

바이오피드백을 이용하여 측정한 만성통증 환자의 정신생리적 특징

Psychophysiological Characteristics of Chronic Pain Patients Measured by Biofeedback System

이진성¹ · 강도형¹ · 안현주¹ · 윤대현² · 정도연^{1,3}

Jin-Seong Lee,¹ Do-Hyung Kang,¹ Hyun-Ju An,¹ Dae-Hyun Yoon,² Do-Un Jeong^{1,3}

■ ABSTRACT

Objectives: Chronic pain is one of the most common experiences of humans and a typical psychophysiological disorder. The aim of this study was to measure the psychophysiological responses in chronic pain patients using a biofeedback system, and to compare them with the results from normal healthy subjects.

Methods: Forty two patients with chronic pain (17 males and 25 females, average age 44.67±11.10 years) and 42 normal healthy controls (17 males and 25 females, average age 45.17±10.46 years) participated in this study. Electromyography (EMG), skin conductance (SC), and skin temperature (ST) were recorded using biofeedback system during the 3 phases (baseline, stress, and recovery) of stress reactivity test, and average values of them were calculated. Difference of values between two groups in each corresponding phase was analyzed with independent t-test, and change of values across phases of stress reactivity test was analyzed with paired t-test (all two-tailed, p<0.05).

Results: Compared to normal controls, chronic pain patients had higher value of EMG (baseline : 8.10±5.97 μ V vs 4.72±1.52 μ V, t=-3.56, p<0.01 ; stress : 11.25±6.89 μ V vs 8.49±4.78 μ V, t=-2.13, p<0.05 ; recovery : 7.12±3.77 μ V vs 4.78±1.59 μ V, t=-3.70, p<0.01) and SC (baseline : 1.06±1.0 μ S vs 0.42±0.29 μ S, t=-4.0, p<0.01 ; stress : 1.87±2.05 μ S vs 1.03±0.86 μ S, t=-2.47, p<0.05 ; recovery : 1.74±1.77 μ S vs 0.64±0.59 μ S, t=-3.8, p<0.01) in all the 3 phases. But, skin temperature comparison did not reveal significant differences in all the 3 phases between two groups.

Conclusion: Psychophysiological responses of chronic pain patients in stress reactivity test were different from those of normal healthy controls. These results suggest that sympathetic nervous system is more activated in chronic pain patients. **Sleep Medicine and Psychophysiology 2009 ; 16(2) : 79-84**

Key words: Chronic pain · Biofeedback · Psychophysiology.

서 론

통증(pain)은 환자들이 매우 흔히 호소하는 증상 중 하나이다. 인구의 약 20%가 만성통증으로 고통받고, 이로 인한 사회적 비용은 미국의 경우 1,500억불에 달한다(1,2).

통증의 일반적인 정의는 '실제 또는 가능성 있는 조직 손상과 연관되거나 이런 손상으로 설명되는 불쾌한 감각 및 정서 경험'이다(3). 따라서 통증은, 대개 신체 질환이나 외상에 의한 조직 손상으로 유발되지만, 직접적인 원인을 알 수 없는 경우에도 생길 수 있는, 심리적인 요인과 밀접한 관련이 있는 주관적 현상이다(4).

본 연구는 한국과학재단에서 지원하는 우수연구센터사업 생체계측 신기술 연구센터(ABRC)의 2009년도 연구과제 지원(0521-20090002)에 의한 결과입니다.

¹서울대학병원 신경정신과 Department of Neuropsychiatry, Seoul National University Hospital, Seoul, Korea

²서울대학교병원 헬스케어시스템 강남센터 신경정신과

Department of Neuropsychiatry, Healthcare System Gangnam Center, Seoul National University Hospital, Seoul, Korea

³서울대학교 의과대학 정신과학교실, 서울대학교병원 스트레스·바이오피드백 클리닉 Department of Psychiatry and Behavioral Science, Seoul National University College of Medicine and Stress and Biofeedback Clinic, Seoul National University Hospital, Seoul, Korea

Corresponding author: Do-Un Jeong, Department of Neuropsychiatry, Seoul National University Hospital, 101 Daehang-ro, Jongno-gu, Seoul 110-799, Korea

Tel: 02) 2072-2451, Fax: 02) 744-7241, E-mail: jeongdu@snu.ac.kr

통증은 기간에 따라 급성통증(acute pain)과 만성통증(chronic pain)으로 나눈다. 만성통증은 손상 후 자연적 치유기간보다 오래 지속되는 통증이다(3). 임상적으로는 일반적인 치료 방법에 의해 호전되지 않거나 3~6개월 이상 지속되는 통증을 만성통증이라고 한다(5). 급성통증과 달리 만성통증의 발생과 유지에는 '통증 행동'(pain behavior)이 중요한 역할을 한다(6,7). '통증 행동'이란, 휴식, 약물 복용, 병원 방문, 통증 부위 보호, 통증과 관련해 환자 역할하기, 그리고 통증에 영향을 끼치는 환경적 요인 등을 통칭하는 것으로, 통증의 심리사회적인 면을 강조하는 개념이다. 통증 자체가 스트레스이지만 스트레스도 자율신경계(autonomic nervous system)에 영향을 주고 통증을 악화시킨다(8-10). 즉, 통증을 느끼는 것이 스트레스 인자로 작용하여 교감신경계(sympathetic nervous system)가 활성화되며, 반대로 어떤 원인이든 교감신경계가 활성화되면 그것이 통증역치에 영향을 끼친다(8-11).

바이오피드백(biofeedback)의 시초는 1920년대에 Jacobson이 환자들의 근육 긴장도를 측정하고자 원시적인 근전도(electromyography, EMG) 기구를 사용한 것이다. Schultz가 정신신체장애(psychosomatic disorder)와 신경증(neurotic syndrome) 환자 치료를 위한 자율훈련법(autogenic training)을 소개하면서 치료 도구로 사용되었고(12) 바이오피드백의 치료 효과는 지속적으로 보고되고 있다(5,13-17). 국내에서도 1980년대 이후 긴장성 두통, 불안장애를 비롯한 여러 정신신체장애에 바이오피드백을 적용하여 정신생리적 특성과 치료 효과를 보고한 연구들이 있다(12,18-20). 그러나 아직 대표적인 정신신체장애인 만성통증 환자를 대상으로 바이오피드백을 이용한 체계적인 연구는 많지 않았다. 본 연구는 바이오피드백을 이용한 스트레스 반응검사를 통해 만성통증 환자의 정신생리적 특징을 조사하고자 하였다.

연구대상 및 방법

1. 대 상

서울대학교병원 통증클리닉에서 스트레스·바이오피드백 클리닉으로 의뢰된 만성통증 환자 42명에게 치료 첫 시간에 바이오피드백 기기를 이용하여 스트레스 반응검사를 하고 그 결과를 기록하였다. 의무기록을 후향적으로 검토하여 통증이 시작된 지 6개월 미만인 환자는 제외하였다. 만성통증 환자의 결과를 서울대학교병원 강남센터에서 정상인을 바이오피드백을 이용해 스트레스 반응 검사한 자료 중에서 선택한 42명의 결과와 비교하였다. 통증이 있거나 정

만성통증의 정신생리신호 특징

신과적 질환, 신체 질환을 앓고 있는 경우는 정상 대조군에서 제외하였다.

2. 도구 및 방법

1) 검사 환경

검사실은 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 2.1(Thought technology Ltd., Quebec, Canada)을 사용하였다.

2) 측정 방법 및 부위

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

3) 검사 절차

(1) 기저 상태(Baseline)

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

(2) 스트레스 상태(Stress)

인지적 스트레스에 대한 생리적 활동을 2분 동안 측정하여 평균값과 표준편차를 계산하였다. 스트레스 과제로는 '100-7 검사'(serial seven)와 이를 변형시켜 '1000-7'을 연속적으로 수행하도록 하였다.

(3) 회복 상태(Recovery)

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

4) 통계분석

만성통증 환자와 정상 대조군 사이에 측정값들을 비교해 위해 독립 t-검정 (independent t-test)을 사용하였다. 스트레스 반응검사의 세 가지 상태(기저, 스트레스, 회복) 사이에서 측정값을 비교하는 데는 대응표본 t-검정 (paired t-test)을 썼다. 연령과 각 측정값의 연관성은 Pearson 상관 분석을 써서 분석하였다. 통계적 유의성은 양측검정, p-value < 0.05로 정의하였다. 통계프로그램은 SPSS 12.0 프로그램을 사용하였다.

결 과

만성통증 환자 42명(남자 17, 여자 25명)의 평균 연령은 44.67 ± 11.10세, 정상인 42명(남자 17, 여자 25명)의 평균 연령은 45.17 ± 10.46세로 두 군 사이에 유의한 차이가 없었다(t=0.21, p=0.83) (표 1).

1. 만성통증 환자와 정상인 간 바이오피드백 측정값 비교

만성통증 환자는 정상인에 비해 기저, 스트레스, 그리고 회복 상태 모두에서 전두근이 더 긴장해 있었다(기저 상태 : 8.10 ± 5.97 μV vs 4.72 ± 1.52 μV, t = -3.56, p < 0.01 ; 스트레스 상태 : 11.25 ± 6.89 μV vs 8.49 ± 4.78 μV, t = -2.13, p < 0.05 ; 회복 상태 : 7.12 ± 3.77 μV vs 4.78 ± 1.59 μV, t = -3.70, p < 0.01) (표 1). 또한 만성통증 환자는 정상인에 비해 기저, 스트레스, 그리고 회복 상태 모두에서 피부전도가 더 잘 되었다(기저상태 : 1.06 ± 1.0 μS vs 0.42 ± 0.29 μS, t = -4.0, p < 0.01 ; 스트레스 상태 : 1.87 ± 2.05 μS vs 1.03 ± 0.86 μS, t = -2.47, p < 0.05 ; 회복 상

태 : 1.74 ± 1.77 μS vs 0.64 ± 0.59 μS, t = -3.8, p < 0.01). 그러나 피부체온은 기저, 스트레스, 그리고 회복 상태 모두에서 두 군 사이에 유의한 차이가 없었다(표 1).

2. 바이오피드백 측정값의 스트레스 반응 검사 단계별 변화

정상인 안에서의 단계 사이의 변화 조건은 다음과 같았다. 기저 상태와 비교해 스트레스 상태에서 근전도와 피부전도 값, 피부체온 모두 유의하게 증가하였다(t = -5.00, p < 0.01 ; t = -5.99, p < 0.01 ; t = -2.99, p < 0.01). 회복 상태에서는 스트레스 상태와 비교했을 때 근전도와 피부전도값이 유의하게 감소하였으나(t = 5.20, p < 0.01 ; t = 6.76, p < 0.01), 피부체온은 변화가 없었다(t = -1.14, p = 0.26) (그림 1).

만성통증 환자의 스트레스 상태에서도 기저 상태와 비교해 근전도와 피부전도값이 증가하였다(t = -2.96, p < 0.01 ; t = -3.87, p < 0.01). 피부체온에는 변화가 없었다(t = -1.29, p = 0.20). 회복 상태에서는 스트레스 상태와 비교해 근전도 값은 유의하게 감소하였지만(t = 4.13, p < 0.01), 피부전도 값과 피부체온의 유의한 변화는 관찰할 수 없었다(t = 1.83, p = 0.08 ; t = -0.41, p = 0.68) (그림 1).

3. 바이오피드백 측정값의 성별과 연령에 따른 특징

양 군 모두에서 성별에 따라 세 가지 상태(기저, 스트레스, 회복)에서 근전도, 피부전도, 피부체온을 측정할 값과 연령을 비교하였다. 그 결과 정상인에서는 회복 상태의 피부체온이 남자에서 여자에서 보다 더 높았고(33.82°C vs 32.50°C, t = 2.34, p < 0.05), 연령이나 다른 측정값에서는 성별에 따른 차이가 없었다(모두 p > 0.05). 만성통증 환자에서는 연령과 모든 측정값들에서 성별에 따른 차이가 없었다(모두 p > 0.05).

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

	Normal (n=42)	Chronic pain (n=42)	t	p-value
Age	45.17 ± 10.46	44.67 ± 11.10	0.21	0.83
Sex (M/F)	17/25	17/25		
EMG (μV)				
Baseline	4.72 ± 1.52	8.10 ± 5.97	-3.56	<0.01
Stress	8.49 ± 4.78	11.25 ± 6.89	-2.13	<0.05
Recovery	4.78 ± 1.59	7.12 ± 3.77	-3.70	<0.01
Skin conductance (μS)				
Baseline	0.42 ± 0.29	1.06 ± 1.00	-4.02	<0.01
Stress	1.03 ± 0.86	1.87 ± 2.05	-2.47	<0.05
Recovery	0.64 ± 0.59	1.74 ± 1.77	-3.81	<0.01
Skin Temperature (°C)				
Baseline	32.75 ± 1.87	32.45 ± 1.77	0.76	0.45
Stress	33.01 ± 1.61	32.60 ± 1.69	1.13	0.26
Recovery	33.03 ± 2.16	32.51 ± 1.84	1.19	0.24

The values are denoted as mean ± SD. EMG : Electromyography, μV : microvolt, μS : microsiemens

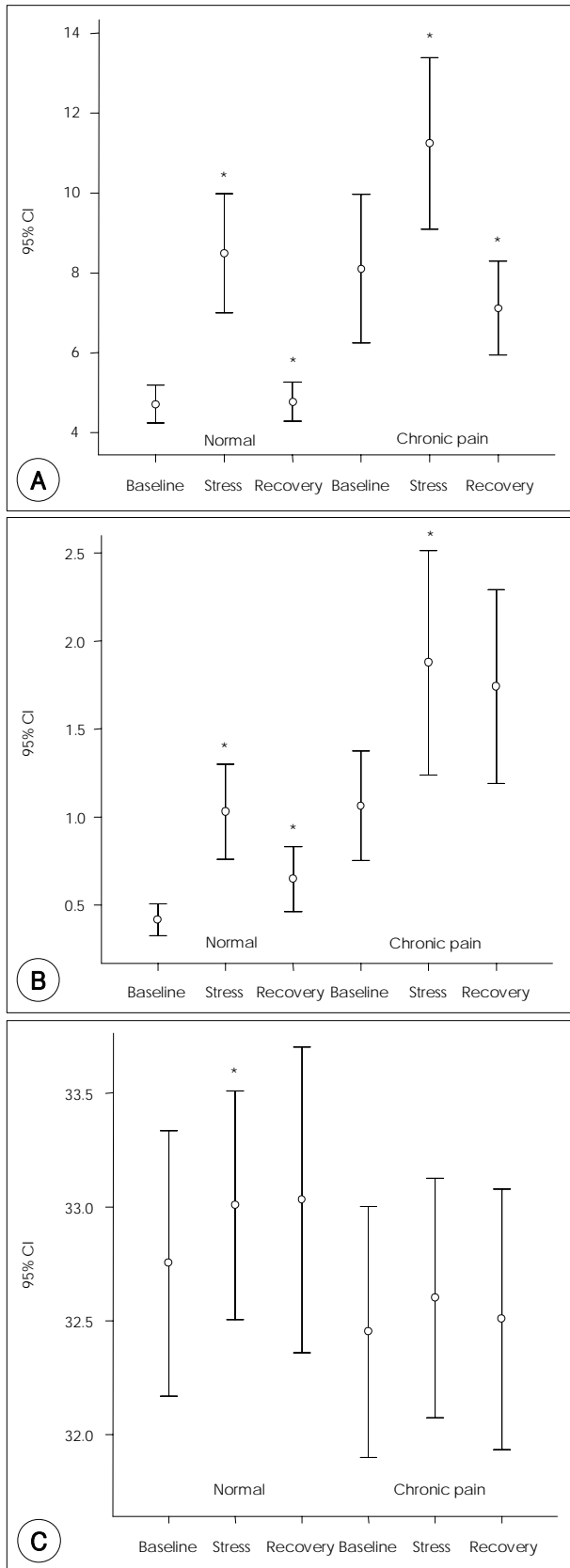


Fig. 1. Change of EMG (A), skin conductance (B), and skin temperature (C) during stress reactivity test in normal controls and chronic pain patients. * : Significant change of value compared with the previous phase ($p < 0.05$).

만성통증의 정신생리신호 특징

동일한 방법으로 연령에 따라 비교한 결과는 다음과 같았다. 정상인에서는 스트레스 상태의 근전도값($r=0.32, p>0.05$)만이 연령과 유의한 상관관계를 보였다. 만성통증 환자에서도 스트레스 상태의 근전도값만이 연령과 유의한 상관관계를 보였다($r=0.33, p<0.05$).

고 찰

본 연구는 만성통증 환자에서 바이오피드백 기기를 이용해 자율신경계 활성을 반영하는 근전도, 피부전도, 그리고 피부체온을 측정하고, 이를 정상인의 결과와 비교함으로써 만성통증 환자의 생체신호 특성을 조사하였다. 만성통증 환자에서는 스트레스 반응검사의 세 단계 모두에서 근전도와 피부전도값이 정상인에 비해 증가하였다. 이는 오래 지속된 통증으로 인해 교감신경계가 예민한 상태임을 시사하는 것이다.

통각 시스템(nociceptive system)과 자율신경계는, 말초신경계(peripheral nervous system)에서부터 시작하여 척수(spinal cord), 뇌간(brainstem)과 전뇌(forebrain)에 이르기까지 밀접하게 연결되어 작용하고 있다(8,9,11,21). 척수 말단과 내장 구심(visceral afferent) 신경을 거친 정보들이 척수 후각(dorsal horn)의 척수시상 뉴런(spinothalamic neuron), 숨뇌(medulla)의 고립로핵(nucleus tractus solitarius), 그리고 교뇌(pons)의 팔결핵(parabrachial nucleus)에서 합쳐지고, 다시 전뇌의 여러 부위로 전달되는 과정을 통해서, 통증에 대한 반사(reflex), 자율신경계 활성 변화, 정서와 행동의 변화가 초래되고, 다시 피드백으로 신경계에 작용한다(11).

만성 골반 통증(chronic pelvic pain syndrome) 환자의 양외위와 기립했을 때 혈압 변화와 심박변이도(heart rate variability)가 정상 대조군과 차이가 있다는 연구(22)나, 두통 환자에서 전두근의 근전도값이 정상인에 비해 유의하게 증가되었다는 보고(23)는, 통증과 자율신경계의 관련성을 지지해준다. 이 연구의 결과도 이전 연구들과 합치된다.

만성통증 환자는 정상인과는 달리 회복 상태에서 피부전도값의 감소를 보이지 않았다. 이것은 만성통증 환자에서는 스스로 이완할 수 있는 능력이 감소되었거나 이완을 위해 시간이 더 필요함을 시사한다. 피부전도는 통증 지각을 민감하게 반영한다고 알려져 있으며, 피부전도를 이용해 통증을 진단하고 심한 정도를 정량화하려는 시도(24), 스트레스 장애에서 피부전도의 증가와 통증역치 감소(10), 그리고 정신신체장애의 치료 경과에 따른 피부전도 측정값의 감소(12)가 보고 되어 있다.

근전도나 피부전도와는 달리 피부체온은 만성통증 환자와 정상인 사이에 차이가 없었다. 양군에서 모두 스트레스 반응검사의 기저, 스트레스, 회복 상태에 걸친 피부체온의 변화도 유의하지 않았다. 이것은 정상인의 스트레스 반응에서 피부체온이 낮아지고(25) 근골격계 통증환자에서 통증이 심할수록 피부체온이 낮다는(26), 이전 연구 결과와는 다르다.

스트레스 자극 후 피부체온의 변화를 스펙트럼 분석한 연구에 의하면, 피부체온 변화의 평균값은 짧은 시간 동안의 혈관운동활성(vasomotor activity)을 반영하지 못하고 스트레스 자극에 민감하지 않다(27). 피부체온은 말초혈관의 활성 이외에 주변 온도와 같은 환경적 요인, 땀, 근육 긴장도, 심부체온(core temperature) 등 여러 가지 요인에 의해 영향을 받는다(27). 이 연구의 스트레스 반응검사에서는 각 상태 별 측정 시간이 2분으로 상대적으로 짧았기 때문에 피부체온의 변화를 충분한 시간 동안 기록하지 못했고, 완벽히 통제하지 못한 실험실 환경이 결과에 영향을 주었을 것이다.

정상인을 스트레스 반응검사 한 이전 연구에서는, 연령이 증가할수록 피부전도가 감소하고 여성에서 남성에 비해 전두근의 근전도값이 컸다(25). 이 연구에서는 관련 값들의 차이가 없었다. 이것은 개인별 차이, 검사실 환경, 측정 당시 각성 및 정서 상태 등이 영향을 줄 가능성을 시사한다. 따라서 집단을 대표하는 기준값 설정에는 어려움이 있으며 추가적인 연구가 필요하다.

이 연구의 결과는 만성통증 환자가 정상인과 다른 정신생리적 특징을 가지고 있고, 통증으로 인하여 교감신경계가 자극에 예민한 상태에 있음을 알려준다. 바이오피드백을 사용하여 만성통증의 치료 뿐만 아니라 생리 특성을 측정, 분석함으로써 통증의 진단, 정량화, 치료효과 판정에 이용할 수 있는 가능성을 이 연구에서 확인하였다.

요 약

목 적 : 바이오피드백은 정신생리연구에서 중요한 위치에 있으며 정신생리장애 치료에도 유용하다. 만성통증은 매우 흔히 관찰되는 대표적 정신생리장애이다. 이 연구에서는 바이오피드백 기기를 이용한 스트레스 반응 검사로 만성통증 환자와 정상인 간에 생리신호의 특성을 비교하였다.

방 법 : 만성통증 환자 42명(남자 17명, 여자 25명, 44.67±11.10세)에게 치료 첫째 시간에 바이오피드백 기기를 이용하여 스트레스 반응검사를 하였다. 그 결과를 정상인 42명(남자 17명, 여자 25명, 45.17±10.46세)과 비

교하였다. 스트레스 반응검사에서는 기저, 스트레스, 그리고 회복 상태에서 각각 전두근 근전도(frontalis electromyography), 피부전도(skin conductance), 피부체온(skin temperature)을 각각 2분씩 측정하여 평균값을 산출하였다. 측정값들의 양 군간 비교에는 독립 t-검정(independent t-test), 각 상태에 따른 측정값의 변화는 대응표본 t-검정(paired-test)로 분석하였다(양측검정, p<0.05).

결 과 : 만성 통증 환자는 정상인에 비해 기저, 스트레스, 그리고 회복 상태 모두에서 전두근이 더 긴장해 있었다(기저 : 8.10±5.97 μ V vs 4.72±1.52 μ V, t=-3.56, p<0.01 ; 스트레스 : 11.25±6.89 μ V vs 8.49±4.78 μ V, t=-2.13, p<0.05 ; 회복 : 7.12±3.77 μ V vs 4.78±1.59 μ V, t=-3.70, p<0.01). 또한 만성 통증 환자는 세 상태 모두에서 피부전도가 더 잘 되었다(기저 : 1.06±1.0 μ S vs 0.42±0.29 μ S, t=-4.0, p<0.01 ; 스트레스 : 1.87±2.05 μ S vs 1.03±0.86 μ S, t=-2.47, p<0.05 ; 회복 : 1.74±1.77 μ S vs 0.64±0.59 μ S, t=-3.8, p<0.01). 그러나 피부체온은 기저, 스트레스, 그리고 회복 상태 모두에서 두 군 사이에 유의한 차이가 없었다(p<0.05).

결 론 : 만성 통증 환자는 정상인에 비해 전두근 근전도와 피부전도 측정값이 전반적으로 증가된 소견을 보였다. 이는 통증으로 인하여 교감신경계가 정상인에 비해 자극에 더 예민한 상태에 있음을 시사한다.

중심 단어 : 만성통증 · 바이오피드백 · 정신생리.

REFERENCES

1. Breivik H, Collett B, Ventafridda V, Cohen R, Gallacher D. Survey of chronic pain in Europe: prevalence, impact on daily life, and treatment. *Eur J Pain* 2006;10:287-333
2. Turk DC. Clinical effectiveness and cost-effectiveness of treatments for patients with chronic pain. *Clinical Journal of Pain* 2002;18:355-365
3. Merskey H, Bogduk N. International Association for the Study of Pain. Task Force on Taxonomy. Classification of Chronic Pain: Descriptions of Chronic Pain Syndromes and Definitions of Pain Terms. 2nd ed, Seattle, IASP Press:1994.
4. Merskey H. Pain, psychogenesis, and psychiatric diagnosis. *International Review of Psychiatry* 2000;12:99-102
5. Barber TX. Toward a theory of pain: relief of chronic pain by prefrontal leucotomy, opiates, placebos, and hypnosis. *Psychol Bull* 1959; 56:430-460
6. Fordyce WE. Behavioral methods for chronic pain and illness. Saint Louis: Mosby;1976.
7. Keefe FJ, Smith S. The assessment of pain behavior: implications for applied psychophysiology and future research directions. *Appl Psychophysiol Biofeedback* 2002;27:117-127
8. Benarroch EE. Pain-autonomic interactions: a selective review. *Clin Auton Res* 2001;11:343-349
9. Benarroch EE. Pain-autonomic interactions. *Neurol Sci* 2006;27

Suppl 2:S130-S133

10. 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
11. Cortelli P, Pierangeli G. Chronic pain-autonomic interactions. *Neurol Sci* 2003;24 Suppl 2:S68-S70
12. Seo MK, Han WS, Lee KK, Yu BH, Lee YR, Kim EJ, Kim HW. Characteristics of physiological variables (EDR, EMG) in biofeedback treatment. *Sleep Med and Psychophysiol* 1999;6:38-45
13. Arena JG, Bruno GM, Hannah SL, Meador KJ. A comparison of frontal electromyographic biofeedback training, trapezius electromyographic biofeedback training, and progressive muscle relaxation therapy in the treatment of tension headache. *Headache* 1995;35:411-419
14. Glanz M, Klawansky S, Chalmers T. Biofeedback therapy in stroke rehabilitation: a review. *J R Soc Med* 1997;90:33-39
15. Muller J, Karl A, Denke C, Mathier F, Dittmann J, Rohleder N, Knaevelsrud C. Biofeedback for Pain Management in Traumatized Refugees. *Cog Behav Ther* 2009;38:184-190
16. Paran E, Amir M, Yaniv N. Evaluating the response of mild hypertensives to biofeedback-assisted relaxation using a mental stress test. *J Behav Ther Exp Psychiatry* 1996;27:157-167
17. Schwarz SP, Blanchard EB. Evaluation of a psychological treatment for inflammatory bowel disease. *Behav Res Ther* 1991;29:167-177
18. 오홍근. 긴장성 두통 환자의 EMG Biofeedback 적용을 위한 예비적 연구-전두부 근육의 휴식기 기본측정치의 비교를 중심으로. *서울의대정신의학* 1985;10:236-240
19. 유상은 · 황익근. Biofeedback에 의한 정상인의 근이완 효과에 대한 예비연구. *신경정신의학* 1985;24:517-522
20. 정도연 · 이주호. 근전도 바이오피드백을 이용한 불안장애 환자 및 정상인의 근육긴장도에 관한 비교연구. *신경정신의학* 1987;26:204-210
21. Johansson H. Chronic Work-related Myalgia: Neuromuscular Mechanisms behind Work-related Chronic Muscle Pain Syndromes. Umea, Gavle University Press;2003.
22. Yilmaz U, Liu YW, Berger RE, Yang CC. Autonomic nervous system changes in men with chronic pelvic pain syndrome. *J Urol* 2007;177:2170-2174; discussion 2174
23. Lim CG, Park JH, Lee SR, Kim KS, Shin HC, Park. E. A study on muscle tension level of headache patients and controls by using EMG biofeedback. *Korean Acad Fam Med* 1992;13:602-609
24. Storm H. Changes in skin conductance as a tool to monitor nociceptive stimulation and pain. *Current Opinion in Anesthesiology* 2008;21:796-804
25. 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
26. Gold JE, Cherniack M, Hanlon A, Dennerlein JT, Dropkin J. Skin temperature in the dorsal hand of office workers and severity of upper extremity musculoskeletal disorders. *Int Arch Occup Environ Health* 2009;82:1281-1292
27. 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