

# 가상현실 기술을 이용한 저시력 기구의 임상적 유용성

## Clinical Efficacy of Low Vision Aid Using Virtual Reality Device

여준형 · 강정우 · 문남주

Joon Hyung Yeo, MD, Jeong Woo Kang, MD, Nam Ju Moon, MD, PhD

중앙대학교 의과대학 중앙대학교병원 안과학교실

Department of Ophthalmology, Chung-Ang University Hospital, Chung-Ang University College of Medicine, Seoul, Korea

**Purpose:** To evaluate the clinical usefulness of a low vision aid using a virtual reality device (LVA-VR) in patients with low vision.

**Methods:** Forty low vision patients were enrolled in this prospective study. All subjects participated in a two-session LVA-VR training course. The binocular best-corrected distance, intermediate, and near visual acuities (BCDVA, BCIVA, and BCNVA, respectively) were measured, along with contrast sensitivity and reading performance, at baseline and after 2 weeks of LVA-VR use. All subjects also provided a self-rated functional score (SFS) and completed a satisfaction questionnaire following the study.

**Results:** Thirty-nine subjects (mean age,  $54.6 \pm 22.7$  years) completed the study. Significant improvements in BCDVA, BCIVA, BCNVA, and contrast sensitivity were observed after 2 weeks of LVA-VR use ( $p < 0.001$ ). Reading accuracy also improved significantly ( $p = 0.027$ ); however, the reading speed did not change. Subject functionality improved, as indicated by the increase in the SFS ( $11.8 \pm 4.5$  vs.  $19.6 \pm 5.3$ ) ( $p < 0.001$ ). Most patients were satisfied with their visual function improvement and found LVA-VR to be useful in their daily activities. No device-related adverse events were observed or indicated.

**Conclusions:** This study suggests that LVA-VR is beneficial for visual rehabilitation. Future technological advances are expected to improve LVA-VR performance and acceptability further for a better quality of life in low vision patients.

J Korean Ophthalmol Soc 2020;61(7):795-802

**Keywords:** Low vision, Low vision aid, Virtual reality, Visual rehabilitation

■ Received: 2019. 11. 19.      ■ Revised: 2019. 12. 30.

■ Accepted: 2020. 6. 22.

■ Address reprint requests to **Nam Ju Moon, MD, PhD**  
Department of Ophthalmology, Chung-Ang University Hospital,  
#102 Heukseok-ro, Dongjak-gu, Seoul 06973, Korea  
Tel: 82-2-6299-1666, Fax: 82-2-825-1666  
E-mail: njmoon@cau.ac.kr

\* This study was supported by a grant from Samsung Electronics (Suwon-si, Gyeonggi-do, Korea). The devices used in this study were supplied as a loan from Samsung Electronics and were returned at the end of study. The funding organization had no role in the design or conduct of this research. The authors thank Optician Soo Jin Ham (Department of Ophthalmology, Chung-Ang University) for help conducting training sessions.

\* Conflicts of Interest: The authors have no conflicts to disclose.

저시력은 안경이나 콘택트렌즈, 수술 등으로 교정이 불가능한 중대한 시력의 소실로 정의되는 만성적인 상태로써, 세계보건기구(World Health Organization)에서는 저시력에 대해 ‘치료 또는 굴절 교정 이후에도 좋은 눈의 시력이 6/18에서 광각 사이이거나 혹은 시야가 주시점에서  $10^\circ$  이하로 남아있고, 작업을 계획하거나 수행하는 데 있어서 시력을 이용하거나 잠재적으로 이용할 수 있는 경우’로 정의하였다. 미국에서는 저시력 환자가 2020년 550만 명에 달할 것으로 예상하였으며,<sup>1</sup> 우리나라에 등록되어 있는 시각장애인의 수도 2004년 17만여 명에서 2018년 25만여 명으로 지속적으로 증가하고 있다.

저시력은 중대한 장애로, 글씨 읽기, 보행 등 일상 생활의 다양한 활동과 관련된 작업 수행 능력을 떨어뜨림으로

써, 환자의 개인적, 사회적 삶에 큰 영향을 미칠 뿐만 아니라 삶의 질을 떨어뜨리는 것으로 알려져 있다.<sup>2,4</sup> 안경이나 콘택트렌즈, 수술 등으로 교정이 불가능한 경우, 저시력 기구는 환자의 삶의 질을 개선하는 데 도움이 될 수 있으며,<sup>5</sup> 일반적으로 확대경이나 망원현미경, 망원경과 같은 광학적 저시력 기구와 closed-circuit television (CCTV) 혹은 휴대용 전자식 확대경과 같은 전자식 저시력 기구가 흔히 사용되고 있다. 그러나, 기존의 저시력 기구들은 가격이 비싸고, 휴대가 간편하지 않아 유용성이 떨어진다는 단점이 있다. 또한, 저시력 환자의 사회적 참여가 확대됨에 따라 사용 장소 및 사용 목적에 따른 다양한 종류의 저시력 기구가 필요한 경우가 많아졌으며, 거리에 따른 단순 확대 기능 외에 시야의 이동 및 확장, 대비감도의 조절 등 다양한 기능을 가진 저시력 기구에 대한 요구가 있어왔다. 이에 최근 가상현실 기구(virtual reality [VR] device)가 상용화됨에 따라, 저시력 기구로서의 활용 가능성이 제시되어 왔다.<sup>6,7</sup> 본 연구에서는 머리착용형 기구, 원격 조절 장치, 스마트폰, 스마트폰 애플리케이션으로 구성된 가상현실 기술을 이용한 저시력 기구의 기능을 소개하고, 저시력 기구로서의 임상적 유용성에 대해서 평가하고자 하였다.

## 대상과 방법

이 연구는 연구윤리심의위원회(Institutional review board of Chung-Ang University Hospital)로부터 승인(승인 번호: 1620-003-262)을 받았으며, 모든 과정은 헬싱키선언(Declaration of Helsinki)을 준수하였고 환자에게 충분히 설명한 이후 동의하는 경우(Informed consent)에만 연구에 포함하였다.

### 대상 환자

2017년 1월부터 7월까지 중앙대학교 시각재활클리닉을 방문하여 저시력을 진단받은 환자 중, 연구에 동의한 환자를 대상으로 진행하였다. 모든 환자는 좋은 눈의 최대교정 시력이 20/60 이하이거나 중심시야가 10° 이내인 경우에 해당되었으며, 모든 안과적 원인에 의한 저시력 환자를 대상으로 하였다. 인지 장애가 동반되거나, 시력이 안전수동이나 광각인지로 글을 읽을 수 없거나, 가상현실 기술을 이용한 저시력 기구를 사용하는 데 문제가 있는 신체적 장애가 있는 환자의 경우 연구에서 제외하였다.

### 가상현실 기술을 이용한 저시력 기구

가상현실 기술을 이용한 저시력 기구는 머리착용형 기구(head-mounted display, Gear VR, Samsung Electronics, Suwon, Korea), 스마트폰(Galaxy S7 edge, Samsung Electronics),

스마트폰 애플리케이션(Relumino, Samsung Electronics), 원격 조절 장치로 이루어져있다(Fig. 1A, B). 사용자는 원격 조절 장치를 이용하여, 상 재배치(image remapping) 기능과 같은 가상 시각 기능 혹은 모서리 및 글자 강조(edge and text enhancement), 색 필터(color filtering) 기능, 대비 강조(contrast enhancement) 기능과 같은 증강 시각 기능을 사용할 수 있으며(Fig. 1C-F), 기능 적용 시 사용자의 선호에 따라 강조 색깔 및 대비 정도를 조절할 수 있다. 또한 이미지 확대(image magnification) 및 이미지 정지(image capture) 기능을 사용할 수 있으며 여러 기능을 동시에 적용할 수 있다.

모든 대상 환자는 연구 참여 기간 동안 90분간의 가상현실 기술을 이용한 저시력 기구 재활 교육 과정을 완료하였다. 재활 교육 과정은 한 명의 안과 전문의(N. J. M)에 의해 이루어졌으며, 1차 교육 후 환자는 1주일간 일상 생활에서 가상현실 기술을 이용한 저시력 기구를 사용하였다. 1차 재활 교육 1주일 후, 환자는 시각재활클리닉에 재방문하여 사용상의 어려움 등에 평가하였고, 2차 재활 교육 과정을 진행하였다. 1주일 간 일상 생활에서의 추가 사용 후 환자는 마지막 방문을 진행하였다.

### 평가 항목

모든 환자는 가상현실 기술을 이용한 저시력 기구 사용 전, 사용 2주 후 평가를 진행하였다. 객관적 검사로서, 시력, 대비감도검사 및 읽기 능력을 평가하였으며, 주관적 검사로서, 자가평가 기능 점수(self-rated functional score) 평가 및 기구 사용 만족도 설문조사를 시행하였다. 최대교정 양안시력은 원거리(4 m), 중간거리(2 m)에서 한천석 시력표를 이용하여 측정하였으며, 양안 근거리 시력은 조명을 600에서 700 lux로 고정한 상태에서 40 cm의 거리에서 Lea numbers chart (Good-Lite, Elgin, IL, USA)를 사용하여 측정하였다. 평소 사용하던 저시력 기구가 있는 경우 사용 전 시력검사 시 저시력 기구를 사용하여 측정하였으며, 사용 후 시력 측정은 가상현실 기술을 이용한 저시력 기구를 사용하여 측정하였다. 시력은 logarithm of the minimum angle of resolution (logMAR)으로 변환하여 통계적 분석을 시행하였다.

양안 대비감도검사는 Mars numeral contrast sensitivity test (Mars Perceptrix Corp., Chappaqua, NY, USA)를 이용하여 50 cm 거리에서 측정하였다. 저시력 기구 사용 전 대비감도 검사는 적절한 근거리 시력 교정 후 시행되었으며, 저시력 기구 사용 후 대비감도검사는 가상현실 기술을 이용한 저시력 기구를 착용한 상태에서 측정되었다. 부정확한 반응은 보정되었으며, logarithm units으로 변환하여 통



**Figure 1.** The low vision aid using virtual reality device (LVA-VR) that is capable of simultaneously performing multiple functions. (A) The LVA-VR is composed of the VR head-mounted display, a smartphone, smartphone application software, and a remote control. (B) Photograph of a patient wearing the LVA-VR. The operation remote is held in the patient's hand. The VLA-VR can perform edge enhancement (C), text enhancement (D), image remapping (E, moves central images to a more peripheral location), and color filtering (F). Each column begins with the original image and is followed by the enhanced images.

계적 분석을 시행하였다.

읽기 능력 평가는 MNread 차트 개발 원칙을 한국어에 맞게 수정하여 개발한 한국어판 MNread chart를 이용하여 읽기 속도 및 정확도를 평가하였다.<sup>8</sup> 대상 환자가 소리를 내며 1분간 문장을 읽은 후, 정확히 읽은 분당 글자 수 (letters per minute, LPM)를 산출하여 읽기 속도를 계산하였으며, 읽기 정확도는 1분간 읽은 글자 수 중 정확히 읽은 글자 수 비율을 산출하여 계산하였다. 피검사자의 암기에 의한 학습 효과를 배제하기 위해, 문법 난이도와 문장의 길이가 비슷한 서로 다른 10종류의 글이 사용되었다.

주관적 평가로서 시행한 자가평가 기능 점수 및 설문지 조사는 본 연구를 위해 개발하여 사용되었다. 자가평가 기능 점수는 일상생활 수행과 관련된 항목 중 얼굴 인지, TV 혹은 영화 시청, (신문, 책, 메뉴 등) 근거리 읽기, 혼자 걷기, (간판, 시계 등) 원거리 읽기, 글씨 쓰기, 총 6가지 항목이 포함되었으며(Fig. 2A), 환자 스스로가 자신의 수행능력을 최저 1점(매우 어려움)부터 최고 5점(매우 수월함)까지 부여하여 점수의 총합을 자가평가 기능 점수(최고 30점)로

하였다. 또한, 가상현실 기술을 이용한 저시력 기구 사용 전 다른 저시력 기구를 사용하고 있는 환자의 경우, 저시력 기구를 사용한 수행 능력으로 평가하도록 하였다. 마지막 방문 시, 모든 환자는 가상현실 기술을 이용한 저시력 기구 사용 시 자가평가 기능 점수를 평가하였으며, 기구 사용 만족도에 대한 설문 조사를 시행하였다. 기구 사용 만족도에 대한 설문 문항은 본원에서 직접 개발하여 사용하였으며, 총 5문항 중 사용 난이도나 구매 의사 등에 대한 4문항과 개선점에 관한 주관식 문항 1문항으로 구성되었다(최고 20점, Fig. 2B).

**통계분석**

결과는 평균 ± 표준편차로 표시하였다. SPSS version 20.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 사용하여 paired student's *t*-tests, independent *t*-test, Kruskal-Wallis test로 분석하였고, *p*-value가 0.05 미만일 때 통계적으로 유의한 것으로 판정하였다.

**A**

Item No.	Detailed Description	None		Moderately		Greatly
1	I can recognize a face.	1	2	3	4	5
2	I can watch a TV or movie.	1	2	3	4	5
3	I can read a newspaper, book, or menu.	1	2	3	4	5
4	I can walk alone.	1	2	3	4	5
5	I can read distant signs or watch a clock.	1	2	3	4	5
6	I can write a letter.	1	2	3	4	5

For each item, patients were asked to complete the questions by circling the number most appropriate to how they feel.

  

**B**

Item No.	Detailed Description					
1	It is easy to use.	1	2	3	4	5
2	I think low vision aid using virtual reality device would be a useful tool to aid patients with low vision in daily life.	1	2	3	4	5
3	If available, I would buy low vision aid using virtual reality device.	1	2	3	4	5
4	I would recommend low vision aid using virtual reality device to other patients with low vision	1	2	3	4	5
5	What should be improved?					

For each item, except No. 5, patients were asked to choose a score from 1 to 5, where 1 indicates strongly disagree; 2, disagree; 3, neither agree nor disagree; 4, agree; and 5, strongly agree.

**Figure 2.** An English version of questionnaire. (A) The questionnaire that was administered to obtain the self-rated functional score. (B) The questionnaire that was administered to determine subject satisfaction.

## 결 과

**Table 1.** Demographics and visual characteristics of study subjects

Characteristic	Value
Age (years)	54.6 ± 22.7
Sex (female)	23 (59.0)
Cause of low vision	
Corneal disorder	2 (5.1)
Retinal disorder	23 (59.0)
Optic nerve disorder	11 (28.2)
Glaucoma	3 (7.7)
Severity of low vision in the better eye	
Mild (BCVA <sub>≥</sub> 20/200)	14 (35.9)
Moderate (20/200 > BCVA <sub>≥</sub> 20/400)	8 (20.5)
Severe (BCVA < 20/400)	17 (43.5)
Low vision device users	22 (56.4)
Single device users	19
Telescope for distance vision tasks	1
Magnifier for near vision tasks	13
Portable electronic magnifier	2
CCTV	3
Multiple device users	3
Magnifier and auditory aid*	1
Magnifier and telescope	1
Magnifier and CCTV	1

Values are presented as mean ± standard deviation or number (%). BCVA = best-corrected visual acuity; CCTV = closed circuit television.

\*The auditory aid was a text to speech system.

총 40명의 환자가 연구에 참여하였다. 1명의 환자에서 추적 관찰에 실패하여, 총 39명의 환자가 최종적으로 분석에 포함되었다. 환자의 특성은 Table 1과 같았다. 환자의 평균 연령은 54.6 ± 22.7세(27-93세)였으며, 23명(59.0%)의 환자가 여성이었다. 저시력의 원인 질환으로써 각막 질환, 망막 질환, 시신경 질환 등 다양한 질환이 포함되었으며, 22명(56.4%)의 환자에서 연구 참여 전 저시력 기구를 사용한 경험이 있었다.

가상현실 기술을 이용한 저시력 기구의 다양한 기능이 저시력 환자의 일상생활에서 사용되었으며, 39명의 환자 중 30명(76.9%)에서 2개 이상의 기능을 활용한다고 답변하였다. 그중 이미지 확대가 29명(74.4%)의 환자에서 가장 높은 빈도로 사용되었으며, 20명(51.3%)의 환자에서 대비 강조 기능이, 10명(25.6%)의 환자에서 모서리 및 글자 강조 기능이, 4명(10.3%)의 환자에서 색 필터 기능이 사용되었다. 상 재배치 기능을 사용한다고 보고한 환자는 없었으며, 가장 흔한 기능 조합은 이미지 확대와 대비 강조 기능이었다.

**Table 2.** Visual functions before and after LVA-VR use for 2 weeks

Parameter	Baseline*	LVA-VR	p-value†
Binocular logMAR BCVA (Snellen equivalent)			
Distance	1.14 ± 0.52 (20/276)	0.07 ± 0.09 (20/23)	<0.001
Intermediate	0.76 ± 0.25 (20/115)	0.05 ± 0.09 (20/22)	<0.001
Near	0.79 ± 0.34 (20/123)	0.06 ± 0.10 (20/23)	<0.001
Log contrast sensitivity	0.92 ± 0.33	1.10 ± 0.33	<0.001
Reading performance			
Reading speed (words/minute)	115.4 ± 97.0	106.9 ± 74.5	0.162
Reading accuracy (%)	92.3 ± 15.3	97.6 ± 5.6	0.027
Self-rated functional score			
Face recognition	1.4 ± 0.8	3.54 ± 1.3	<0.001
Television or movie watching	1.7 ± 1.1	3.62 ± 1.3	<0.001
Near reading‡	1.4 ± 0.7	3.36 ± 1.3	<0.001
Walking alone	2.4 ± 1.6	2.87 ± 1.3	0.087
Distance reading§	2.6 ± 1.6	4.13 ± 1.3	<0.001
Letter writing	2.2 ± 1.3	2.03 ± 1.3	0.498
Total functional score	11.8 ± 4.5	19.6 ± 5.3	<0.001
Satisfaction score	-	15.8 ± 3.5	-

Values are presented as mean ± standard deviation unless otherwise indicated.

LVA-VR = low vision aid using virtual reality; logMAR = logarithm of minimum angle of resolution; BCVA = best-corrected visual acuity.

\*Subjects were allowed to use their routine low vision aids during baseline measurements. Subjects used the LVA-VR during LVA-VR measurements; †statistical significance examined using a paired t-test; ‡reading a newspaper, book, or menu; §reading distant signs or watching a clock.

### 객관적 평가

첫 방문 시 평균 최대교정 양안 원거리, 중간거리, 근거리 시력은 각각  $1.14 \pm 0.52 \text{ logMAR}$ ,  $0.76 \pm 0.25 \text{ logMAR}$ ,  $0.79 \pm 0.34 \text{ logMAR}$ 이었다. 2주간의 가상현실 기술을 이용한 저시력 기구 사용 후 가상현실 저시력 기구를 사용하여 측정된 평균 최대교정 양안 원거리, 중간거리, 근거리 시력은 각각  $0.07 \pm 0.09 \text{ logMAR}$ ,  $0.05 \pm 0.09 \text{ logMAR}$ ,  $0.06 \pm 0.10 \text{ logMAR}$ 이었으며, 통계적으로 유의한 호전을 보였다(Table 2). 기존 저시력 기구의 사용 여부에 따른 시력 호전 정도에는 차이가 없었다. 또한 이미지 확대(29명, 74.4%), 글자 강조(25명, 64.1%), 모서리 강조(10명, 25.6%), 색 필터(4명, 10.3%) 기능을 조합하여 사용할 경우, 대비감도도 통계적으로 유의한 호전을 보였다(Table 2).

읽기 속도는 가상현실 기술을 이용한 저시력 기구 사용 전  $115.4 \pm 97.0 \text{ LPM}$ 에서 기구 사용 후  $106.9 \pm 74.5 \text{ LPM}$ 으로 통계적으로 유의한 호전을 보이지 않았지만( $p=0.162$ ), 읽기 정확도는 사용 전  $92.3 \pm 15.3\%$ 에서 사용 후  $97.6 \pm 5.6\%$ 로 유의한 호전을 보였다( $p<0.001$ , Table 2). 대부분의 환자는 읽기 평가시 이미지 확대기능을 사용하였다.

### 주관적 평가

자가평가 기능 점수는  $11.8 \pm 4.5$ 점에서 기구 사용 2주 후,  $19.6 \pm 5.3$ 점으로 통계적으로 유의한 호전을 보였다( $p<0.001$ , Table 2). 항목별로, 얼굴 인지, TV 혹은 영화 시청, (신문, 책, 메뉴 등) 근거리 읽기, (간판, 시계 등) 원거리 읽기 능력 항목에서 통계적으로 유의한 호전을 보였으나(Table 2), 혼자 걷기, 글씨 쓰기 항목에서는 차이를 보이지 않았다. 저시력의 정도나 기존 저시력 기구의 사용 여부는 자가평가 기능 점수의 호전 정도에 영향을 미치지 않았다( $p=0.604$ ,  $p=0.742$ ).

기구 사용 만족도 점수는  $15.8 \pm 3.5$ 점으로 나타났다. 항목별로, 저시력 기구의 사용이 쉬움지에 대한 질문에서  $4.1 \pm 1.3$ 점을 보였으며, 일상생활에 도움이 되는지에 대한 질문에서  $4.0 \pm 0.9$ 점, 기구의 구매 의사에 대한 질문에서  $4.3 \pm 1.1$ 점, 주변의 다른 저시력 환자에게 기구를 추천할 의사가 있는지에 대한 질문에서  $3.8 \pm 1.1$ 점을 보였다. 최대교정시력이 20/400 미만으로 보다 심한 장애를 보인 환자에서 만족도 점수는  $17.4 \pm 2.5$ 점으로, 최대교정시력이 20/400 이상이고 20/200 미만인 환자( $14.3 \pm 5.0$ 점), 최대교정시력이 20/200 이상인 환자( $14.8 \pm 3.3$ 점)에 비해 높은 경향을 보였으나, 통계적으로 유의한 차이를 보이지는 않았다( $p=0.088$ ). 또한 기존 저시력 기구의 사용 여부에 따른 만족도 점수의 차이는 보이지 않았다( $p=0.268$ ). 연구 기간 동안, 기기와 관련된 합병증은 관찰되지 않았으며, 개선 사항

으로 가장 자주 언급된 것은 외관상의 문제(18명, 46.2%)였고, 그 외 효율적으로 사용하기까지 시간이 필요하다는 점(12명, 30.7%), 좁은 시야(3명, 10.3%)가 불편사항으로 언급되었다.

## 고 찰

본 연구를 통해 가상현실 기술을 이용한 저시력 기구는 저시력 환자에서 시기능의 향상에 도움을 주는 것으로 보였다. 특히, 원거리, 중간거리, 근거리 시력의 향상과 함께, 대비감도, 읽기 정확도에서 향상을 보였다. 또한, 첫 재활 교육 과정 후, 대부분의 환자들이 일상 생활에 기구를 활용하는 데 어려움을 보이지 않아 비교적 조작이 간편하고 환자들이 쉽게 이용할 수 있는 것으로 보였다.

기존의 저시력 기구들이 환자들의 특정 활동에 도움이 되기는 하지만,<sup>9</sup> 대부분의 기구들이 작업 거리에 맞도록 한 가지 목적을 위한 것이 대부분이어서 환자들의 일상활동에 도움이 되는지, 삶의 질을 향상시키는지에 대해서는 명확하지 않다. 또한 가격이 비싸거나, 휴대가 간편하지 않아 저시력 환자들이 일상 생활에서 쉽게 사용하기에 여러 제한점이 있다. 실제로, 전자광학기술과 비디오 영상기술 분야의 발전으로 전자식 확대경, 광학 문자 인식기(optical character recognition)와 같은 새로운 저시력 기구가 개발되었음에도 불구하고,<sup>6</sup> 비싼 가격 및 낮은 활용도로 인해 널리 사용되고 있지 못하며, 특히 저시력 환자들의 낮은 경제적인 수준은 저시력 기구의 구입을 더욱 어렵게 만든다. 최근 전자통신장비의 발달과 더불어 스마트폰이 대중화되고, 저렴한 가상현실 장비들이 상용화되었으며, 가상현실 기술을 이용한 저시력 기구에 사용되는 스마트폰 애플리케이션은 무료로 제공되므로, 가상현실 기술을 이용한 저시력 기구는 기존의 저시력 기구에 비해 저렴하다는 장점이 있다.

기존의 휴대용 저시력 기구들이 고정된 초점거리 외에는 사용할 수 없다는 제한점을 가진 데 비하여, 가상현실 기술을 이용한 저시력 기구는 기구의 확대율과 대비 등을 변화시켜 여러 가지 목적으로 사용할 수 있다는 장점이 있다. 22명의 환자가 연구 참여 전 저시력 기구를 사용한 경험이 있다고 보고하였으며, 가장 흔하게 사용하였던 저시력 기구는 근거리 작업을 위한 휴대용 확대경이었다. 이 환자들은 중간거리 혹은 원거리의 물체를 보고자 할 경우, 2개 이상의 기구를 들고 다녀야만 했다. 하지만 가상현실 기술을 이용한 저시력 기구의 휴대성과 다양한 거리에서의 적용 가능성은 환자로 하여금 다양한 시각 작업을 하나의 기구로 수행할 수 있게 하여 환자의 일상생활에 편리하게 이용될 수 있을 것으로 기대된다.

가상현실 기술을 이용한 저시력 기구는 몇 가지 단점이 있다. 기구 사용 만족도 설문 조사 중 개선점에 대한 결과상, 많은 환자들이 외관상 개선이 필요하다고 답하였다. 특히 머리착용형 기구의 착용은 환자들이 집 이외의 공간에서 기구를 착용하는 것을 주저하게 만드는 주된 이유였다. 이러한 결과는 많은 저시력 환자들이 저시력 환자의 상징과도 같은 저시력 기구를 공공 장소에서 사용하는 것에 대해 두려움을 느낀다는 이전의 연구 결과와 일치한다.<sup>10</sup> 따라서 본 연구에 사용된 저시력 기구가 머리에 착용이 가능하기는 하지만 아직까지는 외관상 보기에 좋지 않으며 무게도 적지 않아, 추후 기술 개발을 통해 보다 저시력 환자들이 착용하기에 부담스럽지 않은 착용 가능한 형태의 기구로 외관상 변화가 필요할 것으로 보인다. 또한 이전의 연구에서 장시간의 머리착용형 기구의 사용이 어지러움, 눈의 피로감, 안구건조증 등을 유발한다고 보고되었는데,<sup>11</sup> 본 연구에서는 기구와 관련된 합병증이 관찰되지 않았다. 이는 비교적 짧은 기간 동안의 기구 경험으로 인해 증상이 발생하지 않았을 가능성이 있다고 생각하며, 안경과 같은 착용 가능한 형태의 기구 개발이 이러한 단점을 함께 보완할 수 있을 것이라고 생각한다.

대비 감도는 저시력 환자의 읽기 속도의 중요한 지표로 알려져 있으며,<sup>12</sup> 글자 확대는 많은 저시력 환자들의 읽기 속도를 향상시킨다고 알려져 있는데,<sup>13</sup> 가상현실 기술을 이용한 저시력 기구 사용시, 대비 감도의 향상과 글자 확대 기능에도 불구하고 읽기 속도의 향상은 보이지 않았다. 이러한 양상은 이전의 전자식 저시력 기구를 이용한 연구에서도 관찰되었으며, 머리착용형 기구보다 고정형 기구에서 읽기 속도가 더 빠른 것으로 나타났다.<sup>14,15</sup> 저자들은 이러한 결과가 머리착용형 기구의 특성으로 인한 것으로 생각하는데, 저시력 환자들이 글자를 읽기 위해서 확대 기능을 사용하면 시야가 좁아지게 된다. 좁아진 시야 상태에서 글자를 따라 읽거나 글자를 쓰기 위해서 고개를 움직이면, 약간의 움직임에도 좁은 시야로 인해 시야가 크게 움직이기 때문에 글자를 따라 적절히 이동하기가 매우 어렵다. 또한, 스마트폰에서 영상을 받아들인 후, 스마트폰 애플리케이션에서 영상을 처리하여 환자에게 보여주기까지 약 50 msec의 지연이 발생하므로, 환자가 걷기와 같이 동적인 활동을 할 경우, 불편을 야기할 수 있다. 이러한 점이 자가평가 기능 점수상에서도, 혼자 걷기 및 글씨 쓰기 항목에서 호전을 보이지 않은 결과에 영향을 미쳤다고 생각한다.

본 연구는 몇 가지 제한점을 가지고 있다. 첫째, 본 연구에서 사용한 자가평가 기능 점수와 설문지 만족도 점수는 객관적으로 검증되지 않은 방법이다. 하지만 자가평가 기능 점수에 포함된 일상활동 항목은 검증된 삶의 질 측정 설

문지 항목에서 발췌하여 개발한 것이다.<sup>16,17</sup> 둘째, 본 연구는 예비 연구의 성격으로 진행되어 환자들이 비교적 짧은 기간 동안 새로운 저시력 기구를 경험한 후 평가하였다. 짧은 사용 기간에도 불구하고, 환자들이 쉽게 사용법을 익히고 시기능 향상에 만족감을 나타냈지만, 추후 보다 긴 연구 기간을 통해 장기간 사용 시 나타날 수 있는 어지러움, 눈의 피로감, 안구건조증 등 합병증에 대한 보다 객관적인 평가가 필요할 것으로 생각하며, 장기간 사용 시 시기능 향상이 추가적으로 일어나는지 확인해보아야 할 필요가 있다. 마지막으로, 본 연구에서는 다른 저시력 기구와 직접적인 비교를 시행하지 않았다. 그러나 기존에 저시력 기구를 사용하던 22명의 환자에서 가상현실 기술을 이용한 저시력 기구 사용 후 자가평가 기능 점수에서 호전을 보였으며, 만족도 설문지 결과상 대부분의 환자에서 구매 의사를 보였다는 점에서 기존의 저시력 기구보다 가상현실 기술을 이용한 저시력 기구를 선호하였다고 할 수 있다. 추후 다른 저시력 기구와의 직접 비교를 통한 시기능 호전 정도의 차이에 대한 분석이 필요할 것으로 보인다.

결론적으로, 가상현실 기술을 이용한 저시력 기구는 저시력 환자의 다양한 일상생활에서 시각 기능을 향상시킴으로써 삶의 질을 올릴 수 있는 가능성을 보였다. 저시력의 정도나 저시력 기구의 사용 여부에 따른 시기능 향상 정도에 차이를 보이지 않았으며, 이는 다양한 저시력 환자군에서 폭넓게 사용될 수 있는 가능성을 의미한다. 그러나 추후 착용 가능한 디자인, 보다 빠른 처리 속도, 가벼운 소재를 이용한 장비 등 개선이 필요할 것으로 보이며, 가상현실 장비의 대중화와 더불어 상대적으로 저렴한 애플리케이션의 개발 비용으로 많은 저시력 환자들의 일상생활에 도움이 될 수 있는 다양한 저시력 기구가 개발되기를 기대한다.

## REFERENCES

- 1) Ehrlich JR, Ojeda LV, Wicker D, et al. Head-mounted display technology for low-vision rehabilitation and vision enhancement. *Am J Ophthalmol* 2017;176:26-32.
- 2) Evans JR, Fletcher AE, Wormald RPL. Depression and anxiety in visually impaired older people. *Ophthalmology* 2007;114:283-8.
- 3) Rubin GS, Turano K. Low vision reading with sequential word presentation. *Vision Res* 1994;34:1723-33.
- 4) Stelmack J. Quality of life of low-vision patients and outcomes of low-vision rehabilitation. *Optom Vis Sci* 2001;78:335-42.
- 5) Renieri G, Pitz S, Pfeiffer N, et al. Changes in quality of life in visually impaired patients after low-vision rehabilitation. *Int J Rehabil Res* 2013;36:48-55.
- 6) Moshtael H, Aslam T, Underwood I, Dhillon B. High tech aids low vision: a review of image processing for the visually impaired. *Transl Vis Sci Technol* 2015;4:6.
- 7) Harper R, Culham L, Dickinson C. Head mounted video magnifi-

cation devices for low vision rehabilitation: a comparison with existing technology. *Br J Ophthalmol* 1999;83:495-500.

8) Rhiu S, Kim M, Kim JH, et al. Korean version self-testing application for reading speed. *Korean J Ophthalmol* 2017;31:202-8.

9) Binns AM, Bunce C, Dickinson C, et al. How effective is low vision service provision? A systematic review. *Surv Ophthalmol* 2012;57:34-65.

10) Lam N, Leat SJ. Barriers to accessing low-vision care: the patient's perspective. *Can J Ophthalmol* 2013;48:458-62.

11) Hirota M, Kanda H, Endo T, et al. Comparison of visual fatigue caused by head-mounted display for virtual reality and two-dimensional display using objective and subjective evaluation. *Ergonomics* 2019;62:759-66.

12) Leat SJ, Woo GC. The validity of current clinical tests of contrast sensitivity and their ability to predict reading speed in low vision. *Eye (Lond)* 1997;11(Pt 6):893-9.

13) Nguyen NX, Weismann M, Trauzettel-Klosinski S. Improvement of reading speed after providing of low vision aids in patients with age-related macular degeneration. *Acta Ophthalmol* 2009;87:849-53.

14) Peterson RC, Wolffsohn JS, Rubinstein M, Lowe J. Benefits of electronic vision enhancement systems (EVES) for the visually impaired. *Am J Ophthalmol* 2003;136:1129-35.

15) Virgili G, Acosta R, Grover LL, et al. Reading aids for adults with low vision. *Cochrane Database Syst Rev* 2013;CD003303.

16) Moisseiev E, Mannis MJ. Evaluation of a portable artificial vision device among patients with low vision. *JAMA Ophthalmol* 2016;134:748-52.

17) Wolffsohn JS, Cochrane AL. Design of the low vision quality-of-life questionnaire (LVQOL) and measuring the outcome of low-vision rehabilitation. *Am J Ophthalmol* 2000;130:793-802.

= 국문초록 =

## 가상현실 기술을 이용한 저시력 기구의 임상적 유용성

**목적:** 본 연구에서는 가상현실 기술을 이용한 저시력 기구의 임상적 유용성을 확인하고자 하였다.

**대상과 방법:** 본원의 시각재활클리닉을 방문한 40명의 저시력 환자가 연구에 포함되었으며, 모든 환자가 2회의 가상현실 기술을 이용한 저시력 기구 재활 교육 과정을 완료하였다. 기구 사용 전 및 기구 사용 2주 후 최대교정 양안 원거리, 중간거리, 근거리 시력을 측정하였으며, 대비감도 검사 및 읽기 능력(읽기 속도 및 정확도)을 평가하여 비교하였다. 주관적 검사로서, 자가평가 기능 점수 및 기구 사용 만족도 설문조사를 시행하였다.

**결과:** 39명의 환자가 연구를 완료하였으며, 환자의 평균 나이는 54.6 ± 22.7세였다. 기구 사용 2주 후, 가상현실 저시력 기구를 사용하여 측정된 최대교정 양안 원거리, 중간거리, 근거리 시력 및 대비감도에서 통계적으로 유의한 호전을 보였으며( $p < 0.001$ ), 읽기 정확도에서도 유의한 호전을 보였으나( $p = 0.027$ ), 읽기 속도는 통계적 차이를 보이지 않았다. 자가평가 기능 점수는 기구 사용 전 11.8 ± 4.5점에서 19.6 ± 5.3점으로 호전되었으며( $p < 0.001$ ), 대부분의 환자들이 기구의 사용이 쉽고, 일상생활에서 작업을 수행하는 데 도움이 된다고 답하였다. 연구 기간 동안 기구 관련 합병증은 관찰되지 않았다.

**결론:** 본 연구의 결과를 통해 가상현실 기술을 이용한 저시력 기구는 저시력 환자의 시각 재활에 도움이 될 것으로 보이며, 추후 기술 개발을 통해 착용 형태의 변화 및 기능 개선을 통해 환자들의 삶의 질을 높일 수 있을 것으로 기대한다.

〈대한안과학회지 2020;61(7):795-802〉

여준형 / Joon Hyung Yeo

중앙대학교 의과대학 중앙대학교병원 안과학교실  
Department of Ophthalmology,  
Chung-Ang University Hospital,  
Chung-Ang University College of Medicine

