

# 건설근로자의 통합적 스트레스 반응과 뇌파신호의 상관관계 분석

## Correlation Analysis between Integrated Stress Responses and EEG Signals of Construction Workers

이수진<sup>1</sup>

임채연<sup>1</sup>

박영준<sup>2\*</sup>

Lee, Su-Jin<sup>1</sup>

Lim, Cha-Yeon<sup>1</sup>

Park, Young-Jun<sup>2\*</sup>

Researcher Korea Military Academy, Nowon-Gu, Seoul, 01805, Korea <sup>1</sup>  
Professor, Korea Military Academy, Nowon-Gu, Seoul, 01805, Korea <sup>2</sup>

### Abstract

The purpose of this study is to find out how to measure the stress related to accidents at the construction site promptly and conveniently to prevent safety accidents of construction workers. Accordingly, we analyzed the correlations between the questionnaire tool index that measures the stress associated with complex psychology of humans by integrating emotion, cognition, physical and behavioral responses, and basic brain waves, SEF-90, concentration, stress index from brain wave. As a result, which had the highest correlation with the stress measured through the questionnaire, was the SEF-90, and the regression analysis between two independent variables yielded a specific regression equation. This suggests the possibility of measuring the integrated stress of construction workers through the EEG signal at the construction site, and it can be used for the safety management of the construction site in the future.

Keywords : stress, EEG, SEF-90, regression analysis

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

2018 정부는 ‘국민생명 지키기 3대 프로젝트’를 발표하며 그 일환으로 향후 5년 이내 산업재해 사고사망자 수를 절반으로 감축한다는 목표를 세웠다[1]. 그 동안 정부는 1990년대부터 산업재해예방을 위해 여러 중·장기 정책을 시행해 왔지만, 산업재해 감소를 이끌어내지는 못하였다. 안전보건공단 발표 자료에 따르면 국내 2017년 산업재해자

수는 총 89,848명이고, 그 중 건설업 근로자 재해자수는 25,649명(28.55%)으로 산업별 재해 현황 중 1위의 불명예를 기록했다. 또한 2017년 산업별 사망재해 전체 사망자수 1,957명 중 건설업이 579명(29.59%)으로 가장 높은 비율을 차지해 대형 인명사고로 이어지는 건설현장에서의 안전 확보가 시급한 실정이다[2].

이러한 산업재해를 줄이기 위한 연구는 불완전한 물리적 작업 환경을 개선하여 산업재해를 예방하고자 하는 기존의 흐름에서 근로자 개인의 특성과 관련된 요인에 초점을 맞춰 접근하는 방향으로 점차 변화하고 있다. 특히, 산업재해와 관련된 개인의 특성 요인 중 스트레스와 관련된 연구를 살펴 보면 Steffy at al.[3]은 스트레스와 사고의 관계성에 대한 모델을 제안하면서 스트레스가 유발한 부정적인 정서가 불분명한 의사결정, 주의력 저하 등을 가져와 사고로 이어진다고 주장하였으며, Sutherland and Cooper[4]는 스트레스

Received :December 20, 2019

Revision received : January 21, 2020

Accepted : January 31, 2020

\* Corresponding author : Park, Young-Jun

[Tel: 82-2-2197-2955, E-mail: yjpark@kma.ac.kr]

©2020 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

와 사고율 간에 60~80% 관련성이 있다고 보고하였다.

그러나, 인간의 스트레스 반응은 매우 복잡하고 환경의 영향을 받으며 외부에서 관찰할 수 없는 특징을 보여 스트레스 반응을 정확히 측정하기에 어려움이 많다. 스트레스를 바라보는 다양한 관점 중 반응으로서의 스트레스(response-based model of stress)는 Cannon에 의해 시작되었고, Selye에 의해 일반적응증후군 이론으로 발전하였으며[5], 최근에는 스트레스 반응 평가에 인지과정과 감정상태가 강조되고 있다[6]. 스트레스 반응 측면의 스트레스 평가는 최근까지도 다양한 대상층에 적용되고 있으나 이 방법은 설문지 형태의 자가 측정 방식으로 이루어져 건설 현장에서 사용하기에는 효율성이 떨어진다.

한편 스트레스에 접근하는 최신 동향을 살펴보면 Shin and Jo[7]은 스트레스를 개체와 환경이 하나라는 전일적 관점에서 설명하며, 개인이 환경을 인지하고 정보처리하는 '뇌'의 신경생리학적 정보처리망의 중요성을 강조하였다. 이러한 두뇌기능을 측정할 수 있는 양자방출 단층촬영, 기능적 뇌 자기공명영상 등이 있지만, 뇌파 검사법은 비 침습적이며 비교적 간편하게 측정할 수 있다는 장점이 있다. 그동안 뇌파를 활용하여 스트레스를 산출하는 방식은 여러 가지 방법이 있지만[8], 학자마다 견해의 차이가 있으며, 그 결과가 인간의 다양하고 복잡한 스트레스 반응과 어떤 관계가 있는지에 대한 연구는 없었다.

이에 본 연구에서는 스트레스 측정 방식에 있어 인간의 감정적, 신체적, 인지적, 행동적 반응 등의 통합적 관점에서 수집된 스트레스 점수와 생체 신호 방식인 뇌파를 측정해 둘 사이의 관계성을 분석하였다.

## 1.2 연구의 범위 및 절차

본 연구의 범위는 건설현장 근로자의 설문지 스트레스 정도와 생체 신호 방식인 뇌파 측정 결과 간의 상관관계를 알아보는 것으로 설정하였다. 연구의 절차는 다음과 같다.

첫째, 국내 건설현장에서 건설 근로자 대상으로 스트레스 설문 측정 및 뇌파를 수집하였다.

둘째, 수집된 데이터를 토대로 통계분석을 실시하였다. 정규분포를 확인하기 위해 정규성 검정을 실시하였고, 그 결과 정규성을 가장 잘 나타내는 변환값으로 환산해 산포도, 공분산 분석, 상관계수 분석을 수행하였다. 이후, 상관분석 결과 상관성이 가장 높게 나온 독립변수간의 회귀분석을 실시하였다.

## 2. 문헌 고찰

### 2.1 스트레스의 특성

1920년대 Walter Cannon이 최초로 Stress라는 용어를 사용하기 시작하면서, 스트레스와 관련된 많은 연구들이 이루어졌다[9]. Selye는 스트레스를 긍정적 스트레스(eustress)와 부정적 스트레스(distress)로 설명하였다[10]. 스트레스는 과해도 문제지만, 스트레스가 부족하면 무기력, 우울 등과 관련성이 있어 적당한 수준의 스트레스는 반드시 필요하다. 또한 스트레스 원인 자체보다도 스트레스에 대한 신체적, 정신적, 인지적 반응이 중요하다. 스트레스를 자신을 괴롭히는 방향으로 쓸지, 목표를 향해 달려가는 힘으로 사용할지는 본인의 선택에 달려있다[5]. 그러나 위와 같은 선택은 실천하기 어렵다. 실제로 스트레스와 관련된 무수히 많은 부정적인 현상들이 지금 이 순간에도 일어나고 있다. 예를 들어, 암을 비롯한 내과적 질환은 스트레스와 매우 높은 상관성을 보이며, 과도한 스트레스로 인한 감정 조절의 실패와 관련된 폭력, 자살 등, 스트레스와 관련된 현상들이 다양하게 나타나고 있다[11].

### 2.2 스트레스와 사고의 관계

기존에 수행된 연구를 통해 건설근로자의 스트레스가 재해 발생과 관련이 있음을 확인하였다. Park[12]는 건설업 종사자가 직무스트레스를 재해발생의 주요인임을 발표하였고, Kim[13]는 불안전행동이 적은 근로자일수록 스트레스 정도가 낮은 것으로 확인하였다. 또한 Yang and Kim[14]은 연구를 통해 스트레스로 인한 신체적 및 정신적 피해가 안전행동과 사고위험과도 관계를 있음을 주장했다. 그러나 이러한 연구는 건설근로자의 스트레스와 재해발생간의 관계를 파악하고 중장기적인 생활습관 변화 등을 제안하는 데 그쳤다. 건설 현장에서 스트레스로 인한 재해를 예방하기 위해서는 건설근로자들의 스트레스를 인간의 감정적, 신체적, 인지적, 행동적 반응 등의 통합적 관점에서 정확히 진단할 필요가 있으며, 이를 현장에서 즉각적이고 확실한 방법으로 스트레스 상태를 분류해 내는 것이 중요할 것으로 보인다.

### 2.3 스트레스 측정 방식

스트레스를 평가하기 위해 일반적으로 설문지 자가측정 방식을 사용해 왔는데, 이 방법은 건설현장에서 즉각적으로 활용하기엔 다음과 같은 한계가 있다. 첫째, 관리자는 설문지를 출력하여 배포하며, 측정 대상자는 필기도구를 이용해

체크를 해야 하므로 시간적 소요가 상당하다. 둘째, 이렇게 수집된 결과를 종합 평가하여 적절한 중재를 하기 위해서는 준전문가 이상의 인력 소요가 발생한다. 셋째, 설문지 형태의 자가측정 방식은 개인이 인지한 정도를 스스로 측정하는 형태로 개인적 상황이나 조직 분위기, 가치관 등의 개입, 설문지 이해정도의 차이 등으로 실제 정신·신체적 스트레스 반응과는 그 정도의 차이가 있을 수 있다. 따라서 인간의 스트레스 반응을 정확하면서도 즉각적이고 효율적으로 평가할 수 있는 도구가 필요하다.

## 2.4 뇌파와 스트레스의 관계

뇌파는 두피에서 발생하는 전위로서 신경 세포의 활동시에 발생하는 전기적 활동상태를 기록하여 두뇌활동 상태를 평가할 수 있다. 뇌파의 전위변동은 보통 5~300  $\mu V$ , 주파수는 보통 1~50Hz로 기록되며 주파수 대역에 따라 Table 1과 같이 델타파, 세타파, 알파파, 베타파, 감마파로 구분된다[15].

Table 1. Frequency band classification of EEG

| Classification | Frequency range(Hz) |
|----------------|---------------------|
| Delta wave     | < 4Hz               |
| Theta wave     | 4 ~ 7Hz             |
| Alpha wave     | 8 ~ 12Hz            |
| L-beta wave    | 13 ~ 20Hz           |
| H-beta wave    | 21 ~ 30Hz           |
| Gamma wave     | 30 ~ 50Hz           |

델타파는 주로 깊은 수면시 나타나고, 세타파는 졸린 상태, 기억 회상시 나타나며 일부 창조적인 사고를 반영한다. 알파파의 활성화는 최적의 수행을 위한 이완된 상태임을 알 수 있고, 저베타파는 각성활동과 인지활동, 고베타파는 긴장, 불안 및 스트레스 상황과 관련이 있으며 감마파는 고도 인지 작용 수행시 나타나는 특징을 보인다. 뇌파는 외부 자극을 스트레스로 인지하게 되면, 호르몬을 분비하여 스트레스에 반응하도록 신체대사를 조절한다[16]. 이는 뇌파의 변화를 통해서 신체적, 정신적 스트레스 정도를 파악할 수 있음을 의미한다.

뇌파를 통해 스트레스를 분류해 내기 위해 많은 연구가 이루어지고 있다. Kang et al.[8]는 뇌파의 여러 조합 중 스트레스 상태를 가장 잘 나타내는 수식을 세타파와 M-베타파의 비율을 활용해 분류해 냈고, Ko[17]은 중학생 대상 학업 스트레스의 변화를 측정하기 위한 도구로 상대 알파,

베타, 감마 파워를 사용했다. 또한 Kang[18]는 성인의 스트레스 뇌파 수치로 0-50Hz 뇌파 중 95%지점의 대푯값 SEF-95을 사용하였다. 이와 같이 뇌파를 통해 스트레스를 분류해 내는 방법이 다양하며, 방법에 따라 그 결과는 상이할 수 있다. 그러나 지금까지 감정적, 신체적, 인지적, 행동적 반응과 같은 인간의 통합적 스트레스 반응과 뇌파의 관계성에 대한 연구는 전무한 실정이다.

## 3. 연구방법

공사가 수행중인 건설현장에 방문하여 현장관리자의 협조 하에 건설 근로자 대상으로 설문 스트레스와 뇌파를 측정하였다.

### 3.1 자료 수집

#### 3.1.1 설문지를 통한 스트레스 측정

스트레스 반응 설문지는 감정적, 신체적, 인지적, 행동적 반응들이 포함된 스트레스 반응을 측정하기 위하여 Koh et al.[6]이 개발한 스트레스 반응 척도를 사용하였다. 본 척도는 스트레스 반응을 평가하기 위한 척도 중 감정적, 신체적, 인지적, 행동적 반응을 모두 포함하고 있는 대표적인 척도로서 현재까지 스트레스 반응을 평가하는 척도로 널리 사용되고 있다. 하위요인으로 긴장, 공격성, 신체화, 분노, 우울, 피로, 좌절 등 7개의 요인으로 구성되었으며, 요인별 문항 및 신뢰도는 Table 2와 같다.

Table 2. Subscale and internal-consistency

| Group of factors | Question No.                  | Cronbach's $\alpha$ |
|------------------|-------------------------------|---------------------|
| Nervous ness     | 2,16,17,30,31,37              | .86                 |
| Aggressive       | 18, 28, 29, 33                | .83                 |
| Somatization     | 6, 7, 10                      | .76                 |
| anger            | 4, 24, 25, 26, 27, 34         | .84                 |
| depressed        | 5, 15, 19, 22, 23, 35, 38, 39 | .90                 |
| fatigue          | 1, 12, 13, 14, 36             | .81                 |
| Frustration      | 3, 8, 9, 11, 20, 21, 32       | .91                 |
| Total Questions  | 39                            | .97                 |

각 문항은 5점 Likert 척도로서, 매우 그렇다 5점, 상당히 그렇다 4점, 웬만큼 그렇다 3점, 약간 그렇다 2점, 전혀 그렇지 않다 1점으로 구성되었다. 전체 문항은 39문항으로 구성

되었고, 문항에 대한 신뢰도를 나타내는 Cronbach's  $\alpha$  계수는 0.97이다. Cronbach's  $\alpha$  는 문항의 일관성을 나타내는 계수로서 0~1의 값을 가지며 0.7이상의 값이면 수용 가능한 범위로 해석한다[19].

### 3.1.2 뇌파 측정

뇌파 측정은 Figure 1과 같은 (주)옴니핏 마인드케어 제품을 사용하였다. 본 제품은 뇌파 2채널 건식 및 비침습적 뇌파 측정기기로, 블루투스 통신으로 연결 태블릿에 측정 데이터를 전송하는 의료기기 2등급 제품이다. 뇌파 측정 장소는 최대한 소음을 차단할 수 있도록 공사 현장 근처 별도의 사무실이나 안전교육장에서 진행하였다. 뇌파 측정 간 움직이거나 말하지 않도록 사전 설명을 실시하였으며 뇌파 측정 헤어밴드를 이용하여 측정 부위가 대상자의 좌·우 전전두엽(Prefrontal lobe)에 Fp1과 Fp2가 각각 위치하도록 고정하고, 귀볼을 기준 전극(ground electrode)으로 사용하여 5분간 측정하였다. 측정기기의 뇌파 신호 샘플링 속도는 250Hz, 통과 대역 주파수는 3~41Hz이며 측정된 데이터의 처리는 15bits AD 변환(analog-digital converter)이 사용되었다.

이중 SEF-90은 뇌파의 파워스펙트럼 분포에서 저주파 대비 고주파의 편향성을 정량화시킨 방법으로 전체 주파수 영역에 대한 면적 비로 표시되며 주파수별 뇌파 전체의 합을 구해서 90%에 해당되는 지점 기준의 주파수(Hz)로 판단한다. 0-50Hz 뇌파 중 90% 또는 95% 지점의 대푯값은 과제를 수행할 때 뇌가 느끼는 인지부하도 즉, 정신적 스트레스 정도를 평가하는 지표로 활용된다[20].



Figure 1. Omnifit mindcare headset

## 3.2 통계분석

본 연구에서는 수집된 자료를 통계적으로 분석하기 위하

여 R 프로그램을 사용하였다. 수집된 자료의 분석은 정규성 검정, 상관관계 분석, 회귀분석 순으로 진행하였다.

### 3.2.1 정규성 검정

본 연구에서 수집된 자료는 R 프로그램을 사용하였다. 표본크기가 큰 경우에는 중심극한정리와 같은 이론에 의해서 분포 가정이 크게 문제가 되지 않는 경우가 많지만 표본크기가 작을 때는 잘못된 분포 가정이 결과를 크게 왜곡시키는 경우가 종종 있기 때문에 특정 분석을 수행하기에 앞서 주어진 데이터가 정규분포를 따르는지 검토하여 한다[21]. 따라서 스트레스 반응 설문 점수와 뇌파를 통해 수집된 데이터인 SEF-90, 집중도, 스트레스 지수 및 기본 뇌파(세타파~감마파)에 대해 정규성 검정을 실시하였다. 정규성 검정은 원본데이터, 제공된 변환 데이터, 자연로그 변환 데이터, 역수 변환 데이터를 대상으로 실시하였으며, 이중 가장 높은 정규성을 보이는 데이터를 바탕으로 상관관계 분석을 실시하였다.

### 3.2.2 상관관계 분석

데이터를 정규화시키기 위해 각 변수별 데이터 변환 후 스트레스 반응 설문 점수와 각 변수들에 대하여 산포도, 공분산 분석, 상관계수 분석을 수행하였다. 상관계수는 pearson의 단순적률상관계수를 사용하였다.

### 3.2.3 회귀분석

상관관계 분석 결과, 상관성이 다소 높은 것으로 식별된 독립변수 간 회귀 분석을 실시하였다. 회귀분석은 단순회귀 분석을 수행하였고, 실제 관측치와 추정된 회귀직선에 의한 적합값의 차이인 잔차를 확인하기 위해 Shapiro-Wilk normality test를 시행하였다.

## 4. 결과 분석

### 4.1 자료 수집 결과

울산광역시, 인천광역시, 경기도 안산시, 서울특별시에 소재한 총 4개 건설현장에서 자발적 참여를 희망하는 근로자를 대상으로 스트레스 반응 설문 조사 및 뇌파 측정을 실시하였다.

수집된 59명의 자료 중 설문 측정만 실시하고 뇌파 미측정 1명, 설문지 문항 체크 일부 누락 2명, 총 3명의 자료를 제외한 56명의 자료를 최종 분석에 사용하였다. 대상자의 인구통계학적 특성은 Table 3과 같다.

Table 3. Demographic characteristics

| Classification | Sub-classification | Number of people | Percentage(%) |
|----------------|--------------------|------------------|---------------|
| Gender         | Men                | 51               | 91            |
|                | women              | 5                | 9             |
| Age range      | 20's               | 4                | 7.1           |
|                | 30's               | 7                | 12.5          |
|                | 40's               | 14               | 25            |
|                | 50's               | 12               | 21.4          |
|                | 60's               | 19               | 34            |

4.2 정규성 검정

변수별 원본 데이터, 제곱근 변환 데이터, 자연로그 변환 데이터, 역수 변환 데이터의 정규성 검정 결과는 Table 4와 같으며, 이를 Box-plot으로 표현하면 Table 5와 같다.

Table 4. Test of normality

| Classification        |         | Raw            | Square root    | Log            | Recipr.        |
|-----------------------|---------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Stress score          | w       | 0.93103        | 0.95643        | <b>0.9668</b>  | 0.95312        |
|                       | p-value | 0.003275       | 0.04156        | <b>0.1259</b>  | 0.0294         |
| Total SEF-90          | w       | <b>0.9649</b>  | 0.96245        | 0.93656        | 0.82721        |
|                       | p-value | <b>0.1023</b>  | 0.07873        | 0.005552       | 1.36E-06       |
| Brain attention index | w       | 0.94508        | 0.96583        | <b>0.9724</b>  | 0.93864        |
|                       | p-value | 0.01288        | 0.1129         | <b>0.2259</b>  | 6.80E-03       |
| Stress index          | w       | 0.97466        | <b>0.97929</b> | 0.97499        | 0.94355        |
|                       | p-value | 0.2848         | <b>0.4458</b>  | 0.2943         | 0.01105        |
| Right theta wave      | w       | 0.94514        | 0.977          | <b>0.98913</b> | 0.94109        |
|                       | p-value | 0.01297        | 0.359          | <b>0.8941</b>  | 0.008648       |
| Left theta wave       | w       | 0.95786        | 0.98617        | <b>0.99032</b> | 0.92302        |
|                       | p-value | 0.05172        | 0.7767         | <b>0.9364</b>  | 0.001746       |
| Right alpha wave      | w       | 0.96255        | <b>0.97632</b> | 0.98118        | 0.96232        |
|                       | p-value | 0.08443        | <b>0.3473</b>  | 0.5398         | 0.08246        |
| Left alpha wave       | w       | <b>0.98862</b> | 0.98251        | 0.96485        | 0.89903        |
|                       | p-value | <b>0.8808</b>  | 0.6016         | 0.1076         | 0.00023        |
| Right L-beta wave     | w       | 0.95829        | 0.97068        | <b>0.97688</b> | 0.96714        |
|                       | p-value | 0.05408        | 0.1975         | <b>0.3665</b>  | 0.1366         |
| Left L-beta wave      | w       | 0.9495         | <b>0.96098</b> | 0.90723        | 0.95866        |
|                       | p-value | 0.0202         | <b>0.06731</b> | 0.000396       | 0.05261        |
| Right M-beta wave     | w       | 0.95708        | 0.96858        | <b>0.97544</b> | 0.97184        |
|                       | p-value | 0.04764        | 0.1589         | <b>0.319</b>   | 0.2224         |
| Left M-beta wave      | w       | <b>0.97972</b> | 0.97564        | 0.96321        | 0.91659        |
|                       | p-value | <b>0.4762</b>  | 0.325          | 0.09057        | 0.000991       |
| Right H-beta wave     | w       | 0.97586        | 0.98404        | <b>0.98745</b> | 0.98603        |
|                       | p-value | 0.3321         | 0.6752         | <b>0.8338</b>  | 0.761          |
| Left H-beta wave      | w       | 0.99029        | <b>0.99653</b> | 0.99396        | 0.96048        |
|                       | p-value | 0.9356         | <b>0.9999</b>  | 0.9944         | 0.06801        |
| Right gamma wave      | w       | 0.96117        | 0.9779         | 0.98849        | <b>0.99157</b> |
|                       | p-value | 0.07311        | 0.4033         | 0.8759         | <b>0.9657</b>  |
| Left gamma wave       | w       | 0.95014        | 0.96951        | 0.98111        | <b>0.98156</b> |
|                       | p-value | 0.02333        | 0.1751         | 0.5368         | <b>0.5574</b>  |

SEF-90, 좌뇌 알파파, 좌뇌 M-베타파는 원본 데이터, 스트레스 지수, 우뇌 알파파, 좌뇌 L-베타파, 좌뇌 H-베타파는 루트 변환, 좌우뇌 감마파는 역수 변환, 그 외는 모두 로그 변환이 가장 높은 p-value 및 w 값을 나타냈다. 이에 따라 가장 높은 p-value와 w 값을 보이는 방식으로 변환된 값을 사용하여 상관분석을 수행하였다. 변환된 각 변수들의 box plot은 Table 5와 같다. 이때, 일부 변수들은 이상점들을 보유하고 있다. 그러나 이러한 이상점들의 데이터 상세를 확인한 결과, 동일 인물의 다른 대부분 변수의 결과값은 이상점으로 판별되지 않았다. 이는 설문지나 뇌파측정 도구 혹은 뇌파측정 방식의 오류가 아니라 개인의 특성에 의해 나타나는 값으로 판단할 수 있으므로, 이상점으로 보기 힘들다. 따라서, 이상점을 보이는 데이터들을 제거하지 않고 그대로 사용하였다.

4.3 상관관계분석

스트레스 반응 설문을 통한 스트레스 점수와 뇌파로부터 수집된 데이터간의 상관관계를 규명하기 위하여 산포도, 공분산 분석, 상관계수 분석을 수행하였다. 그 결과는 각기 Table 6, 7, 8과 같다.

산포도의 경우, 스트레스 반응 설문 점수와 SEF-90 가 일부 양적 선형 관계를 보이는 것으로 보이며, 나머지 산포도에서는 서로 뚜렷한 경향성을 찾기 어렵다. 공분산 분석 결과의 경우, SEF-90가 0.789484로 준수한 값을 보이고 있으며, 나머지 변수들에서는 매우 작은 값을 보이고 있다. 상관계수 분석의 경우에도 SEF-90의 Pearson상관계수는 0.48(p=0.0002)로 정적 상관관계가 있음을 알 수 있다. 다만, 좌뇌 H-베타파, 좌우뇌 감마파의 경우, 상관계수는 0.2 보다 크게 나타나 낮은 상관관계를 보이는 것으로 볼 수 있으나 p-value가 0.05보다 크게 나와 신뢰성이 낮으므로 상관관계가 있다고 보기 어렵다. 따라서 SEF-90만을 대상으로 회귀분석을 실시하였다.

4.4 회귀분석

상관관계 분석에서 스트레스 반응 설문 점수와 Pearson 상관계수가 가장 높았던 SEF-90간의 회귀분석을 실시한 결과 multiple R squared 는 0.2282, adjusted R squared 는 0.2139로 충분한 신뢰성이 있는 것으로 나타났다.

Table 5. Box-plot of EGG

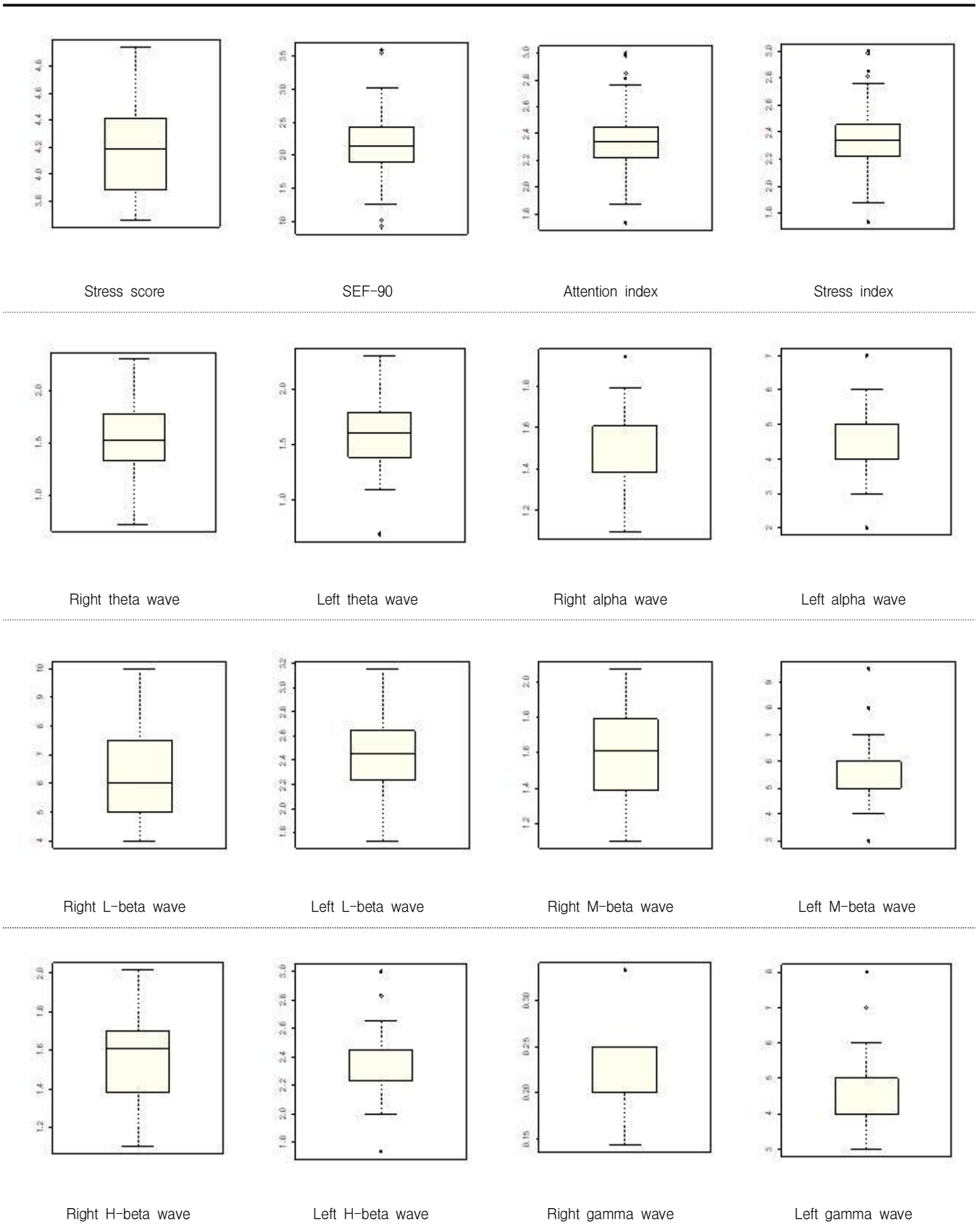
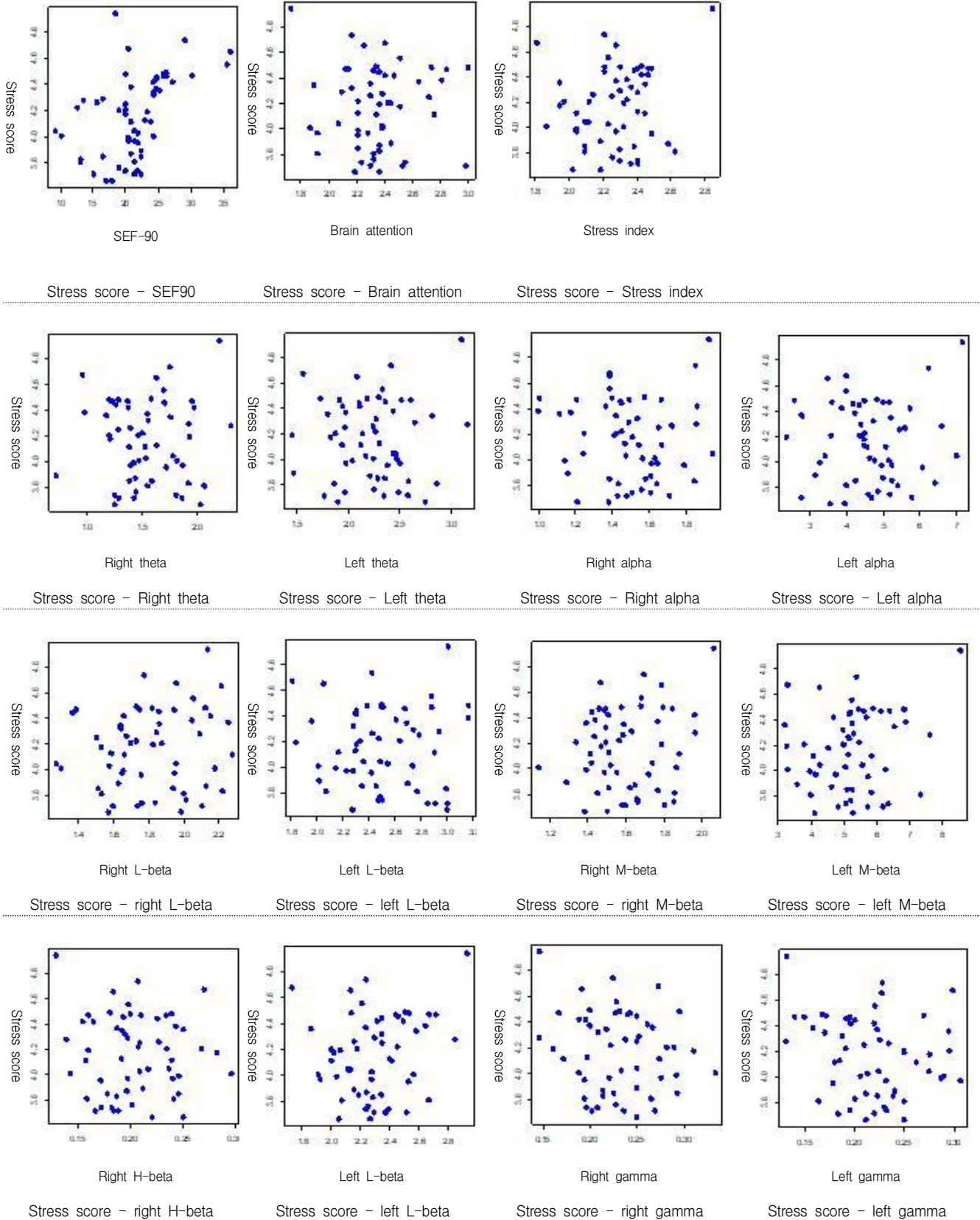


Table 6. Scatter plot between variables



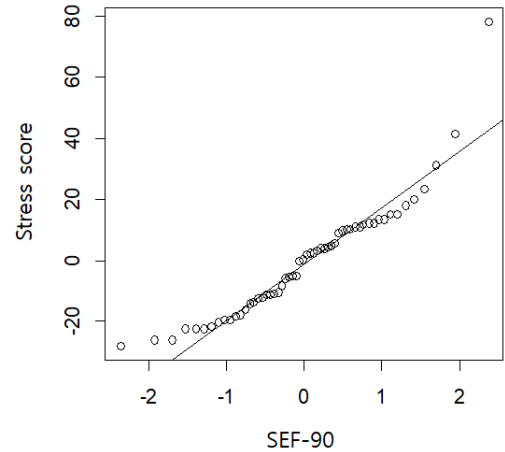
**Table 7. Analysis result of covariance**

| Classification        | Covariance |
|-----------------------|------------|
| SEF-90                | 0.789484   |
| Brain attention index | 0.001152   |
| Stress index          | 0.007931   |
| Right theta wave      | 0.000431   |
| Left theta wave       | 0.001217   |
| Right alpha wave      | -0.00208   |
| Left alpha wave       | 0.007401   |
| Right L-beta wave     | 0.010766   |
| Left L-beta wave      | -0.00324   |
| Right M-beta wave     | 0.008873   |
| Left M-beta wave      | 0.070443   |
| Right H-beta wave     | -0.00061   |
| Left H-beta wave      | 0.014522   |
| Right gamma wave      | -0.00217   |
| Left gamma wave       | -0.00275   |

**Table 8. Analysis result of coefficient of correlation**

| Classification        | Pearson's Correlation Coefficient | P-value |
|-----------------------|-----------------------------------|---------|
| SEF-90                | 0.48                              | 0.0002  |
| Brain attention index | 0.01                              | 0.917   |
| Stress index          | 0.13                              | 0.3321  |
| Right theta wave      | 0.03                              | 0.7997  |
| Left theta wave       | 0.04                              | 0.7488  |
| Right alpha wave      | 0.01                              | 0.9596  |
| Left alpha wave       | 0.02                              | 0.8708  |
| Right L-beta wave     | 0.14                              | 0.2978  |
| Left L-beta wave      | -0.02                             | 0.8817  |
| Right M-beta wave     | 0.17                              | 0.2122  |
| Left M-beta wave      | 0.19                              | 0.1689  |
| Right H-beta wave     | 0.09                              | 0.4903  |
| Left H-beta wave      | 0.22                              | 0.1074  |
| Right gamma wave      | 0.21                              | 0.1146  |
| Left gamma wave       | 0.28                              | 0.0752  |

그 결과는 Figure 2 및 Table 9와 같으며, 이는 Eq. 1과 같은 회귀식으로 표현할 수 있다. 이때, 회귀분석의 결과는 정규화를 통해 자연로그로 변환된 스트레스 반응 설문 점수와 원본 그대로의 SEF-90을 사용하였기에, 이를 다시 환산하여 자연대수의 승수로 표현된다. 도출한 회귀식은 스트레스 반응 설문 점수를 SEF-90을 통해 추정할 수 있음을 의미한다.



**Figure 2. Q-Q plot**

**Table 9. Regression analysis result of variance**

|             | Estimate | Std. Error | t value | Pr(>F)   |
|-------------|----------|------------|---------|----------|
| (Intercept) | 25.1083  | 10.8396    | 2.316   | 0.024364 |
| SEF-90      | 1.9656   | 0.4919     | 3.996   | 0.000197 |

회귀 모형의 적합도를 확인하기 위해 Table 10과 같이 잔차분석을 실시하였다. 그 결과 p-value는 0.1096으로 0.05보다 큰 값이 도출되었으므로 정규분포 가정에 문제가 없음을 확인하였다.

$$S_q = e^{(25.1083 + 1.9656 SEF - 90)} \quad \text{----- (1)}$$

$S_q$  : Stress score of questionnaire

**Table 10. Residual analysis result of variance**

| Residual | W       | P-value |
|----------|---------|---------|
| SEF-90   | 0.96555 | 0.1096  |

## 5. 결 론

본 연구는 인간의 감정적, 신체적, 인지적, 행동적 반응 등의 통합적 관점에서 수집된 스트레스 점수와 생체 신호 방식인 뇌파를 측정해 둘 사이의 관계성을 알아보고자 하였다. 이를 위해 스트레스 반응 척도를 선택하였고, 뇌파 측정으로 수집된 기본 뇌파 및 SEF-90, 집중도, 스트레스 지수 사이의 상관관계를 분석하였다. 상관관계 분석을 통해 스트레스 반응 설문 점수는 SEF-90과 정적 상관관계를 보여주



었다. 이에 대해 스트레스 반응 설문 점수와 SEF-90을 대상으로 단순회귀분석을 실시하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

첫째, 스트레스 반응 설문 점수와 뇌파의 상관분석 결과 SEF-90을 제외한 나머지 뇌파수치는 상관관계를 찾을 수 없었다. 나머지 뇌파 수치의 경우, 표본수의 부족에 의해 상관관계가 들어나지 않았을 가능성이 있다. 이에 대한 자세한 상관관계 분석은 향후 보다 많은 표본의 데이터를 확보하여 연구하여야 할 것으로 사료된다.

둘째, 스트레스 반응 설문 점수와 SEF-90 사이의 회귀분석 결과 회귀식을 도출할 수 있었다. 회귀분석 결과는 R square 값을 통해 충분한 신뢰성을 확인할 수 있었다. 즉, SEF-90의 측정만으로 인간의 복잡한 감정적, 신체적, 인지적, 행동적 스트레스 반응 정도를 유추할 수 있는 것으로 해석할 수 있다.

다만, 본 연구의 결과는 표본의 수가 많지 않아, 국내 건설 근로자 전체에 대한 결과로 일반화시키기에는 어려움이 있다. 또한, 스트레스 반응 설문 점수와 SEF-90의 상관관계는 확인하였으나, 나머지 뇌파 수치와의 상관관계는 확인할 수 없었다. 향후 표본 집단의 수를 확대할 경우, 보다 뚜렷한 상관관계를 확인하여 SEF-90 뿐 아니라 다른 변수들을 포함하는 다중회귀분석을 수행할 수 있을 것으로 기대된다.

향후 보다 많은 표본을 확보하여 각종 측정 결과를 그룹화하고 이를 바탕으로 안전관리 계획을 수립한다면 건설산업의 안전사고 예방에 이바지할 수 있을 것으로 기대된다.

## 요 약

본 연구는 건설 근로자의 안전사고를 예방하기 위해 사고와 밀접한 관련이 있는 스트레스를 건설현장에서 즉각적이면서도 편리하게 측정할 수 있는 방법에 대해 알아보고자 하였다. 이에 따라 인간의 복잡한 심리와 관련된 스트레스를 감정, 인지, 신체, 행동적 반응을 통합하여 측정할 수 있는 설문 도구와 뇌파를 통해 수집된 기본 뇌파, SEF-90, 집중도, 스트레스 지수 간의 상관관계를 분석하였다. 그 결과 설문을 통한 스트레스 측정값과 가장 상관관계가 높게 나온 뇌파는 SEF-90였으며, 두 독립변수간 회귀분석을 실시한 결과 특정 회귀식을 도출하였다. 이는 건설 현장에서 뇌파 신호를 통해 건설근로자의 통합적 스트레스를 측정할 수 있

는 가능성을 제시한 것으로 향후 건설 현장의 안전관리에 활용할 수 있을 것이라 기대한다.

**키워드 :** 스트레스, EEG, SEF-90, 회귀분석

## Funding

This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Science and ICT(2019R1F1A1060098).

## ORCID

Sujin Lee, <https://orcid/0000-0003-0222-4545>

Chayeon Lim, <http://orcid/0000-0001-5686-0593>

Young-Jun Park, <http://orcid/0000-0003-4006-8192>

## References

1. Prime News. Prime Minister's Office Official Blog [Internet]. Office of the Prime Minister of Korea; 2018 Jan 23. Available from: <http://blog.naver.com/PostView.nhn?blogId=primeministerkr&logNo=221191552380>
2. 2017 Industrial disaster status analysis. Web site Ministry of Employment and Labor in Korea [Internet]. Available from: [www.moel.go.kr](http://www.moel.go.kr)
3. Steffy BD, Jones JW, Murphy LR, Kunz L. A demonstration of the impact of stress abatement program on reducing employees accidents and their costs, *American Journal of Health Promotion*, 1986 Sep;1(2):25-32. <http://doi.org/10.4278/0890-1171-1.2.25>
4. Sutherland VJ, Cooper CL. Stress and accidents in the offshore oil and gas industry. Houston, Texas: Gulf Publishing company; 1991. 227 p.
5. Shin KH. Stress management that makes life perfect, Seoul (Korea): younglim media; 2015. 387 p.
6. Koh KB, Park JK, Kim CH. Development of Stress Response Scale, *Neuropsychiatry*. 2000 Jun;39(4):707-19.
7. Shin GH, Jo SY. Holistic & Integrative stress healing. Seoul (Korea): younglim media; 2013. 305 p.
8. Kang JS, Jang GJ, Lee MH. Stress status classification based on EEG signals. *The Journal of The Institute of Internet,*

- Broadcasting and Communication, 2016 Jun 30;16(3):103–108, <https://doi.org/10.7236/JIIBC.2016.16.3.103>
9. Hyun HS, Lee IS. A study on the perceived stress and stress response of soldiers. *Journal of Korean Academy of Nursing*. 2008 Apr;38(2):238–47.
  10. Kim JM, Park HS, Kang IK. *Mental health theory*. Seoul (Korea): Gongdongche; 2012. 347 p.
  11. Kim JS. The influence of barrack stress, social support and ego-resilience on the military life adaptation of air force soldiers [master's thesis]. [Chungju (Korea)]: Chungbuk National University; 2017. 66 p.
  12. Park YS. The effects of job stress of construction workers on construction accidents and turnover intention [master's thesis]. [Daejeon (Korea)]: Hanbat University; 2017. 68 p.
  13. Kim KS. Influence of emotional factors and self-esteem on safety and anxiety behaviors [master's thesis]. [Suwon (Korea)]: Kyonggi University; 2018. 98 p.
  14. Yang YG, Kim BS. Structural relationship between fatigue, stress and disaster dignity of construction workers. *Korean Journal of Safety Management and Science*. 2014 Sep;16(3):35–44. <http://dx.doi.org/10.12812/ksms.2014.16.3.35>
  15. Jin BH. *Electroencephalography*. 2nd rev. Seoul (Korea): Golyeouihag; 2014. 394 p.
  16. Kim SY. The effect of sand play therapy on level of EEG related to stress and on stress of parents visiting a counseling agency [master's thesis]. [Cheonan (Korea)]: Namseoul University; 2012. 64 p.
  17. Ko SI. The effects of cognitive task performance and aroma inhalation according to middle school students' academic stress level on HRV and EEG activation [master's thesis]. [Cheonan (Korea)]: University of brain education; 2019. 104 p.
  18. Kang IA. The effects of sand play therapy on depression and stress in parents of children visiting a child counseling agency and their EEG [master's thesis]. [Cheonan (Korea)]: Namseoul university; 2011. 76 p.
  19. Tavakoi M, Dennick R. Making sense of Cronbach's alpha. *International Journal of Medical Education*. 2011 Jun;2:53–5. <https://doi.org/10.5116/ijme.4dfb,8dfd>
  20. Kim J. Cognitive load measurement of working memory using EEG [master's thesis]. [Cheongju (Korea)]: Korea National University of education; 2009. 68 p.
  21. Kang HC, Han ST, Yeon GP, Kim H, Kim SY. *Introduction to R Data Analysis*. Seoul (Korea): Jayu academy; 2017. 338 p.