

캡사이신 유발 통증 시 VR 중재가 스트레스 해소 및 이완에 미치는 효과

배세현, 김경윤*
동신대학교 물리치료학과

The Effects of Stress Relief and Relaxation on Virtual Reality Intervention in Capsaicin-induced Pain

Sea-Hyun Bae, Kyung-Yoon Kim*
Department of Physical Therapy, Dongshin University

요약 본 연구는 건강한 대학생들을 대상으로 캡사이신을 이용한 통증 유발 후 가상현실(Virtual Reality, VR) 중재가 스트레스 해소 및 이완에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고자 하였다. 대조군(n=6)은 통증 유발 후 처치를 하지 않은 군, 실험군(n=8)은 통증 유발 후 VR 중재군으로 하였다. 효과측정은 통증척도, 뇌파, 심박변이를 이용하였고 그 결과, 대조군에 비해 실험군이 기준값(T_0)으로 회귀하는데 더 효과적이었다. 따라서 VR 중재는 스트레스 해소 및 이완에 효과적인 중재방안이라고 생각된다.

Abstract This study aim to investigate the effects of virtual reality (VR) intervention on stress reduction and relaxation after induced pain through capsaicin skin application for healthy college students. The control group (n=6) was to non-treatment after capsaicin-induced pain, and the experimental group (n=8) was to application VR intervention after capsaicin-induced pain. The effect was measured using VAS, EEG, HRV and as a results, the experimental group was more effective in regressing to baseline value (T_0) than the control group. Therefore, VR intervention is considered to be an effective intervention for stress relief and relaxation.

Key Words Virtual reality intervention, Capsaicin-induced pain, Stress, Electroencepharography, HRV

1. 서론

1.1 연구의 필요성

통증은 약리학적 및 비약물학적 개입을 통한 관리가 가능하며, 보통 약리학적 접근 시 비스테로이드성 소염진통제(NSAIDs)와 아편유사제(opioids)가 일반적으로 처방된다[1-2]. 그러나 약물의 좋은 치료적 효과에도 불구하고 내성, 의존성 및 통각과민을 유발하며[3], 일부 진통제는 고유 임상 위험이나 합병증 등이 나타날 수 있다[4]. 물리치료나 신체 운동과 같은 비약물학적 접근은 통증 완화 및 기능 개선을 제공하지만[5], 환자가 치료 처방을 준수하는 동기 및 관련 능력이 부족하다는 단점이 존재한다[6].

Tabor 등[7]은 통증을 주의, 인지, 감정, 기대,

동기 및 기억에 의해 매개되는 다중 모드 지각 경험으로 정의하였다. 이러한 통증의 다중 모드와 같은 특성 때문에 통증의 주관적 경험 조절로써 가상현실(Virtual Reality, VR)을 통한 고통스러운 경험의 구성 요소 변경이 가능하다[8].

가상현실을 이용한 중재는 급성 통증 상태에서 사용 가능한 새로운 주의 집중 기반 진통제로서의 가능성을 보여주고 있으며[9], 주의 산만 기반 진통은 통증 관련 뇌 영역 내의 활동을 감소시켜 급성 통증에 대한 인식을 변경하는 비약물 요법의 한 형태로 자리를 잡아 가고 있는 추세이다[9-10].

Hoffman 등[11]은 손 재활이나 환상통 환자 치료 시 VR 적용에 따른 급성 및 지속성 통증에 대한 효과를 보고하였고, Mallari 등[12]은 체계적 검토 및 메타 분석을 통해 VR 적용이

*Corresponding Author : Kyung Yoon Kim(Donshin Univ.)

E-mail: redbead7@daum.net

Received Sep 26, 2022

Revised Oct 18, 2022

Accepted Nov 30, 2022

급성통증을 줄이는 효과적인 치료법으로 확인됨을 보고하였다.

한편, 본 연구에서는 통증을 유발하기 위해 캡사이신을 사용하였는데, 캡사이신은 고추 및 고추 식물과의 유사한 식물에서 발견되는 활성 성분으로서 캡사이신의 국소 적용은 작열감(burning pain)을 유발하고, 통각 수용성 뉴런을 선택적으로 자극하여 표준화된 실험적 통증을 유발할 수 있는 도구이다[13-14]. 캡사이신은 작열감과 따끔거림을 특징으로 하며[15], 이러한 통각 효과는 말초 감각 신경 섬유에서 방출되는 신경펩티드에 의해 활성화 된다[15-16].

Hannibal과 Bishop[17]은 통증 자체가 잠재적인 스트레스 요인이며, 생리적 스트레스 반응을 불러일으킬 수 있으며, 통증과 스트레스는 여러 가지 방식으로 교차되며 고도로 연결된 관계이다[18]. 즉, 통증은 스트레스를 유발하고 스트레스는 통증을 유발한다[19].

통증은 환자가 물리치료를 받도록 하는 주요 증상이며, 일반적으로 통증 완화가 성공적인 치료 결과로 정의되며[20], 스트레스는 통증 재발에서 거의 다루어지지 않는 편이다[17]. 일반적으로 스트레스 감소를 목표로 이완기술, 인지행동요법, 마사지 및 바이오 피드백과 같은 더 넓은 범주의 비약물적 스트레스 감소 기술들이 제시되고 있다[21].

Bernier Carney 등[21]은 스트레스 감소를 위한 비약물적 중재의 효과를 뒷받침할 수 있는

실증적 증거는 임상환경에서 최적 기준으로 공식화하는데 도움이 되며, 스트레스는 자율신경계에 의해 조절되므로 뇌파(EEG), 심전도(ECG), 피부전도반응(GSR), 근전도(EMG), 심박변이도(HRV), 심박수(HR), 혈압, 호흡빈도, 호흡수 및 온도[22-25] 등을 통한 생체신호기록으로 정확한 규명이 가능하다.

따라서, 본 연구는 스트레스 해소 및 이완을 위한 VR 중재 시 뇌파 및 심박변이에 미치는 효과를 규명함으로써 통증 스트레스 해소를 위한 VR의 가능성을 밝히는 임상 기초자료를 제공하고자 하였다.

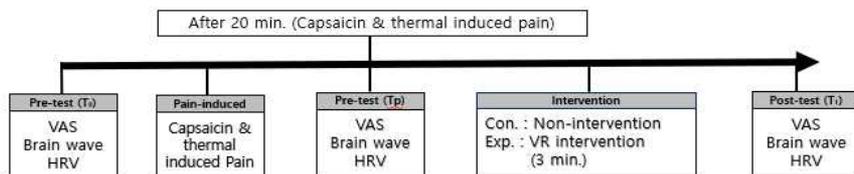
1.2 연구의 목적

본 연구는 대학생을 대상으로 캡사이신 통증 유발 후 VR 중재 시 뇌파 및 심박변이도의 변화를 통한 스트레스 해소 및 이완에 효과가 있는지 알아보려 하였다.

2. 연구방법

2.1 연구설계

본 연구는 대학생을 대상으로 캡사이신을 피부에 도포하여 통증 유발 후 VR 중재 시 통증 척도, 뇌파, 심박변이도에 미치는 변화를 알아보려 대조군 및 실험군의 전·후 설계를 하였다[Fig. 1].



[Fig.1] Study design

[그림 1]. 연구설계

Con.:Control, Exp.:Experimental, T₀:Baseline, T_p: Pain stress, T₁:After intervention

2.2 연구대상

본 연구는 A 대학교 20대 남, 녀 학생 14명을 대상으로 실험의 목적과 절차를 자세히 설명하고 연구

참여에 자발적으로 동의한 학생들로 구성하였다. 대상자는 신체 및 정신적 건강이 좋지 않거나 캡사이신 알러지가 있는 자, 만성 통증 또는 피부염이 있는

자, 염증성 질환 등으로 스테로이드제를 복용하고 있는 자, 스트레스에 영향을 주는 약물(종합감기약, 알코올 등)을 복용하고 있는 자는 제외하였고, VR 장비에 대한 사전 경험이 없는 자로 하였다.

모집된 16명의 연구대상자는 준비뿔기로 중재방법을 기준으로 대조군과 실험군으로 구분하였고, 대조군에서 중도 탈락자 2명이 제외되었다. 대조군(n=6)은 캡사이신 통증 유발 후 처치를 하지 않은 군, 실험군(n=8)은 캡사이신 통증 유발 후 Polar obsession VR 중재군으로 무작위 배정하였다[Table 1].

[Table 1] Subject characteristics

[표 1] 연구대상자의 특성

| | Control (n=6) | Experimental (n=8) |
|-------------|---------------|--------------------|
| Age (years) | 22.9±1.24 | 21.8±1.35 |
| Sex | | |
| male | 0 | 1 |
| female | 6 | 7 |
| Height(cm) | 161.21±4.78 | 160.74±3.70 |
| Weight(kg) | 52.10±4.14 | 53.43±4.54 |

대상자는 실험 3시간 전부터 통증 및 스트레스 영향 요인을 통제하기 위해 흡연, 음식, 카페인 섭취 등을 통제시켰다. VR 중재는 캡사이신 통증 유발 후, 3분간 실시하였다.

2.3 실험중재

2.3.1 캡사이신 통증 유발

캡사이신을 바르기 전 2cm² 정사각형 구멍이 뚫린 투명 반창고 테가덤(3M Health Care, St. Poul, MN, USA)을 오른쪽 손등에 붙이고, 캡사이신 성분이 포함된 다이악센크림(한국콜마(주), 충남연기군, 한국) 1.0 g의 연고(캡사이신 분자 0.75 mg 포함)를 전자저울로 측정하여 도포하였다. 연고를 정사각형 구멍에 골고루 바른 후 다시 반창고로 정사각형 구멍을 막았다. 연고 도포 후 통증이 가장 심해지는 20분 후 물주머니(45℃)를 마른 수건으로 싼 뒤 대상자의 손등에 올려 통증을 강화시켰다[26].

2.3.2 가상현실(Virtual Reality, VR) 자극

VR 자극은 Hughes 등[27]의 연구를 바탕으로 실

시하였다. 실험 실시 전, 최적의 환경에서 완전몰입 가상현실 체험이 가능하도록 영상과 음향을 본인에 최대한 맞도록 조절하였다. 이후 모든 대상자는 생리적 안정을 위해 실험 시작 5분 전부터 휴식을 위하여 편안한 의자에 기대어 앉게 하였다.

VR 자극은 상용화된 Oculus Rift VR(KW49CM, Meta Co., USA)를 사용하여 실험군은 몰입형 360도 북극 가상 환경(Polar obsession, National Geographic) 동영상을 3분간 제공하였다. 가상현실 영상은 빙산, 차가운바다, 드넓게 펼쳐진 빙경의 장면으로 구성되며, 해당 영상 관련 소리까지 제공하였다.

2.4 측정 및 분석방법

2.4.1 통증 척도(visual analogue scale, VAS)

스트레스 유발 및 해소 정도의 평가를 위해 통증 척도(VAS)를 사용하였다. VAS는 0~10(최저~최고)까지 점수로 구성된 스트레스에 대한 주관적인 평가도구이다[28].

2.4.2 뇌파(EEG)

뇌파의 측정은 적정 온도가 유지되는 실내에서 의자에 앉아 polyG-I(LAXTH Inc., Daejeon, Korea)을 사용하여 기준값, 스트레스 유발 후, 중재 후 세 구간에서 300초 동안 측정하였다. 국제 10-20 system에 따라 스트레스 관련 2개 영역(Fp1; 왼쪽 앞이마엽, Fp2; 오른쪽 앞이마엽)을 측정하였다. 기준전극(A1, A2) 접지는 C7에 부착하였고, 샘플링 주파수(256 Hz)로 실시간 데이터를 수집한 후, 데이터 중간값 사용을 위한 61~240초 부분을 선택하여 고속푸리에 변환(fast fourier transform; FFT) 및 Band pass filter(4~50 Hz)를 적용한 후, 파워 스펙트럼을 비율로 분석하기 위해 Band to Band Power 분석을 적용하여 RHB(relative high-beta power, high β -wave; 20~30 Hz / total frequency; 4~50 Hz)와 RAHB(ratio of alpha to high beta, α -wave; 8~13 Hz / high β -wave; 21~30 Hz) 값을 구하였다[29].

2.4.3 심박변이(Heart rate variability, HRV)

심박변이는 적정 온도가 유지되는 실내에서 의자에 앉아 polyG-I(LAXTH Inc., Daejeon, Korea)을 사용하여 기준값, 스트레스 유발 후, 중재 후 세 구간에서 각각 300초 동안 심박동을 측정하였다. 심전도 전극은 양쪽 손목에 부착하는 양극 표준 팔다리유도 I 을 사용하였다. 샘플링 주파수(256 Hz)로 실시간 데이터 수집 후, 분석 프로그램을 이용하여 분석하였고 데이터의 중간값을 사용하기 위해 61~240초 부분을 선택하여 주파수 영역 분석의 측정지표 중 LF(low frequency, 0.04~0.15 Hz)/HF(high frequency, 0.15~0.4 Hz) ratio의 변화를 측정하였다[30].

2.5 통계 분석 방법

통계분석은 SPSS Statistics 18.0 프로그램을 사용하였다. 측정시기에 따른 변화 비교는 비모수 방법인 Friedman's test를 실시하였고, 대응비교분석은 Durbin-conover로 분석하였으며, 측정시기에 따른 구간 비교는 Mann-Whitney U test를 사용하였다. 유의수준 설정은 $\alpha=0.05$ 로 하였다.

3. 연구결과

3.1 통증 척도(VAS) 변화

대조군($p<0.05$)과 실험군($p<0.01$)은 측정시기에 따른 유의한 차이를 나타냈다. 사후 검정 결과, 대조군($p<0.01$)과 실험군($p<0.001$)은 기준값(T_0)과 스트레스 유발(T_p) 후 측정시기에서 통증의 유의한 차이를 나타냈으며, 실험군 기준값(T_0)과 중재(T_1) 후 통증의 유의한 차이를 나타냈으며($p<0.01$), 스트레스 유발(T_p) 후와 중재(T_1) 후 통증의 유의한 차이를 나타내었다($p<0.001$)[Table 2].

3.2 뇌파 변화

RHB 측정 결과 두 군 모두 측정시기에 따른 유의한 차이를 나타냈다($p<0.05$). 사후 검정 결과, 대조군은 기준값(T_0)과 스트레스 유발(T_p) 후에서 왼쪽($p<0.001$)과 오른쪽($p<0.01$) 값에서 스트레스의 유의한 증가를 나타내었고, 기준값(T_0)과 중재(T_1) 후에서도 왼쪽($p<0.05$)과 오른쪽($p<0.01$) 값에서 스트레스

[Table 2] Changes of pain index (VAS)

[표 2] 통증 척도의 변화

| VAS (score) | Pre-test (T_0) | Pre-test (T_p) | Post-test (T_1) | Post-hoc |
|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--|
| *Control (n=6) | 0.17±0.41 | 4.50±3.02 | 3.00±3.95 | $T_0-T_p^{**}$ |
| **Experiment (n=8) | 0.00±0.20 | 5.50±3.27 | 1.67±1.86 | $T_0-T_p^{***}$ $T_0-T_1^{**}$ $T_p-T_1^{***}$ |
| U | 15.00 | 14.50 | 17.00 | |

All values are showed mean±S.D. T_0 :Baseline, T_p : Pain stress, T_1 :After intervention, VAS: visual analog scale, *** $p<0.001$, ** $p<0.01$, * $p<0.05$

의 유의한 증가를 나타내었다. 실험군은 기준값(T_0)과 스트레스 유발(T_p) 후에서 왼쪽($p<0.05$)과 오른쪽($p<0.05$) 값에서 스트레스의 유의한 증가를 나타내었고, 스트레스 유발(T_p) 후와 중재(T_1) 후에서 왼쪽($p<0.01$)과 오른쪽($p<0.05$) 값에서 스트레스의 유의한 감소를 나타내었다. RAHB 측정 결과 두 군 모두 측정시기에 따른 유의한 차이를 나타냈다($p<0.05$). 사후 검정 결과, 대조군은 기준값(T_0)과 스트레스 유발(T_p) 후에서 왼쪽($p<0.01$)과 오른쪽($p<0.01$) 값에서 스트레스의 유의한 증가를 나타내었고, 기준값(T_0)과 중재(T_1) 후에서도 왼쪽($p<0.05$)과 오른쪽($p<0.05$) 값에서 스트레스의 유의한 증가를 나타내었다. 실험군은 기준값(T_0)과 스트레스 유발(T_p) 후에서 왼쪽($p<0.05$)과 오른쪽($p<0.01$) 값에서 스트레스의 유의한 증가를 나타내었고, 스트레스 유발(T_p) 후와 중재(T_1) 후에서 왼쪽($p<0.05$)과 오른쪽($p<0.05$) 값에서 스트레스의 유의한 감소를 나타내었다. 군 간 측정시기에 따른 비교에서 중재(T_1) 후에서 실험군이 대조군 보다 유의한 스트레스 감소를 나타냈다($p<0.01$). 뇌파 항목들의 기준값(T_0)으로 회귀는 대조군보다 실험군에서 더 효과적이었다[Table 3].

3.3 심박변이 변화

두 군 모두 측정시기에 따른 유의한 변화가 나타났다($p<0.05$). 사후 검정 결과, 대조군은 기준값(T_0)과 스트레스 유발(T_p) 후에서($p<0.001$), 기준값(T_b)과 중재(T_1) 후에서도($p<0.05$) LF/HF 값이 유의하게 증가하였다. 실험군은 기준값(T_0)과 스트레스 유발(T_p) 후에서는($p<0.05$) LF/HF 값이 유의하게 증가하였으나, 스트레스 유발(T_p) 후와 중재(T_1) 후에서는($p<0.05$) LF/HF 값이 유의하게 감소하였다[Table 4].

[Table 3] Changes of brain wave (EEG)

[표 3] 뇌파의 변화

| RHB | | Baseline (T ₀) | Pre-test (T _P) | Post-test (T _I) | Post-hoc |
|------------------|---------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|--|
| Control (n=6) | RHB* (left) | 0.09±0.04 | 0.13±0.05 | 0.12±0.04 | T ₀ -T _P *** T ₀ -T _I * |
| | RHB* (right) | 0.09±0.04 | 0.12±0.04 | 0.11±0.03 | T ₀ -T _P ** T ₀ -T _I ** |
| Experiment (n=8) | RHB* (left) | 0.10±0.03 | 0.14±0.06 | 0.09±0.01 | T ₀ -T _P ** T _P -T _I ** |
| | RHB* (right) | 0.09±0.04 | 0.13±0.04 | 0.09±0.03 | T ₀ -T _P * T _P -T _I * |
| RAHB | | Baseline (T ₀) | Pre-test (T _P) | Post-test (T _I) | Post-hoc |
| Control (n=6) | RAHB* (left) | 6.75±1.69 | 4.06±0.71 | 4.86±0.81## | T ₀ -T _P ** T ₀ -T _I * |
| | RAHB* (right) | 6.86±1.42 | 4.40±1.41 | 4.82±1.14 | T ₀ -T _P ** T ₀ -T _I * |
| Experiment (n=8) | RAHB* (left) | 6.63±1.78 | 4.37±1.73 | 6.76±0.89 | T ₀ -T _P * T _P -T _I * |
| | RAHB* (right) | 6.66±1.64 | 4.34±0.93 | 6.25±1.56 | T ₀ -T _P ** T _P -T _I * |

All values showed mean±S.D. T₀:Baseline, T_P: Pain stress, T_I:After intervention, RHB:Relative high-beta power, RAHB: ratio of alpha to high beta, ***p<.001, **p<.01, *p<.05, #:Mann-Whitney U test RAHB Post-test control vs experiment ##p<.01

[Table 4] Changes of heart rate variability (HRV)

[표 4] 심박변이 변화

| LF/HF | Pre-test (T ₀) | Pre-test (T _P) | Post-test (T _I) | Post-hoc |
|-------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|--|
| *Control (n=6) | 2.55±0.92 | 4.11±1.50 | 3.07±1.20 | T ₀ -T _P *** T ₀ -T _I * |
| *Experiment (n=8) | 2.57±2.65 | 4.39±1.05 | 3.03±1.05 | T ₀ -T _P * T _P -T _I * |
| U | 22.0 | 17.0 | 19.0 | |

All values showed mean±S.D. T₀:Baseline, T_P: Pain stress, T_I:After intervention, **p<.01, *p<.05, #:Mann-Whitney U test RAHB Post-test control vs experiment ##p<.01, *p<.05

4. 제언

유해한 자극과 그에 따른 통증은 교감신경계의 활동에 영향을 주며, 교감신경 활성화로 탈세움, 땀 분비, 심박수 증가, 혈압 및 심박출량 등 다양한 즉각적인 방어 행동이 나타나는데[31], 통증은 교감신경계의 모든 부분에서 “대량방전(mass discharge)”을 일으켜 스트레스를 유발한다[32].

본 연구는 캡사이신으로 유발된 통증에 대하여 VR 중재가 스트레스 해소 및 이완에 어떠한 효과를 미치는지 알아보려고 통증 척도(VAS)와 뇌파(EEG) 및 심박변이도(HRV) 분석을 이용하였다.

시각 아날로그 척도는 통증 정도를 객관적으로 측정할 수 있는 표준 척도로써[33] 진통제의 효과를 모니터링하거나 의사소통이 어려운 환자의 통각 수용 시스템의 회복 추적이 가능하다[34-35]. 캡사이신 통증 유발 후 두 군 모두 VAS 수치의 증가를 통해 통증 유발을 확인하였고, VR 중재를 적용한 실험군은 대조군에 비해 유의한 VAS 수치의 감소를 나타내어 VR 중재의 스트레스 해소 및 이완에 대한 유의미성을 확인할 수 있었다.

뇌파는 정신과정의 신경메커니즘을 조사하는데 매우 유용한 기술로써[36], 진통효과에 대한 객관적인 뇌 활동을 메커니즘 기반 방식으로 시각화가 가능하다[37]. 스트레스 조건 하에서 alpha파는 감소하고, betha파는 증가하며[38], RHAB는 안정과 이완도를 나타낸다[39]. 상대파워(relative band power)는 주파수 전체 영역의 절대파워에 대한 특정 영역의 절대파워 비율로써, 주파수를 대역별로 구분 및 분석하면 우세 주파수 영역 파악이 가능하고, 뇌 기능 활성화를 확인할 수 있다[40].

본 연구에서는 캡사이신 도포로 인한 통증 스트레스는 두 군 모두에서 유의하게 증가됨을 확인하였고, VR 중재를 적용한 실험군은 대조군에 비해 RHB의 감소와 RAHB의 증가를 나타내어 VR 중재의 스트레스 해소 및 이완에 대한 유의미성을 확인할 수 있었다.

한편, 자율신경계(ANS) 기능상태는 심박변이도를 통해 측정이 가능한데, 일반적으로 HRV가 높으면 ANS가 잘 작동하고 적용할 수 있음을 나타내는 반면, HRV가 낮으면 ANS가 제대로 작동하지 않음을 의미한다[41-43]. 본 연구에서는 캡사이신 통증 유발에 따른 스트레스는 두 군 모두 LF/HF ratio 수치 상승으로 유의하게 유발됨을 확인할 수 있었고, VR 중재를 적용한 실험군은 대조군에 비해 유의한 감소를 나타내어 VR 중재의 스트레스 해소 및 이완에 대한 유의미성을 확인할 수 있었다.

일반적으로 대부분의 진통제는 C섬유 경로를 방해하여 인간이 고통을 감지하는 방식을 방해함으로써 작용하지만[44], 가상현실은 통증 신호

를 방해하지 않고 시각피질을 자극함으로써 VR 사용자의 통각 수용 자극 처리를 제한하는 방해 요소로 작용하여 주의, 감정, 집중, 기억 및 기타 감각을 통해 통증인식 및 신호에 직간접적으로 작용한다[45-46].

본 연구 결과처럼, Hoffman 등[9]은 고통스러운 자극 시 VR 사용이 fMRI 검사 결과 뇌의 5개 영역에서 통증 관련 뇌 활동 50% 이상의 감소 효과를 보고하였고, 온열 통증 자극 동안 VR 시뮬레이션 자극이 오피오이드 진통제와 유사한 통증 감소 그리고 오피오이드와 VR을 함께 사용하면 통증 신호가 훨씬 더 감소하는 것으로 나타났다[9]. Yamashita 등[47]은 치과 환자를 대상으로 한 HRV 측정에서 치료 전 교감 신경이 우세하였으나, 치료 중 VR 중재 시 부교감신경 활동이 우세해지면서 둘 사이의 균형으로 안정적 효과를 보고하였다.

이러한 VR의 메커니즘은 주의 산만(distraction)으로 설명되는데[9], 산만 무통증(distraction analgesia)은 VR이 통증에 미치는 영향으로 가장 잘 알려진 메커니즘이다[48]. 산만은 가상 환경에 몰입하는 동안 환자의 주의를 고통스러운 자극으로부터 전환하는 것을 목표로 하며[49], 산만 치료의 중심에는 인지, 감각 및 정서와 같은 입력이 통증 출력을 변경할 수 있다는 Melzack[50]의 통증 신경메트릭스 이론(neuromatrix theory)을 기반으로 한다[49]. 통증 증상과 같은 불쾌한 상황에서 매력적이거나 유쾌한 자극으로 주의를 전환하면 스트레스와 불안 같은 부정적인 영향을 바꿀 수 있게 된다[51]. 따라서 VR 중재는 통증 인식과 관련이 있으며 침해 수용 신호를 중추신경계로 전달하는 경로를 방해하는 대부분의 진통제와 근본적으로 다르다고 할 수 있다[52].

본 연구의 결과를 종합해보면, 캡사이신으로 인한 통증 스트레스 상황 하에서 VR 중재는 VAS와 RHB를 낮추고, RAHB를 높였으며, 교감신경 활성지표인 LF/HF를 낮추게 함으로써 스트레스 해소 및 이완에 긍정적 역할을 한 것으로 보여진다.

최근 다양한 연구들을 통해 VR 중재가 진통

제에 대한 대안으로 대두되고 있으나, 다양한 통증 유형뿐 아니라 VR 환경에서의 개별 반응성 및 사용자 경험에 따른 VR 진통제의 맞춤형 및 개인화가 필요할 것이다[49][52]. 미래의 통증 및 스트레스 관리는 혁신적인 VR 중재 시스템 개발을 통해 발생 예상 시점에서 대상자의 연령, 건강 상황 등이 고려된 시각, 소리, 촉각 및 후각 등 다감각 입력이 융합된 VR 중재 방안이 고려되고 있다[53].

5. 결론

본 연구는 캡사이신으로 유발된 통증에 대하여 VR 중재가 스트레스 해소 및 이완에 어떠한 효과를 미치는지 알아보고자 통증척도(VAS), 뇌파(EEG), 그리고 심박변이도(HRV)를 분석하였다. 그 결과, 캡사이신 유발 통증 스트레스는 두 군 모두에서 증가되었으며, 처치를 하지 않은 대조군에 비해 실험군에서는 통증 유발 불쾌한 스트레스를 VR 중재를 통한 주의 전환으로 인해 VAS와 RHB는 감소, RAHB는 증가를 나타내어 각 기준값(T₀)으로 회귀하는데 더 효과적이었다. 따라서, VR 중재는 스트레스 해소 및 이완에 효과적이며, 비약물적 중재로써 그 가치를 규명할 수 있었다.

References

- [1] SB. McMahon, P. Dargan, A. Lanias and P. Wiffen, 'The burden of musculoskeletal pain and the role of topical non-steroidal anti-inflammatory drugs (NSAIDs) in its treatment. Ten underpinning statements from a global pain faculty', *Current Medical Research and Opinion*, Vol.37, No.2021, pp.287-292, 2021.
- [2] SE. Nadeau, JK. Wu and RA. Lawhern, 'Opioids and chronic pain: An analytic review of the clinical evidence', *Frontiers in Pain Research*, Vol.2, 721357, 2021.
- [3] J. Højsted and P. Sjøgren, 'Addiction to opioids in chronic pain patients: A literature review', *European Journal of Pain*, Vol.11,

- pp.490–518, 2007.
- [4] P. Gerner, 'Postthoracotomy pain management problems', *Anesthesiology Clinics*, Vol.26, No.2, pp.355–367, 2008.
- [5] R. Chou, A. Qaseem, V. Snow, D. Casey, JT. Cross, P. Shekelle and DK. Jr. Owens, 'Diagnosis and treatment of low back pain: A joint clinical practice guideline from the American College of Physicians and the American Pain Society', *Annals of Internal Medicine*, Vol.147, No.7, pp.478–491, 2007.
- [6] JR. Zadro, D. Shirley, M. Simic, SJ. Mousavi, D. Cepnija, K. Maka, J. Sung and P. Ferreira, 'Video-Game-Based exercise for older people with chronic low back pain: A randomized controlled trial (GAMEBACK)', *Physical Therapy*, Vol.99, No.1, pp.14–27, 2019.
- [7] A. Tabor, MA. Thacke, GL. Moseley and KP. Körding, 'Pain: A statistical account', *PLoS Computational Biology*, Vol.13, No.1, 2017.
- [8] PG. Wittkopf, DM. Lloyd, O. Coe, S. Yacoobali and J. Billington, 'The effect of interactive virtual reality on pain perception: a systematic review of clinical studies', *Disability and Rehabilitation*, Vol.42, No.26, pp.3722–3733, 2020.
- [9] HG. Hoffman, TL. Richards, B. Coda, AR. Bills, D. Blough, AL. Richards and SR. Sharar, 'Modulation of thermal pain-related brain activity with virtual reality: evidence from fMRI', *Neuroreport*, Vol.15, No.8, pp.1245–1248, 2004.
- [10] JC. Brooks, WE. Davis and AE. Pickering, 'Resolving the brainstem contributions to attentional analgesia', *The Journal of Neuroscience*, Vol.37, No.9, pp.2279–2291, 2017.
- [11] HG. Hoffman, DA. Boe, E. Rombokas, C. Khadra, S. LeMay, WJ. Meyer, S. Patterson, A. Ballesteros and SW. Pitt, 'Virtual reality hand therapy: A new tool for nonopioid analgesia for acute procedural pain, hand rehabilitation, and VR embodiment therapy for phantom limb pain', *Journal of Hand Therapy*, Vol.33, No.2, pp.254–262, 2020.
- [12] B. Mallari, EK. Spaeth, H. Goh and BS. Boyd, 'Virtual reality as analgesic for acute and chronic pain in adults: a systematic review and meta-analysis', *Journal of Pain Research*, Vol.12, pp.2053–2085, 2019.
- [13] V. Fattori, MS. Hohmann, AC. Rossaneis, FA. Pinho-Ribeiro and WA. Verri, 'Capsaicin: Current understanding of its mechanisms and therapy of pain and other pre-clinical and clinical uses', *Molecules*, Vol.21, No.7, pp.844, 2016.
- [14] V. Arora, JN. Campbell and MK. Chung, 'Fight fire with fire: Neurobiology of capsaicin-induced analgesia for chronic pain', *Pharmacology & Therapeutics*, Vol.220, 2021.
- [15] C. Căruntu, C. Negrei, MA. Ghită, A. Căruntu, AI. Bădărău, I. Buraga, D. Boda, A. Albu and D. Brănișteanu, 'Capsaicin, a hot topic in skin pharmacology and physiology', *Farmacăia*, Vol.63, No.4, pp.487–491, 2015.
- [16] –C. Caruntu, D. Boda, S. Musat, A. Caruntu, E. Poenaru, B. Calenic, I. Savulescu-Fiedler, A. Draghia, M. Rotaru and AI. Badarau, 'Stress effects on cutaneous nociceptive nerve fibers and their neurons of origin in rats', *Romanian Biotechnological Letters*, Vol.19, No.4, pp.9517–9530, 2014.
- [17] KE. Hannibal and MD. Bishop, 'Chronic stress, cortisol dysfunction, and pain: a psychoneuroendocrine rationale for stress management in pain rehabilitation', *Physical Therapy*, Vol.94, No.12, pp.1816–1825, 2014.
- [18] J. Chen, M. Abbod and J-S. Shieh, 'Pain and stress detection using wearable sensors and devices—A review', *Sensors*, Vol.21, No.4, pp.1030–1048, 2021.
- [19] AE. Panerai, 'Pain stress and headache', *Neurological Sciences*, Vol.33, No.1, pp.1–3, 2012.
- [20] J. Steglitz, J. Buscemi and MJ. Ferguson, 'The future of pain research, education, and treatment: a summary of the IOM report

- “Relieving pain in America: a blueprint for transforming prevention, care, education, and research”, *Translational Behavioral Medicine*, Vol.2, pp.6–8, 2012.
- [21] KM. Bernier Carney, EE. Young, JW. Guite and AR. Starkweather, ‘A systematic review of biological mechanisms and chronic pain outcomes during stress reduction intervention’, *Biological Research for Nursing*, Vol.22, No.2, pp.205–216, 2020.
- [22] S. Goel, P. Tomar and G. Kaur, ‘ECG feature extraction for stress recognition in automobile drivers’, *Electronic Journal of Biology*, Vol.12, No.2, pp.156–165, 2016.
- [23] L. Hu, Z. Zhang, ‘Evolving EEG signal processing techniques in the age of artificial intelligence’, *Brain Science Advances*, Vol.6, No.3, pp.159–161, 2020.
- [24] H–Y Jeong and Y–I Choi, ‘The stress reducing of effects of exercise to college of health science students’, *Journal of The Health Care and Life Science*, Vol.4, No.2, pp.127–130, 2016.
- [25] S–H Bae and K–Y Kim, ‘The stimulation effects of auricular acupuncture with magnetic pellets on stress-related brain wave and heart rate variability changes in university students’, *Journal of The Health Care and Life Science*, Vol.9, No.2, pp.345–354, 2021.
- [26] J–S Lee, ‘The effects of partial sleep deprivation on pain-induced brain activity change: A quantitative electroencephalography (qEEG) study’, *Doctorial Thesis, Seoul University*, 2017.
- [27] SW. Hughes, H. Zhao, EJ. Auvinet and PH. Strutton, ‘Attenuation of capsaicin-induced ongoing pain and secondary hyperalgesia during exposure to an immersive virtual reality environment’, *Pain Reports*, Vol.4, No.6, pp.e790, 2019.
- [28] FX. Lesage, S. Berjot and F. Deschamps, ‘Clinical stress assessment using a visual analogue scale’, *Occupational Medicine*, Vol.62, No.8, pp.600–605, 2012.
- [29] EG. Peniston, DA. Marrinan, WA. Deming and PJ. Kulkosky, ‘EEG alpha–theta brain–wave synchronization in Vietnam theater veteran with combat-related post-traumatic stress disorder and alcohol abuse’, *Medical Psychotherapy: An International Journal*, Vol.6, pp.37–50, 1993.
- [30] M. Yilmaz, H. Kayancicek and Y. Cekici, ‘Heart rate variability: Highlights from hidden signals’, *Journal of Integrative Cardiology*, Vol.4, No.5, pp.1–8, 2018.
- [31] W. Janig, ‘The sympathetic nervous system in pain’, *European Journal of Anaesthesiology*, Vol.10, pp.53–60, 1995.
- [32] JE. Hall, ‘*Guyton and Hall textbook of medical physiology*’ (13th ed.), Philadelphia, PA: Saunders Elsevier, 2016.
- [33] L. Puljak, K. Boric and S. Dosenovic, ‘Pain assessment in clinical trials: a narrative review’, *Annals of Translational Medicine*, Vol.9, No.2, pp.188–192, 2021.
- [34] K. Kaiser, DB. McGuire, TJ. Keay and M. Haisfield–Wolfe, ‘Methodological challenges in conducting instrumentation research in non-communicative palliative care patients’, *Applied Nursing Research*, Vol.51, pp.1–16, 2019.
- [35] R. Wang, Y. Deng, S. Zhou and J. Zhang, ‘EEG-derived pain threshold index for prediction of postoperative pain in patients undergoing laparoscopic urological surgery: a comparison with surgical pleth index’ *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, Vol.35, No.6, pp.1395–1402, 2020.
- [36] Z. Li, Z. Zhang, F. Zhang, R. Gu, W. Peng and L. Hu, ‘Demystifying signal processing techniques to extract resting-state EEG features for psychologists’, *Brain Science Advances*, Vol.6, No.3, pp.189–209, 2020.
- [37] V. Wanigasekera, M. Mezue, J. Andersson, Y. Kong and I. Tracey, ‘Disambiguating pharmacodynamic efficacy from behavior with neuroimaging: Implications for analgesic drug development’, *Anesthesiology*, Vol.124, No.1, pp.159–168, 2016.
- [38] Y. Tran, RA. Thuraisingham, N. Wijesuriya, HT. Nguyen and A. Criag, ‘Detecting neural

- changes during stress and fatigue effectively: A comparison of spectral analysis and sample entropy', *Proceedings of the 3rd International IEEE EMBS Conference on Neural Engineering*, pp.350–353, 2007.
- [39] M–J Kim, J–E Song, K. Sowndhararajan and S–M Kim, 'Brain wave response to bottle color of herbicides and non–selective herbicides in korea', *The Korean Society of Weed Science*, Vol.7, No.2, pp.130–139, 2018.
- [40] D–S Kim and J–U Choi, 'Electroencephalogram', Korea Medical Press, Seoul. 2017.
- [41] LM. Tracy, L. Ioannous, KS. Baker, SJ. Gibson, N. Georgiou–Karistianis and MJ. Giummarra, 'Meta–analytic evidence for decreased heart rate variability in chronic pain implicating parasympathetic nervous system dysregulation' *Pain*, Vol.157, No.1, pp.7–29, 2016.
- [42] BM. Appelhans and LJ. Luecken, 'Heart rate variability as an index of regulated emotional responding', *Review of General Psychology*, Vol.10, No.3, pp.229–240, 2006.
- [43] RE. Maser and MJ. Lenhard, 'An overview of the effect of weight loss on cardiovascular autonomic function', *Current Diabetes Reviews*, Vol.3, No.3, pp.204–211, 2007.
- [44] K. Arane, A. Behboudi and RD. Goldman, 'Virtual reality for pain and anxiety management in children', *Canadian Family Physician*, Vol.62, No.12, pp.932–934, 2017.
- [45] JI. Gold, KA. Belmont and DA. Thomas, 'The neurobiology of virtual reality pain attenuation', *Cyberpsychology & Behavior*, Vol.10, No.4, pp.536–545, 2007.
- [46] A. Li, Z. Montano, VJ. Chen and JI. Gold, 'Virtual reality and pain management: current trends and future directions', *Pain Management*, Vol.1, No.2, pp.147–157, 2011.
- [47] Y. Yamashita, D. Shimohira, R. Aijima, K. Mori and A. Danjo, 'Clinical effect of virtual reality to relieve anxiety during impacted mandibular third molar extraction under local anesthesia', *Journal of Oral Maxillofacial Surgery*, Vol.78, No.4, pp.545.e1–545.e6, 2020.
- [48] HG. Hoffman, TL. Richards, T. Van Oostrom, BA. Coda, MP. Jensen, DK. Blough and SR. Sharar, 'The analgesic effects of opioids and immersive virtual reality distraction: evidence from subjective and functional brain imaging assessments', *Anesthesia & Analgesia*, Vol.105, No.6, pp.1776–1783, 2007.
- [49] N. Ahmadpour, H. Randall, H. Choksi, A. Gao, C. Vaughan and P. Poronnik, 'Virtual reality intervention for acute and chronic pain management', *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*, Vol.114, pp.105568, 2019.
- [50] R. Melzack, 'Pain and the neuromatrix in the brain', *Journal of Dental Education*, Vol.65, No.12, pp.1378–1382, 2001.
- [51] SM. Schneider and LE. Hood, 'Virtual reality: a distraction intervention for chemotherapy', *Oncology Nursing Forum*, Vol.34, No.1, pp.39–46, 2007.
- [52] A. Pourmand, S. Davis, A. Marchak, T. Whiteside and N. Sikka, 'Virtual reality as a clinical tool for pain management', *Current Pain and Headache Reports*, Vol.22, No.8, pp.53–59, 2018.
- [53] H–D Kim and A–R Joo, 'The study of promoting method for VR contents to reduce pain of child patient–focusing on the case studies of VR contents at hone and abroad', *The Journal of the Korea Contents Association*, Vol.20, No.6, pp.167–176, 2020.