

# Effect of Alignment of the Distance between the Screen and VR Lenses on Visual Function When Watching VR

Sejoon Moon<sup>1,a</sup>, MinJi Gil<sup>1,b</sup>, Sang-il Park<sup>2,c</sup>, and Hyungoo Kang<sup>2,d,\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Biomedical engineering, nraduate School of Catholic Kwandong University, Student, Gangneung 25601, Korea

<sup>2</sup>Dept. of Optometry, Catholic Kwandong University, Professor, Gangneung 25601, Korea

(Received November 14, 2023: Revised December 12, 2023: Accepted December 12, 2023)

**Purpose:** This study aimed to minimize the impact of virtual reality (VR) on visual function by designing the optotype to optimize the distance between the screens, VR lenses, and our eyes when watching VR. **Methods:** The study included 15 adults in their 20s (6 men, 9 women) without eye disease, with an average age of 22.93±2.46 years. A test chart to check the alignment status with binocular fusion removed was created for VR using the modified Torrington test chart. A VR roller coaster video was watched for approximately 8 minutes depending on the alignment/misalignment status of the eyes. A visual function test was conducted before and after viewing, and comparative analysis was conducted. **Results:** In the state of eye alignment, the convergence reserve recovery break point at distance was approximately 1.60 Δ and divergence break point at distance was approximately 2.80 Δ, indicating a statistically significant increase ( $p<0.050$ ). In the state of eye misalignment, the distance heterophoria before and after watching the VR video changed in the exophoria direction by 1.73 Δ ( $p<0.050$ ), while the distance convergence reserve break point was approximately 2.8 Δ and convergence recovery point at distance was approximately 2.26 Δ, indicating a statistically significant decrease ( $p<0.050$ ). Additionally, the distance divergence reserve break point was approximately 3.46 Δ and divergence recovery point at distance was approximately 3.00 Δ, indicating a statistically significant increase ( $p<0.050$ ). When the eye was misaligned, a statistically significant increase of approximately 0.17 D in the accommodative lag was observed ( $p<0.050$ ). **Conclusions:** The results indicate that watching VR after aligning the eyes will have a positive effect on reducing cybersickness due to a lack of changes in heterophoria and accommodation compared to when the VR lenses are misaligned.

**Key words:** Virtual reality, Cybersickness, Alignment, Misalignment, Visual function

## 서 론

가상현실(Virtual reality, VR)이란 볼록렌즈 등을 이용하여 확대된 영상을 두 눈에 각각의 영상을 보여줌으로 가상의 3D 현실 공간을 구현하는 기술이다.<sup>[1]</sup> 현실에는 없는 공간을 디지털 이미지와 정보를 통해 구현하고, 사용자는 여러 가지 다양한 활동과 체험을 간접적으로 경험할 수 있다.<sup>[2]</sup>

가상현실은 평면 모니터와 달리 헤드마운티드 디스플레이(head-mounted display)를 이용하여 3D 시뮬레이션으로 360도의 전 방향으로 더욱 몰입감 있는 시정 감으로 자유롭게 디지털 공간을 체험할 수 있는 장점이 있지만, 전정-시각기관의 불일치 등으로 인해서 사이버 멀미가 발생하는 단점도 존재한다.<sup>[3]</sup>

사이버 멀미의 원인으로는 기기의 성능, 상의 확대에 의한 해상도 저하, 화면 표시의 지연 등의 기기적 요인과 성

별, 나이, 착용 경험, 개인의 굴절이상 등의 사용자요인에 의해 발생하며, 가상현실을 체험할 때 시각 정보와 전정 정보의 불일치로 인한 감각 충돌, 가상현실 콘텐츠로 인한 멀미로 여러 가지의 이유가 종합적으로 사이버 멀미에 영향을 준다고 알려져 있으며, 이로 인해 VR의 대중화에 큰 걸림돌이 되고 있다.<sup>[4,5]</sup>

사이버 멀미의 증상은 배 멀미와 같은 어지러움, 구토감, 두통, 현기증, 감각둔화 등의 증상이 나타나지만 일반적인 멀미와는 다른 원인으로 인해 명확한 해결책은 존재하지 않으며, 멀미를 줄이기 위한 여러 가지 방법들이 많이 시도되고 있다.<sup>[6,7]</sup>

사이버 멀미를 완화시키는 방법은 가상현실 속 디지털 콘텐츠 배경에 시선을 집중할 수 있도록 반복적인 목표물과 방향을 예측할 수 있도록 목표물을 제시해 줌으로써 나타난 목표물로 안구가 이동하여 시선이 집중될 경우 멀

\*Corresponding author: Hyungoo Kang, TEL: 82-33-649-3735, E-mail: hgkang@cku.ac.kr

Authors ORCID: <sup>a</sup>https://orcid.org/0000-0003-4730-643X, <sup>b</sup>https://orcid.org/0000-0003-0698-5296, <sup>c</sup>https://orcid.org/0000-0002-5015-0416, <sup>d</sup>https://orcid.org/0000-0002-1200-9913

본 논문의 일부내용은 2022년도 한국안광학회 동계학술대회에서 포스터로 발표되었음

미 증상을 완화시킨다고 하였으며,<sup>[6]</sup> 안광학적으로는 가상 현실을 이용할 때 헤드 마운티드 디스플레이를 사용자의 동공간거리(pupillary distance, PD)와 광학중심점 높이(optical center height, OH)를 적절히 맞추는 것이다.<sup>[8]</sup>

스크린을 확대하여 가상의 영상을 시청할 수 있게 만들어주는 가상현실에서 PD와 OH를 맞춰야 하는 이유는 약 +15 D 이상의 볼록렌즈를 사용하여 확대된 정립 허상을 시청하기 때문에 사용자의 PD와 눈앞 렌즈 사이 거리가 일치하지 않을 경우 1 mm 편위 당 대략 1.5 Δ 이상의 프리즘이 유발되어 PD의 불일치로 어지러움, 메스꺼움 등 가상현실 멀미가 증가하게 되는 것이며, 수평 융합력에 비해 그 양이 매우 적은 수직 융합력으로 보완해야 하는 OH의 경우 적은 오차에도 더 심한 사이버 멀미를 경험하게 되는 것이다.<sup>[9]</sup>

하지만 단순히 PD와 OH를 사용자에게 맞게 조정하더라도 개인의 굴절이상, 부등시, 융합여력, 사위 등 다양한 원인에 의해 스크린 사이 거리와 VR 렌즈 사이의 거리 그리고 우리 눈의 PD와 OH를 일치시키기 어려우며, VR의 경우 양안의 융합을 차단한 상태에서 시청하기 때문에 융합 상태에서의 우리 눈의 PD와 편위 정보보다는 융합 제거 상태에서의 PD와 OH에 맞춰 시청을 하는 것이 사이버 멀미와 눈의 피로 감소에 도움이 될 것이라고 추론하였다.<sup>[10]</sup>

따라서 본 연구에서는 VR 시청 시 양안 융합이 제거된 상태에서 수정된 토링톤 시표를 모방한 PD와 OH를 맞추는 시표를 개발하여, 양안융합 제거 상태에서 스크린 사이 거리와 렌즈 사이 거리, 그리고 우리 눈의 OH와 PD를 맞춘 상태에서 시청할 때 시기능의 변화를 통해 단순히 렌즈 사이 거리를 개인의 PD와 일치시키는 방식이 사이버 멀미의 문제점이 해소될 수 있는지 알아보려고 하였다.

## 대상 및 방법

### 1. 실험대상

안질환이 없는 20대 성인 15명(남성 6명, 여성 9명)을 대상으로 하였고, 평균연령은 22.93±2.46세이다.

### 2. 실험방법

본 실험에서 양안융합을 제거한 상태에서 정렬 상태를 확인할 수 있는 검사 차트를 수정된 토링톤 시표를 응용하여 VR용으로 제작하였고(Fig. 1),<sup>[11]</sup> 안구의 정렬/비정렬 상태에 따라 각각 약 8분 동안 VR 롤러코스터 영상을 시청하고, 시기능 검사를 VR 영상 시청 전과 후로 실시하였다.

시기능 검사는 포뮬터 HDR-9000(Huvitz, Korea)를 사용하여 정렬 상태에 따른 안구의 원/근거리 사위, 개산력, 폭주력, 최대조절력, 조절용이성, 상대조절력, 조절래그 등을

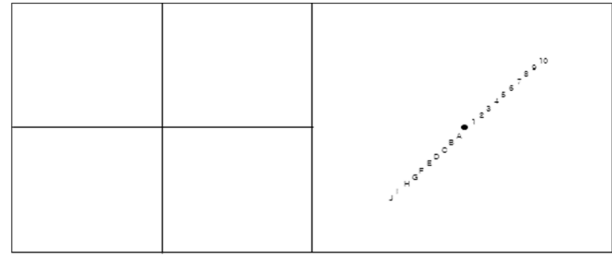


Fig. 1. Modified Thorington test chart for virtual reality device.

검사하였다. 원/근거리 사위의 경우 수정된 토링톤 법을 사용하였으며, 정렬/비정렬 상태에 따른 사위의 변화량을 측정하기 위해 검사하였다. 개산 및 폭주여력은 로터리프 리즘을 이용하여 측정하였으며, VR 시청 후 정렬/비정렬 상태에 따라 필요한 양성 및 음성 융합성 폭주의 사용 정도가 달라질 수 있으므로 변화량을 측정하고자 하였다. 또한 정렬/비정렬 상태에 따라 폭주 및 개산으로 인한 조절관련 기능의 변화를 관찰하고자 최대조절력, 조절용이성, 상대조절력, 조절래그를 검사하였다.

안구의 정렬/비정렬 상태는 VR 장치를 착용한 후 제작한 시표를 띄워 정렬 상태는 십자 표시가 최대한 가운데에 오도록 VR 기기의 렌즈 사이 거리를 조정하였고, 비정렬 상태는 십자 표시가 최대한 가운데서 멀어지도록 조절하여 VR 영상을 시청하도록 하였다.

정렬/비정렬된 상태에 따라 약 8분간의 VR 롤러코스터 영상(VR 360 Video of Top 5 Roller Coaster 4K, <https://www.youtube.com/watch?v=hNAbQYU0wpg>)을 시청하기 전후로 시기능 검사와 설문지를 진행하였으며, 동일한 대상이 각각 정렬된 상태와 비정렬된 상태일 때 실험하였으며, 실험 순서는 8명은 정렬 먼저, 7명은 비정렬을 먼저 실험하였다.

### 3. 통계 분석

안구의 정렬/비정렬 상태에 따라 각각 약 8분 동안 VR 롤러코스터 영상을 시청하기 전과 후로 시기능 검사 측정값을 정규성 검정을 통해 정규성을 만족한 경우 모수적 검정방법인 Paired t-test, 정규성을 만족하지 않은 경우는 비모수적 검정방법인 Wilcoxon signed rank test를 사용하여 비교분석하였다.

통계분석은 SPSS 18.0(SPSS Inc, Chicago, IL, USA)을 사용하였으며, 모든 통계적 유의성은 0.050 미만으로 하였다.

## 결과 및 고찰

1. 수정된 토링톤법으로 측정한 원/근거리 사위 검사 결과 수정된 토링톤법으로 측정한 안구 정렬 상태일 때의

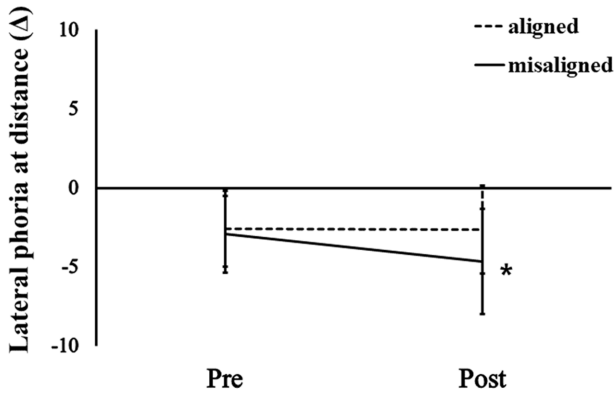


Fig. 2. Changes in horizontal phorias at distance between aligned and misaligned conditions.

VR 영상 시청 전 원거리 사위도 평균은 2.60±2.41 △ 외사위, 시청 후 원거리 사위도 평균은 2.63±2.79 △ 외사위로 나타났으며( $p=0.483$ ), VR 영상 시청 전 근거리 사위도 평균은 3.27±5.15 △ 외사위, 시청 후 근거리 사위도 평균은 2.60±6.35 △ 외사위로 나타나( $p=0.152$ ) 안구 정렬 상태에서의 검사 결과 원/근거리 사위도는 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다.

안구 비정렬 상태일 때는 VR 영상 시청 전 원거리 사위도의 평균은 2.93±2.43 △ 외사위, VR 영상 시청 후 원거리 사위도 평균은 4.67±3.33 △ 외사위로, 약 1.73 △ 외사위 방향으로 변화하였으며, 통계적으로 유의한 차이를 보였다( $p<0.050$ )(Fig. 2). 하지만 근거리 사위도 평균은 VR 영상 시청 전 3.47±5.25 △ 외사위, 시청 후 3.50±6.18 △ 외사위로 유의한 차이를 보이지 않았다( $p=0.481$ ).

**2. 폭주력 흐린점, 분리점, 회복점 검사 결과**

폭주력의 흐린점, 분리점, 회복점을 측정한 결과 안구 정렬 상태일 때의 VR 영상 시청 전 원거리 폭주력 분리점 평균은 14.33±7.06 △, 시청 후 원거리 폭주력 분리점

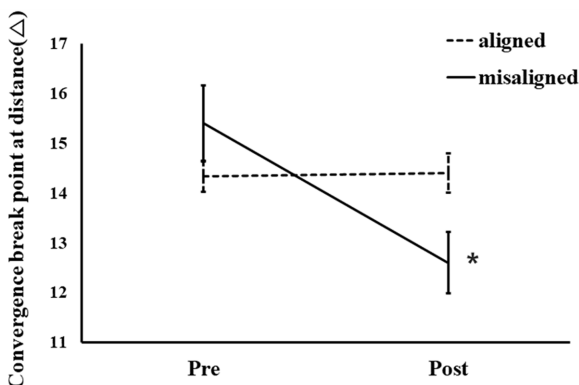


Fig. 3. Changes in convergence break point reserves at distance between aligned and misaligned conditions.

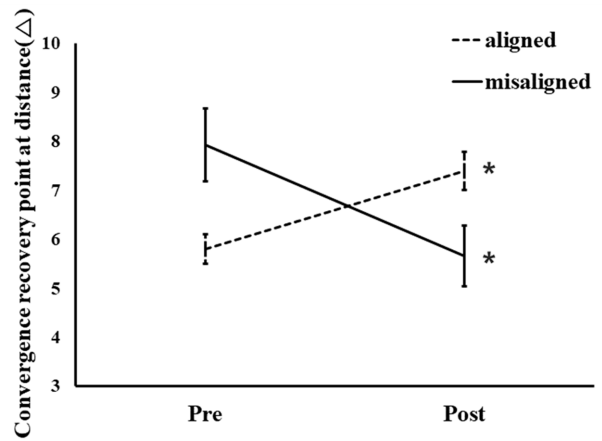


Fig. 4. Changes in convergence recovery point reserves at distance between aligned and misaligned conditions.

평균은 14.40±7.52 △으로 시청 후 약 0.07 △ 증가하였으나 통계적으로 유의하지 않았고( $p=0.483$ ), 안구 비정렬 상태일 때는 VR 영상 시청 전 원거리 폭주력 분리점의 평균은 15.40±8.44 △, VR 영상 시청 후 원거리 폭주력 분리점 평균은 12.60±6.57 △으로, 안구 비정렬 상태일 때 시청 후 약 2.8 △ 감소하여 통계적으로 유의한 차이를 보였다( $p<0.050$ )(Fig. 3).

안구 정렬 상태일 때 원거리 폭주력 회복점 평균은 VR 영상 시청 전 원거리 폭주력 회복점 평균은 5.80±4.49 △, 시청 후 원거리 폭주력 회복점 평균은 7.40±5.03 △으로 시청 후 약 1.60 △ 증가하여 통계적으로 유의한 차이를 보였다( $p<0.050$ ). 안구 비정렬 상태일 때는 VR 영상 시청 전 원거리 폭주력 회복점의 평균은 7.93±6.15 △, VR 영상 시청 후 원거리 폭주력 회복점 평균은 5.67±3.44 △으로, 안구 비정렬 상태일 때 시청 후 약 2.26 △ 감소하여 통계적으로 유의한 차이를 보였다( $p<0.050$ )(Fig. 4).

**3. 개산력의 흐린점, 분리점, 회복점 검사 결과**

안구 정렬 상태일 때 VR 영상 시청 전 원거리 개산력 분리점 평균은 10.80±4.02 △, 시청 후 원거리 개산력 분리점 평균은 13.60±5.59 △으로 시청 후 약 2.80 △ 증가하였고, 안구 비정렬 상태일 때는 VR 영상 시청 전 원거리 개산력 분리점의 평균은 10.07±2.49 △, VR 영상 시청 후 원거리 개산력 분리점 평균은 13.53±5.26 △으로, 시청 후 약 3.46 △ 증가하여, 안구 정렬/비정렬 상태 일 때 모두 통계적으로 유의하였다( $p<0.050$ )(Fig. 4).

안구 정렬 상태일 때 VR 영상 시청 전 원거리 개산력 회복점 평균은 5.33±2.50 △, 시청 후 원거리 개산력 회복점 평균은 7.73±3.65 △으로 시청 후 약 2.40 △ 증가하였으며, 안구 비정렬 상태일 때는 VR 영상 시청 전 원거리 개산력 회복점의 평균은 5.13±1.77 △, VR 영상 시청 후

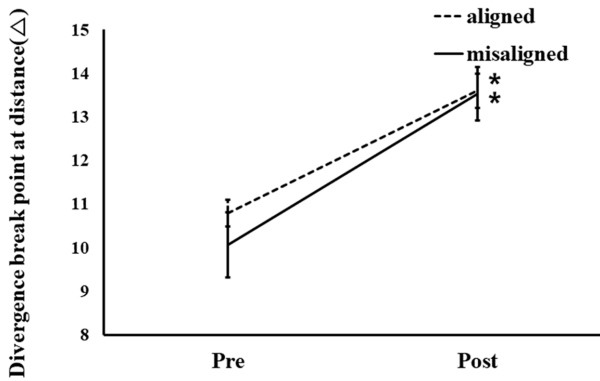


Fig. 5. Changes in divergence break point reserves at distance between aligned and misaligned conditions.

원거리 개선력 회복점 평균은 8.13±4.26 Δ으로, 안구 비정렬 상태일 때 또한 시청 후 약 3.00 Δ 증가하여, 정렬과 비정렬 상태일 때 원거리 개선력 회복점은 VR 영상 시청 후 모두 통계적으로 유의하게 증가하였다( $p < 0.050$ )(Fig. 5).

4. 조절래그 검사 결과

안구 정렬 상태일 때 조절래그가 VR 영상 시청 전

0.52±0.31 D, 시청 후 0.37±0.39 D로 약 0.15 D 감소하였지만 통계적으로 유의한 차이는 발견되지 않았다( $p = 0.330$ ). 안구 비정렬 상태일 때 조절래그는 VR 영상 시청 전 0.50±0.75 D, 시청 후 0.67±0.62 D로 전에서 후로 약 0.17 D 통계적으로 유의하게 증가하였다( $p < 0.050$ )(Fig. 5).

원/근거리 폭주력, 개선력의 다른 부분에서는 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다.

모든 원/근거리 사위 및 융합여력, 조절관련 검사 결과 데이터를 정렬/비정렬상태에 따라 Table 1과 2에 나타내었다.

5. 고찰

본 실험에서 제안된 방법으로 PD와 OH를 맞추었을 때 사용자의 시기능에 미치는 영향이 적은 것을 확인할 수 있었다. 비정렬 상태일 때 원거리 사위도가 증가하였으며, 원거리 융합력의 분리점과 회복점은 감소하였다. 또한 조절래그도 비정렬 상태일 때만 증가하는 경향을 볼 수 있었다.

기존의 연구를 살펴보면 VR 시청으로 다양한 시기능 변화를 보고하였다. 주로 외사위로의 변화와 근시성 변화,<sup>[12]</sup>

Table 1. Changes in visual function when aligning in virtual reality viewing

Aligned	Pre N=15	Post N=15	p-value
Distance phoria	2.60±2.41 Δ Exo	2.63±2.79 Δ Exo	0.483
Near phoria	3.27±5.15 Δ Exo	2.60±6.35 Δ Exo	0.152
Divergence blur point at distance	7.53±2.63 Δ	7.38±4.29 Δ	0.450
Divergence break point at distance	10.80±4.02 Δ	13.60±5.59 Δ	0.018*
Divergence recovery point at distance	5.33±2.50 Δ	7.73±3.65 Δ	0.028*
Convergence blur point at distance	8.43±4.22 Δ	8.93±4.92 Δ	0.873
Convergence break point at distance	14.33±7.06 Δ	14.40±7.52 Δ	0.483
Convergence recovery point at distance	5.80±4.49 Δ	7.40±5.03 Δ	0.029*
Divergence blur point at near	8.64±4.60 Δ	8.07±4.86 Δ	0.164
Divergence break point at near	14.60±4.93 Δ	13.60±5.59 Δ	0.128
Divergence recovery point at near	7.87±3.40 Δ	7.73±3.65 Δ	0.424
Convergence blur point at near	11.5±7.65 Δ	10.37±7.50 Δ	0.329
Convergence break point at near	15.47±6.66 Δ	14.47±7.85 Δ	0.289
Convergence recovery point at near	8.93±5.61 Δ	7.67±6.38 Δ	0.192
N.R.A	2.58±0.69 D	2.48±0.73 Δ	0.163
P.R.A	-2.28±1.67 D	-2.13±1.51 Δ	0.132
OD amplitude of accommodation	9.96±1.81 D	10.34±3.06 Δ	0.310
OS amplitude of accommodation	10.47±2.02 D	9.96±2.55 Δ	0.733
OU amplitude of accommodation	13.65±3.12 D	13.09±2.98 Δ	0.210
OD accommodative facility	15.93±5.34 cycle/min	16.40±6.45 cycle/min	0.284
OS accommodative facility	17.93±5.52 cycle/min	17.67±5.64 cycle/min	0.403
OU accommodative facility	15.93±5.40 cycle/min	15.80±6.44 cycle/min	0.448
Accommodation lag	0.52±0.31 D	0.37±0.39 D	0.330

\*: p-value<0.050

Table 2. Changes in visual function when misaligning in virtual reality viewing

Misaligned	Before N=15	After N=15	p-value
Distance phoria	2.93±2.43 △ Exo	4.67±3.33 △ Exo	0.016*
Near phoria	3.47±5.25 △ Exo	3.47±5.25 △ Exo	0.481
Divergence blur point at distance	6.69±1.25 △	7.92±3.93 △	0.162
Divergence break point at distance	10.07±2.49 △	13.53±5.26 △	0.020*
Divergence recovery point at distance	5.13±1.77 △	8.13±4.26 △	0.017*
Convergence blur point at distance	8.69±5.42 △	7.92±3.99 △	0.130
Convergence break point at distance	15.40±8.44 △	12.60±6.57 △	0.039*
Convergence recovery point at distance	7.93±6.15 △	5.67±3.44 △	0.036*
Divergence blur point at near	8.57±3.50 △	8.86±5.14 △	0.373
Divergence break point at near	13.20±3.10 △	13.53±5.26 △	0.344
Divergence recovery point at near	8.13±3.18 △	8.13±4.26 △	0.500
Convergence blur point at near	10.38±6.26 △	8.63±6.67	0.053
Convergence break point at near	15.50±6.20 △	15.00±6.75 △	0.327
Convergence recovery point at near	9.33±6.16 △	8.73±5.31 △	0.310
N.R.A	2.52±0.62 D	2.25±0.83 D	0.208
P.R.A	-2.05±1.66 D	-2.20±2.11 D	0.251
OD amplitude of accommodation	9.37±2.25 D	9.09±2.15 D	0.185
OS amplitude of accommodation	10.35±2.30 D	9.62±2.30 D	0.065
OU amplitude of accommodation	13.02±3.78 D	12.70±3.54 D	0.378
OD accommodative facility	15.93±5.43 cycle/min	16.07±5.86 cycle/min	0.460
OS accommodative facility	16.87±5.55 cycle/min	17.13±5.30 cycle/min	0.358
OU accommodative facility	15.47±6.47 cycle/min	16.13±6.10 cycle/min	0.177
Accommodation lag	0.50±0.75 D	0.67±0.62 D	0.038*

\*: p-value&lt;0.050

조절력 감소,<sup>[13]</sup> 폭주력 감소 등을 보고하였다.<sup>[13]</sup> 또한 본 연구의 선행 연구에서도 VR을 20분간 체험한 후에 폭주근점의 증가, 조절용이성의 감소 등을 발견할 수 있었다.<sup>[15]</sup> 연구 방법 및 대상 등에 따라 차이가 존재하지만 주로 근시성 변화에 더불어 외사위 증가와 조절력의 감소를 보고하였으며, 이는 본 연구에서도 안구가 비정렬 상태일 때 비슷한 경향을 보이는 것을 확인할 수 있었다. 이는 VR의 약 +15 D에 달하는 렌즈로 인해 1 mm의 편위에 의해서도 약 1.5프리즘의 수평·수직의 융합 여력이 요구될 수 있고, 가상현실의 상의 위치가 비교적 근거리에 형성되는 점으로 VR 체험 시 근거리 시청 조건과 비슷한 결과를 보였기 때문이라고 추정할 수 있다.

하지만 본 연구에서 제안한 시표를 통해 눈 사이 거리·VR의 렌즈 사이 거리·스크린 좌우 거리를 일치시켰을 때는 시기능의 부정적인 변화는 발견되지 않았다. 이는 VR 시청 시 양안의 융합이 제거된 상태에서 정렬 상태를 맞추면 개인의 사위를 고려하여 PD 및 OH를 조정할 수 있으며, 이로 인해 추가로 융합 여력을 사용하지 않게 되었

기 때문이라고 사료된다.

## 결론

VR의 특성상 좌안과 우안이 각각 눈앞의 영상을 시청하고, 이는 일반적인 TV 등의 시청 환경과는 다른 양안 융합이 제거된 상태에서의 검사가 필요하다고 판단하였다. 따라서 양안 융합이 제거되는 조건인 좌우에 전혀 다른 시표를 사용하는 수정된 토링톤 시표를 VR 용으로 제작하여 우리 눈의 사위와 융합여력 등의 영향을 고려하여 렌즈 사이 거리를 맞추도록 하였다. 스크린 사이 거리와 렌즈 사이 거리, 우리 눈의 동공 간 거리를 최대한 일치시켜 시기능 변화를 측정된 결과, 본 실험에서 제안된 방법으로 최대한 정렬 상태를 맞추었을 때가 비정렬 상태로 시청할 때 보다 시기능에 미치는 영향이 적은 것을 확인할 수 있었다. 따라서 VR 렌즈 사이 거리를 최대한 정렬 상태로 만든 후 VR을 시청하는 경우가 비정렬일 때에 비해 사위 및 융합력, 그리고 조절력의 변화를 유발하지 않

아 사이버 멀미의 감소에 긍정적인 영향을 줄 것이라 사료된다.

## 감사의 글

본 연구는 2023년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지자체-대학 협력기반 지역혁신 사업의 결과입니다.(2022RIS-005)

## REFERENCES

- [1] Pohlmann KMT, Focker J, Dickinson P, et al. The relationship betweenvection, cybersickness and head movements elicited by illusory motion in virtual reality. *Displays*. 2022;71:102111. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.displa.2021.102111>
- [2] Park JO. Subjectivity study on the from of the virtual reality contents user experience. *J Digit Contents Soc*. 2019;20(2): 395-403. DOI: <https://doi.org/10.9728/dcs.2019.20.2.395>
- [3] Kim DU, Jung YJ. Virtual reality sickness assessment based on difference between head movement velocity and virtual camera motion velocity. *J Korea Multimed Soc*. 2019;22(1):110-116. DOI: <https://doi.org/10.9717/kmms.2019.22.1.110>
- [4] Sharples S, Cobb S, Moody A, et al. Virtual reality induced symptoms and effects (VRISE): comparison of head mounted display (HMD), desktop and projection display systems. *Displays*. 2008;29(2):58-69. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.displa.2007.09.005>
- [5] McCauley ME, Sharkey TJ. Cybersickness: perception of self-motion in virtual environments. *Presence: Teleoperators Virtual Environ*. 1992;1(3):311-318. DOI: <https://doi.org/10.1162/pres.1992.1.3.311>
- [6] Song EJ, Jung AL. A study for reducing of cyber sickness on virtual reality. *J Digit Contents Soc*. 2017;18(3):429-434. DOI: <https://doi.org/10.9728/dcs.2017.18.3.429>
- [7] Byun H, Park CW. Introduction of cybersickness. *Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg*. 2019;62(10):545-553. DOI: <https://doi.org/10.3342/kjorl-hns.2018.00759>
- [8] Wi SH, Kang MJ, Hwang ES, et al. Optimization of a highly efficient narrow-viewing-angle LCD for head-mounted-display applications. *Korean J Opt Photon*. 2022;33(2):67-73. DOI: <https://doi.org/10.3807/KJOP.2022.33.2.067>
- [9] Kolasinski EM, Gilson RD. Simulator sickness and related findings in a virtual environment. *Proc Hum Factors Ergon Soc Annu Meet*. 1998;42(21):1511-1515. DOI: <https://doi.org/10.1177/154193129804202110>
- [10] Leyrer M, Linkenauger SA, Bühlhoff HH, et al. The importance of postural cues for determining eye height in immersive virtual reality. *PLoS ONE*. 2015;10(5):e0127000. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0127000>
- [11] Ryu GC, Seong JS. Study of heterophoria using torrington method in third-year student high school. *J Korean Ophthalmic Opt Soc*. 2007;12(4):91-94.
- [12] Howarth PA. Oculomotor changes within virtual environments. *Appl Ergon*. 1999;30(1):59-67. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(98\)00043-X](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(98)00043-X)
- [13] Morse SE, Jiang BC. Oculomotor function after virtual reality use differentiates symptomatic from asymptomatic individuals. *Optom Vis Sci*. 1999;76(9):637-642. DOI: <https://doi.org/10.1097/00006324-199909000-00021>
- [14] Hasebe H, Oyamada H, Ukai K, et al. 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. DOI: <https://doi.org/10.1080/00140139608964553>
- [15] Kang H, Yoo I, Lee JH, et al. Effect of application type on fatigue and visual function in viewing virtual reality(VR) device of Google cardboard type. *J Korean Ophthalmic Opt Soc*. 2017;22(3):221-228. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2017.22.3.221>

## VR 시청 시 스크린 사이 거리와 VR 렌즈 사이 거리의 정렬이 시기능에 미치는 영향

문세준<sup>1</sup>, 길민지<sup>1</sup>, 박상일<sup>2</sup>, 강현구<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>가톨릭관동대학교 일반대학원 의료공학과, 학생, 강릉 25601

<sup>2</sup>가톨릭관동대학교 안경광학과, 교수, 강릉 25601

투고일(2023년 11월 14일), 수정일(2023년 12월 12일), 게재확정일(2023년 12월 12일)

**목적:** 본 실험은 VR 착용 시 스크린 사이 거리, VR의 렌즈사이거리, 우리 눈 사이의 거리를 최적화하기 위한 시표를 고안하여 시기능에 미치는 영향을 최소화하고자 한다. **방법:** 안질환이 없는 20대 성인 15명(남성 6명, 여성 9명)을 대상으로 하였고, 평균연령은 22.93±2.46세이다. 본 실험에서 양안융합을 제거한 상태에서 정렬 상태를 확인할 수 있는 검사 차트를 수정된 토링톤 시표를 응용하여 VR용으로 제작하였고, 안구의 정렬/비정렬 상태에 따라 각각 약 8분 동안 VR 롤러코스터 영상을 시청하고, 시청 전과 후에 시기능 검사를 실시하여 비교 분석하였다. **결과:** 안구 정렬 상태일 때 원거리 폭주력 회복점은 약 1.60 △, 원거리 개산력 분리점은 약 2.80 △, 원거리 개산력 회복점은 약 2.40 △ 통계적으로 유의하게 증가하였다( $p<0.050$ ). 안구 비정렬 상태일 때는 VR 영상 시청 전·후 원거리 사위도는 1.73 △ 외사위 방향으로 변화하였으며( $p<0.050$ ), 원거리 폭주력 분리점은 약 2.8 △, 원거리 폭주력 회복점은 약 2.26 △ 통계적으로 유의하게 감소하였다( $p<0.050$ ). 또한 원거리 개산력 분리점은 약 3.46 △, 원거리 개산력 회복점은 약 3.00 △ 통계적으로 유의하게 증가하였으며( $p<0.050$ ), 조절래그는 약 0.17 D 통계적으로 유의하게 증가하였다( $p<0.050$ ). **결론:** 본 연구에서는 스크린 사이 거리와 렌즈 사이 거리를 우리 눈의 사위 및 융합력을 반영하여 정렬 상태로 만든 후 VR을 시청하는 경우가 비정렬일 때에 비해 사위와 조절력의 변화를 유발하지 않아 사이버 멀미의 감소에 긍정적인 영향을 줄 것이라 판단한다.

**주제어:** 가상현실, 사이버멀미, 정렬, 비정렬, 시기능