Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 29, No. 3 pp.337-345, June 2010 DOI:10.5143/JESK.2010.29.3.337

액티그래프를 이용한 항공관제사의 수면/각성행동*

서 유 진

경남대학교 건강스포츠학과

Sleep-wake Behavior of Air Traffic Controllers using Wrist Actigraph

Yoo-jin Seo

Department of Exercise Science & Sports Studies, Kyungnam University, Masan, 631-701

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the effects of sleep/wake behavior for shiftwork in air traffic controllers (ATCs) using wrist actigraph for ten workers on a continuous full-day three-team three-shift system of forward rotation including on-duty and off-duty periods. The wrist actigraph data were recorded for three days (one shift cycle) for each subject. The mean activity counts during an on-duty period progressively increased from the night, the swing, to the morning shifts. The doze length during on-duty periods showed decreases in the morning and swing shifts as compared to the night shift. Total sleep time (TST) and sleep efficiency (SE) during off-duty periods increased in the morning-1 and swing-night shift compared to the morning-2 shift. Finally, I discussed the role of doze-taking during the burden on night shift ATCs.

Keyword: Wrist actigraph, Air traffic controllers, Shift workers, Sleep/wake behavior

1. 서 론

항공교통관제업은 24시간 계속하여 항공기를 통제해야 함으로 심야업무를 포함한 교대근무를 해야 할 뿐만 아니라, 높은 난이도와 책임감이 요구되는 직업으로서 작업부하가 많이 걸림으로 인하여 업무수행 중 스트레스를 받아가면서 작업을 할 수 밖에 없는 업종 중 하나이다(Costa, 1993). 그리고 교대근무 중 야간근무를 할 경우에는 졸음(sleepiness)이 엄습하거나 수면부족(sleep loss)을 느끼게 되며(Akerstedt et al., 2002), 수행도가 현저하게 저하되며(Dinges et al., 1997; Belenky et al., 2003; Van Dongen et al., 2003), 안전사고의 발생률이 증가하고(Mitler et al., 1988; Dinges, 1995), 생체 내에서 발생하는 하루주기리듬(circadian rhythm)의 이탈이나 혼란을 비롯하여 인간실수의 증대, 가정생활과 사회생활의 저해, 가족에게 미치는 악영향 증대 및 근로자 자신의 건강에 대해서도 그 유해성을 미치는 경우가 많다(Kogi, 2001). 미국공군에서는 항공교통관제사에 대해서 느린 교대제(slower rotation schedule)로 인한 만성 탈동기성(chronic desynchronosis)을 최소화하고, 교대근무로 인한 만성건강질환을 예방하기 위하여 주간근무(07:00~15:00), 저녁근무(15:00~23:00), 야간근무(23:00~07:00)를 각각 2일간씩 6일간 근무한 후에 48시간 휴무를 취하고 있는 1주기가 8일인 2-2-2의 빠른 정순환교대제(forward rapid shift rotation schedule)로 운영하고 있으나(Monk, 1986; Williamson et al., 1986; Luna

*이 연구결과물은 2008학년도 경남대학교 학술진흥연구비 지원에 의한 것임.
교신저자: 서유진
주 소: 631-701 경남 마산시 월영동 449, 전화: 011-586-7787, E-mail: yoojin@kyungnam.ac.kr

et al., 1997), 아직도 대부분의 국가에서는 빠른 역순환교대제(backward rapid shift rotation schedule)를 채택하여 운영하고 있는 실정이다(Price et al., 1990; Cruz et al., 1995). 3교대제의 경우에 있어서 역순환이란 야간근무→저녁근무→주간근무의 형태로 순환되는 것이며, 정순환이란 주간근무→저녁근무→야간근무의 형태로 순환되는 것을 의미한다. 역순환교대제는 정순환교대제에 비해서 수면의 질(sleep quality)이 저하되고(Vangelova, 2008), 하루주기 리듬의 혼란이 쉽게 야기됨(Boquet et al., 2004)에도 불구하고 항공교통관제업을 포함한 많은 사업체에서 역순환교대제로 운영하고 있는 것은 야간근무에서 저녁근무로 교대될 때에 약 32시간 정도의 비교적 긴 근무간격을 취할 수 있는 장점이 있기 때문이다. 그러나 아침근무에서 야간근무 또는 저녁근무에서 아침근무로 교대할 때에는 8시간 정도의 짧은 근무간격 밖에 취할 수 없어서 휴식조건이나 가정 및 사회생활의 입장에서 볼 때 문제점이 야기될 수 있는 단점을 지니고 있으며, 항공교통관제사 자신에게 산업재해나 질병 등 불의의 사고가 발생하면 다른 근무자가 그 업무를 대신해서 할 수 밖에 없으므로 어쩔 수 없이 16시간 전후의 장시간 연속근무를 해야 하는 문제점도 안고 있다(문세근, 2004). 야간근무와 익일의 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, 직장 내의 관습에 따라서 직장동료 간의 대화를 통하여 야간근무 중에 교대로 가면을 취함으로써 그 부족분을 단기적으로 보충할 수도 있을 것으로 생각된다(문세근, 2004). 야간근무 중 가면에 대해서 회사내규로 공식화 되어 있는 사업체는 아주 드물기 때문에, 비록 실질적으로 가면을 취하고 있다고 할지라도 일반적으로 표면화 시킬 수 없는 측면이 있다. 교대근무를 행하는 대표적 업종 중 하나인 항공교통관제업도 야간근무 중에는 약간의 가면을 취하고 있을 것으로 예상되지만, Signal 등(2009)의 연구를 제외하고는 항공교통관제사를 대상으로 야간근무 중 가면을 중심으로 검토한 선행연구는 거의 없다. 기존의 수면다원검사(polysomnography)에 비해서 손목형액티그라프(wrist actigraph, 이하 액티그라프라고 칭함)는 가볍고 소형이며, 피실험자 자신이 조작할 필요가 거의 없으며, 최장 16일간 연속적으로 자료 수집이 가능할 뿐만 아니라 근무 중이나 가정에서의 일상생활 상태하에서도 수면/각성행동 측정이 가능하다는 등 여러 가지 이점을 갖추고 있는 측정기이다(Ancoli-Israel et al., 2003). 건강한 성인과 우울증과 심신증(psychosomatic disease) 및 수면시무호흡증후군(sleep apnea syndrome) 등의 환자 손목에 액티그라프와 수면다원검사를 동시에 측정한 결과 양자의 수면/각성판정의 일치율이 약 93% 내외로 대단히 높은 것으로 보고되고 있다(Cole et al., 1992). 그러나 현장에서 직접 장기간에 걸쳐서 항공교통관제사에게 액티그라프를 장착하여 수면/각성행동과 가면상태를 검토한 연구는 거의 없는 실정이다. 본 연구의 대상기관은 미국 공군과 동일하게 빠른 정순환교대제를 채택하고 있으나 선행연구에서의 교대제도와는 상이하게 첫째 날 오후 주간근무, 둘째 날 오전 주간근무와 야간근무, 셋째 날 장시간 휴식을 취하는 변형된 정순환 연조전일3조3교대(continuous full-day 3-team 3-shifts systems)로 운영되고 있다. 그래서 본 연구는 정순환 연조전일3조3교대에서의 항공교통관제관의 근무 중 가면상태, 근무 중 및 근무 이외의 수면-각성행동을 평가하여 근무자에게 보다 나은 교대제도를 제공함에 있어서 그 기초자료를 제공하고자 함에 있다.

2. 연구 방법

2.1 피험자

본 연구의 피험자는 A비행부대에서 관제사의 시야범위 내에서 움직이는 항공기 및 장비에 대한 통제임무를 수행하는 항공교통관제관으로서 본 연구의 목적을 이해하고 승낙을 한 최초 피험자는 12명이었으나, 개인적인 사정으로 인하여 액티그라프를 착용한 후 1일 정도 측정하지 않았던 2명을 제외한 유효피험자는 10명이었으며, 피험자의 연령은 27~46세 사이의 건강한 남성근무자로서 평균연령은 33.7±7.00세(평균 ± 표준편차)이었다.

2.2 측정

본 연구는 2009년 1월 5일부터 2월 20일 사이에 측정하였으며, 피험자에게는 본 연구의 목적을 사전에 충분히 설명한 후 측정하는 동안에 개인적인 사정으로 인하여 실험을 계속할 수 없을 경우가 발생하면 언제라도 액티그라프 착용을 중단할 수 있음을 주지시켰다. 피험자에게는 교대일주기인 3일간 액티그라프 활동계를 연속하여 측정함과 동시에 매일 수면시간, 낮잠시간, 운동/휴식시간, 수면/기상시의 기분상태 등의 항목으로 구성되어 있는 수면일지(sleep logs)도 작성하도록 하였다. 액티그라프 활동계는 Ambulatory Monitoring Inc.의 Mini Motionlogger Actigraph를 사용하였다. 액티그라프의 설정은 수면-각성모드, ZCM(zero cross mode), 에포크시간 1분, 증폭기 설정은 18로 초기화한 후, 각 피험자의 보조팔(non-dominant wrist)에 장착하여 연속적으로 측정하였다. 피험자에게는 매일 취침 및

기상할 때에 액티그라프 측면에 설치되어 있는 이벤트마크를 누르도록 지시하였다. 샤워나 목욕을 비롯한 개인적인 사정에 의해서 실험을 중단할 수 밖에 없는 경우를 제외하고는 실험기간 동안 계속하여 보조팔에 장착하도록 지시하였다.

그림 1에서 보는 바와 같이 본 연구의 항공관제 업무는 첫째 날 12:00부터 17:00까지 근무(이하 주간근무_1이라 칭함)한 후, 둘째 날 08:00부터 12:00까지 4시간 근무(이하 주간근무_2라 칭함)하고 5시간을 휴식을 취한 후 곧바로 17:00부터 익일 08:00까지 저녁근무와 야간근무를 연속(이하 저녁야간근무라 칭함)하여 행한다. 그리고 셋째 날 08:00부터 넷째 날 12:00까지 28시간 휴식을 취하는 연조전일3조3교대(continuous full-day 3-team 3-shifts system)로 운영되고 있다.

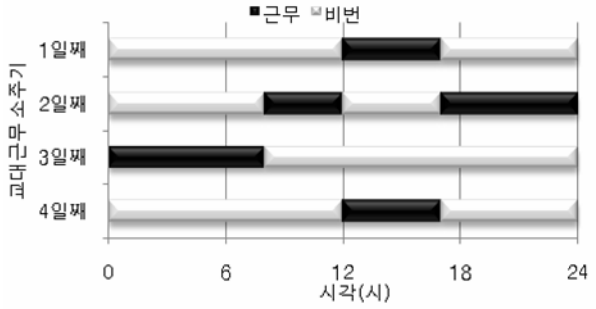


그림 1. 항공교통관제관의 교대작업 프로파일

2.3 자료처리 및 통계적 해석

피험자의 측정기간은 각각 3일간으로서 피험자 10명으로부터 총 30일간의 유효자료를 얻었다. 액티그라프 자료는 먼저 정확한 측정개시시점인 첫째 날 12:00부터 종료시점인 넷째 날 12:00까지의 사이를 정리한 후, 목욕 등으로 인하여 액티그라프를 착용하지 않은 기간을 "bad data"로서 처리하였다. 그 후 액티그라프의 해석 소프트웨어인 "Action W"를 이용하여, 매일의 근무개시시점부터 근무종료시점까지의 기간을 "down interval", 그 이외의 시간인 근무종료시점으로부터 다음 근무가 시작될 때까지의 기간을 "up interval"로 정확하게 구분하였다. 보통 액티그라프 해석은 취침개시시점에서 기상시점까지인 총취침시간(time in bed, TIB)을 "down interval", 그 이외의 시간인 기상시점에서 취침직전까지의 기간을 "up interval"로 처리하는 것이 일반적이다(Dimsdale et al., 2003; Natale et al., 2003). 그러나 본 연구에서는 근무 중 가면행동을 명확하게 해야 할 뿐만 아니라, 특히 교대근무자가 야간근무 이후에 취하는 주간수면에서는 2회 이상으로 분할하여 수면을 취하는 경우가 많고, 어떤 것이 주수면인지 판단하기 어려운 점 등이 있음으로 인하여 통상의 방식과는 반대로 구분하여 분석하였다(Seo et al., 2005). 그리고 매일의 액티그라프 활동량은 Cole 등(1992)의 알고리즘을 이용하여 자동적으로 1분 마다 수면-각성판정을 행하였다. "down interval"과 "up interval" 양쪽 모두에 사용된 수면파라미터로서는 1분간의 평균활동량(mean activity counts), 하루주기리듬 진폭(amplitude of the circadian rhythm), 하루주기리듬의 적합도를 나타내는 리듬적합평균인 메사(mesor), 정점위상(acrophase)이다. 그리고 "down interval" 중에 수면으로 판정된 시간에 대해서는 가면시간(doze length)과 가면회수(doze episode)를 수면파라미터로 하였으며, "up interval" 중에 수면으로 판정된 시간에 대해서는 총수면시간(total sleep time, TST), 수면회수(sleep episode), 수면효율(sleep efficiency, SE), 중도각성시간(wake after sleep onset, WASO)을 수면파라미터로 하였다. 교대근무의 소주기는 주간근무_1, 주간근무_2, 저녁야간근무로 편성되어 있으나, 저녁근무와 야간근무를 연속하여 15시간 동안 근무하기 때문에 근무 중 활동상태를 보다 상세히 분석하기 위하여 저녁야간근무를 저녁근무(17:00~23:00)와 야간근무(23:00~08:00)로 분할하여 분석하였다. 통계적 해석은 SPSS 14.0을 이용하여 매일의 수면파라미터를 각 개인마다 교대근무의 소주기별로 평균과 표준편차를 구하였다. 교대근무의 소주기와 연령을 각각 독립변수로, 수면파라미터를 종속변수로 하는 2원배치분산분석과 Games-Howell의 사후검정을 실시하였으며, 모든 유의수준은 5% 이하로 하였다.

3. 연구결과

3.1 대표적인 교대근무자의 수면-각성행동

그림 2는 피험자의 액티그라프 활동량 자료(raw activity data) 가운데 연령별로 대표적인 근무자의 활동량을 나타낸 액토그램(actogram)이다. 검은 부분은 활동량이 많은 시간대를 나타내고 있으며, 흰 부분일수록 활동량이 적거나 활동량이 전혀 없는 시간대를 나타내고 있다. 가로축은 하루의 교대시간을 나타내고 있으며, 세로축은 교대근무의 소주기를 나타내고 있다. 여기서 '주간_1+2' 주간근무_1과 주간근무_2를 나타낸 것이며, '저녁+야간'은 저녁근무와 야간근무를 나타낸 것이며, '비번'은 근무가 없는 날을 나타낸 것이다. 따라서 이 그림 자체가 각 교대근무자의 교대1주기인 3일 동안의 활동-휴식패턴을 나타내고 있는 것이다. 28세, 37세, 46세 근무자 공히 주간근무에서는 액티그라프의 활동량이 많았으나, 저녁야간근무를 하는 동안에는 37세와

46세 근무자에 비해서 28세 근무자의 활동량이 대체로 증가하는 경향을 보였다.

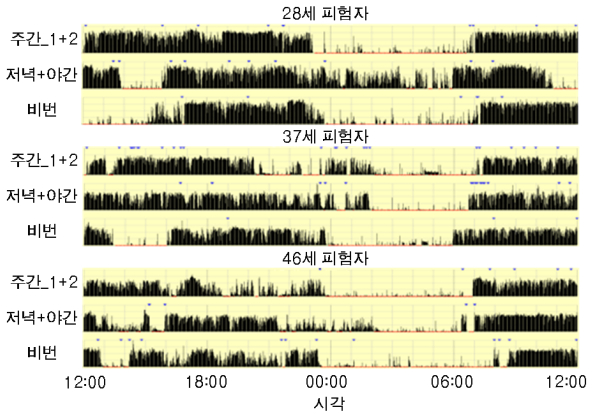
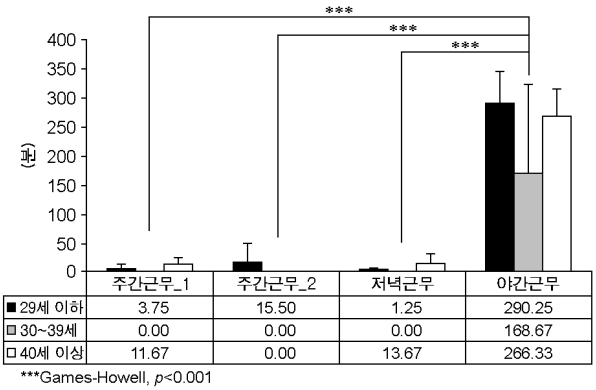


그림 2. 28세, 37세, 46세 피험자의 수면-각성행동 액토그램

3.2 수면-각성 파라미터

그림 3은 근무 중 액티그라프 활동량의 평균과 표준편차를 교대근무의 소주기와 연령별로 나타낸 것이다. 교대근무의 소주기($F_{3,28}$=34.78, p<0.001)와 연령별($F_{2,28}$=8.31, p<0.001)에서는 유의한 차를 보였으나 교호작용에서는 유의한 차를 보이지 않았다. 근무 중 액티그라프 활동량을 교대근무의 소주기별로 다중비교를 한 결과, 야간근무(84.56회±31.24)에 비해서 저녁근무(178.67회±38.38), 주간근무_1(198.96회±35.37), 주간근무_2(202.43회±26.47)의 순으로 근무 중 액티그라프 활동량이 유의하게 증가하였다. 그리고 근무 중 액티그라프 활동량을 연령별로 다중비교한 결과에서는 30~39세 그룹(193.99회±53.75)에 비해서 29세 이하 그룹(159.11회±59.43: Games-Howell, p<0.05)과 40세 이상 그룹(147.71회±54.55: Games-Howell, p<0.01)의 순으로 현저하게 감소한 것으로 나타났다.

그림 4는 근무 중 가면시간의 평균과 표준편차를 교대근무의 소주기와 연령별로 나타낸 것이다. 교대근무의 소주기($F_{3,28}$=59.34, p<0.001)에서만 유의한 차를 보였으며 교호작용에서도 유의한 차를 보이지 않았다. 근무 중 가면시간을 교대근무의 소주기별로 다중비교를 한 결과, 야간근무(246.60분±98.95)에 비해서 주간근무_2(6.20분±9.61), 주간근무_1(5.00분±8.25), 저녁근무(4.60분±9.63)의 순으로 모두 가면시간이 큰 폭으로 감소하였다.

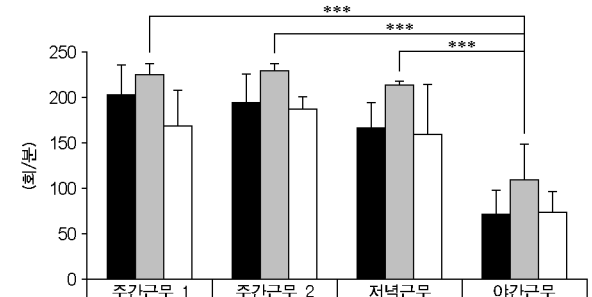


	주간근무_1	주간근무_2	저녁근무	야간근무
■29세 이하	3.75	15.50	1.25	290.25
▨30~39세	0.00	0.00	0.00	168.67
□40세 이상	11.67	0.00	13.67	266.33

***Games-Howell, p<0.001

그림 4. 근무 중 가면시간

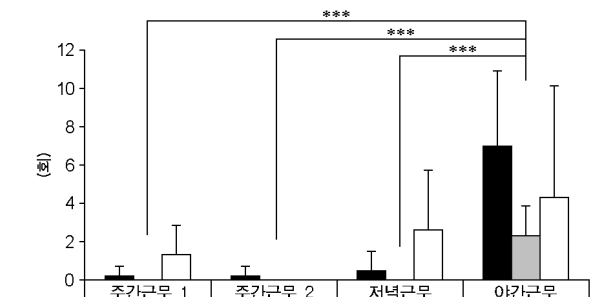
그림 5는 근무 중 가면횟수의 평균과 표준편차를 교대근무의 소주기와 연령별로 나타낸 것이다. 근무 중 가면횟수는 가면시간과 동일하게 교대근무의 소주기($F_{3,28}$=7.88, p<0.001)에서만 유의한 차를 보였으며 교호작용에서도 유의한 차를 보이지 않았다. 근무 중 가면횟수를 교대근무의 소주기별로 다중비교를 한 결과, 야간근무(4.80회±4.16)에 비해서 저녁근무(1.00회±1.94), 주간근무_1(0.50회±



	주간근무_1	주간근무_2	저녁근무	야간근무
■29세 이하	203.02	194.07	166.78	72.56
▨30~39세	224.00	228.61	213.02	110.33
□40세 이상	168.50	187.38	160.17	74.78

***Games-Howell, p<0.001

그림 3. 근무 중 액티그라프 활동량



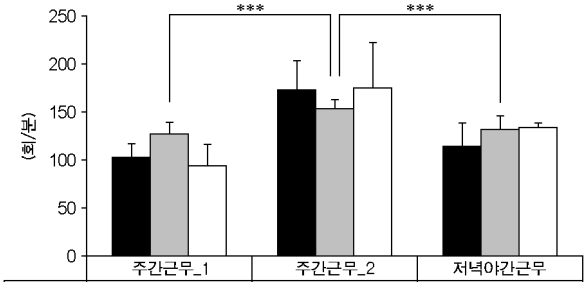
	주간근무_1	주간근무_2	저녁근무	야간근무
■29세 이하	0.25	0.25	0.50	7.00
▨30~39세	0.00	0.00	0.00	2.33
□40세 이상	1.33	0.00	2.67	4.33

***Games-Howell, p<0.001

그림 5. 근무 중 가면횟수

0.97), 주간근무_2(0.10회±0.32)의 순으로 가면횟수가 감소하였다.

그림 6은 근무 종료 직후부터 근무개시 직전까지의 근무 이외의 1인당 평균액티그라프 활동량의 평균과 표준편차를 교대근무의 소주기와 연령별로 나타낸 것이다. 교대근무의 소주기($F_{2,21}$=16.82, p<0.001)에서는 유의한 차를 보였으나 연령별과 교호작용에서는 유의한 차를 보이지 않았다. 근무 외 액티그라프 활동량을 교대근무의 소주기별로 다중비교를 한 결과, 주간근무_2(167.19회±30.16)에 비해서 저녁야간근무(125.22회±17.61)와 주간근무_1(107.25회±20.04) 순으로 각각 큰 폭으로 감소하였으나, 주간근무_1과 저녁야간연속근무 사이에서는 유의한 차를 보이지 않았다.

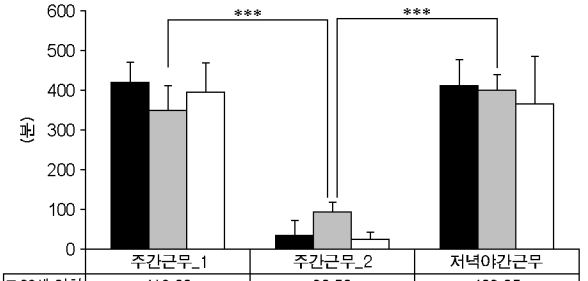


	주간근무_1	주간근무_2	저녁야간근무
■ 29세 이하	102.76	172.24	114.39
▨ 30~39세	126.88	152.70	131.33
□ 40세 이상	93.62	174.96	133.56

***Games-Howell, p<0.001

그림 6. 근무 이외 액티그라프 활동량

그림 7은 근무종료 직후부터 근무개시 직전까지 취한 총수면시간의 평균과 표준편차를 교대근무의 소주기와 연령별로 나타낸 것이다. 교대근무의 소주기($F_{2,21}$=104.25, p<0.001)에서는 유의한 차를 보였으나 연령별과 교호작용에서는 유의한 차를 보이지 않았다. 근무 외 총수면시간을 교대근무의 소주기별로 다중비교를 한 결과, 주간근무_1(389.50분±61.60)과 저녁야간근무(392.00분±74.33)는 주간근무_2(45.00분±39.69)에 비해서 크게 증가하였으며, 주간근무_1과 저녁야간근무의 총수면시간은 거의 동일한 경향을 보였다.

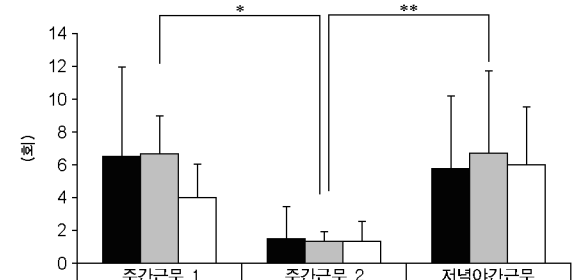


	주간근무_1	주간근무_2	저녁야간근무
■ 29세 이하	418.00	30.50	409.25
▨ 30~39세	348.00	89.00	399.67
□ 40세 이상	393.00	20.33	361.33

***Games-Howell, p<0.001

그림 7. 근무 이외 총수면시간

그림 8은 근무 이외의 수면횟수의 평균과 표준편차를 교대근무의 소주기와 연령별로 나타낸 것이다. 근무 외 수면횟수는 총수면시간과 동일하게 교대근무의 소주기($F_{2,21}$=5.59, p<0.05)에서는 유의한 차를 보였으나 연령별과 교호작용에서는 유의한 차를 보이지 않았다. 근무 외 수면횟수를 교대근무의 소주기별로 다중비교를 한 결과, 주간근무_1(5.80회±3.68)과 저녁야간근무(6.10회±3.87)는 주간근무_2(1.40회±1.27)에 비해서 크게 증가하였으며, 주간근무_1과 저녁야간근무의 수면횟수는 거의 동일한 경향을 보였다.

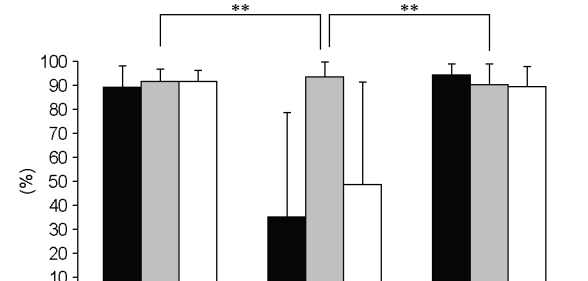


	주간근무_1	주간근무_2	저녁야간근무
■ 29세 이하	6.50	1.50	5.75
▨ 30~39세	6.67	1.33	6.67
□ 40세 이상	4.00	1.33	6.00

**Games-Howell, p<0.01; *Games-Howell, p<0.05

그림 8. 근무 이외 수면횟수

그림 9는 근무 이외 수면효율의 평균과 표준편차를 교대근무의 소주기와 연령별로 나타낸 것이다. 근무 외 수면효율은 교대근무의 소주기($F_{2,21}$=2.04, p<0.01)에서는 유의



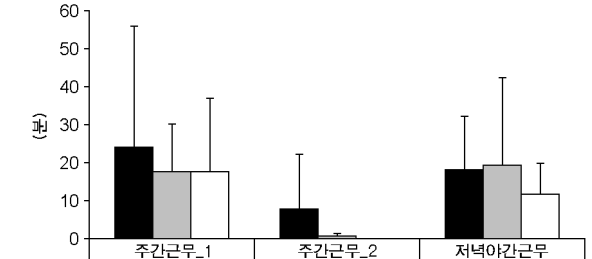
	주간근무_1	주간근무_2	저녁야간근무
■ 29세 이하	89.29	35.19	94.19
▨ 30~39세	91.61	93.37	90.11
□ 40세 이상	91.44	48.79	89.48

**Games-Howell, p<0.01

그림 9. 근무 이외 수면효율

한 차를 보였으나 연령별과 교호작용에서는 유의한 차를 보이지 않았다. 근무 외 수면효율을 교대근무의 소주기별로 다중비교를 한 결과, 주간근무_1(90.63%±6.15)과 저녁야간근무(91.55%±6.46)는 주간근무_2(56.72%±41.34)에 비해서 크게 증가하였으며, 주간근무_1과 저녁야간근무의 수면효율은 거의 동일한 수준을 보였다.

그림 10은 근무 외의 중도각성시간의 평균과 표준편차를 교대근무의 소주기와 연령별로 나타낸 것이다. 근무 외 중도각성시간은 교대근무 소주기, 연령별, 교호작용 모두 유의한 차를 보이지 않았으나, 주간근무_1(20.00분±21.69), 저녁야간근무(16.40분±14.49), 주간근무_2(3.20분±9.09) 순으로 감소하는 경향을 보였다.

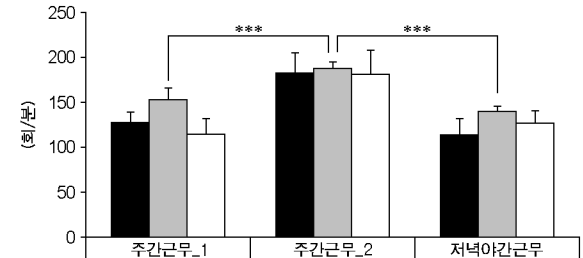


	주간근무_1	주간근무_2	저녁야간근무
■ 29세 이하	24.00	7.75	18.00
▨ 30~39세	17.33	0.33	19.33
□ 40세 이상	17.33	0.00	11.33

그림 10. 근무 이외 중도각성시간

그림 11은 하루주기리듬의 진폭의 평균과 표준편차를 교대근무의 소주기와 연령별로 나타낸 것으로, 교대근무의 소주기($F_{2,21}$=36.49, p<0.001)와 연령별($F_{2,21}$=4.37, p<0.05)에서는 유의한 차를 보였으나 교호작용에서는 유의한 차를 보이지 않았다. 하루주기리듬의 진폭을 교대근무의 소주기별로 다중비교를 한 결과 주간근무_1(105.33회±20.77)에 비해서 주간근무_2(54.31회±30.62)와 저녁야간근무(29.20회±10.77)의 순으로 감소하였으며, 연령별에서는 30~39세 그룹(77.88회±34.89)이 40세 이상 그룹(50.75회±33.13)에 비해서 증가하는 경향을 보였다(Games-Howell, p<0.05).

그림 12는 하루주기리듬의 적합도를 나타내는 리듬적합평균인 메사의 평균과 표준편차를 교대근무의 소주기와 연령별로 나타낸 것으로, 교대근무의 소주기($F_{2,21}$=35.66, p<0.001)와 연령별($F_{2,21}$=4.13, p<0.05)에서는 유의한 차를 보였으나 교호작용에서는 유의한 차를 보이지 않았다. 메사를 교대근무의 소주기별로 다중비교를 한 결과 주간근무_2(182.85회±18.62)에 비해서 주간근무_1(129.64회±20.73)과 저녁야간근무(123.98회±17.18)는 유사한 수준으로 낮았으며, 연령별에서는 30~39세 그룹(158.95회±22.99)보다 29세 이하 그룹(140.01회±35.43, Games-Howell, p<0.05)과 40세 이상 그룹(139.33회±36.00, Games-Howell, p<0.05)이 각각 유사한 수준으로 낮아지는 경향을 보였다.

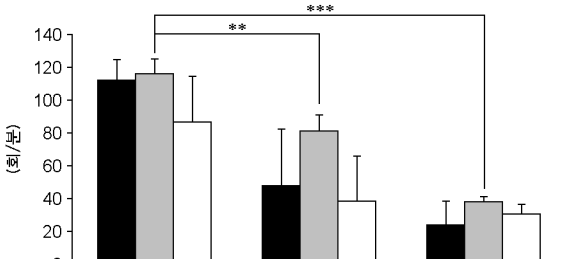


	주간근무_1	주간근무_2	저녁야간근무
■ 29세 이하	126.11	181.85	112.08
▨ 30~39세	151.90	186.55	138.39
□ 40세 이상	112.08	180.48	125.43

***Games-Howell, p<0.01

그림 12. 메사

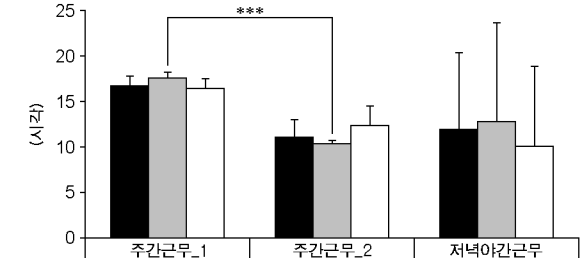
그림 13은 정점위상의 평균과 표준편차를 교대근무의 소주기와 연령별로 나타낸 것으로, 교대근무의 소주기($F_{2,21}$



	주간근무_1	주간근무_2	저녁야간근무
■ 29세 이하	112.19	47.32	23.17
▨ 30~39세	115.84	80.85	35.94
□ 40세 이상	85.67	37.09	29.49

***Games-Howell, p<0.001; **Games-Howell, p<0.01

그림 11. 하루주기리듬의 진폭



	주간근무_1	주간근무_2	저녁야간근무
■ 29세 이하	16.78	11.09	12.01
▨ 30~39세	17.55	10.36	12.82
□ 40세 이상	16.44	12.35	10.06

***Games-Howell, p<0.001

그림 13. 정점시각

=98.37, $p<0.05$)에서는 유의한 차를 보였으나 연령별과 교호작용에서는 유의한 차를 보이지 않았다. 교대근무의 소주기별 정점위상의 시각은 주간근무_1이 16.9시±0.89, 주간근무_2가 11.24시±1.7, 저녁야간근무가 11.67시±8.2로서 주간근무_2와 저녁야간근무는 비슷한 경향을 보였다.

4. 결론 및 검토

4.1 근무 중 가면

근무지에서 가면을 취하는 것이 인정되지 않을 뿐만 아니라, 근무에 있어서도 제한이 심한 관제업무에 종사하는 교대근무자를 대상으로 액티그라프 활동량으로 판정한 수면-각성행동을 분석한 결과 주요한 결과는 다음과 같다. 근무 중 액티그라프의 활동량은 교대주기의 소주기에서 야간근무, 저녁근무, 주간근무_1, 주간근무_2의 순으로 증가하였으며, 연령별에서는 30~39세 그룹이 29세 이하 그룹과 40세 이상 그룹에 비해서 활동량이 현저하게 많았다. 근무 중 가면시간은 주간근무_1, 주간근무_2, 저녁근무에서는 각각 평균 약 5.3분으로 비교적 짧았으나 야간근무에서는 246분으로 거의 주수면에 가까운 가면을 취했으며, 특히 40세 이상 그룹과 29세 이하 그룹은 30~39세 그룹에 비해서 야간근무를 하는 동안에 약 2시간 정도 더 긴 가면을 취하였다. 한편 30~39세 그룹은 다른 2그룹에 비해서 야간근무 시 상대적으로 가면을 적게 취함에도 불구하고 주간근무 및 저녁근무에서 전혀 가면을 취하지 않았다. 이러한 결과는 Seo 등(2000)의 교대근무자를 대상으로 한 질문지에 의한 횡단연구와 Luna 등(1997)의 22~46세 사이의 근로자를 대상으로 교대근무와 연령에 따른 선행연구에서 고령자로 갈수록 액티그라프 활동량과 근무 중 가면시간이 길어진다는 것을 지적한 것과는 상반된 결과를 보이고 있다. 즉 29세 이하 그룹의 가면시간이 40세 이상 그룹과 거의 동일한 수준을 보인 것은 업무 특성상 야간에는 업무가 거의 없는 특수한 상황에 기인된 것으로 생각되며, 30~39세 그룹이 가면시간이 짧은 것은 야간근무를 할 때에 수반될 수 있는 수면부족을 가능한 한 확보하기 위하여 주간근무_2 이후의 휴식기간 동안 다른 연령층에 비해서 약 3배 이상 많은 수면을 취하고 있는 것에 기인한 것으로, 이러한 수면행동은 Seo 등(2005)이 선행연구에서 언급한 것과 마찬가지로 각 개인이 교대근무를 지속하기 위한 대처노력(coping effort)의 일환인 동시에 현재의 조직체재상 이 그룹이 중견근무자의 위치에 있기 때문에 근무자 스스로가 책임감과 업무성취감을 느끼고 업무를 수행하고 있기 때문인 것으로 판단된다. 한편, 야간근무 중에 취하는 가면에는 여러 가지의 효과가 있는 것으로 알려져 있으며(Matsumoto et al., 1982; Matsumoto et al., 1987; Matsumoto et al., 1994; Saito et al., 1996), 특히 하루주기리듬의 저점(nadir)에 가까운 곳에서 취하는 가면은 야간근무에 의하여 발생되는 하루주기리듬의 혼란을 줄여 줄 수 있는 앵커수면효과(anchor sleep effect)(Matsumoto, 1981; Minors et al., 1981; Minors et al., 1983)와 피로를 어느 정도 완화시킬 수 있는 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Dimsdale et al., 2003). 그리고 가면을 1~2시간 정도 취한다면 10시간 정도의 작업이나 각성을 개선 또는 유지할 수 있는 효과가 있음도 보고되고 있다(Gillberg, 1984; Dinges, 1988). 본 연구에서 대상으로 한 근무지에서는 야간근무에서 가면을 인정하지 않고 있으나, 연령이 상대적으로 많은 피험자를 비롯한 모든 피험자가 야간근무 중에 충분한 가면을 취하고 있음으로 근무를 하는 동안에 수면-각성행동으로 인한 수행도 저하는 매우 낮을 것으로 예측된다.

4.2 근무 이외의 수면/각성행동 및 리듬

근무종료 시각부터 근무개시 시각 직전까지 취한 근무 이외의 수면-각성행동 중 주간근무_2(08:00~12:00)의 연령별 총수면시간은 평균 약 46분으로서 단지 수면시간의 길이의 입장에서만 본다면 주수면으로 간주하기 어려운 면도 있으나, 교대근무 편성 면에서 보면 이 시간대의 활용도에 따라서 저녁야간근무의 형태가 결정될 수 밖에 없는 아주 중요한 근무시간대이다. 즉 근무 이외의 주간근무_2에서 29세 이하 그룹의 총수면시간이 짧을 뿐만 아니라 수면효율도 약 35% 밖에 되지 않음으로 인하여 근무 중 저녁야간근무를 하는 동안에 가면시간이 가장 길어지는 현상을 보이고 있는 것이다. 한편 근무 이외 저녁야간근무에서 40세 이상 그룹의 총수면시간이 가장 짧은 것은 연령이 증가할수록 총수면시간이 단축된다는 선행연구와 일치하고 있다(Youngstedt et al., 2001; Yoon et al., 2003). 근무 외 수면효율에서 주간근무_2가 약 57%로서 주간근무_1과 저녁야간근무의 약 91%에 비해서 34% 정도 낮은 것은 주간근무_2는 본 연구에 있어서는 주수면으로 분류할 수 밖에 없으나 실제로는 주간(12:00~17:00)에 수면을 취하고 있는 것에 기인한 것으로 판단된다. 교대주기의 소주기를 항공교통관제관을 대상으로 코사이나 분석(cosinor analysis)에 의해서 분석한 선행연구는 거의 없기 때문에 비교하기는 어려우나, 본 연구에서 하루주기리듬의 적합도를 나타내는 메사에서 주간근무_1이 주간근무_2보다 메사수준이 낮은 것은 주간근무_1 이전의 휴식시간이 28시간으로 정상보다 너무 길어서 그 영향이 휴식 다음날인 주간근무_1에 영향을 끼친 것으로 판단된다. 교대주기의 소주기에 있어서 정점위상

은 주간근무_1과 주간근무_2 모두 근무가 종료되는 시점과 가까운 16.9시와 11.2시에 나타나는 특징을 보였다. 이러한 결과는 불가리아 국제공항 항공교통관제관을 대상으로 교대제도를 연구한 Stoynev 등(1998)의 선행연구의 결과인 교대제도 자체가 하루주기리듬을 변화시키지 않으며 비동기화(desynchronization)를 유발시키지도 않음을 지적한 것과 거의 유사한 경향을 보이고 있으나, Costa(2003)의 선행연구에서 지적한 바와 같이 교대근무자는 정상근무자에 비해서 위장장해나 심장장해 등 건강에 심각한 문제가 초래될 수 있다라는 점에 주의를 기울일 필요가 있을 것으로 판단된다. 그리고 교대제도를 어떻게 설계하는가에 따라서 수면/각성리듬과 건강에 큰 영향을 미치는 것은 주지의 사실이나, 최적의 교대제도는 존재하지 않음으로 교대작업으로 인하여 유발될 수 있는 문제점을 최소화할 수 있는 교대제도를 마련할 필요가 있다(Knauth, 1983). 본 연구 대상자들의 교대작업에 있어서의 작업시간 주기와 분포를 보면 근무 2일째에는 같은 날에 주간근무와 저녁근무를 포함하여 야간근무까지 하고 있는데, 이것은 교대근무와 교대근무 사이는 피로증가와 수면부족을 감소시키기 위하여 ILO에서 1990년에 규정한 교대작업에 관한 국제규정에서 권장하고 있는 최소한 11시간 이상의 교대주기 간격을 유지해야 함(Kogi, 1998)에도 반하는 변형된 정순환 연조전일3조3교대로 운영되고 있다. 그래서 향후 교대제도를 개선함에 있어서는 먼저 Luna 등(1997)이 항공교통관제관에게 문제점이 있다고 지적한 빠른 정순환 2-2-2와 같은 3조3교대제를 배제하고, Seo 등(1999)이 창원시에 소재하고 있는 50개 업체에서 시행하고 있는 61가지의 교대제도를 대상으로 문제점을 분석하고 개선안을 제안한 것 중에서 다른 교대근무에 비해서 근무자의 사회생활 증진이나 건강장해를 감소시키기에 상대적으로 유리한 교대제도라고 추천한 3-3-3 후에 72시간 휴무와 같은 정순환 연조전일 4조 3교대로 편성할 것을 권장하고 싶다. 이러한 것과 더불어 Knauth 등(2003)이 인간공학적인 면에서 권장하고 있는 교대순서(주간 · 저녁 · 야간근무는 각각 최대 연속 3일 이하 근무할 것, 정순환 도입 등), 교대근무시의 작업시간 길이(저녁근무와 야간근무의 연속근무 금지 등), 교대근무시의 작업시간 시점(저녁근무는 가급적 22:00전에 마감할 것, 야간근무의 마감시간은 빠를수록 좋다 등) 등과 같은 제반 요소를 복합적으로 고려하여 교대근무편성을 하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

참고 문헌

문세근, 서유진, Matsumoto K., 박영만, 하태영, "액티그라프를 이용한 철강업 교대근무자의 수면/각성행동", 대한산업공학회지, 30(3), 181-189, 2004.

Akerstedt, T., Knutsson, A., Westerholm, P., Theorell, T., Alfredsson, L. and Kecklund, G., Work organization and unintentional sleep: results from the WOLF study, *Occupational and Environmental Medicine*, 59(9), 595-600, 2002.

Ancoli-Israel, S., Cole, R., Alessi, C., Chambers, M., Moorcroft, W. and Pollak, C. P., The role of actigraphy in the study of sleep and circadian rhythms, *Sleep*, 26(3), 342-392, 2003.

Belenky, G., Wesensten, N. J., Thorne, D. R., Thomas, M. L., Sing, H. C., Redmond, D. P., Russo, M. B. and Balkin, T. J., Patterns of performance degradation and restoration during sleep restriction and subsequent recovery: a sleep dose-response study, *Journal of sleep research*, 12(1), 1-12, 2003.

Boquet, A., Cruz, C., Nesthus, T., Detwiler, C., Knecht, W. and Holcomb, K., Clockwise and counterclockwise rotating shifts: effects on temperature and neuroendocrine measures, *Aviation, space, and environmental medicine*, 75(10), 898-904, 2004.

Cole, R. J., Kripke, D. F., Gruen, W., Mullaney, D. J. and Gillin J. C., Automatic sleep/wake identification from wrist activity, *Sleep*, 15(5), 461-469, 1992.

Costa, G., Evaluation of workload in air traffic controllers, *Ergonomics*, 36(9), 1111-1120, 1993.

Costa, G., Shift work and occupational medicine: an overview, *Occupational Medicine*, 53(2), 83-88, 2003.

Cruz, C. and Della Rocco, P., "Investigation of sleep patterns among air traffic control specialists as a function of time off between shifts in rapidly rotating work schedules", *Proceedings of the 8th International Symposium on Aviation Psychology*, pp. 974-979, 1995.

Dimsdale, J. E., Ancoli-Israel, S., Elsmore, T. F. and Gruen, W., Taking fatigue seriously: I. Variations in fatigue sampled repeatedly in healthy controls, *Journal of Medical Engineering & Technology*, 27(5), 218-222, 2003.

Dinges, D. F., Whitehouse, W. G., Orne, E. C. and Orne, M. T., The benefits of a nap during prolonged work and wakefulness, *Work & Stress*, 2(2), 139-153, 1988.

Dinges, D. F., An overview of sleepiness and accidents. *Journal of sleep Research*, 4(2), 4-14, 1995.

Dinges, D. F., Pack, F., Williams, K., Gillen, K. A., Powell, J. W., Ott, G. E., Aptowicz, C. and Pack, A. I., Cumulative sleepiness, mood disturbance, and psychomotor vigilance performance decrements during a week of sleep restricted to 4-5 hours per night, *Sleep*, 20(4), 267-277, 1997.

Gillberg, M., The effects of two alternative timings of a one-hour nap on early morning performance, *Biological Psychology*, 19(1), 45-54, 1984.

Knauth, P., Eichhorn, B., Löwenthal, I., Gärtner, K. H. and Rutenfranz, J., Reduction of nightwork by re-designing of shift-rotas, *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 51(4), 371-379, 1983.

Knauth, P. and Hornberger, S., Preventive and compensatory measures for shift workers, *Occupational Medicine*, 53(2), 109-116, 2003.

Kogi, K., International regulations on the organization of shift Work,

Scandinavian journal of work, environment & health, 27(suppl. 3), 7-12, 1998.

Kogi, K., Healthy shiftwork, healthy shiftworkers, *Journal of Human Ergology*, 30(1), 3-8, 2001.

Luna, T. D., French, J. and Mitcha, J. L., A study of USAF air traffic controller shiftwork: sleep, fatigue, activity, and mood analyses, *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 68(1), 18-23, 1997.

Matsumoto, K., Effects of nighttime naps on body temperature changes, sleep patterns, and self-evaluation of sleep, *Journal of Human Ergology*, 10, 173-184, 1981.

Matsumoto, K., Matsui, T., Kawamori, M. and Kogi, K., Effects of nighttime naps on sleep patterns of shiftworkers, *Journal of Human Ergology*, 11(Supplement), 279-289, 1982.

Matsumoto, K. and Morita, Y., Effects of nighttime nap and age on sleep patterns of shift workers, *Sleep*, 10(6), 580-589, 1987.

Matsumoto, K. and Harada, M., The effect of night-time naps on recovery from fatigue following night work, *Ergonomics*, 37(5), 899-907, 1994.

Minors, D. S. and Waterhouse, J. M., Anchor sleep as a synchronizer of rhythms on abnormal routines, *International Journal of Chronobiology*, 7(3), 165-188, 1981.

Minors, D. S. and Waterhouse, J. M., Does 'anchor sleep' entrain circadian rhythms? Evidence from constant routine studies, *The Journal of Physiology*, 345, 451-467, 1983.

Mitler, M. M., Carskadon, M. A., Czeisler, C. A., Dement, W. C., Dinges, D. F. and Graeber, R. C., Catastrophes, sleep, and public policy: consensus report, *Sleep*, 11(1), 100-109, 1988.

Monk, T. H., Advantages and disadvantages of rapidly rotating shift schedules: A circadian viewpoint, *Human Factors*, 28(5), 553-557, 1986.

Natale, V., Martoni, M. and Cicogna, P., Effects of circadian typology on sleep-wake behavior of air traffic controllers, *Psychiatry and clinical neurosciences*, 57(5), 539-541, 2003.

Price, W. J. and Holley, D. C., Shiftwork and safety in aviation, *Occupational medicine*, 5(2), 343-377, 1990.

Saito, Y. and Sasaki, T., The effect of length of a nocturnal nap on fatigue feelings during subsequent early morning hours, *Journal of Science of Labour*, Part II 72(1), 15-23, 1996.

Seo, Y. J., Matsumoto, K., Park, Y. M., Cho, Y. R. and Noh, T. J., 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, *The Journal of Science of Labor*, 75(3), 9-25, 1999.

Seo, Y. J., Matsumoto, K., Park, Y. M. and Shinkoda, H., The relationships between sleep and shift system, age and chronotype in shift workers, *Biological Rhythm, Research*, 31(5), 559-579, 2000.

Seo, Y. J., Matsumoto, K., Park, Y. M., Moon, S. K. and Hayasaka, M., The effect of age on sleep/wake behavior of shift workers assessed by wrist actigraphy. *Biological Rhythm Research*, 36(3), 219-228, 2005.

Signal, T. L., Gander, P. H., Anderson, H. and Brash, S., Scheduled napping as a countermeasure to sleepiness in air traffic controllers, *Journal of sleep research*, 18(1), 11-19, 2009.

Stoynev, A. G. and Minkova, N. K., Effect of forward rapidly rotating shift work on circadian rhythms of arterial pressure, heart rate and oral temperature in air traffic controllers, *Occupational medicine*, 48(2), 75-79, 1998.

Van Dongen, H. P., Maislin, G., Mullington, J. M. and Dinges, D. F., The cumulative cost of additional wakefulness: dose-response effects on neurobehavioral functions and sleep physiology from chronic sleep restriction and total sleep deprivation, *Sleep*, 26(2), 117-126, 2003.

Vangelova, K., The effect of shift rotation on variations of cortisol, fatigue and sleep in sound engineers, *Industrial health*, 46(5), 490-493, 2008.

Williamson, A. M. and Sanderson, J. W., Changing the speed of shift rotation: A field study, *Ergonomics*, 29(9), 1085-1096, 1986.

Yoon, I. Y., Kripke, D. F., Youngstedt, S. D. and Elliott, J. A., Actigraphy suggests age-related differences in napping and nocturnal sleep, *Journal of sleep research*, 12(2), 87-93, 2003.

Youngstedt, S. D., Kripke, D. F., Elliott, J. A. and Klauber, M. R., Circadian abnormalities in older adults, *Journal of Pineal Research*, 31(3), 264-272, 2001.

◐ 저자 소개 ◑

❖ 서 유 진 ❖ yoojin@kyungnam.ac.kr
일본동아대학 생체정보시스템전공 박사
현 재: 경남대학교 건강스포츠학과 교수
관심분야: 수면학, 교대작업

논 문 접 수 일 (Date Received) : 2010년 02월 22일
논 문 수 정 일 (Date Revised) : 2010년 04월 19일
논문게재승인일 (Date Accepted) : 2010년 04월 19일