

# Effects on Ocular Dryness and Optical Quality when Watching Movies Using a Virtual Reality Device

Jinwoong Lee<sup>1</sup> and Hyungki Hong<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Optometry, Seoul National University of Science and Technology, Student, Seoul 01811, Korea

<sup>2</sup>Dept. of Optometry, Seoul National University of Science and Technology, Professor, Seoul 01811, Korea

(Received October 31, 2022; Revised November 15, 2022; Accepted November 16, 2022)

**Purpose:** The aim of the present study was to compare the effects of watching movies with two-dimensional (2D) display and virtual reality (VR) devices on ocular dryness, optical quality, subjective fatigue, and dryness. **Methods:** We enrolled 37 adults with binocular corrected visual acuity  $\geq 0.8$  who did not have eye disease or visual dysfunction. We measured changes in noninvasive break-up time (NIBUT), traumatic macular hole (TMH), and corneal higher-order aberration (HOA) before and after watching the same 40-min movies using 2D display and VR devices. In addition, subjective changes in fatigue and dryness were measured using the VR sickness questionnaire (VRSQ) and ocular surface disease index (OSDI) questionnaire. **Results:** NIBUT after watching movies had increased by  $4.57 \pm 4.73$  s for VR devices and decreased by  $-6.3 \pm 2.98$  s for 2D display compared to before watching movies. The difference in TMH was  $0.03 \pm 0.05$  mm for VR devices and  $-0.02 \pm 0.03$  mm for 2D display. In the pupils of 4-mm size, HOA decreased by  $-0.04 \pm 0.18$   $\mu\text{m}$  for VR devices and increased by  $0.1 \pm 0.12$   $\mu\text{m}$  for 2D display. In the pupils of 6 mm size, HOA decreased by  $-0.05 \pm 0.28$   $\mu\text{m}$  for VR devices and increased by  $0.15 \pm 0.17$   $\mu\text{m}$  for 2D display. NIBUT, TMH, and corneal HOA results and trends differed significantly between VR devices and 2D display ( $p < 0.05$ ). The VRSQ score differed by  $9.46 \pm 4.54$  for VR devices and  $7.32 \pm 3.39$  for 2D display ( $p = 0.009$ ). The OSDI score differed by  $12.3 \pm 7.36$  in VR devices and  $9.59 \pm 5.93$  in 2D display ( $p = 0.062$ ). **Conclusions:** In this study, NIBUT, TMH and corneal HOA were stabilized, while subjective symptoms were affected when watching movies using VR devices. As VR device use increases, visual acuity and dry eyes should be continuously researched.

**Key words:** Virtual reality, NIBUT, TMH, Corneal higher-order aberrations

## 서론

최근 2019년부터 현재까지 지속되고 있는 COVID-19 팬데믹 영향으로 온택트 활동이 늘어나면서 디지털 매체 사용 시간이 증가하였고 이에 따라 눈의 피로감과 안구건조증 유병률을 증가시켰다.<sup>[1]</sup> 디지털 기기의 지속적인 사용은 깜박임 속도 감소와 불안정한 깜박임의 빈도를 증가시켜 안구 표면이 외부 환경에 노출되고 눈물의 과도한 증발을 초래할 수 있다. 그에 따라 눈물층이 불안정해지고 각막 고위수차(coneal higher-order aberration, HOA)를 증가시키며 특히 건성안에서 더 큰 경향을 보인다. 결과적으로 안구건조증으로 인한 비정상적인 눈물막의 질과 구조는 시력저하로 이어진다.<sup>[2-4]</sup>

최근 디지털 기기는 4차산업 혁명으로 2D display 뿐 만 아니라 메타버스 기반 가상현실(visual reality, VR), 증강

현실(argumented reality, AR)로 확장되고 있다. 특히 가상 현실은 3차원 가상 공간에서 다감각을 활용한 상호작용을 제공하여 가상 환경을 통해 몰입도가 높은 활동을 할 수 있도록 하는 기술로서 교육, 훈련, 의료, 마케팅, 헬스케어 등 다양한 분야에 활용되고 있다.<sup>[5]</sup> 하지만 VR HMD는 2D Display보다 시정거리가 가깝고 몰입도가 높아 사용 중에 순목횡수 및 속도가 감소하여 지속적인 사용은 안구건조에 영향을 줄 수 있다고 하였다.<sup>[6]</sup> 그와 반대로 Marshev 등은 20분간 가상현실 HMD 착용 시 눈 깜박임 지속시간 및 빈도에 관한 연구에서 기존 데스크톱 모니터의 효과와 비슷하고 사용자의 깜박임 속도 및 깜박임 간격에 영향을 미치지 않는다고 보고하였다.<sup>[7]</sup> Turnbull 등은 VR HMD는 지속적인 열 생산을 통해 안구 주위 온도를 상승시켜 가열된 수분 고글과 유사한 치료 효과로서 영향을 미칠 수 있다고 보고하였다.<sup>[8]</sup> 연구 결과 VR HMD의 사용 후 2D

\*Corresponding author: Hyungki Hong, TEL: +82-2-970-6232, E-mail: hyungki.hong@snut.ac.kr  
Authors ORCID: <sup>a</sup>https://orcid.org/0000-0002-2782-7329, <sup>b</sup>https://orcid.org/0000-0001-5249-9243

display 대비 안구표면 온도가 증가하여 눈물 지질층 두께와 눈물막 안정성에 유의미한 개선을 보였다고 하였다. 이처럼 VR HMD에 대한 관심이 많아지고 있지만, 장기간 사용이 안구건조에 미치는 영향에 대한 종합적인 연구가 부족한 실정이다. 또한 VR HMD 착용과 관련된 안구건조의 다양한 매개변수와 주관적 피로도, 건조감에 대한 2D와의 비교 결과는 없었다. 본 연구에서는 VR HMD를 활용한 가상현실 영상 시청이 안구건조와 더 나아가 시력의 질에 미치는 영향에 대해서 알아보고자 하였으며, 자각적 피로도 및 건조감에 미치는 영향에 대해서 확인하고자 한다.

**대상 및 방법**

**1. 실험대상**

본 연구의 내용을 충분히 이해하고 취지에 동의하며 전신질환 및 안질환 등의 병력이 없고 약시, 사시, 부등시와 같은 양안시 이상이 없는 대학생 남 20명 여 17명 총 37명, 74안(평균연령 22.33±1.84세)을 대상으로 선정하였다. 나안 및 교정시력은 0.8~1.0이고 평균 등가구면 굴절력은 우안이 -0.06±0.42D이고, 좌안이 0.00±0.51D이었다. 모든 평가는 양안 평균 값으로 하였다. VR HMD는 아직까지는 시기능 특성에 따른 사용자의 제한이 없고, 다양한 계층의 일반인이 사용할수 있는 기기이기 때문에, 피검자 중 안경 착용자 14명, 소프트 콘택트렌즈 착용자 12명, 나안 7명, 시력교정 수술자 4명으로 구성되었다(Table 1).

**2. 실험도구**

VR HMD는 1832x1920 해상도, 90Hz 화면 주사 성능의 Oculus Quest 2(Meta, USA)를 사용하였다(Fig. 1). VR HMD와 비교를 위해 LCD 모니터로 2D Display 영상을 시청하도록 하였다. LCD 모니터는 116 cm(46인치), 해상도 1920×1080 Full HD이다. 또한 2D display 모니터와 VR HMD 화면 내의 영화가 표시되는 크기를 유사한 조건으로 설정하여 시청하는 데 있어 이질감을 최소화 하였다.

**3. 설문**

**1) 피로도 설문**

눈 피로도 측정도구인 virtual reality symptom question-

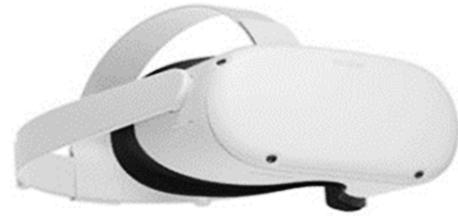


Fig. 1. Virtual reality device.

naire(VRSQ)를 사용하여 눈의 주관적인 피로도를 측정하였다.<sup>10)</sup> 이 도구는 13가지 문항에 대해 각 문항의 ‘없음’ 0점에서 ‘중증’ 6점까지 응답하며, 점수가 클수록 눈의 피로도가 크다는 것을 의미한다. 전신 증상 범주에서는 전반적 불편함(general discomfort), 피로감(fatigue), 지루함(boredom), 졸림(drowsiness), 두통(headache), 어지러움(dizziness), 주의집중 곤란(difficulty concentrating), 메스꺼움(nausea), 총 8가지 문항이 포함되어 있다. 눈 관련 증상에서는 눈 피로감(tired eyes), 아픔/시림(sore/aching eyes), 안정피로(eyestrain), 흐림(blurred vision), 초점 맞추기 어려움(difficulty focusing)의 5가지 문항이 포함되어 있다. 모든 값은 VR HMD와 2D Display 시청 전·후 전체 점수와 항목별 점수 차이 값으로 나타내었다.

**2) 건조감 설문**

안구표면질환지수(Ocular Surface Disease Index, OSDI) 설문은 건조 관련 증상을 주관적으로 확인하기 위한 도구로서 눈이 빛에 예민하다(sensitivity), 까칠하다(glittering), 눈이 따갑거나 쭈신다(sore), 시야가 흐리다(blare), 앞을 보기 힘들다(difficulty in focusing)의 총 5가지 질문으로 구성되어 있다. 각 질문마다 0에서 4점으로 응답하여 각 점수의 총합을 답변한 질문 수로 나누어 전체 점수를 측정한다. OSDI 점수는(답변한 항목의 합계점수×25 / 답변한 항목의 수)로 계산하고, 점수 결과에 따라서 0점부터 100점으로 평가하며 점수가 클수록 증상이 심함을 나타낸다. 정상(0-12점), 경도(mild, 13-22점), 중등도(moderate, 23-32점), 중증(severe, 33점 이상)으로 등급을 나누고 있다.<sup>10)</sup>

**4. 실험 방법**

**1) 실험조건**

시기능검사 및 2D Display, VR HMD 시청 시 모두 의

Table 1. Characteristics of participants (N=37)

Age	Gender	Naked Eyes	Wearing Glasses	Contact Lens	Refractive surgery
22.33±1.84	male	4	10	2	3
	Female	3	4	10	1
Total (N)	N=37	7	14	12	4



Fig. 2. Experimental condition when watching the head-mounted display of a virtual reality device.

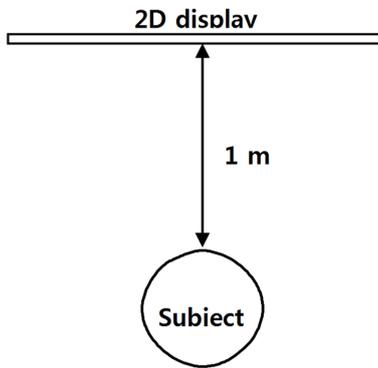


Fig. 3. Experimental condition when watching the two-dimensional display.

부 환경의 영향을 최소화 할 수 있는 반암실 환경(조도 80Lux)을 동일하게 설정하였다. 2D Display 모니터는 1 m 에서 피검자가 가장 편한 자세로 시청하도록 하였다(Fig. 3). VR 착용한 피검자는 의자에 앉아서 가장 편한 자세로 시청하도록 하였다. 시청 영상으로 몰입감이 높은 넷플릭스의 ‘지옥’(2021년) 영화로 선정하였다. 시청 시간은 한국교육학술정보원의 2020년 VR AR HMD 사용 가이드라인<sup>[11]</sup>을 참고하여 40분 사용시간을 준수하고 작업 전 일상생활에서 눈의 부담을 주는 행동은 피하여 충분한 휴식을 취하게 한 후 시청하도록 하였다. 실험 시작 전에 피검자가 시청 중 더 이상 시청할 수 없을 정도의 피로를 호소하는 경우에는 시청을 중단하도록 피검자에게 안내하였다. 실험실 평균 실내 온도는  $21.8 \pm 0.7^{\circ}\text{C}$ , 평균 상대 습도

40~60%인 동일한 실험실에서 진행되었다.

2) 시기능검사 및 설문

실험 전 VRSQ 피로도 와 OSDI 건조감 설문과 시기능 검사를 실시하였다. 시기능검사는 각막지형도(Corneal TopographerAntares, CSO, Italy)를 사용하여 비침습적 눈물막 파괴시간(non-invasive tear breakup time, NIBUT), 눈물띠 높이(tear meniscus height, TMH), 각막 고위수차(corneal higher-order aberrations, Corneal HOA)를 VR HMD와 2D Display 시청 전,후 각각 3번씩 측정된 뒤 평균값을 각각 정리하였다. NIBUT는 10초 미만인 경우 건성안으로 판별하였고<sup>[12]</sup> 정확한 값을 위해 VR HMD와 2D Display 시청 전에는 10초 동안 눈을 감아 눈물막 안정화 시킨 뒤 측정하였으며, 시청 직 후 즉각 측정하였다. TMH는 공기와 눈물띠 면이 아래눈꺼풀과 만나는 지점과 각막과 만나는 지점의 수직 거리를 측정하였다. 피검자를 상방주시하게 한 후 피검자의 외측 하안점을 내려 보이는 1.0 mm 이하의 눈물층을 측정하기 위해 각막지형도 측정 프로그램 안에 있는 자를 통해 mm단위로 측정하였다. 정상 TMH 범위는 0.2 mm~0.5 mm으로 설정하였다.<sup>[13]</sup> 자각 설문과 시기능 검사를 마친 후 VR HMD와 2D Display를 각각 40분씩 시청하였다. 40분이 지난 직 후 다시 시기능 검사와 피로도 설문을 실시하였다. 시청 후 영향을 방지하기 위해 두가지 기기를 이용한 실험은 다른 날에 실시하였다(Fig. 4).

3) 통계

통계 분석프로그램은 Excel 2016을 활용한 t-검정 쌍체 비교를 이용하여 분석하였다. 통계분석 결과 p 값이 0.05 미만인 경우를 통계적 유의한 것으로 정의하였다.

결 과

1. 실험 대상

실험 전에 측정된 OSDI 건조감 설문 전체 평균은  $20.71 \pm 10.34$ 였고 분류 점수에 따라 총 74안 중 중증이 12안, 중증도가 24안, 경도가 18안, 정상이 18안이었다. 실험

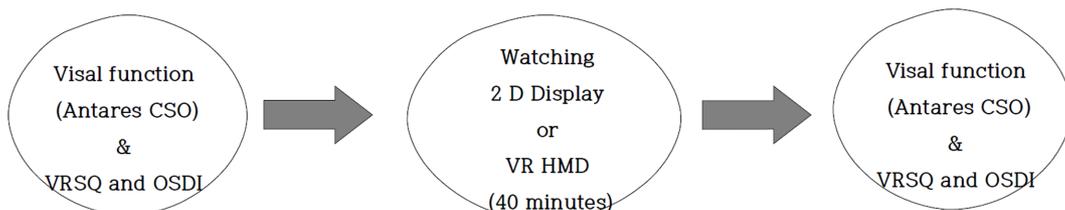


Fig. 4. Experimental procedure.

Table 2. Ocular surface disease index, noninvasive tear break-up time, and traumatic macular hole at baseline (mean±standard deviation)

M±SD	OSDI (score)	NIBUT (sec)	TMH (mm)
M	20.71	10.67	0.31
SD	10.34	6.12	0.05

전 NIBUT는 평균 10.47±16.18 초였고 정상범위 기준인 10초 이상이 19명, 10초 미만인 18명이었다. 실험 전 TMH는 평균 0.30±0.05 mm였다(Table 2). Fig. 5, 6, 7은 실험 전 OSDI, NIBUT, TMH 각각의 상관관계 그래프이다. R<sup>2</sup>

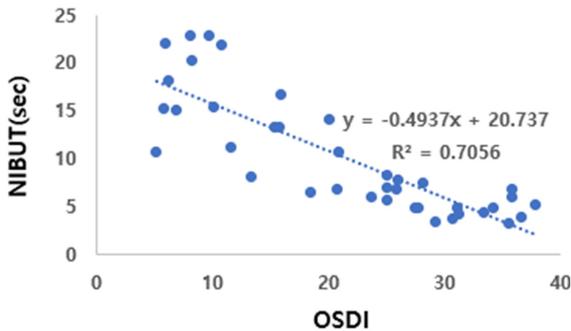


Fig. 5. Correlation of the OSDI ocular surface disease index and noninvasive break-up time at baseline.

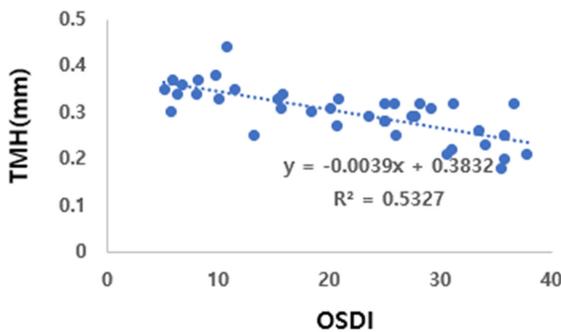


Fig. 6. Correlation of the ocular surface disease index and traumatic macular hole at baseline.

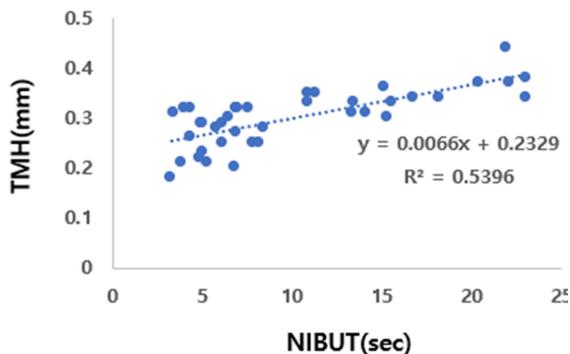


Fig. 7. Correlation of noninvasive tear break-up time and traumatic macular hole at baseline.

값이 0.5 이상으로 서로 상관관계를 갖고 안구건조에 판단 기준이 될 수 있다는 선행논문과 일치하는 결과였다.<sup>[13]</sup>

### 2. 시기능 검사

VR HMD와 2D Display 사용 전·후 시기능 검사 항목의 변화량 및 값을 나타내었다(Table 3). NIBUT 변화 차이는 VR HMD, 2D Display에서 모두 통계적으로 유의한 차이가 나타났다(Fig. 8). VR HMD에서는 전·후 차이값이 증가하였으나, 2D Display에서는 감소하여 서로 다른 경향을 보였다. TMH는 VR HMD 시청 전·후 차이값이 안정 또는 개선을 보였고 2D에선 감소하였다(Fig. 9). Corneal HOA는 동공크기 4 mm일 때 VR HMD에서는 안정 또는

Table 3. Changes in the noninvasive tear break-up time, traumatic macular hole, and corneal higher-order aberration before and after watching movies with a virtual reality head-mounted display and two-dimensional display

M±SD	NIBUT (sec)	TMH (mm)	4 mm HOA (μm)	6 mm HOA (μm)
VR HMD	4.57±4.73	0.03±0.05	-0.04±0.18	-0.05±0.28
2D	-6.30±2.98	-0.02±0.03	0.10±0.12	0.15±0.17
p-value	p<0.001	p<0.001	p=0.002	p<0.001

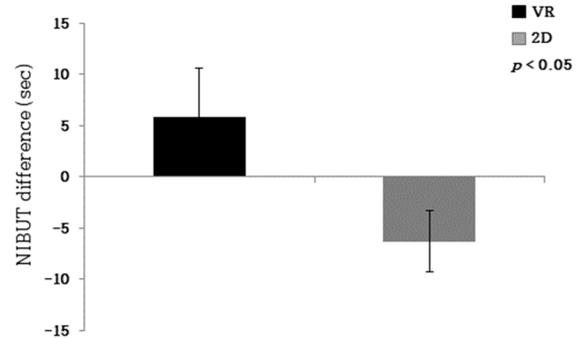


Fig. 8. Changes in noninvasive tear break-up time before and after watching movies with a virtual reality head-mounted display and two-dimensional display.

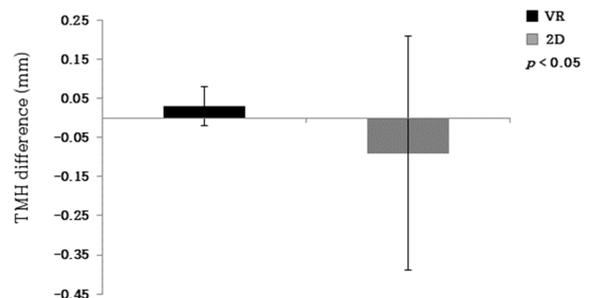


Fig. 9. Changes in traumatic macular hole before and after watching movies with a virtual reality head-mounted display and two-dimensional display.

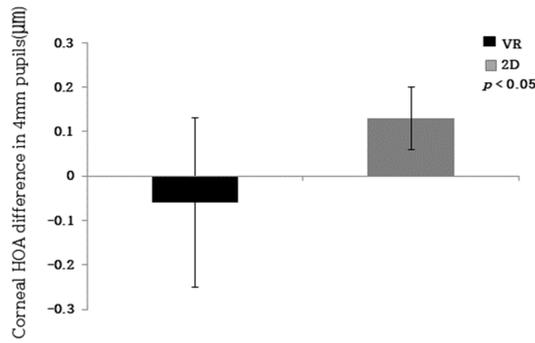


Fig. 10. Changes in corneal higher-order aberrations in the pupils with a 4 mm size before and after watching movies with a virtual reality head-mounted display and two-dimensional display.

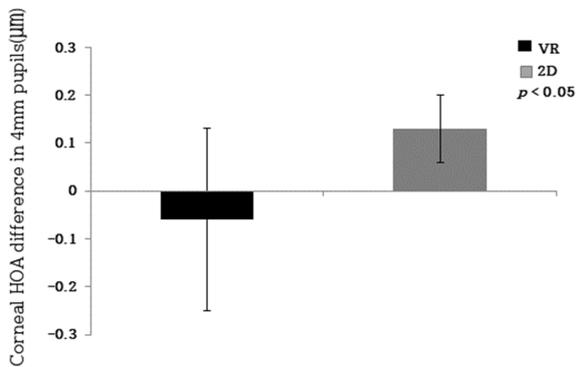


Fig. 11. Changes in corneal higher-order aberrations in the pupils with a 6 mm size before and after watching movies with a virtual reality head-mounted display and two-dimensional display.

감소하였고 2D Display에선 증가하였다(Fig. 10). 동공 크기 6 mm에선 VR HMD가 안정 또는 감소하였고 2D display에선 증가하였다(Fig. 11). t-검정 쌍체 비교에서 NIBUT 변화 차이, TMH 변화차이, Corneal HOA 변화차이는  $p < 0.05$ 보다 작게 나타나, 통계적으로 유의차가 있었다.

### 3. 자각증상 설문

Table 4는 HMD와 2D Display 사용 전·후 피로도와 건조감 설문에 대한 변화량 값을 나타내었다. 피로도에 관한 VRSQ 설문에서 각각의 항목별로 전후 차를 계산하여, 13개 항목을 더한 값은 VR HMD가  $9.46 \pm 4.54$ 로 증가하였고 2D display는  $7.32 \pm 3.39$ 로 증가하였다( $p = 0.009$ )(Fig. 12). 13개 항목 중에서 VR HMD에서는 피로감(fatigue), 눈 피로감(tired eyes), 안정피로(eye strain)의 세 항목에서 1보다 크게 나타났다. 2D에서는 전신 피로감과 눈 피로감 항목이 가장 높았으나 1보다 작았다(Fig. 13). t-검정 쌍체 비교에서  $p < 0.05$  보다 작게 나타나, 통계적으로 유의차가 있

Table 4. Changes in virtual reality sickness questionnaire and ocular surface disease index scores before and after watching movies with a virtual reality head-mounted display and two-dimensional display

M±SD (score)	VRSQ	OSDI
VR HMD	$9.46 \pm 4.54$	$12.30 \pm 7.23$
2D	$7.32 \pm 3.39$	$9.59 \pm 5.94$
<i>p</i> -value	$p = 0.009$	$p = 0.062$

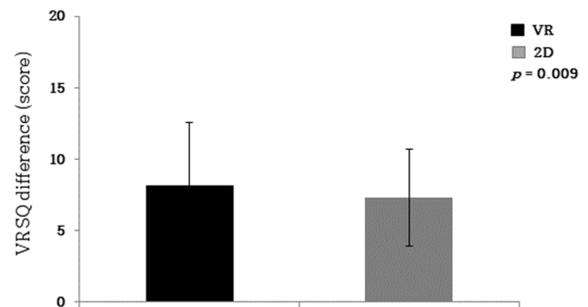


Fig. 12. Changes in the total virtual reality sickness questionnaire score before and after watching movies with a virtual reality head-mounted display and two-dimensional display.

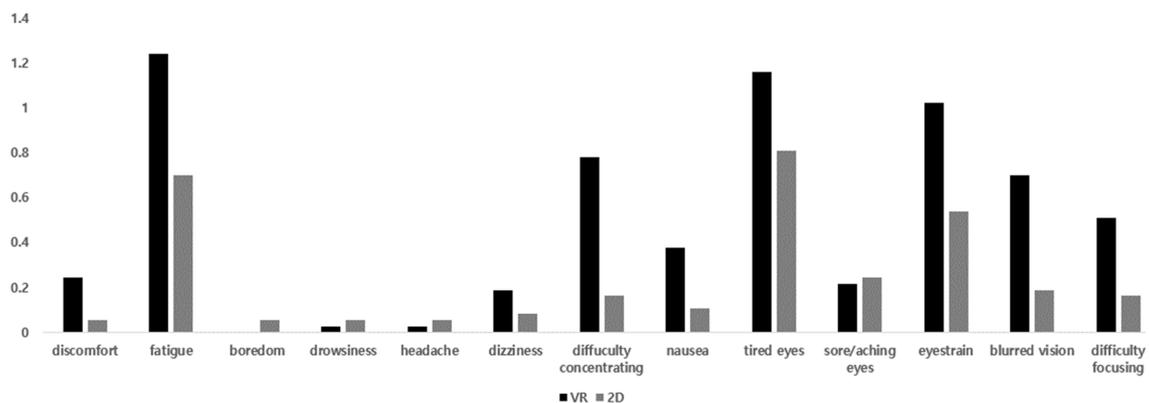


Fig. 13. Changes in subjective symptom virtual reality sickness questionnaire scores before and after watching movies with a virtual reality head-mounted display and two-dimensional display.

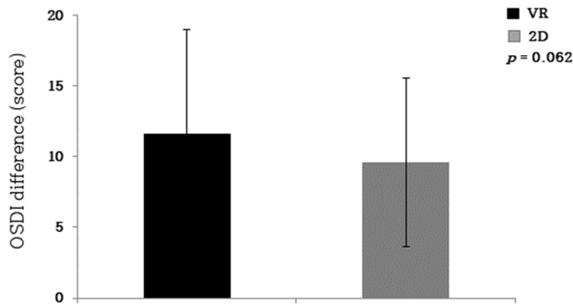


Fig. 14. The Changes in the total ocular surface disease index scores before and after watching movies with a virtual reality head-mounted display and two-dimensional display.

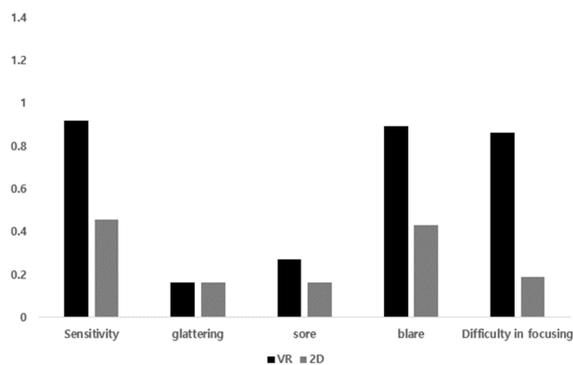


Fig. 15. Changes in subjective symptom ocular surface disease index scores before and after watching movies with a virtual reality head-mounted display and two-dimensional display.

었다. 건조감에 관한 OSDI 설문에서는 VR HMD 시청 전·후 차이값이  $12.3 \pm 7.36$ 로 증가하였고 2D display는  $9.59 \pm 5.93$ 로 증가하였다(Fig. 14). 5개 항목 중에서 VR HMD, 2D 모두 눈이 빛에 예민하다(sensitive to light), 시야가 흐리다(blare), 앞을 보기 힘들다(difficulty focusing)순으로 항목이 높았으나 1보다 작았다(Fig. 15). t-검정 쌍체 비교에서 OSDI 전체 변화 차이는  $p=0.062$ 로  $p<0.05$ 로 유의 수준을 설정한 경우 통계적으로 유의차가 없으나, 비교적 0.05에 가까운 값이기 때문에, 향후 유사한 실험에서 유의 차 여부를 계속 살펴볼 필요가 있다고 생각된다.

## 고 찰

2D display 장기간 사용 시 순목 횡수 및 속도의 감소로 NIBUT가 감소하고 눈물막의 불안정으로 Corneal HOA가 증가하는 경향이 보고 된 바 있다.<sup>[14,15]</sup> 또한 환경적인 요인으로 실내 공기질에 의한 빌딩증후군(sick buikding syndrom, SBS)으로 실내 온도 및 상대습도 변화에 따라 눈물이 빠르게 증발하여 눈물막 파괴에 영향을 미친다고

하였다.<sup>[16]</sup> 본 결과에서는 VR HMD 시청 후가 2D display 시청 후에 비해 NIBUT, TMH와 Corneal HOA에 임상적으로 유의한 개선을 확인하였다. Zumkeller<sup>[17]</sup>와 Ahmad<sup>[18]</sup>에 의하면 VR HMD 장기간 사용 시 기기 내 안구 표면 온도상승과 고글형 인체공학적 구조가 바람 및 습도를 차단하여 눈물막을 안정시켰다고 하였다. 추가적으로 본 연구에서는 Turnbull 등의 연구<sup>[8]</sup>에서 보고되지 않은 피로도와 건조감 관련 설문을 비교하여 차별성을 두었다. 각각 피로도, 건조감 문항에서 전·후 차이값의 평균이 2D display보다 VR HMD가 큰 경향을 보였다. 피로도 설문에서는 피로감(fatigue), 눈 피로감(tired eyes), 안정피로(eyes strain) 항목이 통계적으로 유의한 차이를 보였지만 ( $p<0.05$ ) 건조감 설문에는 눈이 빛에 예민하다(sensitive to light), 시야가 흐리다(blare), 앞을 보기 힘들다(difficulty focusing) 항목 순서로 높았지만 유의한 차이를 보이지 않았다( $p=0.062$ ). VR 사용시 NIBUT, TMH가 증가하고 Corneal HOA가 안정된 것으로 측정되었으나, 설문 결과에서는 뚜렷한 개선이 관측되지 않은 것은, VRSQ 설문에서는 건조감 이외의 무계감, 멀미감 등 다른 항목들이 전신과 눈에 미치는 영향이 컸기 때문으로 생각된다.<sup>[19]</sup> 또한 안구건조와 관련된 NIBUT, TMH 증가와 OSDI 설문이 다른 경향을 보이는 것은 시력교정 수술을 한 피검자들은 OSDI 기본값이 중증인 경우가 많아 다른 피검자들에 비해 건조감을 더 심하게 느꼈기 때문으로 생각된다.<sup>[20]</sup> 건조감과 피검자 개인차의 관계에 대해서는 추가 연구가 더 필요하다.

## 결 론

본 연구에서는 VR HMD 장기간 사용에 따른 NIBUT, TMH와 Corneal HOA 변화가 자각적 피로도와 건조감에 미치는 영향에 대해서 알아보았다. 기존 2D display 사용에 비해 VR HMD 착용 후 NIBUT, TMH가 안정 또는 개선되었고 동공크기에 따른 Corneal HOA에서도 임상적으로 유의미한 개선이 관찰되었습니다. VR AR 산업의 확장에 따른 고도화된 HMD가 다양한 분야에서 사용될 것으로 예상되고 있다. 따라서 향후 디지털 시각 매체로서 VR과 AR HMD를 장시간 사용 시 안구건조에 미치는 영향에 대한 다양한 관점의 연구가 필요하다고 생각된다.

## References

- [1] Kim SJ, Kim H, et al. Effects of increased use of video terminal on eyes and mental health during the COVID-19 pandemic. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2021;26(2):

- 113-120. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2021.26.2.113>
- [2] Hazra D, Yotsukura E, Torii H, et al. Relation between dry eye and myopia based on tear film breakup time, higher order aberration, choroidal thickness, and axial length. *Sci Rep.* 2022;12(1):10891. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-15023-x>
- [3] Rhee J, Chan TCY, Chow SSW, et al. A systematic review on the association between tear film metrics and higher order aberrations in dry eye disease and treatment. *Ophthalmol Ther.* 2022;11(1):35-67. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40123-021-00419-1>
- [4] Berg EJ, Ying G, Maguire MG, et al. Climatic and environmental correlates of dry eye disease severity: a report from the dry eye assessment and management(DREAM) study. *Trans Vis Sci Tech.* 2020;9(5):25. DOI: <https://doi.org/10.1167/tvst.9.5.25>
- [5] Mystakidis S. Metaverse. *Encyclopedia.* 2022;2(1):486-497. DOI: <https://doi.org/10.3390/encyclopedia2010031>
- [6] Kim J, Hwang L, Kwon S, et al. Change in blink rate in the Metaverse VR HMD and AR glasses environment. *Int J Environ Res Public Health.* 2022;19(14):8551. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph19148551>
- [7] Marshev V, Bolloc'h J, Pallamin N, et al. Impact of virtual reality headset use on eye blinking and lipid layer thickness. *J Fr Ophthalmol.* 2021;44(7):1029-1037. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfo.2020.09.032>
- [8] Turnbull PRK, Wong J, Feng J, et al. Effect of virtual reality headset wear on the tear film: a randomised cross-over study. *Cont Lens Anterior Eye.* 2019;42(6):640-645. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clae.2019.08.003>
- [9] Palacios-Alonso D, Barbas-Cubero J, Betancourt-Ortega L, et al. Measuring motion sickness through racing simulator based on virtual reality. 9th International Work-Conference on the Interplay Between Natural and Artificial Computation: Proceedings, Part 1. 2022;494-504. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-031-06242-1\\_49](https://doi.org/10.1007/978-3-031-06242-1_49)
- [10] Aljarousha M, Badarudin NE, Che Azemin MZ, et al. The validity and reliability of the Arabic version of the ocular surface disease index(OSDI) questionnaire in a sample of the Gazan population: a study from Palestine. *Int Ophthalmol.* 2022;1-14. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10792-022-02528-7>
- [11] National IT Industry Promotion Agency. VR, AR Device Production and use Guidelines, 2020. <https://www.nipa.kr/main/selectBbsNttView.do?key=112&bbsNo=8&nttNo=8150&bbsTy=&searchCtgr=&searchCnd=all&searchKrwd=&pageIndex=1> (26 November 2022).
- [12] Jung DI, Lee HS, Kim SR, et al. The difference of tear break-up time by the fitting states of soft contact lens in normal and dry eyes. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2010; 15(4):339-346.
- [13] Lim KJ, Lee JH. Tear meniscus height in dry eye syndrome. *J Korean Ophthalmol Soc.* 1992;33(1):29-31.
- [14] Kim MS, Hwang YH, Song JS, et al. The changes of corneal and ocular high-order aberrations before and after playing computer games. *J Korean Ophthalmol Soc.* 2012; 53(11):1597-1602. DOI: <https://doi.org/10.3341/jkos.2012.53.11.1597>
- [15] Fatima A, Vadla P, Konda N. Changes in the tear film and meibomian gland morphology between preclinical dry eye and normal subjects represented by ocular surface disease index scores. *Exp Eye Res.* 2022;222:109188. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.exer.2022.109188>
- [16] Kim DJ, Cha JW, Park MC, et al. The influence of temperature and relative humidity variation on the dry eye for using smart phone. *Korean J Vis Sci.* 2014;16(3):397-407.
- [17] Zumkeller ZZ. Effect of Head-Mounted Displays on the Tear-Film, 2022. [https://opus-htw-aalen.bsz-bw.de/frontdoor/deliver/index/docId/1329/file/20220422\\_zumkeller\\_zoe.pdf](https://opus-htw-aalen.bsz-bw.de/frontdoor/deliver/index/docId/1329/file/20220422_zumkeller_zoe.pdf) (26 November 2022).
- [18] Ahmad MSS, Azemin MZC, Ithnin MH, et al. Short term effect of virtual reality on tear film stability and ocular discomfort. *Journal of Engineering and Science Research.* 2020;4(1):40-46. DOI: <https://doi.org/10.26666/rmp.jesr.2020.1.7>
- [19] Souchet AD, Philippe S, Lourdeaux D, et al. Measuring visual fatigue and cognitive load via eye tracking while learning with virtual reality head-mounted displays: a review. *Int J Hum-Comput Interact.* 2022;38(9):801-824. DOI: <https://doi.org/10.1080/10447318.2021.1976509>
- [20] Bastán-Fabián D, Quiroga-Garza ME, Hernandez-Camarena JC, et al. Correlation analysis between functional tests for dry eye disease and OCT-based tear film dynamic tests in LASIK patients. *Investig Ophthalmol Vis Sci.* 2022;63(7): 1534-A0259.

# 가상현실 영상 시청이 안구 건조와 시력의 질에 미치는 영향에 대한 연구

이진웅<sup>1</sup>, 홍형기<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>서울과학기술대학교 안경광학과, 학생, 서울 01811

<sup>2</sup>서울과학기술대학교 안경광학과, 교수, 서울 01811

투고일(2022년 10월 31일), 수정일(2022년 11월 15일), 게재확정일(2022년 11월 16일)

**목적:** 본 연구에서는 2D 및 VR HMD 영상 시청이 눈물의 안정성과 시력의 질에 미치는 영향, 그리고 자각적 피로도 및 건조감에 미치는 영향에 대해서 알아보았다. **방법:** 안질환 및 시기능이상(시력 0.8 이상)인 성인 남녀 37명(22.33±1.84세)을 대상으로 하였다. 2D 디스플레이와 VR HMD에서 동일한 영상을 각각 40분 동안 시청하게 한 뒤 NIBUT, TMH, Corneal HOA의 변화를 측정하였다. 또한 실험 전·후 VRSQ, OSDI 설문을 통해 피로도 및 건조감 변화를 확인하였다. **결과:** NIBUT의 전·후 차이값은 VR에서 4.57±4.73 sec로 증가, 2D에서 -6.3±2.98 sec 감소하였다. TMH의 전·후 차이값은 VR에서 0.03±0.05 mm, 2D에서 -0.02±0.03 mm이었다. 각막고위수차 전·후 차이값은 4 mm의 동공크기 VR에서 -0.04±0.18 μm, 2D에서 0.1±0.12 μm이었다. 6 mm의 동공크기 VR에서 -0.05±0.28 μm, 2D에서 0.15±0.17 μm이었다. 또한 2D와 VR에서 NIBUT, TMH, Corneal HOA의 전·후 차이값은 통계적으로 유의한 차이를 보였고, 서로 다른 경향을 보였다.( $p < 0.05$ ) 피로도 설문에서 전·후 차이값의 평균은 VR HMD는 9.46±4.54, 2D display는 7.32±3.39 증가하였다( $p=0.009$ ). OSDI 설문에서 시청 전·후 차이 값의 평균은 VR HMD는 12.3±7.36, 2D display는 9.59±5.93 증가하였다( $p=0.062$ ). **결론:** VR 영상 시청 후 NIBUT, TMH, 각막 고위수차가 안정되었고 자각적 증상에 영향을 미치는 것을 확인하였다. VR HMD 사용 증가에 따른 건성안 및 시력의 질에 관련 지속적인 연구가 필요해 보인다.

**주제어:** 가상현실, 눈물막 파괴시간, 눈물띠 높이, 각막 고위수차