Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol.21, No.4, pp.1-13, December 2002

생리신호변화의 분석을 이용한 스트레스 인덱스 도출

A study for the extraction of stress index using physiological signal variations

전영주*, 이낙범*,임재중**,권동현***,신근수***

ABSTRACT

As a society has been more developed, people have been suffering from more stress. Since the stress have accompanied with physiological variations, the study that tends to quantity stress has been attempting. The objective of this study is for supporting a basic data to the research or item development which is trying to diminish a stress, according to extraction of stress index using physiological signal variations. The calculation stimulation and CPT(continuous performance test) were used as stress stimulation. RSP(respiration), SCR(skin conductance response), EEG (electroencephalgram), ECG(electrocardiogram) and SKT(skin temperature) were measured as physiological signals. Subjective survey was measured to observe psychological variations after and before stress stimulation. Experimental results have shown that heart rate and SCR have the obvious variations after and before stress stimulation. We confirmed that heart rate and SCR could be a parameter to extraction of stress index, and finally extracted stress index which could divide stress into 3 levels.

Keyword: stress stimulation, calculation stimulation, CPT, stress index, physiological signal

* 전북대학교 메카트로닉스공학과
주소 : 561-756 전북 전주 덕진구 덕진동 664-14
전북대학교 공과대학 메카트로닉스공학과
전화 : 063-273-4064
E-mail : jyj92@mail.chonbuk.ac.kr
** 전북대학교 전자정보공학부
*** (주)바이오피아

1. 서 론

스트레스란 일반적으로 생체의 평형을 깨뜨릴 수 있는 모든 자극을 의미하며, 신체적·생리적 변화를 수반한다. 스트레스를 받으면 우선 인체의 항상성을 조절하는 뇌의 시상하부에서 이를 인식한다. 시상하부는 곧바로 교감신경을 자극하여 스트레스 호르몬(카테콜라민)의 분비를 촉진함으로써 혈관이 수축하고, 동공확대, 심박증가, 호흡증가, 위장 활동의 일시 정지 등의 특징이 인체에 나타나게 된다. 또한 시상하부는 뇌하수체를 자극하여 부신피질자극호르몬을 분비하고 간에서 포도당 생성을 증가시키는 코티졸이라는 호르몬을 분비시킨다. 증가된 포도당은 산소와 함께 수축된 혈관을 통해 빠르게 뇌와 근육으로 집중되어 외부자극에 적절히 적응하게 되는데, 말초혈관으로는 잘 가지 않아서 손발이 차지는 현상이 나타난다. 뇌하수체는 또한 아드레날린선에서 아드레날린을 혈액 속으로 배출하는 기능을 강화하며, 아드레날린은 부신피질에서 분비한 스테로이드와 함께 각성 수준을 높이게 된다. 이러한 모든 스트레스에 관한 화학물질은 신경계, 심혈관계, 근육계를 자극하는데, 외부의 일시적인 스트레스에 대한 이러한 반응들은 자연스런 현상이지만, 스트레스 반응이 지속되고 특히 정신적인 것일 때, 인체에 치명적인 손상을 유발시킬 수 있다(Kirkpatrick, 1992).

현대사회를 사는 사람들은 피할 수 없는 많은 스트레스에 시달리고 있다. 스트레스는 인간에게 많은 질병과 고통을 주고 있는데, 흔히 원인 불명의 질환 대부분이 스트레스에 기인한 것이라고 말해도 무방할 정도이다(Myrtek, et al. 1994). 스트레스 상황에 처하게 되면 사람마다 다소 차이가 있겠지만 집중력 감소가 나타나고 단순한 결정을 내리는데 어려움을 느낀다거나, 자신감 상실, 쉽게 짜증을 내거나 자주 화를 내고, 걱정과 불안, 식욕 증가 또는 감소, 비합리적인 공포나 갑작스런 발작, 동맥경화, 불임 등의 증세가 나타날 수 있다(Jurgens, et al. 1996 ; Murata, 1997). 이러한 스트레스는 생리적인 변화를 수반하게 되므로 신체의 신경계통과 내분비계통의 스트레스에 대한 반응을 관찰함으로써 스트레스의 정도를 객관화하는 것이 가능할 것이다. 그 중에서도 주위환경조건에 따라 변화하는 다양한 생리신호의 특징을 분석하여 스트레스를 정량화 하고자 하는 시도가 이루어지고 있다.

심전도(ECG, electrocardiogram), 피부전도도(SCR, skin conductance response)의 측정을 통해 정신 부하 작업의 정도에 따른 스트레스 변화에 대한 연구가 수행되었으며, 스트레스가 증가함에 따라 심박수와 피부전도도의 주파수 값이 증가하는 것을 관찰하였다(Kohlisch, et al. 1996). 또한, 컴퓨터를 이용하는 동안 정신적 작업 부하를 측정하기 위해 27 channel 뇌전도(EEG, electroencephalgram)를 이용하여 작업 부하에 따른 뇌파의 활성도에 대한 연구를 한 결과 정신적 작업 부하가 증가함에 따라 전두엽 부근에서 θ파는 증가하고, α파는 감소하는 경향을 나타냄이 발표되었다(Gevins, et al. 1998). 그리고 HCI (human-computer

interaction)에서의 무의식적인 지연, 예를 들어 SRT (system response time)와 정신적 스트레스 증감에 따른 심전도와 피부전도도의 변화를 분석한 결과 short SRT일 때는 심박수가 감소하고 long SRT일 때는 피부전도도가 증가하는 경향이 있음이 발표되었다(Thum, et al. 1995). 컴퓨터를 사용자의 개성에 맞게 적응시켜 사용자의 작업능률을 높이기 위한 목적으로 심박수, 피부온도, 피부전도도, 그리고 GSA(general somatic activity)등의 생리신호를 이용하여 판별함수의 계수를 정하고 감정상태를 판단하고자 하는 연구도 수행되었다(Ark, et al. 1999). 그리고 국내에서는 생체신호를 이용한 스트레스 평가 연구에서 동전 쌓기를 통한 스트레스 자극을 통해 호흡, 혈류 용적 변화도(PPG phtoplethy- mogram), 피부온도, 피부전도도의 변화를 분석하였는데, 그 결과 동전 쌓기 후 즉, 스트레스 자극을 받은 후 호흡률, 심박율, 피부전도도가 증가하였고 말초 피부온도는 감소함을 보고하였다(신재우 등, 1995). 또한 단조감을 유발하기 위해 컴퓨터를 이용한 연산작업을 자극으로 제시하고, 심전도, 혈류 용적 변화도, 호흡, 피부온도의 변화를 분석한 결과 작업을 수행할 때 단조 스트레스의 영향으로 교감신경의 활동이 활발해지고, 단조감이 증가함에 따라 피부온도는 증가하는 경향을 나타내었다(윤용현 등, 1999).

이렇듯 스트레스와 생리신호 변화에 관련된 다양한 연구들이 수행되어 왔으나 기존의 연구들은 스트레스를 받았을 때 생리신호의 변화 정도에 대한 정보만을 제시하고 있다. 즉, 스트레스에 따른 생리신호의 변화를 관찰하고 그 결과를 바탕으로 스트레스를 경감시킬 수 있는 환경을 제시하기 위한 정량적인 정보가 결여되어 있었다. 따라서, 본 연구에서는 스트레스에 따른 생리신호의 변화를 정량적인 수치로 나타낼 수 있는 인덱스를 도출하고자 하였다.

본 연구의 목적에 맞게 개발된 연산자극 방법과 CPT(continuous performance test)를 스트레스 자극으로 제시함에 따라 변화하는 호흡, 피부전도도, 뇌전도, 피부온도 그리고 심전도의 다섯 가지 생리신호를 검출하였다. 그리고 설문조사를 병행하여 주관적 평가와 객관적인 생리신호 분석결과를 비교 분석함으로써 스트레스 인덱스를 도출하고자 하였다. 본 연구의 결과는 스트레스 해소를 위한 상품, 연구 등 많은 감성공학 및 인간공학 분야에 활용될 수 있을 것이다.

2. 실험방법

2.1 실험설계

본 실험은 20~25세의 남자 대학생 10명과 여자 대학생 10명을 대상으로 하였으며, 스트레스 제시를 위한 자극으로는 연산 자극과 CPT를 실시하였다. 자극이 제시되는 동안 호흡, 피부전도도, 뇌전도, 심전도 그리고, 피부온도를 측정하였으며, 자극이 끝난 후 피험자로부터 심리 스트레스에 대한 주관적 설문 조사와 육체 스트레스에 대한 주관적 설문

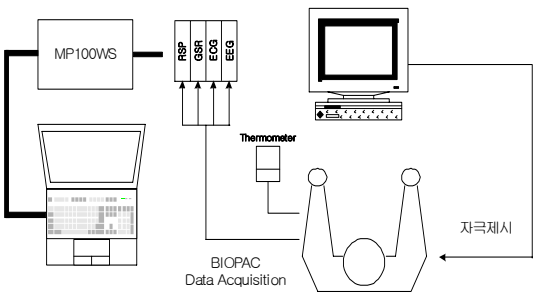


그림 1. 전체적인 실험 블록 다이어그램

조사를 실시하였다. 수집된 생리신호들에 대한 분석을 통해 변수를 추출한 후 최종적으로 스트레스 조건에 따른 생리신호를 단계별로 구분하여 스트레스 인덱스를 도출하고자 하였다. 그림 1은 본 실험에 대한 전체적인 블록 다이어그램을 나타낸 것이고, 그림 2는 실제 피험자가 실험을 하고 있는 사진을 나타낸 것이다.

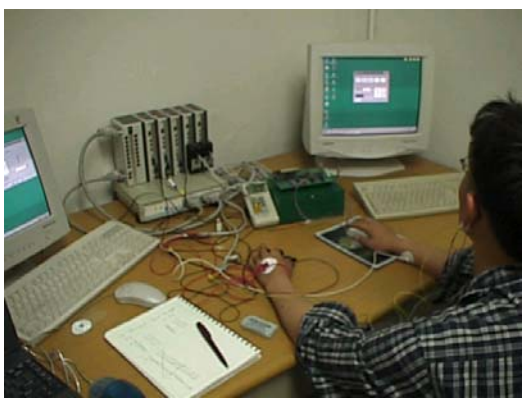


그림 2. 실험 진행 사진

2.2 스트레스 자극 방법

2.2.1 연산 자극

연산 자극은 국제 표준을 기준으로 하여 (ISO 10075-2), 비주얼 베이직을 이용하여 개발하였으며, 화면에 제시된 숫자를 덧셈하여 그 결과가 화면에 제시된 숫자와 같으면 3초내에 발판 조이스틱의 버튼 1을, 다르면 버튼 2를 누르도록 하는 연산 작업을 수행하게 하였다. 연산작업은 3자릿수 덧셈 15분, 4자릿수 덧셈 15분으로 하여 총 30분 간 스트레스 자극이 제시되도록 하였다.

2.2.2 CPT (Continuous Performance Test)

CPT는 경미한 간질을 앓는 환자들에게서 주의력이 감소되는 것을 탐지하기 위해 도입된 것으로(Rosvold, 1956), 실험의 연속적인 집중력 요구가 정신적 스트레스를 유발할 수 있으므로 본 연구에서 활용되었다.

컴퓨터 화면에 매초마다 연속적으로 “0” 에서 “9”까지의 숫자가 무작위로 나타나는데 이 중에서 “0”이 나올 때 발판 조이스틱 버튼을 눌러서 카운트를 하도록 되어있다. 숫자가 제시되는 시간은 컴퓨터의 수직 주파수를 70Hz로 설정하였을 경우 29msec 동안 제시된다. 총 480개의 숫자 중에 “0”이 나오는 횟수는 120번이며, 8분 동안 자극을 제시하게 된다. 검사 결과는 제시된 자극에 대하여 피험자가 인식한 자극의 비율(%)에 의해 산출되어진다. 실험 참여도에 대한 집중력이 떨어진 경우에는 정답률이 상당히 저조하게 나타나기 때문에, CPT에서 제시된 자극회수의 ±10%의 오차 내에 있는 데이터 값에 대하여 실험의 적극적인 참여가 인정되고, 분석에 사용되어진다.

2.3 주관적 설문

주관적 설문지는 기존의 심리 스트레스 설문지와 육체 스트레스 설문지(고려대학교 부설 행동과학연구소, 1999)를 기준으로 본 실험의 목적에 필요한 항목들을 선택하여 7점 척도법으로 실시하였다.

2.4 데이터 수집

본 실험은 20명의 피험자들을 대상으로 실시하였으며, 동일한 피험자가 첫째 날은 연산자극을, 둘째 날은 CPT를 스트레스 자극으로 하여 실험하였다. 생리신호 검출 시간과 실험 과정은 그림 3에 나타나 있듯이, 실험목적 및 실험과정 설명이 20분, 전극부착 및 calibration이 20분간 진행되었고, 기준상태 신호 검출은 연산자극인 경우 10분, CPT인 경우 5분간 측정하였다. 기준상태 신호 검출 후 기준상태 설문지 5분, task 연습 5분, 그리고 5분간 휴식을 취하고, task는 연산자극인 경우 30분, CPT인 경우 8분간 실시하였으며, task가 끝난 후 5분간 설문을 실시하였다.

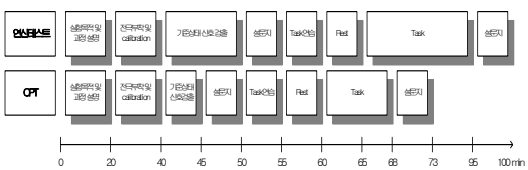


그림 3. 연산자극 및 CPT 실험 진행 과정

스트레스 제시를 위한 작업이 진행되는 동안 호흡, 피부전도도, 뇌전도, 피부온도 그리고 심전도를 검출하였으며, 생리신호 측정 계측기는 Biopac사의 MP100 시스템을 이용하였고, 피부온도는 thermometer를 이용하여 1분마다 기록하였다. 생리신호 검출을 위한 센서의 부착위치가 표1에 나타나 있다. 각 신호의 샘플링 주파수는 512Hz로 설정하였으며, 연산 자극인 경우 30분, CPT인 경우는 8분간 데이터를 수집하였고, 피부온도는 1분마다 별지에 기록하였다. 그림 4는 MP100을 통해 수집된 다섯 가지 생리신호의 대표적인 예를 나타내고 있다.

표 1. 생리신호 측정 위치

생리신호	측정위치
EEG	Fp_1 - Fp_2
ECG	Lead I
SCR	왼손 검지 손가락과 중지 손가락
RSP	chest
PPG	왼손 엄지손가락

2.5 데이터 처리 및 분석

스트레스 자극 시간에 있어서 실험 Ⅰ(연산자극)은 30분이고, 실험 Ⅱ(CPT)는 8분이므로 시간의 경과가 스트레스의 변수로 작용하여 생리신호에 영향을 미친다는 가정 하에 30분간의 연산 자극 데이터는 각 3분간 총 10개의 데이터로 나누어 분석하였고, 8분간의 CPT 자극에 대한 데이터는 각 1분간 총 8개의 데이터로 나누어 분석하였다. 따라서 시간경과에 따른 연산 자극 데이터는 3분 단위로 변화하는 생리신호를 관찰할 수 있고,

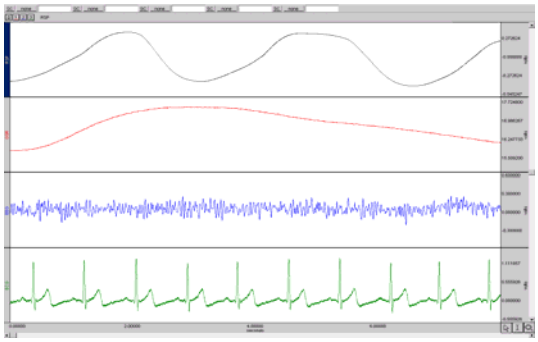


그림 4. Biopac을 통해 수집된 생리신호

CPT 자극 데이터는 1분 단위로 생리신호를 관찰할 수 있다. 이때 연산 자극 데이터와 CPT 자극 데이터의 차이점은, 연산 자극은 자극 시간이 30분으로 길고, CPT는 8분으로 짧지만 연산 자극은 단순한 암산 테스트이므로 시간이 경과함에 따라 자극에 어느 정도 적응이 되지만, CPT는 자극의 강도가 강하며 시간이 경과할수록 눈의 피로감이 증가함을 나타낸다.

주관적 설문 평가에 의한 데이터는 각 항목별로 모든 피험자들이 표시한 점수의 평균을 구하여 기준상태일 때와 자극을 받았을 때의 값을 비교하였다. 데이터 분석을 위해 Labview 프로그램을 이용하였으며, 20명의 총 피험자 데이터 중에서 1명의 심전도 데이터에서 예기치 않은 파형의 변화가 발생하여 이를 제외한 19명의 데이터를 분석에 사용하였다.

심전도로부터 심박수를 도출하여 분석하였으며, 심박수의 변화를 기준상태에 대한 백분율로 나타내었다. 이는 사람마다 기준상태가 틀리기 때문에 단순한 절대값으로는 여러 사람들의 데이터를 비교하기가 불가능하기 때문이다. 피부전도도는 피부전기반응의 전반적인 변화 추세를 나타내는 것으로 교감신경계의 수준을 나타내는 지표로 이용되며, 시간 영역에서 전체적인 추세를 관찰함으로써 분석할 수 있다. 본 연구에서는 피부전도도의 진폭값에 대한 평균을 구하고 이를 기준상태에 대한 백분율로 나타내었다. 뇌전도는 주파수 분석을 통하여 분석을 하는데, δ파(4Hz 이하), Θ파(4~8Hz), α파(8~13Hz), β파(13Hz 이상)로 주파수 대역을 나눈 후 대역별 전력 값을 구하고 α/(α+β)를 계산하여 각 시간대에서 기준상태에 대한 백분율로 나타내었다. 호흡은 호흡 시 흉곽근육이 수축, 팽창을 반복하는데 이 때문에 흉곽 근육의 변화를 저항의 변화를 통하여 감지하여 호흡측정에 이용한 것으로 호흡수, 또는 흡기·호기시 파형의 peak값을 분석함으로써 스트레스로 인한 호흡률 상승 정도를 관찰하고자 이용하였다. 본 실험에서는 호흡수를 구하고 역시 기준상태에 대한 백분율로 나타내었다. 그리고 피부온도는 일반적으로 교감신경이 활성화되었을 때 혈관의 수축으로 인해 온도가 낮아지는 경향을 나타낸다. 피부온도 데이터 역시 기준상태에 대한 백분율로 나타내었다.

3. 결과 및 토의

3.1 설문조사

연산자극에 있어서는 12문항의 심리적 스

트레스에 대하여 '머리가 멍멍하다', '지루하다'를 제외하고는 나머지 모든 문항에 대하여 기준상태인 자극 전에 비해 자극 후에 그 정도가 심해졌으며, 13문항의 육체적 스트레스에 대해서는 '눈꺼풀에 경련이 일어난다', '졸립다', '눈이 피로해진다'를 제외하고는 나머지 모든 문항에 대하여 자극 전에 비해 자극 후에 그 정도가 심해졌음을 나타내고 있다. 이는 연산자극의 경우 기준상태 생리신호 검출 시간이 10분이고 그 시간 동안 눈을 감지 않은 상태에서 가만히 한 곳을 주시하는 경우이기 때문에 오히려 스트레스 자극을 받기 전에 지루한 정도가 더 클 수 있었을 것이기 때문으로 판단된다. 또한, 30분간의 연산자극은 계속적으로 컴퓨터 화면에 나타나는 세 자리 혹은 네 자리 수를 주시하면서 암산하기 때문에 어느 정도의 눈동자의 움직임이 발생하게 되므로 가만히 한 곳만 응시하는 기준상태보다는 눈의 피로가 덜 하였을 것으로 해석될 수 있을 것이다.

그리고, 특히 주목할 점은 심리적 스트레스에서는 '초조하다', '짜증난다', '신경질적이 된다' 등에서 큰 변화를 나타내고 있으며, 육체적 스트레스에서는 '어깨가 뻐근하다', '입이 마른다', '팔다리가 쑤시고 아프다' 등에서 큰 변화를 나타내고 있다. 이는 본 설문이 연산자극 시에 피험자에게 심리적, 육체적 스트레스를 유발하고 있음을 나타내는 것으로써 시간 변화에 따른 생리신호의 변화를 찾아내면 스트레스 정도에 대한 지표로 활용될 수 있음을 의미한다 할 수 있다.

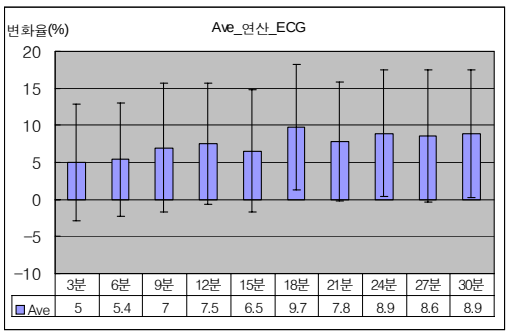
CPT에 있어서는 심리적 스트레스에 대하여 '지루하다'를 제외하고는 나머지 모든 문항에 대하여 기준상태인 자극 전에 비해 자극 후에 그 정도가 심해졌다. 그리고, 육체적 스트레스에 대해서는 '졸립다'를 제외하고는 나머지 모든 문항에 대하여 자극 전에 비해 자극 후에 그 정도가 심해졌는데, 이들 '지루하다'와 '졸립다'의 항목에 대해서는 연산 자극에서와 동일한 이유로 설명될 수 있을 것이다. 그러나, '눈이 피로해진다'라는 항목은 연산자극의 경우와 CPT 자극의 경우 자극 전후의 결과가 상반되게 나타났는데, CPT의 경우는 자극 자체가 순간적으로 화면이 번쩍하며 짧은 시간 동안 나타나는 숫자를 구별하여야 하기 때문에 극도의 눈의 피로감이 생겨 기준상태 보다 눈의 피로를 더욱 가중시켰을 것으로 판단된다.

이러한 설문 결과의 분석을 통하여 본 연구에 활용한 자극 방법이 스트레스를 유발하기에 적절하였음을 확인하였다.

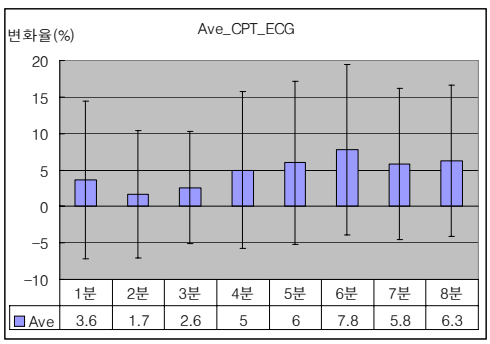
3.2 심박수

연산 및 CPT에 대한 심박수의 퍼센트 변화율에 대한 평균 그래프가 그림 5에 나타나 있다. 그래프의 각 값들은 자극을 시작하기 전 기준상태일 때의 심박수를 기준으로 했을 때에 비하여 증가한 정도를 퍼센트로 나타낸 것이며, 자극 기간동안의 심박수는 기준 상태일 때에 비해 전반적으로 증가되었음을 볼 수 있다. 연산 자극의 경우에는 첫 번째 레벨(3 자릿수)의 자극 테스트가 끝나고 두 번째 레벨(4 자릿수)의 자극이 시작되는 시점인 18분에 진입할 때 레벨의 난이도가 상승함에 따라 심박수가 9.7%로 가장 크게 증가하는 경

향을 나타내는 것을 볼 수 있다. 또한, CPT 자극에 있어서는 초기 1분일 때 약 3.6% 증가했다가 6분이 경과할 때 최대 7.8%의 변화를 나타내고 있다. 이는 자극 시작 전의 기준상태일 때에 비하여 자극 최초에는 긴장으로 인해서 그 값의 변화가 어느 정도 높게 나타났다가 시간이 지남에 따라서 자극에 적응해 가고 다시 시간이 경과하면서 심리적인 부담이 증가하는 것으로 해석될 수 있을 것이다.



(a) 연산자극



(b) CPT 자극

그림5. 연산 및 CPT자극에 있어서 시간 변화에 따른 심박수의 변화

따라서, 심박수의 변화로부터 스트레스를 세 단계인 1, 2, 3단계로 구분하고자 하였다. 우선 연산 자극의 경우는 두 번째 레벨(4 자릿수)의 자극이 시작되는 시점인 18분에 대한 반응을 최고 스트레스 상태인 스트레스 3 단계로 설정하고, 이로부터 2단계와 1단계를 3단계 값의 50%, 25% 되는 값으로 설정하였다. CPT 경우에는 6분이 경과할 때의 값을 스트레스 3 단계로 설정하고 이로부터 연산 자극의 경우와 마찬가지로 2단계와 1단계를 설정하였다. 즉, 기준상태일 때를 기준으로 심박수의 증가분이 아래의 표 2와 같을 때를 각 스트레스 단계로 구분하였다.

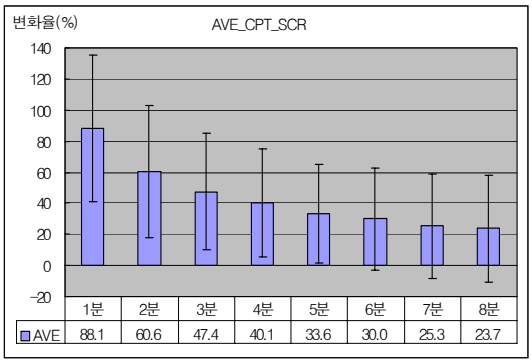
표 2. 심박수에 대한 스트레스 인덱스

	1단계	2단계	3단계
연산 자극	102.43%	104.86%	109.72%
CPT 자극	101.96%	103.92%	107.84%

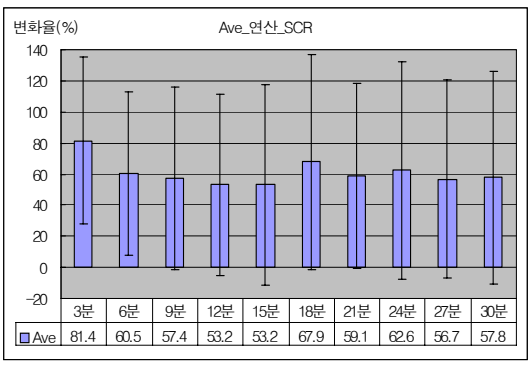
3.3 피부전도도

연산 및 CPT에 대한 피부전도도의 변화율에 대한 그래프가 그림 6에 나타나 있다. 연산 자극에 있어서는 첫 번째 레벨(3 자릿수)의 자극이 시작할 때 가장 큰 변화를 보이고, 두 번째 레벨(4 자릿수) 자극에 대한 반응인 18분에서 레벨의 난이도가 상승함에 따라 피부 전도도 값이 다시 큰 폭으로 증가하는 경향을 나타내고 있다. 하지만 처음 3분 동안에 나타난 SCR 변화율 값은 자극에 의한 스트레스로는 볼 수 없고 실험을 시작할 때 나타난 피험자의 긴장상태를 나타낸 것으로 판단된다. CPT의 경우에는 자극 초기에 역시 피

험자의 긴장상태에 의해서 가장 큰 변화를 보이고 시간이 경과함에 따라 그 값이 감소하는



(a) 연산자극



(b) CPT 자극

그림 6. 연산 및 CPT 자극에 있어서 시간 변화에 따른 SCR의 변화

것으로 나타나고 있다. 따라서 피부 전도도의 경우에는 연산 자극을 기준으로는 18분일 때를 3단계로 설정하고 2단계와 1단계는 3단계 값의 50%, 25% 되는 값을 설정하였다.

CPT는 자극과는 관계없이 SCR 변화율 값이 감소하는 경향을 나타내었기 때문에 CPT로부터는 스트레스 단계를 도출할 수 없었다. 이는 8분간 제시된 CPT가 자극시간이 스트레스에 대한 반응을 측정하기 위한 SCR의 변화를 나타내는데 충분하지 않았기 때문인 것으로 판단된다. SCR에 의한 스트레스 단계 도출 결과가 표 3에 나타나 있다.

표 3. SCR에 대한 스트레스 인덱스

	1단계	2단계	3단계
연산 자극	117.0%	134.0%	167.9%

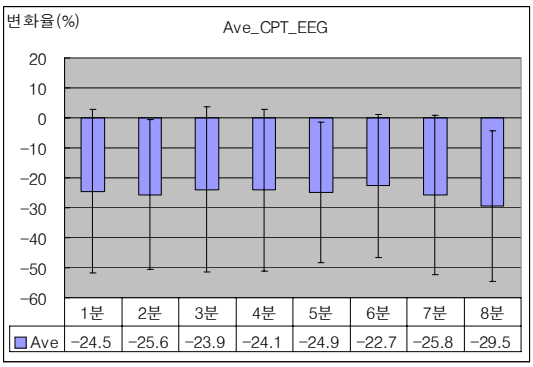
3.4 피부온도

스트레스 상태 하에서의 피부온도는 감소하는 것으로 알려져 있는데, 본 연구를 통해서도 자극에 의해 피부온도가 감소하였음을 확인하였으며, 전체적인 평균값의 변화가 그림 7에 나타나 있다. 연산 자극의 경우에는 급격한 자극의 변화가 아니므로 시간이 경과함에 따라 천천히 감소하는 경향을 나타냈으며, CPT 자극의 경우는 길지 않은 데이터 수집 시간으로 인해서 감소하는 경향이 크게 나타나지 않았다. 그러나 각 피험자들을 비교해 볼 때 그 편차의 범위가 상당히 심하게 나타나고 있음을 볼 수 있다. 이는 피부온도가 주위의 온도 조건 및 피험자의 피부온도 변화 민감도에 따라서 변화할 수 있으며, 각 사람들마다 그 편차가 매우 크기 때문에 스트레스의 정도를 나타낼 수 있는 신호로는 적합하지 않음을 나타낸다 할 수 있다.

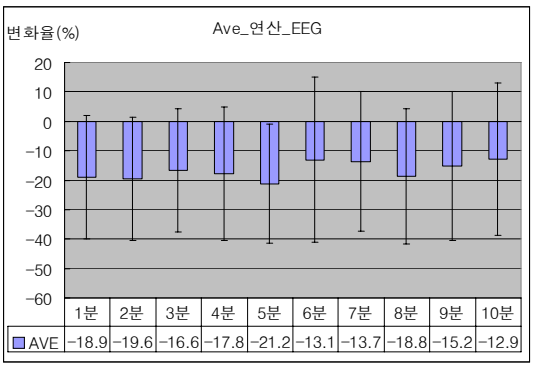
3.5 뇌전도

집중력이 감소하고 긴장도가 증가함에 따라 뇌파의 알파파와 베타파 성분 중에 알파파의 비율이 감소함을 통하여 연산 및 CPT 자극

에 의해 심리적 및 육체적 스트레스가 인가되고 있음을 확인할 수 있었으며, 그림 8에



(a) 연산자극



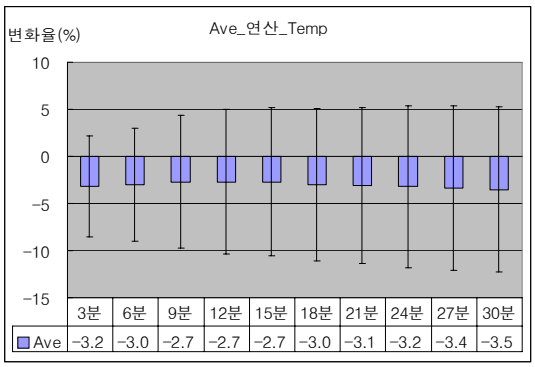
(b) CPT 자극

그림 8. 연산 및 CPT 자극에 있어서 시간 변화에 따른 알파파 비율 변화의 평균

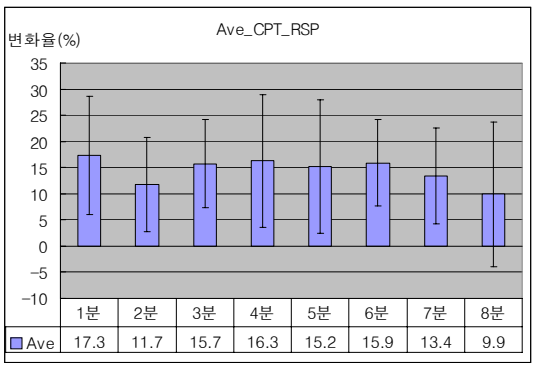
알파파 비율이 감소되고 있는 것이 나타나 있다. 그러나 시간의 변화에 따른 변수 값의 변화에서는 의미 있는 차이가 나타나지 않았다.

3.6 호흡

긴장이나 스트레스로 인하여 교감신경계가 자극을 받으면, 호흡수가 증가하는 현상이 나타나며, 그림 9에 그 본 실험을 통한 호흡수



(a) 연산자극



(b) CPT 자극

그림 9. 연산 및 CPT 자극에 있어서 시간 변화에 따른 호흡수 변화의 평균

의 변화가 나타나 있다. 본 연구에서는 호흡수의 증가는 관찰되었으나 그 변화 형태에서는 의미 있는 차이를 발견하기는 힘들었다.

이상의 결과들을 토대로 심박수와 피부전도도를 이용하여 다음과 같은 스트레스 인덱스 값을 도출하였다.

$$Stress\ Level\ 1 \ : \ HR = 1.02 \times HR_{ref}$$
$$or \quad SCR = 1.17 \times SCR_{ref}$$
$$Stress\ Level\ 2 \ : \ HR = 1.05 \times HR_{ref}$$
$$or \quad SCR = 1.34 \times SCR_{ref}$$
$$Stress\ Level\ 3 \ : \ HR = 1.10 \times HR_{ref}$$
$$or \quad SCR = 1.68 \times SCR_{ref}$$

여기에서 심박수는 CPT에서 나타난 심박수 변화의 인덱스 값들이 정상상태에서도 나타날 수 있는 작은 값들이므로, 인덱스 값의 변화가 높게 나타난 연산 자극을 기준으로 설정하였으며, 피부전도도는 연산자극을 통해 얻어진 인덱스 값으로 구하였다. 또한, ref는 피험자가 자극 상태에 들어가기 전의 초기 값으로서 사람마다 그 절대 값에 큰 차이가 있으므로 항상 각 개인의 기준 값을 설정하고 그에 대한 변화를 측정하기 위해 사용되었다.

4. 결론

본 연구를 통하여 스트레스가 인가되었을 때 생리신호 변수 값의 변화가 나타남이 확인되었으며, 심박수 및 피부전도도의 변화를 토대로 스트레스 정도를 표현할 수 있는 인덱스 값을 도출하였다.

1. 설문 결과의 분석결과, 연산 자극과 CPT 자극에 대한 심리 및 육체적 스트레스 설문에 대하여 자극 전에 비해 자극 후에 그 정도가 심해졌음을 나타내고 있다. 즉, 시간 변화에 따른 생리신호의 변화를 찾아내면 스트레스 정도에 대한 지표로 활용될 수 있음을 확인하였다.

2. 피부온도는 각 사람들마다 그 편차가 매우 클 뿐만 아니라 주위의 온도 조건 및 피험자의 피부온도 변화 민감도에 따라서 크게 변화하므로 기준을 설정하기가 불가능하였다. 또한, 뇌파의 알파파 성분과 호흡수의 관찰을 통하여 피험자가 스트레스 상태에 있음은 확인하였으나 시간의 변화에 따른 변화 추세에는 일정한 경향을 보이지 않았다.

3. 심박수와 피부전도도의 분석을 통해 연산 자극과 CPT 자극에 대한 스트레스 인덱스 값을 도출하였으며, 스트레스의 정도를 3단계로 구분하였을 때 각 단계를 나타낼 수 있는 스트레스 인덱스를 도출하였다.

본 연구 결과는 스트레스를 연구하는 분야에 임상 데이터 및 참고자료로 널리 이용될 수 있을 것이며, 스트레스의 예방 및 치료에 관련된 제품 개발을 위한 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다.

참고 문헌

고려대학교 부설 행동과학연구소, 심리척도핸드북, 학지사, 1999

신재우, 윤영로, 박세진, "생체신호와 퍼지이론을 이용한 스트레스 평가에 관한 연구", 한국감성과학회 춘계학술발표논문집, pp. 171~175, 1998

윤용현, 고한우, 김종원, "단조 작업에 의한 정신 피로의 평가(I) - 생리신호를 중심으로 -", 한국감성과학회 추계학술발표논문집, pp. 222~226, 1999

Ark, W., Dryer, D.C. and Lu, D.J., "The Emotion Mouse", HCI International conference, 1999

Gevins, A., Smith, M.E., Leong, H., McEvoy, L., Whitfield, S., Du, R. and Rush, G., "Monitoring working memory load during computer- based tasks with EEG pattern recognition Methods", Human Factors, 40(1), 79-91, 1998

ISO 10075-2, "Ergonomics principles related to mental workload", part 2 : Design principle

Jurgens, K.D., Fons, R., Peters, T. and Sender, S., "Heart and respiratory rates and their significance for convective oxygen transport rates in the smallest mammal, the etruscan shrew suncus etruscus", The journal of Experimental Biology, 199, 2579-2584, 1996

Kirkpatrick, C.T., Illustrated handbook of medical physiology, John Wiley & Sons : New York, 1992

Kohlish, O. and Schaefer, F., "Physiological changes during computer task: responses to mental load or to motor demands", Ergonomics, 39(2), 213-224, 1996

Murata, A., "Assessment of fatigue by pupillary response", IEICE Trans. Fundamentals, E80-A(7), 1318-1323, 1997

Myrtek, E., Strohmaier, H., Zimmermann, W., Lawerenz, S., Brugner, G. and Muller, M., "Physical, mental, emotional, and subjective workload components in train drivers", Ergonomics, 37(7), 1195-1203, 1994

Rosvold, H.E., Mirsky, A.F., Sarason, I., Bransome, E.D.Jr. and Beck, L.H., "A continuous performance test of brain damage", J Consult Physhol, 20, 343-350, 1956

Thum, M., Boucsein, W. and Kuhmann, W., "Standardized task strain and system response times in human-computer interaction", Egronomics, 38(7), 1342-1351, 1995

저자 소개

◈ 전영주

2001년 전북대 의용생체공학과 대학원 졸업
2001년 ~ 현재 전북대 메카트로닉스 공학과 박사과정

◈ 이낙범

2000년 인제대 의용공학과 대학원 졸업
2000년 ~ 현재 전북대 메카트로닉스 공학과 박사과정

◈ 임재중

1991년 Texas A&M 대학교 의용공학과 졸업(박사) 2000년 ~ 현재 전북대 전자정보공학부 부교수

◈ 권동현

2000년 인제대 의용공학과 졸업
2000년 ~ 현재 (주)바이오피아 연구원

◈ 신근수

1995년 한양대 전기공학과 졸업
2000년 ~ 현재 (주)바이오피아 연구원

논문접수일 (Date Received): 2002/1/18
논문게재승인일(Date Accepted): 2002/11/13