재하고 있는 50개 제조업체를 대상으로 하여 교대근무 현상을 분석하였다. 이 가운데 가장 많은 교대제도는 주번전일(週番全日) 2조2교대이었으며, 그 다음으로 연조전일(連操全日) 3조3교대, 심야정시주번형(深夜定時週番型) 2조2교대, 주번전일(週番全日) 3조3교대, 연조전일(連操全日) 3조2교대, 비심야주번형(非深夜週番型) 2조2교대의 순이었다. 이 중 철강업 28개 기업을 대상으로 조사한 결과, 가장 많은 교대제도는 주번전일 2조2교대이었으며, 다음으로 연조전일 3조3교대이었다. 주번전일 2조2교대에서는 주 1일만 조업을 중단하며, 12시간 정도의 긴 야간근무가 6일 동안 연속되는 것이 특징이었다. 그리고 연조전일 3조3교대에 있어서 예비근로자가 없을 때에는 휴일이 없는 상태로 매일 근무를 해야만 한다. 연조전일 3조3교대를 실시하는 대부분의 기업체에서는 근무편성에 의하여 1년 동안 휴일이 전혀 없는 상태로 동일한 교대일주기 내의 소주기를 5일 내지 7일 간 주기로 연속해서 작업을 하거나, 역순환을 채택하고 있는 경우가 많은 것이 특징이었다. 3교대제의 경우에 있어서 역순환이란 야간근무→저녁근무→주간근무의 행태로 순환되는 것이며, 정순환이란 주간근무→저녁근무→야간근무의 행태로 순환되는 것을 의미한다.

이러한 역순환 방식을 채택하는 경우에는 야간근무에서 저녁근무로 교대될 때에 약 32시간 정도의 비교적 긴 근무간격 시간을 취할 수 있으나, 주간근무에서 야간근무 또는 저녁근무에서 주간근무로 교대할 때에는, 양쪽 모두 8시간 정도의 짧은 근무간격 시간밖에 취할 수 없기 때문에 휴식을 취하거나 가정 및 사회생활을 하는 데 문제점이 야기된다. 그리고 근로자 자신에게 산업폐해나 질병 등 불의의 사태가 발생할 경우, 그 분야의 근로자를 바꾸어 근무를 할 수밖에 없으므로 어쩔

수 없이 16시간 전후의 장시간 연속근무를 하게 되는 경우도 많다.

이렇게 힘든 교대근무 제도하에서 근무자들이 어떤 방식으로 휴식을 취해 가면서 근무를 장기간 계속할 수 있는지 대단히 흥미로운 문제이다. 특히 야간근무와 일일의 야간근무 사이에 취하는 수면은 생체리듬 상 질적으로나 양적으로 불충분할 수밖에 없기 때문에, 이러한 수면부족을 다른 근무, 예를 들어 주간근무나 저녁근무를 할 때에 수면을 많이 취함으로써 교대일주기 전체적인 면에서 필요한 수면량을 보충할 수도 있으며, 직종 내의 관습에 따라서 직종 동료 간의 대화를 통하여 야간근무중에 교대로 가면을 취함으로써 그 부족분을 단기적으로 보충할 수도 있을 것으로 생각된다. 환언하면, 생체의 부담이 많이 요구되는 야간근무를 할 때에는 여러 가지 행태로 가면을 어는 정도 취할 수 있기 때문에 휴식조건 면에서 보더라도 전근대적인 연조전일 3조3교대를 현재까지 계속해서 실시할 수 있었다고 생각된다. 야간근무중 가면에 대해서 회사 내규로 공식화 되어 있는 기업체는 아주 드물기 때문에, 비록 실질적으로 가면을 취하고 있다고 할지라도 일반적으로 표면화시킬 수 없는 측면이 있다.

교대근무를 행하는 대표적 업종 중 하나인 철강업에 있어서도 야간근무중에는 어느 정도 가면을 취하고 있을 뿐만 아니라, 가면시간도 직종에 따라서 상당히 차이가 있을 것으로 예상되지만 우리나라에서는 아직도 그러한 실태가 파악되어 있지 않은 실정이다. 일본 등의 나라에서는 1970년대까지 연조전일 3조3교대가 주류를 이루었지만, 그 이후 모든 직종에서 4조3교대로 바뀌었으며 최근에는 5조3교대로 변경되어 가고 있는 실정이다. 이러한 상황임에도 불구하고 야간근무중에는 어느 정도의 가면을 취하는 직종이 상당히 있는 것으로 보고되고 있으며(Matsumoto, 1989), 가면이 지나는 여러 가지의 효과에 대해서도 구미제국의 관계자를 중심으로 재검토되기 시작했다. 현재까지의 가면효과에 대해서 정리해 보면 수면의 질·양의 부족에 대한 완화효과, 생체리듬을 조정하는 효과, 피로회복 효과 등이 보고되고 있다(Matsumoto, 1981; Matsumoto *et al.*, 1982; Matsumoto and Morita, 1987; Matsumoto and Harada, 1994). 이러한 가면연구와 더불어 수면일지나 폴리소모그라피(polysomnography)의 기록을 중심으로 연구된 결과를 보면, 야간근무를 한 후에 주수면이 되는 주간수면은 큰 폭으로 단축되고, 중도각성이 많으며, 서파(徐波)수면이 적은 것 등이 보고되고 있지만(Matsumoto, 1978; Matsumoto *et al.*, 1982; Matsumoto and Morita, 1987), 측정기술상의 제약으로 인하여 그 부족한 수면을 근무중 가면이나 가정에서의 보조적 수면(주수면 이외의 수면)으로 어떻게 보충하고 있는지에 대해서 장기간에 걸쳐서 검토한 연구는 전무한 실정이다.

그러나 최근에 측정기술상 제약이 적은 활동계(액티그래프)가 개발되어(Ambulatory Monitoring, 1996) 수면각성 판정에 응용되고 있다. 액티그래프는 가볍고 소형이며, 피실험자 자신이 조작할 필요가 거의 없고, 최장 약 16일 간 연속적인 데이

터 수집이 가능할 뿐만 아니라, 근무중이나 가정에서의 평상시 생활상태하에서 수면·각성행태의 측정이 가능하다는 것 등 여러 가지 이점을 갖추고 있는 측정기이다. 건강한 성인이나 우울증과 심신증(心身症) 및 수면 시 무호흡증후군 등의 환자 손목에 액티그래프와 폴리소모그라피를 동시에 장착하여 측정된 결과, 양자의 수면·각성판정의 일치율이 대단히 높은 것으로 보고 되고 있다(Kripke *et al.*, 1978; Sadeh *et al.*, 1989; Cole *et al.*, 1992; Shinkoda *et al.*, 1998). 그러나 교대근무자에게 액티그래프를 장착하여 수면·각성행태를 검토한 연구는 거의 없는 실정이다(Krahn *et al.*, 1997; Park *et al.*, 2000).

따라서 본 연구에서는 액티그래프를 이용하여 철강업에 종사하는 교대근무자에 대해서 교대일주기 동안의 수면·각성행태를 검토함과 동시에 야간근무중에 가면을 어느 정도 취하고 있으며, 직종 간 가면시간에 차이가 있는지의 여부를 중심으로 하여 주로 검토하였다.

2. 방법

2.1 대상자

본 연구의 대상자는 2002년 9월 1일부터 2002년 12월 1일까지 3개월 간에 걸쳐서 A철강회사에서 교대근무에 종사하고 있는 320명 가운데 직종이나 연령을 고려하여, 본 조사의 목적을 이해하고 승낙한 남성 근로자 중 무작위로 106명을 추출하여 액티그래프를 장착시켰으나, 이 중 유효한 액티그래프 자료를 얻을 수 있었던 근로자는 59명이었다. 대상자에게는 본 연구의 목적을 사전에 충분히 설명하였으며, 측정하는 동안에 문제가 발생하면 언제라도 액티그래프 착용을 중단할 수 있음을 주지시켰다. 본 연구의 유효대상자는 20대 17명, 30대 15명, 40대 10명, 50대가 17명이었으며, 평균연령은 39.2(표준편차=10.8)세였다. 직종 면에서는 제강업무 17명, 압연업무 10명, 출

하업무 8명, 정비업무 17명, 품질관리나 안전순찰 등의 현장관리업무가 7명이었다. 그리고 정비업무는 기계기계의 일차적인 유지관리와 기계류에 고장이 발생했을 때 긴급 대응하는 업무로 대별되며, 여기에는 공무나 전기업무 등도 포함되어 있다. 출하는 제품을 출하할 때에 행하는 계량작업이나 제품적재작업 및 제품을 적재하기 위해 공장 내에서만 운행하는 차량운전작업 등이 포함되어 있으며, 현장관리에는 재료의 성분검사나 제품의 규격검사 업무, 안전순찰 업무 등이 포함되어 있다.

2.2 교대근무의 개요

전체 대상자의 교대근무 행태는 연조전일 3조3교대이며, 주간근무(07:00-14:00) 7시간, 저녁근무(14:00-22:00) 8시간, 야간근무(22:00-07:00) 9시간이다. 교대방식은 원칙적으로 동일한 교대일주기 내의 소주기가 5일 간 계속되는 역순환, 즉 NNNNN/EEEE/DDDD(N=야간근무, E=저녁근무, D=주간근무)로 순환되는 행태로서 교대일주기는 15일 간이다. 주간근무중 점심식사와 휴식, 저녁근무중 저녁식사와 휴식시간은 전체 근로자의 3분의 1씩 교대로 60분씩이지만, 야간근무중 야식 및 휴식시간은 근로자의 3분의 1씩 교대로 30분씩이었다. 야간근무중 가면에 대해서는 회사 내규로 인정하고 있지 않지만, 오랫동안 직종의 관행으로서 작업에 지장이 없는 한 가면을 취하는 것을 묵시적으로 어느 정도는 인정하고 있는 실정이다

2.3 측정

본 연구는 2002년 9월 1일부터 2002년 12월 1일까지 측정하였으며, A철강회사의 교대근무에 종사하고 있는 50세 이상의 대상자가 적어서, 거의 모든 50세 이상의 근무자를 대상으로 하였다. 일교대주기인 15일 간을 동시에 연속적으로 측정할 수 있는 액티그래프 측정기가 10대밖에 없어서, <Table 1>과

Table 1. The number of subjects for actigraph measurement and time period

Type of occupation	Number of subjects (group)	Time period
Steel Manufacturing Process	5(A)	2002/09/01-2002/09/16
	5(B)	2002/09/17-2002/10/01
	4(C)	2002/10/02-2002/10/17
	3(F)	2002/11/17-2002/12/01
Rolling Process	5(A)	2002/09/01-2002/09/16
	5(E)	2002/11/02-2002/11/16
Machine Maintenance Section	5(B)	2002/09/17-2002/10/01
	5(D)	2002/10/18-2002/11/01
Forwarding of Products Section	4(D)	2002/10/18-2002/11/01
	4(F)	2002/11/17-2002/12/01
Field Management Section	4(C)	2002/10/02-2002/10/17
	3(E)	2002/11/02-2002/11/16

같이 제강 직종에 대해서는 4개 그룹으로, 압연·출하·정비·현장관리 업무에 대해서는 2개 그룹으로 나누어 측정하였다. 그리고 측정시기에 따른 영향을 고려하여 각 직종 사이에 대상자 균형을 취하였으며, 연령에 따른 영향도 고려하여 가능한 한 하나의 측정 그룹에 젊은 근로자와 고령자를 무작위로 배치하였다.

59명의 대상자에 대해서는 일교대주기 동안에 액티그래프 활동량을 연속적으로 측정함과 동시에 매일 수면일지도 기입하도록 하였다. 액티그래프 측정기는 Ambulatory Monitoring Inc.(P.O.Box609, Aedsley, New York USA)의 Min-Motion logger Actigraph(AMA-32 CL형)를 이용하였다. 액티그래프의 설정은 수면·각성모드, ZCM(Zero crossing mode), 예포크시간 1분, 증폭기 설정 18로 초기화한 후, 각 대상자의 보조팔에 장착하여 연속적으로 측정하였다. 대상자에게는 매일 취침·기상을 할 때에 액티그래프의 측면에 있는 이벤트마크를 누르도록 지시하고, 목욕이나 개인사정에 의해서 장착이 어려운 경우에는 액티그래프를 장착하지 않아도 되는 것을 인정하였지만, 그 이외의 모든 시간은 계속해서 보조팔에 장착하도록 지시하였다.

2.4 자료처리 및 통계적 해석

대상자의 측정기간은 각각 15일 간이었지만, 목욕이나 그 이외의 개인적 사정으로 인하여 액티그래프를 장착한 후 1일 정도 측정하지 않았던 대상자가 5명이었기 때문에, 대상자 59명으로부터 총 880일 간의 유효 데이터를 얻었다.

액티그래프 자료는 먼저 정확한 측정 개시시점부터 종료시점까지의 사이를 정리한 후에, 목욕이나 액티그래프를 장착하지 않은 기간을 “bad 데이터”로서 처리했다. 그 후 액티그래프의 해석 소프트웨어인 “Action W”를 이용하여, 매일의 근무개시부터 종료까지의 기간을 “Down interval”, 그 이외의 시간인 근무 종료시점으로부터 다음 근무가 시작될 때까지의 기간을 “Up interval”로 정확하게 구분했다.

통상 이 2가지의 구분은 주수면기의 개시시점에서 종료시점을 “Down interval”, 그 이외의 시간인 기상시점에서 취침 직전까지를 “Up interval”로 하는 것이 일반적이지만, 본 연구의 목적상 근무중에 취하는 가면을 정확하게 구분하기 위해서 상기에서 언급한 것과는 반대로 구분하였다.

근무개시 및 종료시점에 대해서는 수면일지의 정보와 직종의 근무 보고서를 토대로 정확하게 구분하였다. 그리고 매일의 액티그래프 활동량은 Cole *et. al.*(1992)이 개발한 알고리즘을 이용하여 수면·각성의 판정을 실시하였다.

“Down interval”의 수면 파라미터로서는 “Duration”(근무시간), “Sleep minutes”(수면시간), “mean activity”(1분 간의 평균 활동량), “percent sleep time”(수면 퍼센트)을 이용하였으며, “Up interval”의 수면 파라미터로서는 수면시간만 이용하였다. 상기의 수면 파라미터 가운데 “Down interval”의 수면시간과

“Up interval”의 수면시간을 더한 하루 당 총수면시간을 산출했다. 즉, 하루당 총 수면시간은 근무중에 취하는 가면과 근무 이외(자택)에 취하는 주수면시간을 합한 것이다.

통계적 해석은 SPSS Version 10.0을 이용하여, 매일의 수면 파라미터를 각 개인마다 주간근무, 저녁근무, 야간근무별로 평균과 표준오차를 구하였다. 교대일주기 내의 소주기(주간근무, 저녁근무, 야간근무)와 직종, 교대일주기 내의 소주기와 연령을 각각 독립변수로, 수면 파라미터를 종속변수로 하는 반복 2원배치 분산분석과 Tukey의 사후검정을 실시하였으며, 유의수준은 5% 이하로 하였다.

3. 결과

3.1 교대근무자의 대표적인 수면·각성 행태

<Figure 1>은 제강, 압연, 출하 및 현장관리 직종의 50대 근로자 가운데 대표적 교대근무자의 액티그래프 활동량 패턴을 나타낸 것이다. 검은 부분은 활동량이 많은 시간대를 나타낸 것이고, 흰 부분이 많은 부분일수록 활동량이 적거나 활동량이 없는 시간대를 나타내고 있다.

가로축은 1일의 시각을 나타내고 있으며, 좌측에는 교대일주기 내의 소주기를 나타내고 있다. “Nig”는 야간근무, “Eve”는 저녁근무, “Day”는 주간근무를 의미한다. 따라서 이 그림 자체가 각 대상자의 교대일주기(15일 간) 동안의 활동-휴식 패턴을 나타내고 있는 것이다.

제강과 압연 직종에 있어서 야간근무(22:00~07:00)를 하는 동안의 활동량은 주간근무(07:00~14:00)나 저녁근무(14:00~22:00)의 동일한 시간대에 비해서 많으며, 야간근무 후에는 짧은 휴식기(활동량이 적은 기간)를 2회 이상 분할하여 취하고 있는 것을 알 수 있다. 또한 야간근무중에도 가끔 활동량이 감소하며, 짧은 가면을 취하고 있는 양상을 보이고 있다. 한편, 제강과 압연 직종의 교대근무자가 저녁근무나 주간근무를 할 때에는 밤 동안 긴 시간대에 걸쳐서 활동량이 감소하고 있지만, 저녁근무중에는 가끔 취침기상시각이 큰 폭으로 늦어지는 날을 보이고 있는 반면, 주간근무중에는 취침시각이 저녁근무보다 상당히 빨라지는 경향을 보이고 있다.

그리고 출하나 현장관리 직종의 교대근무자의 특징으로서 야간근무중에 활동량이 감소하고 있는 시간대가 제강이나 압연 직종의 근무자보다 상당히 길었다. 또한 이러한 직종의 근무자는 야간근무 후의 낮 동안에도 활동량이 감소하는 시간대는 비교적 짧고, 활동량이 많은 시간대가 길게 지속되고 있는 것이 특징이었다.

이와 같은 대표적인 악토그램(actogram)에서 알 수 있듯이, 야간근무중에 가면을 취할 수 있는지의 여부는 근무하고 있는 직종에 따라서 차이가 나며, 야간근무 후의 휴식행태에도 많은 영향을 미치고 있는 것을 알 수 있다.

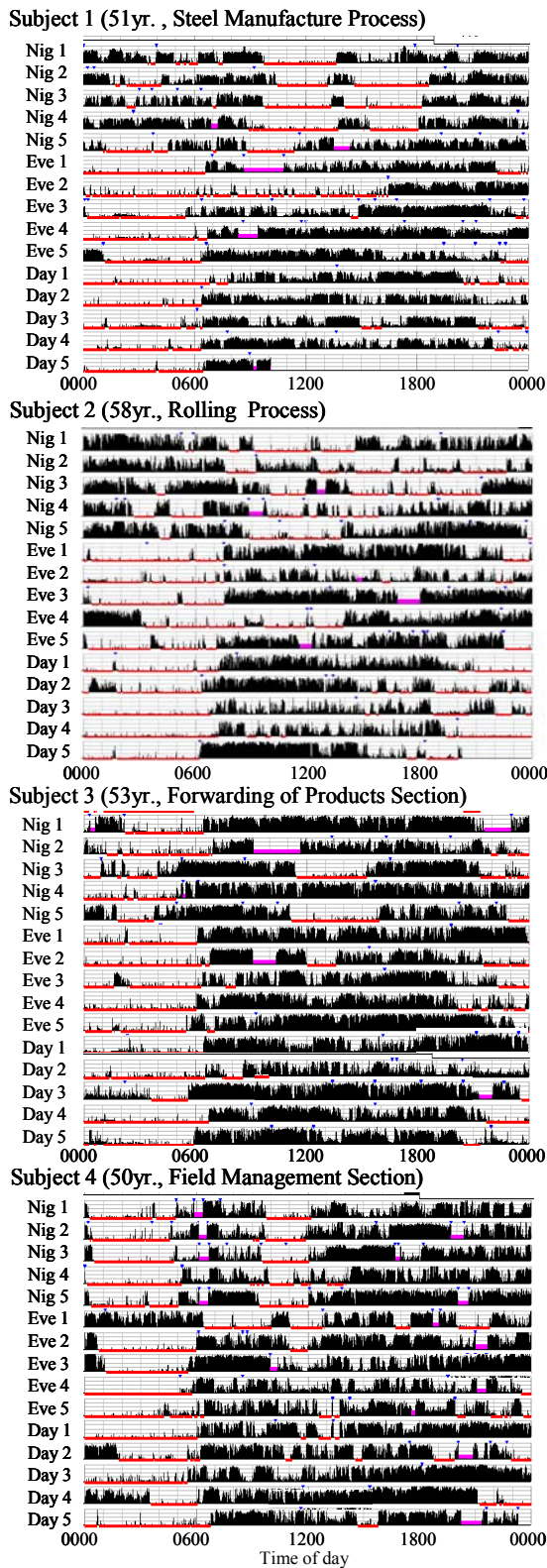


Figure 1. Representative raw activity data obtained from the wrist actigraph of shift workers in four workplaces (steel manufacture process, rolling process, forwarding of products section, and field management section) in the iron and steel industry.(represents the bad data).

3.2 근무중 수면 · 각성 행태

<Figure 2>는 주간근무, 저녁근무 및 야간근무를 하는 동안의 수면 파라미터의 평균과 표준오차를 나타낸 것이다. 그림의 상단은 근무중 1분마다의 액티그래프 활동수, 중단은 Cole et al.(1992)의 알고리즘에 의해 1분마다 판정한 수면과 각성 가운데 근무중 수면시간(가면시간), 하단은 잔업을 포함한 근무 시간에 대한 가면시간의 비율을 나타낸 것이다.

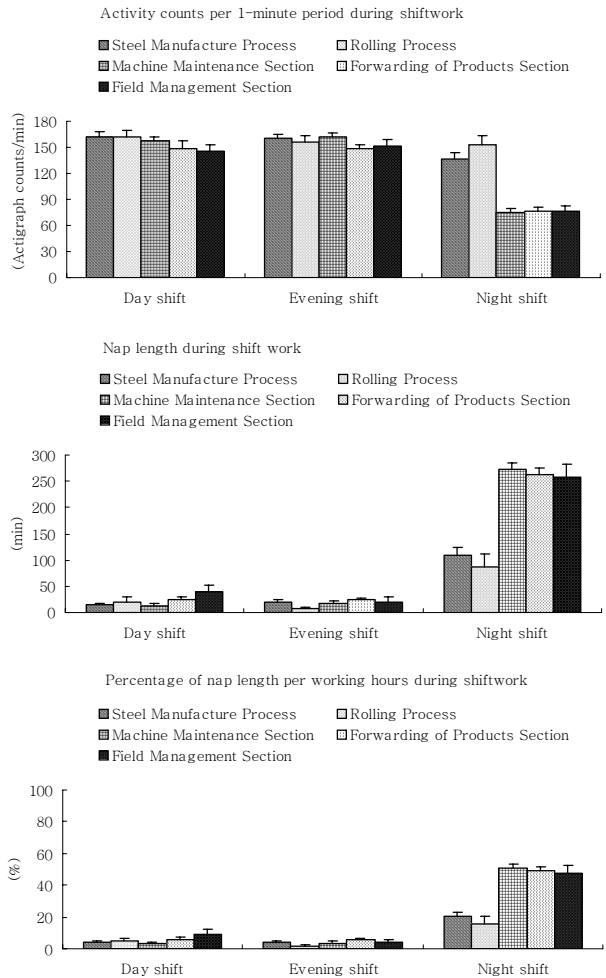


Figure 2. Means and standard errors of activity counts per 1-minute period during shiftwork(upper diagram), nap length(middle diagram), and the percentage of nap length during shiftwork(lower diagram) that was assessed by the shift worker’s wrist actigraph of five workplaces in the iron and steel industry.

3개의 수면 파라미터는 모두 교대일주기 내의 소주기(액티그래프 활동수: $F_{2, 162} = 86.81, p < 0.0001$; 근무중 가면시간: $F_{2, 162} = 363.60, p < 0.0001$; 근무시간에 대한 가면시간의 비율: $F_{2, 162} = 313.38, p < 0.0001$), 5개의 직종(액티그래프 활동수: $F_{4, 162} = 15.02, p < 0.0001$; 근무중 가면시간: $F_{4, 162} = 25.80, p < 0.0001$; 근무시간에 대한 가면시간의 비율: $F_{4, 162} = 23.39, p < 0.0001$) 및

양자의 교호작용(액티그래프 활동수: $F_{8,162} = 9.30, p < 0.0001$; 근무중 가면시간: $F_{8,162} = 22.30, p < 0.0001$; 근무시간에 대한 가면시간의 비율: $F_{8,162} = 20.28, p < 0.0001$)에서 모두 유의한 효과를 보였다. 사후검정의 결과 출하, 정비, 현장관리직종의 평균 액티그래프 활동량은 세 직종 모두 제강과 압연직종에 비해서 유의하게 저하하고 있는 반면, 제강이나 압연 직종의 야간근무중 가면시간은 출하, 정비, 현장관리 직종에 비해서 유의하게 큰 폭으로 감소하였다.

각 직종의 평균 가면시간에 대해서는 모든 직종에서 주간근무(14~39분)나 저녁근무(8~25분) 중에 주로 점심식사나 저녁 식사시간대를 이용하여 단시간 가면을 취하고 있으나, 직종 간에 차이는 크지 않았다. 그러나 야간근무에 있어서는 모든 직종에서 가면시간이 주간근무나 저녁근무에 비해서 길며, 그 평균 가면시간(표준오차)은 정비 272.2(12.5)분, 출하 262.7(12.3)분, 현장관리 257.0(25.3)분으로 긴 데 비하여, 제강은 107.9(15.1)분, 압연은 86.0(25.6)분으로 유의하게 단축되는 특징을 보였다. 제강과 압연 직종에 있어서 야간근무를 할 때의 가면시간의 비율은 다른 세 직종에 비해서 유의하게 감소하였다. 그 평균 가면시간의 비율(표준오차)은 정비 50.7(2.8)%, 출하 49.4(4.0)%, 현장관리가 47.6(4.3)%인 것에 비하여, 제강 20.4(2.8)%, 압연 16.0(3.6)%로 모두 유의하게 저하하는 경향을 보였다. 그러나 주간근무나 저녁근무에 있어서는 직종 간에 차이를 보이지 않았다.

3.3 근무 이외의 수면시간

<Figure 3>의 상단은 근무 이외의 주수면시간 즉 근무간격 시간(근무와 다음 근무 사이) 내에 취하는 자택에서의 주수면 시간의 평균과 표준오차를 나타낸 것이다. 근무 이외의 주수면 시간에 대해서는 교대일주기 내의 소주기($F_{2,162} = 228.96, p < 0.0001$), 직종($F_{4,162} = 11.21, p < 0.0001$) 및 양자의 교호작용($F_{8,162} = 5.31, p < 0.0001$) 모두 유의한 효과를 보였다.

주간근무에 있어서 근무 이외의 평균 주수면시간은 제강 415.2(13.2)분, 압연 420.3(10.6)분으로 다른 3개의 직종에 비하여 조금 많은 경향을 보이고 있지만 저녁근무에서는 직종 간의 차이가 거의 없었다. 한편, 야간근무에서는 모든 직종에서 근무 이외의 주수면시간이 단축되고 있으며, 이러한 현상은 정비, 출하, 현장관리 직종에서 두드러지게 나타났으며, 평균 주수면시간을 보면 제강 260.2(30.8)분, 압연 243.5(16.8)분인 것에서 비해서, 정비 108(14.2)분, 출하 90.8(11.7)분, 현장관리가 122.8(30.6)분으로서 제강과 압연 직종에 비해서 모두 유의하게 단축되고 있다.

그리고 <Figure 3>의 하단에서 보는 바와 같이, 근무 이외의 수면시간과 근무중 가면시간을 합한 총 수면시간은 교대일주기 내의 소주기($F_{2,162} = 12.96, p < 0.0001$)에서만 유의한 효과를 보였으며, 5개 직종 모두 주간근무나 저녁근무에 비해서 야간근무중의 총 수면시간이 조금 단축되는 경향을 보였다.

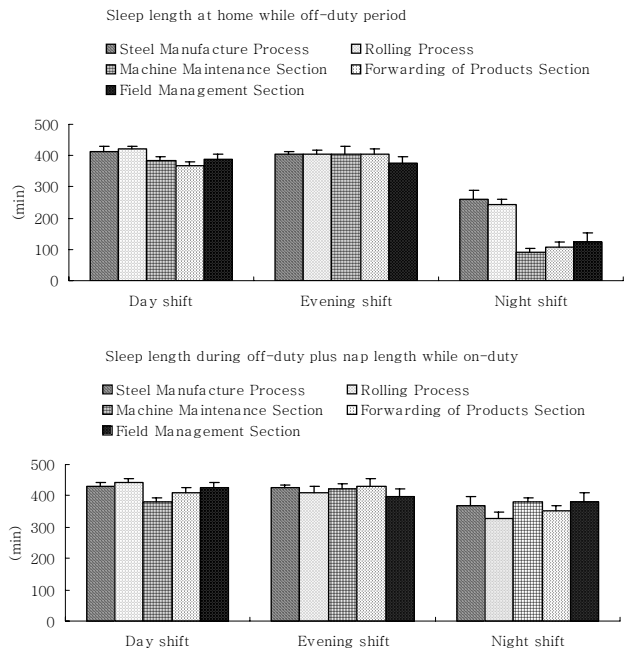


Figure 3. Means and standard errors of the sleep length at home while off-duty period during shiftwork(upper diagram) and the sleep length during off-duty period plus nap length while on-duty period (lower diagram) that was assessed by the shift worker's wrist actigraph of five workplaces in the iron and steel industry.

3.4 연령별로 본 근무중 가면시간

<Figure 4>는 야간근무중 가면이 적은 제강과 압연 직종에 대해서만 근무중 평균 가면시간을 연령별로 검토한 것이다. 연령은 20대와 30대가 각각 7명, 40대가 3명, 50대가 10명이었다. 2원배치 분산분석을 한 결과 교대일주기 내의 소주기($F_{2,69} = 26.89, p < 0.0001$), 연령($F_{3,69} = 3.09, p < 0.05$)에서 유의한 효과를 보였지만, 양자의 교호작용에서는 유의한 효과를 보이지 않았다. 근무중 가면시간은 주간근무와 저녁근무에서 연령군에 의한 차이가 적었지만, 야간근무중에는 50대 군이 다른 3개 연령군에게 비해서 유의하게 길었다.

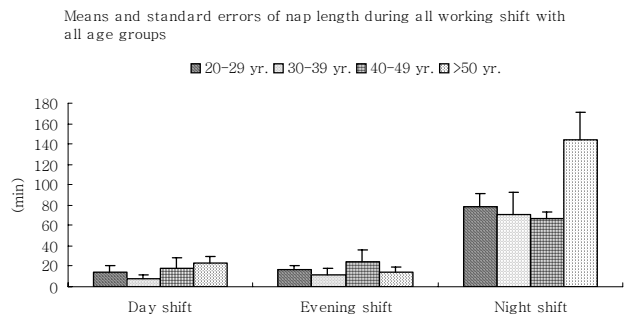


Figure 4. Means and standard errors of nap lengths during shiftwork in steel manufacture process and rolling process with all age group.

그리고 근무 이외의 주수면시간에 대해서는 교대일주기 내의 소주기($F_{2,69} = 36.74, p < 0.0001$)에서만 유의한 효과를 보였으며, 연령군이나 교호작용에서는 유의한 효과를 보이지 않았다

4. 고찰

4.1 교대근무와 수면의 관계

본 연구에서는 통상적인 직종생활을 하면서 보다 자연스러운 수면에서도 객관적인 수면·각성 형태를 파악할 수 있는 액티그래프를 이용하여, 지금까지 명확하게 밝혀지지 않았던 철강업의 연조전일 3조3교대에 종사하는 교대근무자의 근무중 가면과 근무 후의 수면·각성 형태에 대하여 명확하게 규명하였으며, 그 주요한 결과는 다음과 같다.

야간근무중에는 주간근무나 저녁근무에 비해서 근무 이외의 자택에서의 수면시간이 단축되지만, 근무중의 가면시간은 모든 직종에서 조금 길었다. 그러나 그 가면시간의 길이는 직종에 따라서 차이가 있었다. 정비, 출하, 현장관리 직종에서는 9시간의 야간근무중에 평균 4.4시간 정도의 가면을 취하는 반면, 제강에서는 108분, 압연에서는 86분으로 가면을 아주 적게 취하는 것이 특징이었다. 이러한 가면시간을 각각의 근무중에 점유하는 비율로 보면, 정비나 출하, 현장관리에서는 약 50%를 점유하는 반면, 제강에서는 20%, 압연에서는 16% 정도였다. 이러한 현상이 나타나는 이유는 직종 간의 업무내용과 관련이 있는 것이 분명하다. 즉, 정비업무나 현장관리는 흐름작업이 아니고 순찰이나 검사가 주된 업무이며, 또한 출하업무도 주간근무나 저녁근무를 할 때에 가장 많이 발생하는 업무로서, 비록 야간근무중에 출하업무가 발생하는 경우라 할지라도 야간 전반부에 출하업무를 행하기 때문이다. 한편, 제강이나 압연 직종의 경우에는 용해로가 가동되고 있을 때에는 열효율을 높이기 위해서라도 원료나 고철을 투입해 가면서 압연작업을 계속하지 않으면 안 되기 때문에 계속 기계를 가동하게 된다.

따라서 이 직종에서 기계를 조작·점검·유지·관리하는 근로자는 야간근무중에 작업을 중단할 수 없기 때문에, 야간근무중에 가면을 취할 기회는 당연히 적게 될 수밖에 없다. 그러나 이러한 업무라 할지라도 실질적으로 평균 1.6시간 정도 가면을 취할 수 있는 것은 근로자 사이에 상호 작업공정을 처리해 가면서 교대로 단시간 가면을 취하기 때문인 것으로 생각된다. 여하튼 야간근무중에 이러한 가면을 취할 수 있기 때문에 생체부담이 많이 요구되는 교대제도를 장기간 계속해서 할 수 있다고 생각된다. 만약 이러한 가면을 취하지 않으면, 힘든 근무를 견뎌내지 못하고 어쩔 수 없이 퇴직을 하거나 여러 가지 건강장해를 유발할 비율도 높아질 것이라고 추측된다.

다음으로 야간근무를 할 때의 근무 이외의 주수면시간은 모든 직종에 있어서 주간근무나 저녁근무 후에 비해서 단축되고

있으나, 직종 면에서는 제강이나 압연 직종에서 정비 출하, 현장관리의 직종보다 유의하게 길었다. 즉, 제강이나 압연 직종에서는 원래 잠을 잘 시각에 해당되는 야간근무중에 가면을 취한다고 할지라도 그 시간이 짧기 때문에, 야간근무 후의 주간수면을 가능한 한 많이 취함으로써 그 부족분을 보충하기 때문일 것이다. 그러나 야간근무중 주수면시간이 주간근무나 저녁근무를 할 때의 주수면시간과 비교할 때 단축되고 있는 것은 지금까지의 선행 연구에 있어서 야간근무자의 주간수면의 결과와도 유사하다. 즉, 폴리소모그래피를 이용한 야간근무 후의 주간수면의 연구에서는 수면시간의 단축, 수면효율의 악화, 중도각성의 증대, 수면중 심박수의 유의한 증대 등이 보고 되고 있다(Matsumoto, 1978; Matsumoto et al., 1982; Matsumoto and Morita, 1987).

이러한 현상은 야간근무를 계속해도 주야가 뒤바뀌는 생활에 적합한 체내 시계의 역전은 생성되지 않고, 인간이 원래 가지고 있는 주간에 활동하는 생체기능이 높아지고, 야간에는 낮아지는 하루주기 리듬이 야간근무중에도 계속되고 있기 때문일 것이다. 그래서 야간근무중에 피로가 축적되거나, 수면이 부족하여 야간근무 후에 잠을 자려고 해도 긴 시간수면을 지속할 수 없게 될 뿐만 아니라, 수면의 질도 저하될 수밖에 없는 것이다. 즉, 야간근무중에 하루주기 리듬의 골짜기 부분에서 가면을 길게 취하는 정비, 출하, 현장관리 직종은 유리하나, 제강이나 압연 직종에서는 가면시간이 짧을 뿐만 아니라 수면의 질이 저하될 수밖에 없는 주간에 수면을 취할 수밖에 없기 때문에 피로회복이라는 면에서 보면 대단히 불리하다.

주간근무나 저녁근무에 있어서도 30분 이하의 단시간 가면을 취하고 있는 것에 대해서 보다 상세히 검토해 보면, 야간근무에 연이어서 잔업행태로 주간근무 전부나 일부 시간대, 예를 들어 야간근무에 연이어 주간근무의 전반 4시간 정도 연속적으로 근무할 때나, 야간근무 후에 주간근무의 후반부터 저녁근무를 연속해서 근무할 때에 저녁근무중에 가면을 취하는 경우가 비교적 많았으며, 그 이외에도 7시간 주간근무나 8시간 저녁근무를 할 때에 단시간 가면을 취하고 있는 경우가 있었다. 교대근무를 계속하는 동안, 특히 야간근무를 하는 동안에 발생하는 피로를 회복하려면 근무중 가면이나 자택에서의 수면만으로는 불충분하기 때문에, 생체리듬 면에서 볼 때 대체로 부담이 적은 다른 근무중이나 점심식사 및 휴식시간, 혹은 업무중 잠깐 틈을 내 동료와의 합의에 의하여 단시간 수면을 취하는 것이라고 생각된다.

본 연구에 있어서 수면행태의 하나의 특징으로서, 주간근무 후의 자택에서의 야간주수면은 모든 직종에서 비교적 길었다. 연조전일 4조3교대 직종을 대상으로 한 연구에서의 주수면을 살펴보면, 저녁근무에서 가장 길고, 다음으로 주간근무였으며, 가장 짧은 것이 야간근무였다(Matsumoto and Harada, 1994). 그러나 본 연구에서의 근무 이외의 주수면시간은 저녁근무와 주간근무를 할 때에는 거의 같으나, 주간근무중 근무 이외의 주수면시간은 제강이나 압연 직종이 다른 직종에 비해서 조금

긴 경향이 있었다. 주간근무중 근무 이외의 주수면시간이 비교적 긴 이유는 주간근무의 시작이 오전 7시로 늦다는 것(일반적으로 오전 6시가 많음)과 취침시각을 빨리 함으로써 일정한 수면시간을 확보하려고 하는 것이라고 생각된다.

이러한 관점에서 보면, 야간근무중에 잠을 잘 수 있을 때에 가면을 취함으로써 야간근무의 부담이나 하루주기 리듬의 영향을 완화시킬 수 있을 뿐만 아니라, 교대근무자는 여러 가지 기회를 이용하여 교대근무를 계속할 때의 부담을 가능한 한 경감시키기 위해서 우선적으로 근무자는 휴식을 중심으로 하는 수면생활을 하고 있다고 여겨진다. 특히 야간근무중에 가면시간이 적은 직종일수록 이러한 경향이 강할 것이라고 여겨지며, 이렇게 함으로써 가족생활이나 사회생활을 함에 있어서 어떠한 희생도 없이 영위할 수 있으리라고 생각된다.

야간근무중에 가면을 취할 수 있다고 할지라도, 온도조절기가 설치되어 있는 가면실에서 잠을 자는 것이 아니고, 모든 직종의 근로자는 기계의 한쪽 구석에 있는 긴 의자나 긴 책상 위에서 누워 자는 경우가 많으며, 그 외에는 탈의실 바닥에 비닐장판을 깔고서 가면을 취하는 경우도 있다. 물론 그곳에서는 모포 등을 전혀 사용하지 못한다. 또한 주간근무나 저녁근무를 할 때에는 대부분 사람들이 정상적인 수면자세를 취하지 못하고, 기계 가까이에 있는 의자에 앉아서 책상에 엎드린 상태로 가면을 취한다. 따라서 자택에서 취하는 수면의 질과 비교할 때 상당히 나쁜 수면상태임에 틀림없을 것이다.

최근 여러 나라에서는 근무자의 부담을 경감시키고, 인간다운 생활을 확보할 수 있는 교대근무 편성의 개선책을 강구하고 있다. 그 개선책의 주안점으로는 ① 노동시간의 단축, ② 연속적인 야간근무를 줄이는 것, ③ 주말연휴를 배치할 수 있는 근무편성에 역점을 두고 있다. 연속조업을 하는 직종에 있어서도, 주휴(週休) 2일제나 주 40시간 노동에 대응할 수 있게끔 4조3교대에서 5조3교대로 옮겨하고 있으며, 9조3교대를 채용하는 직종도 나타났다(Sakai, 2000). 예를 들어, 연조전일 4조3교대 직종에서도 DD/EE/NNN/HH/DD/EEE/NN/HH/DDD/EE/NN/HHH(N=야간근무, E=저녁근무, D=주간근무, H=휴일)와 같은 28일주기의 근무편성을 함으로써, 특히 상기의 ②와 ③의 개선에 역점을 둔 근무편성이 실시되고 있다. 이러한 교대편성은 주야의 역전에 의한 작업자의 부담이 경감될 뿐만 아니라, 연속적인 야간근무가 적기 때문에 수면부족을 느끼는 날도 적어지게 된다. Seo *et al.*(1999)의 연구결과에서도 2개의 직종(화학과 전자부품조립)에서만 4조3교대를 채용하였으며, 근무편성은 NNNNN/HH/EEEE/HH/DDDD/HH의 24일 교대주기였다. 이 교대편성은 야간근무가 길게 연속되며 역순환방식이라는 결점이 있으나, 휴일을 연속해서 취할 수 있으므로 근로자의 피로회복에는 유리한 점이 있다. 그러나 본 연구의 결과에서 나타난 바와 같이, 연조전일 3조3교대에서는 연간 계속하여 근무가 지속되므로 근무 편성상으로는 휴일이 전혀 없을 뿐만 아니라, 야간근무가 길게 연속되며, 8시간 정도의 아주 짧은 근무간격시간(주간근무에서 야간근무, 또는

저녁근무에서 주간근무로 교대근무가 바뀔 때)이 자주 발생한다. 그래서 연조전일 3조3교대는 상술한 4조3교대에 비해서 근로자에게 부담이 많이 갈 뿐만 아니라, 피로회복 면에서도 아주 열악한 근무제도라고 할 수 있다. 그래서 이러한 근무제도하에서 교대근무를 계속하면, 수면부족으로 인하여 근로자의 건강에 악영향을 미쳐서 작업중 실수나 상해사고로 연결되기 쉬우며, 사고 위험률도 높아지고(Smith *et al.*, 1994), 경제적 손실도 커진다는 것이 지적되고 있다(Leger, 1994). 본 연구의 대상 직종에서 채용되고 있는 순환방식은 역순환으로서 이 순환방식은 상술한 바와 같이 아주 짧은 근무간격시간이 발생하는 이외에 정순환방식보다 생체에 큰 부담이 있는 것으로 보고되고 있다(Czeisler *et al.*, 1982). 이러한 이유는 원래 인간의 생체에 내재되어 있는 하루주기 리듬의 주기는 24시간보다 길기 때문에(약 25시간), 생활의 위상을 전진시키는 것보다는 지연시키는 편이 비교적 동조하기 쉽기 때문이다 따라서 교대근무 편성을 할 때에 하루주기 리듬의 특성을 고려하여 주간근무 → 저녁근무 → 야간근무의 행태로 소주기가 되는 정순환방식이 바람직하다.

4.2 연령의 영향

Park *et al.*(2000)은 액티그래프를 이용하여 전자부품 조립공장의 연조전일 3조3교대에 종사하는 근로자의 수면·각성행태를 25세 이하, 26~34세 군 및 36세 이상의 3개 군으로 나누어 검토하였다. 그 결과 36세 이상 군에서는 근무중에 가면시간이 길 뿐만 아니라, 근무 이외의 자택에서의 주수면시간도 단축되며, 연령이 증가함에 따라 야간근무를 할 때에 수면적응이 악화된다는 것을 지적했다. 본 연구에서도 근무중 가면이 적은 제강과 압연 2개의 직종에 있어서의 연령이 미치는 영향을 검토해 보았으나, 50대의 근무중 가면시간은 다른 연령군보다 유의하게 길어지고 있지만, 근무 이외의 자택에서의 주수면시간은 연령군에서 유의한 효과를 보이지 않았다. 이와 같이 근무중 가면시간에 대해서는 양쪽 연구가 거의 일치하고 있다. 고령자일수록 근무중에 왜 가면을 길게 취하고 있는지에 대한 이유는 분명하지 않지만, 아마도 고령자일수록 제강이나 압연 작업의 숙련자이며, 현장에서의 감독자 위치에 있게 됨으로써 우선적으로 고령자에게 가면을 취할 수 있도록 하는 직종 근로자집단의 묵시적인 이해가 있다는 것 등이 아마도 영향을 주고 있는 것이라고 생각된다. 근무 이외의 자택에서의 주수면시간에 대해서는 선행 연구와 상위하지만, 본 연구에서는 40대가 3명으로 적음으로써 그 차이가 명확하게 나타나지 않았을 가능성이 많을 것이라고 생각된다.

향후 과제로서는 사례의 수를 현재보다 늘려서 더욱 더 심도 있게 검토해야 할 것으로 판단되며, 교대근무자의 부담을 가능한 한 경감시키기 위해서라도 관습적으로 행해지고 있는 가면의 이점을 재확인하여 이것을 유지시켜 가면서, 보다 부담이 적은 4조3교대제로 이행해 가는 것을 당면 과제로 삼아

야 할 것이며, 이 때에 교대근무자에게 부담이 적고, 수면부족이 축적되지 않는 소주기교대 편성도 고려해야만 할 것이다.

5. 결론

본 연구는 철강업에서 역순환 연조전일3조3교대에 종사하고 있는 59명의 근무자를 대상으로 하여, 액티그래프를 이용해서 근무자의 교대일주기(15일간)를 근무중과 근무 외의 자택에서의 수면·각성 행태에 대하여 검토하였다. 모든 직종에 있어서 야간근무 후에 자택에서의 수면시간은 주간근무나 저녁근무에 비해서 유의하게 단축되나, 야간근무중의 가면시간은 모든 직종에서 주간근무나 야간근무보다 유의하게 연장되고 있다. 직종 면에서 살펴보면, 용광로를 주로 사용하는 흐름작업에서 근무하는 제강 및 압연 직종의 근로자는 출하, 정비, 현장관리의 작업자보다 야간근무중에 가면시간이 유의하게 단축되나, 근무 외의 자택에서의 수면시간은 유의하게 연장되고 있다. 야간근무 기간에 대한 가면시간의 평균적인 비율은 제강 20%, 압연 16%, 정비나 출하 및 현장관리 직종에서 약 50%에 이른다. 그래서 하루주기 리듬 면에서 보더라도, 근무 외의 주간수면에 의존할 수밖에 없는 제강이나 압연 직종은 피로회복 면에서도 불리하다. 그리고 50세 이상의 근로자에 있어서의 야간근무중의 가면시간은 50세 미만의 연령군에 비해서 유의하게 길었다.

이러한 결과에서 알 수 있듯이, 본 연구에서 대상으로 한 연조전일 3조3교대의 근무 편성하에서는, 연간을 통해 휴일이 없으며, 역순환으로 인하여 자주 8시간 정도의 짧은 근무시간이 발생할 뿐만 아니라, 야간근무가 연속되기 때문에 야간근무중에는 수면부족 현상이 축적되기 쉽다. 또한, 이러한 수면부족이 발생하기 쉬운 교대근무 제도하에서 직장생활을 영위해 가기 위해서 야간근무중에 취하는 가면에 대한 역할의 중요성에 대해서도 지적하였다. 50세 이상의 고령자가 야간근무중에 취하는 가면시간이 긴 이유에 대해서는 가령(加齡)으로 인하여 야간근무에의 수면 적응이 어려운 것인지, 혹은 근무자의 지위나 직장 내에서의 고령자에 대한 배려인지에 대해서도 검토하였다.

참고문헌

- Ambulatory Monitoring, Inc. (1996), *Mini motionlogger actigraph user's guide for act*, Ambulatory Monitoring, Inc., New York, USA.
- Cole, R-J., Kripke, D-F., Gruen, W., Mullaney, D-J., and Gillin, J-C. (1992), Automatic sleep/wake identification from wrist activity. *Sleep*, **15**(5), 491-469.
- Czeisler, C-A., Moore-Ede, M-C., and Coleman, R-M. (1982), Rotating shift work schedule that disrupt sleep are improved by applying circadian principles. *Science*, **217**, 460-463.
- Kogi, K. (2001), Healthy shiftwork, healthy shiftworkers. *Journal of Human Ergology*, **30**(1), 3-8.
- Krahn, L-E., Lin, S-C., Wisbey, J., Rummans, T-A., and O'Cobbor, M-K. (1997), Assessing sleep in psychiatric inpatients: Nurse and patient reports versus wrist actigraphy. *Annals Clinical Psychiatry*, **9**(4), 203-210.
- Kripke, D-F., Mullaney D-J., Messin, S., and Wyborney, V-G. (1978), Wrist actigraphic measures of sleep and rhythms. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, **44**(5), 674-676.
- Leger, D. (1994), The cost of sleep-related accidents: A report for the National Commission on Sleep Disorders Research. *Sleep*, **17**(1), 84-93.
- Matsumoto, K. (1978), Sleep patterns in hospital nurses due to shift work: An EEG study. *Waking and Sleeping*, **2**, 169-173.
- Matsumoto, K. (1981), Effects of nighttime naps on body temperature changes, sleep patterns, and self-evaluation of sleep. *Journal of Human Ergology*, **10**(2), 173-184.
- Matsumoto, K., Matsui, T., Kawamori, M., and Kogi, K. (1982), Effects of nighttime naps on sleep patterns of shift workers. *Journal of Human Ergology*, **11**(2), 279-289.
- Matsumoto, K. and Morita, Y. (1987), Effects of nighttime nap and age on sleep patterns of shift workers. *Sleep*, **10**(6), 580-589.
- Matsumoto, K. (1988), *Handbook of Occupational Health: shiftwork system and biorhythm*, The Institute for Science of Labour, Kanakawa, Japan.
- Matsumoto, K. (1989), The present status of shift systems in process industries. *Journal of Science of Labour*, **65**, 590-601.
- Matsumoto, K. and Harada, M. (1994), The effect of night-time naps on recovery from fatigue following night work. *Ergonomics*, **37**(5), 899-907.
- Park, Y-M., Matsumoto, K., Seo, Y-J., Cho, Y-R., and Noh, T-J. (2000), Sleep-wake behavior of shift workers using wrist actigraph. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, **54**(3), 359-360.
- Rutenfranz, J., Knauth, P., and Colquhoun, W. (1976), Hours of Work and Shift Work. *Ergonomics*, **19**, 331-340.
- Sadeh, A., Alster, J., Urbach, D., and Lavie, P. (1989), Actigraphically based automatic bedtime sleep-wake scoring: Validity and clinical applications. *Journal of Ambulatory Monitoring*, **2**, 209-216.
- Sakai, K. (2000), The current situation of shiftwork systems and the improvement of these system. *The Journal of Science of Labour*, **76**(10), 417-440.
- Seo, Y-J., Matsumoto, K., Park, Y-M., Cho, Y-R., and Noh, T-J. (1999), The present types of working hour and shift work systems around Changwon, an heavy industrial area of Korea, and some methods proposed for their improvement, *Journal of Science of Labour*, **75**(3), 9-25.
- Shift Work Committee, Japan Association of Industrial Health. (1979), Opinion on Night Work and Shift Work. *The Journal of Science of Labor*, **55** (Part II), 1-36.
- Shinkoda, H., Matsumoto, K., Hamazaki, J., Seo, Y-J., Park, Y-M., and Park, K-P. (1998), Evaluation of human activities and sleep-wake identification using wrist actigraphy. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, **52**(2), 157-159.
- Smith, L., Folkard, S., and Poole, C-J-M. (1994), Increased injuries on night shift. *The Lancet*, **344**, 1137-1139.