ISSN(print) 1226-5012
J Korean Ophthalmic Opt Soc. 22(3):221-228, September 2017
http://dx.doi.org/10.14479/jkoos.2017.22.3.221

Effect of Application Type on Fatigue and Visual Function in Viewing Virtual Reality(VR) Device of Google Cardboard Type

Hyungoo Kang[1,2], In wang Yoo[1], Jun Hyuk Lee[1], and Hyungki Hong[1,*]

[1]Dept. of Optometry, Seoul National Univ. of Science and Technology, Seoul 01811, Korea
[2]Dept. of Optometry, Kookje college, Pyung-Tak 17731, Korea
(Received July 25, 2017: Revised August 11, 2017: Accepted August 16, 2017)

Purpose: In Virtual Reality (VR) device of Google Cardboard type, change of the fatigue and the visual function was analyzed for two VR application. One application was VR theater (Movie) APP that viewing direction of participant was fixed and the other application was Titans of space (Travel) APP that required head movement of the participant. **Methods:** 20 people with the normal visual function, normal stereopsis, the normal, corrected visual acuity of better than 1.0, and age range of 21~27 years (average age of 24.6±1.91 years, 10 male and 10 female) were selected as participants. Participants who were wearing eyeglass were excluded. Before viewing VR device, fatigues using Simulator Sickness Questionnaire (SSQ) and the visual functions were measured. After 20 minutes viewing one APP using VR device, fatigues and the visual functions were remeasured. To minimize the effect of the visual function and fatigue, experiment using the other APP was done next day. **Results:** In the result of the visual function before and after viewing VR, statistically significant change occurred at Near point of convergence and Accommodation facility, but no abnormal change occurred. The change of fatigue was significant. In Movie and Travel APPs, overall fatigue was increased. Increase of fatigue survey score was statistically significantly larger for Travel APP compared with Movie APP in General discomfort and Nausea ($p<0.05$). **Conclusions:** The change of visual function before and after viewing VR device and between two APPs was not noticeable. However Fatigue was increased after viewing both APP. The increment was larger for Travel APP that required frequent head movement, compared with Movie APP that did not require head movement.

Key words: Virtual Reality, Application, Visual function, Fatigue

서 론

초기의 HMD(Head-mounted display 이하 HMD)는 상당한 무게가 있었으며, 기술적 한계로 현실감이나 몰입도가 좋지 않아 상용화되지 못하고 연구실이나 파일럿의 비행 훈련용도 등으로만 사용되었다.[1,2] 이후 HMD 기기는 게임기, 멀티미디어 기기 등으로 지속적인 발전이 이루어졌으며, 최근에는 스마트폰을 이용한 저렴한 가격의 구글 카드보드 타입(Google cardboard type)의 VR(Virtual reality) 기기의 보급으로 가상현실 영상을 일반 대중들도 쉽게 체험할 수 있게 되었다.[3] 이는 약 17~20D의 볼록렌즈를 이용한 카드보드 타입 VR과 간단한 애플리케이션 설치로 다양한 활용이 가능한 스마트폰, 자이로 센서와 가속도 센서를 이용한 Head tracking 기술, 고화질 360도 영상 등 다양한 기술이 접목되어진 결과이다.

기존의 HMD를 착용하고 가상현실을 체험할 때 다수의 연구에서 시기능의 변화와 피로가 유발됨을 보고하였다.[4-8] Howarth의 연구에 의하면 HMD를 이용한 영상 시청 후 일부 외사위로 변화와 근시성 변화를 보고하였으며,[4] Morse 등의 20분 동안 가상현실 시청 연구에서는 가상현실에 불편감이 있는 피실험자는 근거리 외사위 증가, AC/A 비 감소, 조절력 감소를 보고하였다.[5] 또한 Hasebe 등의 의한 연구에 따르면 25분의 HMD 시청은 AC/A 비와 입체 시력에는 영향을 주지 않았지만 폭주력 감소와 원시로의 변화를 유발한다고 하였다.[6] 또한 Sharples 등에 의한 연구에 따르면 HMD 기기는 데스크톱 모니터나 프로젝션 디스플레이에 비해 멀미나 방향 감각 상실 등을 유발하여 HMD로 입체 영상을 시청했을 때 가장 불편하다

*Corresponding author: Hyungki Hong, TEL: +82-2-970-6232, E-mail: hyungki.hong@snut.ac.kr
본 논문의 일부내용은 2017년도 한국안광학회 동계학술대회에서 구연으로 발표되었음

고 하였으며,[7] Lo 등의 연구에서는 20분간 가상현실을 시청했을 때 멀미가 심하게 나타난다고 하였다.[8] 그러나 2008년의 Kozulin 등에 의한 연구에 의하면 최근의 고해상도의 HMD 기기는 30분간 어린이가 시청해도 이상이 없을 정도로 불편함을 유발하지 않는다고 보고되었다.[9]

하지만 HMD 기기와 달리 카드보드 타입의 보급형 VR 기기에서는 360도를 구현하는 넓어진 시청 각도와 head tracking 기술 등을 이용하여 얼굴 움직임에 따른 영상 시청이 가능하게 되었다. 따라서 본 실험은 구글 카드보드 타입의 가상현실 기기의 착용 후 화면을 고정하고 보는 영상 시청 애플리케이션과 얼굴을 자주 움직여 시청하는 우주여행 애플리케이션을 비교하여 시청 환경에 따라 나타나는 피로도와 시기능 변화를 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 가상현실 기기의 원리

Fig. 1은 VR 기기의 기본 구조 및 원리를 나타낸다. 가상현실 기기는 양안을 통해 각각 다른 시각 정보를 받는다. 두 눈의 망막에 맺히는 한 사물의 다른 이미지가 뇌의 시각 처리 과정에서 같은 영상임을 인지하게 하고 입체감을 만들어준다. 렌즈를 통해 스마트폰 화면이 확대되어 70~80도 이상의 시야 크기로 보인다. 사용자 머리 위치를 감지하며 머리 이동 시 다른 화면을 보여준다.

Fig. 1은 렌즈, 스크린, 상의 거리와 공식을 이용하여 우리 눈과 렌즈 사이의 거리 D=0.0025 m, 렌즈와 스크린 사이의 거리 s=0.0464 m, 볼록렌즈의 20 D를 이용하여 실제로 우리 눈에 인지되는 상의 거리 s' 값을 계산할 수 있다. 본 실험에서는 Google cardboard의 권장 조건을 사용하였으며, 이를 통해 가상현실을 시청할 때 우리가 인지하는 상의 거리는 눈앞 약 0.67 m이다.[10]

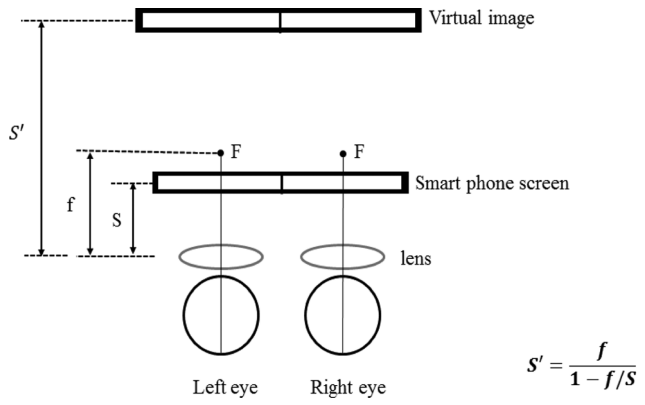

Fig. 1. Schematic configuration of VR device of google cardboard type.

Fig. 2. Photo of VR device and participant wearing VR.[11]

2. 실험대상

본 연구는 사시나 부등시, 특별한 안과 질환, 정신 질환, 전신 질환 등이 없고 가상현실기기 시청이 가능한 양안 교정시력이 1.0 이상인 21-27세 남녀 20명을 대상으로 실시하였다. 정시인 피 실험자는 나안 상태로, 굴절이상이 있는 피 실험자는 콘택트렌즈로 교정하여 실험을 실시하였으며 착용감 문제와 안경 렌즈로 인한 프리즘 영향 등을 최소화하기 위해 안경 착용 자는 배제하였다.

3. 실험기기

본 실험에 사용된 스마트폰은 LG G3 제품이고 가상현실 기기는 시중에 판매되고 있는 폭풍마경4이다. LG G3의 사양은 디스플레이 138.78 mm(약 5.5인치), Quad HD(2560 × 1440), 538 ppi이다. 폭풍마경4의 지원 가능한 스마트폰 사이즈는 4.7~5.7인치이며 58~68 mm까지 PD 조절이 가능하다. 사용된 렌즈는 비구면 설계로 적외선, 청광 차단 렌즈가 사용되고 96도 시야각을 제공한다.[11] 사용된 애플리케이션은 VR theater(이하 영상 시청, movie), Titans of space cardboard VR(이하 체험 앱, travel) 두 가지이고 VR theater 애플리케이션을 사용하여 시청한 영상은 'Toy story - that time forgot'이라는 TV Series이다. VR theater 애플리케이션은 Movie size 1440 × 1440, Screen type 16:9, Distance from the screen 20%의 옵션 값에서 진행되었다.

4. 피로도 설문

피로도 설문지는 Kuze 등에 의해 개발된 보완된 SSQ 설문지를 사용하여 5가지 범주, 28개 항목을 평가하였다(Table 1).[12] 보완된 SSQ(Simulator Sickness Questionnaire) 설문지는 MSQ(the Pensacola Motion Sickness Questionnaire)에서 개선된 것으로 시뮬레이터 장치에 의한 증상들을 각 범주마다 세부적으로 평가하는 방법이며, 디스플레이 장치

Table 1. Questionnaire for evaluating visual fatigue

List of fatigue survey	
Eyestrain	Blurry, Dry eye, Eyestrain, Gritty, Pain in the eye, Sting, Eye heavy, Hazy, Warm eyes, Flickering, Watery eyes.
General discomfort	Feeling heavy in the head, Difficulty concerning, Dizzy, Stiff neck, Sleepy, Feel heavy, Stiff shoulder.
Nausea	Vomiting, Vertigo, Nausea
Focusing	Difficulty focusing, Double vision, Near vision difficulty, Far vision difficulty.
Headache	Pain in the temple, Pain in the middle of the forehead, Pain in the back of the head.

의 피로도 연구에 널리 쓰이는 조사 방법 중 하나이다.[13] 피로도는 최소 1점의 무증상부터 최대 7점의 매우 심각한 증상으로 영상 시청 전·후 피검자가 응답하여 피로도의 증상 변화를 기록하였다.

5. 검사방법

본 실험은 영화관에서 영화를 보는 것 같은 효과를 내는 'VR theater'(이하 영상시청)와 우주선을 타고 태양계를 탐험하는 'Titans of space cardboard VR'(이하 체험 앱) 두 가지 애플리케이션이 사용되었다. Fig. 3에 표시한 것처럼 실험은 서로 다른 날에 진행되었으며, 체험하는 애플리케이션의 종류를 제외하고 실험 방법은 동일하였다. 실험에 앞서 28가지 항목의 피로도 설문을 실시하였고, 수평/수직 사위, 수평 융합력, 조절 용이성, 폭주 근점, 최대 조절력, 상대 조절, 버전스 용이성, 조절 래그의 시기능 검사를 실시하였다.

피로도 설문과 시기능 검사를 마친 후 'VR theater' 애플리케이션으로 가상현실 공간 속의 영화관에서 'Toy story - that time forgot' 영상을 20분간 시청하였다. 20분이 지난 직후 다시 시기능 검사와 피로도 설문을 실시하였다. 다른 날에도 마찬가지로 실험 전 피로도와 시기능 검사를 실시 한 후 'Titans of space cardboard VR' 애플리케이션으로 가상현실 공간 속에서 우주선을 타고 우주 공간 탐험을 20분간 실시하였다. 20분이 지난 후 다시 시기능 검사와 피로도 설문을 실시하였다. 순서에 의한 영향을 최소화하고자 10명은 영상 시청 애플리케이션으로 먼저 실험하였으며, 나머지 10명은 우주여행 체험 애플리케이션을 먼저 실험하였다.

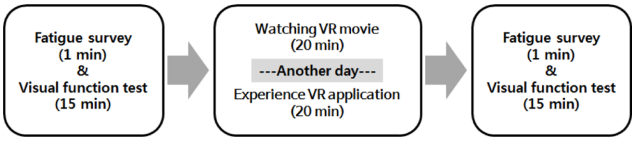

Fig. 3. Experimental procedure. Test of Movie or Application was performed at different days.

두 애플리케이션의 차이점은 VR theater는 시선이 고정되어 영화를 관람하여 머리의 움직임이 거의 없으나, Titans of space cardboard VR은 체험형 애플리케이션이기 때문에 글을 읽고 행성을 보기 위해 시선과 머리의 움직임을 필요로 한다.

결과 및 고찰

1. 시기능 검사 결과 및 고찰

Table 2는 영상시청(Movie)과 체험 앱(Travel) 사용 전·후 시기능 검사 항목 중 비교적 유의한 차이를 보인 폭주 근점과 최대 조절력의 변화량 및 p 값을 나타내었다.

폭주 근점 변화 차이에서는 영상 시청(p=0.029), 체험 앱(p=0.006)으로 모두 유효한 차이가 나타났다(Fig. 4). 영상 시청에서는 시청 전 6.47±2.18 cm에서 시청 후 7.45±3.04 cm로 0.98±1.91 cm 멀어졌으며, 체험 앱에서는 체험 전 6.19±1.55 cm에서 6.97±2.18 cm로 0.78±1.17 cm 멀어졌다.

Table 2. Differences and p-values for the oculomotor changes in the movie and space travel application before and after viewing VR APP (*: p-value<0.05)

Visual function	Movie (post-pre)		Movie (post-pre)	
	Pre-Post	p-value	Pre-Post	p-value
N.P.C (cm)	−0.98±1.91	0.029*	−0.78±1.17	0.006*
A.F.(O.D.) (cycle/min)	−0.19±3.51	0.806	1.05±2.38	0.057
A.F.(O.S.) (cycle/min)	0.24±3.22	0.739	1.14±2.24	0.030*
A.F.(O.U.) (cycle/min)	0.71±3.11	0.306	1.48±3.59	0.074

N.P.C. = Near Point of Convergence, A.F. = Accommodative Facility.

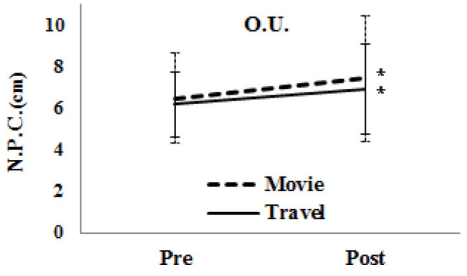

Fig. 4. Results of near point of convergence after watching movie and space travel application. Statistical significant difference between before and after watching application noted by *. (*p-value<0.05)

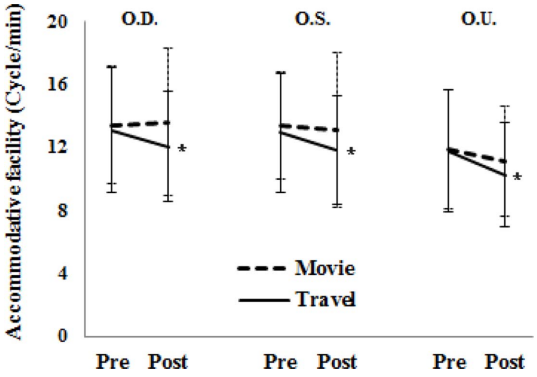

Fig. 5. Results of accommodative facility after watching movie and space travel application. Statistical significant difference between before and after watching application noted by *.

두 종류의 애플리케이션 모두 폭주 근점이 증가하였으나 폭주 근점 정상 값은 약 7±3 cm이므로 VR 시청 전 정상 범위의 폭주 근점 값을 가지던 피 실험자가 시청 후 비정상 값 범위로 바뀌는 현상은 나타나지 않았다.[14]

조절 용이성은 체험 앱의 왼쪽 눈에서 만 1.14±2.24 cycle/min(p=0.030) 감소하였으며, 오른쪽 눈 1.05±2.38 cycle/min(p=0.057)과 양안 1.48±3.59 cycle/min(0.074)으로 모든 조절 용이성 값이 비교적 유의하게 감소하는 경향을 보였다(Fig. 5).

시기능 값 중에서 수평/수직 사위, 수평 융합력, 최대 조절력, 상대 조절, 버전스 용이성, 조절 래그 모두 VR 영상과 체험 앱 전·후 유의한 차이가 나타나지 않았다.

폭주 근점은 두 가지 시청 조건에서 모두 감소하였는데 이러한 경향은 VR 시청 조건이 근거리 시청 조건과 비슷하기 때문으로 추측된다. 기존의 근거리 영상 시청에 관한 연구들을 살펴보면 조절 관련 검사에서 감소 경향을 확인할 수 있다.[15-17] 박 등의 40 cm에서 스마트폰과 종이 매체 사용 후 조절 반응 비교에서 단안 및 양안의 조절 용이성 감소와 조절 래그의 증가를 보고하였으며,[15] 강 등의 50 cm에서 노트북을 시청한 연구를 살펴보면 조절 용이성, 폭주 근점, 최대 조절력의 감소를 보고하였다.[16] 또한 김 등의 연구에서도 30분간 1 m에서 2D 및 3D 영상을 시청했을 때 조절력의 감소를 보고하였다.[17] 하지만 비교적 원거리인 2.5 m 시청 거리에서는 2D 및 3D 영상을 시청할 때 시기능 변화가 관찰되지 않았으며,[18] 한쪽 눈에만 영상을 보여주는 단안용 웨어러블 구글글라스 같은 경우에도 조절 기능에 거의 영향을 끼치지 않았다.[19] 본 실험에 사용된 구글 카드보드타입의 VR 기기를 통해 보이는 영상은 눈앞 약 0.67 m인 비교적 근거리에 형성되므로 20분간의 시청에도 폭주 근점이 멀어지는 경향을 나타낸 것으로 보인다.

또한 조절 용이성 횟수가 우주여행 애플리케이션에서만 감소하는 경향이 나타났는데 이는 더 많은 머리 움직임과 이에 따른 안구 운동 요구에 의한 피로 때문으로 예상할 수 있다. 이는 Ebenholtz의 연구에서 안구 운동 긴장(oculomotor tonus)의 변화는 조절 이력현상(accommodative hysteresis)을 유발하고 이러한 안구 운동 긴장의 정도가 우주여행 애플리케이션에서 더 크기 때문에 조절 용이성의 감소가 커진 것으로 판단된다.[17,20]

2. 피로도 설문 결과 및 고찰

다음은 설문지의 28가지 세부사항에 대한 영상 시청 'VR theater' 와 우주여행 애플리케이션 'Titans of space cardboard VR' 의 전·후 차이와 p 값을 나타낸 것이다. 시기능 결과와 달리 대부분의 항목에서 유의한 차이가 나타났다.

1) 눈의 긴장(Eye strain) 범주

눈의 긴장(Eye strain) 범주에서는 흐려 보이거나 번져 보임(Blurry), 건조함/뻑뻑함(dry eye), 눈의 긴장(eye strain),

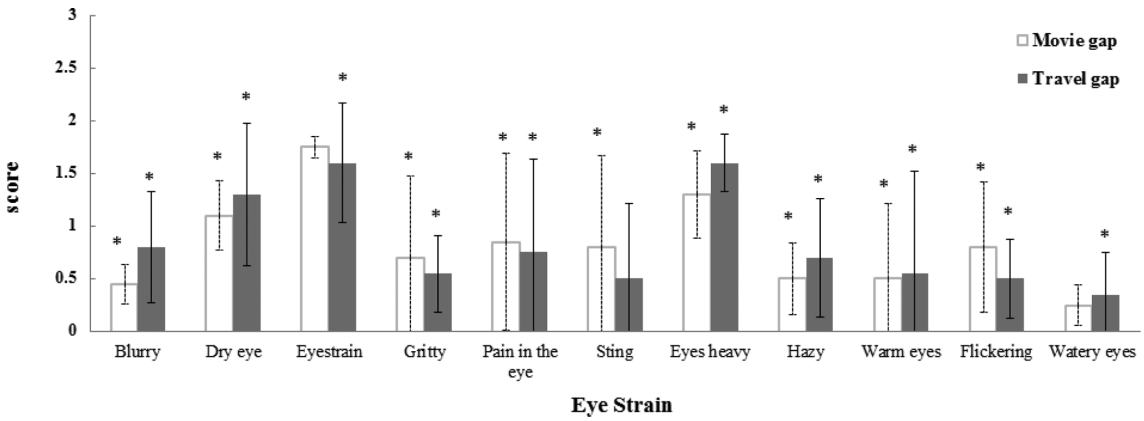

Fig. 6. Result of visual fatigue survey between movie and space travel application before and after differences of eye strain category. (*: p-value<0.05)

이물감(gritty), 안구의 통증(pain in the eye), 따가움/쓰라림(sting), 눈의 졸음/몽롱함(eyes heavy), 안개 낀 듯 희뿌옇게 보임(hazy), 안구의 발열(warm eyes), 자극을 받아 깜박임(flickering), 눈물 남(watery eyes)의 11가지 세부 항목을 조사하였다.

영상시청과 체험 앱 모두 11개 항목에서 실험 후에 피로도가 증가하였다. 영상 시청에서는 눈물 남 항목을 제외하고 모두 유의한 변화를 나타내었으며, 체험 앱에서는 따가움/쓰라림 항목을 제외하고 모두 유의한 변화를 나타내었다.

2) 일반적인 불편함(General discomfort) 범주

일반적인 불편함(General discomfort) 범주는 머리가 무거운 느낌(Feeling heavy in the head), 몸이 무거운 느낌(Feel heavy), 집중하기 어려움(Difficulty concentrating), 어지러움(Dizzy), 어깨의 뻐근함(Stiff shoulder), 목의 뻐근함(Stiff neck), 졸림(Sleepy)의 7개 세부항목으로 나뉜다.

영상 시청과 체험 앱 모두 7개 항목에서 실험 후에 피로도가 증가하였으며 유의한 차이를 보였다.

3) 멀미(Nausea), 초점 맞추기 어려움(Focusing difficulty), 두통(Headache) 범주

멀미(Nausea) 범주는 3개의 세부 항목 구토(Vomiting), 현기증/어지러움(Vertigo), 메스꺼움(Nausea)으로 나뉘고 집중하기 어려움(Focusing difficulty) 범주는 4개의 세부 항목 초점 맞추기 어려움(Difficulty focusing), 복시(Double vision), 가까운 것이 잘 안 보임(Near vision difficulty), 먼 곳이 잘 안 보임(Far vision difficulty)으로 나뉘며 두통(Headache) 범주는 3개의 세부 항목 관자놀이 쪽 두통(Pain in the temple), 이마 쪽 두통(Pain in the middle of the forehead), 뒤통수 쪽 두통(Pain in the back of the forehead)으로 나뉜다.

멀미, 집중하기 어려움, 두통 범주의 그래프에서는 10개 항목에서 모두 피로도가 증가하였지만 일부에서만 유의한 변화를 보였다. 영상 시청에서는 메스꺼움, 초점 맞추기 어려움, 이마 쪽 두통 3가지 항목에서만 유의한 변화를 나타내었고, 체험 앱에서는 구토, 현기증/어지러움, 메스꺼움, 가까운 것이 잘 안 보임, 먼 곳이 잘 안 보임, 관자놀이 쪽 두통, 이마 쪽 두통의 7개 항목에서 유의한 변화를 나타내었다.

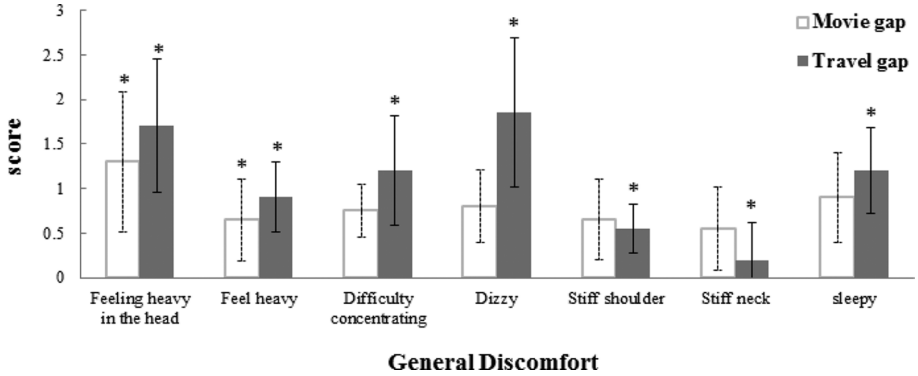

Fig. 7. Result of visual fatigue survey between movie and space travel application before and after differences of general discomfort category. (*: p-value<0.05)

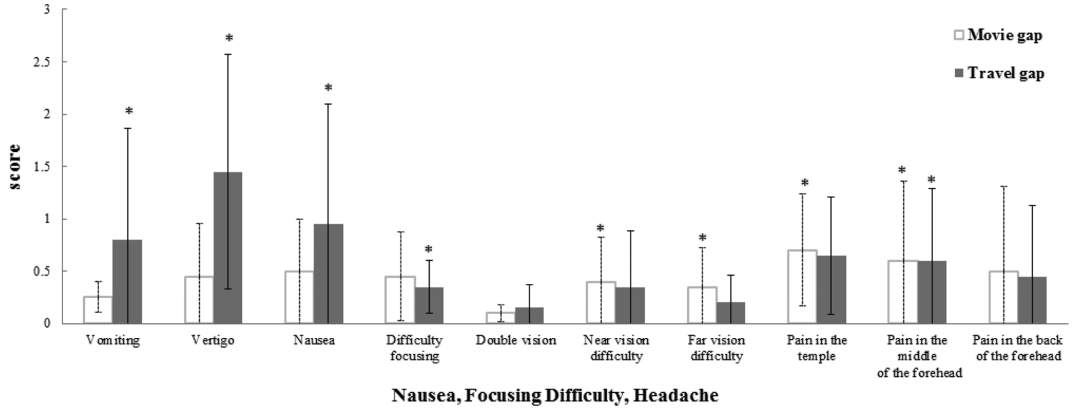

Fig. 8. Result of visual fatigue survey between movie and space travel application before and after differences of nausea, focusing difficulty and headache category. (*: p-value<0.05).

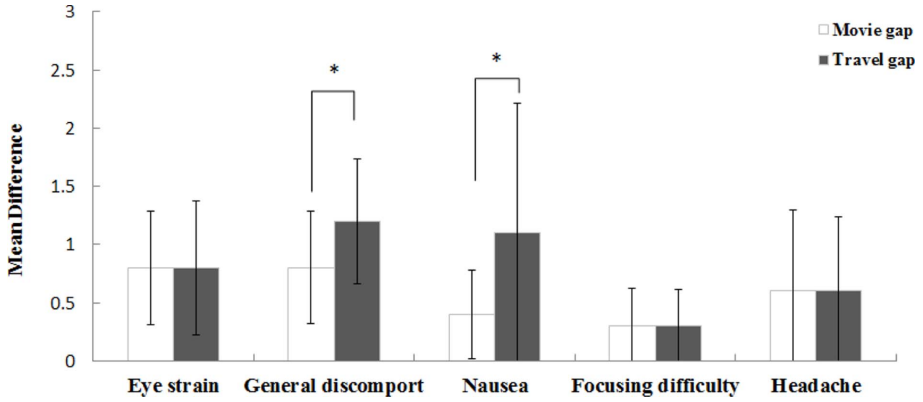

Fig. 9. Average differences of eye strain, general discomfort, nausea, focusing difficulty and headache category in visual fatigue survey between movie and space travel application. (*: p-value<0.05)

4) 5가지 범주의 평균값 차이

28가지 피로도 설문 문항을 눈의 긴장(Eye strain), 일반적인 불편함(General discomfort), 멀미(Nausea), 집중력(Focusing difficulty), 두통(Headache)의 5가지 큰 범주로 나타낼 수 있다.

상기 표는 5가지 범주에 해당하는 점수를 실험 후와 전 값 차이의 평균을 낸 값이다. 그래프의 높이를 통해 모든 부분에서 피로도가 증가한 것을 알 수 있다. 눈의 긴장 범주는 영상 시청과 체험 앱 모두 수치상 0.8의 피로도가 증가하였고 집중력 범주에서도 약 0.3 증가, 두통 범주에서도 0.5 증가하였다. 영상 시청과 체험 앱 사이의 피로도에서 차이가 나타난 것은 일반적인 불편함과 멀미 두 가지 범주였다. 두 범주에서 모두 영상 시청보다 체험 앱의 증가 수치가 더 높았다. 일반적인 불편함 범주의 경우 피로도 증가 값이 영상 시청이 0.8 체험 앱이 1.2로 체험 앱에서 0.4 더 증가한 것으로 나타났으며, 멀미 범주에서는 영상 시청의 경우 0.4 증가하였지만 체험 앱의 경우 1.1 증가 한 것으로 나타나 체험 앱에서 두 배 이상 증가하는 결과를 보였다.

피로도의 경우 모든 항목에서 증가하였지만 영상 시청보다 체험 앱의 경우에 일반적인 불편함과 멀미 항목에서 더 많이 증가한 것을 알 수 있다. 또한 피로도 검사를 종합적으로 살펴보면 영상 시청 후에 총 28가지 평가항목 중에 20가지 항목에서 유의한 차이를 보였으며 체험 앱 사용 후에는 24가지 항목에서 유의한 차이를 보여 체험 앱 사용 시 피로도가 더 증가한 것을 확인 할 수 있다.

구글 카드보드 타입 VR에서는 두 가지 애플리케이션 모두 20분 시청에도 피로가 상당히 발생되었다. 그 원인은 크게 두 가지 요인, 휴먼 팩터(Human factor)와 장치적 요인(Device factor)으로 나누어 생각할 수 있다. 먼저 휴먼 팩터를 살펴보면 구글 카드보드 타입 VR에서는 기기의 PD를 개인별로 맞추어 사용하도록 돼있지만 대부분의 경우 PD와 OH를 정확히 맞추지 못한 상태에서 VR 기기를 사용하게 된다. 이로 인해 +17~20D의 렌즈로 인해 상당한 편위가 유발되었음을 유추할 수 있다. 또한 장치적 요인을 살펴보면 높은 도수의 렌즈에 의한 수차나 볼록렌즈로 인한 상의 확대로 영상의 질이 떨어졌기 때문으로 생각할 수 있다. 다음으로 또 다른 장치적 요인(Device factor)인 영상표시의 지체(Lag)로 인해 피로가 유발되었음을 생각할 수 있다. 영상표시 장치의 지체는 시선의 움직임을 영상표시 장치가 재빠르게 따라오지 못하는 현상이다.[21] 최근 발표된 Oculus lift와 같은 고가의 VR 전용 기기의 가상현실 기기의 반응 지연시간은 18 ms로 시각 정보가 시신경을 타고 뇌의 시각중추로 전달되는 시간인 약 20 ms보다 빠르게 제작되었으나 일반 스마트폰을 이용한 보급형 VR 기기는 이에 미치지 못한다.[22]

영상 시청 애플리케이션보다 우주여행 체험 앱에서 피로도가 크게 발생한 이유는 다음과 같이 유추할 수 있다. 영상 시청의 경우 시선이 한 방향으로 고정되어 있고 머리 움직임이 적어 VR 시청 시 불편감의 원인인 사이버 멀미(Cybersickness) 때문에 피로도가 증가하였다고 생각된다. 사이버 멀미란 컴퓨터, TV 화면 등을 사용해 가상현실을 시청 할 때 발생하는 멀미로 전정-시각기관의 부조화 등에 의해 발생하는 멀미이다.[21-24] 반면 우주여행 체험 앱의 경우 적극적인 머리 움직임으로 시선을 많이 바꾸어 VR 시청 시 불편감의 원인인 사이버 멀미(Cybersickness) 와 일반적 멀미(Motion sickness) 두 가지 증상이 모두 나타나기 때문에 피로도가 더 크게 증가하였다고 생각된다. 일반적 멀미란 롤러코스터, 자동차 등을 탔을 때 생기는 멀미이다. 또한 가상현실 속에서 우주선을 타고 이동하지만 우리 신체는 의자에 고정되어있는 불일치가 일반적인 멀미의 증가와 관련돼있다.[21-24] 이러한 이유로 우주여행 애플리케이션 체험 시 일반적인 불편감, 멀미 항목에서 영상시청 애플리케이션에 비해 피로도가 증가하였다고 생각된다.

결과적으로 VR 시청이 시기능에 비해 피로도에 더 많은 영향을 주었다. 시기능과 피로도에서 상반된 결과를 나타낸 이유는 가상현실 기기가 대뇌의 시각 처리 과정을 속여 입체감을 형성하기 때문일 것이다. 단순히 주시 물체에서 망막까지의 전달 과정에 이상이 있다면 시기능 관련 문제가 발생하지만 대뇌의 물체 인식 과정이 현실과 차이가 있는 VR의 원리는 피로도를 증가시키는 것이다.

결 론

본 연구는 VR 애플리케이션 종류에 따라 20분 정도의 시청이 시 생활에 어떠한 영향을 미치지는 지 확인하고자 하였다. 시기능 측면에서는 두 가지 애플리케이션 모두 폭주 근점의 감소를 보였으며, 조절 용이성은 체험 애플리케이션에서만 감소하는 경향을 보였다. 하지만 VR 시청 전 정상 값을 가지던 피실험자가 VR 시청 후 비정상 값으로 변하는 정도의 차이는 나타나지 않았다. 그 외에 수평·수직 사위, 버전스 용이성, 양성·음성 상대 조절, 최대 조절력, 조절 래그 등의 항목에서는 유의한 차이를 보이지 않았다.

피로도 측면에서는 시기능 검사와는 대조되는 결과로 영상 시청 애플리케이션을 시청하는 경우와 체험 애플리케이션을 체험하는 경우 모두 20분의 짧은 시청 시간에도 큰 변화를 보였으며 영상 시청 애플리케이션에 비해 체험 애플리케이션 시청 후 피로가 더 크게 증가하였다.

따라서 실험에 사용된 VR 기기를 통해 20분 정도 가상현실을 체험할 때 상당한 불편함이 발생되는 것으로 판단되며, 이를 보완하기 위해서는 개인의 PD와 OH 등 휴먼팩터를 고려한 설계와 스마트폰의 해상도 및 반응 속도의 향상 등 기술의 발전, VR 기기 사용 시 주의사항 첨부 등이 요구된다.

감사의 글

이 연구는 서울과학기술대학교 교내연구비의 지원으로 수행되었습니다.

REFERENCES

[1] Kress B, Starner T. A review of head-mounted displays (HMD) technologies and applications for consumer electronics. Proc SPIE. 2013;8720:87200A1-13.

[2] Bhayani SB, Andriole GL. Three-dimensional (3D) vision: Does it improve laparoscopic skills? an assessment of a 3D head-mounted visualization system. Rev Urol. 2005; 7(4):211-214.

[3] Google VR. Google Cardboard, 2014. https://vr.google.com/cardboard (21 July 2017).

[4] Howarth PA. Oculomotor changes within virtual environments. Appl Ergon. 1999;30(1):59-67.

[5] Morse SE, Jiang BC. Oculomotor function after virtual reality use differentiates symptomatic from asymptomatic individuals. Optom Vis Sci. 1999;76(9):637-642.

[6]Hasebe H, Oyamada H, Ukai K, Toda H, Bando T. Changes in oculomotor functions before and after loading of a 3-D visually-guided task by using a head-mounted display. Ergonomics. 1996;39(11):1330-1343.

[7] Sharples S, Cobb S, Moody A, Wilson JR. Virtual reality induced symptoms and effects (VRISE): Comparison of head mounted display (HMD), desktop and projection display systems. Displays. 2008;29(2):58-69.

[8] Lo WT, So RH. Cybersickness in the presence of scene rotational movements along different axes. Appl Ergon. 2001;32(1):1-14.

[9] Kozulin P, Ames SL, McBrien NA. Effects of a head-mounted display on the oculomotor system of children. Optom Vis Sci. 2009;86(7):845-856.

[10] Google VR. Google Cardboard for Manufacturers, 2016. https://static.googleusercontent.com/media/vr.google.com/ko//cardboard/downloads/manufacturing-guidelines.pdf(21 July 2017).

[11] Baofeng Mojing. 3D VR Glasses Virtual Reality Headset, 2016. http://mall.baofeng.com/product/100006(21 July 2017).

[12] Kuze J, Ukai K. Subjective evaluation of visual fatigue caused by motion images. Displays. 2008;29(2):159-166.

[13] Bruck S, Watters PA. The factor structure of cybersickness. Displays. 2011;32(4):153-158.

[14] Benjamin WJ. Borish's clinical refraction, 2nd Ed. Birmingham: Elsevier, 2006;395-396.

[15] Park M, Ahn YJ, Kim SJ, You J, Park KE, Kim SR. Changes in accommodative function of young adults in their twenties following smartphone use. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2014;19(2):253-260.

[16] Kang H, Oh S, Kim Y, Hong H. Study of change of fatigue and visual function before and after viewing 2D and 3D at near distance. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2017;22(2):119-126.

[17] Kim JH, Hwang HY, Kang JH, Yu DS, Kim JD, Son JS. The influence of accommodation on watching home 3D TV at close distance. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2013;18(2):157-163.

[18] Kang HG, Jang YS, Kim UJ, Hong HK. Study of the change of the fatigue and the visual function before and after viewing 2D and 3D movies. Korean J Vis Sci. 2016; 18(2):121-133.

[19] Kim JH, Park IJ, Chu BS. short term effect of monocular wearable device on accommodation. Korean J Vis Sci. 2017;19(2):61-68.

[20] Ebenholtz SM. Accommodative hysteresis: relation to resting focus. Am J Optom Physiol Opt. 1985;62(11):755-

762.
[21] Davis S, Nesbitt K, Nalivaiko E. A systematic review of cybersickness. Proceedings of the 2014 Conference on Interactive Entertainment. 2014;1-9.
[22] Davis S, Nesbitt K, Nalivaiko E. Comparing the onset of cybersickness using the Oculus Rift and two virtual roller coasters. Proceedings of the 11th Australasian Conference on Interactive Entertainment. 2015;167:3-14.
[23] LaViola JR JJ. A discussion of cybersickness in virtual environments. ACM SIGCHI Bulletin. 2000;32(1):47-56.
[24] Lee HJ, Jang MH, Mah KC. The visual effect resulting from virtual reality. Korean J Vis Sci. 2010;12(3):153-162.

구글 카드보드 타입 가상현실기기(VR)에서 애플리케이션 특성이 시기능 및 피로도에 미치는 영향

강현구[1,2], **유인왕**[1], **이준혁**[1], **홍형기**[1,*]
[1]서울과학기술대학교 안경광학과, 서울 01811
[2]국제 대학교 안경광학과, 평택 17731
투고일(2017년 7월 25일), 수정일(2017년 8월 11일), 게재확정일(2017년 8월 16일)

목적: 구글 카드보드 타입 가상현실기기(Virtual reality)에서 시청 전·후 시기능 및 피로도 변화를 시청 방향을 고정하는 VR Theater와 시청 시 머리 움직임이 필요한 Titans of space cardboard VR 두 가지 애플리케이션을 사용하여 비교 분석하였다. **방법:** 사시, 부등시 및 안과적 질환과 기타 질환이 없고 교정시력이 1.0 이상이며 입체시가 가능한 21-27세(평균 나이: 24.6±1.91세, 남 10명, 여 10명)을 실험 대상으로 하였다. 안경 착용자는 제외하였다. 실험 방법은 VR 시청 전 시기능 검사 및 피로도 설문을 진행하고 VR을 20분 사용 후 다시 시기능 검사 및 피로도 설문을 진행하였다. 시기능이나 피로도 영향을 최소화하고자 실험 다음날 다른 종류의 애플리케이션을 시청하여 실험하였다. **결과:** VR 사용 전·후의 시기능 값은 폭주 근점과 조절 용이성에서 일부 유의한 차이를 보였으나, 비정상 값으로 변하는 정도의 차이는 나타나지 않았다. 피로도 값은 유의한 차이를 보였다. 두 가지 애플리케이션 모두 전체적인 피로도가 증가하였고, 영상 시청 애플리케이션보다 우주 체험 애플리케이션에서 일반적 불편감(General discomfort), 메스꺼움(Nausea) 항목의 피로도 증가 수치가 통계적으로 유의하게 더 높았다($p<0.05$). **결론:** 시기능 검사에서는 VR 체험 전·후와 애플리케이션 종류에 따라 큰 차이가 나타나지 않았다. 하지만 피로도 조사에서는 두 가지 애플리케이션 모두 체험 후 불편감의 증가를 나타내었으며, 시청 방향을 고정하는 영상 시청 경우보다 머리의 움직임이 많은 체험형 애플리케이션에서 더 크게 나타났다.

주제어: 가상 현실, 애플리케이션, 시기능, 피로도