대한산업의학회지 제 16 권 제 1 호 (2004년 3월)
Korean J Occup Environ Med, 2003;16(1):57-69

육체적 작업부하가 타액 코르티솔농도에 미치는 영향

부산의대 예방의학 및 산업의학교실, 보람병원 산부인과[1], 대우병원 산업의학과[2],
강원대학교 의과대학 예방의학교실[3], 부산백병원 산업의학과[4]

강동묵 · 손병민[1] · 고상백[2] · 손미아[3] · 김정원[4] · 장준호 · 조병만 · 이수일

— **Abstract** —

Effects of Physical Workload on Salivary Cortisol Level

Dong Mug Kang, Byung Min Son[1], Sang Baek Koh[2], Mia Son[3],
Jongwon Kim[4], Junho Jang, Byung Mann Cho, Su Ill Lee

Department of Preventive and Occupational Medicine, College of Medicine, Pusan National University
Department of Obstetrics & Gynecology, Boram Hospital[1]
Department of Occupational Medicine, Daewoo Hospital[2]
Department of Preventive Medicine, College of Medicine, Kangwon National University[3]
Department of Occupational & Environmental Medicine, Pusan Paik Hospital[4]

Objectives: Workload is known to affect the hypothalamus-pituitary-adrenal axis. Although many studies had revealed that job stress related factors could affect the neuroendocrine system among blue-collar workers, these studies had limitations as they had not evaluated the workload by objective methods which took into consideration individual physiological differences. This study was conducted to evaluate the effects of physical workload adjusted job stress on cortisol regulation by using objective tools for workers having various job tasks.

Methods: Among 110 foundry workers, shipyard workers, and fine machine assemblers for whom saliva samples were obtained, 102 without any past history of conditions that could affect hormonal regulation such as diabetes, and hypertension were included in this study. Among the 102 study participants, 15 workers whose saliva for morning or afternoon or heart rate monitoring data was not attained were excluded from the final analysis. Workload was evaluated by RHR (relative heart rate) using a heart rate monitor, and job stress was evaluated by Karasek's Job Content Questionnaire. Saliva samples were gathered during 8~9 am and 5~6 pm, and salivary cortisol levels were analysed by radioimmunoassay.

Results: After adjusting several variables which could effect cortisol secretion including job stress, among the higher RHR group morning salivary cortisol level was increased (β=60.32, S.E.=26.35, p=0.0266), afternoon salivary cortisol level was decreased (β=-7.43, S.E.=29.73, p=0.8044), and salivary cortisol level difference between morning and afternoon was increased (β=72.10, SE=35.50, p=0.0509).

Conclusions: As physical workload increases morning cortisol level, which is caused by the effect of arousal, and decreases afternoon cortisol level, which is caused by exhaustion, physical workload enlarges the width of diurnal cortisol variance. Therefore, physical exhaustion due to excessive workload could have adverse effects on the neuroendocrine system.

Key Words: Salivary cortisol, Physical workload, Relative heart rate

<접수일: 2003년 12월 26일, 채택일: 2004년 2월 6일>

교신저자: 강 동 묵 (Tel: 051-240-7741) E-mail: kangdm@pusan.ac.kr

서 론

작업부하가 인체에 미치는 영향에 대한 연구와 관련하여 두 가지 신경내분비계 (neuroendocrine system)가 주목받고 있다. 하나는 교감신경계-부신수질에 대한 것으로 에피네프린과 노르에피네프린 분비에 관여하고, 다른 하나는 시상하부-뇌하수체-부신피질 (hypothalamus-pituitary-adrenal: HPA) 축으로 코르티솔의 분비에 관여한다 (Frankenhaeuser et al., 1989; Henry, 1992; Folkow, 2000).

작업부하에 대한 내분비계 반응은 혈액 또는 소변을 통해 분비된 호르몬 농도 측정을 통해 평가할 수 있고, 코르티솔 농도는 타액을 통해서도 측정이 가능하다. 작업자를 대상으로 하는 연구에서는 소변이나 타액을 얻는 것이 혈액을 얻는 것보다는 더 용이하다. 타액 코르티솔을 이용한 연구의 장점은 첫째, 타액 코르티솔은 생리적으로 활성인 혈장 유리 코르티솔의 좋은 지표가 되며 (Mosnier-Pudar et al., 1995), 둘째, 혈장 코르티솔 농도와 소변 코르티솔 농도의 관계에 비해, 혈장 코르티솔 농도와 타액 코르티솔 농도는 매우 짧은 시간 (1~2분)을 두고 비례하며, 셋째, 타액 분비 속도는 타액 코르티솔 농도에 영향을 미치지 않으므로, 타액이 적게 나오더라도 문제가 적다 (Kirschbaum & Hellhammer, 1989; Meeran et al., 1993). 마지막으로 연구대상에 불편함을 주지 않아 일시적인 스트레스로 인한 영향이 적고, 작업에 방해를 주지 않음으로써 실제 상황을 잘 반영할 수 있다. 이러한 장점 때문에 타액 코르티솔 농도는 최근의 여러 연구에서 작업부하 및 직무스트레스에 대한 신경내분비 반응의 지표로 자주 이용되고 있다.

초기 다수의 연구들에서 작업부하가 스트레스를 증가시켜 타액 코르티솔의 농도를 증가시킬 것이라는 가설하에서 작업을 하고 있는 기간과 휴일동안의 타액 코르티솔 농도 차이를 관찰하였으나, 두 기간 동안의 농도 차이를 발견하지 못하였다 (Frankenhaeuser et al., 1989; Harenstam&Theorell, 1990; Lundberg et al., 1989; Pollard et al, 1996). 동일한 집단 내에서 단순히 작업기간과 휴일동안을 스트레스가 있고 없는 것으로 분류하여 작업부하로 인한 신경내분비반응을 추정하는 것은, 만성적인 스트레스로 인하여 생체의 조절기능이 고갈된 집단에서는 두기간 사이에 생리학적 변동이 없거나 적어 스트레스의 효과를 관찰하기 어렵다는 문제가 있다. 따라서 동일한 집단이 아닌 만성적 스트레스군과 대조군을 비교한 연구들이 이루어졌다. Okenfels 등 (1995)은 취업자와 무직자에 대한 연구에서 무직자는 취업자에 비해 코르티솔 분비가 아침 (오전 8~9시)에 유의하게 증가하고 저녁 (저녁 8~9시)에 낮은 경향을 보고하였으나, Steptoe 등 (1998)은 직무긴장이 높은 군에서 타액 코르티솔 농도가 낮다고 보고함으로써 스트레스가 타액 코르티솔 농도를 증가시킬 것이라는 가설을 증명하는 데 실패하였다. 그러나 Steptoe 등 (1998)의 연구는 코르티솔의 일중 변동을 연구에 포함시키지 않은 한계를 가지는데, 코르티솔 분비는 일중 변동이 심해 아침에 최고를 이루었다가 시간이 갈수록 떨어지는 것으로 알려져 있다 (Kirschbaum & Hellhammer, 1989). 이 연구를 전후하여 코르티솔의 표본채취시간을 엄격히 규제하고 일중의 변동을 감안한 수일간의 코르티솔을 연속 채취하는 연구들이 시행되었다. Schulz 등 (1998)은 100명의 학생들에 대해 설문지를 통해 작업부하를 측정한 연구를 통해 만성적인 작업부하 스트레스가 타액 코르티솔 농도를 증가시킨다고 보고하였다. Steptoe 등 (2000)은 직무요구도와 자율성이 차이가 나는 교사에 대한 연구에서 오전 중의 코르티솔 농도는 직무긴장이 높은 군에서 높았고, 직무긴장이 높은 군, 직무자율성이 낮은 군에서 오전-오후 코르티솔 농도의 차이가 커지며 이중 직무자율성에서만 통계적으로 유의하였다고 보고하였다.

그러나 Schulz (1998) 등과 Steptoe 등 (2000)의 연구는 작업부하 평가를 설문에 의존함으로써 객관적으로 측정하지 못한 점과 비교적 직무가 동일한 단일 직종을 대상으로 하여 직무요구도와 직무자율성의 차이를 반영하지 못했다는 한계를 갖는다. 이에 비해 Zeiter 등 (1996)은 항공관제사를 대상으로 항공기의 숫자, 무선통신의 횟수 등을 객관적으로 측정한 작업부하와 타액 코르티솔 농도의 관계를 연구하였는데, 타액 코르티솔은 실제의 직무요구도와 인지된 직무요구도와 관련이 있었다. 그러나 이 연구 또한 단일한 직종에 한정된 것이라는 단점을 가

지고 있다. 육체적, 정신적 또는 육체적-정신적 혼합 작업의 신경내분비 반응성에 대한 영향을 보고자 Sluiter 등 (2000)은 세 가지 다른 직무 특성을 가진 작업자들을 대상으로 작업을 실시간으로 측정하여 컴퓨터로 분석한 객관적인 작업부하지표 및 직무스트레스와 요중 코르티솔과의 관계를 연구하여 정신-육체 혼합작업자에서 호르몬의 기저치가 높다고 보고하였다. 그러나 동일한 일을 하더라도 개개인의 신체적 차이에 따라 작업부하가 다를 수 있어, 작업부하를 측정할 때에는 개개인의 생리적 차이를 포함하여야 할 필요성이 있는데, 앞서의 연구들에서 객관적인 작업부하를 정량적으로 평가한 연구들조차 개개인의 생리적 차이를 반영하지 못한 제한점을 가지고 있다. Wu와 Wang (2002)은 대만인을 대상으로 한 실험연구에서, 안전한 작업을 위해서는 육체적 작업부하에 따른 최대 허용 작업시간을 설정할 필요가 있다고 하였고, 개인적인 생리적 차이를 포함한 지표인 $\%VO_{2max}$와 relative heart rate (RHR)를 육체적 작업부하지표로 제시하였다. 그들은 하루 작업시간이 8시간, 10시간, 12시간인 경우에 대해, 넘어서는 안되는 RHR의 기준을 각각 24.5%, 20%, 16%로 제시하였다. 이러한 시도는 동일한 작업에 대해서 육체적 차이 뿐 아니라 작업에 대한 적응이 된 군과 그렇지 않은 군간의 생리적 차이를 반영할 수 있다는 장점이 있다. 즉, 객관적으로는 동일한 작업이라 할지라도 개개인의 육체적 상태와 적응정도에 따라 생리적인 반응은 달라질 수 있으므로, 작업이 실제로 작업자에게 어떠한 영향을 미치는 지를 파악할 수 있는 방법을 제공하여 줄 수 있다.

기존의 연구들은 비교적 단일한 직종을 대상으로 하여 작업부하와 직무스트레스의 차이가 명확하지 않을 가능성이 있으며, 측정된 작업부하가 주로 설문지를 이용함으로써 육체적 작업부하와 정신적 작업부하의 영향을 분리하지 못한 한계를 가지고 있다. 또한, 객관적으로 육체적 작업부하를 측정한 연구에 있어서도 육체적 작업부하의 측정을 개인적인 생리적 차이를 반영한 객관적인 방법으로 정량화하지 못한 한계를 가지고 있다.

따라서 본 연구는 기존 연구의 제한점을 극복하기 위해 작업부하가 차이가 날 것으로 예상되는, 육체적으로 활동적인 작업, 정적인 작업, 정밀 조립 작업 등 다양한 작업을 대상으로 직무스트레스를 보정한 후 개개인의 생리적 능력을 반영한 작업부하지표를 사용하여 적정작업부하를 넘어서는 경우 타액코르티솔 농도의 변화가 있는지를 알아보고자 하였다. 본 연구의 가설은 다음과 같다. 첫째, 작업부하가 높을 경우 각성상태를 초래함으로써 오전 중 코르티솔의 농도가 높다. 둘째, 하루 작업 시간 중 작업부하가 높아 육체적 소진을 한 경우에는 신경내분비계의 고갈을 야기하여 오후 코르티솔 농도가 낮다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

다양한 작업부하를 포함하기 위해 전통적으로 작업부하가 높은 것으로 알려진 주조업의 중량물 취급 작업자와 선박건조업 작업자와 작업부하가 낮은 것으로 알려진 기계 조립업의 앉아서 정밀기계를 조립하는 작업자를 연구대상으로 하였다. 연구대상자는 대상사업장 3개소에서 사전에 연구목적을 공고한 후 연구에 참여하기를 원하는 작업자 전원을 대상으로 하였다.

연구에 참여하기를 원하는 110명 중 과거에 당뇨, 고혈압 등 호르몬 조절에 영향을 줄 수 있는 질환을 가진 8명을 제외한 102명을 연구대상으로 하였다. 연구대상 102명 중 오전 또는 오후 타액을 채취하지 못했거나 심박수 측정을 하지 못하였던 15명을 제외한 87명을 최종 분석에 포함하였다. 전체 연구 대상 102명 중 분석에 포함된 작업자 87명과 제외된 작업자 15명 사이에 연령 ($p=0.7732$), 작업력 ($p=0.8419$), 주간 근무시간 ($p=0.6502$) 및 체질량 지수($p=0.6708$)는 통계적으로 의미있는 차이가 없었다.

2. 연구 방법

1) 육체적 작업부하 평가: 상대심박수 측정

개인의 육체적 작업부하를 구하기 위해, 하루 노동일 동안의 심박동수를 측정하였다. 심박동수 측정을 위해 대상자에게 출근시에 심박동수 측정기 (Polar Electro Co, Finnland, S810®)를 부착하였다. 측정기기는 흉부에 부착하는 밴드형태의 감지기와 (감지기에 의해-삭제) 감지된 신호를 실시간 자

동적으로 기록되는 손목시계 형태의 기록기로 구성되어 있다. 모든 측정기기는 부착 후 연구자에 의해 정상작동 여부가 확인된 후에 작업을 시작하도록 하였다. 그리고 기기 부착 후 작업일기를 주어 퇴근할 때까지의 모든 구체적 업무와 수행시간을 적도록 하였고, 부착하였던 심박동수 측정기와 작업일기를 작업 종료 후에 수거하였다. 하루 작업동안 기록된 심박동수 중 점심시간과 휴식시간을 제외한 실작업 시간 동안의 기록만을 분석하였다. 육체적 작업부하는 relative heart rate (RHR) (Wu & Wang, 2002)를 사용하였고, 다음과 같이 구하였다.

RHR(%)=(HRwork-HRrest)/(HRmax-HRrest)×100

측정된 RHR은 Wu와 Wang (2002)이 제시한 다음의 기준으로 육체적 부하가 높은 군과 낮은 군으로 나누었다. 하루 작업시간이 8시간 이하, 8~10시간, 10~12시간인 경우에 대해, RHR이 각각 24.5% 이상, RHR이 20% 이상, RHR이 16% 이상인 경우를 RHR이 높은 군으로 하고, 그렇지 않은 경우 낮은 군으로 하였다.

2) 직무스트레스 평가

직무스트레스는 Job Content Questionnaire (Karasek 등, 1988)를 이용하여 측정하였다. 이 설문에는 직무요구도가 5개 문항, 직무자율성이 의사결정권한 3문항과 기량의 활용성 6개 문항, 사회적 지지는 상사의 지지 4문항과 동료의 지지 4문항으로 구성되었다. 응답은 4점 Likert 척도로 하였으며, 각각에 대해 0점부터 3점까지를 부여하였고 Karasek 등 (1988)의 계산 방식을 따라 구하였다. 직무요구도와 직무자율성 및 사회적 지지 점수를 각각 구한 후 연구대상자들의 중앙값을 기준으로 중앙값 이하의 낮은 군과 중앙값 초과의 높은 군으로 구분하였다. 직무스트레스 설문의 Cronbach α는 직무요구도가 0.48, 직무자율성 0.56, 동료지지 0.90, 상사지지 0.89, 사회적지지 0.81로 수용범위 내에 있었다.

3) 타액 코르티솔 농도 측정

오전 타액 코르티솔 농도 측정을 위하여 오전 8시에서 9시 사이에, 오후 타액 코르티솔 농도 측정을 위하여 오후 5시에서 6시 사이에 각각 타액을 2cc 이상 채취하였다. 타액은 무균처리된 Poly-propylen tube에 채취하고, 즉시 밀봉하여 냉동 보관하였다. 코르티솔 농도는 Gamma counter (COBRA®, Hewlett packard, USA)를 이용하여 Radio Immuno Assay법 (DPC's Coat-A-Count Cortisol kit)으로 분석하였다.

4) 조사대상자의 특성 평가

코르티솔 분비에 영향을 미칠 수 있는 것으로 알려진 연령, 체중, 흡연 등 (Wieber, 2003) 관련변수에 대한 정보를 얻기 위해 자기기입식 설문을 실시하였다. 설문지는 조사대상자의 일반적 특성, 근무조건과 직무스트레스 관련 문항으로 구성되었다. 설문의 응답을 기준으로 체질량지수를 구하였고, 음주, 흡연 등에 대한 정보를 얻어 분석에 포함하였다.

3. 통계분석

자료분석 및 통계처리는 SAS (version 8.1)를 이용하였다. 오전과 오후의 코르티솔 농도, 오전-오후의 농도차에 대해 코르티솔 분비에 영향을 미칠 수 있는 것으로 알려진 연령, 체중, 흡연 등 관련변수와의 관계에 대해 분석하였다.

단변량 분석은 t-test를 실시하였고, 오전과 오후 코르티솔 농도의 차는 paired t-test를 실시하였다. 연속변수들 간의 관계는 Pearson 상관분석을 실시하였다. 연령, 흡연, 비만도 및 결혼 및 직무스트레스 등 코르티솔 분비에 영향을 미치는 요인들을 보정한 후 작업부하의 코르티솔 분비에 대한 영향을 보기위해 다중선형회귀분석을 이용하여 다변량 분석을 실시하였다. 통계학적 유의수준은 p값 0.05를 기준으로 하였다.

결 과

1. 연구대상자의 특성

연구대상자들의 평균 연령은 39.3±8.1세, 평균 체질량 지수는 23.3±2.2 (kg/m^2), 평균 직업력은 11.0±6.1년, 평균 주당 근무시간은 50.4±8.0시간이었다. 기혼은 80.5%, 미혼은 14.9%, 이혼 등 기타는 4.6%이었고, 비흡연자는 25.3%, 과거 흡연자

는 19.5%, 흡연자는 55.2%이었다. 규칙적으로 운동을 하는 경우는 37.9%, 불규칙적 운동은 49.4%, 운동을 하지 않는 경우는 12.7%이었고, 주조업 종사자는 27.6%, 선박건조업 종사자는 41.4%, 기계조립업 종사자는 31.0% 이었다 (Table 1).

2. 타액 코르티솔 농도, 직무스트레스와 육체적 작업부하

오전의 평균 코르티솔 농도는 0.33±0.11 ㎍/dl으로, 오후의 0.16±0.08 ㎍/dl에 비해 통계적으로 유의하게 높았다 ($p<0.0001$). 오전-오후의 평균 농도차는 0.17±0.12 ㎍/dl이었다 (Table 2).

육체적 작업부하를 나타내는 평균 RHR은 21.3±9.5 %, 평균 직무요구도는 31.9±5.7, 평균 직무자율성은 52.1±9.7, 평균 사회적 지지는 19.0±4.1 이었다 (Table 3).

직무요구도, 직무자율성, 사회적 지지를 각각 중앙값인 22.9, 32.0, 52.0, 19.0을 기준으로 나누어 높은 군과 낮은 군으로 분류하였다.

3. 연구대상자의 특성, 직무스트레스 및 육체적 작업부하와 타액 코르티솔 농도의 상관관계

나이는 직무자율성 (상관계수 0.26)과 양의 관계가 있었다. 주중 작업시간은 직무요구도 (상관계수 0.25)와는 양의 상관 및 오후 코르티솔농도 (상관계수 -0.26)와는 음의 상관관계가 있었다. RHR은 오전 코르티솔 농도 (상관계수 0.24)와 양의 상관관계가 있었다. 직무요구도는 오전 코르티솔 농도 (상관계수 -0.31)와는 음의 상관관계가 있었다.

따라서 오전 코르티솔 농도는 RHR과는 양의 상관관계를 보이고, 오후 코르티솔 농도는 주당 작업시간과 직무요구도와 음의 상관을 보였다 (Table 4).

Table 1. Characteristics of the participants

Items		frequency	%
Age (yrs)		39.3 ± 8.1*	
Body mass index (kg/m^2)		23.3 ± 2.2*	
Job tenure (yrs)		11.0 ± 6.1*	
Work hour/week (hrs)		50.4 ± 8.0*	
Marital status	Married	70	80.5
	Not-married	13	14.9
	Others	4	4.6
Smoking	Non-smoker	22	25.3
	Ex-smoker	17	19.5
	Smoker	48	55.2
Alcohol drinking	Non	27	31.0
(frequency/week)	One to two	57	65.5
	Three to five	3	3.5
Exercise	Regular	33	37.9
	Irregular	43	49.4
	No	11	12.7
Types of industry	Foundry	24	27.6
	Ship building	36	41.4
	Machine assembly	27	31.0
Total		87	100.0

* Mean±S.D.

4. 직무스트레스 및 육체적 작업부하가 높은 군과 낮은 군 간의 타액 코르티솔 농도비교

직무스트레스 및 육체적 작업부하가 높은 군과 낮은 군 간에 타액 코르티솔의 오전 농도, 오후 농도, 오전-오후 농도차가 차이를 보이는 지를 분석하였다 (Table 5).

오전 코르티솔의 농도는 RHR이 높은 군 (Mean±S.D: 0.36±0.10)은 낮은 군 (Mean±S.D: 0.31±0.09)에 비해 높았고 통계적으로 유의하였다

Table 2. Morning and afternoon salivary cortisol concentrations and differences between morning and afternoon cortisol levels

Items	Mean±S.D.	Median	Range
Morning cortisol (μg/dl)	0.33±0.11	0.33	0.10-0.61
Afternoon cortisol (μg/dl)	0.16±0.08	0.16	0.02-0.36
Difference between morning and afternoon cortisol (μg/dl)	0.17±0.12	0.17	-0.10-0.45

Table 3. Scores of relative heart rate and job stress items

Items	Mean±S.D.	Median	Range
Relative heart rate (%)	21.3±9.5	22.9	4.2-38.1
Job demand	31.9±5.7	32.0	18.0-48.0
Job control	52.1±9.7	52.0	24.0-74.0
Social support	19.0±4.1	19.0	8.0-32.0

Table 4. Pearson's correlation coefficients between characteristics, physical work load, job stress items and salivary cortisol levels

Items	Age	Work hour/week	RHR[a]	Job demand	Job control	Social support	Morning[b]	Afternoon[c]	Difference[d]
Age	1.00								
Work hour/week	0.07	1.00							
RHR[a]	-0.15	-0.01	1.00						
Job demand	-0.15	0.25*	0.12	1.00					
Job control	0.26*	0.05	0.05	-0.19	1.00				
Social support	0.14	0.08	0.03	-0.12	0.09	1.00			
Morningn	-0.17	0.00	0.24*	0.05	-0.08	-0.03	1.00		
Afternoonc	-0.07	-0.26*	0.05	-0.31*	-0.03	0.04	0.18	1.00	
Differenced	-0.07	0.13	0.12	0.20	-0.06	0.00	0.81‡	-0.43‡	1.00

*, p<0.05, †, p<0.01, ‡, p<0.001

[a], Relative heart rate (%)

[b], Salivary cortisol concentration in the morning (8 - 9 am) (μg/dl)

[c], Salivary cortisol concentration in the afternoon (5 - 6 pm) (μg/dl)

[d], a - b (μg/dl)

(p=0.0294). 오전 코르티솔의 농도는 사회적 지지가 낮은 군 (Mean±S.D: 0.33±0.09)에서 높은 군 (Mean±S.D: 0.31±0.11)에 비해 높았고 경계적으로 유의하였다 (p=0.0660). 오후 코르티솔 농도는 직무요구도가 높은 군 (Mean±S.D: 0.14±0.06)에서 낮은 군 (Mean±S.D: 0.18±0.08) 보다 낮았으며 통계적으로 유의하였다 (p=0.0123). 오전-오후 코르티솔 농도차는 RHR이 높은 군 (Mean±S.D: 0.20±0.11)에서 낮은 군 (Mean±S.D: 0.14±0.12) 보다 높았으며 경계적으로 유의하였다 (p=0.0577).

4. 코르티솔 농도에 영향을 미치는 요인

직무스트레스를 포함하여 코르티솔 분비에 영향을 미치는 변수들을 보정하였을 때, RHR이 높은 군에서 오전 코르티솔 농도는 증가 (β=60.32, S.E.=26.35, p=0.0266)하였고 (Table 6), 오후 코르티

Table 5. Salivary cortisol levels according to physical work load and job stress items

		Low (Mean±S.D.)	High (Mean±S.D.)	p-value
Morning[a]	Relative heart rate	0.31±0.09	0.36±0.10	0.0294
	Job demand	0.33±0.10	0.34±0.10	0.9414
	Job control	0.33±0.08	0.35±0.11	0.2656
	Social support	0.33±0.09	0.31±0.11	0.0660
Afternoon[b]	Relative heart rate	0.17±0.09	0.16±0.08	0.8523
	Job demand	0.18±0.08	0.14±0.06	0.0123
	Job control	0.17±0.08	0.16±0.07	0.4691
	Social support	0.17±0.06	0.16±0.09	0.3902
Difference[c]	Relative heart rate	0.14±0.12	0.20±0.11	0.0577
	Job demand	0.17±0.12	0.19±0.09	0.4103
	Job control	0.16±0.11	0.20±0.11	0.2094
	Social support	0.17 ± 0.10	0.18 ± 0.12	0.5674

[a], Salivary cortisol concentration in the morning (8 - 9 am) (μg/dl)

[b], Salivary cortisol concentration in the afternoon (5 - 6 pm) (μg/dl)

[c], a - b (μg/dl)

Table 6. Factors affecting morning salivary cortisol level

Variable	β	S.E.	p-value
Intercept	381.28	248.35	0.1314
Age (yrs)	-2.72	2.01	0.1823
Body mass index (kg/m^2)	-2.53	7.05	0.7216
Current smoke : yes vs no	6.82	16.86	0.6876
Marital status : yes vs no	55.84	33.32	0.1004
Work hour/week (hrs)	-0.65	1.80	0.7179
Job demand	0.40	2.18	0.8540
Job control	0.04	1.37	0.9782
Social support	-4.21	3.50	0.2345
Relative heart rate: high vs low	60.32	26.35	0.0266

솔 농도는 감소 (β=-7.43 S.E.=29.73 p=0.8044)하였으나 통계적 의미는 없었으며 (Table 7), 오전-오후 코르티솔 농도차는 증가 (β=72.10 SE=35.50, p=0.0509)하였으며 경계적으로 유의하였다 (Table 8).

RHR은 오전 코르티솔 농도를 제외하고는 통계적인 유의성은 없었으나, 본 연구의 가설대로 오전 코르티솔 농도는 증가시키고, 오후 코르티솔 농도는 감소시키는 방향으로 작용하고 있으며, 오전-오후 코르티솔 농도차이는 커지는 경향을 보여주었다.

고 찰

코르티솔은 부정적인 감정과 일상적인 스트레스성 사건에 대한 반응으로 상승하는 것으로 보고되었다 (Brantley et al., 1988; Van Eck et al., 1996). 코르티솔 분비에 영향을 미치는 것은 이러한 감정과 일상적 사건 뿐 아니라 직무와 관련한 육체적, 정신적 스트레스도 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 그러나 개인의 육체적 능력은 차이가 있어 유사한 일을 하더라도 개개인별로 부가되는 육체적 작업부하는 상이할 수 있고, 개인의 감성에 따라 인지된 작업부하는 상이할 수 있다. 기존의 연구들은 육체적 작업부하를 개인의 육체적 능력을 감안하여 객관적인 방법으로 정량화하여 측정하지 못하였다. 육체적 작업부하는 작업자들을 보호하기 위한 기준을 마련하는데 사용되어지는데, 개인의 VO_{2max}의 33%가 작업의 허용기준으로 제시되고 있다 (Ilmarinen, 1992). 일반적으로 작업부하는

Table 7. Factors affecting afternoon salivary cortisol level

Variable	β	S.E.	P-value
Intercept	396.34	285.46	0.1749
Age (yrs)	1.62	2.10	0.4472
Body mass index (kg/m^2)	-1.58	8.04	0.8459
Current smoke: yes vs no	-4.99	19.71	0.8019
Marital status: yes vs no	2.38	33.10	0.9432
Work hour/week (hrs)	-1.89	1.84	0.3100
Job demand	-3.29	2.32	0.1674
Job control	-0.33	1.54	0.8313
Social support	-2.40	3.72	0.5243
Relative heart rate: high vs low	-7.43	29.73	0.8044

Table 8. Factors affecting difference between morning and afternoon salivary cortisol level

Variable	β	S.E.	P-value
Intercept	-196.12	340.86	0.5692
Age (yrs)	-3.11	2.51	0.2246
Body mass index (kg/m^2)	3.11	9.60	0.7480
Current smoke: yes vs no	22.35	23.53	0.3495
Marital status: yes vs no	52.72	39.52	0.1919
Work hour/week (hrs)	1.58	2.19	0.4776
Job demand	2.88	2.78	0.3079
Job control	1.02	1.84	0.5808
Social support	-2.73	4.44	0.5429
Relative heart rate: high vs low	72.10	35.50	0.0509

$\%VO_{2max}$, RHR 및 relative oxygen uptake (RVO_2) 등으로 측정되어 진다 (Wu & Wang, 2002). 육체적 부하측정을 위해서는 RHR이 흔히 사용되는데, 이는 작업 중 심박의 측정이 VO_2 측정에 비해 보다 용이하며 저렴하기 때문이며, 본 연구에서도 RHR을 이용하여 개별 작업자의 육체적 능력에 따른 작업부하를 객관적으로 정량화하였다. RHR은 여러 가지 작업과 관련한 물리적인 요소(온열, 감정, 영양상태와 육체적 건강상태)와 관련이 있으므로 주의깊게 사용되어야 하지만, 여러 가지 요인에도 불구하고 RHR은 $\%VO_{2max}$와 좋은 상관관계를 가지고 있고 (ACSM 1995, Sjøgaard et al. 1996), 작업부하를 측정하는 데 사용되는 RVO_2와 동일하다는 것이 증명되었다 (Swain & Leutholtz 1997; Pollock et al. 1998).

본 연구에서 오전 코르티솔의 농도는 RHR과 상관관계를 보였는데 ($r=0.24$, $p<0.05$) 이는 Zeiter 등 (1996)이 항공관제사들을 대상으로 summation index 등으로 측정한 실제적인 작업부하가 높을 때 상승한 것 ($r=0.32$, $p<0.05$)과 일치한다. 본 연구에서는 코르티솔의 분비에 영향을 미칠 수 있는 나이, 비만도, 결혼 및 흡연을 보정한 후에도 RHR이 높은 군은 낮은 군에 비해 오전 코르티솔의 상승을 보여 일관성있는 결과를 보였다. Okenfels 등 (1995)은 취업자 60명과 무직자 60명에 대한 연구에서 무직자는 취업자에 비해 코르티솔 분비는 아침 (오전 8~9시)에 증가한다고 하였고, Schulz 등 (1998)은 100명의 학생들에 대해 설문지를 통해 작업부하를 측정한 연구를 통해 만성적인 작업부하 스트레스가 오전 코르티솔을 의미있게 증가시킨다고 하여 본 연구와 동일한 결과를 얻었다. Schulz 등 (1998)은 오전의 코르티솔 농도 상승의 이유를 설명하면서 Mason (1968)이 조절불가능, 예상불가능 및 자신의 행동에 대한 부정적 결과에 대한 예상이 뇌하수체-부신 스트레스 반응의 주요한 요인이라고 지적한 것과 일치한다고 분석하였다. 따라서 오전 코르티솔 농도상승은 아침에 기상한 이후에 향후에 있을 것으로 예상되는 스트레스와 걱정의 감정이 allostatic load에 영향을 미친 결과이며 (Schulkin et al., 1994), 예상되는 에너지 요구를 충족하기 위한 적응현상 (Dallman et al., 1993, Schulz et al., 1998)으로 설명할 수 있다. McEwen (1998)에 따르면 스트레스에 대한 allostatic system은 변화에 대한 항상성을 유지하는 체계를 일컫는데, 체온, 혈중 산소농도 등 매우 좁은 범위를 유지하는 다른 생리 체계와 달리, 스트레스에 대한 생리반응은 육체의 생존과 보호를 위해 다양한 도전에 적응하도록 매우 급격하게 넓은 범위로 반응한다. Allostatic load model을 이용하면 스트레스에 대해 적응하거나 건강에 문제를 일으키는 생리적 반응을 이해할 수 있다. 스트레스에 대한 정상적인 반응은 처음에 스트레스원에 대응하기 위해 생리체계를 급격히 활성화 시키며 스트레스 상황이 끝나면 바로 이 생리체계를 종료한다. 정상적으로 allostatic system과 관계된 생리체계를 대사하고, 장애가 생긴 부위를 치료하며, system을 재생산하기 위해서는 휴식과 회복기간이 필요한데, allostatic system에 대한 과부하나 과소부하는 신체 생리 체계에 악영향을 준다. 생리체계에 영향을 주는 기전은 다음과 같다. 생리체계에 대한 너무 빈번하고 강력한 활성화는 충분한 휴식, 복원 및 수리를 허용하지 않는다. 만성적으로 혈압이 높거나 스트레스호르몬에 대한 과노출 등으로 인한 노출이후에 스트레스 반응을 종료하는 것이 어렵게 되거나, 환경적 스트레스 요인에 대한 적응이 부족하게 되면 체계의 과활동성과 고갈을 초래할 수 있다. 체계의 고갈 등과 같은 이유로 인해 한 조직체계의 반응이 부적절하게 되면 다른 체계의 보상적 과활성화, 조절부전 및 상이한 체계간의 불균형 등을 초래한다.

본 연구에서 다른 요인들을 보정한 상황에서 RHR이 높은 군에서 오전 코르티솔 농도는 증가하고, 오후 코르티솔은 감소하며, 이로 인한 오전-오후 코르티솔 차이가 증가하였는데 ($p=0.0509$), 이 점은 Okenfels 등 (1995) 및 Schulz 등 (1998)의 연구와 일치한다. 오후 코르티솔 농도 감소의 이유에 대해 Schulz 등 (1998)은 스트레스에 대한 반응으로 인해 glucocorticoids가 사용되면 생리적 기능의 각성을 야기하는데, 오전의 각성은 늦은 오후의 변화를 가져오며 노동을 통해 육체적 소진을 한 경우에는 스트레스가 적은 사람에 비해 오후 코르티솔 농도의 저하를 가져온다고 설명한다. 이러한 설명이 스트레스가 높은 군에서 오전 중의 코르티솔 농도의 증가와 오후의 코르티솔 농도의 감소를 설명해 준다. Okenfels 등 (1995)은 무직자에서 오전에 코르

티솔 농도가 증가하고, 오후 (저녁 8~9시)에 코르티솔 농도가 감소함을 보였고, Steptoe 등 (2000)은 오전 중의 코르티솔 농도는 직무긴장이 높은 군에서 높았고, 직무긴장이 높은 군, 직무자율성이 낮은 군에서 오전-오후 코르티솔 농도의 차이가 커지며 이중 직무자율성에서만 통계적으로 유의하였다고 보고하였다. Steptoe 등 (2000)은 직무스트레스가 높은 군에서 코르티솔 변이성 (variability)이 낮을 것이라는 가설을 세우고 실험을 하지만 상반된 결과를 얻었다. 이는 앞에서 설명한 각성과 고갈로 설명될 수 있다. Steptoe 등 (2000)은 오전 중 코르티솔 농도는 두 가지 다른 양상으로 반응할 수 있음을 주장하였는데 직무요구를 만족시키기 위해 애쓰는 사람의 경우 코르티솔 농도는 상승할 수 있으나, Bocarino (1996)가 참전군인을 대상으로 연구한 결과와 같이 만성적으로 지속된 스트레스를 경험하여 탈진상태에 이르게 된 경우에는 코르티솔 과소분비로 이어질 수 있음을 지적하였다. 본 연구에서도 나이의 증가는 오전의 코르티솔 농도를 낮추는 방향으로 작용 (β-2.72)하여 지속적이고 만성적인 스트레스에 대한 노출이 탈진과 코르티솔 과소분비를 야기할 수 있음을 유추할 수 있다. 나이와 관련하여 HPA 축의 변화의 이유는 Seeman 등 (1994)이 지적하였듯이 일생을 통한 지속적인 allostatic load는 allostatic system을 닳게 하여 (tear and wear) 고갈시키게 되는 것으로 설명할 수 있다.

본 연구결과 설문으로 파악된 직무요구도는 오전 코르티솔 농도와 관련이 없어 인지된 작업부하와 실제 작업부하간의 불일치를 보였다. 이 결과는 Zeiter 등 (1996)이 인지된 직무부하(r=0.09, p<0.05)가 코르티솔 농도의 상승을 초래한다고 보고한 것과, Schulz 등 (1998)이 설문지를 통해 측정한 연구에서 만성적인 작업부하가 타액 코르티솔 농도를 증가시킨다고 보고한 것과, 또한 Steptoe 등 (2000)이 교사에 대한 연구에서 오전 중의 코르티솔 농도는 직무긴장이 높은 군에서 높았고, 직무긴장이 높은 군, 직무자율성이 낮은 군에서 오전-오후 코르티솔 농도의 차이가 커진다고 보고한 것과는 일치하지 않는다. 그러나, 현재까지의 연구들에서 인지된 직무부하는 코르티솔 농도와 일관성있는 결과를 보여주지 못하고 있는데, 직무부하가 오히려 코르티솔의 농도를 낮춘다는 보고들이 있다. Steptoe 등 (1998)에 의하면 작업시간으로 측정된 작업부하는 코르티솔 농도와 관련성이 없었으나 직무긴장은 유의한 차이를 보였는데, 코르티솔 농도는 직무긴장이 낮은 집단에서 가장 높았고 직무긴장과 코르티솔 농도 간에는 역의 상관관계를 보였다 (r=-0.26, p<0.05). Yang 등 (2001)은 응급실 간호사와 일반병동 간호사를 비교한 연구에서 자가 보고된 스트레스가 높은 응급실 간호사의 오전 코르티솔 농도가 일반병동 간호사보다 오히려 낮았고 일중 변동 또한 더 낮음을 보고하였다. 이러한 인지된 작업부하와 코르티솔 농도의 연관에 대한 연구결과가 일관적이지 못한 이유는 여러 가지로 설명될 수 있다. 첫째는 작업부하 측정의 주관성이다. 앞서의 연구에서 사용되었던 작업시간이란 작업부하의 하나의 지표일 뿐이며, 또한 설문을 통해 파악되는 직무요구도 또한 주관성을 배제하지 못한다. 따라서 인지된 작업부하가 가지는 주관성 때문에 실제의 작업부하가 오분류되었을 가능성이 존재한다. 둘째로 만성적 스트레스로 인한 탈진과 고갈의 가능성이다. 이러한 스트레스 반응의 양면성은 여러 연구들의 비일관성을 설명하는 단서를 제공할 것으로 생각된다.

인지된 작업부하의 주관성을 배제하고자 객관적으로 작업부하를 측정한 연구들을 살펴보면, Zeiter 등 (1996)은 항공관제사를 대상으로 항공기의 숫자, 무선통신의 횟수 등을 객관적으로 측정한 작업부하와 타액 코르티솔 농도의 관계를 연구한 결과, 타액 코르티솔은 실제의 직무요구도와 인지된 직무요구도와 관련이 있었다. 또한 Sluiter 등 (2000)은 육체적, 정신적 또는 육체적-정신적 혼합 작업의 신경내분비 반응성에 대한 영향을 보고자 세 가지 다른 직무 특성을 가진 작업자들을 대상으로 작업을 실시간으로 측정하여 컴퓨터로 분석한 객관적인 작업부하 지표인 TRAC (task recording and analysis on computer)를 통해 평가하여 육체적 활동을 측정하고 중량물취급의 빈도를 관찰하여 세 군간의 육체적 작업부하 차이를 확인하였다. 소변 중 아드레날린, 노르아드레날린, 코르티솔 농도를 측정한 결과, 정신-육체노동이 혼합된 작업자에서 호르몬의 기저치가 높아 각성의 효과를 확인하였으나, 설문지를 통해 파악된 인지된 직무요구도는 코르티솔 분비와 역의 상관관계를 나타내었고, 직무자율성과 사회적 지지는 호르몬의 분비에 영향을 미치지 않는다고 보고

하였다. 따라서 실제의 작업부하는 일관되게 오전의 코르티솔 분비를 증가시킴을 보여주고 있다. 그러나 Zeiter 등 (1996)과 Sluiter 등(2000)의 연구도 기존의 다른 연구와 마찬가지로 개인적 능력의 차이를 감안하지 못한 한계를 가진다.

본 연구는 개인의 육체적 차이를 감안하여 개별적인 육체적 작업부하를 객관적, 정량적인 방법으로 측정하여 실제의 작업부하와 인지된 작업부하 및 직무스트레스가 코르티솔 분비에 미치는 영향을 본 연구이다. 본 연구에서는 RHR을 Wu와 Wang (2002)이 대만인을 대상으로 한 실험을 통해 제시한 작업허용기준을 근거로 RHR이 높은 군에서는 오전 코르티솔 농도의 상승과 일중 코르티솔 농도 변동이 커짐을 관찰할 수 있었으며, 이러한 연구의 결과로 RHR을 기준으로 한 작업허용기준이 타당성이 있고 작업부하에 대한 기준으로 사용될 수 있음을 시사한다. 이는 Wu와 Wang (2002)이 지적한 대로 RHR과 이에 따른 최대작업허용시간은 실제 작업현장에서는 특별히 중요하며 활용가치가 있는 것으로 판단된다. 따라서 본 연구는 과도한 육체적 작업부하로 인한 RHR이 기준치 이상으로 올라갈 경우 신경내분비계통에 부정적인 영향을 줄 수 있음을 밝힌 의미를 가진다. 그러나 본 연구는 단면연구가 가지는 일반적인 한계를 가지는데, 특히 신경내분비계통의 장애와 작업시 상대심박비의 상승의 인과관계를 명확히 보여주지는 못한다. 상대심박비와 신경내분비계통의 장애 간의 인과관계와 기전에 대한 규명은 잘 기획된 경시적 연구를 통해 밝히는 것이 필요하다.

요 약

목적: 작업부하는 시상하부-뇌하수체-부신 축에 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 생산직 작업자들에서도 직무스트레스 관련 요인들이 신경내분비계에 영향을 미치는 것으로 연구되어 왔으나, 기존의 연구는 개인의 생리적 차이를 반영한 육체적 작업부하를 정량적으로 평가하지 못하였다. 본 연구에서는 활동적 작업과 정적인 작업 등 작업의 다양한 형태를 포함하여, 직무스트레스를 보정한 후 객관적 도구를 사용하여 육체적 작업부하를 평가함으로써 육체적 작업부하가 코르티솔 조절에 미치는 영향을 파악하고자 하였다.

방법: 주물업, 선박건조업, 정밀기계 조립업 각 1개 사업장을 대상으로, 사전에 연구목적을 공지한 후 연구에 자원한 작업자 110명 중 과거 당뇨, 고혈압 등 호르몬 조절에 영향을 줄 수 있는 질환자를 제외한 102명을 연구대상으로 하였고, 연구대상 110명 중 오전 또는 오후 타액을 채취하지 못했거나 심박수 측정을 하지 못하였던 15명을 제외한 87명을 최종 분석에 포함하였다. 육체적 작업부하는 심박동측정기를 착용하여 RHR (relative heart rate)을 구하여 평가하였다. 직무스트레스는 Karasek의 Job Content Questionnaire를 사용하였다. 호르몬 분비양상을 보기위해 오전 8시~9시, 오후 5~6시에 타액을 채취하여 코르티솔 농도를 분석하였다.

결과: 직무스트레스를 포함하여 코르티솔 분비에 영향을 미치는 변수들을 보정하였을 때, RHR이 높은 군에서 오전 코르티솔 농도는 증가 (β60.32, S.E.=26.35, p=0.0266)하였고, 오후 코르티솔 농도는 감소 (β-7.43 S.E.=29.73 p=0.8044)하였으며, 오전-오후 코르티솔 농도차는 증가 (β72.10 SE=35.50, p=0.0509)하였다.

결론: 육체적 작업부하는 각성의 효과를 가져 오전 코르티솔 농도를 증가시키고, 육체적 부하로 인한 신경내분비계통의 고갈 효과로 인하여 오후의 코르티솔 농도를 감소시켜 코르티솔 농도의 일중 변동폭을 증가시킨다. 따라서 과도한 작업부하로 인한 육체적 소진은 신경내분비계통에 부정적인 영향을 줄 수 있는 것으로 생각된다.

참고문헌

ACSM (American College of Sports Medicine). ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription, 5th ed. Baltimore. Williams & Wilkins. 1995.

Bocarino JA. Posttraumatic stress disorder, exposure to combat, and lower plasma cortisol among Vietnam veterans: findings and clinical implications. J Consult Clin Psychol. 1996; 64:191-201.

Brantley PJ, Dietz LS, McKnight GT, Jones GN, Tulley R. Convergence between the Daily Stress Inventory and endocrine measures of stress. J Consult Clin Psychol. 1988;56:549-51.

Dallman MF, Strack AM, Akana SF, Bradbury

MJ, Hanson ES, Scribner KA, Smith M. Feast and famine: Critical role of glucocorticoids within insulin in daily energy flow. Frontiers Neuroendocrinol. 1993;14:303-47.

Evans O, Steptoe A. Social support at work, heart rate, and cortisol: A self-monitoring study. J Occup Health Psychol. 2001;6:361-70.

Folkow B. Man's two environments and disorders of civilization: aspects on prevention. Blood Press. 2000;9:182-91.

Frankenhaeuser M, Lundberg U, Forsman L. Dissociation between sympathetic-adrenal and pituitary-adrenal responses to an achievement situation charactrized by high controllability: comparison between type A and type B males and females. Biol Psychol 1980;10:79-91.

Frankenhaeuser M, Lundberg U, Fredrikson M, et al. Stress on and off the job as related to sex and occupational stress in white-collar workers. J Organiz Behav. 1989;10:321-46.

Harenstam A, Theorell T. Cortisol elevation and serum g-glutamyl transpeptidase in response to adverse job conditions: How are they interrelated. Biol Psychol. 1990;31:157-71.

Henry JP. Biological basis of the stress response. Integr Physiol Behav Sci. 1992;27:66-83.

Himaoka M, Hiruta S, Ono Y, Nonaka H, Hjelm EW, Hagberg M. A comparative study of physical work load in Japanese and Swedish nursery school teachers, Eur J Appl Physiol. 1998;77:10-8.

Ilmarinen, J. Job design for the aged with regard to the decline in their maximal aerobic capacity: Part I - Guidelines for the practitioner, Int J Ind Ergon. 1992;10:53-63.

Karasek R, Theorell T, Schwartz JE, Schnall PL, Pieper CF, Michela JL, Job characteristics in relation to the prevalence of myocardial infarction in the US Health Examination Survey (HES) and the Health and Nutrition Survey (HANES). Am J Public Health. 1988;78:910-8.

Kirschbaum C, Hellhammer D. Salivary cortisol in psychobiological research. An overview. Neuropsychobiology. 1989;22:150-69.

Kirschbaum C, Hellhammer DH, Salivary cortisol in psychoneuroendocrine research: recent developments and applications. Psychoneuroendocrinology. 1994;19:313-33.

Lundberg U, Granqvist M, Hasson T, et al. Psychological and physiological stress responses during repetitive work at an assembly line. Work Stress. 1989;3:143-53.

Mason JW. A review of psychoendocrine research in pituitary-adrenal cortical system. Psychosom. Med. 1968;30:631-53.

McEwen BS. Protective and damaging effects of stress mediators. New Eng J Med. 1998;338:171-9.

Meeran K, Hattersley A, Mould G, Bloom SR. Venepuncture causes rapid rise in plasma ACTH. Br J Clin Pract. 1993;47:246-7.

Mosnier-Pudar H, Thomopoulos P, Bertagna X, Fournier C, Guiban D, Luton JP. Long-distance and long-term follow-up of a patient with intermittent Cushing's disease by salivary cortisol measurements. Eur J Endocrinol. 1995;133(3):313-6.

Okenfels MC, Porter L, Smyth J, Kirschbaum C, Hellhammer DH, Stone AA. Effect of chronic stress associated with unemployment on salivary cortisol: Overall cortisol levels, diurnal rhythm, and acute stress reactivity. Psychosom. Med. 1995;57:460-567.

Pollard TM, Ungpakorn G, Harrison GA, Parkes KR. Epinephrine and cortisol responses to work: A test of the models of Frankenhaeuser and Karasek. Ann Behav Med. 1996;18:229-37.

Pollock ML, Gaesser GA, Butcher JD, Despr JP, Dishman RK. Franklin BA, Garber CE. ACSM position stand on the recommended quantity and quality of exercise for developing and manintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. Med Sci Sports Exerc. 1998;30:975-91.

Schulkin J, McEwen BS, Gold PW. Allostasis, amygdala, and anticipatory angst. Neurosci Biobehav Rev. 1994;18:385-96.

Schulz P, Kirschbaum C, Prußner J, Hellhammer D. Increased free cortisol secretion after awakening in chronically stressed individuals due to work overload. Stress Med. 1998;14:91-7.

Seeman TE, Robbins RJ. Aging and hypothalamic-pituitary-adrenal response to challenge in humans. Endocr Rev. 1994;15:233-60.

Sjøgarrd K, Fallentin N, Nielsen J. Workload during floor cleaning. The effect of cleaning methods and work technique. Eur J Appl Physiol. 1996;73:73-8.

Sluiter JK, Frings-Dresen MHW, van der Beek AJ, Meijman TF, Heisterkamp SH. Neuroen-

docrine reactivity and recovery from work with different physical and mental demands. Scand J Work Environ Health. 2000;26:306-16.

Steptoe A, Wardle J, Lipsey Z, Mills R, Oliver G, Jarvis M, Kirschbaum C. A longitudinal study of work load and variations in psychological well being, cortisol, smoking, and alcohol consumption. Ann Behav Med. 1998;20:84-91.

Steptoe A, Cropley M, Griffith J, Kirschbaum C. Job strain and anger expression predict early morning elevations in salivary cortisol. Psycosom Med. 2000;62:286-92.

Swain DP, Leutholtz BC. Heart rate reserve is equvalent to VO2 reserve, not to %VO2max. Med Sci Sports Exerc. 1997;29:837-43.

Ursin H. The psychology in psychoneuroendocrinology. Psychoneuroendocrinology. 1998;23:555-70.

Van Eck M, Berkhof H, Nicolson N, Sulon J. The effects of perceived stress, traits, mood states, and stressful daily events on salivary cortisol. Psychosom Med. 1996;58:447-58.

Weibel L. Methodological guidelines for the use of salivary cortisol as biological marker of stress. Presse Med. 2003;24;32:845-51.

Wu HC, Wang MJ. Relationship between maximum acceptable work time and physical workload. Ergonomics. 2002;45:280-9.

Yang Y, Koh D, Ng V, Lee FCY, Chan G, Dong F, Chia SE. Salivary cortisol levels and work-related stress among emergency department nurses. J Occup Environ Med. 2001;43:1011-8.

Zeiter H, Brauchli P, Joller-Jemelka HI. Effects of work demands on immunoglobulin A and cortisol in air traffic controllers. Biol Psychol. 1996;42:413-23.