

회복탄력성 수준에 따른 인지 정보처리 변화: P300

Changes in Cognitive Information Processing According to the Level of Resilience: P300

이승율¹ · 김진구^{2†}

Seung-Yul Lee¹ · Jin-Gu Kim^{2†}

Abstract

The purpose of this study was to determine the effects of resilience on information processing. Thirty-nine male high school students were randomly selected and assigned to one of the three experimental groups: (1) high group (n = 13), (2) middle group (n = 13) and low group (n = 13) according to their resilience scale (KRQ-53) scores. The tasks were simple reaction time, choice reaction time-1, and choice reaction time -2. Electroencephalogram (EEG) was measured at Fp1, Fp2, F3, F4, Fz, Cz and Pz. A 3 × 8 × 4 (groups × areas × times) ANOVA with repeated measures on the last factor was calculated to determine resilience effects on EEG. P300 was analyzed using a 3 × 3 × 8 (groups × tasks × areas) ANOVA. The results showed that the theta waves of the middle group were higher than those of the high and low groups. Second, as a result of analyzing alpha waves, the high group demonstrated higher alpha waves than the middle and low groups. Third, the mid-beta waves of the middle and low groups were higher than those of the high group. Lastly, the result of this study showed that the P300 amplitude of the middle group was higher than that of the high and low groups. These results indicated that the middle group processed cognitive information more efficiently than the other two groups. The findings of this study demonstrated that cognitive information processing ability varies depending on the degree of resilience.

Key words: Resilience, Information Processing, EEG, P300

요약

본 연구의 목적은 회복탄력성이 정보처리에 미치는 영향을 연구하기 위함이다. 본 연구에서는 남자 고등학생 39명을 무작위로 추출한 다음 회복탄력성 척도(KRQ-53) 점수에 따라 상위집단(13명), 중간집단(13명), 하위집단(13명)에 무선 할당하였다. 실험 과제는 단순반응시간, 선택반응시간-1, 그리고 선택반응시간-2였다. 피험자가 과제를 실시하는 동안 Fp1, Fp2, F3, F4, Fz, Cz, Pz, C3 영역에서 사상관련전위(ERP)를 측정하였다. 본 연구의 결과, 첫째 세타파의 경우 중간집단이 상위 및 하위 집단보다 높게 나타났다. 둘째, 알파파를 분석한 결과, 상위집단이 중간 및 하위집단보다 알파파가 높게 나타났다. 셋째, 미드-베타파를 분석한 결과 하위 및 중간집단의 미드 베타파가 상위집단보다 높은 것으로 나타났다. 넷째, P300 진폭은 선택반응시간-1에서 회복탄력성 중간집단이 상위 및 하위집단보다 높게 나타났다. 본 연구의 결과는 회복탄력성 수준에 따라 정보처리가 다르게 나타난다는 것을 보여준다.

주제어: 회복탄력성, 정보처리, EEG, P300

¹ 이승율: 경북대학교 일반대학원 체육학과 박사과정

^{2†} (교신저자) 김진구: 경북대학교 체육교육과 교수/ E-mail: jigkim@knu.ac.kr/ TEL: 053-950-5933

1. 서론

회복탄력성은 고난을 이겨내는 긍정적인 힘 또는 실패를 오히려 도약의 발판으로 삼아 역경을 극복하는 능력을 의미한다. 1970년대 발달학에서 회복탄력성이라는 용어가 최초로 사용된 이래 다양한 학문 분야에서 회복탄력성이 연구되고 있다(Duchek, 2020; Bonanno et al., 2013; Garcia-Dia et al., 2013). 회복탄력성이 중요한 이유는 개인이 직면하는 위기에 대처하는 능력과 적응력을 향상시켜 삶의 질을 높이기 때문이다(Masten, 2014; Russo et al., 2012; Olsson et al., 2003; Werner, 2007, 2012; Garmezy, 1993). 또한 회복 탄력성은 심리적 안녕감 및 정서적 안정을 주고, 역경을 극복할 수 있는 힘을 주는 심리적 자원이다(Van Kessel, 2013; Westmattmann et al., 2021). 그러나 객관적으로 회복탄력성을 측정할 수 있는 방법이 부재할 뿐만 아니라(Olsson et al., 2003), 회복탄력성이 발생하는 메커니즘을 이해하기 어렵다는 문제점을 가지고 있다(Garcia-Dia et al., 2013). 또한 회복탄력성 연구는 주로 설문을 통해 수행되었기 때문에 그 결과가 주관적일 가능성도 있어 회복탄력성을 객관적으로 이해하기 위해 신경생리학적 연구가 필요한 실정이다.

다행히 최근 신경생리학적 측면에서 회복탄력성 연구가 시도되고 있다. Chen et al.(2018)은 후기 정적 전위(late positive potential: LPP)와 회복탄력성의 관계를 연구한 결과 두 변인은 신경생리학적으로 밀접한 관계가 있다고 보고 했다. 그리고, Cowdin et al.(2014)은 높은 회복탄력성을 가진 집단이 외상후스트레스 장애 집단보다 렘수면(REM sleep)의 처음과 끝에서 우측 전방 세타파가 높게 나타났다고 주장했다. Curtis et al.(2007)은 회복탄력성이 높은 아동의 대뇌반구 비대칭 뇌파는 상대적으로 좌뇌 활성화도가 높다고 보고했다. Burt et al.(2016)은 청소년의 회복탄력성은 구조적으로 우측 전전두엽과 연관이 있으며 특히 역경을 경험한 청소년의 적응 기능에 이 영역이 관련되어 있다고 주장했다. 한편, Leaver et al.(2018)은 노인의 회복탄력성은 복측 편도체 네트워크의 기능과 밀접하게 관련되어 있는 반면, 노인 우울증은 편도체와 등쪽 전두엽 영역 사이의 연결성 감소와 관련이 있다고 주장했다. 이와 같이 최근의 연구는 회복탄력성이 뇌 영역 또는 신경생리학적 으로 밀접한 관계가 있음을 보여주고 있다.

위에서 언급한 바와 같이 회복탄력성은 심리, 신경생리 및 인지 능력과 연관성이 있다. 따라서 본 연구에서는 사상관련전위(ERP)의 하위 요소인 P300을 사용하여 회복탄력성이 인지능력에 미치는 영향을 연구하고자 한다. P300은 사건 제시 후 300msec 후에 나타나는 정적 전위로 결정력, 인지 정보처리, 작업기억(Mansor et al., 2021)을 연구할 때 많이 사용한다. 그러나, 회복탄력성을 P300과 결부시켜 연구한 논문을 찾아보기 어렵기 때문에 회복탄력성과 뇌파(EEG)를 대상으로 한 선행연구의 결과를 본 연구의 이론적인 근거로 삼고자 한다. Paban et al.(2019)은 심리적 회복탄력성과 뇌 네트워크 유연성을 연구한 결과 회복탄력성은 동적 기능 척도인 뇌의 네트워크 유연성과 높은 상관성이 있다는 것을 발견하였다. 또한 Lee et al.(2019)은 인터넷 게임중독 환자의 휴식 시 EEG 일관성을 분석한 결과 회복탄력성은 게임중독에 대한 중요한 보호기제 역할을 한다고 주장했다. 그리고, Kujawa et al.(2015)은 불안 장애를 가진 청소년들의 LPP(Late Positive Potential)와 회복탄력성과의 관련성에 관한 연구를 수행하였고, Ding et al.(2022)은 높은 회복탄력성이 정보 불일치에 대해 적은 민감도를 갖는다고 ERP 연구를 통해 주장했다. 또한 Takács et al.(2019)은 인지적 회복력과 P3a에 관한 연구에서 주관적 피로의 증가는 인지 기능을 방해하지 않는다는 것을 밝혔다.

이처럼 선행연구에서는 회복탄력성이 신경생리에 영향을 미친다는 것을 보여준다. 따라서 본 연구에서는 회복탄력성이 P300의 잠재기 및 진폭에 영향을 미칠 것으로 여겨진다. 구체적으로 회복탄력성이 높으면 P300 잠재기가 짧고 진폭이 높을 것으로 기대한다.

2. 연구 방법

2.1. 연구 대상

본 연구의 피험자는 고등학교에 재학 중인 90명의 남자 고등학생 중 회복탄력성 척도(KRQ-53) 점수에 따라 상(212이상)에 13명, 중(181~200)에 13명, 하(170이하) 13명으로 집단을 구성하였다. 피험자들은 무선 표집되었으며 연령은 17세에서 18세이다. 모든 참여자는 정신 병력과 복용 중인 약물이 없었고, 오른손잡이였

다. 본 연구에서는 측정 전 피험자들에게 연구 목적과 방법 등을 설명한 후 동의서를 받았다.

2.2. 기구 및 과제

2.2.1. 회복탄력성(resilience) 측정

세 집단으로 구분하기 위해 Kim(2011)이 개발한 한국형 회복탄력성 척도(KRQ-53)를 사용하였다. KRQ-53은 Reivich & Shatté(2002)의 회복탄력성 척도 56개 문항을 우리나라에 적합하게 수정, 보완한 것이다. 각 문항은 “매우 그렇다” 5점부터 “전혀 그렇지 않다” 1점까지 Likert Scale 5점 척도로 구성되었다. 4, 5, 6, 10, 11, 12, 16, 17, 18, 22, 23, 24, 28, 29, 30, 34, 35, 36, 40, 41, 42, 51, 52, 53번은 역산 문항이다. 각 문항은 자기조절능력(18문항), 대인관계능력(18문항), 긍정성(17문항)으로 구성되어 있고, 53문항의 점수를 합한 것이 회복탄력성 지수이다.

Kim(2011)은 한국인의 자기조절능력 평균은 63.5점이고, 55점 이하면 하위 20%, 75점 이상은 상위 5%라고 하였고, 대인관계능력은 한국인 평균이 67.8점이고, 62점 이하의 하위 20%, 80점 이상은 상위 6% 이내라고 하였다. 또한, 긍정성의 경우 63.4점이 한국인 평균이며, 56점 이하의 하위 20%, 75점 이상은 상위 6% 이내라고 하였다. 그리고, 총점의 경우 170점 이하이면 시련과 역경에 쉽게 상처받고 치유에 어려움이 있으며, 181-200점은 역경에 어느 정도 대처하며, 212점 이상이면 상위 20% 범위로 불행에는 흔들리지 않는 수준이다라고 하였다.

2.2.2. 반응시간(reaction time) 및 정확도 측정

단순반응시간(SRT: Simple Reaction time) 측정

본 연구에서는 Telescan 자극제시 프로그램을 이용하여 화면에 동그라미(“O”) 그림이 나타나면 오른손 검지로 동그라미(“O”) 키를 누르도록 하였다. 화면은 좌·중·우와 상·중·하로 9분할하여 각 구역당 20회씩 자극이 임의로 출현하도록 했다. 자극의 수는 180개이며, 자극 제시 간격과 출현시간은 각각 500msec으로 하였다.

선택반응시간-1(CRT-1: Choice Reaction time-1) 측정

본 연구에서는 자극반응 대안 수를 2개로 설정하여 선택반응시간을 측정하였다. 자극 제시는 Telescan 프

로그램을 이용하여 화면에 왼쪽 화살표(“←”) 그림이 나타나면 왼손 검지로 왼쪽 화살표(“←”) 키를 누르도록 하였고, 오른쪽 화살표(“→”) 그림이 나타나면 오른손 검지로 오른쪽 화살표(“→”) 키를 누르도록 하였다. 화면은 SRT와 동일하게 9분할하였고, 좌·우의 상·중·하 6개 영역에는 동일한 방향의 화살표가 영역당 20개씩 총 120회 임의로 출현하도록 했고, 가운데 영역의 상·중·하 3개 영역에는 좌·우 화살표가 10개씩 동일한 비율로 임의 출현하도록 했으며, 자극 제시 간격과 출현시간은 각각 500msec으로 하였다.

선택반응시간-2(CRT-2: Choice Reaction time-2) 측정

본 연구에서는 피험자의 정보처리 요구량을 증가시키기 위해 “자극-반응 대안 수”를 2개로 늘리고, 이에 더해 “자극-반응 비적합성(S-R incompatibility)”을 부여하기 위해 각 화살표 자극 방향과 반대가 되는 화살표를 누르도록 설계하였다. 즉, 자극 제시 화면에 왼쪽 화살표(“←”) 그림이 나타나면 오른손 검지로 오른쪽 화살표(“→”) 키를 누르도록 하였고, 오른쪽 화살표(“→”) 그림이 나타나면 왼손 검지로 왼쪽 화살표(“←”) 키를 누르도록 하였다. 화면은 이전 과제와 동일하게 9분할하였고, 9개 영역 전체에서 좌·우 화살표 10개씩 총 180회 임의로 출현하도록 했다. 자극 제시 간격과 출현 시간은 각각 500msec로 하였다.

반응 정확도

반응 정확도는 피험자가 제시된 자극에 대해 정확한 반응을 보인 결과이다. 이때 예측 100ms 이내의 반응, 순간적 실수(두 번 누르기), 반응 놓침, 틀린 키 누르기 등을 오반응으로 처리하였다.

2.2.3. 뇌파 측정 도구

뇌파 측정은 QEEG-8채널(Model: LXE5208, Laxtha Inc. Korea)을 사용하였다. 이 장비는 전극모자(Electrocap: EM1. USA), 저항측정기(Model: EZM5AB. USA), 데이터 수집 및 분석 소프트웨어 프로그램(Telescan) 등으로 구성되어 있다. 국제 10-20 전극배치법(Jasper, 1958)에 따라 의사결정, 정보처리, 운동명령과 가장 관련된 8개의 영역(Fp1, Fp2, F3, F4, Fz, Cz, Pz, C3)을 측정하였다.

EEG 측정

EEG 측정시 샘플링은 512Hz이고, EEG 신호가 입력되는 동안 0.1-100Hz 대역통과필터를 거쳐서 20,000배 증폭되었다. 뇌파의 분석은 Telescan 2.8(Laxtha Inc.) 소프트웨어를 이용하였다. EOG가 포함된 EEG 신호와 EEG 신호의 파워값이 $\pm 100\mu V$ 를 넘는 신호는 EEG 분석에서 제거되었다. EOG 잡파가 제거된 데이터는 0.1~50Hz로 Band-pass 필터링을 실시하였다. 필터링 된 데이터는 1초씩 overlap 70% 단위로 epoch을 실시하였다. 전 과정이 끝난 데이터는 영역별로 관심 주파수 대역인 세타파(4~7Hz), 로우알파(8~9Hz), 미드알파(10~11Hz), 하이알파(12~13Hz), 베타1(13~15Hz), 베타2(16~20Hz), 베타3(21~30Hz)의 절대파워값을 산출하였다.

ERP 측정

수집된 EEG 데이터는 Telescan (CD-TS-3.1, Laxtha. Korea) 프로그램을 통해 ERP 파형을 분석하기 위해 일반적으로 사용되는 10Hz 이하 저역통과 필터를 사용하여 여과시켰다. 그리고 각각의 자극요인별 제시시간(500msec)을 기준으로 -200msec~1000msec 까지 시간 매김을 하여 전제 파형에 대한 평균화 기법을 실시하였다. 평균화 기법은 시각자극과 무관한 백색 잡파를 소거하여 신호를 얻기 위한 과정이다.

3. 실험 절차

피험자가 실험실에 들어 왔을 때 실험에 대한 취지를 다시 한번 충분히 설명하였고, 실험 전 세 종류의 반응시간 측정 과제를 각각 10회~20회 연습 기회를 부여했다. EEG를 측정하기 위해 전극이 달린 모자(electro cap)를 씌우고, 참조전극은 양쪽 유양돌기(A2), 그라운드인 Fpz으로 하였고, 8곳의 극에 젤을 주입한 후 두피의 전기 저항을 5kΩ 이하로 떨어뜨렸다. 모든 뇌 데이터는 방음장치가 된 실험실에서 수집되었다. EEG 신호가 안정되면 피험자가 수행할 과제에 대한 설명을 충분히 한 후, 과제 수행 전 안정시 뇌파를 측정하였다. 안정시 뇌파 측정이 끝난 후 단순반응시간(SRT)을 측정하였다. 자극은 동그라미(“○”)로 총 180개의 자극이 제시되었고, 자극 제시 간격은 500ms으로 하였다.

단순반응시간(SRT) 측정이 끝난 후 휴식을 취하며 안정 시 뇌파를 측정하였다. 선택반응시간-1(CRT-1)의 자극은 화살표(“←”또는“→”)이고, 같은 방향의 키를 누르는 과제이다. 마찬가지로 측정이 끝난 후 휴식을 취하며 안정 시 뇌파를 측정하였다. 선택반응시간-2(CRT-2)에서는 화살표(“←”또는“→”) 자극에 대해 반대 방향 화살표를 누르도록 하였다. 선택반응시간-2(CRT-2) 측정이 끝난 후에 휴식을 취하며 안정 시 뇌파를 측정하였다. 피험자의 동기부여를 위해 반응시간과 정확도에 따라 10만원의 상금을 제시하였다.

4. 자료 분석

자료 분석은 통계 분석 프로그램인 Windows SPSS Ver. 26.0으로 하였다. 반응시간과 정확도에 대한 분석은 3(집단)×3(과제)에 대한 이원분산분석(two-way Anova)을 하였다. EEG에 대한 분석은 3(집단)×8(영역)×4(시기)에서 마지막 요인에 대해 반복측정 분산분석(Repeated Measured Anova)을 사용했다. P300에 대한 분석은 3(집단)×3(과제)×8(영역)에 대한 삼원분산분석을 실시하였다. 모든 통계적 유의수준은 $\alpha = .05$ 로 설정했고, 전체 유의 수준이 .05 이내에 들면 사후 검증으로 Tukey-HSD (Honestly Significant Difference)를 시행하였다.

5. 결과

5.1. 행동자료

5.1.1. 반응 시간

집단별 과제에 따른 반응 시간 분석 결과 과제 $[F(2,108) = 285.283, p < .05, \eta^2 = .841]$ 에서 주효과가 나타났다. 과제간 사후 분석 결과 SRT (240ms \pm 38ms)가 CRT-1 (372ms \pm 22ms)보다 빨랐고, CRT-1은 CRT-2 (418ms \pm 39ms)보다 빨랐다. 집단 $[F(2,108) = .339, p > .05, \eta^2 = .006]$, 집단×과제 $[F(4,108) = .663, p > .05, \eta^2 = .024]$ 에서는 주효과와 상호작용 효과가 나타나지 않았다.

5.1.2. 정확도

집단별 과제에 따른 정확도 분석 결과 집단 $[F(2,108) = 3.445, p < .05, \eta^2 = .060]$, 과제 $[F(2,108) = 94.531, p < .05, \eta^2 = .636]$ 에서 주효과가 나타났다. 집단간 사후 분석 결과 상위집단(90.3%)이 하위집단(85.2%)보다 정확도가 높은 것으로 나타났다. 과제간 사후 분석 결과 SRT(99.7%) 과제는 CRT-1(90.7%) 과제보다 정확도가 높게 나타났고, CRT-2(73.5%) 과제는 CRT-1(90.7%) 과제보다 정확도가 낮게 나타났다. 집단 \times 과제 $[F(4,108) = 1.112, p > .05, \eta^2 = .040]$ 에서는 상호작용 효과가 나타나지 않았다.

5.2. EEG 분석

5.2.1. 세타파

주파수 대역별 절대파워값 중 세타파에서 집단 \times 영역 \times 시기를 분석한 결과 상호작용이 나타나지 않았다 $[F(14, 288) = .346, p > .05, \eta^2 = .017]$ ($p > .05$). 시기 \times 집단 $[F(2, 288) = .931, p > .05, \eta^2 = .006]$ ($p = .395$), 시기 \times 영역 $[F(7, 288) = .741, p > .05, \eta^2 = .018]$ ($p = .637$), 집단 \times 영역 $[F(14, 288) = .156, p > .05, \eta^2 = .008]$ ($p = 1.0$)에서도 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 그러나, 집단 $[F(2, 288) = 4.142, p < .05, \eta^2 = .028]$ ($p = .017$)과 영역 $[F(7, 288) = 17.103, p < .001, \eta^2 = .294]$ ($p = .000$)에서 주효과가 나타났다(Fig. 1). 집단에 대한 사후 검증에서 중간집단($13.6\mu V^2$)이 상위집단($11.6\mu V^2$)

과 하위집단($11.2\mu V^2$)보다 세타파가 높게 나타났고, 영역에 대한 사후 검증에서 f3($13.5\mu V^2$), f4($14.4\mu V^2$), cz($16.1\mu V^2$), pz($12.5\mu V^2$), c3($11.9\mu V^2$)가 fp1($6.0\mu V^2$), fp2($5.8\mu V^2$)보다 높게 나타났고, f3($13.5\mu V^2$), f4($14.4\mu V^2$), cz($16.1\mu V^2$), pz($12.5\mu V^2$), c3($11.9\mu V^2$)가 fz($16.6\mu V^2$)보다 낮게 나타났다.

5.2.2. 알파파

주파수 대역별 절대파워값 중 알파파에서 집단 \times 영역 \times 시기를 분석한 결과 상호작용이 나타나지 않았다 $[F(14, 288) = .218, p > .05, \eta^2 = .011]$ ($p = .999$). 시기 \times 영역 $[F(7, 288) = .947, p > .05, \eta^2 = .022]$ ($p = .471$), 집단 \times 영역 $[F(14, 288) = .120, p > .05, \eta^2 = .006]$ ($p = 1.0$)에서도 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 그러나, 시기 \times 집단 $[F(2, 288) = 11.001, p < .05, \eta^2 = .071]$ ($p = .000$)에서 상호작용효과가 나타났다. 사후분석 결과 Fig. 2와 같이 시기2(휴식1)에서 중간집단($28.24 \pm 20.76\mu V^2$), 하위집단($24.46 \pm 21.80\mu V^2$), 상위집단($20.42 \pm 17.23\mu V^2$) 순으로 높게 나타났고, 시기4(사후)에서 상위집단($32.60 \pm 24.46\mu V^2$), 중간집단($29.39 \pm 25.70\mu V^2$), 하위집단($25.84 \pm 25.40\mu V^2$) 순으로 높게 나타났다.

5.2.3. 베타파

주파수 대역별 절대파워값 중 베타파에서 집단 \times 영역 \times 시기를 분석한 결과 상호작용이 나타나지 않았다

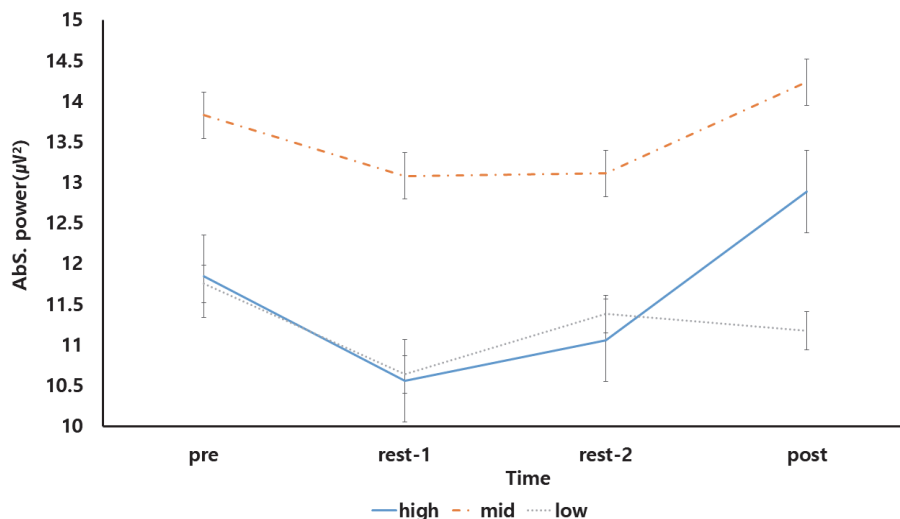


Fig. 1. Theta wave changes according to the period of each group

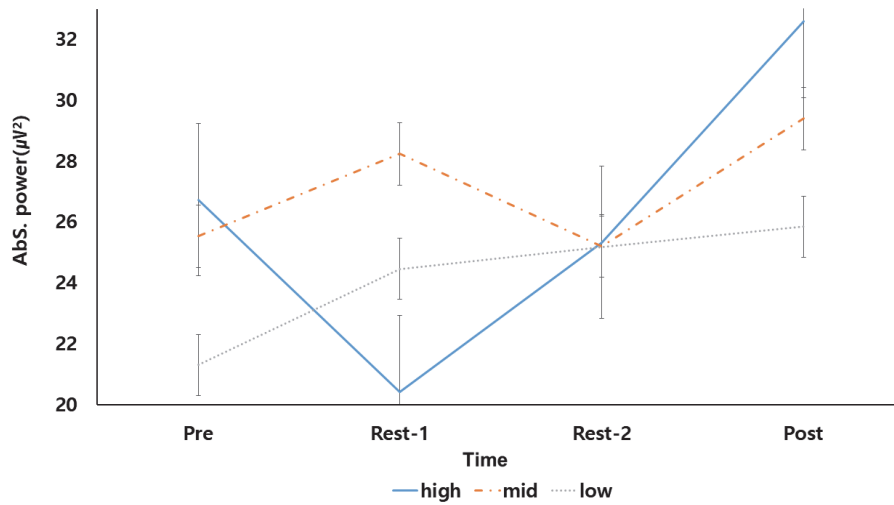


Fig. 2. Alpha wave changes according to the period of each group

[$F(14, 288) = .281, p > .05, \eta^2 = .013$]($p = .996$). 시기 \times 영역 [$F(7, 288) = .519, p > .05, \eta^2 = .012$]($p = .831$), 집단 \times 영역 [$F(2, 288) = 4.718, p < .05, \eta^2 = .004$]($p = .596$), 집단 \times 영역 [$F(14, 288) = .141, p > .05, \eta^2 = .007$]($p = 1.0$)에서도 유의미한 차이가 나타나지 않았다.

5.2.4. 미드-베타파

주파수 대역별 절대파워값 중 미드-베타파에서 집단 \times 영역 \times 시기를 분석한 결과 상호작용이 나타나지 않았다 [$F(14, 288) = .286, p > .05, \eta^2 = .014$]($p = .995$). 시기 \times 영역 [$F(7, 288) = .317, p > .05, \eta^2 = .008$]($p = .946$), 집단 \times 영역 [$F(14, 288) = .147, p > .05, \eta^2 = .007$]($p = 1.0$)에서도 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 그러나, 시기 \times 집단 [$F(2, 288) = 4.718, p < .05, \eta^2 = .032$]($p = .010$)에서 상호작용효과가 나타났다. 사후 분석 결과 Fig. 3과 같이 시기2(휴식1)-중간집단($5.95 \pm 5.34 \mu V^2$)이 시기2(휴식1)-상위집단($4.65 \pm 2.71 \mu V^2$)과 시기2(휴식1)-하위집단($4.39 \pm 1.65 \mu V^2$)보다 유의하게 높게 나타났고, 시기4(사후)-하위집단($6.03 \pm 4.23 \mu V^2$)이 시기4(사후)-상위집단($4.77 \pm 3.11 \mu V^2$)과 시기4(사후)-중간집단($4.47 \pm 2.19 \mu V^2$)보다 유의하게 높게 나타났다. 그리고, 집단 [$F(2, 288) = 3.868, p < .05, \eta^2 = .026$]($p = .022$)에서 주효과가 나타났다. 사후분석 결과 중간집단($5.38 \pm 3.79 \mu V^2$)과 하위집단($5.39 \pm 3.37 \mu V^2$)이 상위집단($4.49 \pm 2.63 \mu V^2$)보다 미드-베타파 파워값이 높게 나타났다.

5.3. ERP 분석

5.3.1. P300 진폭

P300 진폭에서 집단 \times 과제 \times 영역 [$F(28, 504) = 1.412, p > .05, \eta^2 = .073$]($p = .080$)을 분석한 결과 주효과와 상호작용효과가 나타나지 않았다. 집단 \times 과제 [$F(4, 72) = .397, p > .05, \eta^2 = .022$]($p = .810$), 집단 \times 영역 [$F(14, 252) = .867, p > .05, \eta^2 = .046$]($p = .596$), 과제 \times 영역 [$F(14, 252) = 1.603, p > .05, \eta^2 = .043$]($p = .074$)에서도 주효과와 상호작용효과가 나타나지 않았다. 그러나, 영역 [$F(7, 126) = 9.676, p < .01, \eta^2 = .212$]($p = .000$)에서 주효과가 나타났다(Fig. 4). 그리고, CRT-1 과제 Cz영역의 P300 진폭에서 집단간 유의차가 나타났다. [$F(2, 36) = 3.296, p < .05$]($p = .022$) 사후 분석 결과 중간집단($6.18 \pm 6.85 \mu V$)이 상위집단($1.54 \pm 2.70 \mu V$)보다 진폭이 높게 나타났다.

5.3.2. P300 잠재기

P300 잠재기에서 집단 \times 과제 \times 영역 [$F(28, 504) = .427, p > .05, \eta^2 = .023$]($p = .996$)을 분석한 결과 주효과와 상호작용효과가 나타나지 않았다. 집단 \times 과제 [$F(4, 72) = .728, p > .05, \eta^2 = .039$]($p = .576$), 집단 \times 영역 [$F(14, 252) = .935, p > .05, \eta^2 = .049$]($p = .522$), 과제 \times 영역 [$F(14, 252) = 1.434, p > .05, \eta^2 = .038$]($p = .133$)에서도 주효과와 상호작용효과가 나타나지 않았다.

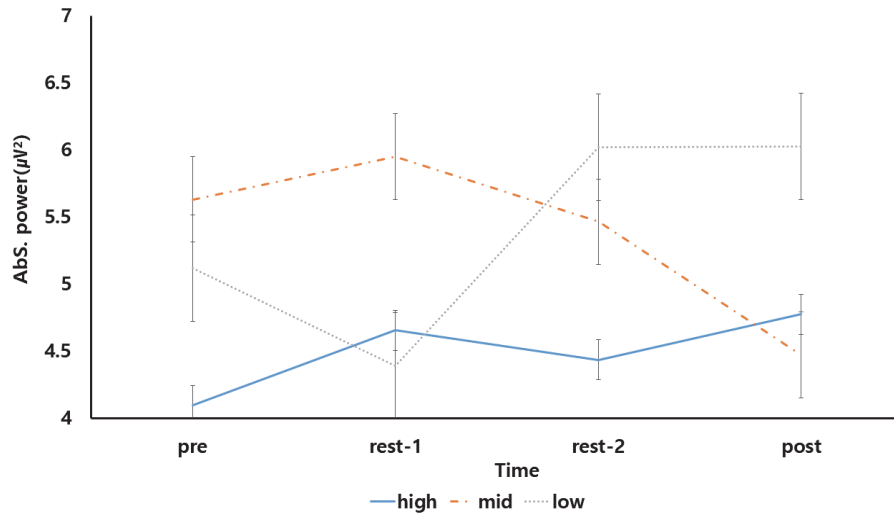


Fig. 3. Mid-beta wave changes according to the period of each group

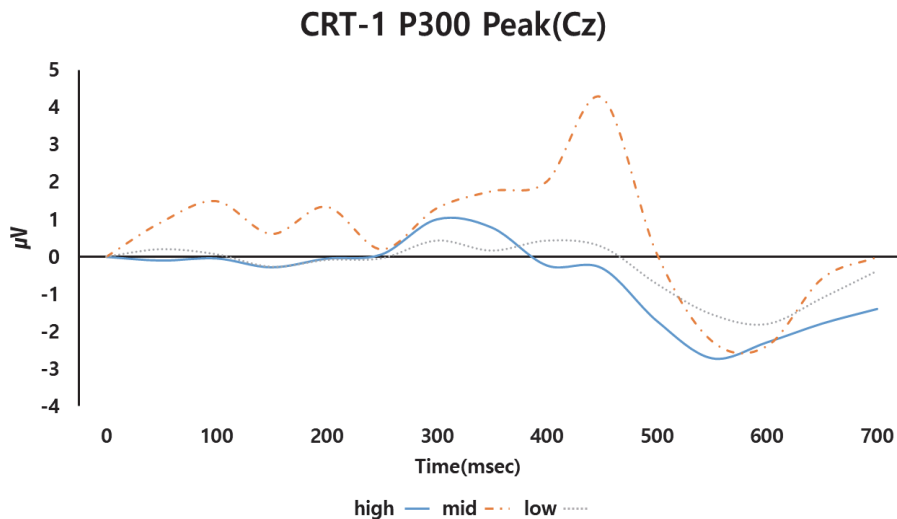


Fig. 4. Differences in P300 amplitude at Cz by group when performing choice RT-1

6. 논의

본 연구의 목적은 회복탄력성이 인지 정보처리에 미치는 영향을 밝히기 위함이었다. 행동 데이터 분석 결과, 반응시간에서 SRT, CRT-1, CRT-2 순으로 빨랐다. 반응시간에 차이가 나는 이유는 CRT-1은 “자극-반응 대안 수”를 증가시켰고, CRT-2는 “자극-반응 대안 수” 증가에 더해 “자극-반응 비적합성(S-R incompatibility)”을 추가했기 때문이라고 여겨진다. 정확도 분석 결과 집단과 과제에서 차이가 나타났다. 먼저, 과제 간 정확도를 분석한 결과 SRT, CRT-1, CRT-2 순으로 정확도가 높게 나타났다. 이는 반응시간과 마찬가지로 과제의

난이도가 점차 높아짐에 따라 예측(100ms 이내의 반응), 순간적 실수와 두 번 누르기, 반응 놓침, 틀린 키 누르기 등의 오반응이 증가하여 과제 수행의 정확도가 낮아졌다고 여겨진다. 그리고, 집단에서는 상위집단이 하위집단보다 정확도가 높은 것으로 나타났는데, 이는 회복탄력성이 높을수록 과제 수행에 대해 더 긍정적 적응 및 적극성을 보인다는 뜻으로 해석할 수 있다. Masten(2001), Masten & Coatsworth(1998) 등의 연구에서도 회복력이 높을 때 적응성이 뛰어나다고 주장해 본 연구의 해석을 지지해 준다.

연구 결과 회복탄력성은 인지 정보처리의 난이도 따라 세타파, 알파파, 미드-베타파 그리고 P300 진폭에 영

향을 미치는 것으로 나타났다. 사전-휴식1-휴식2-사후 이 네 시기에 EEG 절대파워값을 분석한 결과 중간집단이 상위 및 하위집단보다 높은 세타파를 보였다. 세타파는 정보처리(Mizuseki et al., 2017) 그리고, 정서적으로 안정적인 상태, 졸리거나 휴식을 취할 때, 얕은 수면 상태(Hinterberger et al., 2014), 명상(Lee et al., 2018), 능동적 움직임(Vanderwolf, 1969), 불안 해소(Mizuki et al., 1983) 등과 연관된 파장이다. 본 연구에서 중간집단의 세타파가 상위 및 하위집단보다 높은 것은 걱정 수준의 각성 상태이기 때문으로 추정된다. 회복탄력성이 너무 높거나 낮으면 지나친 긍정 또는 부정 심리로 인해 각성 수준이 높아지는 것으로 알려져 있다(Gilet et al., 2012; Hofmann et al., 2009; Redondo et al., 2007). 선행연구의 결과를 추론해 볼 때, 본 연구에서 회복탄력성 중간집단의 세타파가 다른 두 집단보다 높게 나타난 것은 중간집단의 걱정 각성 수준이 정보처리에 긍정적인 영향을 미쳤기 때문이라고 본다. 한편 상위집단과 하위집단은 세타파가 낮게 나타났는데 이는 상위집단의 과도한 긍정 심리 상태와 하위집단의 부정 심리 상태로 인해 각성 수준이 높아졌다고 본다. Hofmann et al.(2009)의 연구에서도 부정적·긍정적 심리 모두 높은 각성을 유발하며, U형태의 상관 곡선이 나타난다고 주장해 본 연구의 해석을 지지해 준다.

알파파 절대파워값을 사전-휴식1-휴식2-사후 네 시기로 분석한 결과 ‘휴식1’에서는 중간집단, 하위집단, 상위집단 순으로 높은 알파파를 보였고, ‘사후’에서는 상위집단, 중간집단, 하위집단 순으로 높은 알파파를 보였다. 한 가지 흥미로운 것은 ‘휴식1’에서 상위집단의 알파파가 하위집단 및 중간집단보다 낮게 나타났다가 사후에 높게 나타난 것이다. 비록 알파파가 회복탄력성과 직접적으로 연관이 있다는 증거는 없지만 인지적 문제를 해결하기 위해 신경 자원을 효율적으로 활용하면 절대 알파파 값이 줄어 줄어든다는 선행 연구가 있다(Budnik-Przybylska et al., 2021). 본 연구에서도 상위집단의 알파파 값이 휴식 시에 줄어든 것은 효율적으로 인지 정보처리를 할 수 있는 신경 자원이 있었기 때문이라고 추론해 본다. 이러한 해석은 자원이 경쟁 또는 대립하지 않으면 안정된 상태 또는 낮은 알파파가 출현한다는 Antonenko et al.(2010) 연구 결과에 기인한다.

베타파를 분석했을 때 집단에 아무런 차이가 나타나

지 않았다. 베타파는 깨어 있는 상태, 왕성한 의식 활동, 근육수축 및 주의집중을 할 때 나타나는 파형이다. 본 연구에서 세 집단 간에 베타파가 차이 나지 않은 것은 두 가지 이유 때문이라고 본다. 첫째, 모든 참여자는 회복탄력성의 높고 낮음에 관계없이 버튼을 누르는 과제 수행 시 활발한 의식 활동이 있었고, 둘째, 과제를 수행하는 동안 손을 사용하는 동작이 있었기 때문에 세 집단의 베타파에 차이가 없었다고 해석해 본다. Pogosyan et al.(2009)과 Baumeister et al.(2008)의 연구에서도 참여자가 과제 수행 시 의식 활동을 하거나 근육을 사용하는 동작이 가미되면 베타파가 나타난다고 주장해 본 연구의 해석을 지지해 준다.

미드-베타파를 분석한 결과 중간 및 하위집단이 상위집단 보다 미드-베타파 파워값이 높게 나타났다. 미드-베타파는 16~20hz에 해당하는 파장으로 인지능력과 인지과정에 정적 상관관계인 파장이다(Kaiser et al., 2017). 로우-베타파(13~15hz)는 집중하여 작업이나 학습활동을 할 때와 단순 과제를 수행할 때 나타나고, 하이-베타파(21~30hz)는 긴장, 흥분상태, 정서적 불안, 스트레스 상황, 정신 부하가 높은 과제를 수행할 때 발생한다. 본 연구 결과 중간 및 하위집단에서 미드-베타파가 높게 나타난 것은 집중상태와 관련이 있다고 본다. 중간 및 하위집단의 미드-베타파 파워값이 높다는 것은 과제 수행 시 상위집단보다 높은 뇌 활성도를 가진다는 뜻이며, 이러한 사실은 과제 수행시 인지 요구가 많았기 때문이라고 해석할 수 있다. 반면 상위집단은 보다 적은 노력으로 과제를 수행할 수 있었기 때문에 미드-베타파가 낮게 나타났을 것으로 추측해 본다. 이것은 회복탄력성이 높으면 정신부하가 높은 활동이나 문제를 해결하는데 도움이 될 수 있다는 의미로 해석할 수 있다고 여겨진다. Abhang et al.(2016)의 연구에서도 미드-베타파는 에너지, 불안, 수행의 증가 연관된다고 주장해 본 연구의 해석을 지지해 준다. 또한, 과제 수행 후 측정된 뇌파에서 상위·중간집단은 미드-베타파가 낮아지는 반면, 하위집단은 과제 수행 후에도 높은 상태를 유지했다. 이는 회복탄력성이 낮은 집단의 경우 인지 정보처리에 사용된 정신부하가 원래 상태로 되돌아오는 데 긴 시간이 필요하기 때문이라고 여겨진다.

상위집단은 처음부터 끝까지 미드-베타파가 계속 낮은 상태를 유지하였고, 중간집단은 과제 난이도가 높아

질수록 절대파워값이 낮아져 사후 안정 시에는 상위집단과 비슷한 수준으로 낮아졌다. 그리고, 하위집단은 과제 난이도가 높아질수록 지속적으로 절대파워값이 높아지는 것을 볼 수 있었다. 이러한 의미는 과제 난이도가 높아질수록 인지적 부하 및 처리 대한 뇌 반응은 상위집단, 중간집단, 하위집단 순으로 잘 대처한다는 것을 보여준다. 이것은 Tedrus(2020)가 보고한 높은 회복탄력성은 인지능력 및 정보처리 향상과 밀접한 상관이 있다는 연구결과와 일치한다.

회복탄력성이 인지 정보처리 과제 난이도에 따라 인지능력에 미치는 영향을 분석하기 위해 세 과제에 대한 P300의 진폭과 잠재기를 분석하였다. 분석 결과, CRT-1의 Cz영역 P300에서 중간집단의 진폭이 상위 및 하위집단보다 높게 나타났다. 중간집단에서 P300 진폭이 높게 나타난 것은 과제 수행 시 상위집단과 하위집단보다 주의를 잘 기울였기 때문이라고 해석할 수 있다. 선행연구에서도 주의집중이 잘될 때 진폭이 증가한다고 보고하고 있다 (Comerchero & Polich, 1999; Picton, 1992). 그러나 상위집단과 하위집단은 중간집단보다 P300의 진폭이 낮게 나타났는데 그 이유는 바닥효과 가정(floor-effect assumption)으로 설명할 수 있다 (Callaway, 1975). 의욕 또는 회복탄력성이 높은 사람에게 도전적이지 않은 과제를 주면 동기가 상실되고(Majnemer et al., 2010), 의욕이 낮은 사람에게 인지적 과제를 주면 주의력이 떨어져 수행 저하가 나타난다(Suri & Gross, 2015). 이러한 이유로 상위집단과 하위집단의 진폭이 중간집단보다 낮게 나타났다고 본다. 또한 본 연구 결과는 피험자의 주의와 각성 상태가 회복탄력성과 밀접한 관계가 있다는 것을 보여준다. 회복탄력성이 높은 상위집단이 과제에 대해 긍정적으로 적응한다는 기존의 연구(Masten, 2014)와 달리 본 연구에서는 중간집단의 뇌 반응이 가장 효율적이라는 것을 보여준다. 이것은 각성 수준이 높아지면 주의 역량이 감소하고(Kahneman, 1973), 주의 역량이 감소하면 P300 진폭이 감소한다는 선행연구의 결과 일치한다(Kok, 2001; Polich, 1987).

P300 잠재기를 분석한 결과 집단간에 아무런 차이가 나타나지 않아 본 연구의 가설이 기각되었다. P 300 잠재기는 인지활동이나 정신활동이 처리되는데 걸리는 시간 또는 자극의 평가 시간을 이해하는 수단으로

사용된다(Comerchero & Polich, 1999). 세 집단간에 잠재기가 나타나지 않은 것은 과제를 수행하는데 투자한 시간이 동일하기 때문이라고 여겨진다. 반응시간을 분석했을 때 세 집단간에 아무런 차이가 나타나지 않았는데 이것은 과제를 수행하는데 걸리는 시간 또는 평가 시간은 회복탄력성과 아무런 상관이 없다는 것으로 해석할 수 있다.

결론적으로, 본 연구의 결과 세타파의 경우 중간집단이 상위, 하위 두 집단보다 높게 나타나 중간 집단의 적정 각성 수준이 정보처리에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 알파파의 경우 상위집단이 인지적 문제 해결을 위한 신경 자원을 효율적으로 활용할 수 있는 것으로 나타났다. 미드-베타파의 경우 인지적 스트레스에 대한 뇌 반응은 상위, 중간, 하위집단 순으로 우수한 것으로 나타났다. P300 진폭의 경우 회복탄력성 중간집단이 상위, 하위 두 집단보다 높게 나타나 주의집중이 더 우수한 것으로 나타났다. 즉, 회복탄력성 수준에 따라 인지적 스트레스에 대한 심리적 적응 양상이 다르다는 것을 보여 주었다. 추가로 회복탄력성에 대한 기존 뇌파 연구와 비교해 보면 Chen et al.(2018)의 후기 정적 전위(late positive potential: LPP)와 회복탄력성의 관계성, Tedrus et al.(2020)의 회복탄력성과 인지능력 향상 등 부분적으로 일치하는 연구 결과가 있지만 뇌파를 이용한 연구가 많지 않아 선행연구와의 수렴 여부를 논의하는 데는 한계가 있다. 본 연구의 결과를 일반화시키는데 한계가 있지만, 추후 많은 피험자를 대상으로 다양한 EEG와 ERP 실험을 한다면 회복탄력성과 인지 정보처리에 대한 유용한 자료를 얻을 수 있을 것이다.

REFERENCES

- Abhang, P. A., Gawali, B. W., & Mehrotra, S. C. (2016). Technical aspects of brain rhythms and speech parameters. *Introduction to EEG-and Speech-Based Emotion Recognition*, 51-79.
- Antonenko, P., Paas, F., Grabner, R., & Van Gog, T. (2010). Using electroencephalography to measure cognitive load. *Educational Psychology Review*, 22, 425-438.

- Baumeister, J., Barthel, T., Geiss, K. R., & Weiss, M. (2008). Influence of phosphatidylserine on cognitive performance and cortical activity after induced stress. *Nutritional Neuroscience, 11*(3), 103-110.
- Bonanno, G. A., & Diminich, E. D. (2013). Annual research review: Positive adjustment to adversity—trajectories of minimal-impact resilience and emergent resilience. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 54*(4), 378-401.
- Budnik-Przybylska, D., Kastrau, A., Jasik, P., Kaźmierczak, M., Doliński, L., Syty, P., & Bertollo, M. (2021). Neural oscillation during mental imagery in sport: an olympic sailor case study. *Frontiers in Human Neuroscience, 15*, 669422.
- Burt, K. B., Whelan, R., Conrod, P. J., Banaschewski, T., Barker, G. J., Bokde, A. L., & IMAGEN Consortium. (2016). Structural brain correlates of adolescent resilience. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 57*(11), 1287-1296.
- Callaway, E. (1975). *Brain electrical potentials and individual psychological differences*. Grune & stratton.
- Chen, D., Wu, J., Yao, Z., Lei, K., Luo, Y., & Li, Z. (2018). Negative association between resilience and event-related potentials evoked by negative emotion. *Scientific Reports, 8*(1), 7149.
- Comerchero, M. D., & Polich, J. (1999). P3a and P3b from typical auditory and visual stimuli. *Clinical Neurophysiology, 110*(1), 24-30.
- Cowdin, N., Kobayashi, I., & Mellman, T. A. (2014). Theta frequency activity during rapid eye movement (REM) sleep is greater in people with resilience versus PTSD. *Experimental Brain Research, 232*, 1479-1485.
- Curtis, W. J., & Cicchetti, D. (2007). Emotion and resilience: A multilevel investigation of hemispheric electroencephalogram asymmetry and emotion regulation in maltreated and nonmaltreated children. *Development and Psychopathology, 19*(3), 811-840.
- Ding, X., Fang, H., Liu, Y., Zheng, L., Zhu, X., Duan, H., & Wu, J. (2022). Neurocognitive correlates of psychological resilience: Event-related potential studies. *Journal of Affective Disorders, 312*, 100-106.
- Duchek, S. (2020). Organizational resilience: A capability-based conceptualization. *Business Research, 13*(1), 215-246.
- Garcia-Dia, M. J., DiNapoli, J. M., Garcia-Ona, L., Jakubowski, R., & O'Flaherty, D. (2013). Concept analysis: Resilience. *Archives of Psychiatric Nursing, 27*(6), 264-270.
- Garnezy, N. (1993). Children in poverty: Resilience despite risk. *Psychiatry, 56*(1), 127-136.
- Gilet, A. L., Grün, D., Studer, J., & Labouvie-Vief, G. (2012). Valence, arousal, and imagery ratings for 835 French attributes by young, middle-aged, and older adults: The French Emotional Evaluation List (FEEL). *European Review of Applied Psychology, 62*(3), 173-181.
- Hinterberger, T., Schmidt, S., Kamei, T., & Walach, H. (2014). Decreased electrophysiological activity represents the conscious state of emptiness in meditation. *Frontiers in Psychology, 5*, 99.
- Hofmann, M. J., Kuchinke, L., Tamm, S., Vö, M. L., & Jacobs, A. M. (2009). Affective processing within 1/10th of a second: High arousal is necessary for early facilitative processing of negative but not positive words. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience, 9*, 389-397.
- Jasper, H. H. (1958). Ten-twenty electrode system of the international federation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, 10*, 371-375.
- Kahneman, D. (1973). *Attention and effort* (Vol. 1063, pp. 218-226). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Kaiser, A. K., Doppelmayr, M., & Iglseider, B. (2017). EEG beta 2 power as surrogate marker for memory impairment: a pilot study. *International Psychogeriatrics, 29*(9), 1515-1523.
- Kim, J. H. (2011). *Resilience: A pleasant secret that turns trials into luck*. Gyeonggido Goyang: Wisdom House, 18-9.
- Kim, S. O., Kim, Y. J., & Park, S. A. (2022). Psychophysiological responses of adults according to cognitive demand levels for horticultural activities. *Sustainability, 14*(14), 8252.

- Kok, A. (2001). On the utility of P3 amplitude as a measure of processing capacity. *Psychophysiology*, 38(3), 557-577.
- Kujawa, A., MacNamara, A., Fitzgerald, K. D., Monk, C. S., & Phan, K. L. (2015). Enhanced neural reactivity to threatening faces in anxious youth: Evidence from event-related potentials. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 43, 1493-1501.
- Leaver, A. M., Yang, H., Siddarth, P., Vlasova, R. M., Krause, B., Cyr, N. S., & Lavretsky, H. (2018). Resilience and amygdala function in older healthy and depressed adults. *Journal of Affective Disorders*, 237, 27-34.
- Lee, D. J., Kulubya, E., Goldin, P., Goodarzi, A., Girgis, F. (2018). Review of the Neural Oscillations Underlying Meditation. *Frontiers in Neuroscience*, 12, 178.
- Lee, J. Y., Choi, J. S., & Kwon, J. S. (2019). Neurophysiological mechanisms of resilience as a protective factor in patients with internet gaming disorder: A resting-state EEG coherence study. *Journal of Clinical Medicine*, 8(1), 49.
- Majnemer, A., Shevell, M., Law, M., Poulin, C., & Rosenbaum, P. (2010). Level of motivation in mastering challenging tasks in children with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 52(12), 1120-1126.
- Mansor, A. A., Isa, S. M., & Noor, S. S. M. (2021). P300 and decision-making in neuromarketing. *Neuroscience Research Notes*, 4(3), 21-26.
- Masten, A. S. (2001). Ordinary magic: Resilience processes in development. *American Psychologist*, 56(3), 227.
- Masten, A. S. (2014). Global perspectives on resilience in children and youth. *Child Development*, 85(1), 6-20.
- Masten, A. S., & Coatsworth, J. D. (1998). The development of competence in favorable and unfavorable environments: Lessons from research on successful children. *American Psychologist*, 53(2), 205.
- Mizuki, Y., Hashimoto, M., Tanaka, T., Inanaga, K., & Tanaka, M. (1983). A new physiological tool for assessing anxiolytic effects in humans: Frontal midline theta activity. *Psychopharmacology*, 80, 311-314.
- Mizuseki, K., & Miyawaki, H. (2017). Hippocampal information processing across sleep/wake cycles. *Neuroscience Research*, 118, 30-47.
- Olsson, C. A., Bond, L., Burns, J. M., Vella-Brodrick, D. A., & Sawyer, S. M. (2003). Adolescent resilience: A concept analysis. *Journal of Adolescence*, 26(1), 1-11.
- Paban, V., Modolo, J., Mheich, A., & Hassan, M. (2019). Psychological resilience correlates with EEG source-space brain network flexibility. *Network Neuroscience*, 3(2), 539-550.
- Picton, T. W. (1992). The P300 wave of the human event-related potential. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 9(4), 456-479.
- Pogosyan, A., Gaynor, L. D., Eusebio, A., & Brown, P. (2009). Boosting cortical activity at beta-band frequencies slows movement in humans. *Current Biology*, 19(19), 1637-1641.
- Polich, J. (1987). Task difficulty, probability, and inter-stimulus interval as determinants of P300 from auditory stimuli. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology/Evoked Potentials Section*, 68(4), 311-320.
- Redondo, J., Fraga, I., Padrón, I., & Comesaña, M. (2007). The Spanish adaptation of ANEW (affective norms for English words). *Behavior Research Methods*, 39(3), 600-605.
- Reivich, K., & Shatté, A. (2002). *The resilience factor: 7 essential skills for overcoming life's inevitable obstacles*. Broadway books.
- Russo, S. J., Murrough, J. W., Han, M. H., & Charney, D. S. I., Nestler, E. J. (2012). *Neurobiology of Resilience*, 1475-1484.
- Suri, G., & Gross, J. J. (2015). The role of attention in motivated behavior. *Journal of Experimental Psychology: General*, 144(4), 864.
- Takács, E., Barkaszi, I., Altbäcker, A., Czigler, I., & Balázs, L. (2019). Cognitive resilience after prolonged task performance: An ERP investigation.

- Experimental Brain Research*, 237, 377-388.
- Tedrus, G. M. A. S., Junior, J. M. L., & Zuntini, J. V. R. (2020). Resilience, quality of life, and clinical aspects of patients with epilepsy. *Epilepsy & Behavior*, 103, 106398.
- Vanderwolf, C. H. (1969). Hippocampal electrical activity and voluntary movement in the rat. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 26(4), 407-418.
- Van Kessel, G. (2013). The ability of older people to overcome adversity: A review of the resilience concept. *Geriatric Nursing*, 34(2), 122-127.
- Werner, E. E. (2007). Resilience and protective factors in the lives of individuals who were children and youths in World War II. *Trauma und Resilienz*, 24(2), 47-55.
- Werner, E. E. (2012). Children and war: Risk, resilience, and recovery. *Development and Psychopathology*, 24(2), 553-558.
- Westmattmann, D., Hossiep, R., Bruckes, M., & Schewe, G. (2021). Resilience in elite sport and at work—A comparative analysis among German elite athletes and employees. *Psychology of Sport and Exercise*, 57, 102042.
- 원고접수: 2023.02.23
수정접수: 2023.07.13
게재확정: 2023.07.19