

# 시간 압박이 인간과오 관련 뇌파 특성에 미치는 영향

임 현 교

충북대학교 안전공학과

(2011. 4. 21. 접수 / 2011. 6. 21. 채택)

## Influence of Time Stress on EEG Characteristics Related with Human Errors

Hyeon-Kyo Lim

Department of Safety Engineering, Chungbuk National University

(Received April 21, 2011 / Accepted June 21, 2011)

**Abstract :** It is well known that urgency resulted from time stress can be a great cause to industrial accidents. Therefore, time stress has been studied in the aspect of macroscopic view, namely industrial safety management, but has not been studied in microscopic view such as psychophysiological approach. Among diverse psychophysiological indices, Electroencephalogram(EEG) would be on of the most objective psychophysiological research technique on human errors though few research has been taken yet. This study aimed to get characteristics of human error while committing a simple arithmetic addition task by utilizing the power spectrum technique of EEG data. Each experiment was composed of 2 tasks under different condition - with and without time stress. As subjects, 5 young undergraduate students in their early twenties participated in this study. The results advocated a well-known fact that time stress downgrades the performance of human workers. However, correct answer rate and response time were not significantly influenced by time stress factor which might be explained by the constructural factor adopted in the present study. As in the previous studies, among various EEG-related measures, relative band power ratios of  $\alpha$  and  $\beta$  waves to sum of  $\alpha, \beta, \theta$  wave powers, namely  $P_{\alpha/(\alpha+\beta+\theta)}$  and  $P_{\beta/(\alpha+\beta+\theta)}$  seemed to be the most effective measures to grasp variation of brain activities in time-stressed situation so that discussions were expanded about their variations.

**Key Words :** human error, psychophysiological approach, spectral analysis, EEG, band-power, time stress.

### 1. 연구목적 및 필요성

국내외를 막론하고 산업재해의 원인을 분석해 보면, 과업 마감 시간에 쫓겨 작업자가 일을 서두르다 발생한 경우가 많은 비율을 차지한다고 한다<sup>1-3)</sup>. 작업자의 '서두름'을 인간공학적 측면에서 설명하자면, '시간스트레스'와 밀접한 관계를 갖고 있을 것이다. 시간스트레스란 시간에 쫓기는 작업자가 느끼게 되는 자연스런 스트레스 요인이며, 다른 많은 스트레스 요인들처럼 작업자의 행위를 왜곡시키는 한편 작업자에게 부정적인 영향을 주게 된다는 것은 잘 알려진 사실이다. 다시 말해, 서두름이란 부과된 과업을 허용된 시간 내에 종료하기 위하여 작업자가 선택하는 자연스런 위험 감수행위라

는 의미를 갖는다.

그런데, 작업자의 심리생리적 상태가 작업자의 행동 형성에 큰 영향을 미친다는 것은 이미 널리 알려진 사실임에도 불구하고, 그 대부분은 안전관리적 측면에서 사고를 예방하기 위한 거시적인 접근 방법이 주를 이루어 관리적 대책을 발굴하는 데 급급하였고, 심리생리적 측면에서의 연구는 최근까지도 그다지 많지 않은 실정이다.

시간스트레스는 작업자로 하여금 작업을 서두르게 만들고, 경우에 따라서는 휴면에러를 야기시키게 된다. 그러므로, 서두름으로 인한 인간과오를 예방하고, 또 발생한다 하더라도 그 피해를 최소화하기 위해서는, 인간과오나 작업 수행도 저하의 징후를 객관적으로 파악하고 평가하는 것이 선결과제라 할 수 있다. 그 중 특히 뇌파는 인간의 심리적 상태를 파악할 수 있는 대표적인 방법으로 심리생리

적 현상을 연구하는 데 널리 활용되어 왔다.

본 연구는 뇌파의 대역 파워를 수단으로 하여, 간단한 덧셈작업을 수행하는 도중에 추가되는 시간스트레스 요인이 작업자에게 어떠한 영향을 미치는가를 심리생리학적으로 평가하여, 휴면에러의 발생 가능성을 심리생리적 척도로 구별할 수 있는가를 파악하고자 수행되었다.

## 2. 선행 연구 동향

시간 압박 하에서 인간은 인지 노력을 최소화하는 전략을 취하게 된다<sup>4)</sup>. 그 결과 나타나는 심리생리적 현상은 가속화(acceleration), 필터링(filtering), 생략(omission) 순으로 나타나고, 결국에는 좌절(frustration)에 이르게 된다. 이 과정에 감정적 격앙이 수반하게 됨은 물론이다. 이 과정을 객관적으로 이해할 수 있는 것은 심리생리적 척도뿐이다.

최근 대뇌생리학을 비롯한 심리생리학적 분석기법의 비약적 발달은 인간과오의 메커니즘을 파악하는 실마리를 제공하여 왔다. 특히, 뇌파(Electroencephalogram; EEG)는 인간의 정보처리 및 의사결정과정을 반영하는 중요한 척도이다.

橋本<sup>5)</sup>은 이 점에 착안하여, 인간의 여러 가지 행동과 뇌파를 면밀히 분석하여 뇌파 파형에 따라 인간의 의식 수준을 다섯 가지 수준으로 분류하고, 각 수준에서 발생하기 쉬운 인간과오의 특성을 설명하였다.

인간의 주의나 판단과 관련하여 수행된 연구 결과에 따르면, 입력 자극에 대한 인간의 각성수준의 변화는 서서히 변동하는 지속적(tonic) 변화와, 외적 자극 등에 의해 급격히 발생하는 일과성(phasic) 변화로 나눌 수 있다. 이제까지 대부분의 연구는 일과성 변화 중 나타나는 뇌파의 유발전위 (Evoked Potential) 또는 사상관련전위 (Event Related Potential)를 지표로 수행되어 왔다. 예를 들어, Haider et al. (1964)은 신호검출상황에서 신호를 검출하였을 때와 신호를 검출하지 못하였을 때(miss)의 유발전위가 다르고, 시간경과에 따라 유발전위의 진폭이 차차 저하한다는 사실을 보고하였다<sup>6)</sup>. 그러나, 이러한 방법들은 모두 가산평균법(summing average)을 활용하지 않으면 신호를 볼 수 없는데, 인간의 과오는 매우 드문 사상이기 때문에 엄선된 파형을 보기까지 많은 노력을 요한다고 지적된 바 있다<sup>7)</sup>.

뇌의 한 부분에서 녹취되는 뇌파는 단순히 한 가지 파형만 있는 것이 아니라, 순간 순간 여러 가지 주파수의 파형이 중첩되어 존재한다. 즉, 뇌파는 매

우 느리게 진동하는 성분으로부터 아주 빠르게 진동하는 성분에 이르기까지 그 진동 주파수에 따라 몇 가지 진동 성분들의 합으로 가정될 수 있다. 따라서, 측정된 뇌파 속에 여러 가지 성분들 중에서 특정한 영역의 각 진동 성분이 얼마만큼의 비중을 차지하고 있는지 정량적으로 파악하는 대역파워(band power) 분석법이 제시되어, 활용가치가 있음을 제기하였다<sup>8,9)</sup>.

본 연구에서도 대역파워 분석법을 이용하여 인간과오를 유발하기 쉬운 과업 특성과 뇌파 변화 특성에 초점을 맞추어 연구를 수행하였다.

## 3. 연구 내용 및 방법

본 연구에서는 피실험자로 하여금 시간스트레스가 주어지지 않은 상태에서와 스트레스가 부가된 상태에서 각각 1시간씩 컴퓨터 화면을 통하여 제시된 간단한 덧셈을 수행하도록 하였다. 그 상세는 다음과 같다.

### 3.1. 과업 및 과업 수행도

덧셈 과업의 난이도 수준은 두 자리 숫자 더하기 두 자리 숫자부터 시작하였는데, 연달아 5 문제를 맞히면 세 자리 숫자 더하기 두 자리 숫자로 난이도를 한 자리 상향 조정하는 한편, 연달아 5 문제를 틀리면 한 자리 낮게 하향 조정하는 방법을 통하여, 작업자의 주의를 일정 수준 유지하도록 하였다.

반응은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 ①, ②, ③ 세 개의 버튼 중 하나를 누르는 것으로 하였으며, 자극이 제시되는 시간은 2.5초로 하였고, 해당 시간 내에 반응하지 못하면 놓침(miss)으로 분류하였다. 한편, 그림에서 보는 바와 같이 하단의 사각형 연쇄들이 차례로 나타나게 함으로써 시간스트레스를 시각적으로 인식하도록 하였다.

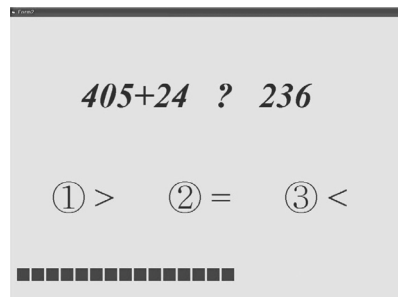


Fig. 1. Stimuli presentation method in the present study.

### 3.2. 피실험자

실험에는 평균 연령  $25.60 \pm 0.55$ 세의 20대 남자 대학생 5명이 유급 피실험자로 참여하였다. 이들은 컴퓨터 전면에서 의자에 앉아 오른손으로 키보드를 눌러 과업을 수행하였으며, 화면으로부터 시점까지의 거리는 75 cm 내외를 유지하도록 하였다.

피실험자는 두 가지 과업을 각각 다른 날 같은 시각에 수행하도록 하였으며, 한 가지 과업당 반복 횟수는 1,200회, 작업 전후 약 5분간의 휴식을 두고 수행시간은 약 1시간씩 소요되었다.

### 3.3. 심리생리학적 척도 및 자료 처리

모든 자료 분석에는 총 실험 시간을 10분씩 경과시간 구간으로 나누어, 각 구간마다 정상적 반응에 대한 관련 자료를 20회 추출하는 한편, 각 구간마다 관측된 과오 관련 자료를 20회씩 샘플링하여 비교, 분석하였다.

과업 수행 중 작업자의 심리생리학적 반응은 (주)락싸(LAXTHA)의 PolyG 시스템(모델 PolyG-I)을 이용하여 뇌파를 측정하였는데, 기준(reference) 전극은 오른쪽 귓볼(earlobe)로 하였으며, 그라운드 전극은 이마 정중앙에 위치시켰다. 분석에 이용된 신호는 국제적 기준인 10/20 시스템의 원칙에 따라 F3(左前頭部), F4(右前頭部), C3(左中心部), C4(右中心部), P3(左頭頂部), P4(右頭頂部), O1(左後頭部), O2(右後頭部) 등 8곳에 장착된 Ag/AgCl 전극으로부터 얻어진 뇌파를 4~50 Hz의 band pass filter로 필터링(filtering)한 후 250 Hz의 주파수로 샘플링한 결과를  $\delta$ 파(0~4 Hz),  $\theta$ 파(4~8 Hz),  $\alpha$ 파(8~13 Hz),  $\beta$ 파(13~30 Hz),  $\gamma$ 파(30~50 Hz)의 성분으로 나누어 스펙트럼(spectrum) 분석을 실시하였다. 한편, 모든 통계적 분석에는 PASW Statistics 18, Release 18.0.0을 이용하였다.

이상을 요약하자면 실험에 고려된 독립요인은 시간스트레스의 여부, 피실험자, 덧셈 과업의 난이도 수준, 뇌파 전극의 위치 등이었으며, 분석 대상이 된 변수는 뇌파의 파워이었다.

## 4. 결과의 분석

### 4.1. 응답률의 비교

피실험자의 정답률, 오답률, 무반응률 등 과업 수행 성과에 대하여 피실험자, 시간스트레스, 경과 시간, 작업 난이도 수준 요인의 영향을 검정한

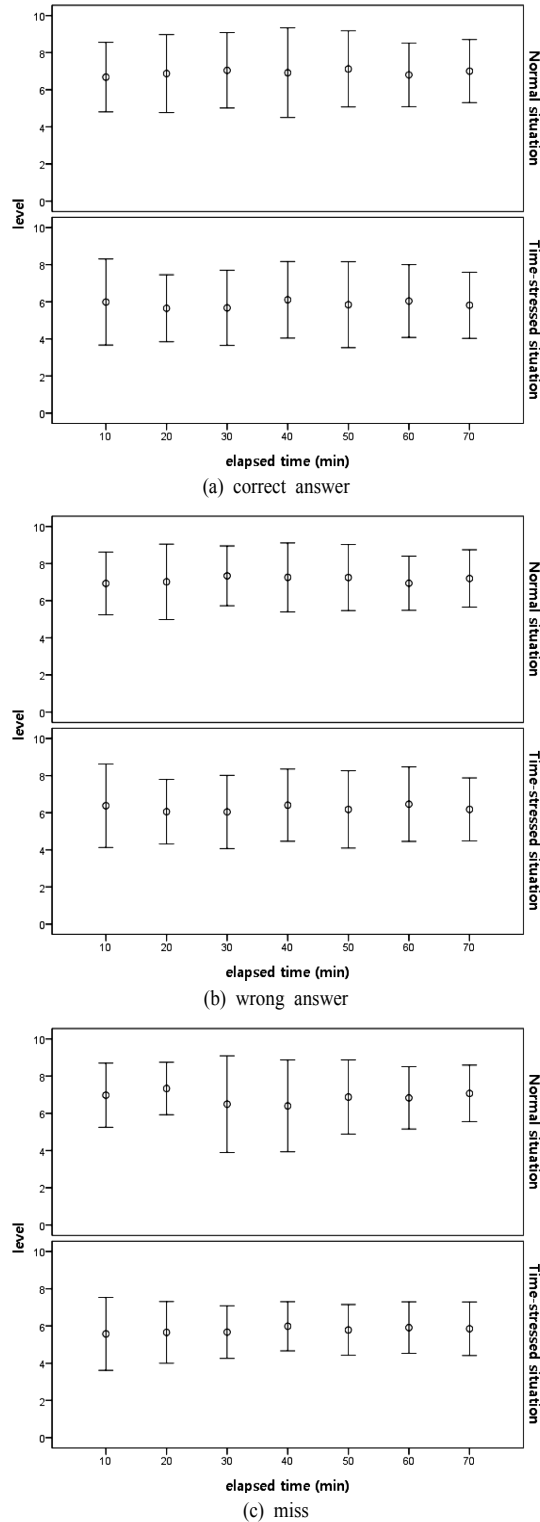


Fig. 2. Variation of performance level over elapsed time.

다변량분산분석(Multivariate Analysis of Variance; MANOVA) 결과 선행연구에서 민감한 보였던 Wilks  $\lambda$ 를 기준으로 볼 때 작업 난이도 수준의 1차 요인은 물론 이를 포함하는 모든 교호작용, 즉 2차, 3차, 4차 교호작용 모두 통계적으로 유의하지 않았다( $p > 0.01$ ). 이 결과는 Pillai의 트레이스를 포함하는 다른 통계량들도 마찬가지로이었으며, 개체간 검정 결과도 마찬가지이었다. 바꿔 말하면, 응답자의 응답 비율은 피실험자, 시간스트레스 및 경과 시간 등 다른 요인들에는 영향을 받지만, 두 자리 숫자 더하기 두 자리 숫자, 아니면 세 자리 숫자 더하기 두 자리 숫자, 또는 본 실험에서 수행된 최고 난이도 수준인 네 자리 숫자 더하기 네 자리 숫자의 과업이라 할지라도 유의한 영향을 받지 않는다는 의미이다. 그러나, 이는 계산의 난이도가 심화되는데 따른 응답률의 변화에 불과한 것이 아니라, 정확한 계산값을 기입하는 것이 아닌 단순 대소 비교 판단을 통하여 뇌파의 단순 변화를 보고자 한 본 실험의 특성에 기인한 것이라고 판단된다. 따라서 적어도, 간단한 수치의 덧셈 결과에 의한 대소 비교는 응답률에 크게 영향을 미치지 못한다고 이해될 수 있다.

Fig. 2는 정답, 오답, 무반응으로 구별되는 피실험자들의 응답유형에 따라 일반적 과업수행 상황과 시간스트레스 상황 하에서의 응답 수준을 비교한 것이다. 작업자들의 오답이 계속되면 과업의 난이도가 낮아지고, 정답이 계속되면 과업의 난이도가 높아지도록 설계된 실험이었기 때문에, 세로축의 수준은 작업 수행도 수준(performance level)이라고 이해해도 무리가 없다.

이 결과에 따르면 시간의 경과에 따라 편차에는 다소 변화가 있으나, 일반 상황에서의 과업 수행 수준이 시간스트레스 상황하에서의 과업 수행 수준보다 일관성있게 높은 것을 볼 수 있다. 따라서, 많은 선행연구들에서 지적되었음은 물론 경험적으로도 알 수 있는 바와 같이 시간 압박이 과업 수행도를 저하시킴에 틀림없다.

그러나, 작업자가 수행한 작업의 난이도 수준은 앞에서 언급된 모든 요인에 대하여 통계적으로 유의하였다( $p < 0.05$ ). 즉, 시간스트레스  $\times$  반응의 교호작용이 유의 수준  $\alpha = 0.05$ 에서 유의하였던 것을 제외하고는( $p = 0.048 < 0.05$ ), 모든 요인들이 매우 유의하였다( $p < 0.01$ ). 이같은 사실은 Table 1에서 보는 바와 같이 분산분석(Analysis of Variance; ANOVA) 결과를 통해서도 같은 결과를 얻었다.

Table 1. ANOVA on performance level

요인 <sup>(a)</sup>	제 III 유형 제곱합	자유도	평균 제곱	F	유의 확률
수정 모형	656.885 <sup>a</sup>	209	41.421	92.062	.000
절편	251814.361	1	251814.361	559688.105	.000
피실험자	1689.188	4	422.297	938.606	.000
경과시간	20.375	6	3.396	7.548	.000
시간스트레스	1443.599	1	1443.599	3208.575	.000
반응	101.790	2	50.895	113.120	.000
피실험자 $\times$ 경과시간	524.866	24	21.869	48.607	.000
피실험자 $\times$ 시간스트레스	455.457	4	113.864	253.077	.000
피실험자 $\times$ 반응	12.927	8	1.616	3.591	.000
경과시간 $\times$ 시간스트레스	144.840	6	24.140	53.654	.000
경과시간 $\times$ 반응	16.186	12	1.349	2.998	.000
시간스트레스 $\times$ 반응	2.729	2	1.364	3.032	.048
피실험자 $\times$ 경과시간 $\times$ 시간스트레스	771.636	24	32.151	71.461	.000
피실험자 $\times$ 경과시간 $\times$ 반응	45.571	48	.949	2.110	.000
피실험자 $\times$ 시간스트레스 $\times$ 반응	12.157	8	1.520	3.377	.001
경과시간 $\times$ 시간스트레스 $\times$ 반응	5.453	12	.454	1.010	.436
피실험자 $\times$ 경과시간 $\times$ 시간스트레스 $\times$ 반응	33.308	48	.694	1.542	.010
오차	4540.583	10092	.450		
합계	442872.000	10302			
수정 합계	13197.468	10301			

a. 3차 교호작용 이상 생략  
 b.  $R^2 = .656$  (수정된  $R^2 = .649$ )

#### 4.2. 반응시간의 비교

반응시간은 시간스트레스나 경과시간에 따라 큰 변화를 보이지 않았다. Fig. 3은 정답과 오답의 경우에 대하여 각각 반응시간의 평균을 경과시간대별로 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 큰 변화는 없지만, 다만 오답의 경우에는 반응시간의 표준편차가 안정적이지 못함을 보였다. 이것은 과업의 난이도 수준에 따른 변화이었을 것이라고 생각된다. 왜냐하면 Table 2의 ANOVA 결과에서 보는 바와 같이, 정답이나 오답이나 하는 반응 유형과, 과업의 난이도 수준은 반응시간에 유의한 영향을 주는 것으로 판단되었기 때문이다( $p < 0.05$ ).

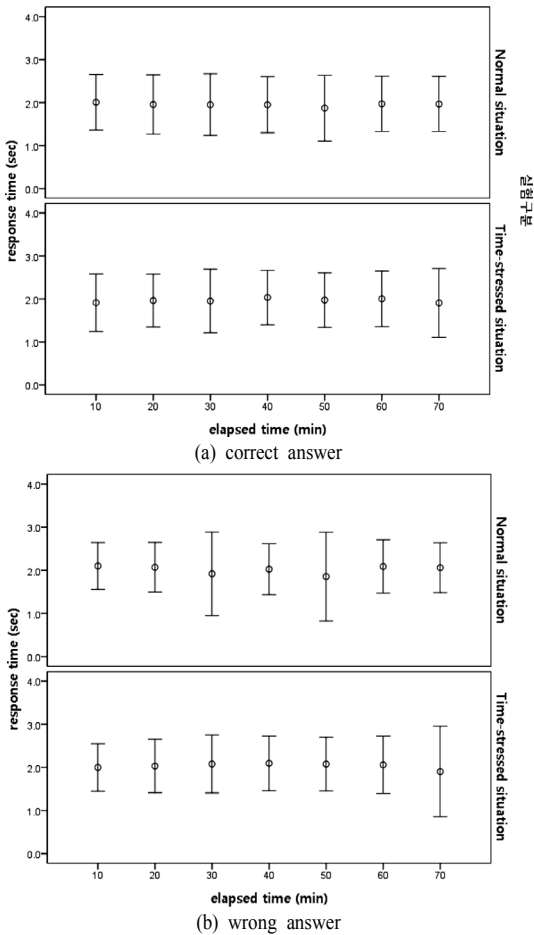


Fig. 3. Variation of response time over elapsed time.

한편, 시간스트레스나 경과시간 요인이 통계적으로 유의한 영향을 보이지 않는다고 하였음에도 불구하고, 피실험자 × 경과시간, 피실험자 × 시간스트레스, 경과시간 × 수준이 통계적으로 유의한 영향을 보였다는 것은 경과시간이나 시간스트레스 여부에 따라 독특한 개인 성향을 가지고 반응하는 피실험자가 존재한다는 의미이어서, 주목할 만하다.

4.3. 뇌파의 비교

실험 결과를 분석함에 있어서 초점이 맞춰진 것은 각 주파수 대역의 뇌파가 갖는 파워이었다. 따라서, 먼저 절대 파워에 대한 다변량 분산분석(MANOVA)을 수행하였는데, 전극의 위치에 따른 영향은 통계적으로 유의하지 않았으므로 분석에서 제외하고(p > 0.05), 이후 나머지 변수들에 대하여 다변량분산 분석을 재수행하였다.

Table 2. ANOVA on response time

요인 <sup>(a)</sup>	제 III 유형 제곱합	자유도	평균 제곱	F	유의 확률
수정 모형	657.440 <sup>b</sup>	599	1.098	13.379	.000
절편	4407.576	1	4407.576	53728.459	.000
피실험자	5.982	4	1.496	18.230	.000
경과시간	.610	6	.102	1.238	.283
시간스트레스	.213	1	.213	2.601	.107
반응	76.518	2	38.259	466.377	.000
수준	4.776	5	.955	11.645	.000
피실험자 × 경과시간	9.466	24	.394	4.808	.000
피실험자 × 시간스트레스	1.369	4	.342	4.172	.002
피실험자 × 반응	2.799	8	.350	4.265	.000
피실험자 × 수준	4.879	16	.305	3.717	.000
경과시간 × 시간스트레스	.648	6	.108	1.317	.245
경과시간 × 반응	.443	12	.037	.450	.943
경과시간 × 수준	5.940	24	.247	3.017	.000
시간스트레스 × 반응	.377	2	.189	2.300	.100
시간스트레스 × 수준	.160	3	.053	.649	.583
반응 × 수준	3.020	10	.302	3.682	.000
오차	795.897	9702	.082		
합계	45468.262	10302			
수정 합계	1453.337	10301			

a. 3차 교호작용 이상 생략  
b. R<sup>2</sup> = .452 (수정된 R<sup>2</sup> = .419)

이 때, 뇌파는 절대파워는 물론 여러 종류의 대역파워비를 구하여 비교하였다. 그 이유는 뇌파 분석이 불과 10 μV 전후의 작은 파형을 다루는 작업이기 때문에, 잡음의 영향이 과대평가되기 쉬운 절대값을 가지고 분석하는 것보다, 각 파형이 갖는 특성을 염두에 두고 상대적 변화를 비교할 필요가 있을지도 모른다는 판단에서이었다. 여기에서, 절대 파워(Absolute power)란 뇌파 데이터를 파워 스펙트럼(power spectrum)으로 분석하는 경우 각 주파수 대역에 속하는 파워를 가리키며, 상대 파워(Relative power)란 전체 주파수 영역의 파워에 대한 해당 영역 주파수대 성분 파워의 비를 가리킨다. 또한, 대역 대비 파워(Band-to-Band Power)란 필터링된 주파수 영역의 파워에 대한 해당 영역 주파수대 성분 파워의 비를 말한다.

본 연구에서는 Table 3과 같이 여러 가지 형태의 파워 비를 분석, 비교하였다. 표에서 두 번째 열은 α, β파의 절대파워, 세 번째 열은 α, β, θ파의 파워 합에 대한 상대파워, 네 번째 열은 α, β파의 파워 합에 대한 상대파워, 그리고 마지막 다섯 번째 열

Table 3. Significance level based on Wilks  $\lambda$  in MANOVA

Effect <sup>(a)</sup>	$\text{abs}\{\alpha, \beta\} / (\alpha + \beta + \theta)$	$/( \alpha + \beta )$	$\alpha / \beta$
절편	0.000	0.000	0.000
반응	0.030	0.000	0.002
수준	0.752	0.000	0.000
시간스트레스	0.027	0.000	0.000
경과시간	0.000	0.000	0.000
반응 × 수준	0.000	0.000	0.000
반응 × 시간스트레스	0.002	0.000	0.000
반응 × 경과시간	0.000	0.000	0.000
수준 × 시간스트레스	0.001	0.000	0.000
수준 × 경과시간	0.000	0.000	0.000
시간스트레스 × 경과시간	0.062	0.000	0.000

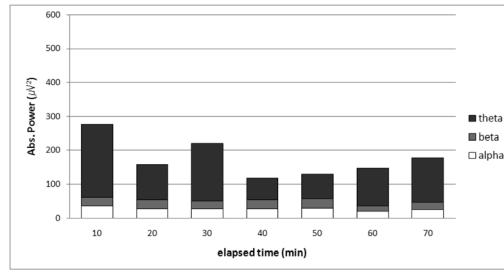
a. 3차 교호작용 이상 생략

은  $\beta$ 파의 파워에 대한  $\alpha$ 파의 파워 비(ratio)를 나타낸다.

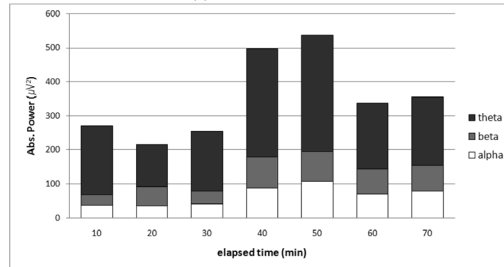
이렇게 해당 뇌파 파워비들을 대상으로 Wilks의  $\lambda$  통계량을 기준으로 MANOVA의 결과를 검토하여 반응 유형, 과업 난이도 수준, 시간스트레스, 경과 시간 등의 영향을 비교하였다. 그 결과, 영향 요인들의 변화를 가장 민감하게 반영하는 뇌파 관련 척도는  $\alpha, \beta$ 파 대역의 상대파워인 것으로 파악되었으며( $p < 0.05$ ), 더욱이 이 척도들은 반응 유형, 과업 난이도 수준, 시간스트레스, 경과 시간 등, 본 연구에서 의도적으로 변화를 준 독립변수들에 대하여 통계적으로 유의성을 감지할 수 있는 것으로 판단되었다. 그러므로, 이들  $\alpha, \beta$ 파의 상대파워는 시간스트레스여부와 경과시간에 대하여 유의미한 변화를 보인다고 할 수 있으며, 따라서 이후의 분석은 선행 연구에서와 마찬가지로  $\alpha, \beta, \theta$ 파의 파워 합에 대한  $\alpha$ 파 파워의 비(이하  $\alpha$ 밴드파워비)와,  $\alpha, \beta, \theta$ 파의 파워 합에 대한  $\beta$ 파 파워의 비(이하  $\beta$ 밴드파워비)에 초점을 맞추어 진행되었다.

### 5. 고찰

선행연구<sup>9)</sup>에서 대역파워비는 과업의 난이도를 반영한다고 이해하였다. 그러나 그 경우에는 제시되는 자극에 대하여 반응하기만 하면 되는 스트레스였기 때문에, 본 연구에서 제시한 시간스트레스 하고는 성질이 다르다고 볼 수 있다. 즉, 전자의 경우에는 자극이 제시되고 다음 자극이 제시될 때까지는 실행할 것인가 실행하지 않을 것인가 하는 선택이 주요 과제이었지만, 본 연구에서는 자극에 대한 반응을 ‘서두르게’ 만드는 요인으로 시간스트레



(a) Normal situation



(b) Time-stressed situation

Fig. 4. Variation of absolute powers of EEG over elapsed time.

스가 도입되었기 때문이다. 그럼에도 불구하고, 본 연구에서  $\alpha, \beta$ 파의 대역파워비가 유의한 결과를 보였다 고 하는 것은 과업의 난이도 수준이 영향을 미쳤다는 사실을 부인하기는 곤란할 것으로 판단되었다.

Fig. 4는  $\alpha, \beta$ 파의 절대파워가 경과시간에 따라 어떻게 변화하였는가를 보여주는 그림이다. 시간경과에 따라  $\alpha, \beta$ 파 모두 증가하는 것을 알 수 있는데, 특히 시간스트레스 상황 하에서는 그 변화가 두드러지는 것을 알 수 있다. 그 원인은 우선 시간스트레스가 주어지면 뇌의 각 부위에서의 뇌파가 활성화되는 데 기인한다고 해석될 수 있다. Table 4는 각 전극에서 측정된 뇌파 중  $\alpha, \beta$ 파의 절대파워간의 Pearson 상관계수를 분석한 표이다. 이 결과에 따르면 전극간의 상관계수는 어느 것이나 모두 매우 높았는데, 일반 상황에서보다는 시간스트레스가 부가된 상황에서의 파워간 상관계수가 약간 증가하는 것을 볼 수 있으며, 특히 F3, F4 부위와 다른 부위와의 사이에서 그러하다. 다시 말해 전두엽 부분에서의 뇌파가 더욱 활성화되기 때문이라고 생각되는데, 전두엽은 잘 알려진 바와 같이 판단과 창의력을 담당하는 부분이므로 시간스트레스가 부가됨에 따라 작업의 가속화, 입력 정보의 필터링, 반응 자체의 생략 등 순간순간 다른 전략으로 대처할 것을 판단하고 행동에 옮기기 위해서는 순간순간 입력되는 정보를 종합적으로 관찰하고 판단해야 하

Table 4. Pearson correlation coefficients among absolute EEG powers

(a) Normal Situation									(b) Time-Stressed Situation									
전극	F3	F4	C3	C4	P3	P4	O1	O2	전극	F3	F4	C3	C4	P3	P4	O1	O2	
F3	상관계수	1	.999**	.998**	.997**	.991**	.992**	.987**	.991**	상관계수	1	1.000**	.998**	.998**	1.000**	.997**	.998**	.997**
	유의확률		.000	.000	.000	.001	.001	.002	.001	유의확률		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
F4	상관계수	.999**	1	.995**	.994**	.987**	.987**	.982**	.987**	상관계수	1.000**	1	.999**	.998**	1.000**	.998**	.998**	.998**
	유의확률	.000		.000	.001	.002	.002	.003	.002	유의확률	.000		.000	.000	.000	.000	.000	.000
C3	상관계수	.998**	.995**	1	1.000**	.998**	.998**	.996**	.998**	상관계수	.998**	.999**	1	1.000**	.998**	1.000**	.995**	1.000**
	유의확률	.000	.000		.000	.000	.000	.000	.000	유의확률	.000	.000		.000	.000	.000	.000	.000
C4	상관계수	.997**	.994**	1.000**	1	.999**	.999**	.997**	.999**	상관계수	.998**	.998**	1.000**	1	.998**	1.000**	.994**	.999**
	유의확률	.000	.001	.000		.000	.000	.000	.000	유의확률	.000	.000	.000		.000	.000	.001	.000
P3	상관계수	.991**	.987**	.998**	.999**	1	1.000**	1.000**	.999**	상관계수	1.000**	1.000**	.998**	.998**	1	.997**	.998**	.996**
	유의확률	.001	.002	.000	.000		.000	.000	.000	유의확률	.000	.000	.000	.000		.000	.000	.000
P4	상관계수	.992**	.987**	.998**	.999**	1.000**	1	.999**	1.000**	상관계수	.997**	.998**	1.000**	1.000**	.997**	1	.993**	1.000**
	유의확률	.001	.002	.000	.000	.000		.000	.000	유의확률	.000	.000	.000	.000	.000		.001	.000
O1	상관계수	.987**	.982**	.996**	.997**	1.000**	.999**	1	.998**	상관계수	.998**	.998**	.995**	.994**	.998**	.993**	1	.994**
	유의확률	.002	.003	.000	.000	.000	.000		.000	유의확률	.000	.000	.000	.001	.000	.001		.001
O2	상관계수	.991**	.987**	.998**	.999**	.999**	1.000**	.998**	1	상관계수	.997**	.998**	1.000**	.999**	.996**	1.000**	.994**	1
	유의확률	.001	.002	.000	.000	.000	.000	.000		유의확률	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.001	

\*\* . Pearson 상관계수는 0.01수준(양쪽)에서 유의.  
 \* . Pearson 상관계수는 0.05수준(양쪽)에서 유의.

\*\* . Pearson 상관계수는 0.01수준(양쪽)에서 유의.  
 \* . Pearson 상관계수는 0.05수준(양쪽)에서 유의.

기 때문일 것이다.

또 한 가지 이유로는, 피실험자가 원하지 않는 스트레스가 장시간 지속됨에 따라 지루함이 증가되는 것이 아닌가 하는 것이다. 그 예로, Fig. 4(b)에서 보는 바와 같이, 시간스트레스가 주어진 경우 40~50이 경과된 시점에서  $\theta$ 파의 파워가 일시적으로 급증하는 것을 볼 수 있다. 이것은  $\theta$ 파가 4~8 Hz의 낮은 주파수를 갖는 파이기 때문에, 직접적인 과업 수행과는 관련없는 예상치 못한 변화이기 때문이다. 선행연구를 통해 확인한 바와 같이, 디코딩(decoding) 처럼 스트레스가 부가되는 작업은 피실험자에게 그만큼 낯설기 때문에  $\beta$ 파의 파워가 증가될 것이라는 것을 쉽게 짐작할 수 있다. 그러나, 본 연구 결과에 따르면 Fig. 4에서 보는 바와 같이 시간스트레스가 지속됨에 따라  $\alpha$ 파의 파워도 급격히 증가한다. 결과적으로,  $\alpha, \beta$ 파 파워 양쪽 모두 일반상황에 비하여 시간스트레스가 주어지고 그것이 지속되면 변화량이 커지는데, 그 변화율이 절대파워보다는  $\theta$ 파의 파워를 포함하는  $P(\alpha+\beta+\theta)$ 에 비하여 월등히 크기 때문에 대역파워비로는 쉽게 감지할 수 없는 시간스트레스에 의한 영향을 감지할 수 있게 되는 것이라고 설명된다.

이미 Norman(1981)과 Reason(1984)이 주장했듯이 인간의 행동수준에는 성격이 다른 휴먼에러가

혼재되어 있다. 즉, 그들의 이론에 따르면, 기술기 반행동시에는 slips, lapses, small mistakes가, 규칙기 반행동시에는 slips, lapses, mistakes가, 그리고 지식기 반행동시에는 lapses, mistakes가 혼재되어 있다는 것이다. 더구나 장의존적인(field-dependent) 성향의 사람들은 판단보다도 먼저 행동을 시작한다고 한다. 이런 이론들을 종합하여 본 연구의 결과를 이해한다면, 과업 난이도 변화에 따른 인간의 반응은 선형적으로 변화하는 것이 아니라는 사실을 다시 한번 상기시켜 준다.

### 6. 결론

본 연구는 이상과 같이 시간스트레스가 피실험자에게 어떤 생리심리적 영향을 미치는가를 실험적으로 파악하였다. 연구를 통하여 얻어진 결과를 종합하면, 시간스트레스는 피실험자의 작업수행도 수준을 저하시켰다. 그러나, 응답률과 반응시간은 둘 다 모두 작업 난이도 요인에 유의한 영향을 받지 않았는데, 그 이유는 본 연구에서 설계된 과업이 직접 답을 입력을 하는 것이 아닌, 제시된 수치의 대소비교 형태로 실행되었기 때문이라고 판단되었다.

이에 대응하는 뇌파특성치를 분석한 결과, 일반 상황에서도 각 전극에서 검출되는 뇌파의 절대파워

간 상관계수가 높기는 하였지만, 시간스트레스가 지속되면 전두엽과 다른 부위간의 정보교환이 더욱 긴밀해져서  $\beta$ 파의 대역파위가 증가하는 한편, 원치 않는 긴장상황에서 벗어나고픈 지루함도 동시에 증가하여  $\alpha$ 파도 급격히 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 그 결과, 선행연구에서와 마찬가지로 시간스트레스의 연구에서도 심리생리학적 척도로는 절대파위가 아니라,  $\alpha, \beta, \theta$ 파의 파워를 동시에 고려하는 각 뇌파대역의 상대파워비가 유용함을 알 수 있었다. 다만, 각 전극에서의 뇌파는 순간순간 변화한 것이기 때문에, 시간간격을 더욱 세분하여 그 결과를 전극간에 비교해야 하는 과제가 남아 있다.

**감사의 글 :** 이 논문은 2009학년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음(This work was supported by the research grant of the Chungbuk National University in 2009).

### 참고문헌

- 1) 谷村富男, ヒューマン・エラーの分析と防止, 日科技連, 1995.
- 2) 角本定男, 勞働災害要因の調査・分析と對策, 中央勞働災害防止協會, 1984.
- 3) Sayers, B.A., Human Factors and Decision Making: Their Influence on Safety and Reliability, Elsevier, London, 1988.
- 4) Svenson, O., and Maule, A.J., Time Pressure and Stress in Human Judgement and Decision Making, Plenum Press, New York, 1993.
- 5) 橋本邦衛, 安全人間工學, 中央勞働災害防止協會, 1984.
- 6) Haider M., Spong P., and Lindsley D.B., "Attention, vigilance, and cortical evoked-potentials in humans", Science, Vol.145, pp. 180~182, 1964.
- 7) 임현교, "인간과오의 심리생리적 징후와 작업 수행도", 한국산업안전학회 춘계 학술논문발표회, pp. 260~263, 2000.
- 8) 임현교, "인간과오 유발상황에서 뇌파 상대파워 특성의 변화", 한국안전학회지, 제23권, 제3호, pp. 65~70, 2008.
- 9) 임현교, "작업난이도 변화가 인간과오 관련 뇌파 특성에 미치는 영향", 한국안전학회지, 제25권, 제3호, pp. 123~130, 2010.