

A Study on Changes in Visual Function and Fatigue before and after Augmented Reality Eye Movement Training

MinJi Gil^{1,a}, Sejoon Moon^{1,b}, Sang-il Park^{2,c}, and Hyungoo Kang^{2,d,*}

¹Dept. of Biomedical engineering, Graduate School of Catholic Kwandong University, Student, Gangneung 25601, Korea

²Dept. of Optometry, Catholic Kwandong University, Professor, Gangneung 25601, Korea

(Received August 15, 2023: Revised September 11, 2023: Accepted September 18, 2023)

Purpose: To investigate changes in visual function and fatigue when eye exercises were performed using the developed augmented reality device and application capable of pursuit and saccadic eye movement, and dry eye prevention training. **Methods:** Thirty adults (22.40±1.30 years; 12 males, 18 females) without eye diseases were tested for binocular vision function tests and subjective symptoms before and after eye movement training using the developed augmented reality device and application. **Results:** Examining the changes in visual function before and after the experiment, the exophoria decreased by an average of 1.93 Δ in the near phoria ($p<0.05$), recovery point of fusional divergence at near was increased about 2.16 Δ, and accommodative facility was increased by 1.93 cycle/min. In the result of fatigue change, improvement was shown in 3 out of 28 items. **Conclusions:** In this study, when following and pursuit and saccadic eye movement training were performed using the developed augmented reality device and application, the near exophoria slightly decreased and the recovery point of fusional divergence at near and accommodative facility tended to increase. Some visual function training effects were confirmed. In addition, in the fatigue survey, dryness of the eyes was reduced, indicating that it was effective in preventing dry eyes and no other eye-related discomfort was found.

Key words: Augmented reality, Eye movement, Visual function training, Dry eye, Fatigue

서 론

스마트폰, 태블릿 PC 등의 보급으로 근거리 작업 빈도와 이용 시간이 증가하고 있다. 또한 학업 및 근무 환경에서 장시간 근업 작업으로 조절 자극량이 증가하여 조절경련 등으로 인한 눈의 피로가 꾸준히 보고되고 있다.^[1] 그리고 디지털 기기를 사용하며 눈 깜빡임 횟수 감소와 함께 안구건조증을 호소하는 경우가 발생하고 있다.^[2]

안구 근육의 사용으로 인해 누적된 눈의 피로를 안구 운동을 통해 긴장된 근육을 수축과 이완시키며 안구의 피로를 풀어주는 것이 눈 건강 및 안구 건조증에도 도움이 된다고 알려져 있다.^[3] 안구 운동의 방법으로는 신속 눈 운동(충동 안구 운동), 따라보기 운동(추종 안구 운동), 원근 운동(원 근거리 교대 보기 운동) 등이 있으며, 안구를 움직이는 근육들을 수축·이완시키며 눈 움직임을 원활하게 하고 안정피로를 줄일 수 있다.^[4] 신속 눈 운동은 머리를 고정된 상태에서 안구만을 사용하여 빠른 속도로 움직이

는 표적의 움직임을 정확하게 따라가 상을 중심좌에 위치시키는 운동이다. 따라보기 운동은 표적의 움직임을 정확하게 따라보며 상을 중심좌에 위치시키는 운동이다. 원근거리 교대 보기 운동은 가까운 표적과 먼 거리에 있는 표적을 번갈아 초점을 맞추는 운동이다.^[5-6] 이러한 안구 운동 훈련과 시기능 훈련을 위한 장비의 종류는 다양하고 일반인이 적절한 훈련 기구를 선정하는 것은 쉽지 않다. 또한 검사자의 숙련된 기술과 경험이 요구되며 피검자에 대한 지속적인 관심과 점검이 필요하기 때문에 홈트레이닝을 포함해 일상생활에서 적용하는 데에는 어려움이 있다.^[7]

증강현실(augmented Reality, AR)은 사용자 주변 환경의 실존하는 배경 위에 컴퓨터 그래픽으로 만들어진 영상을 입힌 기술이다. 증강현실과 가상현실은 가상의 환경을 만들어 다양한 체험을 할 수 있으며 시간과 공간에 제약 없이 다양한 분야에 접목시켜 활용이 가능하기 때문에 교육이나 치료, 의료기술, 게임 등으로 사용되고 있다.^[8,9] 이리

본 논문의 일부내용은 2022년도 한국안광학회·대한시과학회 공동학술대회에서 구연으로 발표되었음.

*Corresponding author: Hyungoo Kang, TEL: 82-33-649-7375, E-mail: hgkang@cku.ac.kr

Authors ORCID: ^ahttps://orcid.org/0000-0003-0698-5296, ^bhttps://orcid.org/0000-0003-4730-643X, ^chttps://orcid.org/0000-0002-5015-0416, ^dhttps://orcid.org/0000-0002-1200-9913

한 가상현실의 환경에서 일반적인 멀미와 차이가 있는 사이버 멀미(cyber sickness)가 발생하며, 짧은 시간 사용에도 어지러움, 메스꺼움 등이 발생할 수 있으므로 이를 검증하여 안정성에 문제가 없도록 해야 한다.^[10-11]

따라서 본 연구에서는 개인의 스마트폰을 사용하여 구현할 수 있는 증강현실 기기와 추종 운동, 충동 운동, 건성안 예방 훈련 등이 가능한 애플리케이션을 이용하여 안구 운동 훈련 및 건성안 예방훈련을 실시하였다. 안구 운동 훈련을 실시하기 전과 후의 시기능 변화와 훈련으로 발생할 수 있는 피로도에 관한 설문을 실시하여 안구 운동 훈련의 효과를 확인하고 기존에 알려진 가상현실이나 증강현실에서 발생할 수 있는 사이버 멀미가 발생하지 않는지 알아보려고 하였다.

대상 및 방법

1. 대상

본 연구에서는 사시, 약시 등의 안과적 질환이나 양안시 기능에 문제가 없고 타각적 굴절검사를 통하여 굴절력을 측정할 값을 이용하여 나안시력 또는 교정시력이 1.0 이상인 자로 평균 연령 22.40세±1.30세의 성인 남녀 30명 (남:12명, 여:18명)을 대상으로 실시하였다.

2. 방법

정시인 피검사자는 나안의 상태로 진행하였으며 굴절 이상이 있는 피검사자는 자동 굴절력계(URK-800, Unicos, Korea)의 검사 값을 바탕으로 한 양안 완전 교정 값을 자동 포롭터(HDR-9000, Huvitz, Korea)에 장입하여 검사를 진행하였다. 안구 운동 훈련 실시 전·후 28가지의 자각증상에 대한 설문지 구성되어 있는 SSQ(Simulator sickness questionnaire) 설문지를 자기기입식으로 먼저 실시하고 시기능 검사를 진행하였다.^[12]

안구 운동 훈련은 본 실험을 위해 개발된 기기로 반투과거울과 프레넬렌즈 등으로 구성된 기기를 3D프린터를 통해 제작하여 사용하였으며 사용된 스마트폰은 LG G7

ThinQ(LM-G710N, LG Electronics, Korea)이고, 디스플레이 사양은 대각선 길이 154.7 mm, 해상도는 3120×1440, 564 ppi이다, 안구운동훈련 애플리케이션은 추종 안구 운동, 충동 안구 운동, 원근거리 교대 보기 운동, 곡선 안구 운동, 나선 운동, 눈 깜빡임 운동으로 이루어져 있다(Fig. 1). 각 훈련은 1분씩 구성되어 있으며, 추종안구운동은 좌우로 천천히 이동하는 물체를 따라보는 운동이며, 충동안구운동은 상하좌우 및 대각선에 나타나는 물체를 도약운동으로 바라보게 구성되었다. 원근거리 교대 보기 운동은 움직이는 물체가 화면의 아래쪽에서 작게 나타났다가 점점 커지면서 멀어지는 것을 지속적으로 따라보며 원근거리 교대보기 훈련을 할 수 있도록 구성되었으며, 곡선은 무한대 모양의 움직임을 따라보고, 나선은 가운데에서 바깥쪽으로 회전하면서 나가는 물체를 따라보게 구성되었다. 마지막으로 눈 깜빡임 운동은 1초에 1회, 1초에 2회, 1초에 3회 순으로 증가하면서 깜빡이게 하였고 이후에는 다시 2초간 감고있다가 다시 같은 동작을 반복하였다. 6가지 안구 운동 훈련에 소요되는 시간은 총 6분이었다.

원근거리의 수평 사위 검사(phoria)는 수정된 토링톤(modified Thorington)법을 사용하여 검사하였으며, 원근거리에서의 융합력 검사, 조절력 검사 등을 진행 후 개발된 증강현실 기기와 안구 운동 훈련 애플리케이션을 사용하여 각각의 안구 운동 훈련 6가지를 실시한 뒤 자각증상에 대한 SSQ 설문을 실시하고 원거리 시기능 검사와 근거리 시기능 검사를 진행하였다.

SSQ 설문은 크게 눈의 불편함, 전반적인 불편함, 메스꺼움, 집중력, 두통으로 총 5가지로 나뉜다. 눈의 불편함(eye related discomfort)의 11개의 항목, 전반적인 불편함(general discomfort)의 7개의 항목과 메스꺼움(nausea)의 3개 항목, 집중력(focusing difficulty)의 4개 항목, 두통(headache)의 3개 항목으로 총 28개의 증상에 대한 설문으로 구성되며 0(증상없음)~7(매우 심함) 점으로 나누어 응답하도록 하였다. 눈의 불편함 항목은 세부적으로 흐려 보이거나 번져 보임(blurry), 건조함과 뻑뻑함(dry eye), 눈의 피로함(eye strain), 이물감(gritty), 안구의 통증(eyeache), 따가움과 쓰라림(sting), 눈의 줄음·몽롱함(eyes heavy), 안개 낀 듯 희뿌옇게 보임(hazy), 안구의 발열(warm eyes), 자극을 받아 깜빡임(flickering), 눈물 남(watery eyes)으로 11가지로 구성된다. 전반적인 불편함 항목으로는 머리가 무거운 느낌(feeling heavy in the head), 몸이 무거운 느낌(feel heavy), 집중하기 어려움(difficulty concentrating), 어지럽고 평 도는 느낌(dizzy), 어깨의 뻣근함(stiff shoulder), 목의 뻣근함(stiff neck), 졸림(sleepy)으로 7개의 항목으로 구성, 메스꺼움의 항목으로는 구토(vomiting), 현기증과 어지러움(vertigo), 메스꺼움(nausea)으로 3가지 항목으로 구성된

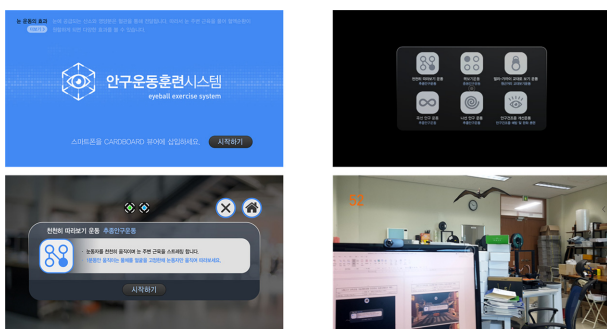


Fig. 1. Eye movement training application examples.

다. 집중력 항목은 한곳을 보기 어려움(difficulty focusing), 복시(double vision), 가까운 것이 잘 안 보임(near vision difficulty), 먼 곳이 잘 안 보임(far vision difficulty)으로 4개의 항목으로 구성되며 마지막으로 두통(headache)의 항목으로는 관자놀이 쪽 두통(pain in the temple), 이마나 머리 앞쪽 두통(pain in the middle of the forehead), 뒤통수 쪽 두통(pain in the back of the head)으로 3가지의 항목으로 구성된다.

3. 통계처리

본 실험에서의 통계분석은 SPSS를 이용하여 안구운동 훈련 전·후의 변화를 paired t-test를 통해 비교·분석하였다. 각각의 test에서 신뢰도 95%를 기준으로 할 때, 유의수준 (p-value)이 0.05 이하이면 유의한 차이가 있는 것으로 판단하였다.

결과 및 고찰

1. 안구운동 훈련 전·후 시기능 변화

안구 운동 훈련 실시 전과 안구 운동 훈련 실시 후의 원거리 사위 검사 결과와 근거리 사위 검사 결과는 Fig. 2와 같다.

안구 운동 훈련 실시 전과 실시 후의 원거리 사위 검사 결과는 4.00±3.54 △ 외사위에서 3.27±3.25 △ 외사위로 약 0.73 △ 감소하였지만, 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 하지만 안구 운동 훈련 실시 전과 실시 후의 근거리 사위 검사 결과는 6.10±6.58 △ 외사위에서 4.17±7.13 △ 외사위로 변화하였으며 약 1.93 △ 감소하였고 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 이는 본 증강현실 기기로 구현된 안구 운동 훈련 애플리케이션의 경우 원/근거리 모두 외사위를 줄이는 경향을 보였으며, 그 효과는 근거리에서 크게 나타난 것으로 볼 수 있다.

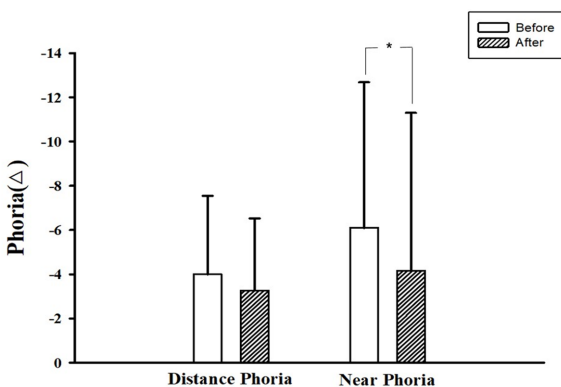


Fig. 2. Change in distance and near phoria before and after eye movement training.

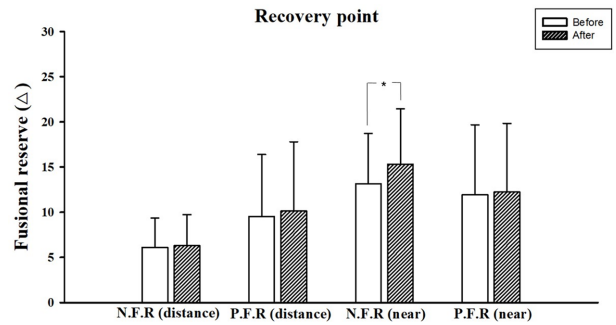


Fig. 3. Change in distance and near vergence before and after eye movement training.

N.F.R: negative fusional reserve, P.F.R: positive fusional reserve

안구 운동 훈련 실시 전과 후의 원거리 융합력과 근거리 융합력을 측정된 값을 Fig. 3에 나타내었다. 원거리 검사 결과를 살펴보면, 개산여력 분리점은 10.63±4.43 △에서 10.50±4.28 △으로 약 0.13 △ 감소하였고, 폭주여력 분리점의 경우 16.37±9.57 △에서 17.80±9.79 △으로 약 1.43 △ 증가하였지만 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 원거리에서의 개산여력 회복점은 6.10±3.27 △에서 6.30±3.43 △으로 약 0.2 △ 증가하였고, 폭주여력 회복점의 경우 9.53±6.87 △에서 10.13±7.67 △으로 약 0.6 △ 증가하였고, 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

안구 운동 훈련 실시 전과 실시 후의 근거리 검사결과를 살펴보면, 개산여력 분리점은 18.87±6.71 △에서 20.83 ±6.87 △으로 약 1.96 △ 증가하였고, 폭주여력 분리점의 경우 19.83±8.53 △에서 19.57±9.05 △으로 약 0.26 △ 감소하였지만, 통계적으로 유의한 변화를 보이지 않았다. 근거리 개산여력 회복점은 13.17±5.56 △에서 15.33±6.13 △으로 약 2.16 △ 증가하였으며 이는 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p<0.05). 근거리 폭주여력 회복점의 경우 11.93±7.76 △에서 12.23±7.62 △으로 안구 운동 훈련 실시 후 약 0.3 △ 증가하였지만 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

원/근거리 개산여력 및 폭주여력의 호린점, 분리점, 회복점의 경우 일부 변화가 관찰되었지만 일관성 있는 유의미한 변화는 관찰할 수 없었으며, 근거리 개산 여력의 회복점에서만 안구 운동 훈련 후 증가하는 경향을 보였다. 따라서 융합력의 경우에서도 일부 긍정적인 변화를 관찰할 수 있었다.

안구 운동 훈련 전과 후의 양안 최대 조절력은 14.28±4.27 D에서 14.96±5.02 D로 약 0.68 D 증가하였으나 통계적으로 유의한 차이를 보이지는 않았다(Fig. 4). 양안 조절 용이성은 안구 운동 훈련 전에는 15.20±5.65 cycle/min이었지만 안구 운동 훈련 후에는 16.77±4.85 cycle/min으로 약 1.57 cycle/min 증가하였고 통계적으로 유의한 차이를

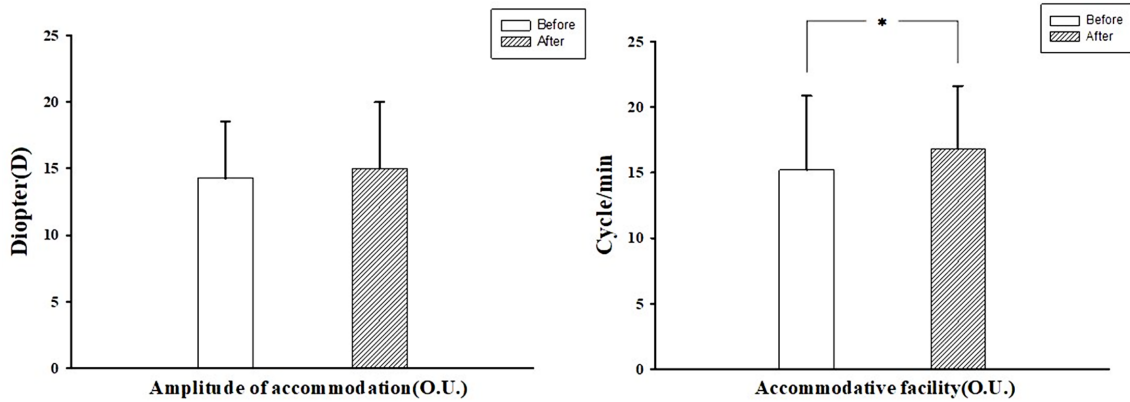


Fig. 4. Changes in binocular amplitude of accommodation and accommodative facility before and after eye movement training.

보였다($p < 0.05$).

최대 조절력과 양안 조절 용이성의 경우 모두 증가하는 경향을 보였으며, 양안 조절 용이성의 경우 통계적으로 유의한 증가를 보여 조절기능 훈련의 효과가 있음을 확인할 수 있었다.

안구 운동 훈련 전과 후의 양성 상대 조절력은 -3.04 ± 1.95 D에서 -2.64 ± 1.89 D로 변화하였으며 안구 운동 훈련으로 약 0.40D 감소하였고 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(Fig. 5). 음성 상대 조절력은 2.69 ± 0.92 D에서 2.53 ± 0.92 D로 약 0.16 D로 감소하였지만, 통계적으로 유의한 차이는 아니었다. 조절래그의 경우 0.08 ± 0.42 D에서 0.16 ± 0.53 D로 변화하였으며 이는 약 0.8 D 증가하였지만, 양성/음성 상대 조절력과 조절래그는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 조절래그의 경우 일반적인 평균값은 0~+0.75 D로 알려져 있으나 본 실험에서는 시기능훈련 전후의 조절래그의 평균값이 적게 나온 경향이 있다. 이는 실험에 참가한 피실험자가 대부분 20대 초반의 조절 관련 시기능의 이상이 거의 없는 경우이기 때문인 것으로

추측한다.

본 연구에서는 근거리 외사위도의 감소, 근거리 개산여력 회복점의 증가, 양안 조절 용이성의 증가 등 안구 운동 훈련을 통한 일부 시기능의 긍정적인 변화를 확인할 수 있었다. 이는 단기간의 훈련으로 인한 일시적인 변화로 장시간의 훈련 효과에 대해서는 추가 검증이 필요할 것으로 생각된다. 또한 대부분의 실험참가자가 시기능에 이상이 없는 20대 초반이었으므로 시기능 이상이 있는 환자에서의 효과를 확인하는 추가 실험이 필요할 것으로 사료된다.

2. 안구운동 훈련 전·후 설문 변화

SSQ 설문지는 크게 눈의 불편함, 전반적인 불편함, 메스꺼움, 집중력, 두통으로 총 5가지로 나뉜다(Fig. 6).

눈의 불편함 범주에서 유의한 변화를 보인 것은 건조함과 뻑뻑함 항목이었으며, 2.87 ± 1.73 점에서 2.00 ± 1.10 점으로 약 0.87점으로 감소하였고, 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). 눈의 피로함 항목 또한 2.63 ± 1.74 점에서 2.20 ± 1.08 점으로 약 0.43점으로 감소하였고, 눈의 줄

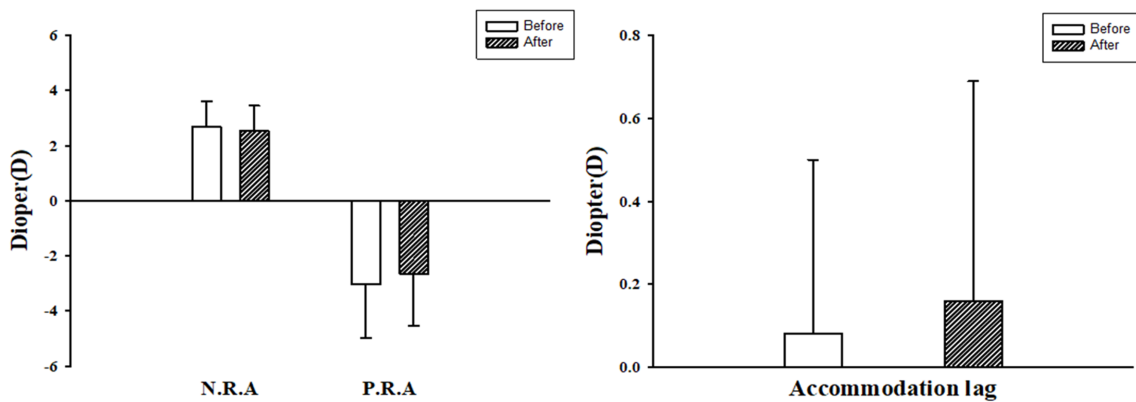


Fig. 5. Change in positive and negative relative accommodation and accommodation lag before and after eye movement training.

N.R.A: negative relative accommodation
P.R.A: positive relative accommodation

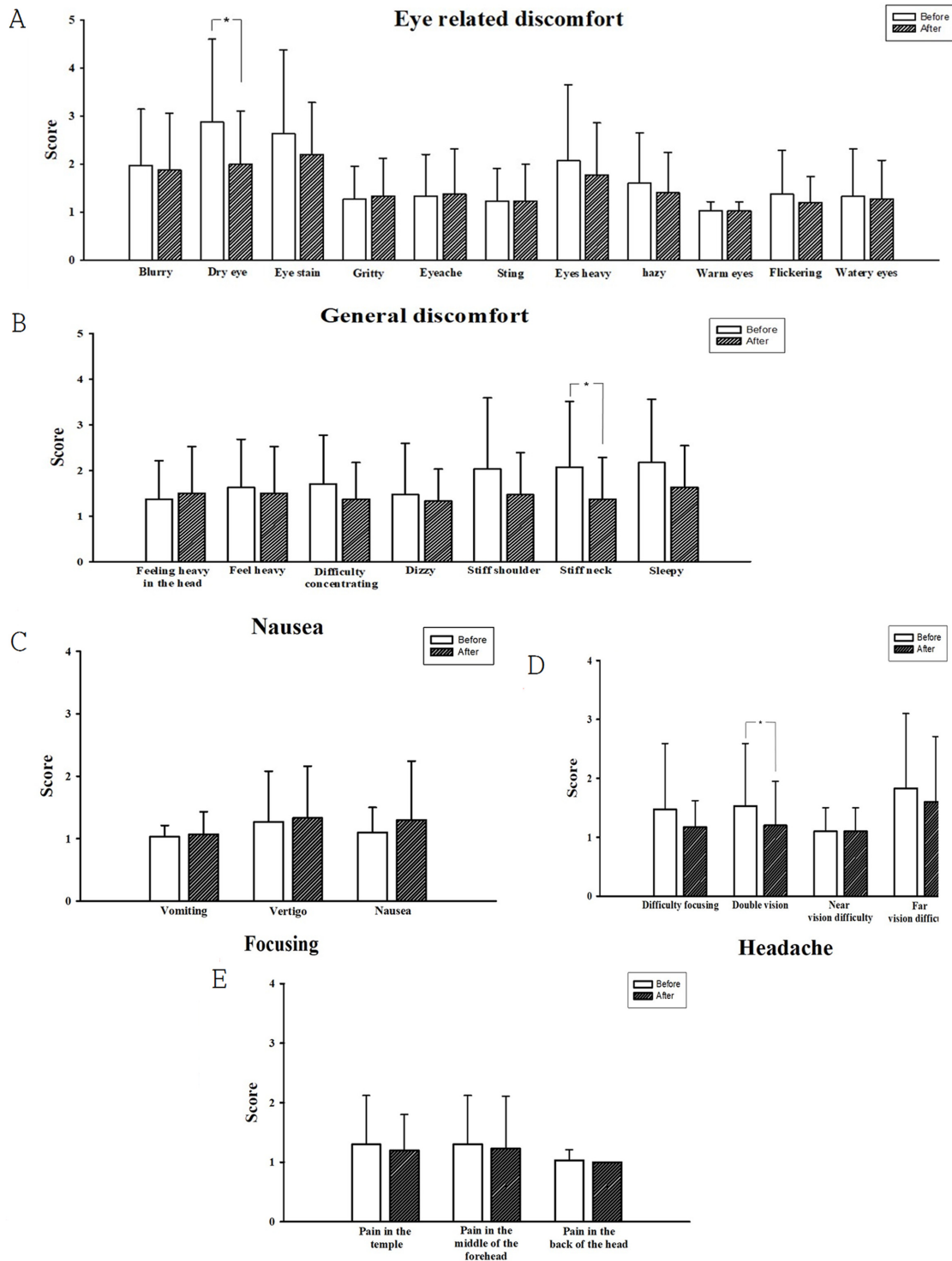


Fig. 6. Change in eye fatigue in simulator sickness questionnaire before and after eye movement training.

음·몽롱함 항목은 2.07±1.57 점에서 1.77±1.09 점으로 약 0.30점 감소하였지만, 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

전반적인 불편함 범주에서 집중하기 어려움 항목은 1.70±1.07 점에서 1.37±0.80 점으로 약 0.33점 감소하였으며, 어깨의 뻣근함 항목은 2.03±1.56 점에서 1.47±0.92 점

으로 약 0.56점 감소하였지만, 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 목의 뻣근함 항목은 2.07±1.44점에서 1.37±0.91 점으로 약 0.70점 감소하였고, 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p<0.05$).

사이버 멀미에 해당하는 메스꺼움 범주에서는 구토 항목은 1.03±0.18 점에서 1.07±0.36 점으로 약 0.04점 증가

하였고, 현기증과 어지러움의 항목은 1.27 ± 0.81 점에서 1.33 ± 0.83 점으로 약 0.06점 증가하였다. 메스꺼움은 1.10 ± 0.40 점에서 1.30 ± 0.94 점으로 약 0.20점 증가하였지만, 메스꺼움과 관련된 범주에서는 통계적으로 유의한 변화는 관찰되지 않았다.

집중력 범주의 초점 맞추기 어려움은 1.47 ± 1.12 점에서 1.17 ± 0.45 점으로 약 0.30점으로 감소하였지만, 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 복시 항목은 1.53 ± 1.06 점에서 1.20 ± 0.75 점으로 약 0.33점으로 감소하였으며 이는 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). 가까운 것이 잘 안 보임 항목은 안구 운동 훈련 전과 후 모두 1.10 ± 0.40 점으로 변화를 보이지 않았다. 먼 곳이 잘 안 보임 항목은 1.83 ± 1.27 점에서 1.60 ± 1.11 점으로 약 0.23점으로 감소하였지만, 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

두통의 범주에서 관자놀이 쪽 두통은 1.30 ± 0.82 점에서 1.20 ± 0.60 점으로 약 0.10점으로 감소하였다. 이마나 머리 앞쪽 두통은 1.30 ± 0.82 점에서 1.23 ± 0.88 점으로 약 0.07점으로 감소하였다. 뒤통수 쪽 두통의 항목에서는 1.03 ± 0.18 점에서 1.00 ± 0.00 점으로 약 0.03점으로 감소하였지만, 두통과 관련된 범주에서의 유의한 변화는 관찰할 수 없었다.

따라서 눈의 불편함에 해당하는 범주에서는 건조함이 감소하였고, 전반적인 불편함 범주에서의 목의 뻣근함, 집중력 범주에서의 복시 항목으로 총 3가지에서 감소된 결과를 보여 일부 눈과 전신의 피로가 감소되는 경향을 확인할 수 있었다. 또한 증강/가상현실 영상 시청으로 발생할 수 있는 메스꺼움, 어지러움, 멀미 등의 항목에서는 큰 변화를 보이지 않았으며, 통계적인 변화도 관찰할 수 없었다.

가상현실은 움직임 추적 에러로 사용자의 얼굴의 이동과 가상현실 영상의 딜레이가 있을 경우 사용자가 혼란을 느껴 멀미를 느낀다고 알려져 있다.^[13] 하지만 본 실험에 사용한 증강현실은 실제 주변 사물 위에 컴퓨터 그래픽 영상을 보여주는 기술을 사용하여 일반적으로 가상현실에서 멀미가 발생할 수 있는 요인인 딜레이 된 영상의 움직임이 발생하지 않은 것으로 볼 수 있다. 또한 본 실험에 사용된 증강현실 구현 기기는 양안 분리형이 아닌 단일 프레넬을 사용한 기술을 적용하여 잘못된 PD나 OH 설정 오류 등의 문제가 발생하지 않았음을 원인으로 생각할 수 있다. 잘못된 PD나 OH의 경우 개인의 PD와 HMD(head-mounted display)의 렌즈 간 거리가 맞지 않으면 폭주(convergence)나 개산(divergence)의 강요로 VR 사용자에게 안구 운동 부담을 주게 되는데 본 실험에서 사용한 증강현실 기기의 경우 단일 프레넬렌즈를 사용한 방식이기 때문에 사이버 멀미가 거의 발생하지 않았다고 볼 수 있다.

결론

안구의 피로와 눈 건강 및 안구건조증에 도움이 될 수 있는 추종 운동, 충동 운동, 건성안 예방 훈련 등 총 6가지로 구성된 안구 운동 훈련 애플리케이션을 증강현실로 구현하여 안구 운동 실시 전과 후의 시기능 검사를 비교하였을 때 근거리 외사위도가 감소하고 개산여력 회복점과 양안 조절 용이성이 증가하였으며 28개 항목으로 구성된 사이버 멀미 자각증상에 대한 설문 중 눈의 건조함, 목의 뻣근함, 복시 3가지 항목이 개선되는 것을 확인할 수 있었다.

본 연구에서는 시간이나 장소에 제약 없이 간단하게 진행할 수 있도록 스마트폰과 개발된 증강현실 기기와 애플리케이션을 통해 실시한 안구 운동 훈련으로 일부 시기능 훈련의 효과와 눈과 전신의 피로 감소, 안구건조증에 효과가 있는 것을 확인하였다.

감사의 글

본 과제(결과물)는 2023년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지자체-대학 협력기반 지역 혁신 사업의 결과입니다.(2022RIS-005)

REFERENCES

- [1] Sim J, Ye K, Kwon O, et al. Analysis of a survey of adults' actual attitude and awareness of eye healthcare. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2018;23(4):265-275. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2018.23.4.265>
- [2] The Kyunghyang Shinmun. Eyes on the phone... Blink, don't forget, 2022, [https://m.khan.co.kr/life/health/article/202203252045005#c2b\(25 June 2023\)](https://m.khan.co.kr/life/health/article/202203252045005#c2b(25 June 2023)).
- [3] Kim JH. The effects of eye health and dynamic visual activity on eye movement in university students. Journal of the Korea Entertainment Industry Association. 2020;14(6): 191-199. DOI: <https://doi.org/10.21184/jkeia.2020.8.14.6.191>
- [4] Choi SY. Basis of eye movements. Clin Neuroophthalmol. 2015;5(1):1-3.
- [5] Lee HS. Smooth pursuit and visual fixation. Clin Neuroophthalmol. 2015;5(1):8-14.
- [6] Lee KS. Developing eye movement test available in clinical practice (pilot study). Korean J Vis Sci. 2021;23(4): 483-492. DOI: <https://doi.org/10.17337/JMBI.2021.23.4.483>
- [7] Kim KH, Lee CS, Lee JY. Comparative analysis of the training fidelity of vision training trainee. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2009;14(2):47-51.
- [8] Mekni M, Lemieux A. Augmented reality: applications, challenges and future trends. Applied Computational Science. 2014;20:205-214.

- [9] Lee Y, Choi J, Yoon H, et al. Perception and attitude on augmented reality smart glass for healthcare convergence simulation. *Journal of the Korea Convergence Society*. 2021;12(1):369-377. DOI: <https://doi.org/10.15207/JKCS.2021.12.1.369>
- [10] LaViola JJ. A discussion of cybersickness in virtual environments. *ACM SIGCHI Bulletin*. 2000;32(1):47-56. DOI: <https://doi.org/10.1145/333329.333344>
- [11] Kang H, Hong H. Effective selection of the optimal virtual reality (VR) lens interval of VR devices using the test patterns of the different shapes for the left and right eyes. *J Soc Inf Display*. 2021;29(10):793-800. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsid.1066>
- [12] Kuze J, Ukai K. Subjective evaluation of visual fatigue caused by motion images. *Displays*. 2008;29(2):159-166. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.displa.2007.09.007>
- [13] 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>

증강현실 안구 운동 훈련 실시 전·후 시기능 및 피로도 변화에 대한 연구

길민지¹, 문세준¹, 박상일², 강현구^{2,*}

¹가톨릭관동대학교 일반대학원 의료공학과, 학생, 강릉 25601

²가톨릭관동대학교 안경광학과, 교수, 강릉 25601

투고일(2023년 8월 15일), 수정일(2023년 9월 11일), 게재확정일(2023년 9월 18일)

목적: 개발된 증강현실 기기와 추종 운동, 충동 운동, 건성안 예방 훈련 등이 가능한 애플리케이션을 이용하여 안구 운동을 실시하였을 때 시기능과 피로도에 변화가 있는지 알아보았다. **방법:** 안질환이 없는 성인 30명 (22.40±1.30세, 남 12명, 여 18명)을 대상으로 개발된 증강현실 기기와 애플리케이션을 사용하여 안구 운동 훈련 전·후로 양안 시기능 검사와 자각증상에 대한 설문조사를 실시하였다. **결과:** 실험 전·후 시기능 변화를 살펴보면 근거리 사위에서는 평균 1.93 △으로 외사위도가 감소하였으며($p<0.05$), 근거리 융합력에서 개산여력의 회복점이 약 2.16 △ 증가하였으며, 양안 조절 용이성이 1.57 cycle/min 증가하였다. 피로도 변화 결과에서도 28개의 항목 중 3개의 항목에서 개선 효과를 보였다. **결론:** 본 연구에서는 개발된 증강현실 기기와 애플리케이션을 이용하여 추종 및 충동 안구 운동 훈련 등을 실시하였을 때 근거리 외사위도가 소폭 감소하였고, 근거리 개산여력의 회복점과 양안 조절 용이성이 증가하는 경향을 보이며 일부 시기능 훈련의 효과를 확인할 수 있었다. 또한 피로도 설문조사에서 눈의 건조함이 감소하는 결과를 보여 건성안 예방에도 효과가 있음을 알 수 있었고, 그 외에 눈에 관련된 불편함은 나타나지 않는 것으로 나타났다.

주제어: 증강현실, 안구운동, 시기능 훈련, 건성안, 피로도