

Functional Changes Related to Pursuit and Saccadic Eye Movement Training Using Tablet PCs and Flippers

Kyunghyun Park^{1,a}, Sejoon Moon^{2,b}, Sang-il Park^{3,4,c}, and Hyungoo Kang^{3,4,d,*}

¹Dept. of Optometry, Graduate School of Seoul National Science of Science and Technology, Student, Seoul 01811, Korea

²Dept. of Biomedical Engineering, Catholic Kwandong University, Student, Gangneung 25601, Korea

³Dept. of Biomedical Laboratory Science, Catholic Kwandong University, Professor, Gangneung 25601, Korea

⁴Dept. of Optometry, Catholic Kwandong University, Professor, Gangneung 25601, Korea

(Received July 2, 2025; Revised August 5, 2025; Accepted September 8, 2025)

Purpose: In this study, a visual function training method incorporating a flipper was constructed to conduct accommodation-related training on a 2D display using an application for a tablet PC capable of eye movement training to confirm the degree of improvement in control ability through this. **Methods:** The experiment was conducted on 15 adults in their 20s (12 men, 3 women; mean age: 24.30±1.83 years) with no eye disease. A tablet PC and an eye movement training application were used to train pursuit and saccadic eye movements for 1 minute each, for a total of 3 minutes, while looking with the naked eye and through a flipper of +2.00 D and -2.00 D. To compare the effects before and after training, a subjective visual function test using a phoropter was performed. **Results:** Comparison before and after training revealed that the average of maximum accommodation in the monoculars increased by approximately 1.37 D after training in the right eye ($p<0.05$), showing a statistically significant difference ($p<0.050$), and by approximately 1.15 D in the left eye ($p<0.05$). The average of accommodation function of monocular control increased by approximately 2.14 cpm only in the right eye, showing a statistically significant difference ($p<0.05$). **Conclusions:** When eye movement training using tablet PCs was conducted while alternately watching ±2.00 D flippers, the accommodation-related visual function was improved.

Key words: Eye movement, Accommodative function, Visual function training, Application

서론

스마트폰이 개발된 이후 전 세계적으로 스마트폰 보급량 및 사용자 수는 꾸준히 증가하고 있으며, 2029년에는 스마트 기기 사용자 수가 약 61억 명에 이를 것으로 예상되고 있다.^[1] 근거리에서 주시하는 스마트폰 및 태블릿 PC의 사용량 증가는 신체 및 정신적 장애를 유발하는 VDT(visual display terminal) 증후군을 포함하여 근시, 조절 기능 이상 등 시기능 이상이 발생할 확률을 증가시키고 있으며, 이에 따라 안구 피로를 완화하기 위한 스마트 기기 사용 시간 조절 및 안구운동을 통한 눈 관리의 중요성이 더욱 강조되고 있다.^[2-4]

안구운동은 크게 추종 안구운동과 충동 안구운동으로 구분할 수 있다. 추종 안구운동은 눈이 주시 물체를 천천히 따라가는 동향 운동으로, 움직이는 물체의 상을 중심으

목에 안정적으로 맺히게 한다. 이는 안구운동 검사 시 움직이는 펜라이트 등을 따라 보는 능력을 통해 평가해 안구운동 능력의 이상 유무 판단에 도움을 준다.^[5] 충동 안구운동은 일정한 좌우 거리를 교대로 이동하는 물체를 시선이 빠르게 따라가며 주시하는 안구 도약운동으로, 정확도와 속도를 기반으로 눈의 기능과 건강을 평가하는 안구운동 검사에 이용된다.^[6]

조절 기능을 개선하는 시기능 훈련 방식으로는 원·근거리 교대 보기, 플리퍼를 사용하는 방법 등이 있다. 이러한 훈련은 주시거리를 바꿀 때 눈의 조절 상태를 반복적으로 변경하는 원리를 적용하여 조절 기능이 향상되도록 하는 효과를 기대할 수 있다.^[7-10]

스마트폰의 애플리케이션을 이용한 안구운동 훈련을 실시할 경우 전정 기능 장애, 뇌졸중, 인지 장애 등에서 주의력, 정보처리 속도, 시지각, 기억력 향상에 긍정적인 효

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

Authors ORCID: ^a<https://orcid.org/0009-0009-4222-6693>, ^b<https://orcid.org/0000-0003-4730-643X>, ^c<https://orcid.org/0000-0002-5015-0416>, ^d<https://orcid.org/0000-0002-1200-9913>

본 논문의 일부내용은 2023년도 대한시과학회·한국안광학회 공동학술대회에서 구연으로 발표되었음.

과를 보인다는 연구 결과가 보고되고 있다.^[11-13] 향후 시기능 훈련 분야에서도 스마트폰과 태블릿 PC를 이용한 다양한 시기능 훈련 프로그램의 개발과 홈트레이닝 등의 적용이 이루어질 것으로 생각된다. 하지만 태블릿 PC와 스마트폰 등 2D 디스플레이는 주시거리가 고정된 상태에서만 작업 수행이 가능한 기기 특성상 초점 변경이 어려워 조절 기능 훈련을 제대로 수행하기 어렵다는 한계점이 있다. 이에 본 연구는 2D 디스플레이인 태블릿 PC의 안구운동 훈련 애플리케이션과 ±2.00 D 플리퍼를 병행하여 실시한 안구운동 훈련 전후 측정된 시기능 검사 결과를 분석하여 조절 기능을 향상할 수 있는 훈련 방법에 대해 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 실험 대상

안질환 및 전신 질환이 없는 20대 성인 15명(남:12명, 여:3명, 평균 연령: 24.30세±1.83세)을 대상으로 하였다. 이 중 안경 착용자는 3명, 콘택트렌즈 착용자 2명, 나안 10명이었다. 또한, 12명은 양안시 이상이 없는 피실험자, 2명은 폭주부족, 1명은 폭주과다군이였다.

1.1. 안구운동 훈련

본 실험에 사용된 디스플레이 장치는 태블릿 PC(Galaxy tab ultra 8, Samsung, Korea)와 안구운동 훈련 및 진단용 애플리케이션인 Etrackxer(Etrackxer for eye training, Optoreal, Korea)을 사용하여 안구운동 훈련을 진행하였다(Fig. 1).^[14]

14.6 인치(inch)의 태블릿 PC의 경우 326.4×208.6×5.5 mm의 규격으로 시정거리 20 cm 조건에서 안구운동을 위한 움직이는 피사체의 위치를 가로 25 cm, 세로 16 cm로 제작하여 좌우 약 64도, 상하 약 44도의 안구운동 훈련을 가능하도록 제작하였다. 노안 및 조절 이상의 경우 40 cm 이상에서 훈련을 실시할 때 좌우 약 32도, 상하 약 22도 정도의 시각 자극을 줄 수 있다. 훈련 애플리케이션 ‘Etrackxer’는 본 실험을 위해 자체 개발한 소프트웨어로 추종 안구운동과 충동 안구운동 두 가지로 구성되어 있고,



Fig. 1. Eye movement training application.

상, 중, 하 난이도 순서로 화면 속 물체의 움직임을 따라 안구운동 훈련을 진행하는 방식으로 구성되었다. 먼저 플리퍼 없이 실험을 수행한 후, 양안 플리퍼의 +2.00 D 렌즈, -2.00 D 렌즈를 통해 화면을 주시한 상태를 각 1회차로 구분하고, 추종·충동 안구운동 훈련을 회차당 각 1분간 3회씩, 총 6회 실시하였다. 훈련 시간은 총 10분 이내로 진행되었다.

1.2. 시기능 검사

시기능 검사는 포롭터(HDR-9000, Huvitz, Korea)를 이용하여 안구운동 훈련 전후의 원·근거리 수평 사위도, 개산 여력, 폭주 여력, 폭주 근점, 최대 조절력, 조절 용이성, 상대 조절력, 조절 래그를 검사하였다. 피검사자가 안경 및 콘택트렌즈 등의 교정 용구를 착용하는 경우 포롭터를 통해 굴절 이상을 완전교정한 상태에서 측정하고, 시력 교정술을 받았거나 교정 용구를 미착용하는 경우 나안 상태에서 측정하였다. 굴절 이상이 있는 피검사자의 난시 측과 굴절력은 방사선 시표 및 JCC(Jackson cross cylinder)법으로 난시를 교정하였으며, 양안 조절 균형 검사 후 시형테를 이용하여 완전 교정 굴절력을 확인하고 실험을 진행하였다.

1.2.1. 수평 사위도

수평 사위도는 수정된 토링톤 법을 사용하여 원거리 사위도는 검사 거리 5 m에서, 근거리 사위도는 40 cm에서 측정하였다. 피검사자의 우안에 마독스 로드 렌즈를 장입한 후, 시표에 보이는 적색 선조가 위치한 곳을 대담하도록 하여 검사 결과를 기록하였다.

1.2.2. 융합 여력

개산 여력과 폭주 여력은 로터리 프리즘을 사용하여 흐린점, 분리점 및 회복점을 검사하였다. 원거리 융합 여력은 검사 거리 5 m에서, 근거리 융합 여력은 40 cm에서 시표를 주시하도록 한 후, 프리즘을 1°씩 장입하여 피검사자의 개산과 폭주 방향의 흐린점, 분리점 및 회복점을 측정하였다.



1.2.3. 폭주 근점

폭주 근점은 조절 및 폭주 근점 측정자(ACnA Scaler, Nadokorea, Korea)를 사용하여 시표가 분리되는 지점을 각 3회씩 측정 후 평균값을 계산해 사용하였다.

1.2.4. 최대 조절력

단안 및 양안 최대 조절력은 굴절 이상이 있는 경우 시협테를 착용하여 완전교정한 상태, 시력 교정술을 받거나 안경을 착용하지 않는 경우 나안 상태에서 조절 및 폭주 근점 측정자(ACnA Scaler, Nadokorea, Korea)를 사용하여 시표가 흐려지는 지점을 각 3회씩 측정 후 평균값을 사용하였다.

1.2.5. 조절 용이성

단안 및 양안 조절 용이성은 굴절 이상이 있는 경우 완전교정한 상태, 시력 교정술을 받거나 안경을 착용하지 않는 경우 나안 상태에서 ±2.00 D의 플리퍼를 사용하여 검사 거리 40 cm의 근거리 시표를 주시했을 때 시표가 선명하게 보이는 경우 렌즈를 반전하도록 하고, 1분간 반전한 횟수를 측정하였다.

1.2.6. 상대 조절력

상대 조절력은 포롭터를 통해 검사 거리 40 cm의 근거리 시표를 주시하는 상태에서 시표가 흐려 보일 때까지 구면 도수 +0.25 D씩 장입하여 음성 상대 조절력을, -0.25 D를 장입하여 양성 상대 조절력을 측정하였다.

1.2.7. 조절 래그

조절 래그는 포롭터를 통해 검사 거리 40 cm의 근거리 십자 시표를 주시하는 상태에서 수평선과 수직선의 선명도가 비슷할 때까지 구면 도수 -0.25 D를 장입하여 측정하였다.

3. 통계 분석

피검사자의 플리퍼 없는 상태, 양안 플리퍼의 +2.00 D 렌즈, -2.00 D 렌즈를 통해 태블릿 PC 화면을 보는 상태에서 추중·충동 안구운동 훈련을 실시하기 전과 후의 검사 결과를 비교하였다. 정규성 검정을 실시하여 정규성 검정을 충족한 폭주 근점, 최대 조절력(OD, OS, OU), 조절 용이성(OD, OU), 근거리 사위도 검사 결과는 모수적 검정인 대응표본 t-검정(paired t-test)을 사용하여 비교 분석하였고, 정규성 검정을 충족하지 못한 원거리 사위도, 조절 용이성(OS), 상대 조절력, 조절 래그 검사는 윌콕슨 부호순위 검정(Wilcoxon signed-rank test)을 사용하여 분석하였다. 통계 분석은 SPSS 18.0(SPSS, IBM, USA)을 사용하였으며, 모든 통계적 유의성은 $p < 0.05$ 로 하였다.

결과 및 고찰

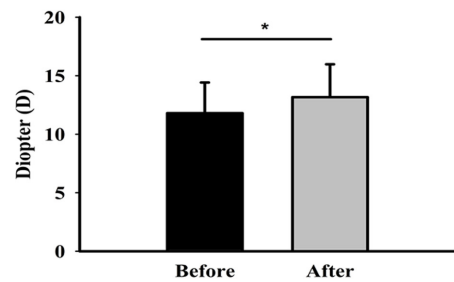
1. 안구운동 훈련 전후 최대 조절력 검사 결과

안구운동 훈련 전후 측정된 단안 최대 조절력의 결과는 Fig. 2에 나타내었다. 안구운동 훈련 전후 측정된 단안 최대 조절력은 우안에서 훈련 전 11.80 ± 2.62 D, 훈련 후 13.17 ± 2.81 D로 약 1.37 D 증가하여 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p = 0.004$)(Fig. 2A), 좌안 또한 훈련 전 11.80 ± 3.17 D에서 훈련 후 12.95 ± 3.17 D로 약 1.15D 증가하여 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p = 0.045$)(Fig. 2B). 하지만 양안 최대 조절력은 훈련 전 13.00 ± 3.14 D에서 훈련 후 13.77 ± 2.64 D로 약 0.77 D 증가하였으나, 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p = 0.143$)(Fig. 2C).

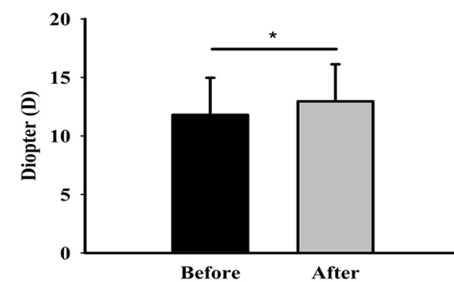
2. 안구운동 훈련 전후 조절 용이성 검사 결과

안구운동 훈련 전후 측정된 조절 용이성의 검사 결과는

A. Amplitude of accommodation (OD)



B. Amplitude of accommodation (OS)



C. Amplitude of accommodation (OU)

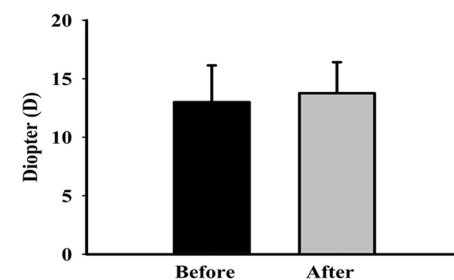


Fig. 2. Changes in monocular amplitude of accommodation and binocular amplitude of accommodation before and after eye movement training.

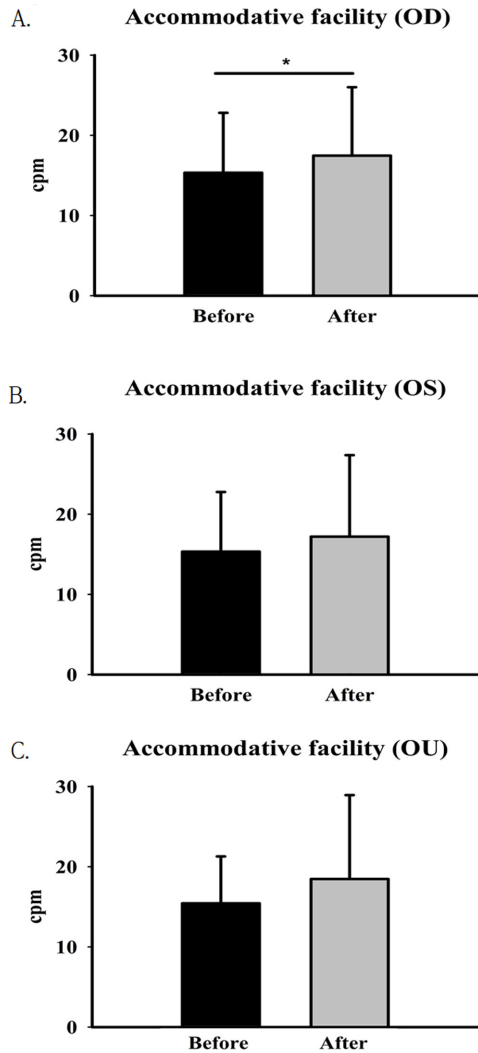


Fig. 3. Changes in monocular accommodative facility and binocular accommodative facility before and after eye movement training.

Fig. 3에 나타내었다. 안구운동 훈련 전후 측정된 단안 조절 용이성은 우안에서 훈련 전 15.33 ± 7.46 cpm(cycles per minute), 훈련 후 17.47 ± 8.53 cpm으로 약 2.14 cpm 증가하였으며, 통계적으로 유의한 차이를 보였고($p=0.025$) (Fig. 3A), 좌안에서는 훈련 전 15.33 ± 7.43 cpm에서 훈련 후 17.20 ± 10.16 cpm으로 약 1.87 cpm 증가하였지만, 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p=0.112$) (Fig. 3B). 양안 조절 용이성은 훈련 전 15.43 ± 5.85 cpm에서 훈련 후 18.47 ± 10.46 cpm으로 약 3.04 cpm 증가하였으나 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p=0.143$) (Fig. 3C).

3. 안구운동 훈련 전후 상대 조절력 검사 결과

안구운동 훈련 전후 측정된 상대 조절력은 Fig. 4에 나타내었다. 안구운동 훈련 전후 측정된 음성 상대 조절력에서 훈련 전 2.42 ± 0.60 D, 훈련 후 2.00 ± 0.72 D로 약 0.42 D

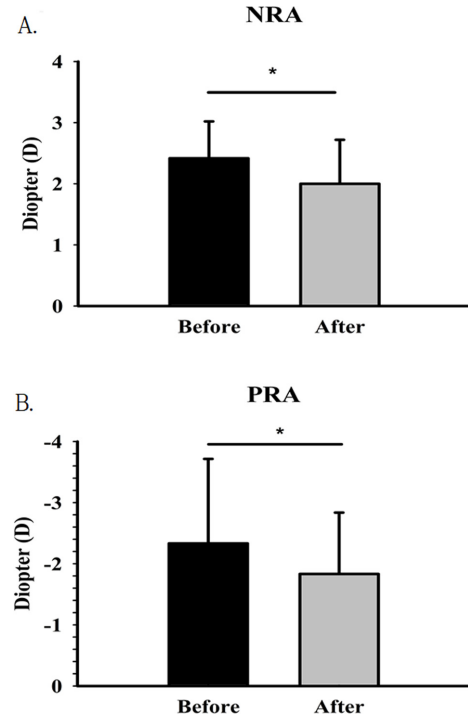


Fig. 4. Changes in relative accommodation before and after eye movement training.

감소하였고($p=0.019$) (Fig. 4A), 양성 상대 조절력에선 훈련 전 -2.33 ± 1.38 D에서 훈련 후 -1.83 ± 1.00 D로 약 0.50 D 감소하여 모두 통계적으로 유의하게 감소하는 양상을 보였다($p=0.049$) (Fig. 4B).

4. 안구운동 훈련 전후 원·근거리 수평 사위도 검사 결과

안구운동 훈련 전후 수정된 토링톤 법으로 측정된 수평 사위도는 Fig. 5와 같이 나타내었다. 안구운동 훈련 전후 수정된 토링톤 법으로 측정된 수평 사위도는 원거리에서 훈련 전 0.27 ± 2.02 Δ 외사위에서 훈련 후 1.03 ± 3.15 Δ 외사위로 약 0.76 Δ 외사위도가 증가하였으나, 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았고($p=0.075$) (Fig. 5A), 근거리에서도 훈련 전 2.53 ± 5.26 Δ 외사위에서 훈련 후 2.13 ± 5.89 Δ 으로 약 0.40 Δ 외사위도가 감소하였지만, 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p=0.197$) (Fig. 5B).

본 연구에서는 플리퍼와 안구운동 훈련 애플리케이션을 병행한 방식의 훈련 전후 조절 기능의 변화를 알아보기 위해 각각 플리퍼 없는 상태, +2.00 D, -2.00 D 양안 플리퍼 렌즈를 장입한 상태의 추종, 충동 안구운동 훈련 전후의 시기능 검사 결과를 비교하였다. 비교 결과 훈련 전후 단안 최대 조절력, 단안 조절 용이성이 증가하는 양상을 확인할 수 있었고, 이는 40 cm~1 m 주시거리에서 근업 수행 직후 측정된 시기능 검사 결과를 기준과 비교했을 때 근거리에서 외사위가 증가하고, 조절 기능의 감소를 보고

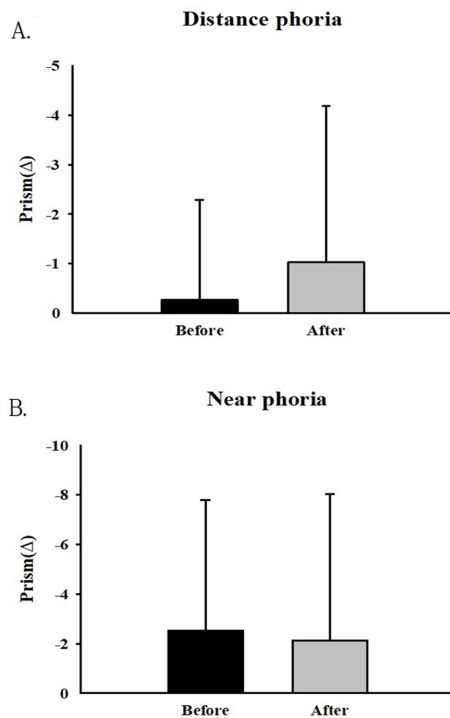


Fig. 5. Changes in distance and near phoria before and after eye movement training.

한 일부 연구 결과와 차이를 보였다.^[15-17] 일반적으로 근거리에서 스마트 기기를 통한 작업 수행 시 고정된 거리에서 화면을 주시하기 위해 수정체의 지속적인 조절과 폭주 여력의 작용이 필요하고, 안구 근육의 제한적인 움직임으로 유발되는 안정피로로 인해 근업 전후 근거리 외사위의 변화와 조절 기능이 감소하는 양상을 보이게 된다.^[16] 그러나 본 연구에선 플리퍼 렌즈를 이용해 주기적으로 초점 거리에 변화를 주어 수정체의 조절과 이완 작용의 반복, 개산 및 폭주 여력의 반복적인 사용, 그리고 화면 속 여러 방향으로 움직이는 사물을 주시하는 과정에서 안구 근육이 지속적으로 움직이며 긴장이 완화되어 스마트 기기 사용 시 유발되는 안정피로가 해소되어 훈련 후 측정된 일부 조절 기능 검사 결과가 증가하고 융합 기능은 유지되어 사위도와 융합 여력이 훈련 전과 유의한 차이를 보이지 않는 것으로 생각된다. 또한, 상대적으로 조절 및 이완이 가능한 범위를 나타내는 상대 조절력 역시 융합 기능이 일정하게 유지되었기에 훈련 전후 비교적 유의하지만 크지 않은 차이를 보이는 것으로 생각할 수 있다.

본 연구와 유사한 디스플레이를 사용한 안구운동의 결과를 살펴보면 근거리에서 디스플레이를 이용한 작업을 2 시간 동안 수행하고 작업 전후 조절 기능을 비교한 Seo의 연구에서 컴퓨터 게임 장면을 40분 및 90분간 주시한 상태에서 의도적으로 안구운동을 유지하도록 지시하였으며,^[18] 주시 전후 안구운동의 방향에 따른 조절 기능을 비교한

Kwon 등의 연구에서는 일정 시간 동안 스마트 기기 주시 후의 조절 기능 검사 결과를 보고했다.^[19] 기존 연구에서는 조절 기능이 유의하게 저하되는 양상을 보인 것에 비해 본 연구에서는 스마트 기기 주시 후 측정된 일부 조절 기능이 유의하게 증가하는 양상을 보였다. 일정 시간 동안 주시거리 변화 없이 스마트 기기를 사용해 근업을 수행하도록 한 이전 연구와 달리, 본 연구에선 플리퍼 렌즈를 교대로 보는 방법으로 주시거리를 변화시키는 것과 동일한 효과를 줌으로써 수정체의 조절 및 이완 작용이 꾸준히 반복되도록 하였다. 이 과정을 통해 특정 주시거리를 유지한 상태에서 오랜 시간 근업을 반복할 때 유발되는 조절 경련을 방지하여 근업 시 영향을 받는 최대 조절력, 조절 용이성 등의 조절 기능이 향상되는 것으로 생각할 수 있다. 따라서 플리퍼를 사용해 교대 보기 방법을 적용한 안구운동 훈련 방식은 근업 시 영향을 받는 조절 기능의 저하를 줄일 수 있는 효과가 있음을 확인하였다.

본 연구는 일상에서 쉽게 접할 수 있는 스마트폰 애플리케이션과 플리퍼를 병행한 훈련 방식을 통해 조절 기능을 효과적으로 개선할 수 있는 간편하고 실용적인 훈련법을 제시했다는 점에서 임상적 의의가 있다. 특히 디지털 기기 사용 증가로 인한 VDT 증후군과 관련된 시기능 이상을 예방하고 관리하는 데 유용한 방법으로 활용될 수 있다. 그러나 실험에 참여한 피험자의 연령층이 20대로 한정된 것, 15명이라는 적은 수의 표본, 일시적인 훈련 전후 시기능 검사 결과 비교 등으로 인해 연구 결과가 편향되는 한계점이 있다. 이에 후속 연구에선 피험자의 연령층을 다양화하고 표본 크기를 확대하여 동일한 실험을 2일 이상 반복적으로 수행한 뒤 결과를 비교 분석할 필요가 있다. 또한, 훈련을 통한 조절 기능의 향상을 확인하기 위해 조절 기능 정상에 속하는 비교 집단과 조절 기능 이상을 가진 집단의 훈련 전후 결과를 비교 분석하여 본 연구에서 제시하는 새로운 조절 기능 훈련 방법의 유효성을 입증하는 데 기여할 수 있을 것으로 사료된다. 또한 다양한 굴절력의 플리퍼 렌즈와 안구운동 훈련 프로토콜을 적용하여 최적의 훈련 방법을 모색해야 할 것이다.

결 론

본 연구는 ± 2.00 D 플리퍼와 태블릿 PC를 활용한 안구운동 훈련이 시기능에 미치는 영향을 확인하였다. 플리퍼를 주시하지 않은 상태와 플리퍼를 주시하는 상태를 반복하는 방식으로 단시간의 추종 및 충동 안구운동 훈련을 실시하고 훈련 전후 시기능 검사 결과를 비교했을 때 단안 최대 조절력과 우안 조절 용이성을 포함한 일부 조절 기능에서 유의미한 향상이 관찰되었다.

태블릿 PC와 안구운동 애플리케이션, 그리고 플리퍼를 결합한 방식을 통한 조절 기능 훈련 방법을 제시하였고, 이러한 훈련 방법은 디지털 기기 사용 증가로 인한 시각적 피로와 시기능 이상을 예방하고 관리하는 데 유용할 것으로 생각한다.

본 연구의 후속 연구에서는 다양한 연령층을 포함한 대규모 표본을 대상으로 장기적인 효과를 평가하고, 조절 기능 정상군과 이상군을 비교하는 대조군 연구 설계를 통해 훈련 방법의 유효성을 더욱 명확히 검증할 필요가 있다. 또한 다양한 굴절력의 플리퍼 렌즈와 안구운동 훈련 프로토콜을 적용하여 최적의 훈련 방법을 모색하는 연구도 필요하다.

본 연구에서 제안한 플리퍼와 태블릿PC를 활용한 안구운동 훈련은 조절 기능 향상에 효과적인 방법으로, 향후 한계점을 보완하여 시기능 훈련 및 안정피로 개선을 위한 홈트레이닝을 포함한 임상적 중재 방법으로 적용시킬 수 있을 것으로 기대된다.

REFERENCES

- [1] Statista. Number of smartphone users worldwide from 2014 to 2029, 2025. [https://www.statista.com/forecasts/1143723/smartphone-users-in-the-world\(17-September-2025\)](https://www.statista.com/forecasts/1143723/smartphone-users-in-the-world(17-September-2025)).
- [2] Foreman J, Salim AT, Praveen A, et al. Association between digital smart device use and myopia: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Digit Health*. 2021;3(12):e806-e818. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2589-7500\(21\)00135-7](https://doi.org/10.1016/S2589-7500(21)00135-7)
- [3] Sheppard AL, Wolffsohn JS. Digital eye strain: prevalence, measurement and amelioration. *BMJ Open Ophthalmol*. 2018;3(1):e000146. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmjophth-2018-000146>
- [4] Puchalska-Niedbał L, Czajkowski J, Grabowski R. Smartphones and vision. *Postepy Hig Med Dosw (online)* 2020; 74: 151-154. DOI: 10.5604/01.3001.0014.1531
- [5] Moon BY, Cho HG, Kim SY, et al. Clinical application of eye tracker in pursuit eye movements. *J Korean Ophthalmic Opt Soc*. 2023;28(3):209-216. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2023.28.3.209>
- [6] Yu DS, Cho HG, Kim SY, et al. Application of eye tracker for assessing saccadic eye movements. *J Korean Ophthalmic Opt Soc*. 2018;23(2):135-141. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2018.23.2.135>
- [7] Glasser A. Accommodation: Mechanism and Measurement. *Ophthalmol Clin N Am*. 2006;19(1):1-12.
- [8] Shim HS, Lee SW, Shim MS, et al. Accommodative response measurement using both eyes open-view autorefractometer. *J Korean Ophthalmic Opt Soc*. 2005;10(4):323-328.
- [9] Calo-Santiago R, Pena-Verdeal H, Garcia-Resua C, et al. Assessment of the accommodative facility training with flippers between sessions. *Proc SPIE 11207, Fourth International Conference on Applications of Optics and Photonics*. 2019;1120706. DOI: <https://doi.org/10.1117/12.2525858>
- [10] Hwang HY, Cho HG. Changes of addition by accommodative training on early presbyopia. *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*. 2010;11(6):2190-2195. DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2010.11.6.2190>
- [11] Nehrujee A, Vasanthan L, Lepcha A, et al. A smartphone-based gaming system for vestibular rehabilitation: a usability study. *J Vestib Res*. 2019;29(2-3):147-160. DOI: <https://doi.org/10.3233/VES-190660>
- [12] Rintala A, Kossi O, Bonnechere B, et al. Mobile health applications for improving physical function, physical activity, and quality of life in stroke survivors: a systematic review. *Disabil Rehabil*. 2023;45(24):4001-4015. DOI: <https://doi.org/10.1080/09638288.2022.2140844>
- [13] Callisaya ML, Jayakody O, Vaidya A, et al. A novel cognitive-motor exercise program delivered via a tablet to improve mobility in older people with cognitive impairment – standing-tall cognition and mobility. *Exp Gerontol*. 2021;152:111434. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.exger.2021.111434>
- [14] Kang JW, Chun YS, Moon NJ. A comparison of accommodation and ocular discomfort change according to display size of smart devices. *BMC Ophthalmol*. 2021;21:44. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12886-020-01789-z>
- [15] Park KJ, Lee WJ, Lee NG, et al. Changes in near lateral phoria and near point of convergence after viewing smartphones. *J Korean Ophthalmic Opt Soc*. 2012;17(2):171-176.
- [16] Park M, Ahn YJ, Kim SJ, et al. Changes in accommodative function of young adults in their twenties following smartphone use. *J Korean Ophthalmic Opt Soc*. 2014;19(2):253-260. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2014.19.2.253>
- [17] Kim SR, Kwak H, Kang MS, et al. The changes in convergence function of accommodative anomalies in their twenties after watching video on a smartphone. *J Korean Ophthalmic Opt Soc*. 2017;22(2):133-142. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2017.22.2.133>
- [18] Seo ES. Changes in accommodative function after VDT work. *J Korean Ophthalmic Opt Soc*. 2012;17(3):285-291.
- [19] Kwon KI, Woo JY, Park M, et al. The change of accommodative function by the direction of eye movements during computer game. *J Korean Ophthalmic Opt Soc*. 2012;17(2):177-184.

태블릿 PC와 플리퍼를 활용한 추종·충동 안구운동 훈련 전후 조절 관련 기능 변화 연구

박경현¹, 문세준², 박상일^{3,4}, 강현구^{3,4,*}

¹서울과학기술대학교 일반대학원 안경광학과, 학생, 서울 01811

²가톨릭관동대학교 일반대학원 의료공학과, 학생, 강릉 25601

³가톨릭관동대학교 임상병리학과, 교수, 강릉 25601

⁴가톨릭관동대학교 안경광학과, 교수, 강릉 25601

투고일(2025년 7월 2일), 수정일(2025년 8월 5일), 게재확정일(2025년 9월 8일)

목적: 본 연구에서는 안구운동 훈련이 가능한 태블릿 PC용 애플리케이션을 이용하여 2D 디스플레이에서 조절 관련 훈련을 진행할 수 있도록 플리퍼를 접목한 시기능 훈련 방법을 구성하여 이를 통한 조절 능력 향상 정도를 확인하고자 하였다. **방법:** 안질환이 없는 20대 성인 15명(남: 12명, 여: 3명, 평균 연령: 24.30세±1.83세)을 대상으로 실험을 진행하였다. 맨눈과 +2.00 D, -2.00 D의 플리퍼를 통해 보는 상태에서 태블릿 PC와 안구운동 훈련 애플리케이션을 활용한 추종 안구운동과 충동 안구운동 훈련을 각 1분씩, 총 3분간 실시하였다. 훈련 전후 효과를 비교하기 위해 포롭터를 이용한 자각적 시기능 검사를 실시하였다. **결과:** 훈련 전후를 비교했을 때 단안 최대조절력 평균은 우안에서 훈련 후 약 1.37 D 증가해 통계적으로 유의한 차이를 보였고($p < 0.05$), 좌안에서 약 1.15 D 증가해 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). 단안 조절 용이성 평균은 우안에서만 약 2.14 cpm 증가해 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). **결론:** ±2.00 D 플리퍼를 교대로 보면서 태블릿 PC를 활용한 안구 운동 훈련을 실시했을 때, 조절 관련 시기능이 향상되는 결과를 확인할 수 있었다.

주제어: 안구운동 훈련, 조절 기능, 시기능 훈련, 애플리케이션