



Changes of Binocular Vision Function in Eyes with Normal and Abnormal Visual Function according to Reading Devices

Hyun Jin Noh¹, Hyun Jin Kim¹, Jae Young Jung¹, Sang Wook Park¹, Hanbyul Seo¹,
Hee-Ra Yu¹, Ayoung Choi¹, Mijung Park², and So Ra Kim^{2,*}

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

²Dept. of Optometry, Seoul National University of Science and Technology, Professor, Seoul 01811, Korea

(Received May 29, 2019; Revised June 10, 2019; Accepted June 11, 2019)

Purpose: In this study, changes of binocular vision function and differences in subjective symptoms in eyes with normal and abnormal visual function were investigated after completion of different reading tasks at the same distance. **Methods:** Ninety-nine volunteers aged 18 to 31 years who had no ocular disease and corrected or uncorrected visual acuity of 0.8 or better were classified as normal or as having accommodative excess, accommodative infacility, or convergence insufficiency according to their visual function; a total of 33 volunteers were finally enrolled in this study. They were asked to read a paper book and e-book using a tablet PC for 30 minutes under identical experimental conditions. Before and after reading tasks, their binocular vision function was assessed and subjective symptoms were evaluated by a survey using CISS questionnaires. **Results:** Near point of convergence in eyes with normal visual function and accommodative infacility tended to be receded after reading, with the amount of reduction being greater after e-book reading. Near point of convergence in convergence insufficiency became significantly shorter; however, there was no difference between reading devices. Near heterophoria showed a tendency of eso-shift after e-book reading except for accommodative excess. There was no significant difference in AC/A ratio after paper book reading except for accommodative excess, while accommodative infacility and convergence insufficiency showed reduced AC/A ratio, and accommodative excess showed increased AC/A ratio after e-book reading. Negative relative convergence showed a tendency to increase after paper book reading regardless of visual function anomalies, while a tendency for decrease was observed after e-book reading. Positive relative convergence was further increased after e-book reading except for accommodative excess. After e-book reading, the score of subjective symptoms was higher than that after paper book reading regardless of visual function anomalies; however, the characteristic subjective symptom varied according to the kind of visual function anomaly. **Conclusions:** It was revealed that the change in binocular vision function was different according to the condition and environment of tasks even though the accommodative and convergent stimuli were identical, and the changing patterns also varied depending on the visual function anomaly, resulting in a difference in subjective symptoms. Therefore, careful attention is necessary when patients with visual function anomalies perform near tasks because changes in binocular vision function may be differently induced according to the task environment, and its effect on the degree and pattern of subjective fatigue may differ.

Key words: Accommodative excess, Accommodative infacility, AC/A ratio, Binocular vision function, Convergence insufficiency, Fusional vergence, Near point of convergence, Phoria, Reading devices, Subjective symptoms

서 론

정보전달과 기록 등의 목적으로 사용되어온 전통적인 시각매체인 종이책은 이의 사용을 위한 특별한 안내서나 지침이 필요하지 않다는 장점 때문에 현재에도 꾸준히 사

용되고 있다.^[1] 반면 1971년 약 이천 여권의 종이책이 테이터화되면서 등장하게 된 디지털 매체인 e-book은 기계 장치에 변환된 형식에 맞는 특정 뷰어를 사용하여야만 읽을 수 있었으나^[2] 현재는 초기의 e-book과는 다르게 관련 기술의 발전으로 다양한 디지털 기기의 사용이 가능해짐

*Corresponding author: So Ra Kim, TEL: +82-2-970-6264, E-mail: srk2104@seoultech.ac.kr

논문의 일부내용은 2014년도 한국안광학회 동계학술대회에서 포스터로 발표되었음.

에 따라 기기의 종류에 크게 구애받지 않으며, 특정한 뷰어 없이도 읽을 수 있게 되었다.^[3] 디지털 기기의 영상표시장치에 사용되는 Light-Emitting Diode에서 발산되는 청색광은 시각세포의 손상을 포함한 여러 부작용들을 유발하는 것으로 보고된 바 있다.^[4] 이에 종이책과 다양한 디지털 기기를 이용한 e-book의 읽기를 비교한 연구가 지속적으로 이루어졌다.^[5-10] 즉, 모니터를 이용한 e-book과 종이책의 선호도를 분석한 연구에서는 모니터가 눈의 피로를 유발하여 종이책보다 선호가 떨어진다고 보고하였으며,^[5] 종이책에 비해 e-reader가 눈의 피로와 이물감을 크게 유발하며,^[6] 디스플레이의 휘도에 따라 눈의 피로나 움직임, 깜박임 또한 달라짐이 보고된 바 있다.^[7] 또한 태블릿 PC를 이용한 e-book과 종이책을 읽은 후 조절기능의 변화를 분석한 연구에서는 시기능이 정상인 경우는 읽기 매체에 따라 일부 조절기능의 차이가 더 크게 나타나 e-book에서 안전피로가 크게 유발될 가능성이 있음이 제안되었으며,^[8] 실제로 e-book을 이용한 독서 시 종이책과 다른 정도의 자각증상과 읽기속도의 변화를 유발하였다.^[9,10] 이렇듯 읽기 매체 종류에 따른 연구는 주로 자각증상의 변화가 주를 이루고 있으며, 시기능 이상 여부에 따른 차이에 대한 연구는 아직까지 미비한 실정이다. 이에 본 연구에서는 정상적인 시기능을 가진 대상자와 시기능에 이상이 있는 대상자에게 동일한 조절 및 폭주요구량을 가지는 태블릿 PC를 활용한 e-book과 종이책을 각각 읽게 한 후 이들의 양안시기능에 어떠한 변화가 나타나는가를 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구대상

본 연구에서는 안질환 및 안과적 수술경력이 있는 경우를 배제하기 위하여 문진으로 확인하였으며, 교정시력 또는 나안시력이 0.8 이상인 만 18~31세(평균 21.3±2.5세)의 70명을 연구대상으로 하였다.

2. 연구조건

종이책은 e-book(Galaxy Tab 10.1, SHW-M380S, Samsung, 대한민국; 해상도 1200×800, 휘도 흰바탕 370 cd/m², 글씨 부분 310 cd/m², Datacolor spider4 elite 측정)의 크기와 동일하게 제작하여 디스플레이가 주는 차이를 제외한 모든 조건이 동일하도록 하였다. 즉, 글자크기는 2.53 mm, 글꼴은 arial unicode ms, 줄 간격은 150%, 자간은 0%, 여백은 위 30 mm, 아래 10 mm, 좌 18 mm, 우 7 mm, 글자 수는 1590±102자가 되도록 하였다. 동일 내용의 독서로 인한 집중도의 저하를 최소화하고, 상이한 주제로 인한 흥미도의 차이를 배제하기 위하여 종이책은 책 캔필드 저서 ‘영

혼을 위한 닭고기수프1’^[11], e-book은 종이책과 동일한 저자가 쓴 ‘영혼을 위한 닭고기수프2’^[12]로 구성하였다. 대상자는 종이책과 e-book을 동일하게 30분 동안 각각 독서하도록 하였으며, 두 작업 간에는 30분 이상의 휴식시간을 갖도록 하였다.

영상단말기 취급근로자 작업관리지침에 따라 종이책과 e-book을 보는 거리와 각도를 각각 40±5 cm 및 40°로 유지하여 읽는 동안 일정한 조절 및 폭주요구량이 유지되도록 하였으며, 최대한 동일한 자세를 유지하여 자세 변화에 따른 차이를 최소화하였다. 이 때 조도는 책의 바탕색이 흰 색일 경우 방 안의 조도는 500~700 lx이어야 한다는 지침에 따라 550±30 lx로 유지하였다.^[13]

3. 연구방법

1) 대상자의 시기능 이상 분류

시기능 이상 분류 시 교정수단에 따른 차이를 배제하기 위하여 자동 포롭터(AV-9000, Pichina, 한국)에 교정도수를 장용한 후 검사를 진행하였다.

시기능 이상 여부는 대상자의 폭주근점, 조절근점, 사위도, 융합버전스, 상대조절력, 조절래그, 조절용이성을 모두 검사한 후 Morgan의 기댓값과 Scheiman과 Wick의 기댓값^[14]을 기준으로 시기능 이상을 분류하였다. 양안시기능 이상의 분류를 위하여서는 폭주근점, 원·근거리 사위도, 수평 융합버전스, 계산 AC/A비를 사용하였고, 조절기능 이상의 분류에는 최대조절력, 조절래그, 음성 및 양성 상대조절력, 조절용이성을 측정하여 사용하였다.

2) 종이책 및 e-book 읽기 후 양안시기능 검사

읽기 매체에 따른 양안시기능의 변화를 위한 검사는 다음과 같았고, 모두 3회 실시한 후 평균값을 구하여 사용하였다.

(1) 폭주근점 검사

양안완전교정 상태에서 조절-폭주근점 측정자를 대상자의 인중에 대고 주시하는 점이 최초로 분리될 때의 거리(cm)를 폭주근점값으로 기록하였다.^[15]

(2) 사위도 검사

양안완전교정 상태에서 자동 포롭터의 근거리 동공간거리를 각각 맞춘 후, 수정된 토링톤 시표를 이용하여 측정하였다. 즉, 수정된 토링톤 시표를 40 cm에 위치시키고 우안에 적색 마독스로드를 가입한 후 가리개로 우안을 가렸다가 치운 순간의 적색 선조광상 위치를 프리즘으로 기록하였다.^[16]

(3) AC/A비 검사

경사 AC/A비는 근거리 수평 사위도와 구면렌즈 -1.00 D를 장입한 후 근거리 수평 사위도를 각각 측정하여 구하였다.^[17]

(4) 융합버전스 검사

연구대상자의 양안완전교정값과 PD값을 포롭터에 장입하여 0.7 시표를 선명하게 볼 수 있게 한 후 근거리(40 cm) 검사를 진행하였으며, 로터리 프리즘을 base-in 방향으로 1초당 1 Δ의 속도로 장입하면서 흐린점, 분리점 및 회복점을 찾는 음성융합버전스 검사를 수행한 후 base-out 방향으로 프리즘을 장입하면서 음성융합버전스와 동일한 방법으로 양성융합버전스 검사를 진행하였다.^[18]

4. 자각증상 평가

한글판 CISS 설문^[19]을 채택하여 자각증상을 일반적 불편감과 집중력 관련 증상으로 나누어 분석한 선행연구^[21]와 동일한 설문을 시행하여 연구대상자들의 자각증상을 평가하고 선행연구결과와 비교하였다. 즉, 연구대상자가 평상 시 근거리 작업을 할 때 느꼈던 자각증상은 안구피로감, 불편감, 두통, 졸림, 안통, 작열감, 압통 및 복시에 대한 답변을 분석하여 알아보았으며, 종이책과 e-book을 읽은 후에는 집중력, 기억력, 혼란, 독서능력, 흐려보임, 정신이 멍함, 재독서 등 집중도와 관련한 7문항을 추가하여 총 15개 문항에 대한 자각적 답변을 분석하였다.

각 문항에 대하여 ‘전혀 없음’ 0점, ‘거의 없음’ 1점, ‘가끔 있음’ 2점, ‘자주 있음’ 3점, ‘항상 있음’ 4점으로 답변하도록 하였다. 대상자들의 설문결과를 합산하여 평균점수와 각각 항목에 대한 점수로 나타내었고, 시기능 정상과 이상안의 평소 근거리 작업 시 나타나는 증상, 시기능 이상안의 종이책과 e-book을 읽었을 때 나타나는 증상의 차이를 각각 비교분석하였다.

5. 통계처리

연구결과는 평균±표준편차로 표시하였으며, SPSS(version 23.0 for windows)를 이용하여 통계적 분석을 시행하였다. 시기능 그룹 간 비교는 비모수 t-검정으로 분석하였으며, 동일 시기능 그룹에서의 자각증상 변화는 비모수 대응검정으로 분석하였다. 이 때 95%의 신뢰구간으로 설정하여 p < 0.05일 경우 통계적으로 유의성이 있는 것으로 판단하였다.

결과 및 고찰

1. 시기능 이상안의 분포

본 연구대상자 70명은 시기능 검사 결과에 따라 각각

시기능 정상 39명(55.7%), 조절과다 4명(5.7%), 조절용이성 부족 4명(5.7%), 조절지속능력 부족 2명(2.9%), 폭주부족 10명(14.3%), 폭주과다 5명(7.1%), 융합버전스 기능이상 6명(8.6%)으로 분류되었다. 우리나라 20대를 대상으로 하였던 선행연구에서는 정상안, 폭주이상안, 조절과다안, 조절부족안이 각각 63%, 16%, 7%, 및 7%의 비율로 나타났다.^[20] 본 연구결과에서의 조절 및 폭주이상안 분류가 선행연구와 동일하지 않아 직접적인 비교는 어려우나 시기능 정상안이 6% 가량 감소한 만큼 폭주부족 및 폭주과다의 비율이 증가한 것으로 일단은 생각되었다. 이에 본 연구에서는 시기능 이상안으로 조절과다안의 경우는 4명의 대상자 중 기본 외사위가 높았던 1명을 제외한 3명, 조절용이성부족안 4명, 폭주부족안 10명을 최종 연구대상자로 하여 읽기 매체로 종이책 및 태블릿 PC를 활용한 e-book을 무작위의 순서로 읽게 한 후 양안시기능의 변화를 시기능 정상안 16명을 대조군으로 하여 비교하였다.

2. 읽기 매체에 따른 시기능 정상안과 이상안의 폭주근점 차이

독서 전 폭주근점은 정상안의 경우는 5.8±2.4 cm이었으며, 시기능 이상인 조절과다안, 조절용이성부족안 및 폭주부족안의 경우는 각각 7.3±0.5 cm, 7.5±2.7 cm 및 9.1±2.0 cm 이었다(Fig. 1). 폭주부족안의 경우는 정상안과 통계적으로 유의한 폭주근점의 차이를 나타내었던(p=0.001) 반면, 정상안과 조절기능 이상안의 폭주근점의 차이는 통계적으로 유의한 차이는 아니었다. 종이책 독서 후 폭주근점을 비교한 결과, 정상안은 6.0±2.8 cm(독서 전 대비 3.4% 증가), 조절과다안은 7.5±1.3 cm(2.7% 증가), 조절용이성부족안은 7.9±2.9 cm(5.3% 증가), 폭주부족안은 8.8±2.5 cm(3.3% 감소)으로 측정되었으며, e-book 독서 후 폭주근점

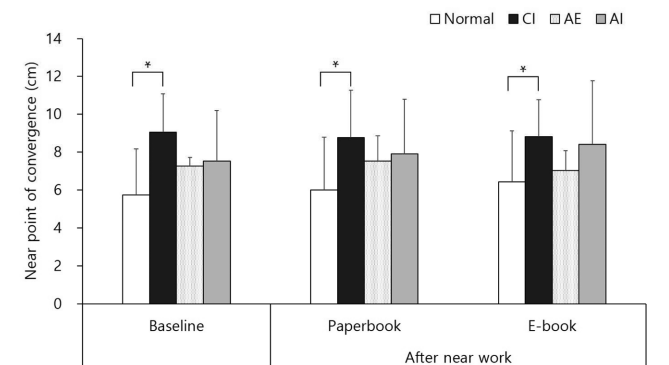


Fig. 1. Near point of convergence in eyes with normal and abnormal visual function after different reading tasks. *, significantly different from the baseline value at p < 0.05 CI, Convergence insufficiency; AE, Accommodative excess; AI, Accommodative infacility

은 정상안은 6.4±2.7 cm(독서 전 대비 8.6% 증가), 조절과 다안은 7.0±1.0 cm(4.1% 감소), 조절용이성부족안은 8.4±3.4 cm(12.0% 증가), 폭주부족안은 8.8±2.0 cm(3.3% 감소)로 측정되었다(Fig. 1).

즉, 정상안과 조절용이성부족안은 e-book을 읽은 후의 폭주근점 멀어짐이 종이책보다 컸으며, 조절과다안은 종이책과 e-book을 읽은 후 폭주근점의 변화가 상반되게 나타났고, 폭주부족안은 읽기 매체에 관계없이 폭주근점이 가까워졌다. 스마트폰을 이용한 선행연구에서는 정상안, 조절과다안 및 조절부족안은 35±5 cm 거리의 근업 후 폭주근점이 각각 4.6%, 33.1% 및 15.4% 증가하여 멀어지는 경향을 보였는데,^[20] 본 연구에서도 읽기 매체에 관계없이 정상안과 조절용이성부족안의 폭주근점은 멀어졌으나 그 정도는 선행연구보다는 적은 것으로 나타났다. 이는 30분간의 근업으로 인한 피로로 폭주여력이 감소하여 나타난 결과로 판단되며, 40±5 cm의 작업거리이었으므로 조절 및 폭주자극이 스마트폰을 사용한 선행연구의 조건보다 작았기 때문인 것으로 생각되었다. 반면, 폭주부족안의 경우는 독서 후 폭주근점이 가까워지는 경향을 나타내었는데 이러한 결과는 스마트폰을 사용한 또

다른 선행연구에서 폭주부족안이 보여준 결과^[21]와 유사하였다. 부족한 융합성폭주를 가지는 폭주부족안의 경우는 읽기 매체를 통한 독서동안 상대적으로 조절을 많이 하여야 하므로 조절과 폭주 사이의 교차 연결을 통한 조절성폭주의 증가^[16]로 폭주근점이 가까워진 것으로 추정되었다. 실제 본 연구에서 폭주부족안의 조절성폭주량은 독서 전 각각 4.1±2.4 Δ에서 종이책 독서 후에는 5.3±4.3 Δ로 측정되어(Table 1) 증가된 값을 나타내었을 뿐만 아니라 융합버전스도 증가하여 폭주근점이 가까워졌음을 확인할 수 있었다. E-book 독서 후 폭주부족안의 융합버전스는 종이책 독서 후와 유사하게 증가하였으나 조절성폭주량은 4.0±4.0 Δ로 독서 전과 차이가 없었는데 이는 실제 조절은 증가하였으나 감소된 AC/A비로 인하여 종이책 독서 후와는 달리 이항계로 전달된 값이 작게 나타났던 것으로 생각되었다(Fig. 3). 그러나 폭주부족안에서 읽기 매체 간의 폭주근점 변화는 유의한 차이가 관찰되지 않았다. 조절과다안의 경우는 읽기 매체에 따라 상이한 폭주근점의 변화를 나타내었는데 통계적으로 유의한 차이가 아니었으므로 어떠한 결론을 내릴 수는 없었다.

Table 1. Near fusional vergence in eyes with normal and abnormal visual function after different reading tasks

Working group	Visual function group				
	Normal eyes	Convergence insufficiency	Accommodative excess	Accommodative infacility	
Baseline	Relative convergence (Δ)				
	Positive, base-out	17.0±4.9	10.4±3.8*	8.8±2.7*	11.8±6.6
	Negative, base-in	12.1±4.3	10.2±2.6	8.8±3.3	9.9±4.1
	Accommodative convergence (Δ)				
	Positive, base-out	4.2±4.9	4.1±2.4	8.9±5.8	5.1±4.6
	Negative, base-in	3.8±4.7	6.0±3.1	6.3±4.9	1.7±2.1
Paper book	Relative convergence (Δ)				
	Positive, base-out	16.5±5.3	11.0±5.5*	9.5±3.0*	11.9±7.0
	Negative, base-in	12.5±5.1	10.6±3.8	10.2±5.3	10.0±5.7
	Accommodative convergence (Δ)				
	Positive, base-out	3.1±4.3	5.5±4.3	9.2±8.1	3.0±4.5
	Negative, base-in	4.3±4.9	7.3±4.0	4.0±3.6	1.4±1.6
E-book	Relative convergence (Δ)				
	Positive, base-out	17.3±5.6	11.2±5.5*	8.7±3.3*	13.8±9.0
	Negative, base-in	11.7±4.7	9.7±4.2	8.0±4.0	9.8±4.3
	Accommodative convergence (Δ)				
	Positive, base-out	3.1±4.1	4.0±4.0	7.2±4.2	4.0±5.4
	Negative, base-in	3.8±3.8	7.9±3.8*	6.8±1.4	5.0±7.6

Values are expressed as mean±SD.

*, significantly different from the baseline value at p < 0.05 by t-test

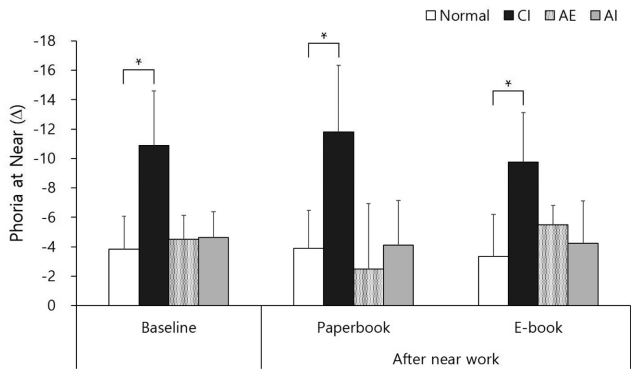


Fig. 2. Heterophoria at near in eyes with normal and abnormal visual function after different reading tasks.
 *, significantly different from the baseline value at $p < 0.05$
 CI, Convergence insufficiency; AE, Accommodative excess; AI, Accommodative infacility

3. 읽기 매체에 따른 시기능 정상안과 이상안의 근거리 사위도 차이

독서 전 근거리 사위도는 정상안의 경우 $-3.8 \pm 2.2 \Delta$ 이었으며, 조절과다안, 조절용이성부족안 및 폭주부족안의 경우는 각각 $-4.5 \pm 1.6 \Delta$, $-4.6 \pm 1.8 \Delta$ 및 $-10.9 \pm 3.7 \Delta$ 으로 폭주부족안의 경우만 정상안과 통계적으로 유의한 차이를 나타내었고($p = 0.000$), 조절기능 이상안은 유의한 차이를 보이지 않았다(Fig. 2). 종이책 독서 후 근거리 사위도를 비교한 결과, 정상안은 $-3.9 \pm 2.6 \Delta$ (독서 전 대비 변화없음), 조절과다안은 $-2.5 \pm 4.4 \Delta$ (44.4% 내사위화), 조절용이성부족안은 $-4.1 \pm 3.0 \Delta$ (10.9% 내사위화), 폭주부족안은 $-11.8 \pm 4.5 \Delta$ (0.9% 외사위화)이었으며, e-book 독서 후 근거리 사위도는 정상안 $-3.4 \pm 2.8 \Delta$ (10.5% 내사위화), 조절과다안은 $-5.5 \pm 1.3 \Delta$ (22.2% 외사위화), 조절용이성부족안은 $-4.3 \pm 2.9 \Delta$ (6.5% 내사위화), 폭주부족안은 $-9.8 \pm 3.4 \Delta$ (10.1% 내사위화)으로 측정되었다(Fig. 2). 시기능 이상안 가운데 폭주부족안의 근거리 사위도만 종이책과 e-book의 독서 후에도 정상안과 유의한 차이를 나타내었다(종이책, $p = 0.000$; e-book, $p = 0.000$).

스마트폰 영상을 통한 근업 후 근거리 사위도를 측정한 선행연구에서는 정상안 뿐만 아니라 조절부족안, 조절과다안 및 폭주부족안의 근거리 사위도가 근업 후 모두 정위방향으로 이동한 것으로 나타났는데 이는 촉진된 이항 적응의 결과로 생각된다고 하였다.^[20,21] 그러나 본 연구에서는 시기능 이상안 뿐만 아니라 정상안도 선행연구와는 다른 정도의 근거리 사위도의 변화를 보였는데 이는 선행 연구와 본 연구에서의 다른 집중도를 요구하는 근업(영상 시청 vs 독서)을 수행하였을 뿐만 아니라 작업거리 조건($35 \pm 5 \text{ cm}$ vs $40 \pm 5 \text{ cm}$)이 달랐으므로 발생하는 조절성폭주 또한 차이가 존재하게 되어 이항 적응 또한 달라졌을 것으로 판단되었다. 또한 두 연구에서 대상자들의 기본 사

위도의 분포 차이에 따른 영향도 배제할 수 없을 것이라 생각되었으나 본 연구에서 수행되었던 종이책과 e-book 독서 후의 근거리 사위도 변화만을 비교하여 보면 정상안, 조절용이성부족안과 폭주부족안의 경우는 종이책보다 e-book 독서 시 이항적응 반응이 더 크게 유발된 것으로 생각되었다. 이는 스마트폰을 사용한 선행연구의 결과와 유사하게 e-book의 경우 동일한 거리 자극이 가해졌다 하더라도 높은 휘도로 인하여 종이책보다 더 큰 긴장 상태를 유발하였기 때문인 것으로 판단되었다.^[7,21]

4. 읽기 매체에 따른 시기능 정상안과 이상안의 경사AC/A비 차이

독서 전 경사AC/A비는 정상안의 경우는 $3.0 \pm 1.7 \Delta/D$ 이었으며, 시기능 이상인 조절과다안, 조절용이성부족안 및 폭주부족안의 경우는 각각 $3.6 \pm 2.2 \Delta/D$, $3.6 \pm 2.8 \Delta/D$ 및 $2.7 \pm 2.2 \Delta/D$ 이었다(Fig. 3). 경사AC/A비에서 정상안과 시기능 이상안의 차이는 통계적으로 유의한 차이는 아니었다. 종이책 독서 후 경사AC/A비를 비교한 결과, 정상안은 $4.3 \pm 2.6 \Delta/D$ (19.4% 증가), 조절과다안은 $3.9 \pm 2.8 \Delta/D$ (8.3% 증가), 폭주부족안은 $2.7 \pm 2.2 \Delta/D$ (변화없음)이었으며, e-book 독서 후 경사AC/A비는 정상안은 $3.1 \pm 1.3 \Delta/D$ (3.3% 증가), 조절과다안은 $4.6 \pm 2.0 \Delta/D$ (27.8% 증가), 조절용이성부족안은 $3.5 \pm 2.4 \Delta/D$ (2.8% 감소), 폭주부족안은 $2.0 \pm 1.3 \Delta/D$ (25.9% 감소)로 측정되었다(Fig. 3). 폭주부족안의 경우는 e-book 독서 후 정상안과 통계적으로 유의한 경사AC/A비의 차이를 나타내었고($p = 0.047$), 정상안과 조절기능 이상안의 차이는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

스마트폰 영상을 통한 근업 후 조절계와 이항계 사이의 교차연결의 강도를 나타내는 경사 AC/A비를 측정 한 선행

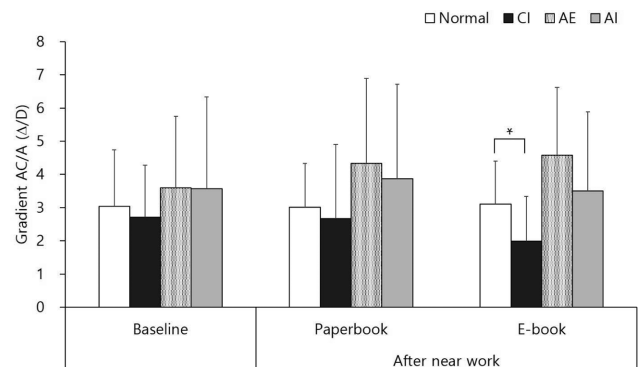


Fig. 3. Gradient AC/A in eyes with normal and abnormal visual function after different reading tasks.
 *, significantly different from the baseline value at $p < 0.05$
 CI, Convergence insufficiency; AE, Accommodative excess; AI, Accommodative infacility

연구에서는 정상안과 조절이상안, 폭주부족안 모두 정도의 차이는 있으나 감소된 경사 AC/A비를 나타내었던 반면, 본 연구에서는 읽기 매체에 따라 다른 경향을 나타내었다. 근거리 작업 후 AC/A비는 측정하는 시점에서의 조절 및 이항적응의 비율에 따라 다르게 나타나는데 만약 조절적응 기전이 큰 비중을 차지하고 있다면 낮은 AC/A비가 나타나게 된다.^[22] 본 연구 결과 정상안의 경우는 읽기 매체에 관계없이 독서 후 경사 AC/A비의 변화가 거의 없었던 것은 조절 및 이항적응의 비율이 적절히 유지되었기 때문인 것으로 생각되었다. 조절과다안의 경우 종이책과 e-book 독서 후 경사 AC/A비가 모두 증가한 것은 조절적응 기전보다 이항적응 기전의 비중이 컸음을 의미하며, 이는 과도한 조절의 지속으로 인하여 이항계로의 전달이 지속되어 이항적응 기전의 비중이 높게 유지가 된 것으로 생각되었으며 그 정도는 e-book 독서 후 더 큰 경향을 나타내었다. 조절용이성부족안과 폭주부족안에서는 e-book 독서 후 이항적응 반응이 이미 유발된 상태이므로 조절기전의 비중이 큰 상태를 의미하는 AC/A비의 감소가 나타났는데 이는 e-book 작업 시 종이책보다 상대적으로 큰 조절과 폭주의 긴장상태를 가지게 되어 나타난 결과라 생각되나 이에 대한 명확한 결론을 내리기 위하여서는 CA/C비에 대한 추가고찰이 필요하다. 이렇듯 시기능 이상에 따라 읽기 매체에 따라 근거리 작업 후 교차연결의 강도가 달라지는 것으로 나타났으므로 이항계로 전달되는 조절성 폭주의 양과 양안선명단일시를 위하여 요구되는 융합버전스도 영향을 받을 것으로 생각되었다.

5. 읽기 매체에 따른 시기능 정상안과 이상안의 근거리 융합버전스 차이

1) 음성융합버전스

독서 전 근거리 음성상대폭주는 정상안의 경우 $12.1 \pm 4.3 \Delta$ 이었으며, 시기능 이상인 조절과다안, 조절용이성부족안 및 폭주부족안의 경우는 각각 $8.8 \pm 3.3 \Delta$, $9.9 \pm 4.1 \Delta$ 및 $10.2 \pm 2.6 \Delta$ 로 정상안과 시기능 이상안에서 근거리 음성상대폭주는 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 1). 종이책 독서 후 근거리 음성상대폭주를 비교한 결과, 정상안은 $12.5 \pm 5.1 \Delta$ (독서 전 대비 3.3% 증가), 조절과다안은 $10.2 \pm 5.3 \Delta$ (15.9% 증가), 조절용이성부족안은 $10.0 \pm 5.7 \Delta$ (1.0% 증가), 폭주부족안은 $10.6 \pm 3.8 \Delta$ (3.9% 증가)이었으며, e-book 독서 후 근거리 음성상대폭주는 정상안 $11.7 \pm 4.7 \Delta$ (독서 전 대비 3.3% 감소), 조절과다안은 $8.0 \pm 4.0 \Delta$ (9.1% 감소), 조절용이성부족안은 $9.8 \pm 4.3 \Delta$ (1.0% 감소), 폭주부족안은 $9.7 \pm 4.2 \Delta$ (4.9% 감소)으로 측정되었다. 근거리 작업 시 효율적으로 일정 강도의 지속적 조절을 유지하려면 조절적응이 필수적이거나 조절적응이 되기 전까지 발생하는 지연시간 동안

에는 일시적 과도한 조절이 이루어지게 되어 조절성폭주의 증가를 야기하고 이로 인하여 발생하는 시차이항을 줄이기 위해 융합버전스가 사용된다. 따라서 만약 조절적응이 빠르게 이루어진다면 융합버전스의 역할은 감소하게 된다. 본 연구에서는 시기능 이상여부에 관계없이 종이책 읽기 후에는 음성상대폭주가 증가하였던 반면, e-book 읽기 후에는 모두 감소함을 나타내었다. 따라서 종이책 읽기 후 음성상대폭주가 증가한 값으로 측정되었던 것은 조절적응이 이루어져 그 역할이 감소하였기 때문인 것으로 생각되었다. 반면, e-book 읽기 후에는 음성상대폭주는 모두 감소함을 나타내었으므로 e-book 읽기 과정 동안의 종이책보다 높은 정도의 긴장성 조절이 지속됨에 따라 양안선명단일시를 얻기 위해 융합버전스가 지속적으로 사용되었고 이로 인하여 작업 후에 음성상대폭주력이 종이책보다 낮게 측정되었던 것으로 생각되었으나 통계적인 유의성은 관찰되지 않아 정확한 결론을 내릴 수는 없었다.

2) 양성융합버전스

독서 전 근거리 양성상대폭주는 정상안의 경우 $17.0 \pm 4.9 \Delta$ 이었으며, 시기능 이상인 조절과다안, 조절용이성부족안 및 폭주부족안의 경우는 각각 $8.8 \pm 2.7 \Delta$, $11.8 \pm 6.6 \Delta$ 및 $10.4 \pm 3.8 \Delta$ 로 조절과다안과 폭주부족안의 경우는 정상안과 통계적으로 유의한 근거리 양성상대폭주의 차이를 나타내었던 반면, 정상안과 조절용이성부족안의 차이는 통계적으로 유의한 차이는 아니었다(Table 1). 종이책 독서 후 근거리 양성상대폭주를 비교한 결과, 정상안은 $16.5 \pm 5.3 \Delta$ (독서 전 대비 2.9% 감소), 조절과다안은 $9.5 \pm 3.0 \Delta$ (8.0% 증가), 조절용이성부족안은 $11.9 \pm 7.0 \Delta$ (0.9% 증가), 폭주부족안은 $11.0 \pm 5.5 \Delta$ (5.8% 증가)이었으며, e-book 독서 후 근거리 양성상대폭주는 정상안의 경우는 $17.3 \pm 5.6 \Delta$ (독서 전 대비 1.8% 증가), 조절과다안은 $8.7 \pm 3.3 \Delta$ (1.1% 감소), 조절용이성부족안은 $13.8 \pm 9.0 \Delta$ (17.0% 증가), 폭주부족안은 $11.2 \pm 5.5 \Delta$ (7.7% 증가)으로 측정되었다. 근거리 양성상대폭주의 경우는 근거리 작업 후 조절과다안을 제외하고 모두 증가하는 경향을 나타내었으며 그 정도는 e-book에서 더 큰 것으로 나타났다.

시기능 정상안의 경우 근거리 작업 시 읽기 매체의 종류에 따른 융합버전스의 차이가 크지 않았으나 e-book 독서의 경우는 작업 전 대비 근거리 양성상대폭주는 증가, 음성상대폭주는 감소의 경향을 보여 종이책의 경우보다 눈의 긴장상태가 높게 유지되었음을 알 수 있었다.

한편, 조절과다안의 경우는 종이책 독서 시에는 과도한 조절에 의한 반응에 따른 조절성폭주의 결과로 작업 전 $8.8 \pm 2.7 \Delta$ 에서 $9.5 \pm 3.0 \Delta$ 로 증가하였으나 융합버전스의 증가로 정위화 경향을 나타내었으나(Fig. 2), e-book 독서

시에는 근거리 지속에 적응을 위한 과도한 조절피로로 인해 조절성폭주와 융합버전스가 감소한 것으로 나타났으며 (Table 1) 이는 폭주부족을 유발하여 근거리 외사위량이 증가하였던 것(Fig. 2)으로 생각되었다. 본 연구에서 조절과다안으로 분류된 대상자는 단안검사의 결과로 일차 분류되었으나 원, 근거리에서 모두 정상범위보다 낮은 양성 및 음성버전스 값을 보였고 정상 기댓값에 가까운 폭주근점을 보였으므로 조절과다와 융합버전스 기능이상을 모두 가지는 것으로 생각되었다. 따라서 조절과다안의 경우는 이러한 복합적인 시기능 이상이 자각증상의 변화도 영향을 미칠 것으로 예상되었다.

조절용이성부족안의 경우 종이책 독서 시에는 정상안과 유사하게 조절성폭주는 감소하였던 반면 융합버전스는 거의 변화가 없었으나, e-book 독서 시에는 이항적응 기전의 비중 감소를 의미하는 AC/A비의 감소(Fig. 3)로 조절적응 기전의 비중이 높아졌으므로 이항계로 전달되는 양성조절성폭주가 감소함을 보인 것으로 생각되었다. 그러나 조절용이성부족안의 e-book 독서 후 융합버전스는 증가한 것으로 나타났으므로 자각증상은 크게 차이가 나지 않을 것으로 예상하였다. 본 연구에서 단안검사 결과로부터 조절용이성부족안으로 분류된 대상자는 근거리 양성융합버전스만 기댓값보다 낮게 측정되었으므로 폭주부족의 경향을 띄는 것으로 생각되었으며 폭주부족안과 유사한 자각증상 변화가 나타날 것으로 생각되었다.

조절과 폭주 사이에 낮은 강도의 교차연결을 가지는 폭주부족안의 경우는 근거리 작업 시 과도한 조절의 발생으로 인해 조절성폭주와 융합버전스가 모두 증가함을 알 수 있었다. 따라서 근거리 작업 시에는 부족한 융합버전스로 인한 복시와 흐려보임과 관련된 증상의 변화가 클 것이라 예상되었으며, 또한 본 연구에서 분석된 시기능 이상안 가운데 가장 큰 자각증상의 변화를 느끼지는 않을 것이라 예측할 수 있었다.

6. 읽기 매체에 따른 시기능 정상안 및 이상안의 자각증상 차이

읽기 매체에 따른 자각증상의 변화는 시기능 정상안으로 수행하였던 선행연구^[9]와 비교하기 위하여 1) 안정피로와 관련된 자각증상과 2) 집중도에 관련된 자각증상으로 나누어 항목별로 비교하였다. 정상안은 근거리 작업 전 자각증상 중 피곤과 졸림 만이 1점이 초과하는 점수를 보여 각각 1.56±0.83점과 1.69±1.08점으로 가장 높은 점수를 나타내었고 이는 선행연구의 결과와 유사하였다.^[9] 안정피로와 관련된 자각증상에서는 독서 후 피곤(종이책, p=0.002; e-book, p=0.049)과 불편(종이책, p=0.046; e-book, p=0.017)에서 통계적으로 유의한 증가를 나타내었다. 집중도 관련

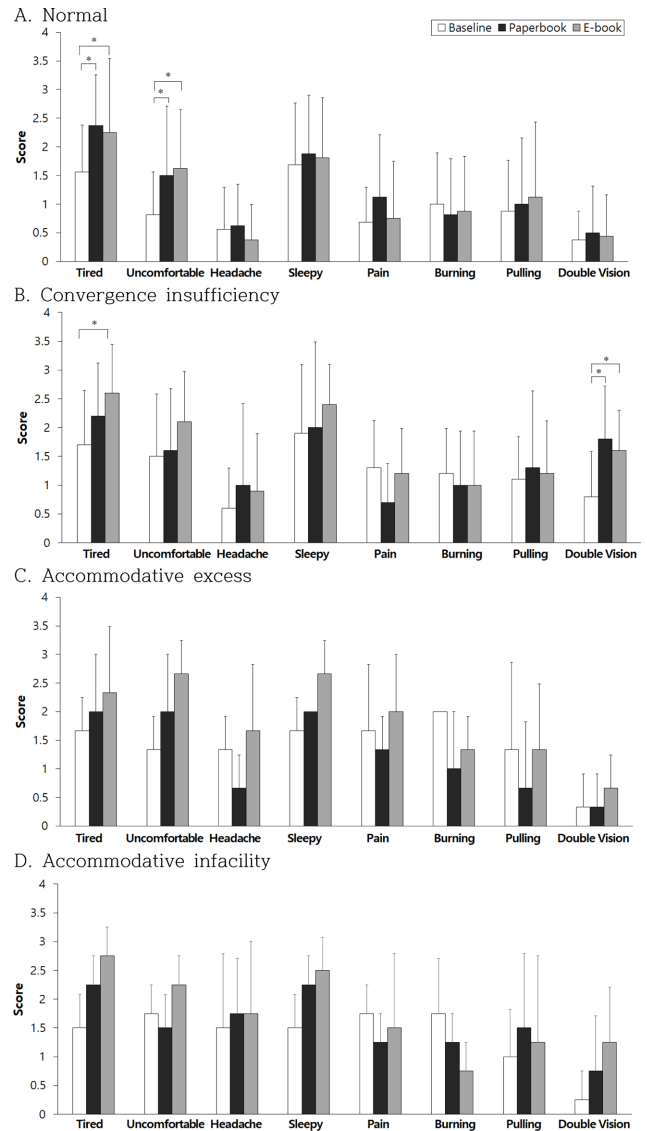


Fig. 4. Subjective symptoms score in eyes with normal and abnormal visual function after different reading tasks.

자각증상을 살펴보면 선행연구에서는 흐림 항목에서 e-book 독서 시 통계적으로 유의한 높은 점수를 나타내었으나^[9] 본 연구에서는 집중력, 기억력, 흐림에서 종이책에 비해 e-book 독서 시 높은 점수가 나타나는 경향을 보였으나 통계적으로 유의한 차이는 아니었다(Fig. 4A, Fig. 5A).

폭주부족안의 경우는 근거리 작업 전 자각증상 가운데 1점을 초과한 점수를 보인 항목은 피곤, 불편, 졸림, 통증, 작열감 및 당김으로 각각 1.70±0.95점, 1.50±1.08점, 1.90±1.20점, 1.30±0.82점, 1.20±0.79점 및 1.10±0.74점으로 나타나 정상안에 비해 모두 높은 점수를 보임을 알 수 있었으며 졸림에서 가장 높은 점수를 나타내었다. 독서 후 안정피로와 관련된 자각증상에서는 피곤(e-book, p=0.045)과 복시(종이책, p=0.047; e-book, p=0.038)가 통계적으로 유의한 증가를 나타내었다. 집중도 관련 자각증상에서

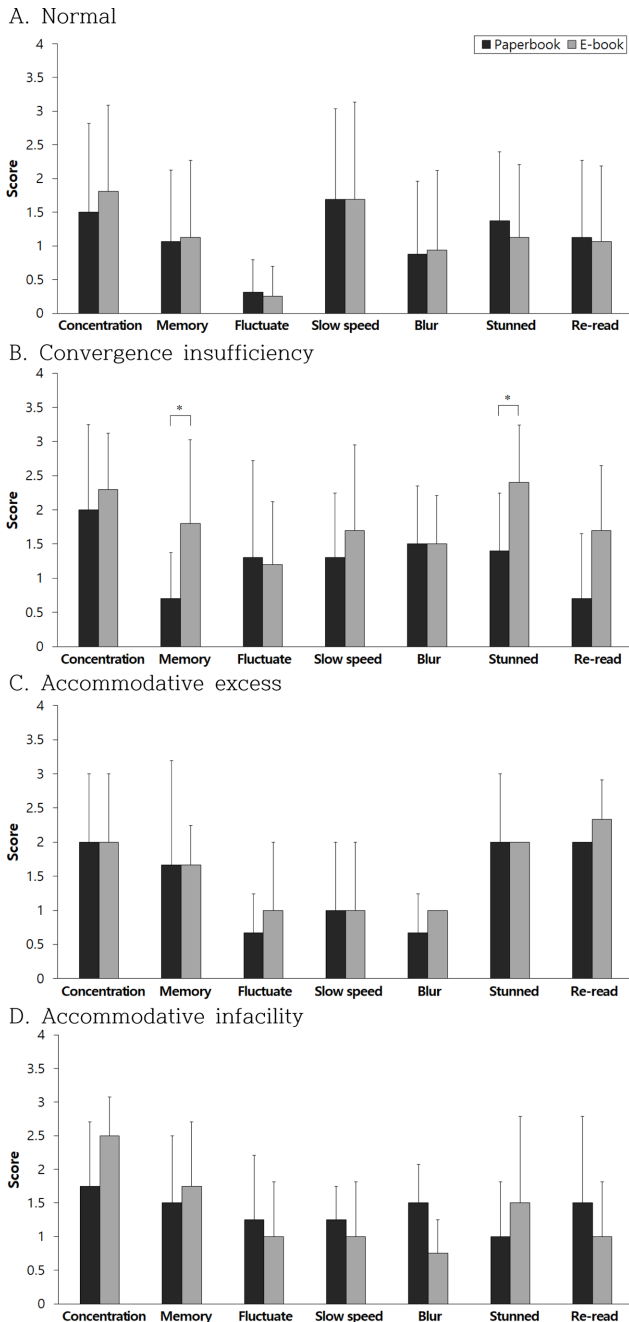


Fig. 5. Subjective symptoms score related to concentration in eyes with normal and abnormal visual function after different reading tasks.

는 집중, 기억, 느낌, 명함, 재독서에서 e-book 독서 시 종이책보다 높은 점수가 측정되었으나 이 중 기억력과 명함은 e-book 독서 후 종이책 대비 유의하게 증가하는 것으로 나타났다(기억력, $p = 0.026$; 명함, $p = 0.026$), (Fig. 4B, Fig. 5B).

조절과다안의 경우는 근거리 작업 전 1점을 초과한 점수를 보인 자각증상 항목은 복시를 제외한 피곤, 불편, 두통, 졸림, 통증, 작열감 및 당김으로 각각 1.67 ± 0.58 점, 1.33 ± 0.58 점, 1.33 ± 0.58 점, 1.67 ± 0.58 점, 1.67 ± 1.15 점,

2.00 ± 0.00 점 및 1.33 ± 1.53 점으로 나타났으며 정상안에 비해 졸림을 제외하고는 모두 높은 기본 점수를 보였다. 폭주부족안의 근거리 작업 전 자각증상 점수와 비교하면 조절과다안은 두통, 통증, 작열감의 점수가 높았으며, 졸림은 다소 낮게 나타났다. 즉, 본 연구에서 분석한 시기능 이상안 가운데 가장 높은 기본 자각증상 점수를 보임을 알 수 있었다. 독서 후 안정피로와 관련된 증상 가운데 피곤, 불편, 졸림 및 복사에서 독서 후 점수가 상승하는 것으로 나타났다으나 근거리 작업 전 자각증상 점수 값(baseline)이 높아 통계적인 유의성은 관찰되지 않았다. 집중도 관련 자각증상에서는 혼란, 명함에서 종이책 독서 시 e-book 독서 시보다 높은 점수를 보였고, 흐림과 재독서는 e-book에서 높은 점수로 나타났으나 통계적 유의성은 없었으므로 읽기 매체에 따른 피로도 및 집중도의 변화에 대하여 결론을 내릴 수는 없었다(Fig. 4C, Fig. 5C).

조절용이성부족안의 근거리 작업 전 자각증상에서 1점을 초과한 점수를 보인 항목은 피곤, 불편, 두통, 졸림, 통증 및 작열감으로 각각 1.50 ± 0.58 점, 1.75 ± 0.50 점, 1.50 ± 1.29 점, 1.50 ± 0.58 점, 1.75 ± 0.50 점 및 1.75 ± 0.96 점으로 나타났으며 정상안에 비해 졸림을 제외하고는 모두 높은 기본 점수를 보였다. 조절과다안의 근거리 작업 전 기본 자각증상 점수와 비교하면 조절용이성부족안은 불편, 두통, 졸림, 통증에서 다소 높은 점수를 나타내었으나, 작열감에서는 다소 낮게 나타났다. 안정피로 관련 자각증상 가운데 피곤, 두통, 졸림, 압통, 복시 항목의 점수가 독서 후 높게 나타났고, 집중도 관련 자각증상에서는 집중력, 기억력, 명함 세 가지 항목에서 종이책보다 e-book이 자각증상 점수가 높았고 혼란, 느낌, 흐림, 재독서 네 가지 항목에서 종이책이 e-book보다 자각증상의 점수가 높게 나타났으나 조절과다안의 경우와 마찬가지로 근거리 작업 전 baseline값이 높아 통계적인 유의성은 관찰할 수 없었다(Fig. 4D, Fig. 5D).

본 연구에서는 대상자 가운데 조절기능 이상안의 자각증상 점수가 근거리 작업 전후 모두에서 높은 경향을 나타내었는데 이는 조절기능 이상 이외에도 융합버전스와 폭주 부족의 징후도 가지고 있었기 때문인 것으로 생각되었다. 본 연구에서 나타났던 조절용이성부족안의 근거리 작업 후 두통과 불편감, 안통 등의 유의한 결과는 조절용이성부족의 임상사례의 자각증상과 같은 결과이었다.^[23] 또한 시기능 이상 여부에 관계없이 e-book을 읽은 후 자각증상의 점수가 대체로 높은 값을 보였는데 이는 태블릿 PC의 경우 화면의 휘도가 눈에 자극을 주어 조절피로를 유발시켰기 때문일 수 있으며, 인쇄된 종이의 글자와 달리 전자적인 작은 점들로 구성된 디스플레이 상의 글자를 읽을 때에는 각각의 점에 대하여 초점을 찾으려 노력하기 때문에 지속적인 긴장이 요구되어 눈의 피로, 건조증 등이

유발되었기 때문일 수도 있다.^[24,25] 20대~30대 대상으로 종이 책과 e-book의 주관적인 피로도 및 불편도를 분석한 선행연구에서도 e-book의 피로도가 종이책보다 더 높았으며 실험 대상자들은 e-book의 인위적인 광으로 책을 읽는 것이 종이 책의 자연스러운 반사광으로 읽는 것보다 더 피로도를 유발한다고 답하였으며, 글자크기가 작을 때 더 짧게 보고 짧게 이동하는 작용을 반복하기 때문이라고 하였다.^[26]

결 론

본 연구는 동일한 조절 및 폭주자극이 있는 근거리 작업 시 읽기 매체를 종이책과 태블릿 PC의 e-book으로 달리 할 때 양안시 및 자각증상이 대상자의 시기능 이상 여부에 따라 어떻게 달라지는지 알아보고자 수행되었다.

종이책 또는 e-book 독서 후 폭주근점은 정상안과 조절기능이상안의 경우는 조절과다안이 e-book을 읽었을 때를 제외하고 모두 떨어지는 경향을 나타내었으며, 그 정도는 e-book 독서 시 더 크게 나타났다. 반면, 폭주부족안에서는 독서 후 폭주근점이 유의하게 가까워졌으나 읽기 매체간의 차이는 없었다. 독서 후 근거리 사위도의 정위화는 e-book 독서 후 조절과다안을 제외하고 모두 더 큰 경향을 나타내어 이항적응 반응이 유발되었던 것으로 생각되었다. 종이책 독서 후에는 조절과다안을 제외하고는 조절과 폭주 사이 교차연결의 강도에서 별다른 변화가 나타나지 않았으나, e-book 독서 후에는 통계적 유의성은 없었으나 조절용이성부족안과 폭주부족안의 경우는 교차연결 강도의 감소가, 조절과다안의 경우는 교차연결 강도의 증가가 나타남을 알 수 있었다. 개산여력을 판단하는 음성상대폭주에서는 시기능 이상 여부에 관계없이 종이책 독서 후에는 증가하는 경향을 나타내었던 반면, e-book 독서 후에는 감소하는 경향을 나타내어 e-book 독서 시 눈의 피로도가 더 클 것으로 판단하였다. 폭주여력을 판단하는 양성상대폭주는 조절과다안을 제외하고 e-book 읽기 후에 더 크게 증가하는 경향을 나타내었다. E-book 독서 후 자각증상의 점수가 시기능 이상 여부에 관계없이 종이책보다 높게 나타나는 경향을 보였으며 조절기능이상안에서의 자각증상의 점수 증가가 크게 나타났으나 시기능 이상의 종류에 따라 특징적인 자각증상은 달라짐을 보였다. 즉, 시기능 정상안의 경우는 피로와 불편감의 변화가 크며, 조절기능 이상안의 경우는 두통, 당김, 통증 및 복시의 변화가 컸고, 폭주부족안의 경우는 피로와 복시의 변화가 크게 나타났다. 따라서 본 연구 결과 동일한 조절 및 폭주자극의 근거리 작업이라 하더라도 작업의 구성 및 환경에 따라 폭주기능의 변화가 다르게 나타남을 알 수 있으며 시기능 이상 여부에 따라서도 그 양상이 달라져 결과적으로 자각

증상의 차이를 유발함을 알 수 있었다.

그러나 본 연구에서 분석한 시기능 이상 대상자의 수가 많지 않아 시기능 정상안과 이상안 사이의 차이에서 폭주부족안을 제외하고는 통계적인 유의성을 관찰하기 어려웠으며, 시기능 이상안의 경우 단안 및 양안 검사결과를 기준으로 조절 또는 폭주이상으로 분류하였으나 어느 하나의 단독 이상만으로 구성되지 않아 시기능 이상 별로 명확하게 기능과 자각증상의 차이를 구분짓기에는 무리가 있다는 한계점이 있다.

REFERENCES

- [1] Kozak G. Printed scholarly books and e-book reading devices: A comparative life cycle assessment of two book options. Master Thesis. University of Michigan, Ann Arbor. 2003;1-238.
- [2] NEF (Net des études francaises/Net of French Studies). A Short History of eBooks, 2009. <http://www.etudes-francaises.net/dossiers/ebook.htm>(15 January 2019).
- [3] Hoang GS. An experimental study on reading effect of e-book. J Korean Biblica Soc Libr Inf Sci. 2006;17(1):47-62.
- [4] Kang S, Hong JE, Choi E, Lyu J. Blue-light induces the selective cell death of photoreceptors in mouse retina. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2016;21(1):69-76.
- [5] Woody WD, Daniel DB, Baker CA. E-books or textbooks: students prefer textbooks. Comput Educ. 2010;55(3):945-948.
- [6] Maducdoc MM, Haider A, Nalbandian A, Youm JH, Morgan PV, Crow RW. Visual consequences of electronic reader use: a pilot study. Int Ophthalmol. 2017;37(2):433-439.
- [7] Benedetto S, Carbone A, Draï-Zerbib V, Pedrotti M, Baccino T. Effects of luminance and illuminance on visual fatigue and arousal during digital reading. Comput Hum Behav. 2014;41:112-119.
- [8] Benedetto S, Draï-Zerbib V, Pedrotti M, Tissier G, Baccino T. E-readers and visual fatigue. PLoS ONE. 2013;8(12):e83676.
- [9] Kim J, UM JY, Sung HN, Kin SR, Park M. Changes in accommodative function after reading with paper book and e-book on tablet PC. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2017;22(2):183-190.
- [10] Kim J, Song SH, Kim JM, Kim SR, Park M. Correlation of subjective symptom and reading speed after reading paper book and e-book using tablet PC. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2018;23(2):151-161.
- [11] Canfield Jack. Chicken soup for the soul 1, 1st Ed. Paju: Prunsoop, 2008;1-247.
- [12] Canfield Jack. Chicken soup for the soul 2, 1st Ed. Paju: Prunsoop, 2008;1-236.
- [13] Ministry of Employment and Labor. VDT Labor Guideline, 2015. http://www.moel.go.kr/info/lawinfo/instruction/view.do?bbs_seq=1442564393512 (24 February 2019).
- [14] Scheiman M, Wick B. Clinical management of binocular

- vision: heterophoric, accommodative, and eye movement disorders, 2nd Ed. Seoul: Daihak publishing company, 2009;87-120.
- [15] Scheiman M, Mitchell CL, Cotter S, Cooper J, Kulp M, Rouse M et al. A randomized clinical trial of treatments for convergence insufficiency in children. Arch Ophthalmol. 2005;123(1):14-24.
- [16] Kim SR, Park MO, Lee SY, Song JH, Lee JH, Choi HD, Park M. The change of accommodative function of vergence anomalies subjects in their twenties after near work with smartphone. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2017;22(1); 71-80.
- [17] Morgan Jr MW. The clinical aspects of accommodation and convergence. Optom Vis Sci. 1944;21(8):301-313.
- [18] Scheiman M, Wick B. Clinical management of binocular vision: heterophoric, accommodative, and eye movement disorders, 4th Ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2014;39-40.
- [19] Shin HS, Jang JK, Park SC. Test-retest reliability assessment of the Korean version of CISS. Korean J Vis Sci. 2011;13(4):295-303.
- [20] Kim SR, Kwak H, Kang MS, Kim SI, Park M. 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.
- [21] Kim SR, Park SY, Yeo HJ, Kim DY, Jeong JH, Jang HS et al. The change of convergence function of convergence insufficiency in their twenties after doing near work using a smartphone. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2018;23(1):47-56.
- [22] Benjamin WJ. Borish's clinical refraction, 2nd Ed. St. Louis: Butterworth-Heinemann, 2006;940-942.
- [23] Son SE. Case study of accommodative insufficiency and accommodative infacility. Korean J Vis Sci. 2000;2(2):169-176.
- [24] Smith MJ, Cohen BG, Stammerjohn LW Jr, Happ A. An investigation of health complaints and job stress in video display operations. Hum Factors. 1981;23(4):387-400.
- [25] Wimalasundera S. Computer vision syndrome. Galle Med J. 2006;11(1):25-29.
- [26] Kim JY, Lee MH, Min SN, Cho YJ, Choi JH. Quantitative comparison of the e-book and paper-book by using eye-tracker. J Ergon Soc Korea. 2012;31(5):609-616.

읽기 매체에 따른 시기능 정상안 및 이상안의 양안시기능 변화

노현진¹, 김현진¹, 정재영¹, 박상욱¹, 서한별¹, 유희라¹, 최아영¹, 박미정², 김소라^{2,*}

¹서울과학기술대학교 안경광학과, 학생, 서울 01811

²서울과학기술대학교 안경광학과, 교수, 서울 01811

투고일(2019년 5월 29일), 수정일(2019년 6월 10일), 게재확정일(2019년 6월 11일)

목적: 본 연구에서는 동일한 거리에서 읽기 매체를 달리하여 독서하게 한 후 정상안과 시기능이상안의 양안시기능의 변화와 자각증상의 차이를 알아보고자 하였다. **방법:** 안질환이 없고 교정 또는 나안시력이 0.8 이상인 만 18세~31세의 남녀 99명을 시기능에 따라 정상안, 조절과다, 조절용이성이상 및 폭주부족안으로 분류하고 33명을 최종 대상으로 선정하였다. 모든 실험조건이 동일한 상태에서 종이책과 태블릿 PC를 이용한 e-book으로 30분간 독서하게 하였다. 독서 전후 양안시기능을 평가하였으며, CISS 평가지를 이용한 설문조사로 자각증상을 평가하였다. **결과:** 정상안과 조절용이성부족안의 폭주근점은 독서 후 모두 멀어지는 경향을 나타내었으며, 그 정도는 e-book 독서 시 더 크게 나타났다. 폭주부족안의 폭주근점은 독서 후 유의하게 가까워졌으나 읽기 매체 간의 차이는 없었다. 근거리 사위도는 e-book 독서 후 조절과다안을 제외하고 내사위화되는 경향을 나타내었다. 종이책 독서 후에는 조절과다안을 제외하고는 AC/A비에 별다른 변화가 나타나지 않았으나, e-book 독서 후에는 조절용이성부족안과 폭주부족안에서는 감소된 AC/A비, 조절과다안에서는 증가된 AC/A비가 관찰되었다. 음성상대폭주는 시기능 이상 여부에 관계없이 종이책 독서 후에는 증가의 경향을 보였던 반면, e-book 독서 후에는 감소의 경향을 나타내었다. 양성상대폭주는 조절과다안을 제외하고 e-book 읽기 후 더 증가하는 경향을 나타내었다. E-book 독서 후 자각증상의 점수가 시기능 이상 여부에 관계없이 종이책보다 높게 나타났으나 시기능 이상의 분류에 따라 특징적인 자각증상은 달랐다. **결론:** 동일한 조절 및 폭주자극의 근거리 작업이라 하더라도 작업의 구성 및 환경에 따라 양안시기능의 변화가 다르게 나타나며, 시기능 이상 여부에 따라서 그 양상이 달라져 결과적으로 자각증상의 차이를 유발함을 알 수 있었다. 따라서 시기능 이상안이 근거리 작업을 할 경우에는 작업환경에 따라 상이한 양안시기능의 변화가 유발될 수 있으며 자각적 피로도의 정도와 양상에 미치는 영향이 달라지므로 주의가 필요하다.

주제어: 조절과다안, 조절용이성부족안, AC/A비, 양안시기능, 폭주부족안, 융합버전스, 폭주근점, 사위도, 읽기 매체, 자각증상