

[Research Paper]

소방공무원 심신안정을 위한 가상현실 콘텐츠 적합성 평가

박태희 · 이지향* · 김수영†

국립소방연구원 대응기술연구실 연구원, *국립소방연구원 대응기술연구실 연구사

Assessing the Suitability of Virtual Reality Content for Stress Reduction among Firefighters

Tae-Hee Park · Ji-Hyang Lee* · Su-Young Kim†

Researcher, Fire Technology Research Division of National Fire Research Institute, ision,

*Official Researcher, Fire Technology Research Division of National Fire Research Institute, ision

(Received October 26, 2020; Revised November 17, 2020; Accepted November 17, 2020)

요 약

재난현장이 다변화함에 따라 소방활동은 꾸준히 증가하고 있다. 소방공무원은 근무 중 긴장과 불안이 형성되어 있으며 수면 부족, 만성 피로 등 직무 스트레스에 노출되어 있다. 소방공무원은 재난현장에서 겪게 되는 신체적·정신적 손상으로 외상 후 스트레스 장애를 겪고 있으며, 시·도 소방서에서는 일차적인 회복지원을 위해 심신안정실을 설치·보급하고 있으나, 과학적인 효과검증의 부족과 낮은 활용도로 본래의 기능 목적과 다르게 운영되고 있다. 최근 가상현실을 통한 정신적 개입으로 스트레스 저감, 우울증 치료 등에 사용되고 있으며, VR 콘텐츠의 효과성을 입증하기 위해 이동식 심신안정실을 구축하여 소방공무원 124명에게 운용하였다. 정성적 분석결과에서 효과성이 나타났으나, 정량적 분석에서는 유의미한 차이를 나타내지 못했다.

ABSTRACT

As disaster sites diversify, the need for firefighting is steadily increasing. The stress and anxiety experienced by firefighters at work can cause lack of sleep and chronic fatigue. Firefighters are at risk of suffering from post-traumatic stress disorders due to the physical and mental injuries experienced at disaster sites; accordingly, fire departments within each province have set up mental and physical stability rooms to support primary recovery. However, due to lack of scientific effect verification and low utilization rate, these rooms are currently used for purposes other than their intended use. Virtual reality (VR) has recently been used as an intervention for stress reduction and treatment of depression. In order to examine the effectiveness of VR content, a mobile mental and physical stability room was constructed and operated on 124 firefighters. The results of the qualitative analysis showed an effect on stress, but the quantitative analysis revealed no significant difference.

Keywords : Virtual reality, Firefighters, Stress, Electroencephalogram, Photoplethysmography

1. 서 론

소방청 통계연보에 따르면 2019년 화재 40,103건, 구조 활동은 837,628건, 구급활동은 2,929,994건으로 나타났으며, 2015년부터 2019년까지 최근 5년간 사고 건수의 증가율은 화재 5.07%, 구조 9.30%, 구급 3.70% 증가하였다⁽¹⁾.

소방공무원의 업무는 위험성, 긴급성, 중요성, 불확실성이 상시 존재하고 근무 중 출동대기라는 상황에 의해 긴장

과 불안이 형성되어 있다. 이로 인해 수면시간 부족, 만성 피로가 형성되고 이는 직무 스트레스로 이어진다.

소방공무원은 다른 직종의 업무들과 달리 생명과 직결되는 위험한 현장에 신체적 및 정신적으로 불안정한 상태로 임해야 하는 경우가 많다^(2,3). 신체적으로는 일산화탄소, 미세먼지, 유독성 화학물질, 신체 손상 등이 있으며, 정신적으로는 구조현장의 처참한 현장에 따른 정신적인 충격, 스트레스로 야기되는 외상 후 스트레스 장애를 겪고 있다⁽⁴⁾.

† Corresponding Author, TEL: +82-41-559-0562, FAX: +82-41-541-1108, E-Mail: kei96306@korea.kr

© 2020 Korean Institute of Fire Science & Engineering. All right reserved.

이에 소방청 및 시·도 소방서에서는 소방공무원의 회복탄력성을 강화하고 회복지원을 위한 대책으로 심신안정실을 설치·운영하고 있으나, 전국 소방안전센터 1,029개소 중 355개소(34.5%)로 설치율이 저조하며, 지역별 설치 편차 또한 큰 것으로 나타났다⁵⁾.

심신안정실 내부 구성의 경우 안마기, 족열기, 운동기구 등 신체적인 회복을 위한 장비에 중점적인 투자가 이루어지고 있으며, 소방공무원의 정신적 회복을 위해 스트레스 측정기, 멘탈시스템 등 일부 장비가 설치·적용되고 있으나 효과성 검증 부재로 활용이 미비한 상황이다.

최근 가상현실(Virtual reality 이하 VR)을 통한 정신적 개입은 우울증 치료 등의 한계를 보완할 수 있는 대안으로 주목받고 있으며, 일관된 회복 프로그램과 적은 필수인력으로 사용자들이 장기적인 회복을 할 수 있다는 장점이 있다. 또한, 일상에서 마주할 수 있는 스트레스 환경을 재현하여 사용자가 대처하지 못했던 상황에 쉽게 대응함으로써 새로운 경험과 스트레스 완화 효과를 볼 수 있다고 판단된다⁶⁾.

Difede와 Hoffman⁷⁾의 연구에 따르면 가상현실 노출 치료(Virtual reality exposure, VRE)를 통해 911 테러 피해자들의 우울증을 최대 83% 감소시켰으며, Ready 등⁸⁾은 베트남 전쟁 참전용사의 외상 후 스트레스 장애(Post traumatic stress disorder, PTSD) 증상이 최소 15%에서 67%까지 완화되었다고 보고함으로써 VR에 대한 스트레스, 우울, 외상 후 스트레스 장애 회복에 효과를 입증하였다. 국내에서도 VR을 통한 사용자의 심리·스트레스 등의 변화를 검증하기 위해 다양한 연구가 진행되었다. Kim 등⁹⁾은 가상현실에서 특정 공간을 구축하여 사용자의 스트레스 지수를 뇌파(β , 베타파)로 분석하였으며, Kim 등¹⁰⁾은 연구에서 가상현실기법을 활용하여 설문을 통해 우울 증상 회복 및 자살위험 감소 효과가 있다고 보고하였다.

과거 전쟁 또는 테러 피해자, 일반인, 환자 등 다양한 대상으로 VR에 대한 활발한 연구검증이 이루어졌으나, 국내 소방공무원을 대상으로 VR에 대한 외상 후 스트레스, 직무 스트레스, 회복탄력성, 신체화 증상을 검증한 연구는 미비한 실정이다.

이에 본 연구에서는 VR 플랫폼과 맥파·뇌파 측정 장비가 포함된 이동식 심신안정실 구축을 통해 일선 소방공무원들을 대상으로 VR 프로그램의 사용 전·후 스트레스 지수를 비교함으로써 심신안정실 VR 콘텐츠의 실효성 검증을 목적으로 하였다.

2. 연구방법 및 시작품 구축

본 연구에서는 소방공무원의 정신건강 실태를 자가 보고식 설문, 뇌파, 맥파를 이용하여 정량적으로 분석하고 이동식 심신안정실 구축 및 VR 프로그램 적용을 통해 스트레스 중재효과를 검증하였다. 연구 대상 및 세부 연구방법은 다음과 같다.

2.1 연구 대상

본 연구의 피실험자는 천안·아산권역에서 근무하는 소방공무원 124명을 대상으로 2019년 11월 4일부터 11월 13일 까지 열흘간 이동식 심신안정실을 운영하여 VR 힐링프로그램을 제공하고 그 효과성을 검증하였다. 직무스트레스가 높은 화재진압 분야를 중점으로 두었으며¹¹⁾, 해당권역 현장 대원들의 주 근무 종류인 3교대를 기본으로 하였다.

연구에 필요한 대상자 수는 G power 3.1 프로그램을 이용하여 단일군 전·후 비교를 위한 t-test에서 유의수준 0.05, 검정력 0.80, 효과 크기 0.30으로 산출한 결과 90명으로 산정되었으며, 본 연구에서는 총 124명을 분석하여 연구에 필요한 표본 크기를 만족하였다.

2.2 연구 도구

자가 보고식 설문지 도구는 외상 후 스트레스, 직무 스트레스, 회복탄력성, 신체화 증상, VR 체험만족도로 구성하였다. 사건 경험에 노출된 경험이 많은 소방공무원은 특수직업군으로 분류되어 있으므로 외상 후 스트레스 장애의 측정은 스트레스 관리 프로그램 개발을 위한 기초자료를 위해 측정하였다.

훈련이나 구조, 화재진압 등의 상황은 위험을 유발하는 요소로 치명적 사고로 이어질 수 있을 뿐만 아니라 스트레스 증가의 원인으로 작용한다. 이러한 상황에서 스트레스를 극복하고 긍정적인 적응 결과를 얻도록 하는 것이 회복탄력성으로 스트레스 관리는 소방공무원의 중요한 요소 중 하나이다. 이에 직무 스트레스와 회복탄력성을 측정하는 동시에 신체화 현상과 체험만족도를 측정하였다.

각각의 연구 도구는 세부 문항을 구성하여 5점 척도를 기준으로 조사하였으며, 점수가 높을수록 스트레스, 회복탄력성, 신체화 증상, 만족도가 높은 것으로 해석하였다. 각 문항은 선행연구에서 제작 또는 수정·보완된 도구를 사용하였으며, 선행연구와 본 연구를 통해 도출된 신뢰도는 다음 Table 1과 같다.

2.3 이동식 심신안정실 개요

이동식 심신안정실(Mental and physical stability room, 이하 MPSR)을 2개의 공간(3 m × 6 m)으로 구축하여 VR 체험실과 뇌·맥파 및 설문지를 작성하는 측정실로 구성하였다(Figure 1).

VR 체험실 내부에는 3인용 의자와 65 in TV, VR 기기를 탑재하였으며, 측정실에는 옴니펫 마인드케어와 온라인 설문 조사 기기를 설치하였다. 두 개의 실에는 각각 바닥 전열장치와 에어컨, 환풍기를 설치하였으며, 이동식으로 설치하여 3개소의 소방서에 이동·설치하여 접근성을 높였다.

2.3.1 VR 유형 개요

VR은 콘텐츠에 따라 악기연주, 스포츠 동작 등의 동적 환경과 바다, 산, 하늘 등의 정적인 환경을 가상공간에서

Table 1. The Differences of Reliability (Cronbach)

Categories	Prior researches		This research
Post-traumatic stress disorder	Cronbach $\alpha = .71^{(12)}$	<	Cronbach $\alpha = .95$
Job stress	Cronbach $\alpha = .92^{(13)}$	<	Cronbach $\alpha = .96$
Resilience	Cronbach $\alpha = .88^{(14)}$	<	Cronbach $\alpha = .95$
Somatization symptom	Cronbach $\alpha = .72^{(15)}$	<	Cronbach $\alpha = .92$
VR satisfaction	-		Cronbach $\alpha = .83$



Figure 1. The inside of MPSR (a mobile type).

Table 2. The Selection Criteria of VR Contents

Categories	Contents
VR machine	HTC Vive
Verification	Clinical trial passed
Runtime	15 min or less
Maintenance support	O
Technical test bed (developer)	O



Figure 2. The two types of VR contests.

현실감 있게 구현할 수 있으며 VR 상에서 구현 가능한 콘텐츠는 다양하다. 이에 본 연구에서는 전문가 심의회를 통해 감상형 콘텐츠(힐링 숲)와 활동형 콘텐츠(Virtual concert)를 VR 내부 콘텐츠로 선정하고 힐링형 콘텐츠를 정적 유형으로, 활동형 콘텐츠를 동적 유형으로 구분하였다(Figure 2, Table 2).

2.3.2 측정장비 및 VR 구현장비 개요

뇌파 및 맥파 측정은 설치형 Kiosk Type의 옴니핏 마인드



Figure 3. The measuring device for EEG and PPG.

케어(OMNIFIT mindcare)를 사용하였으며, Head mount type으로 2채널 전두엽 뇌파 센서와 맥파 센서로 Electroencephalogram (이하 EEG)⁽¹⁶⁾와 Photoplethysmography (이하 PPG)⁽¹⁷⁾를 측정하였다.

측정기를 착용하고 옴니핏 마인드케어를 작동시킨 후 EEG를 이마에 대고 PPG를 콧볼에 고정시키면 측정이 시작되며, 헤드셋 착용이 완료되면 1 min간 눈을 감고 의자에 앉아 측정하였다.

VR 장비로는 Table 4에 설명된 HTC사 Vive pro eye 모델과 Table 5에 설명된 조립형 컴퓨터를 사용하여 VR 콘텐츠를 구현하였다(Figure 3, Tables 3, 4).

2.4 효과성 실 · 검증 절차

본 연구에서는 실 · 검증에 앞서 사전 측정으로 구조화된 설문지를 작성하게 하였으며, 설문지가 끝나면 정량적 지표인 뇌파와 맥파를 1 min간 측정하였다. 1 min간 뇌파 및 맥파의 측정이 끝나면 장소를 이동하여 VR콘텐츠를 운용하도록 하였다.

VR 유형(동적 · 정적) 선택은 대상자에게 임의 번호를 부여하여 홀수는 동적 유형을 짝수는 정적 유형을 운용하도록 하였다.

VR 체험이 끝난 후에는 사전 측정방법과 같은 방법으로 뇌파 및 맥파를 1 min간 측정한 후 구조화된 설문지를 작성하도록 하였다.

사전 · 사후 설문지 및 정략적 뇌파 · 맥파 측정, VR 체

Table 3. The Specification of the HTC Vive Pro Eye

OMNIFIT mindcare	
EEG	Brain health score, Concentration, Brain activity, Brain stress, Left and right brain imbalance
PPG	Autonomic nerves age, Stress, Accumulated fatigue, Cardiac health, Body vitality, Autonomic nerves health
Psychological test	Behavio type test,m ADHD test, Post-traumatic stress test, Dementia test, Immediate stress test, Alcoholism test, Career directional test



Figure 4. HTC vive pro eye.

Table 4. The Specification of VR Machine (VIVE Pro Eye)

VR machine (VIVE Pro Eye)		
Headset	Screen	Dual OLE 3.5" diagonal
	Resolution	1440 × 1600 pixels per eye (2880 × 1660 pixels combined)
	Refresh rate	90 Hz
	Field of view	110 degrees
	Audio	Hi-Res-certified headset Hi-Res-certificate headphone (removable) High-impedance headphone support Enhanced headphone ergonomics
	Input	Dual integrated microphones
	Connections	USB-C 3.0 DP 1.2 Bluetooth
	Sensors	SteamBR Traacking, G-sensor, gyroscope, proximity, IPD sensor, eye tracking
	Eronomics	Eye relief with lens distace adjustment Adjustable IPD / headphones / headstrap
Controller	Sensors	SteamVR tracking 2.0
	Input	Multifunction trackpad, Grip buttons, Dual-stage trigger, System button, Menu button
	Connection	Micro-USB charging port

Table 5. The Specification of PC

PC	
Mainboard	GIGABYTE GA-A320M-S2H
CPU	AMD ryzen 5 3600 matice
Power Supply	Cooler master masterwatt lite 700 w 80 plus standard
RAM	Samsung DDR4 8G PC4-21300
SSD	Micron Crucial MX500 (250 GM)
Case	3RSYS J100
GPU	MSI RTX 2080 super ventus S D6 8 GB
O.S.	Microsoft Windows 10 Home K

험에 걸린 시간은 Figure 5와 같이 1인 기준 약 30~40 min 이 소요되었으며 피실험자를 대상으로 수집된 자료는 SPSS/WIN 21.0 프로그램을 이용하여 분석하였다.

3. 심신안정실 VR 콘텐츠 실증결과

3.1 VR 콘텐츠 실증 분석

피실험자는 총 124명으로 남성 100명(80.6%), 여성 24명 (19.4%)이며, 34세 이하가 58명(46.8%)으로 가장 많았다. 사용자 중 화재진압 보직을 가진 사용자가 51명(41.1%)이며, 3교대 근무자가 85명(68.5%)으로 가장 많았다(Table 6).

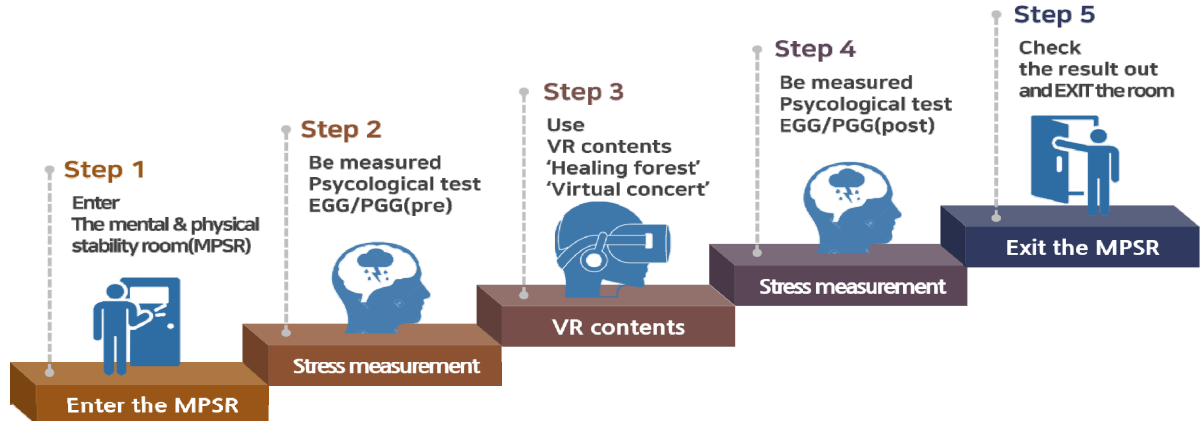


Figure 5. The procedure of VR contents.

Table 6. The Population Characteristics of Fire Fighters

Categories		n (%)		n (%)		
Sex	Male	100 (80.6)	Job type	Fire fighting	51 (41.1)	
	Female	24 (19.4)		Rescue	16 (12.9)	
Age	30 or less	58 (46.8)		EMT	29 (23.4)	
	30~40	39 (31.5)		Situation management	3 (2.4)	
	30 or more	27 (21.8)		Administrative work	25 (20.2)	
Sleep quality	Very unsatisfied	9 (7.3)		Working type	Day duty	32 (25.0)
	Unsatisfied	32 (25.8)			Two shift	6 (4.8)
	Moderate	51 (41.1)			Three shift	85 (68.5)
	Satisfied	26 (21.0)			Night duty	2 (1.6)
	Very satisfied	6 (4.8)				

Table 7. The Answers of Fire Fighters VR Experiences

Categories		n (%)
VR contents type	Active type	63 (50.8)
	Appriciation type	61 (49.2)
VR awareness	Yes	91 (73.4)
	No	33 (26.6)
A experience of VR contents	Yes	35 (28.2)
	No	89 (71.8)
A experience of MPSR	Yes	44 (35.5)
	No	80 (64.5)

VR 콘텐츠 유형별로는 동적 유형 53명(50.8%), 정적 유형 61명(49.2%)이며, VR을 알고 있는지에 대한 질문에는 91명(71.4%)이 ‘알고 있다.’라고 응답하였다. VR 경험 여부에 대해서는 35명(28.2%)이 경험이 있다고 응답하였으며, 심신안정실 사용 여부에 대해서는 80명(64.5%)이 사용하지 않는 것으로 나타났다(Table 7).

3.2 자가 보고식 설문 분석

피실험자에게 VR 콘텐츠 운용 전·후 2번의 자가 보고식 설문을 작성하게 하고 그 결과를 분석하였다. 설문 항목은 PTSD, 직무스트레스, 회복탄력성, 신체화 증상, VR 콘텐츠 만족도로 구성·분석하였다.

자가 보고식 설문 분석 결과 피실험자의 외상 후 스트레스 장애는 VR 콘텐츠 운용 후 유의하게 감소(p = .006) 되었으며, 직무스트레스와 신체화 증상 또한 유의미하게 감소(p < .001)된 것으로 나타났다.

회복탄력성의 경우 VR 콘텐츠 운용 후 유의하게 증가(p = .001)하였으며, VR 콘텐츠의 만족도는 5점 만점에 평균 3.81점으로 분석되어 VR 콘텐츠에 대한 만족도는 보통 이

Table 8. The Differences of Psychological Test Result (Pre-post VR)

Categories	Pre-VR	Post-VR	t	p
	M ± SD	M ± SD		
Post-traumatic stress disorder	1.84 ± .69	1.77 ± .70	2.77	.006
Job stress	2.12 ± .81	2.00 ± .81	4.18	< .001
Resilience	3.99 ± .63	4.07 ± .63	-3.43	.001
Somatization symptom	1.55 ± .60	1.44 ± .57	6.51	< .001
VR satisfaction	-	3.81 ± .54	-	-

상으로 나타났다.

따라서 소방공무원에게 적용한 VR 콘텐츠 운용이 외상 후 스트레스 장애, 직무스트레스 및 주관적인 신체화 증상이 효과적으로 감소하는 것으로 나타났으며, 회복탄력성은 효과적으로 증가하는 것으로 나타났다. 이는 짧은 시간 동안 VR 콘텐츠 운용으로도 빠른 심리적인 변화를 끌어낸 것으로 판단할 수 있다(Table 8).

3.3 VR 콘텐츠 운용에 따른 뇌파 및 맥파 분석

피실험자에게 VR 콘텐츠 운용 전·후 2번에 걸쳐 1 min 동안 뇌파·맥파를 측정하였다. 뇌파 측정은 두뇌활동 정도, 두뇌 스트레스, 좌·우 뇌 불균형, 집중도, 두뇌 컨디션을 측정하였으며, 맥파 측정은 심장 건강도, 자율신경 건강도, 누적 피로도, 신체 활력도, 스트레스, 신체나이를 측정·분석하였다.

이때 뇌파 및 맥파 항목에 대한 척도는 모두 5점 척도를 사용하여 분석하였다.

3.3.1 뇌파 분석 결과

VR 콘텐츠 운용 전·후 뇌파 측정 결과, 두뇌활동 정도는 VR 운용 후 유의하게 감소(p = .008)하였으며, 두뇌 스트레스는 VR 운용 후 유의하게 증가(p = .032)하였다.

두뇌활동 정도는 각성 상태를 의미하는 것으로 긴장하거나 예민한 상태에서 VR 운용 후 긴장이 유의하게 감소한 것으로 해석할 수 있다. 두뇌 스트레스는 두뇌의 긴장이나 불안의 표준상태를 의미하는 것으로 뇌파 측정 결과 VR 콘텐츠 운용 후 두뇌의 긴장이나 불안이 유의하게 증가한 것으로 나타났다.

좌·우뇌 불균형과 집중도 및 두뇌 컨디션 변화에 대해서는 유의한 차이는 확인되지 않아 뇌파의 하위 영역인 좌·우뇌 불균형과 집중도 결과에서는 VR 체험에 따른 효과가 없는 것으로 해석할 수 있다(Table 9).

3.3.2 맥파 분석 결과

VR 콘텐츠 운용 전·후 맥파 측정 결과 심장 건강도, 자율신경 건강도, 누적 피로도, 신체 활력도, 스트레스 및 신체나이 모두에서 유의한 차이를 확인할 수 없어 VR 운용에 따른 맥파의 효과는 없는 것으로 나타났다. 유의한 변화는 없으나 심장 건강도와 자율신경 건강도는 VR 운용 후

Table 9. The Differences of EGG Result (Pre-post VR)

Categories	Pre-VR	Post-VR	t	p
	M ± SD	M ± SD		
Brain activity	4.12 ± .94	3.87 ± 1.0	2.69	.008
Brain stress	3.99 ± .20	4.05 ± .26	-2.17	.032
Left and right brain imbalance	1.37 ± .60	1.42 ± .61	-.90	.368
Concentration	4.91 ± .47	4.94 ± .29	-.63	.529
Brain condition	71.57 ± 5.15	71.49 ± 5.09	1.00	.319

Table 10. The Differences of PPG Result (Pre-post VR)

Categories	Pre-VR	Post-VR	t	p
	M ± SD	M ± SD		
Cardiac health	3.04 ± .30	3.07 ± .36	-.72	.469
Autonomic nerves health	3.74 ± .84	3.77 ± .85	-.34	.729
Accumulated fatigue	3.93 ± .72	3.95 ± .79	-.31	.757
Body vitality	4.68 ± .53	4.66 ± .58	.42	.670
Stress	4.68 ± .69	4.65 ± .72	.40	.688
Body age	29.57 ± 9.45	29.57 ± 9.45		

좋아진 것으로 나타났으며, 스트레스는 감소한 것으로 나타났다(Table 10).

3.4 VR 콘텐츠 운용에 따른 만족도 분석

3.4.1 피실험자 속성에 따른 만족도

피실험자에게 VR 콘텐츠 운용 후 이용 만족도에 대한 자가 보고식 설문지를 작성하도록 하였다. 설문지 구성은 총 10문항 5점 척도로 이루어졌으며, 점수가 높을수록 이용 만족도가 높음을 의미한다. 대상자의 일반적 특성에 대한 VR 운용 만족도는 모두 유의한 차이가 없는 것으로 분석되었다. 즉 피실험자가 가지고 있는 인구 사회학적 특성에 따라서는 차이가 없었다는 것으로 해석할 수 있다. 또한, 피실험자의 업무 관련 특성에 대한 VR 운용 만족도 모두 유의한 차이가 없는 것으로 분석되었다(Table 11).

3.4.2 VR 관련 속성에 따른 만족도

피실험자의 VR 운용 관련 속성에 따른 만족도는 VR 유형, VR 인지 및 경험 여부에 대해서는 유의한 차이가 없는 것으로 분석되었다.

반면 심신안정실 사용 경험이 없는 피실험자가 VR 콘텐츠에 대한 만족도가 유의하게 높은 것으로 분석되어 심신안정실 사용 여부에 따라 유의한 차이(p = .015)가 있는 것으로 나타났다.

또한, VR을 경험하지 않은 피실험자보다 VR을 경험한 피실험자의 만족도 점수가 높아 다른 VR 콘텐츠 경험자들이 본 연구의 VR 콘텐츠·기기에 대하여 일부 긍정적인 반응을 보인 것으로 나타났다(Table 12).

Table 11. The Satisfaction by Population Characteristics

Categories		M ± SD	t or F	p
Sex	Male	3.82 ± .57	.46	.642
	Female	3.76 ± .43		
Age	30 or less	3.80 ± .54	.05	.948
	31~40	3.80 ± .51		
	41 or more	3.84 ± .61		
Sleep quality	Very unsatisfied	3.77 ± .46	2.27	.065
	Unsatisfied	3.67 ± .50		
	Moderate	3.77 ± .57		
	Satisfied	3.94 ± .49		
	Very satisfied	4.31 ± .71		
Job type	Fire fighting	3.69 ± .57	2.03	.093
	Rescue	4.02 ± .58		
	EMT	3.97 ± .50		
	Situation management	3.83 ± .05		
	Administrative work	3.73 ± .48		
Working type	Day duty	3.80 ± .50	0.56	.639
	Two shift	4.01 ± .45		
	Three shift	3.81 ± .57		
	Night duty	3.45 ± .63		

Table 12. The Satisfaction by VR Experiences

Categories		M ± SD	t	p
VR contents type	Active type	3.77 ± .50	-0.80	.423
	Appriciation type	3.85 ± .58		
VR awareness	Yes	3.81 ± .53	-0.01	.986
	No	3.81 ± .58		
A experience of VR contents	Yes	3.94 ± .50	1.61	.109
	No	3.76 ± .55		
A experience of MPSR	Yes	3.65 ± .60	-2.47	.015
	No	3.90 ± .50		

3.5 피실험자의 특성에 따른 VR 콘텐츠 유형

연구 대상자 124명 중 VR 동적 유형을 체험한 피실험자 63명, 정적 유형을 체험한 피실험자는 61명이며, VR 콘텐츠 유형은 대상자의 인구·사회학적 특성에 따라 구분하지 않고 임의로 선정하였다(Table 13).

3.6 VR 운용 및 콘텐츠 유형에 따른 자가 보고식 설문 분석

VR 운용 전·후 외상 후 스트레스 장애, 직무 스트레스, 회복탄력성 및 신체화 증상에서 동적 유형군과 정적 유형군의 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다. 이는 VR 유형에 따른

Table 13. Sociodemographic Characteristics of Population

	Categories	Active type	Appreciation type	X2	p
Sex	Male	50 (40.3)	50 (40.3)	0.13	.714
	Female	13 (10.5)	11 (8.9)		
Age	30 or less	31 (25.0)	27 (21.8)	2.70	.259
	31~40	22 (17.7)	17 (13.7)		
	41 or more	10 (8.1)	17 (13.7)		
Marital status	Unmarried	37 (29.8)	30 (24.2)	1.14	.286
	Married	26 (21.0)	31 (25.0)		
Religion	Christian	5 (4.0)	8 (6.5)	1.29	.730
	Buddhism	6 (4.8)	5 (4.0)		
	Chatholic	5 (4.0)	3 (2.4)		
	Atheism	47 (37.9)	45 (36.3)		
Educational attainment	A high school graduate	3 (2.4)	8 (6.5)	3.03	.219
	A university graduate	58 (46.8)	50 (40.3)		
	Graduate school graduate	2 (1.6)	3 (2.4)		
Smoking cigaret	Yes	26 (21.0)	14 (11.3)	4.95	.084
	No	32 (25.8)	39 (31.5)		
	Quit smoking	5 (4.0)	8 (6.5)		
Drinking alcohol	Yes	51 (41.1)	44 (35.5)	1.84	.398
	No	11 (8.9)	14 (11.3)		
	Quit smoking	1 (0.8)	3 (2.4)		
Sleep quality	Very unsatisfied	4 (3.2)	5 (4.0)	1.04	.903
	Unsatisfied	17 (13.7)	15 (12.1)		
	Moderate	26 (21.0)	25 (20.2)		
	Satisfied	14 (11.3)	12(9.7)		
	Very satisfied	2 (1.6)	4 (3.2)		

Table 14. The Differences of Phycological Test Result by VR Contents Type (Pre VR) (N = 124)

Categories	Active VR (n = 63)	Appreciation VR (n = 61)	t	p
	M ± SD	M ± SD		
Post-traumatic stress disorder (PTSD)	1.79 ± .61	1.88 ± .77	-0.73	.467
Job stress	2.06 ± .75	2.18 ± .88	-0.78	.432
Resilience	4.04 ± .58	3.94 ± .68	0.86	.390
Somatization symptom	1.53 ± .54	1.58 ± .66	-0.50	.612

효과는 자가 설문을 통해서 없는 것으로 해석할 수 있다. 따라서 앞서 자가 보고식 설문지에 대한 VR 사용 전·후에 유의한 차이를 보인 결과는 동적과 정적의 VR 유형에 따른 차이는 아니며, VR 체험으로 인한 것으로 해석할 수 있다

Table 15. The Differences of Phycological Test Result by VR Contents Type (Post VR) (N = 124)

Categories	Active VR (n = 63)	Appreciation VR (n = 61)	t	p
	M ± SD	M ± SD		
Post-traumatic stress disorder (PTSD)	1.71 ± .59	1.82 ± .50	-0.91	.364
Job stress	1.96 ± .73	2.03 ± .88	-0.49	.621
Resilience	4.09 ± .59	4.06 ± .68	0.31	.752
Somatization symptom	1.41 ± .52	1.46 ± .62	-0.48	.626

Table 16. The Differences of EEG Result by VR Contents Type (Pre VR) (N = 124)

Categories	Active VR (n = 63)	Appreciation VR (n = 61)	t	p
	M ± SD	M ± SD		
Brain activity	4.25 ± .84	4.00 ± 1.03	1.50	.135
Brain stress	3.96 ± .25	4.01 ± .12	-1.34	.181
Left and right brain imbalance	1.36 ± .60	1.39 ± .61	-0.25	.796
Concentration	4.90 ± .55	4.91 ± .37	-0.15	.878
Brain condition	71.03 ± 5.17	72.13 ± 5.12	-1.18	.237

(Tables 14~16).

3.7 VR 운용 및 콘텐츠 유형에 따른 뇌파·맥파 분석

3.7.1 VR 운용 전·후 및 VR 유형별 뇌파 차이

VR 운용 전 두뇌 활동정도, 두뇌 스트레스, 좌·우뇌 불균형, 집중도 및 두뇌 컨디션을 포함한 뇌파 측정에서 동적 유형군과 정적 유형군의 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다.

VR 운용 후 실시한 두뇌활동 정도, 좌·우뇌 불균형, 집중도 및 두뇌 컨디션을 포함한 뇌파 측정에서도 유형별 유의한 차이는 없는 것으로 분석되었으나, 두뇌 스트레스에서는 정적 유형의 VR 콘텐츠를 운용한 그룹(t = -2.44, p = .016)의 뇌파가 유의하게 높은 것으로 나타났다.

3.7.2 VR 운용 전·후 및 VR 유형별 맥파 차이

VR 운용 전 심장 건강도, 자율신경 건강도, 신체 활력도, 스트레스 및 신체나이를 포함한 맥파 측정에서 동적 유형군과 정적 유형군의 유의한 차이가 없는 것으로 나타났으나, 누적 피로도에서는 유의한 차이(t = -2.23, p = .027)가 있는 것으로 나타났다(Table 17).

VR 운용 후 맥파 측정에서는 동적 유형군과 정적 유형군의 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다(Tables 18, 19).

Table 17. The Differences of EEG Result by VR Contents Type (Post VR) (N = 124)

Categories	Active VR (n = 63)	Appreciation VR (n = 61)	t	p
	M ± SD	M ± SD		
Brain activity	3.77 ± .97	3.96 ± 1.03	-1.05	.295
Brain stress	4.00 ± .17	4.11 ± .32	-2.44	.016
Left and right brain imbalance	1.44 ± .61	1.40 ± .61	0.31	.755
Concentration	4.95 ± .21	4.93 ± .35	0.33	.735
Brain condition	70.87 ± 5.04	72.13 ± 5.12	-1.37	.171

Table 18. The Differences of PPG Result Test (Pre VR) (N = 124)

Categories	Active VR (n = 63)	Appreciation VR (n = 61)	t	p
	M ± SD	M ± SD		
Cardiac health	3.01 ± .28	3.08 ± .33	-1.19	.235
Autonomic nerves age	3.66 ± .82	3.81 ± .86	-1.00	.315
Accumulated fatigue	3.79 ± .69	4.08 ± .73	-2.23	.027
Body vitality	4.60 ± .61	4.77 ± .42	-1.77	.078
Stress	4.65 ± .69	4.72 ± .68	-0.56	.572
Body age	28.57 ± 8.19	30.60 ± 10.57	-1.20	.233

Table 19. The Differences of PPG Result Test (Post VR) (N = 124)

Categories	Active VR (n = 63)	Appreciation VR (n = 61)	t	p
	M ± SD	M ± SD		
Cardiac health	3.01 ± .38	3.13 ± .34	-1.17	.078
Autonomic nerves age	3.65 ± .80	3.90 ± .88	-1.64	.102
Accumulated fatigue	3.84 ± .80	4.08 ± .75	-1.70	.090
Body vitality	4.58 ± .66	4.73 ± .47	-1.45	.150
Stress	4.63 ± .74	4.67 ± .70	0.28	.775
Body age	28.57 ± 8.19	30.60 ± 10.57	-1.20	.233

4. 결론 및 제언

본 연구는 심신안정실 고도화를 위한 사전·사후설계로 VR 콘텐츠의 현장 적합성을 검증하는 실험 연구로, 소방공

무원 124명을 피실험자로 효과성을 측정하였다. 효과성 측정은 VR 콘텐츠 운용 전·후 정성적인 평가를 위한 설문지 작성과 정량적인 평가를 위한 뇌파·맥파 측정을 통해 이루어졌다.

자가 설문지 분석 결과 VR 콘텐츠 운용 후 외상 후 스트레스 장애(p = .006)와 직무 스트레스(p = < .001)가 유의하게 감소한 것으로 나타났다. 회복탄력성(p = .032)은 유의하게 증가하였으며, 신체화 증상(p = < .001)은 유의하게 감소함으로써, VR 콘텐츠가 소방공무원의 정신건강에 긍정적인 반응을 나타내었다.

반면, 뇌파 측정 결과에서는 VR 운용 후 두뇌 활동정도(p = .008)와 두뇌 스트레스(p = .032)는 유의하게 증가하였으며, VR 운용 만족도는 심신안정실 사용 여부(p = .015)에 따라 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 두뇌 활동도와 두뇌 스트레스의 증가는 VR 콘텐츠 내 환경적인 요인에 따른 사용자의 스트레스 반응으로 Jeon과 Jung⁽¹⁸⁾의 연구와 일치하게 나타났으며, 맥파 측정 결과에서는 VR 사용 전·후 소방공무원의 스트레스 완화 경향은 나타났으나 유의미한 결과라 볼 수 없었다.

뇌파의 부정적인 변화와 맥파의 단순 스트레스 완화 경향은 가상현실 체험에서 나타나는 사이버 멀미 현상에 영향을 받은 것으로 생각된다. 고령일수록 동적 콘텐츠 사용에 스트레스가 증가하는 결과는 가상현실에서 고령일수록 사이버 멀미를 앓기 쉽고, 중추신경계와 자율신경계에 영향을 미치는 것으로 나타난다는 Byun과 Park⁽¹⁹⁾의 연구와 유사하게 나타났다.

콘텐츠 유형에 따라 본인의 의견 및 만족도는 상이하나, 측정결과를 종합적으로 고려하였을 때, 소방공무원을 위한 VR 콘텐츠는 정적 콘텐츠가 적합하다고 판단된다. 하지만 동적 콘텐츠를 추구할 경우 활동량이 많은 내용보다 정적인 상황에서 작은 동적 활동을 할 수 있는 VR 콘텐츠가 적합하다.

본 실험은 VR 콘텐츠 체험 전·후의 소방공무원의 정신적 스트레스 완화의 효과성을 측정하였으나 사전 사후 일회성 측정, 사이버 멀미, 피실험자의 안정화 시간 부족 등 실험제어의 한계점이 있었다. 향후 VR 등 심신안정실 내 기능성 콘텐츠의 효과성 분석에는 반복측정 또는 1개월 이상 사용 후 효과성을 지켜보는 연구가 필요하며, 뇌파, 맥파와 같은 정량적 신체 신호 외 피부전도도, 호흡 등 다양한 신호 측정을 통한 체계적인 측정기법을 적용한 연구를 추가적으로 진행할 필요가 있다. 또한 VR 콘텐츠에 노출되는 시간과 횟수, 반복도에 따른 부작용에 발생에 관한 연구도 필요할 것이다.

본 연구를 통해 소방공무원을 대상으로 VR 콘텐츠에 대한 정량적·정성적인 효과성 분석을 시행하였으며, 소방공무원의 정신적인 회복탄력성 강화방안 연구의 기초자료로 활용될 것으로 기대된다.

후 기

본 연구는 소방청 소방대응력향상을 위한 연구개발지원 사업(1761001720)의 연구비 지원을 받아 수행되었습니다.

References

1. J. Woong, "2020 National Fire Agency Statistical Year Book", National Fire Agency, pp. 89, 134, 164 (2020).
2. S. Bogucki and P. M. Rabinowitz, "Occupational Health of Police and Firefighters", Textbook of Clinical Occupational and Environmental Medicine. 2nd ed. Philadelphia, pp. 84-272 (2005).
3. J. H. Ha, D. I. Kim, B. S. Seo, W. S. Kim, S. H. Ryu and S. G. Kim "Job Stress and Psychosocial Stress Among Firefighters", Korean J. of Occup. Environ. Med., Vol. 20, No. 2, pp. 104-111 (2008).
4. C. H. Bang and W. H. S. Hong, "A Study on Occupational Stress for the Injured Firefighter: Focusing on Gyeongbuk Province", Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 24, No. 4, pp. 79-85 (2010).
5. B. G. Kim, "The Requested Materials of Parliamentary Inspection of the Administration" (2018).
6. K. H. Lee, J. Y. Kim and J. H. Yoo, "The Analysis of the Health Related Physical Fitness and Mental Health in Individuals with Intellectual Disabilities on Virtual Reality Exercise Program by Game Bike -A Pilot Study", Journal of the Korean Entertainment Industry Association, Vol. 14, No. 2, pp. 119-129 (2020).
7. J. Difede and H. G. Hoffman, "Virtual Reality Exposure Therapy for World Trade Center Post-Traumatic Stress Disorder: A Case Report", Cyberpsychology and Behavior, Vol. 5, No. 6, pp. 529-535 (2002).
8. D. J. Ready, R. J. Gerardi, A. G. Backscheider, N. Mascaro and B. O. Rothbaum, "Comparing Virtual Reality Exposure Therapy to Present-centered Therapy with 11 US Vietnam Veterans with PTSD", Cyberpsychology, Behavior and Social Networking, Vol. 3, No. 1, pp. 49-54 (2010).
9. S. U. Kim, S. Y. Kang, S. Y. Ji and H. J. Jun, "Measurement of EEG and Analysis of Stress Change in Space Using Virtual Reality -Focus on the Hitlers residence-", Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design, Vol. 35, No. 8, pp. 73-79 (2019).
10. M. J. Kim, S. W. Choi, S. Y. Moon, H. I. Park, H. K. Hwang, M. K. Kim and J. H. Seok, "Treatment Effect of Psychoeducation and Training Program Using Virtual Reality Technique in the Patients with Depressive Symptoms", Vol. 59, No. 1, Journal of the Korean Neuropsychiatric Association, pp. 51-60 (2020).
11. H. J. Shin, "How Empowerment and Social Support Affect Occupational Stress of Firefighters", Fire Science and Engineering, Vol. 29, No. 6, pp. 139-146 (2015).
12. S. C. Kim, "An Empirical Study on the Factors Affecting the Korean Fire-fighting Officers' PTSD -Focused on their Risk of the Exposure to the Disasters and their Job Stress-", Ph.D. Thesis, Hansung University (2019).
13. S. G. Kim, "A Study on the Job Stress of Fire Officers", Ph.D. Thesis, Dan Kook University (2002).
14. H. J. Park, "Perceived Stress or Coping and Depression by Ego Elasticity", Master's Thesis, Korea University (1996).
15. G. I. Kim, H. T. Won, J. H. Lee and G. Y. Kim, "Korean Manual of Symptom Checklist-90-Reversion", Journal of Korean Neuropsychiatric Association (1978).
16. N. Kulkarni, S. Phalle, M. Desale, N. Gokhale and K. Kasture, "A Review on EEG Based Stress Monitoring System Using Deep Learning Approach", Mukta Shabd Journal, Vol. 9, No. 6, pp. 1317-1325 (2020).
17. P. H. Charlton, P. Celka, B. Farukh, P. Chowienzyk and J. Alastruey, "Assessing Mental Stress from the Photoplethysmogram: a Numerical Study", Physiological Measurement, Vol. 39, No. 5, 054001 (2018).
18. H. J. Jeon and J. W. Jung, "An Experimental Study on the Wayfinding Stress Measurement in Subway Transit Station", Journal of Basic Design & Art, Vol. 21, No. 1, pp. 483-495 (2020).
19. H. Y. Byun and C. W. Park, "Introduction of Cybersickness", Korean Journal of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery, Vol. 62, No. 10, pp. 545-553 (2019).
20. S. H. Bang, H. S. Song, G. S. Shim, D. E. Kim and S. B. Jung, "The Empirical Study for the Advancement of Contents in Mental and Physical Stability Room", National Fire Research Institute of Korea (2019).