

바이오피드백을 이용하여 측정된 불면증 환자의 정신생리적 특징

Psychophysiological Characteristics of Insomnia Patients Measured by Biofeedback System

허성영¹ · 이진성^{1,2} · 김성곤¹ · 김지훈¹ · 정우영¹

Sung-Young Huh,¹ Jin-Seong Lee,^{1,2} Sung-Gon Kim,¹
Ji-Hoon Kim,¹ Woo-Young Jung¹

■ ABSTRACT

Background and Objectives: Insomnia is the most prevalent sleep disorder in the general population and is considered to be a disorder of hyperarousal. The aim of this study was to measure the psychophysiological responses in insomnia patients using a biofeedback system, and to compare them with results from normal healthy subjects.

Materials and Methods: Eighty patients with primary insomnia (35 males and 45 females, average age 49.71 ± 12.91 years) and 101 normal healthy controls (64 males and 37 females, average age 27.65 ± 2.77) participated in this study. Electromyography (EMG), heart rate (HR), skin conductance (SC), skin temperature (ST), and respiratory rate (RR) were recorded using a biofeedback system during 5 phases (baseline, stress 1, recovery 1, stress 2, recovery 2) of a stress reactivity test, and average values were calculated. Difference in values between the two groups in each corresponding phase was analyzed with independent t-test, and change in values across phases of the stress reactivity test was analyzed with paired t-test (all two-tailed, $p < 0.05$).

Results: Compared to normal controls, insomnia patients had higher EMG in all 5 phases (baseline : $7.72 \pm 3.88 \mu\text{V}$ vs. $4.89 \pm 1.73 \mu\text{V}$, $t = -6.06$, $p < 0.001$; stress 1 : $10.29 \pm 5.16 \mu\text{V}$ vs. $6.63 \pm 2.48 \mu\text{V}$, $t = -5.84$, $p < 0.001$; recovery 1 : $7.87 \pm 3.86 \mu\text{V}$ vs. $5.17 \pm 2.17 \mu\text{V}$, $t = -5.61$, $p < 0.001$; stress 2 : $10.22 \pm 6.07 \mu\text{V}$ vs. $6.98 \pm 2.98 \mu\text{V}$, $t = -4.37$, $p < 0.001$; recovery 2 : $7.88 \pm 4.25 \mu\text{V}$ vs. $5.17 \pm 1.99 \mu\text{V}$, $t = -5.27$, $p < 0.001$). Change in heart rate across phases of the stress reactivity test were higher in normal controls than in insomnia patients (stress 1-baseline : 6.48 ± 0.59 vs. 3.77 ± 0.59 , $t = 3.22$, $p = 0.002$; recovery 1- stress 1 : -5.36 ± 0.059 vs. -3.16 ± 0.47 , $t = 2.91$, $p = 0.004$; stress 2-recovery 1 : 8.45 ± 0.61 vs. 4.03 ± 0.47 , $t = 5.72$, $p < 0.001$; recovery 2-stress 2 : -8.56 ± 0.65 vs. 4.02 ± 0.51 , $t = -5.31$, $p < 0.001$).

Conclusion: Psychophysiological profiles of insomnia patients in a stress reactivity test were different from those of normal healthy controls. These results suggest that the sympathetic nervous system is more highly activated in insomnia patients.

Sleep Medicine and Psychophysiology 2015 ; 22(2) : 70-76

Key words: Insomnia · Psychophysiology · Biofeedback · Physiological stress reactivity · Electromyography.

70

서 론

불면증은 매우 흔한 증상이자 질환으로 수면 시에는 입면

과 수면 유지의 어려움, 각성 시에는 피로와 이자극성 등의 증상을 동반한다(Buysse 2013). 유병률은 8~40%에 달하며 일반 인구 4%가 수면제를 처방 받거나 구입해서 복용하여 남용의 위험성이 있다고 역학 연구에서 보고되었다(Chong 등

Received: December 4, 2015 / **Revised:** December 17, 2015 / **Accepted:** December 24, 2015

This study was supported by Research Institute for Convergence of Biomedical Science and Technology Grant (30-2013-014), Pusan National University Yangsan Hospital.

¹양산부산대학교병원 정신건강의학과 Department of Neuropsychiatry, Pusan National University Yangsan Hospital, Yangsan, Korea

²양산부산대학교병원 의생명융합연구소 Research Institute for Convergence of Biomedical Science and Technology, Pusan National University Yangsan Hospital, Yangsan, Korea

Corresponding author: Jin-Seong Lee, Department of Neuropsychiatry, Pusan National University Yangsan Hospital, 20 Geumo-ro, Mulgeum-eup, Yangsan 50612, Korea

Tel: 055) 360-2465, Fax: 055) 360-2153, E-mail: leejs1756@gmail.com

2013). 또한 여러 신체질환과 정신질환이 공이환(comorbid)된 경우가 많아 일차 진료에서 가장 흔한 문제 중 하나이다.

불면증의 명확한 원인 및 병태생리는 아직 완전히 밝혀져 있지 않지만, 과각성 모델(hyperarousal model)이 오래 전부터 보고되고 있다(Roth 등 2007 ; Riemann 등 2010). 정신생리적으로는 코르티코트로핀 분비 호르몬(corticotropin-releasing hormone)의 과활성, 시상하부-뇌하수체-부신축(hypothalamic-pituitary-adrenal axis)과 자율신경계의 활성이 증가되었고, 인지적인 과각성이 불면증의 시작과 만성화에 관여한다고 알려져 있다(Riemann 등 2010). 불면증상이 있으면 정상 대조군과 비교하여 수면 중은 물론 각성 시에도 심박수, 피부전도, 혈관 수축이 증가되었고 기초 대사가 증가된다고 보고되었다(De Valck 등 2004). 뇌파를 정량화 분석한 연구에서도 수면 중 각성 성분의 파워가 증가되었다는 보고도 불면증의 과각성 모델을 지지한다(Buysse 등 2008). 이러한 연구 결과들에도 불구하고 임상 진료에서 불면증 환자를 평가할 때 손쉽게 이용할 수 있는 객관적 평가 도구는 제한적인 실정이다. 수면다원검사와 활동기록기는 직접적으로 야간 수면을 기록하는 방법으로 임상적으로 매우 유용하지만 검사 시간이 오래 걸리고 비용이 많이 드는 단점이 있다. 바이오피드백을 이용한 정신생리 신호의 기록은 이완 훈련과 같은 치료에 사용되지만 치료의 시작과 경과 중에 환자의 정신생리적 상태를 평가할 수 있다. 본 연구는 바이오피드백을 이용한 스트레스 반응 검사를 통해 일차성 불면증 환자의 정신생리적 특징을 조사하고자 하였다.

연구대상 및 방법

1. 대 상

양산부산대학교병원 정신건강의학과 외래 환자 중 정신장애진단통계편람 IV-TR판(American Psychiatric Association's Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, DSM-IV-TR)의 일차성 불면증(primary insomnia) 진단 기준에 맞는 환자에게 바이오피드백 치료 첫째 시간에 스트레스 반응 검사를 하고 그 결과를 기록하였다. 초진 진료 시 해밀턴 우울평가척도(Hamilton depression rating scale, HAMD) 점수가 15점 이상인 경우는 제외하였다. 정상 대조군은 수면장애, 정신질환, 심혈관계 질환의 병력이 없으며 수면에 영향을 끼칠 수 있는 약물을 복용한 적이 없는 성인으로 하였다. 피험자를 대상으로 ISI (insomnia severity index)로 주관적인 불면증상의 중증도를 평가하였다. 본 연구는 양산부산대학교병원 기관생명윤리위원회의 승인을 받았다.

2. 도구 및 방법

1) 검사 환경

검사는 안정된 환경을 만들기 위하여 외부의 소음으로부터 차단된 방음 상태였다. 피험자가 사용한 의자는 팔걸이가 있는 안락의자로 편안한 상태의 높이로 조절할 수 있었다. 바이오피드백 시스템은 Procomp+, 그리고 신호처리 소프트웨어는 Biograph version 6.0 (Thought technology Ltd., Quebec, Canada)을 사용하였다.

2) 측정 방법 및 부위

바이오피드백 시스템을 이용하여 근전도(EMG), 심장박동수(heart rate), 피부전도(skin conductance), 피부체온(skin temperature), 그리고 호흡수(respiratory rate)를 측정하였다. 근전도는 전두근(frontalis muscle)에 전극을 붙여 측정하였다(측정단위 : microvolt, μV). 심장박동수는 오른손 중지 심박 센서를, 피부전도(skin conductance)는 오른손 검지와 약지에 피부전도 센서를 고정시켜 측정하였다. 피부전도 측정단위는 전기전도도(electrical conductance)의 단위인 microsiemens (μS)로 하였다. 피부체온은 오른쪽 새끼손가락에 체온계(thermistor)를 고정하여 측정하였다(측정단위 : $^{\circ}C$). 호흡수는 피에조 벨트(piezo belts)를 사용하였다. 생리적 측정값 모두는 바이오피드백 시스템에 의해 자동적으로 기록, 저장되었다.

3) 스트레스 반응 검사 절차

(1) 기저 단계(Baseline)

편안히 앉은 상태에서 2분 동안 안정을 취하도록 지시하고 생리 활동을 측정하여 평균값과 표준편차를 계산하였다.

(2) 스트레스 단계 1 (Stress 1)

인지적 스트레스에 대한 생리적 활동을 2분 동안 측정하여 평균값과 표준편차를 계산하였다. 스트레스 과제로는 스트루프 검사(stroop test)를 수행하도록 하였다.

(3) 회복 단계 1 (Recovery 1)

스트레스 상태 종료 후 2분 동안 가장 편안한 자세로 휴식을 취하도록 하면서 생리 활동을 측정하여 평균값과 표준편차를 계산하였다.

(4) 스트레스 단계 2 (Stress 2)

스트레스 과제로는 '1000-7'을 연속적으로 수행하도록

하였다.

(5) 회복 단계 2 (Recovery 2)

스트레스 상태 종료 후 2분 동안 가장 편안한 자세로 휴식을 취하도록 하면서 생리 활동을 측정하여 평균값과 표준편차를 계산하였다.

4) 통계분석

불면증 환자와 정상 대조군 사이에 측정값들을 비교하기 위해 독립 t-검정(independent t-test)을 사용하였다. 각 군 내에서 스트레스 반응 검사의 5단계(기저, 스트레스 1, 회복 1, 스트레스 2, 회복 2) 사이의 측정값 비교는 대응표본 t-검

정(paired t-test)으로 직전 단계 측정값과 각 단계 측정값을 비교하였다(기저 vs. 스트레스 1, 스트레스 1 vs. 회복 1, 회복 1 vs. 스트레스 2, 스트레스 2 vs. 회복 2). 통계적 유의성은 양측검정, p -value < 0.05로 하였다. 통계프로그램은 SPSS 18.0을 사용하였다.

결 과

일차성 불면증 환자 80명(남자 35, 여자 45명)의 평균 연령은 49.71 ± 12.91세, 정상인 101명(남자 64, 여자 37명)의 평균 연령은 27.65 ± 2.77세로 두 군 사이에는 연령과 성비의 유의한 차이가 있었다(Table 1).

Table 1. Comparison of demographics and biofeedback parameters during stress reactivity test between insomnia patients and normal healthy controls

	Normal (n = 101)	Insomnia (n = 80)	t, χ^2	p-value
Age	27.65 ± 2.77	49.71 ± 12.91	-15.01	<0.001
Sex (M/F)	64/37	35/45	6.93	0.011
Insomnia severity index	4.01 ± 2.65	19.7 ± 4.11	-16.01	<0.001
EMG (μ V)				
Baseline	4.89 ± 1.73	7.72 ± 3.88	-6.06	<0.001
Stress 1	6.63 ± 2.48	10.29 ± 5.16	-5.84	<0.001
Recovery 1	5.17 ± 2.17	7.87 ± 3.86	-5.61	<0.001
Stress 2	6.98 ± 2.98	10.22 ± 6.07	-4.37	<0.001
Recovery 2	5.17 ± 1.99	7.88 ± 4.25	-5.27	<0.001
Hear rate (/min)				
Baseline	70.82 ± 9.79	68.75 ± 11.45	1.31	0.192
Stress 1	77.30 ± 9.34	72.51 ± 12.12	2.91	0.004
Recovery 1	71.95 ± 9.57	69.36 ± 11.36	1.66	0.099
Stress 2	80.39 ± 9.64	73.39 ± 11.85	4.39	<0.001
Recovery 2	71.84 ± 9.81	69.37 ± 10.61	1.62	0.110
Skin conductance (μ S)				
Baseline	0.55 ± 0.42	0.53 ± 0.51	0.16	0.872
Stress 1	0.86 ± 0.82	0.69 ± 0.79	1.41	0.161
Recovery 1	0.84 ± 0.88	0.68 ± 0.82	1.20	0.232
Stress 2	1.21 ± 1.39	0.86 ± 1.17	1.78	0.078
Recovery 2	1.04 ± 1.24	0.84 ± 1.29	1.10	0.274
Skin temperature ($^{\circ}$ C)				
Baseline	32.77 ± 2.30	32.85 ± 2.43	-0.20	0.840
Stress 1	33.16 ± 2.35	33.23 ± 2.38	-0.23	0.816
Recovery 1	33.06 ± 2.42	33.33 ± 2.39	-0.74	0.456
Stress 2	33.14 ± 2.44	33.51 ± 2.37	-1.04	0.298
Recovery 2	33.02 ± 2.45	33.55 ± 2.32	-1.49	0.139
Respiratory rate (/min)				
Baseline	13.86 ± 3.38	14.84 ± 2.45	-2.19	0.030
Stress 1	12.37 ± 2.15	12.86 ± 1.27	-1.97	0.050
Recovery 1	13.78 ± 3.37	14.32 ± 2.38	-1.21	0.228
Stress 2	13.38 ± 2.19	13.60 ± 1.23	-0.81	0.420
Recovery 2	14.23 ± 3.05	14.41 ± 2.26	-0.43	0.670

The values are denoted as mean ± SD. EMG : electromyography, μ V : microvolt, μ S : micrososiemens

1. 일차성 불면증 환자와 정상인 간 바이오피드백 측정값 비교

불면증 환자는 정상인에 비해 스트레스 반응 검사 5단계 모두에서 전두근이 더 긴장해 있었다(기저 : $7.72 \pm 3.88 \mu\text{V}$ vs. $4.89 \pm 1.73 \mu\text{V}$, $t = -6.06$, $p < 0.001$; 스트레스 1 : $10.29 \pm 5.16 \mu\text{V}$ vs. $6.63 \pm 2.48 \mu\text{V}$, $t = -5.84$, $p < 0.001$; 회복 1 : $7.87 \pm 3.86 \mu\text{V}$ vs. $5.17 \pm 2.17 \mu\text{V}$, $t = -5.61$, $p < 0.001$; 스트레스 2 : $10.22 \pm 6.07 \mu\text{V}$ vs. $6.98 \pm 2.98 \mu\text{V}$, $t = -4.37$, $p < 0.001$; 회복 2 : $7.88 \pm 4.25 \mu\text{V}$ vs. $5.17 \pm 1.99 \mu\text{V}$, $t = -5.27$, $p < 0.001$) (Table 1). 분당 심장박동수는 스트레스 1과 스트레스 2단계에서 불면증 환자가 정상인보다 유의하게 더 느렸다(스트레스 1 : 72.51 ± 12.12 vs. 77.30 ± 9.34 , $t = 2.91$, $p = 0.004$; 스트레스 2 : 73.39 ± 11.85 vs. 80.39 ± 9.64 , $t = 4.39$, $p < 0.001$). 피부전도와 피부체온은 두 군 사이에 유의한 차이가 없었다. 분당 호흡수는 기저와 스트레스 1단계에서 불면증 환자가 정상인보다 유의하게 더 빨랐다(기저 : 14.84 ± 2.45 vs. 13.86 ± 3.38 , $t = -2.19$, $p = 0.030$; 스트레스 1 : 12.86 ± 1.27 vs. 12.37 ± 2.15 , $t = -1.97$, $p = 0.050$).

2. 바이오피드백 측정값의 스트레스 반응 검사 단계별 변화

각 검사 단계 측정값을 직전 단계 측정값과 비교하였다(기저 vs. 스트레스 1; 스트레스 1 vs. 회복 1; 회복 1 vs. 스트레스 2; 스트레스 2 vs. 회복 2)(Figure 1). 근전도 측정값의 단계 사이의 변화 소견은 다음과 같았다. 정상인의 근전도 측정값은 모든 검사 단계에서 직전 단계와 유의한 차이를 보였다($t = -8.86$, $p < 0.001$; $t = 6.38$, $p < 0.001$; $t = -5.37$, $p < 0.001$; $t = 6.00$, $p < 0.001$). 불면증 환자의 근전도 측정값도 모든 검사 단계에서 직전 단계와 유의한 차이를 보였다($t = -5.06$, $p < 0.001$; $t = 4.85$, $p < 0.001$; $t = -4.12$, $p < 0.001$; $t = 4.48$, $p < 0.001$). 심장박동수도 두 군의 모든 검사 단계에서 직전 단계와 유의한 차이를 보였다. 정상인의 심장박동수는 기저 단계보다 스트레스 1단계에서 유의하게 빨라졌고 회복 1단계에서는 유의하게 느려졌고, 스트레스 2단계에서 다시 빨라지고 회복 2단계에서 느려졌다($t = -11.06$, $p < 0.001$; $t = 9.06$, $p < 0.001$; $t = -13.83$, $p < 0.001$; $t = 13.24$, $p < 0.001$). 불면증 환자에서도 심장박동수는 직전 단계와 비교하여 유의하게 변화하였다($t = -6.39$, $p < 0.001$, $t = 6.70$, $p < 0.001$, $t = -8.51$, $p < 0.001$, $t = 7.94$, $p < 0.001$). 피부전도, 피부체온, 호흡수 측정값의 단계에 따른 유의한 변화 정도도 Figure 1에 표시하였다.

3. 불면증 환자와 정상인 간 바이오피드백 측정값의 단계별 변화 정도 비교

다섯 단계의 스트레스 반응 검사에서 직전 단계의 측정값

을 빼서 스트레스와 회복에 의한 측정값의 변화 정도를 두 군 사이에서 비교하였다. 심장박동수는 스트레스 1, 2와 회복 1, 2 모두에서 정상인과 불면증 환자 사이에 유의한 차이가 있었다(Table 2). 정상인은 불면증 환자와 비교하여 각 단계에 따른 심장박동수의 변화 정도가 더 컸다. 피부전도는 스트레스 1, 2, 회복 2에서 두 군 사이에 유의한 차이를 보였는데, 정상인이 불면증 환자에 비해 피부전도의 변화 정도가 더 컸다.

고 찰

본 연구는 일차성 불면증 환자에서 바이오피드백 기기를 이용하여 자율신경계 활성을 반영하는 근전도, 심장박동수, 피부전도, 피부체온, 호흡수를 기저-스트레스 1-회복 1-스트레스 2-회복 2의 다섯 단계 스트레스 반응 검사 중에 측정하고, 이를 정상인의 결과와 비교함으로써 불면증 환자의 정신생리적 특성을 조사하였다. 불면증 환자의 전두근은 다섯 단계 모두에서 정상인 보다 긴장되어 있었다. 두 군 모두에서 근육 긴장도는 스트레스 단계에서 유의하게 증가하였고 회복 단계에서 감소하였다. 이는 근전도를 포함하는 바이오피드백 스트레스 반응 검사가 자율신경계 활성도를 잘 반영하며 불면증 환자에서 자율신경계 활성이 증가되어 있음을 시사한다(Riemann 등 2010; Levenson 등 2015). 본 연구에서 근전도의 기저 단계 측정값은 정상인 $4.89 \mu\text{V}$, 불면증 환자 $7.72 \mu\text{V}$ 였다. 이전에 보고된 다른 연구들의 정상인 전두근 근전도는 기저 단계 $2.23 \sim 5.2 \mu\text{V}$ 로 다소 차이가 있다(Haynes 등 1975; Vaughn 등 1977; Yu과 Hwang 1985). 본 연구에서 사용한 바이오피드백 기기와 같은 제조사의 기기를 사용한 비교적 최근의 국내 연구에서는 $3.55 \mu\text{V}$ (Kim 등 2002), $4.72 \mu\text{V}$ (Lee 등 2009)였다. 이러한 결과는 바이오피드백을 이용한 근전도 측정값에는 검사 환경, 기기에 따른 차이가 있음을 시사한다. 또한 근전도 측정값은 정상인에서 연령과 성별에 따라서도 차이가 있다고 보고되어 비교적 측정의 안정성이 높은 기저 단계에서도 절대적인 정상치의 범위를 설정하는 것은 어려울 것이다(Kim 등 2002). 다만 본 연구에서 사용한 것과 같은 기기와 소프트웨어를 사용한 이전 연구에서 정상인 $4.72 \mu\text{V}$, 만성통증 환자 $8.10 \mu\text{V}$ 로 비교적 유사하게 보고되어 비슷한 검사 환경에서는 측정값의 상호참고가 가능할 것으로 보인다(Lee 등 2009). 심장박동은 모든 단계에서 유의하지는 않았지만 오히려 정상인이 더 빨랐다. 심장박동수는 성인기 이후 노화에 따라 서서히 감소한다(Jose과 Collison 1970). 정상인의 평균 연령이 불면증 환자에 비해 낮았기 때문에 이러한 차이가 나타났을 것이다. 스트레

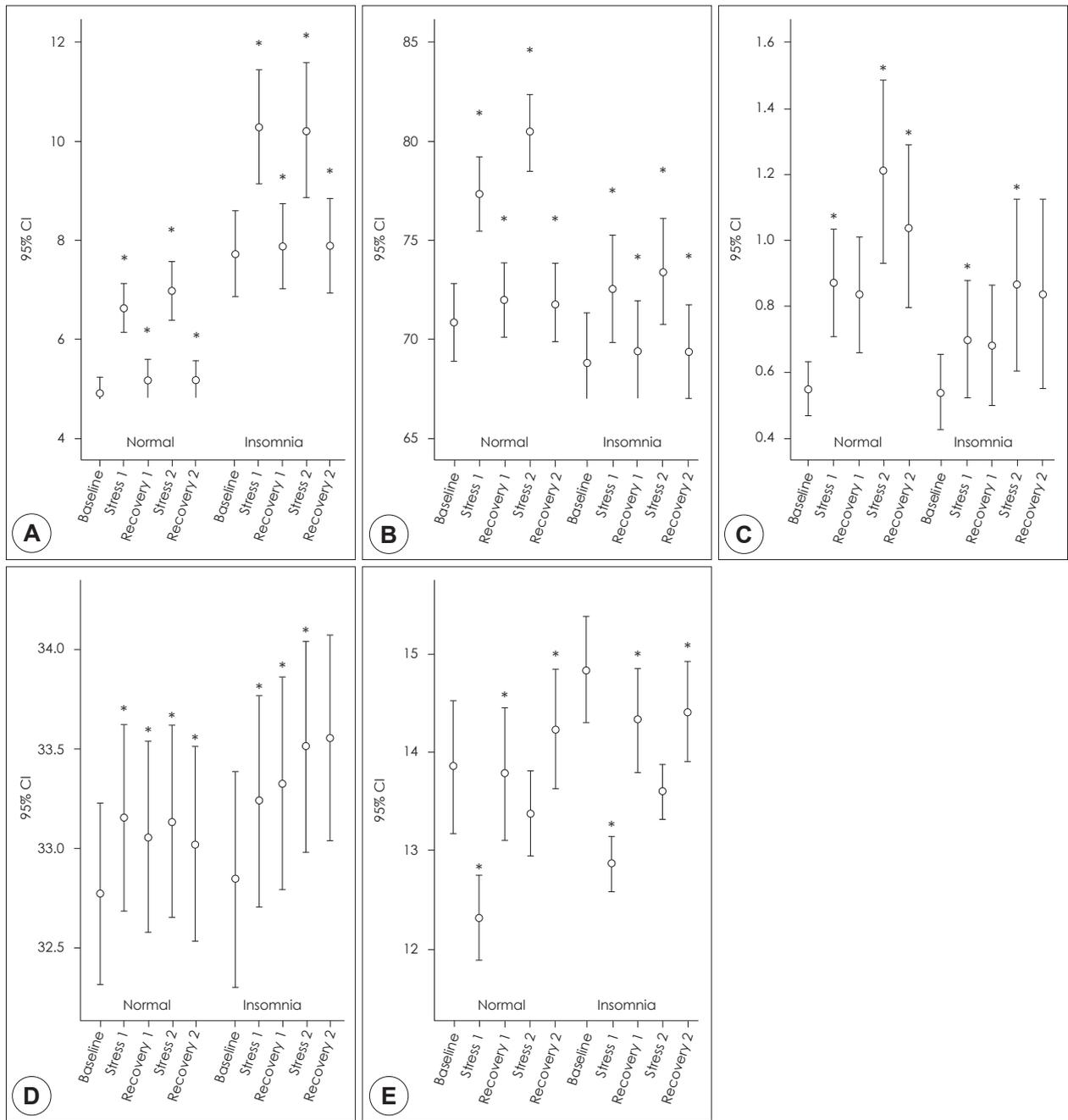


Figure 1. Change of Electromyography (A), heart rate (B), skin conductance (C), skin temperature (D), and respiratory rate (E) during stress reactivity test in normal controls and insomnia patients. * : significant change of value compared with the previous phase ($p < 0.05$).

스에 의한 심장박동수의 증가, 회복에 의한 심장박동수 감소 정도도 정상인에서 더 컸다(Table 2). 각 단계에서 심장박동수의 변화 정도가 직접적으로 심박변이도를 반영하지는 않았지만, 나이가 들어감에 따라 심박변이도는 감소하며 여러 가지 원인에 의한 자율신경계 활성도 증가에 의해서도 심박변이도가 감소하는 것이 모두 이 결과와 관련이 있다고 추정해 볼 수 있을 것이다(O'Brien 등 1986). 따라서 각 단계의 심장박동수를 그대로 자율신경계 활성도 지표로 삼는 것은 불가능하다. 다만 심장박동수는 검사 기기나 센서에 따른 측정값

의 차이가 없으므로 각 스트레스 반응 검사 단계에서의 변화 정도를 연령을 고려하여 참고하는 것은 유용할 것으로 생각된다.

피부전도는 두 군 모두에서 스트레스에 의한 유의한 상승이 관찰되었고, 정상인에서는 회복 2에서 유의하게 감소했지만, 불면증 환자에서는 유의한 감소가 없었다. 그러나 기저 단계 측정값이 비슷함에도 불구하고 스트레스에 의한 상승 정도가 정상군에서 더 크게 나타났는데, 이는 이전의 연구 결과와 다르다. 만성통증 환자와 정상인을 비교한 연구에

Table 2. Comparison of biofeedback parameter changes in each phase of stress reactivity test between insomnia patients and normal healthy subjects

	Normal (n = 101)	Insomnia (n = 80)	t	p-value
EMG (μ V)				
Stress1-Baseline	1.73 \pm 0.20	2.57 \pm 0.51	-1.54	0.126
Recovery 1-Stress 1	-1.45 \pm 0.23	-2.41 \pm 0.50	1.75	0.083
Stress 2-Recovery 1	1.81 \pm 0.37	2.34 \pm 0.57	-0.84	0.400
Recovery 2-Stress 2	-1.80 \pm 0.30	-2.33 \pm 0.52	0.92	0.359
Hear rate (/min)				
Stress 1-Baseline	6.48 \pm 0.59	3.77 \pm 0.59	3.22	0.002
Recovery 1-Stress 1	-5.36 \pm 0.59	-3.16 \pm 0.47	-2.91	0.004
Stress 2-Recovery 1	8.45 \pm 0.61	4.03 \pm 0.47	5.72	<0.001
Recovery 2-Stress2	-8.56 \pm 0.65	-4.02 \pm 0.51	-5.31	<0.001
Skin conductance (μ S)				
Stress 1-Baseline	0.32 \pm 0.05	0.16 \pm 0.04	2.48	0.014
Recovery 1-Stress 1	-0.03 \pm 0.03	-0.02 \pm 0.01	-0.53	0.599
Stress 2-Recovery 1	0.37 \pm 0.06	0.18 \pm 0.05	2.42	0.017
Recovery 2-Stress 2	-0.17 \pm 0.03	-0.03 \pm 0.03	-3.25	0.001
Skin temperature ($^{\circ}$ C)				
Stress 1-Baseline	0.38 \pm 0.05	0.39 \pm 0.05	-0.16	0.874
Recovery 1-Stress 1	-0.10 \pm 0.03	0.09 \pm 0.03	-3.95	<0.001
Stress 2-Recovery 1	0.08 \pm 0.03	0.18 \pm 0.03	-2.75	0.007
Recovery 2-Stress 2	-0.11 \pm 0.03	0.04 \pm 0.03	-3.83	<0.001
Respiratory rate (/min)				
Stress 1-Baseline	-1.53 \pm 0.26	-1.98 \pm 0.31	1.13	0.262
Recovery 1-Stress 1	1.46 \pm 0.27	1.46 \pm 0.29	-0.01	0.993
Stress 2-Recovery 1	-0.41 \pm 0.28	0.73 \pm 0.28	0.80	0.427
Recovery 2-Stress 2	0.86 \pm 0.24	0.81 \pm 0.26	0.14	0.893

The values are denoted as mean \pm SD. EMG : electromyography, μ V : microvolt, μ S : micrososiemens

서는 만성통증 환자에서 피부전도의 상승이 더 크게 나타났고(Lee 등 2009), 스트레스 장애에서 피부전도가 증가하고 정신신체 장애의 치료 후 증상이 호전되면 피부전도가 감소한다고 보고되었다(Seo 등 1999 ; Heiden 등 2005). Lee 등 (2009)의 결과 이외에는 기저 단계만 일회성으로 측정된 것이라는 것이 본 연구 결과와의 차이를 유발했을 가능성이 있다. 그리고 피부전도는 근전도나 심장박동과는 달리 2분 내외의 짧은 시간 동안 즉각적으로 반응하지 않을 가능성도 있다.

피부체온은 두 군 모두에서 스트레스와 안정 이완에 의해 변화했다. 그러나 예상과 달리 스트레스에 의한 피부체온의 감소, 이완에 의한 피부체온의 증가 양상은 관찰되지 않았다. 이전 연구에서는 만성통증 환자에서 스트레스 반응 검사 중 피부체온의 유의한 변화가 관찰되지 않았다(Lee 등 2009). 피부체온은 짧은 시간 동안의 혈관운동활성을 반영하지 못하고, 환경적 요인, 즉 땀, 근육긴장도, 심부체온 등 여러 가지 요인에 의해 영향을 받는다는 점을 고려하면 수 분 사이의 비교적 짧은 시간 동안 피부-체온의 측정은 스트레스와 이완 상태를 민감하게 반영하지 못할 가능성이 있다(Shusterman과 Barnea 2005).

호흡수는 두 군 간 단계별 통계적으로 유의한 차이를 보였지만, 각 군 내에서는 스트레스 단계에서 오히려 감소하였다. 이는 스트레스 검사 시 피험자가 답을 하게 되는 실험 절차에 기인할 것이다. 말을 하는 중에는 호흡 센서의 신호가 작게 측정되어 호흡으로 계산되지 않았을 것으로 생각된다. 불안이나 스트레스에 의해 호흡수는 증가하지만 본 연구에서 주어진 자극은 호흡수를 증가시킬 정도의 심한 스트레스가 아니었을 가능성도 있을 것이다. 호흡을 이용한 바이오피드백은 치료에는 유용하지만 스트레스 반응 검사에는 적합하지 않을 것이다.

본 연구의 결과는 일차성 불면증 환자가 정상인과는 다른 정신생리적 특징을 가지고 있고 자율신경계가 과각성 상태에 있음을 시사한다. 특히 10분 내외의 짧은 스트레스 반응 검사 시간을 고려하면 근전도의 각 단계별 측정값과 심장박동수의 단계별 변화 정도가 유용한 지표로 생각된다. 바이오피드백을 사용하여 불면증의 치료뿐만 아니라 생리 특성을 측정, 분석함으로써 불면증의 진단과 치료 효과 판정에 이용할 수 있는 가능성을 이 연구에서 확인하였다.

목적 : 불면증은 여러 가지 신체질환, 정신질환에 공이환된 경우가 많아 일차 진료에서 가장 흔한 문제 중 하나이다. 정신생리적 과각성이 병태생리에서 중요하다고 알려져 있다. 이 연구에서는 바이오피드백 기기를 이용한 스트레스 반응 검사로 일차성 불면증과 정상인 간에 생리신호 특성을 비교하였다.

방법 : 일차성 불면증 환자 80명(남자 35, 여자 45명, 49.71 ± 12.91세)과 정상인 101명(남자 64, 여자 37명, 27.65 ± 2.77세)에게 바이오피드백 기기를 이용하여 스트레스 반응 검사를 하였다. 스트레스 반응 검사는 기저, 스트레스 1, 회복 1, 스트레스 2, 회복 2단계의 다섯 단계로 하였다. 각 단계에서 근전도(EMG), 심장박동수(heart rate), 피부전도(skin conductance), 피부체온(skin temperature), 그리고 호흡수(respiratory rate)를 각각 2분 동안 기록하여 평균값을 산출하였다. 측정값들의 양 군 사이 비교에는 독립 t-검정, 이전 단계와 비교한 측정값의 변화는 대응표본 t-검정으로 분석하였다(양측검정, $p < 0.05$).

결과 : 불면증 환자는 정상인에 비해 5단계 스트레스 반응 검사 모두에서 전두근이 더 긴장해 있었다(기저 : 7.72 ± 3.88 μ V vs. 4.89 ± 1.73 μ V, $t = -6.06$, $p < 0.001$; 스트레스 1 : 10.29 ± 5.16 μ V vs. 6.63 ± 2.48 μ V, $t = -5.84$, $p < 0.001$; 회복 1 : 7.87 ± 3.86 μ V vs. 5.17 ± 2.17 μ V, $t = -5.61$, $p < 0.001$; 스트레스 2 : 10.22 ± 6.07 μ V vs. 6.98 ± 2.98 μ V, $t = -4.37$, $p < 0.001$; 회복 2 : 7.88 ± 4.25 μ V vs. 5.17 ± 1.99 μ V, $t = -5.27$, $p < 0.001$). 정상인은 불면증 환자와 비교하여 각 단계에 따른 심장박동수의 변화 정도가 더 컸다(스트레스 1-기저 : 6.48 ± 0.59 vs. 3.77 ± 0.59, $t = 3.22$, $p = 0.002$; 회복 1-스트레스 1 : -5.36 ± 0.59 vs. -3.16 ± 0.47, $t = 2.91$, $p = 0.004$; 스트레스 2-회복 1 : 8.45 ± 0.61 vs. 4.03 ± 0.47, $t = 5.72$, $p < 0.001$; 회복 2-스트레스 2 : -8.56 ± 0.65 vs. -4.02 ± 0.51, $t = -5.31$, $p < 0.001$).

결론 : 일차성 불면증 환자는 정상인에 비해 전두근 근전도 측정값이 전반적으로 증가되었고, 심장박동수의 검사 단계별 변화 정도가 작았다. 이는 불면증 환자의 자율신경계가 정상인에 비해 과각성 상태에 있음을 시사한다.

REFERENCES

Buysse DJ. Insomnia. JAMA 2013;309:706-716.

Buysse DJ, Germain A, Hall ML, Moul DE, Nofzinger EA, Begley A, et al. EEG spectral analysis in primary insomnia: NREM period effects and sex differences. Sleep 2008;31:1673-1682.

Chong Y, Fryer CD, Gu Q. Prescription sleep aid use among adults: United States, 2005-2010. NCHS Data Brief 2013;1-8.

De Valck E, Cluydts R, Pirrera S. Effect of cognitive arousal on sleep latency, somatic and cortical arousal following partial sleep deprivation. J Sleep Res 2004;13:295-304.

Haynes SN, Moseley D, McGowan WT. Relaxation training and biofeedback in the reduction of frontalis muscle tension. Psychophysiology 1975;12:547-552.

Heiden M, Barnekow-Bergkvist M, Nakata M, Lyskov E. Autonomic activity, pain, and perceived health in patients on sick leave due to stress-related illnesses. Integr Physiol Behav Sci 2005;40:3-16.

Jose AD, Collison D. The normal range and determinants of the intrinsic heart rate in man. Cardiovasc Res 1970;4:160-167.

Kim YL, Koo MS, Kim EJ, Yu BH. Psychophysiological response patterns measured by a biofeedback system in healthy people. Sleep Med Psychophysiol 2002;9:61-67.

Lee JS, Kang DH, An HJ, Yoon DH, Jeong DU. Psychophysiological characteristics of chronic pain patients measured by biofeedback system. Sleep Med Psychophysiol 2009;16:79-84.

Levenson JC, Kay DB, Buysse DJ. The pathophysiology of insomnia. Chest 2015;147:1179-1192.

O'Brien IA, O'Hare P, Corral R. Heart rate variability in healthy subjects: effect of age and the derivation of normal ranges for tests of autonomic function. Br Heart J 1986;55:348-354.

Riemann D, Spiegelhalder K, Feige B, Voderholzer U, Berger M, Perlis M, et al. The hyperarousal model of insomnia: a review of the concept and its evidence. Sleep Med Rev 2010;14:19-31.

Roth T, Roehrs T, Pies R. Insomnia: pathophysiology and implications for treatment. Sleep Med Rev 2007;11:71-79.

Seo MK, Han WS, Lee KK, Yu BH, Lee YR, Kim E, et al. Characteristics of physiological variables (EDR, EMG) in biofeedback treatment. Sleep Med Psychophysiol 1999;6:38-45.

Shusterman V, Barnea O. Sympathetic nervous system activity in stress and biofeedback relaxation. Monitoring SNS activity with the photoplethysmographic-wave envelope and temperature-variability signals. IEEE Eng Med Biol Mag 2005;24:52-57.

Vaughn R, Pall ML, Haynes SN. Frontalis EMG response to stress in subjects with frequent muscle-contraction headaches. Headache 1977;16:313-317.

Yu SE, Hwang IK. A pilot study on the biofeedback aided relaxation in normal subjects. J Kor Neuropsychiatr Assoc 1985;24:517-522.