

# 완전몰입 가상현실이 건강한 성인의 자율신경계에 미치는 영향에 대한 융복합 연구

강중호<sup>1</sup>, 김충유<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>부산가톨릭대학교 물리치료학과, <sup>2</sup>부산가톨릭대학교 대학원 물리치료학과

## A convergence study on the influence of full immersion virtual reality on the autonomic nervous system of healthy adults

Jong-Ho Kang<sup>1</sup>, Chung-Yoo Kim<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Physical Therapy, Catholic University of Pusan

<sup>2</sup>Department of Physical Therapy, Graduate School of Catholic University of Pusan

요 약 본 연구의 목적은 완전몰입 가상현실이 자율신경계에 미치는 영향을 알아보는데 있다. 본 연구의 대상자는 가상현실 장비를 접하지 않은 17명의 20대 남성으로 하였다. 대상자에게 완전몰입 가상현실 콘텐츠를 제공받았고, 적용 전과 후에 5분 동안의 심전도 신호를 측정하였다. 획득한 심전도 신호는 교감신경계의 활성을 반영하는 LF, 부교감신경계의 활성을 반영하는 HF, 자율신경계의 전반적인 활성을 반영하는 TP, 그리고 자율신경계의 활성 균형을 반영하는 LF/HF로 분석하여 자율신경계를 평가하였다. 그 결과, 완전몰입 가상현실을 적용한 후 대상자의 HF와 TP는 적용 전에 비해 유의하게 감소하였고, LF/HF는 유의하게 증가하였다. 본 연구의 결과에 따르면 완전몰입 가상현실은 자율신경계에 스트레스를 제공하지만, 그 변화는 건강한 성인의 정상범위 내에 있다는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 완전몰입 가상현실은 건강한 성인에게 안전하게 적용될 수 있다.

주제어 : 가상현실, 완전몰입, 자율신경계, 교감신경계, 부교감신경계

**Abstract** The purpose of the present study was to examine the effects of full immersion virtual reality (VR) on the autonomic nervous system. The study was conducted with 17 men in their 20s. The subjects were given full immersion VR content, and electrocardiogram (ECG) signals were measured for five minutes before and after the application of the full immersion VR. The autonomic nervous system was evaluated by analyzing the LF, HF, TP, and LF/HF ratio of the ECG signal. The obtained data was analyzed by conducting a paired sample t-test. After applying full immersion VR, the subjects' HF and TP decreased significantly, while their LF/HF ratio increased significantly. According to the results of this study, Full immersion VR provided stress to the autonomic nervous system, but the changes were within the normal range of healthy adults. Therefore, full immersion VR can be safely applied to healthy adults.

**Key Words** : Virtual reality, Full immersion, Autonomic nervous system, Sympathetic nervous system, Parasympathetic nervous system

### 1. 서론

헬스케어 시장에서 융합기술이 급격하게 발달됨에 따

라 신기술을 융합하여 재활에 적용하는 사례들이 늘어나고 있다[1]. 최근 가상현실에 대한 관심이 급증해오면서, 의학과 재활에서 가상현실의 적용 가능성이 꾸준히 연구

\* This study was supported by research funds provided by the Catholic University of Pusan.

\*Corresponding Author : Chung-Yoo Kim (friday861@naver.com)

Received January 10, 2018

Revised March 5, 2018

Accepted March 20, 2018

Published March 28, 2018

되어오고 있다[2]. 가상현실을 이용하면 현실을 가상에 구현하여 환자에게 목적 지향 훈련을 제공할 수 있고, 목적 지향성은 재활에서 가장 중요한 동기 부여와 관계가 있다[3,4]. 여러 재활 연구에서 가상현실은 신경계 환자의 기능을 증진시키는 것으로 입증되고 있다[5]. 재활에 긍정적 효과를 입증한 대부분의 연구들은 닌텐도와 XBOX를 사용하여 대형화면에 보이는 가상공간에서 신체활동을 수행하는 것들로 반몰입 가상현실 장비를 사용하였다[6-8]. 비록 반몰입 가상현실이 감각의 혼란을 초래할 수 있으나 재활에 필요한 체성감각정보와 전정감각정보, 시각정보를 충분히 제공받을 수 있다[9]. 이 3가지 정보가 뇌로 전달되는 것은 신경계 환자 회복의 중요한 의학적 근거이다[10]. 그런데 최근 널리 보급되고 있는 머리 착용 디스플레이로 제공되는 가상현실은 재활 융합된 프로그램 또는 콘텐츠의 부족과 같은 문제로 감각정보 제공에 한계가 있을 것이라 생각된다[11]. 아직은 완전몰입 가상현실이 재활에 효과적일지는 이전 반몰입 가상현실 연구 결과에 따라 추측만 할 수 있을 뿐이다. 이와 더불어 여러 연구들은 완전몰입 가상현실에 대한 눈의 통증(eye pain), 흐려 보임(blurred vision), 그리고 멀미(motion sickness)와 같은 부작용을 우려하고 있다[12]. 비록 이 부작용들이 정상인에게는 큰문제가 되지 않을 수도 있지만 재활 대상자에게는 큰 사고로 이어질 수 있다. 이와 같은 이유로 완전몰입 가상현실이 인체에 생리학적으로 어떤 영향을 미치는지 알아보는 연구들이 반드시 수행되어야 할 것이다.

재활 대상자에게 자율신경계의 안정성은 매우 중요하다. 예를 들어, 뇌졸중과 같은 신경계 질환을 앓는 환자에게 교감신경계 활성 증가는 혈관 수축을 유발시켜 부정적인 영향을 미칠 가능성이 있다. 이에 우리 연구는 완전몰입 가상현실이 정상 인체생리에 어떤 영향을 미치는지 살펴보고자 한다. 또한, 완전몰입 가상현실과 재활의 융합 연구로서 기초자료를 마련하고자 한다.

## 2. 연구방법

### 2.1 대상자 정보

본 연구의 대상자는 자발적으로 참석한 신경학적 질환이 없는 건강한 20대 성인을 대상으로 완전몰입 가상현실을 경험하지 않은 자를 기준으로 선발하였다. 대상

의 수는 G\*Power 3.1.0 프로그램을 이용하여 효과크기 0.65, 유의수준 0.05, 그리고 검정력 0.95로 설정하여 계산된 17명으로 하였다. 대상자의 참여 기준은 자율신경계에 영향을 미치는 질병을 겪지 않고, 관련된 약물을 복용하지 않는 건강한 성인으로 하였다. 연구 참여 전 모든 대상자는 연구의 목적과 방법에 대해 듣고 동의하여 연구 참여 동의서를 작성하였고, 모든 실험과정은 헬싱키 협약을 준수하여 수행되었다.



Fig. 1. Full immersion VR device (HMD device)

### 2.2 실험과정

실험은 실내 온도 23°C, 습도 65%에서 밝고 쾌적한 환경을 유지하여 오후 6시에서 11시 사이에 수행되었다. 자율신경계에 영향을 미칠 수 있는 요인을 통제하기 위해서 모든 대상자는 측정 48시간 전부터 운동, 과식, 그리고 음주하지 않도록 통제하였고, 실험 3시간 전부터 흡연 및 음식과 카페인 섭취를 통제시켰다. 실험 실시 전 최적의 환경에서 완전몰입 가상현실을 체험할 수 있도록 영상과 음향을 본인한테 맞도록 조절하여 준비하였다. 이후 모든 대상자는 생리적 안정을 위해서 실험 시작 5분 전부터 등받이와 팔걸이가 있는 편안한 의자에 기대어 앉아 휴식을 취하였다. 완전몰입 가상현실은 Fig. 1에 보여지는 머리 착용 디스플레이 방식인 장비(VR max, TENKYO, China)를 이용하였고, 스마트폰(Samsung Galaxy 6, Samsung inc., Korea)을 장비에 장착하여 사용하였다. 완전몰입 가상현실 콘텐츠 영상은 롤러코스터 체험 영상으로 360도 가상현실 영상이며, 2분 동안 시청하였다. 측정은 표준사지 유도법을 이용하는 심전도 장비(QECG-3, Laxtha, Korea)를 이용하여 수행되었고, 심전도 신호는 완전몰입 가상현실 적용 전과 후에 각각 5분씩 측정되었다. 신호분석은 3채널 중 Lead 2를 이용하였고, 심박변이도 신호를 이용하여 전체적인 자율신경계 활성을 반영하는 TP(total power)와 교감신경계 활성을 반영하는

LF(low frequency)와 부교감신경계 활성을 반영하는 HF(high frequency), 그리고 그 비율인 LF/HF를 구하였다.

### 2.3 통계분석

획득된 모든 자료는 SPSS 12.0을 이용하여 완전몰입 가상현실 적용 전과 후에 데이터를 비교하기 위해 대응 t검정을 실시하여 분석하였다. 통계학적 유의수준은 0.05로 정하였다.

## 3. 연구결과

### 3.1 대상자의 일반적 정보

본 연구에 참여한 대상자의 평균 연령과 신장, 그리고 체중은 Table. 1의 내용과 같다.

Table 1. Subject characteristics

	mean±standard deviation
Age (years)	21.28±2.29
Height (cm)	175.54±3.99
Weight (kg)	75.60±8.72

### 3.2 완전몰입 가상현실 적용에 따른 자율신경계 활성도의 변화

완전몰입 가상현실 적용 후 HF와 TP는 전용전에 비해 유의하게 감소하였고, LF/HF는 유의하게 증가하였다. LF는 유의한 차이가 나지 않았고, 결과는 Table. 2의 내용과 같다.

## 4. 고찰

본 연구에서는 완전몰입 가상현실이 자율신경계의 활성에 미치는 영향을 알아보기 위해서 심전도에서 측정된 신호의 심박변이도 주파수 영역을 분석하여 이용하였다.

심전도를 이용한 심전도 신호의 심박변이도 신호의 분석은 유럽 심장학회와 북미 심 조율 전기 생리학회에 의해 수행된 심박변이도 신호의 분석방법과 표준에 대한 가이드라인을 통해 보고되어 심전도를 이용하여 심박변이도를 분석하는 모든 장비는 이 표준을 따른다. 그리고 주파수 영역의 분석 지표가 자율신경계의 활성을 반영한다는 보고에 근거하여 본 연구에서 자율신경계 활성을 반영하는 지표들을 이용하였다[13].

심박변이도의 주파수 영역 분석은 푸리에(Fourier) 변환을 통해 구한 단위 주파수당 에너지의 분포를 나타낸 파워스펙트럼밀도 분석(power spectral density, PSD)을 통해 TP, LF, HF, 그리고 LF/HF와 같이 간단한 수단으로 자율신경계의 활성도를 반영하는 지표들을 나타낼 수 있도록 한다. 기존 연구들을 바탕으로 LF는 0.04~0.15 Hz, HF는 0.15~0.40 Hz TP는 LF와 HF 영역 모두인 0.04~0.40 Hz의 주파수영역에서 심박변이도를 파워스펙트럼 밀도 분석을 통해 얻어낸 지표이다[13]. LF는 교감신경계 활성도, HF는 부교감신경계 활성도, 그리고 TP는 자율신경계의 전체적인 활성도를 가장 많이 반영하며, LF/HF는 자율신경계의 균형을 반영하는 지표이다.

본 연구의 결과는 완전몰입 가상현실이 HF와 TP를 감소시켰고, LF/HF 비율을 증가시켰다. 이는 완전몰입 가상현실에 의한 자극이 부교감신경계의 활성과 전체 자율신경활성을 감소시키고, 또한 자율신경계 균형을 반영하는 LF/HF 비율을 증가시켜 교감신경계 활성이 항진된 상태를 유발시킨 것으로 보인다. 선행연구에 따르면 자율신경계의 스트레스 반응은 교감신경계의 활성 증진에 비해 부교감 신경 활성의 하강이 두드러지고, 결과적으로 LF/HF 비율이 감소되는 경우라 보고되고 있는데[14], 본 연구의 자율신경계 활성의 반응은 이와 같은 양상을 보인다. 또한, 김영균 등도 자율신경계의 질병 또는 불균형 상태가 위와 동일한 양상을 보인다고 보고하였다[15]. 이 같은 가상현실 경험과 같은 자극이 자율신경계에 영향을 미치는 것은 시각-전정계의 밀접한 관련에 의한 영향이라 생각된다. 김충유와 강중호의 연구에 의하면 전

Table 2. The change of autonomic nervous system activities according to applying full immersion VR

	Before FIVR	After FIVR	t	p
LF	6.29±0.76 <sup>#</sup>	6.21±0.67	0.87	0.40
HF	6.20±1.01	5.85±0.87	3.57	0.00 <sup>*</sup>
TP	6.97±0.78	6.80±0.68	2.24	0.04 <sup>*</sup>
LF/HF	1.01±0.06	1.06±0.07	-2.41	0.03 <sup>*</sup>

p<0.05, <sup>#</sup>All data represent the mean ± standard deviation

정자극에 의한 안구진탕을 유발시키는 칼로릭 자극에 의한 자율신경계의 향진을 보고하고 있다[16]. 시각-전정계에 주어진 자극에 의해서 자율신경계가 영향을 받는다는 것이다. 본 연구에서는 동일한 자극은 아니지만 완전몰입 가상현실에 의한 시운동성 자극이 시각-전정계의 자극을 유발시켜 자율신경계에 스트레스 부하를 제공할 것으로 유추할 수 있다. 완전몰입 가상현실은 시운동성 자극을 유발시켜 자율신경계에 영향을 미치는 것으로 생각된다.

Nunan 등은 연구를 통해 건강한 성인의 자율신경계 활성화도의 수치를 보고하였다[17]. 이에 따르면 건강한 성인의 자율신경계 활성화도 수치는 LF는 2.05에서 7.31, HF는 0.08에서 6.95, 그리고 LF/HF는 -0.16에서 1.98 범위에 있었다. 본 연구에서 나타난 연구의 결과는 비록 통계적으로 유의미한 수준의 변화이나 Nunan 등이 보고하는 건강한 성인의 정상 범위 내에서의 변화였다. 본 연구에서 완전몰입 가상현실이 자율신경계에 스트레스 부하를 제공할 수 있으나 결과적으로는 정상범위 내 일어난 반응이므로 완전몰입 가상현실은 건강한 성인에게 안전하게 적용될 수 있다고 사료된다. 다만, 본 연구에서 사용된 영상은 2분 동안 적용되었다는 점에서 한계가 있다. 본 연구에서 제공된 증제는 완전몰입 가상현실의 부작용을 고려하여 단기간의 자극을 적용하였다. 단기간의 적용된 자극이기 때문에 완전몰입 가상현실이 제공하는 효과를 크기가 작게 반영되었을 수도 있다고 생각된다. 하지만 롤러코스터와 같은 자극적인 영상을 콘텐츠로 사용한 점과 완전몰입 가상현실을 처음 접하는 사람을 대상으로 하여 경험에 의한 편차를 통제된 점에서, 대상자들이 받는 자극의 크기와 반응은 보다 순수하게 큰 반응으로 받아들여졌을 것이라 생각된다. 이에 본 연구에서 통계적인 유의한 변화를 보인 것으로 사료된다. 그리고 또 다른 본 연구의 한계점은 환자나 노인과 같은 취약 대상자 군을 대상으로 한 것이 아니기 때문에 다른 대상자에게 적용하기에는 한계가 있을 것이라는 점이다. 하지만 다른 대상자에서도 완전몰입 가상현실이 부교감신경계의 활성을 낮추고 스트레스를 제공하는 반응은 동일하게 나타날 것이라 생각된다. 추후 연구에서는 다른 대상자 군이나 또는 다양한 콘텐츠와 재활 프로그램을 이용하여 활발한 연구가 진행되어야 할 것이다.

## 5. 결론

완전몰입 가상현실은 자율신경계에 스트레스를 제공하지만 그 변화는 건강한 성인의 정상치 범위 내에 존재하였다. 본 연구의 결과에 따라 완전몰입 가상현실은 건강한 성인에게 안전하게 적용될 수 있을 것이다.

## REFERENCES

- [1] E. J. Jung, J. C. Kim, H. I. Jung, H. Yoo & K. Y. Chung. (2017). Mining based Mental Health and Blood Pressure Management Service for Smart Health. *Journal of the Korea Convergence Society*, 8(1), 13-18. DOI : 10.15207/JKCS.2017.8.1.013
- [2] J. S. Park, D. H. Lee & S. Y. Lee. (2014). Effect of Virtual Reality Exercise Using the Nintendo Wii Fit on Muscle Activities of the Trunk and Lower Extremities of Normal Adults. *J Physl Ther Sci*, 26(4), 271-273. DOI : 10.1589/jpts.26.271
- [3] M. Rensink, M. Schuurmans, E. Lindeman & T. Hafsteinsdóttir. (2009). Task-oriented training in rehabilitation after stroke: systematic review. *J Adv Nurs*, 65(4), 737-754. DOI : 10.1111/j.1365-2648.2008.04925.x
- [4] N. Maclean, P. Pound, C. Wolfe & A. Rudd. (2000). Qualitative analysis of stroke patients' motivation for rehabilitation. *BMJ*, 321(7268), 1051-1054. DOI : 10.1136/bmj.321.7268.1051
- [5] A. Turolla, M. Dam, L. Ventura, P. Tonin, M. Agostini, C. Zucconi, P. Kiper, A. Cagnin & L. Piron. (2013). Virtual reality for the rehabilitation of the upper limb motor function after stroke: a prospective controlled trial. *J Neuroeng Rehabil*, 10, 85. DOI : 10.1186/1743-0003-10-85
- [6] D. K. Lee. (2014). The Effects of Virtual Reality Training using Xbox Kinect on Balance, Gait and Function Recovery in Stroke patients. *Master's theses*. Sahmyook University, Seoul.
- [7] S. D. Byun, D. H. Cho, W. D. Choi, Y. H. Hong, Z. I. Lee & Y. S. Lee. (2012). Effects of the Balance Control Training in Chronic Hemiplegic Stroke Patients. *Brain & NeuroRehabilitation*, 5(1), 32-38. DOI : 10.12786/bn.2012.5.1.32
- [8] G. B. Song & E. C. Park. (2015). Effect of virtual reality games on stroke patients' balance, gait, depression, and interpersonal relationships. *J Phys Ther Sci*, 27(7),

2507-2060.

DOI : 10.1589/jpts.27.2057

- [9] G. M. Grace, P. T. Alpert, C. Cross, M. Louis & S. Kowalski. (2012). Postural balance in young adults: the role of visual, vestibular and somatosensory systems. *J Am Acad Nurse Pract*, 23(6), 375-381.  
DOI : 10.1111/j.1745-7599.2012.00699.x
- [10] B. B. Johansson. (2012). Multisensory Stimulation in Stroke Rehabilitation. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6, 60.  
DOI : 10.3389/fnhum.2012.00060
- [11] Y. S. Kim. (2017). Effects of the Audiovisual Virtual Reality Training Based on Different Degrees of Immersion on Dynamic Balancing Ability of Elderly. *Master's theses. Catholic university of pusan*, Busan.
- [12] B. E. Riecke & J. D. Jordan. (2015). Comparing the effectiveness of different displays in enhancing illusions of self-movement (vection). *Front Psychol*, 6, 713.  
DOI : 10.3389/fpsyg.2015.00713
- [13] Task Force. (1996). Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *Circulation*, 19(5), 1043-1065.  
PMID: 8598068
- [14] J. I. Kim & J. S. Lee. (2011). Effects of Clinical Training on Stress, Anxiety and Changes in Autonomic Nervous System in Nursing Students. *J Korean BiolNurs Sci*, 13(2), 102-108.  
ISSN : 1229-6155
- [15] Y. K. Kim, J. B. Choi, K. S. Seo, Y. S. Heo, B. C. Ahn & Y. S., Kim. (2005). Analysis of Heart Rate Variability in Patients BPH. *J. Korean Continence Society*, 9, 17-22.  
DOI : <https://doi.org/10.5213/jkcs.2005.9.1.17>
- [16] C. Y. Kim & J. H. Kang. (2016). Effects of the Vestibular Caloric Stimulation with Ice Water on the Autonomic Nervous System. *Journal of The Korean Society of Integrative Medicine*. 4(3), 27-30.  
ECN : I410-ECN-0102-2017-510-000553244
- [17] D. Nunan, G. R. Sandercock & D. A. Brodie. (2010). A quantitative systematic review of normal values for short-term heart rate variability in healthy adults. *Pacing Clin Electrophysiol*, 33(11), 1407-1417.  
DOI : 10.1111/j.1540-8159.2010.02841.x

강 종 호(Kang, Jong Ho)

[정회원]



- 2004년 2월 : 대구대학교 재활의학과 물리치료전공(이학석사)
- 2008년 2월 : 대구대학교 재활의학과 물리치료전공(이학박사)
- 2012년 2월 ~ 현재 : 부산가톨릭대학교 물리치료학과 교수

- 관심분야 : 물리치료, ICT/물리치료 융합
- E-Mail : swithun@cup.ac.kr

김 충 유(Kim, Chung Yoo)

[정회원]



- 2017년 2월 : 부산가톨릭대학교 물리치료전공(이학석사)

- 관심분야 : 물리치료, ICT/물리치료 융합
- E-Mail : friday861@naver.com