

Eye Deviation and Fusional Vergence Measurement Using VR (Virtual Reality) Device of Google Cardboard Type

Hyungki Hong^{1,a}, Youn Hong Jeong^{2,b}, and Hyungoo Kang^{3,c,*}

¹Dept. of Optometry, Seoul National Univ. of Science and Technology, Professor, Seoul 01811, Korea

²Dept. of Optometry, Kookje University, Professor, Pyeongtaek 17731, Korea

³Dept. of Optometry, Catholic Kwandong University, Professor, Gangneung 25601, Korea

(Received August 22, 2019; Revised October 15, 2019; Accepted October 29, 2019)

Purpose: To investigate the correlation of the visual function assessed using a smartphone and low-end virtual-reality (VR) device with test results of phoria and fusional vergence. **Methods:** Twenty people, including nine men and eleven women, with a normal or corrected visual acuity of over 1.0 and an average age of 23.05 ± 1.05 years, were selected as participants. The ocular deviation and horizontal fusional vergence of the central and peripheral regions were measured using a VR device and compared with the horizontal phoria and fusional vergence results at near and distance, obtained using a phoropter. **Results:** The horizontal ocular deviation obtained using the VR device relatively correlated with the phoria at near ($p = 0.068$, $r = 0.416$). Further, the total fusional vergence obtained using the VR device showed relatively significant correlations with the total fusional vergence in foveal and peripheral regions of the visual function at near (foveal: $p = 0.030$, $r = -0.487$; peripheral: $p = 0.063$, $r = -0.424$). **Conclusions:** Measuring trends in the visual function with the use of smartphones and inexpensive VR devices is possible.

Key words: Virtual reality, Visual function test, Phoria, Fusional vergence

서 론

스마트폰과 저렴한 가격의 구글 카드보드 타입(Google cardboard type)의 VR(virtual reality) 기기의 보급으로 가상현실 체험을 대중도 쉽게 할 수 있게 되었다.^[1] 이는 약 +17~20 D 렌즈가 장착되어있는 VR 기기와 스마트폰의 자이로 센서(gyro sensor)와 가속도 센서(acceleration sensor)를 이용한 머리 추적(head tracking) 기술, 고화질 360도 영상 촬영 등의 기술을 통해 가능해졌으며, VR 기기의 보급을 통해 가상현실을 활용한 통한 교육, 심리치료, 의료 기술 등의 분야에 대한 연구 및 상용화도 활발히 진행되고 있다.^[2-5]

VR 기기의 기본 구조 및 원리를 Fig. 1에 나타내었다. VR 기기는 스마트폰의 영상을 좌우로 분리하여 양안에 영상을 보여주며, 두 눈의 망막에 맺히는 각각의 이미지는 뇌의 시각 처리 과정을 통해 융합된다. 이때 두 이미지 간에 시차(disparity)가 존재하면 입체영상 시청이 가능해지며, 볼록렌즈를 통해 스마트폰 화면이 확대되어 70~80도 이상의 시야 크기로 시청 가능하다. 또한 스마트폰은 사용

자 머리 위치를 감지하며 머리 움직임이 있을 경우 화면의 다른 부분을 보여줄 수 있다.

그리고 렌즈결상식을 이용하여 렌즈의 초점거리($f = 1/D$), 렌즈와 스크린 사이의 거리(s)를 통해 가상현실 영상이 형성되는 위치(s')를 예상할 수 있으며 수식은 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$s' = \frac{sf}{s-f}$$

기존 연구에서는 VR 기기를 사용한 후에 시기능 및 피로도에 미치는 영향이나 사이버멀미(cybersickness) 등에 관한 연구는 보고되었으나 VR 기기를 이용해 시기능을 측정하는 연구는 부족하다.^[6-8] 본 연구에서는 VR 기기가 양안에 맺히는 상을 비교적 쉽게 분리할 수 있다는 점에서 사위 등의 시기능 검사 방법과 유사하며, 이를 활용하여 스마트폰과 저렴한 VR 기기를 이용한다면 간단히 사위 및 융합력 검사가 가능할 것으로 보고 연구를 실시하였다. 또한 VR 기기의 특성상 약 70~100도까지의 넓은 가상 시야 범위를 가지므로 중심시야와 주변시야 영역의 융합력

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

Authors ORCID: ^ahttps://orcid.org/0000-0001-5249-9243, ^bhttps://orcid.org/0000-0001-8523-4073, ^chttps://orcid.org/0000-0002-1200-9913

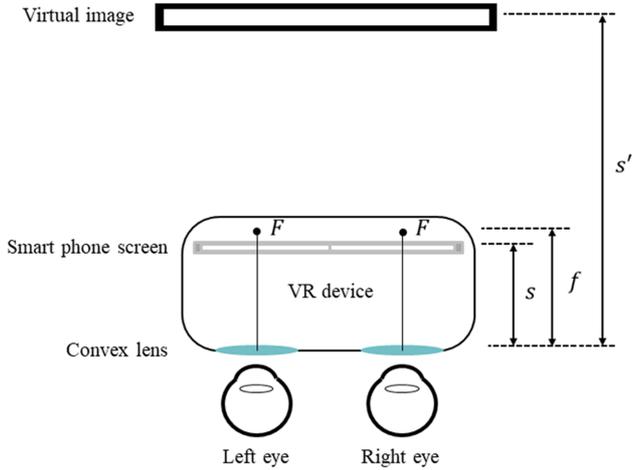


Fig. 1. Schematic configuration of a virtual-reality device.

을 측정한 결과를 통해 중심과 주변부 시야의 융합력 차이와 두 검사법 중 어느 검사가 포토퍼를 이용한 융합 범위 검사와 유사한지 알아보았다.

대상 및 방법

1. 실험 기기

본 실험에 사용된 스마트폰은 LG G7 ThinQ(LM-G710N, LG Electronics, Korea)이고, 가상현실 기기는 시중에 판매되고 있는 VR7 Voyager(VR7 voyager, NSMG, China) 이다. 사용된 스마트폰의 디스플레이 사양은 대각선 길이 154.7 mm, 해상도는 3120 × 1440, 564 ppi이다.^[9] 그리고 VR 기기의 지원 가능한 스마트폰 사이즈는 4.7~6 inch이며, 57~71 mm까지 PD 조절 및 눈과 스마트폰 사이 거리 조절 또한 가능하다. VR 기기에 장착된 렌즈는 비구면 설계이며, 약 90도 시야각을 제공한다.^[10]

2. 실험대상

본 연구는 양안 교정시력이 1.0 이상인 23.05 ± 1.05세의 남녀 20명(남 9명, 여 11명)을 대상으로 실시하였다. 정시인 피실험자는 나안 상태로, 굴절 이상이 있는 피실험자는 콘택트렌즈와 안경으로 교정하여 실험을 실시하였다. 또한 사시나 부등시, 특별한 안과 및 정신 질환이 없고, 실험동안 가상현실 체험 시 어지러움이나 멀미를 느끼지 않는 자를 대상으로 실험을 실시하였다.

그리고 시기능에 이상이 없는 대상자를 선별하기위해 사전에 조절 용이성, 폭주 근점, 최대 조절력, 상대 조절, 버전스 용이성, 조절 래그의 시기능검사를 실시하였다.^[11]

3. 자체 제작된 검사시표

본 실험은 시기능 검사에서 사용되는 수정된 토링톤 시

표를 응용하여 VR 기기를 사용하여 눈의 편위를 검사할 수 있도록 시표를 고안하였으며, 중심부와 주변부의 수평 융합력을 측정하기 위해 각각 중심부와 주변부에 회살표 모양의 시표를 좌우 중앙 사이 거리를 변화시켜가며 측정할 수 있도록 제작하였다(Fig. 2).

먼저 A시표는 사위검사 등에 주로 사용되는 수정된 토링톤 시표를 참고하여 고안되었다. 이때 좌안은 좌측의 십자모양의 시표를, 우안은 우측의 숫자와 알파벳으로 이루어진 대각선 시표를 보게 된다. VR 기기를 착용하고 시표를 보았을 때 양안에 맺힌 상이 동시시 및 융합되면서 피실험자가 수직과 수평으로 편위된 정도를 알 수 있도록 제작되었다. 만일 피실험자가 수직선이 알파벳과 숫자의 어느 부분에 위치해있는지를 보고하면 검사자는 피실험자 눈의 수평 편위량을 알 수 있으며, 수평선의 위치를 통해 수직 편위량 또는 VR 기기의 수평 상태를 확인할 수 있다.

다음으로 B시표는 VR 기기를 착용했을 때 우리 눈의 중심시야 영역에서 수평방향 융합 범위를 알아보기 위해 제작되었다. 이때 개인마다 융합할 수 있는 범위가 다르기

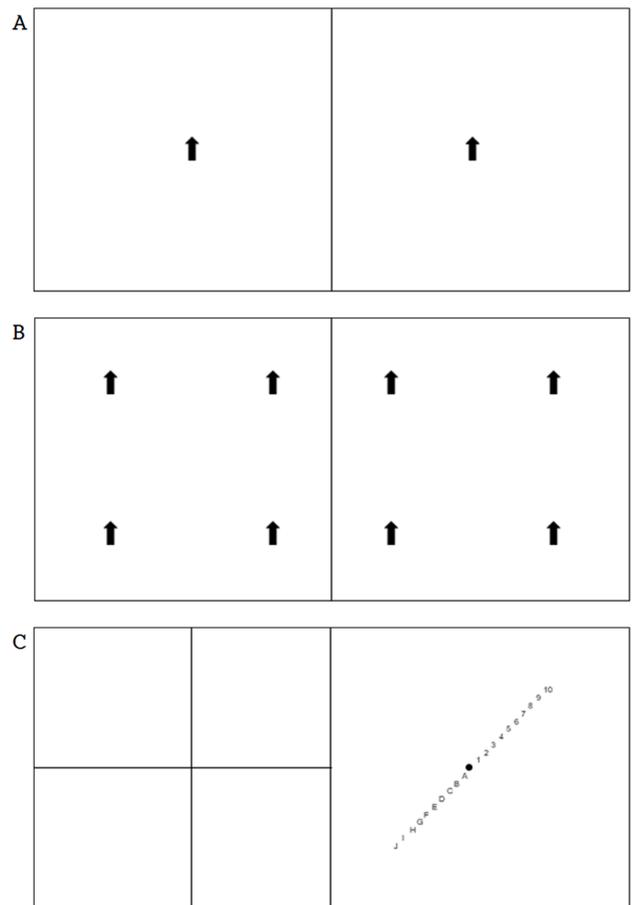


Fig. 2. Test optotypes in a virtual-reality device. A. Test charts for fusional vergence in the foveal region, B. Test charts for fusional vergence in the peripheral region, C. Test charts for ocular deviation.

때문에 화살표간 거리를 4.4 cm에서 6.4 cm까지 0.4 cm 간격으로 제작하여 실험하였다. 그리고 본 실험에서 사용된 VR 기기의 경우 다양한 크기의 스마트폰을 지원하기 때문에 시표의 화살표간 거리를 11단계로 제작하였고, 이때 실험에 사용된 스마트폰인 LG G7에서 시표를 구현할 수 있는 범위의 한계에 의해 최대-최소 범위가 정해졌다.

마지막으로 C시표는 VR 기기를 착용했을 때 주변시야에서 수평방향 융합 범위를 알아보기 위해 제작되었다. 본 실험에 사용된 VR 기기의 경우 약 90도의 시야각을 가지므로 주변시야 융합력을 측정하기 위해 제작된 C시표의 경우 가상현실 영상이 주변부 약 40~60도 범위에 시표가 위치하도록 제작되었다.

4. 실험방법

VR 기기로 측정된 편위량 및 융합력과 시기능의 상관관계를 보기 위해 원·근거리 수평/수직 사위, 원·근거리 수평 융합력을 측정하였다. 먼저 사위 검사는 양안 완전 교정 후 자동포롭터(HRT-7000, Huvitz, Korea)를 이용하여 원·근거리 PD를 맞추고 원거리는 3 m에서, 근거리는 0.4 m에서 수정된 토링톤법으로 수평/수직 사위를 검사하였다.^[11] 수평 융합버전스 검사는 원·근거리에서 0.7 시표를 주시한 상태에서 자동포롭터의 로터리 프리즘을 이용하여 흐림/분리/회복점을 측정하였다.^[11] 이때 양성 융합버전스와 음성 융합버전스의 흐림점과 분리점을 통해 총 융합력을 구하였다.

피실험자는 문진과 시기능 검사를 마친 후 10분 이상 휴식을 취하고, VR 기기와 제작된 시표를 통해 눈의 편위량과 총 융합력을 측정하였다(Fig. 3). 눈의 편위도를 알아보기 위해서 실험 참가자의 PD와 VR 기기의 두 렌즈 사이 거리를 일치시키고, VR 기기를 눈에 갖다 댄 순간 세로선의 위치를 통해 편위량을 자각적으로 측정하였다. 예를 들어, 융합된 상에서 세로선의 위치가 D에 위치하면

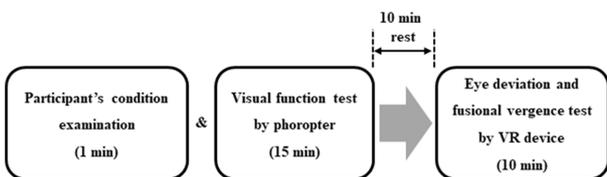


Fig. 3. Experimental procedure.

동측성으로 내편위를 보인다고 할 수 있다. 또한 이때 가로선의 위치가 화면 중앙에 위치하지 않을 때는 수직 사위가 있거나 VR 기기 착용 시 수평이 맞지 않았다는 의미이며, 이 경우에는 VR 기기를 좌우로 기울여 수평을 맞추고 실험을 진행하였다.

총 융합력의 경우 피실험자가 융합할 수 있는 범위를 구하기 위해 폭주 방향과 개산 방향을 각각 측정하였으며, VR 기기의 렌즈 사이 거리를 최대 71 mm와 최소 57 mm로 조정하면서 복시로 보이다가 처음으로 융합되는 지점을 측정하여 총 융합력을 알아보았다.

5. 통계분석

연구결과는 평균±표준편차로 나타내었으며, 통계분석은 SPSS 18을 사용하여 Pearson의 상관분석을 실시하였다. 먼저 VR 기기로 측정된 눈의 편위도와 시기능 검사를 통한 원·근거리 사위도의 상관관계를 알아보았으며, VR 기기로 측정된 중심·주변시야의 총 융합력과 시기능 검사를 통한 원·근거리 총 융합력의 상관관계를 구하여 변수 간의 선형상관관계 및 통계 처리 결과를 나타내었다. 이때 구해진 유의수준은 $p < 0.05$ 와 $p < 0.1$ 로 나타내었고, 유의수준 $p < 0.1$ 의 경우 경향성을 참고하기 위해 그 결과를 나타내었다.

결과 및 고찰

VR 기기에서 측정된 눈의 편위도와 원·근거리 수평 사위 검사 결과를 Table 1에 나타내었다. 피실험자들의 눈의 수평 편위도는 VR 기기에서 평균 약 7.64 mm의 동측성 편위를 보였다. 그리고 시기능 검사의 수정된 토링톤법을 통해 측정된 수평 사위도의 경우, 각각 원거리에서 $1.58 \pm 2.09 \Delta$ 외사위, 근거리에서 $5.10 \pm 4.89 \Delta$ 외사위를 나타냈다.

VR 기기로 측정된 피실험자들의 눈의 수평 편위와 시기능 검사로 측정된 결과를 비교한 결과 VR 기기로 측정된 값과 상관관계 면에서 비교적 유의한 결과를 보이는 것은 근거리 사위였다. 이때 $p = 0.068$, 피어슨의 상관계수 $r = 0.416$ 을 보여 양의 상관관계를 보이는 것으로 나타났다.

그러나 VR 기기에서의 눈의 수평 편위도와 시기능 검사의 원거리 검사 결과는 상관관계를 보이지 않는 것으로

Table 1. Correlation between the ocular deviation obtained using a virtual-reality device and horizontal phoria (** p -value < 0.1)

	VR device	Visual function test	<i>p</i> -value	Pearson's <i>r</i>
	Eye deviation (mm)	Horizontal phoria (Δ)		
At far	7.64±4.52	1.58±2.09, Exo	0.520	0.153
At near		5.10±4.89, Exo	0.068**	0.416

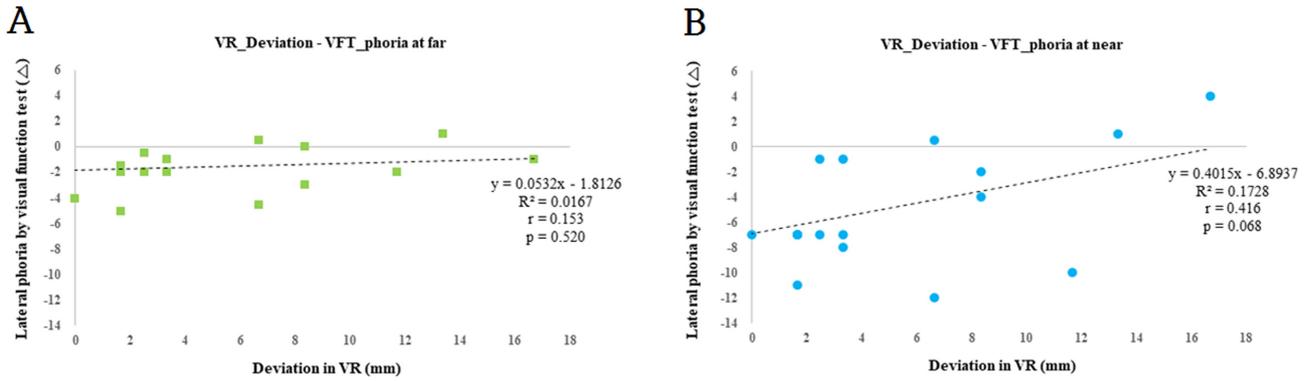


Fig. 4. Correlation coefficient analysis between ocular deviation obtained using a virtual-reality (VR) device and phoria obtained using a visual function test. A. Correlation between ocular deviation obtained using a VR device and phoria at distance obtained using a visual function test, B. Correlation between ocular deviation obtained using a VR device and phoria at near obtained using a visual function test.

나타났다.

그리고 VR 기기에서 측정된 눈의 수평 편위도와 원근 거리 시기능 검사의 수정된 토링톤법으로 측정된 수평 사위도의 상관관계를 Fig. 4에 나타내었다. VR 기기에서의 수평 편위도와 시기능 검사의 원거리 수평 사위도는 통계적으로 유의한 상관관계를 보이지 않았고(Fig. 4A), VR 기기에서의 수평 편위도와 시기능 검사의 근거리 수평 사위도는 양의 상관관계를 보이는 것으로 나타났다(Fig. 4B).

VR 기기에서 측정된 총 융합력과 시기능 검사로 측정된 원근거리 총 융합력을 Table 2에 나타내었다.

VR 기기에서의 중심시야와 주변시야의 총 융합 범위는 시기능 검사에서의 근거리 검사 결과와 유의한 상관관계를 보였으며, 특히 중심시야에서 측정된 값과 시기능의 근거리 융합 범위가 $p=0.030$, 피어슨의 상관계수 $r=-0.487$ 로 통계적으로 유의한 상관관계를 보였다. 그리고 VR 기기에서의 주변시야 영역과 시기능 검사에서의 근거리 융합 영역에서도 $p=0.063$, 피어슨의 상관계수 $r=-0.424$ 로 비교적 유의한 음의 상관관계를 보였다.

그러나 VR 기기에서의 중심시야 영역과 주변시야 영역의 총 융합 범위와 시기능 검사에서의 원거리 총 융합 범위는 상관관계를 보이지 않는 것으로 나타났다.

VR 기기에서의 중심시야와 주변시야의 총 융합 범위와 시기능 검사에서의 원근거리 총 융합 범위의 상관관계를

나타낸 Table 2의 결과를 좀 더 비교하기 용이하도록 Fig. 5에 그래프로 나타내었다.

먼저 A의 경우 VR 기기에서의 중심시야 총 융합 범위와 시기능 검사에서의 원거리 총 융합력의 상관관계를 나타낸 그래프로서 이들 간에 통계적으로 유의한 결과를 보이지 않았다(Fig. 5A). 반면 B의 경우 VR 기기의 중심시야 총 융합 범위와 시기능 검사에서의 근거리 총 융합력의 상관관계를 나타낸 그래프로서 통계적으로 유의한 음의 상관관계를 나타내었다(Fig. 5B). 그리고 C의 경우 VR 기기의 주변시야 총 융합 범위와 시기능 검사에서의 원거리 총 융합력의 상관관계를 나타낸 그래프로서 통계적으로 유의한 결과를 보이지 않았다(Fig. 5C). 그러나 D의 경우 VR 기기의 주변시야 총 융합범위와 시기능 검사에서의 근거리 총 융합력의 상관관계를 나타낸 그래프로서 비교적 통계적으로 유의한 음의 상관관계를 나타내었다(Fig. 5D).

이상 본 연구의 실험 결과에서 VR 기기를 사용한 경우 눈의 수평 편위도는 시기능 검사에서 측정된 근거리 수평 사위도와 비교적 유의한 결과를 보였으며, VR 기기 사용시의 총 융합 버전스 검사에서도 중심주변시야 모두 시기능 검사에서의 근거리 총 융합력과 비교적 유의한 상관관계를 보였다. 이는 실험에 사용된 구글 카드보드 타입의 VR 기기를 통한 가상현실 영상이 생기는 위치가 비교적 근거리이기 때문으로 보인다. 예를 들어 눈의 절점과 렌즈

Table 2. Correlation between the total fusional vergence reserves obtained using a virtual-reality device and the result of the visual function test (* p -value < 0.05; ** p -value < 0.1)

Total fusional vegence reserves		VR device (mm)	Visual function test (Δ)	p -value	Pearson's r
Foveal area	At far	21.63±10.19	29.40±8.77	0.528	-0.150
	At near		36.25±8.95	0.030*	-0.487
Peripheral area	At far	28.72±12.59	29.40±8.77	0.730	-0.082
	At near		36.25±8.95	0.063**	-0.424

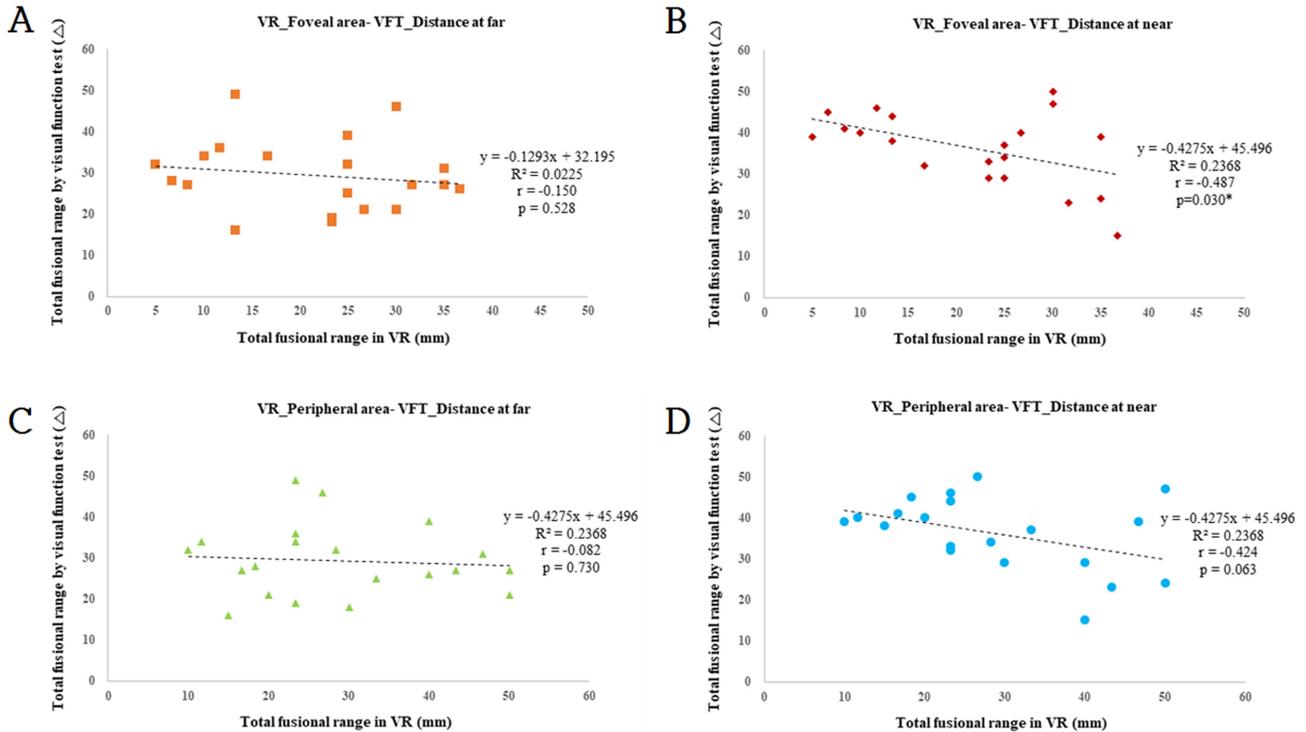


Fig. 5. Correlation coefficient analysis between the fusional vergences obtained using a virtual-reality (VR) device and visual function test. A. Correlation of the fusional vergence at distance in the foveal region between that measured by the VR device and visual function test, B. Correlation of the fusional vergence at distance in the foveal region between that measured by the VR device and visual function test, C. Correlation of the fusional vergence at distance in the peripheral region between that measured by the VR device and visual function test, D. Correlation of the fusional vergence at near in the peripheral region between that measured by the VR device and visual function test.

사이의 거리가 0.0025 m이고, 렌즈와 스마트폰 스크린 사이의 거리(s)가 0.0464 m, +20 D의 렌즈를 이용할 때 우리 눈에 인지되는 상의 거리(s)는 0.67 m이다. 이와 같이 구글 카드보드 VR 기기의 권장 조건을 사용할 경우, 1 m 이내의 비교적 근거리에서 상이 형성되는 것을 알 수 있다.^[12] 이로 인해 VR 기기로 측정된 결과 값들이 시기능 검사의 근거리 검사와 상관관계를 보인 것으로 생각된다. 또한 총 융합 범위의 경우, VR 기기의 중심시야와 주변시야에서 측정된 결과 중에서 중심시야의 측정 결과가 시기능 검사의 융합비전스 검사 결과와 더 밀접한 관계가 있는 것은 포롭터를 이용한 융합력 검사의 숫자시표가 중심부에 위치하기 때문으로 보인다.

피실험자들은 대부분 근거리에서 외사위 경향이었던 반면에 VR 기기를 통해 측정된 눈의 편위도는 동측성으로 내편위 경향을 보였다. 이는 VR 기기를 착용하고 가상현실을 경험할 때 조절성 폭주와 근접성(기계성) 폭주가 개입하기 때문으로 생각된다. 본 연구에서 피실험자들의 평균 경사 AC/A(조절성 폭주)비는 $2.75 \pm 1.74 \Delta/D$, 계산 AC/A비는 $4.83 \pm 1.45 \Delta/D$ 였으며, 이를 통해 근접성 폭주량을 구하면 $2.08 \pm 1.27 \Delta$ 이 된다.^[13] 근접성 폭주량은 경

사 AC/A비와 계산 AC/A비를 구하는 방법의 차이에 의해 나타난다. 경사 AC/A비의 경우 근거리에서 수평 사위도를 측정된 후에 +1 D의 구면렌즈를 추가하여 변화된 사위도로 그 값을 구하므로 근접성 폭주의 영향이 상쇄되나, 계산 AC/A비의 경우 원거리와 근거리에서 측정된 수평 사위도를 이용하여 구해지므로 그 값에 근접성 폭주의 영향이 남아있기 때문이다. 이로 인해 계산 AC/A비가 경사 AC/A비 보다 크게 측정되는 경향을 보인다.^[10] 실험참가자들의 근접성 폭주량의 평균값을 고려했을 때 1 D의 조절 반응으로도 약 4~5 Δ 정도의 폭주가 발생한 것으로 보이며, 비교적 근거리에서 상이 형성되는 구글 카드보드 타입 VR 기기의 특성 때문에 VR 기기를 통해 측정된 눈의 편위는 내편위 경향을 보인 것으로 사료된다.

VR 기기의 경우와 시기능 검사의 경우에서 측정된 결과를 비교해 볼 때 일반적인 근거리 수평 사위 및 근거리 총 융합력에서 비교적 유의한 상관관계를 보였지만 VR 기기를 활용하여 시시력표 등을 이용한 다른 시기능 검사를 시행하기에는 어려움이 있다. 그 이유는 가상현실 영상을 시청할 때는 시청자의 굴절이상 및 조절능력에 따라, 또는 VR 기기의 세팅에 따라 가상현실 영상이 맺히는 지

점이 달라질 수 있기 때문이다. 따라서 정확한 상의 확대 배율을 알 수 없으므로 우리 눈의 해상력 및 분해능 등의 시력검사를 정확히 측정하기는 어려울 것으로 보인다. 또한 사위 및 융합력의 측정에서 수평 방향만 측정할 이유는 VR기기의 특성상 렌즈사이의 거리를 좌우로만 조작할 수 있기 때문이다.

결 론

본 연구는 VR 기기를 통해 시기능 검사 중 사위 및 총 융합력 검사를 간단히 시행해 볼 수 있는지 알아보았다. VR 기기의 세팅과 피실험자의 굴절이상 및 양안시 이상 등의 개인별 특성 등 검사에 영향을 줄 수 있는 여러 가지 요소들이 있지만 본 실험에 사용된 VR 기기인 ‘VR7 Voyager’와 자체 제작된 시표로 가상현실 영상을 이용하여 간단히 눈의 수평 편위도와 총 융합력 검사를 실시한 결과는 포롭터를 이용한 양안시 기능 검사에서의 근거리 검사 결과와 비교적 유의한 상관관계를 보였다. 이로부터 VR 기기를 이용하여 시기능을 측정하는 방법은 기존의 전통적인 시기능 검사법을 대체하기는 어렵겠지만 스마트폰과 저렴한 VR 기기의 사용을 통해 시기능의 경향을 대략적으로 간편하게 측정할 수 있을 것으로 생각된다.

REFERENCES

- [1] Google VR. Google Cardboard, 2014. <https://vr.google.com/cardboard>(21 August 2019).
- [2] Jensen L, Konradsen F. A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training. *Educ Inform Tech*. 2018;23(4):1515-1529. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10639-017-9676-0>
- [3] Alhalabi W. Virtual reality systems enhance students' achievements in engineering education. *Behav Inf Technol*. 2016;35(11):919-925. DOI: <https://doi.org/10.1080/0144929X.2016.1212931>
- [4] Anderson PL, Price M, Edwards SM, et al. Virtual reality exposure therapy for social anxiety disorder: a randomized controlled trial. *J Consult Clin Psychol*. 2013;81(5):751-760. DOI: <https://doi.org/10.1037/a0033559>
- [5] 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.
- [6] Lee HJ, Jang MH, Mah KC. The visual effect resulting from virtual reality. *Korean J Vis Sci*. 2010;12(3):153-162.
- [7] 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>
- [8] LaViola Jr JJ. A discussion of cybersickness in virtual environments. *ACM SIGCHI Bulletin*. 2000;32(1):47-56. DOI: <https://doi.org/10.1145/333329.333344>
- [9] LG electronics. LG G7 ThinQ, 2018. <https://www.lge.co.kr/lgekor/product/mobile/smart-phone/productDetail.do?catelId=02&prdlId=EPRD.327565#featureBtnsWrap>(09 August 2019).
- [10] NSMG. VR7 Voyager, 2017. <http://prod.danawa.com/info/?pcode=4036433%3E>(09 August 2019).
- [11] Benjamin WJ. *Borish's clinical refraction*, 2nd Ed. Birmingham: Butterworth-Heinemann, 2006;899-960.
- [12] Google VR. *Manufacture Cardboard*, 2014. <https://vr.google.com/cardboard/manufacturers>(11 August 2019).
- [13] Scheiman M, Wick B. *Clinical management of binocular vision: heterophoric, accommodative, and eye movement disorders*, 1st Ed. Seoul: Daihak publishing company, 2009;26-27.

구글 카드보드 타입의 VR(Virtual Reality) 기기를 이용한 눈의 편위와 융합력 측정

홍형기¹, 정연홍², 강현구^{3,*}

¹서울과학기술대학교 안경광학과, 교수, 서울 01811

²국제대학교 안경광학과, 교수, 평택 1773

³가톨릭관동대학교 안경광학과, 교수, 강릉 25601

투고일(2019년 8월 22일), 수정일(2019년 10월 15일), 게재확정일(2019년 10월 29일)

목적: 스마트폰과 저렴한 VR 기기를 이용하여 간단히 사위 및 융합력 검사를 실시하여 일반적인 시기능 검사 결과와의 상관관계를 알아보았다. **방법:** 양안 교정시력이 1.0 이상인 23.05±1.05세의 남녀 20명(남 9명, 여 11명)을 대상으로, VR 기기를 사용하여 눈의 편위와 중심부 및 주변부의 수평 융합력을 측정한 후 포롭터를 이용한 양안시 기능 검사 중 원·근거리 수평 사위 및 융합력 검사 결과와 비교 분석하였다. **결과:** VR 기기를 사용한 눈의 수평 편위도는 시기능 검사에서의 근거리 사위도와 비교적 유의한 결과를 보였다($p=0.068$, $r=0.416$). VR 기기에서의 총 융합력 검사 결과도 중심 및 주변시야 모두 시기능 검사에서의 근거리 총 융합력과 비교적 유의한 상관관계를 보였다(중심시야: $p=0.030$, $r=-0.487$, 주변시야: $p=0.063$, $r=-0.424$). **결론:** 스마트폰과 저렴한 VR 기기를 사용하면 시기능의 경향을 간편하게 측정할 수 있을 것으로 생각된다.

주제어 : 가상현실, 시기능 검사, 사위, 융합버전스