

Correlation of Subjective Symptom and Reading Speed after Reading Paper Book and E-book Using Tablet PC

Jihye Kim, Seong Hwan Song, Jeong Min Kim, So Ra Kim, and Mijung Park*

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

(Received May 9, 2018; Revised June 1, 2018; Accepted June 7, 2018)

Purpose: This study aimed to figure out whether the correlation of subjective symptom and reading speed changed after reading a paper book and an e-book. **Methods:** Thirty subjects aged 18 to 29 (average 23.4±3.2 years) with normal visual function and corrected visual acuity participated in the study. The subjects were asked to read a paper book and an e-book on a tablet PC for 30 minutes under the same experimental condition. The subjective symptoms score was evaluated by using convergence insufficiency symptom survey, measuring the total pages read and reading speed per page. **Results:** The total number of pages read with a paper book was significantly higher than the e-book. Subjective symptoms score related to near work increased after e-book reading and tiredness significantly increased amongst the symptoms. Also, subjective symptoms score related to concentration during reading significantly increased after e-book reading compared with the paper book. An observed correlation showed that reading speed reduced as the subjective symptoms score increased. For those who experienced the symptoms of convergence insufficiency after reading, both reading speeds for paper book and e-book were affected by subjective symptoms. Especially, the subjective symptoms and reading speed showed relatively high correlation after e-book reading compared with the paper book, resulting in the greater influence of subjective symptoms on reading speed by e-book reading. **Conclusions:** Reading with e-book induced different changing levels of subjective symptom and reading speed than a paper book. It suggests that the correlation of individual subjective symptom and reading speed is related to the degradation of convergence function caused by reading.

Key words: Paper book, Tablet PC, E-book, Convergence Insufficiency Symptom Survey, Subjective symptom, Reading speed

서 론

현재 출시되고 있는 휴대용 전자기기인 스마트폰과 태블릿 PC의 화면은 새로운 제품이 출시 될 때마다 색상표현이 다양하고 고해상도로 만들어지고 있다.^[1] 하지만 휴대용 전자기기의 특성상 눈과 가까운 거리에서 화면을 보기 때문에 화면에서 밝은 화면을 장시간 볼 경우 눈부심으로 인해 눈에 자극을 주어 피로감이 생기게 된다.^[2] 과거에는 컴퓨터를 이용한 근거리 작업 시 발생하는 증상을 CVS(computer vision syndrome)로 명명하였으나 최근에는 휴대용 전자기기 사용으로 인한 눈 증상이 증가하고 있어 DES(digital eye strain)와 혼용되어 사용되고 있다.^[3]

눈의 피로는 시각적 기능의 저하를 나타내는 증상으로 시각시스템을 비롯한 다양한 신경계의 생리학적 변수와

연관되어 있는 복잡한 현상^[4,5]이기 때문에 근거리 작업 조건에 따라 눈의 피로도에 미치는 영향이 다를 것이다. Chu 등^[6]의 연구에서 종이로 프린트된 것에 비해 컴퓨터 화면으로 작업했을 때 유의하게 눈 관련 증상이 높게 나왔다고 보고되었고, Benedetto 등의 연구에서도 같은 결과였다.^[7] 특히 휴대용 전자기기를 이용한 근거리 작업 시 종이로 프린트된 것에 비해 작업 거리, 글자 크기, 화면 밝기, 주시각도 등이 차이가 나고 자각증상과도 연관된다고 하였다.^[3,8,9] 그 외의 연구에서도 전자기기를 사용한 근거리 작업 시 시기능에 영향을 주는 것으로 보고되었다.^[10-13]

디지털 정보로 가공된 출판물인 e-book은 종이책에 비해 가격이 저렴하고, 온라인에서 구매하여 바로 볼 수 있어 시간을 절약할 수 있는 장점으로 인해 종이로 된 출판물과 함께 e-book으로 된 출판물도 함께 출시되고 있다.

*Corresponding author: Mijung Park, TEL: +82-2-970-6228, E-mail: mjpark@seoultech.ac.kr

본 논문의 일부내용은 2014년도 한국인광학회 동계학술대회에서 포스터로 발표되었음.

하지만 기능적인 측면의 편리함과 접근성만으로 출판물을 선택하는 것 외에 사용자의 눈의 피로 및 만족감에 미치는 영향도 고려하여 출판물이 선택되어야 하며, 눈의 피로를 비롯한 시기능에 미치는 영향을 개선시킬 수 있는 방법도 고려되어야 한다. 전자기기 화면은 시각적 불편함뿐만 아니라 읽기속도에도 영향을 주게 되는데 과거의 몇몇 연구에서는 스크린을 이용한 읽기가 종이로 된 책을 이용한 읽기보다 느리다는 결과가 도출되었다.^[14-16] 그 연구들에서는 어떠한 기전이 읽기속도를 느리게 하는지는 불분명하지만 글자의 크기나 종류, 프린트 사이즈, 조도 등의 요소들이 읽기속도에 영향을 줄 수 있다고 하였다. 반면에 다른 연구에서는 e-reader와 종이책의 읽기속도에 차이가 없고 읽기 유형이 비슷하다고 하였다.^[17,18] 이처럼 전자기기와 종이책을 사용한 읽기작업에서 나타날 수 있는 차이에 대한 다양한 연구결과가 발표되었지만 기존 연구에서는 종이책과 e-book 디스플레이의 크기가 동일하지 않았고 출판물 글자의 크기, 여백 등과 같은 읽기 조건의 통제가 이루어지지 않았다. 따라서 특정 동일조건에서 종이책과 e-book의 읽기비교가 이루어지지 않아 종이책과 e-book 매체에 의한 정확한 차이를 확인할 수 없었다.

따라서 본 연구에서는 종이책과 태블릿 PC의 e-book으로 읽기매체의 종류만 달리하고 다른 모든 작업조건을 동일하게 한 상태에서 독서를 실시한 후 읽기매체의 종류에 따른 자각증상 변화와 자각증상과 읽기속도의 상관성 분석을 통해 자각증상이 읽기속도에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구대상 및 실험조건

본 실험은 만 18 ~ 29세(평균 23.4±3.2세)이면서, 시기능이 정상인 30명(남 13명, 여 17명)을 대상으로 실험하였다. 실험 대상자들은 안질환이 없고 교정시력 혹은 나안시력이 정상이며 조절 및 폭주검사를 실시해 시기능 이상이 없었다.

종이책과 e-book을 이용하여 30분간 독서를 실시하기 전 후 자각증상을 평가하였고 독서하는 동안 읽기속도를 측정하였다. 실험에 사용한 책은 오쿠다 히데오 저서 ‘공중그네’였으며, e-book(GALAXY Tab 10.1, SHW-M380S, SAMSUNG, 대한민국, 해상도:1200*800, 휘도: 158 nit; Datacolor spider4 elite 장비를 사용하여 측정)과 종이책 비교를 위해 e-book과 종이책의 글자 크기, 글자체, 여백을 동일하게 보이게 설정하였다. 종이책의 글자 크기는 7 포인트, 글자체는 Arial로 설정한 후 한글로 변환하였다. 종이의 여백은 위 5 mm, 아래 10 mm, 좌우 10 mm로 하였으며 행간 141%, 자간 -5%, 책 너비는 11.9 cm로 하였다.^[13] E-book은 책과 동일한 크기와 여백 조건을 맞추기 위해 글자 크기 10 포인트, 행간 150%로 하여 PDF(portable document format) 파일로 변환하였고 배율은 화면 크기에 맞게 66%로 설정하였다(Fig. 1). E-book과 종이책의 작업 거리는 40 cm, 실내조도는 390 ~ 470 lx를 유지하였다. 종이책과 e-book의 작업순서는 무작위로 실시하였고 검사자는 독서하는 동안 피검자가 자세를 유지하도록 주지시키고 관찰하였다.^[13]

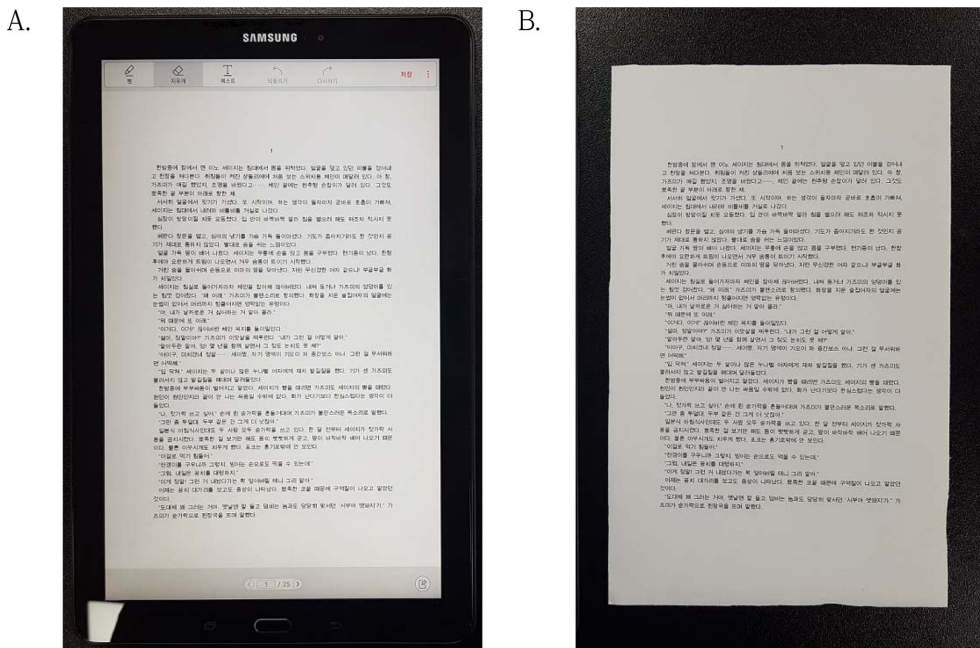


Fig. 1. Experimental condition of e-book and paper book. A. E-book B. Paper book

2. 읽기속도 및 자각증상 평가

실험 전반부와 후반부의 독서시간의 차이를 알아보기 위해 장당 독서시간을 측정하여 읽기속도를 분석하였다. 독서시간 30분 동안 읽은 페이지수를 확인하였고 마지막 장을 다 읽지 못한 경우는 마지막 장을 제외하였고, 종이책과 e-book의 첫 페이지와 마지막 페이지를 제외한 전반부(앞 3페이지)와 후반부(뒤 3페이지)의 독서시간으로 장당 읽기속도를 구하였다.

실험 전후의 자각증상은 시각적 불편감을 평가할 수 있는 CISS(convergence insufficiency symptom survey) 설문지를 사용하여 평가하였다.^[19,20] CISS 설문지의 1~8번 항목은 평소 독서를 비롯한 다른 근거리 작업 시에 느끼는 자각증상 항목으로 되어있고, 9~15번 항목은 독서시 집중도와 관련된 자각증상에 대한 항목으로 되어 있다. 실험 전 설문은 평소 근거리 작업 시 느낀 자각증상 평가를 위해 CISS 설문지의 1~8번 항목의 자각증상 설문을 실시하였고 실험 후에는 1~15번 항목의 설문조사를 실시하였다.

3. 통계 처리

실험결과와 통계적 분석은 SPSS Statistics 18.0을 사용하여 실험 전후, 종이책과 e-book의 읽기속도 및 자각증상 점수의 비교는 비모수 검정 Wilcoxon signed rank test로 분석을 하였고, 자각증상에 따른 읽기속도의 변화는 회귀 분석을 이용하여 분석하였다. 유의확률이 $p < 0.05$ 일 때 통계적으로 유의성이 있는 것으로 판단하였다.

결과 및 고찰

1. 읽기속도

종이책과 e-book을 30분간 독서 후 종이책의 경우 16.47 ± 5.53 페이지를 읽었고 평균 읽기속도는 117.82 ± 30.56 s/page였다. E-book은 15.30 ± 4.04 페이지를 읽었고 121.96 ± 31.11 s/page의 읽기속도로 나타났다(Fig. 2). 종이책과 e-book

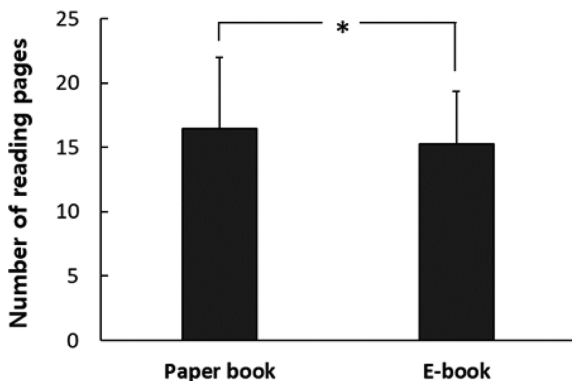


Fig. 2. Total number of reading pages in a paper book and e-book.

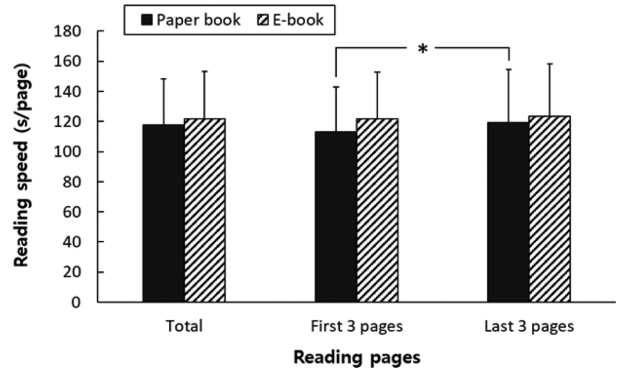


Fig. 3. The reading speed for a paper book and e-book.

의 읽은 페이지 수는 유의확률 0.033으로 통계적으로 유의하게 종이책이 많이 읽는 것으로 나타났으나 읽기속도에서는 유의한 차이를 보이지 않았다(Fig. 2).

종이책의 전반부 읽기속도는 112.90 ± 30.05 s/page에서 후반부 119.11 ± 35.34 s/page로 전반부에 비해 후반부에서 읽기속도가 약 6.21 s/page 느려지는 것으로 나타났으나 통계적으로 유의한 변화는 아니었다(Fig. 3). E-book 독서 시에는 전반부의 읽기속도가 121.99 ± 30.77 s/page 후반부의 읽기속도가 123.40 ± 34.78 s/page로 전반부와 후반부의 읽기속도 차이는 나타나지 않았다(Fig. 3). 종이책과 e-book 독서 시 전반부 읽기속도는 종이책이 약 9.09 s/page 빨리 읽는 것으로 나타났고 유의확률 0.011로 통계적으로 유의하게 빠른 것으로 나타났다. 반면 후반부의 읽기속도는 전반부에 비해 줄어들어 약 4.29 s/page 종이책이 빠른 것으로 나타났으나 통계적으로 유의하지는 않았다(Fig. 3).

본 연구에서는 글자 크기, 글자체, 줄 간격, 여백 등 읽기조건을 모두 동일하게 설정하고 읽기 매체의 차이에 의한 읽기속도의 차이를 보고자 하였다. 그 결과 종이책과 e-book 독서 시에 종이책의 읽기속도가 e-book에 비해 빠른 것으로 나타났다. 특히 책의 전반부 독서 시 종이책이 e-book에 비해 통계적으로 유의하게 빨리 읽는 것으로 나타났다. 컴퓨터가 보편화되기 이전에 실시된 Belmore^[21]의 연구에서는 컴퓨터 스크린으로 읽었을 때의 수행 능력 감소는 피검자가 컴퓨터 스크린으로 읽는 것이 익숙하지 않기 때문에 발생하는 것이라고 주장하였다. 하지만 본 연구는 전자기기 사용에 익숙한 20대를 대상으로 하였기 때문에 읽기 매체의 종류가 눈에 미치는 자극의 정도에 미세한 차이가 있기 때문으로 생각해 볼 수 있다. 스마트폰 디스플레이의 읽기 성능을 향상시키기 위해 화면과 글자의 대비를 조정하여 실험한 Na 등^[22]의 연구에서는 동일한 검은색 글자에 배경의 대비를 바꾸거나 동일한 배경색에 글자색의 대비를 변경하였을 때 읽기속도의 차이가 있었고 그 중 하얀색 배경에 검은색 글씨인 경우의 읽기속

도가 가장 느린 것으로 나타났다. 독서 중 스트레스 정도를 알 수 있는 하이베타과의 수치도 가장 높게 측정되어 하얀색 배경에 검은색 글자를 읽을 때 화면의 밝은 휘도가 뇌파에도 영향을 주어 읽기속도가 느려지게 한 것을 알 수 있었다. 본 실험에 사용된 책의 조건도 하얀색 바탕에 검은색 글자를 사용하였기 때문에 휘도가 없는 종지와 달리 휘도가 높은 태블릿 PC의 e-book이 시기능이 정상인 피검자들에게도 영향을 미친 것으로 생각된다. E-book 전용인 e-reader를 이용한 실험에서는 e-reader와 종이를 사용한 읽기속도에서 차이가 없다는 보고^[17,23]도 있지만 이는 전자잉크를 이용한 방식으로 태블릿 PC와 달리 흑백으로 된 화면으로 이루어져 있어 차이가 있는 것으로 사료된다.

종이책의 경우 전반부에 비해 후반부의 읽기속도가 느려지는 경향을 보였고 e-book 독서 시에는 전반부와 후반부의 읽기속도에 차이가 없이 비슷한 속도로 읽는 것으로 나타났다. Zambarbieri 등^[18]의 연구에서는 태블릿 PC, e-reader 그리고 종이책 독서 시 눈의 움직임이 비슷하다고 하였기 때문에 눈의 움직임에 변화가 온 것은 아니라고 생각된다. 하지만 종이책의 전반부 읽기속도가 빠른 이유는 독서를 시작할 때 e-book에 비해 종이를 이용한 독서가 상대적으로 화면에 의한 자극이 적기 때문에 빠른 속도로 읽기 시작했다가 후반부로 갈수록 원래 눈의 움직임 상태로 독서를 하게 된 것으로 생각된다.

2. 근거리 작업 유발 자각증상

종이책과 e-book을 이용한 독서 전후에서의 근거리 작업으로 인한 자각증상의 변화를 알아보았다. 평소 근거리 작업시에 느끼는 자각증상의 총점은 9.00±4.82점이었고, 종이책 독서 후에는 9.87±5.49점, e-book 독서 후에는 10.53±5.38점이었다(Fig. 4). 종이책 독서 후에는 독서 전에 비해 통계적으로 유의한 변화는 아니었으나 e-book 독서 후에는 유의확률 0.028로 통계적으로 유의하게 자각증상이 증가하는 것으로 나타나 종이책에 비해 e-book으로

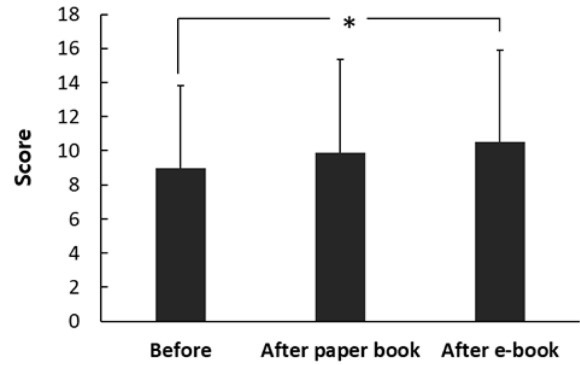


Fig. 4. Total subjective symptoms score related to near work after reading a paper book and an e-book.

인한 근거리 작업 유발 자각증상의 변화가 큰 것으로 나타났다(Fig. 4).

평소 근거리 작업 시에 느끼는 자각증상 각각에 대한 평가에서, 졸림이 약 2.20점으로 가장 높게 나타났고 피곤함이 약 1.90점으로 두 번째로 높았다. 또한, 졸림과 피곤함 증상이 2점(가끔 있음) 이상인 피검자가 각각 70.0%, 73.3%로 나타나 평소의 근거리 작업 시 졸리거나 피곤함을 잘 느끼는 경우가 많은 것으로 나타났다(Fig. 5, Table 1).

종이책 독서 후에는 대부분의 증상 항목에서 증상이 증가하는 것으로 나타났지만 통계적으로 유의한 변화는 아니었다(Fig. 5). 하지만 자각증상이 2점 이상인 항목에 불편함이 50.0%로 포함되어 종이책 독서 후에는 절반 이상이 졸림, 피곤함, 불편함의 증상을 느끼는 것을 알 수 있었다(Fig. 5). E-book 독서 후에는 피곤함, 불편함, 두통, 졸림, 통증, 작열감, 눈림, 복시 모든 항목에서 자각증상이 증가하는 것으로 나타났고 그 중 피곤함이 근거리 작업 전에 비해 통계적으로 유의하게 증가하는 것으로 나타났다(Fig. 5). 설문 점수가 2점 이상인 항목 중 졸림과 피곤함을 느끼는 피검자 수가 각각 76.7%, 83.3%였고 불편함은 피검자 중 46.7%가 가끔 혹은 자주 증상을 느끼는 것으로 나타났다(Table 1). 종이책 독서 후와 e-book 독서 후의 자각증상 비교에서도 피곤함은 통계적으로 유의하게

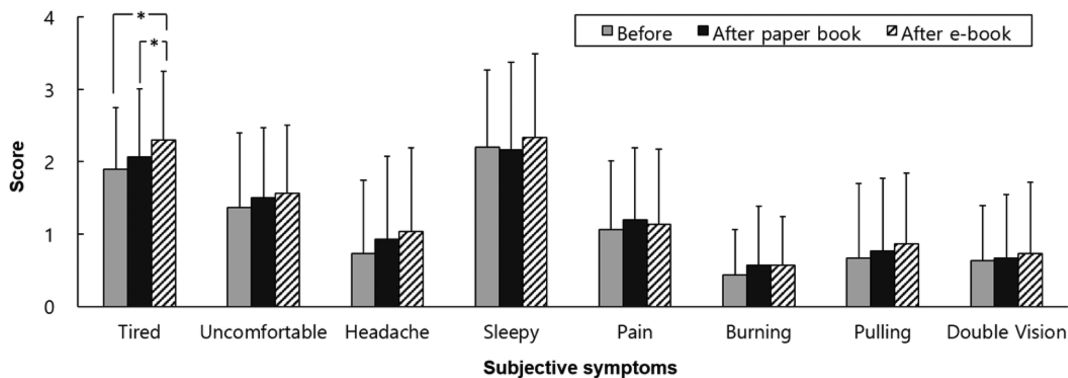


Fig. 5. The score of each subjective symptom related to near work after reading a paper book and an e-book.

Table 1. Distribution of each subjective symptom score related to near work

Score	Subjective symptoms (%)								
	Tired	Uncomfortable	Headache	Sleepy	Pain	Burning	Pulling	Double vision	
Before	0	2 (6.7)	6 (20.0)	16 (53.3)	1 (3.3)	10 (33.3)	19 (63.3)	19 (63.3)	16 (53.3)
	1	6 (20.0)	13 (43.3)	9 (30.0)	8 (26.7)	10 (33.3)	9 (30.0)	5 (16.7)	9 (30.0)
	2	15 (50.0)	5 (16.7)	3 (10.0)	8 (26.7)	8 (26.7)	2 (6.7)	3 (10.0)	5 (16.7)
	3	7 (23.3)	6 (20.0)	1 (3.3)	10 (33.3)	2 (6.7)	0 (0.0)	3 (10.0)	0 (0.0)
	4	0 (0.00)	0 (0.0)	1 (3.3)	3 (10.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
	Total	30	30	30	30	30	30	30	30
Paper book	0	2 (6.7)	5 (16.7)	15 (50.0)	3 (10.0)	9 (30.0)	18 (60.0)	17 (56.7)	16 (53.3)
	1	5 (16.7)	10 (33.3)	6 (20.0)	6 (20.0)	9 (30.0)	8 (26.7)	5 (16.7)	10 (33.3)
	2	13 (43.3)	10 (33.3)	6 (20.0)	8 (26.7)	9 (30.0)	3 (10.0)	6 (20.0)	2 (6.7)
	3	9 (30.0)	5 (16.7)	2 (6.7)	9 (30.0)	3 (10.0)	1 (3.3)	2 (6.7)	2 (6.7)
	4	1 (3.3)	0 (0.0)	1 (3.3)	4 (13.3)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
	Total	30	30	30	30	30	30	30	30
E-book	0	2 (6.7)	3 (10.0)	13 (43.3)	2 (6.7)	10 (33.3)	16 (53.3)	14 (46.7)	16 (53.3)
	1	3 (10.0)	13 (43.3)	8 (26.7)	5 (16.7)	10 (33.3)	11 (36.7)	8 (26.7)	9 (30.0)
	2	10 (33.3)	8 (26.7)	5 (16.7)	9 (30.0)	6 (20.0)	3 (10.0)	6 (20.0)	2 (6.7)
	3	14 (46.7)	6 (20.0)	3 (10.0)	9 (30.0)	4 (13.3)	0 (0.0)	2 (6.7)	3 (10.0)
	4	1 (3.3)	0 (0.0)	1 (3.3)	5 (16.7)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
	Total	30	30	30	30	30	30	30	30

Table 2. Distribution of changes in subjective symptoms score related to near work after reading a paper book and an e-book

Score change	Subjective symptoms (%)								
	Tired	Uncomfortable	Headache	Sleepy	Pain	Burning	Pulling	Double vision	
Paper book	No change	17 (56.7)	19 (63.3)	18 (60.0)	11 (36.7)	17 (56.7)	23 (76.7)	21 (70.0)	24 (80.0)
	Increase	9 (30.0)	7 (23.3)	8 (26.7)	11 (36.7)	8 (26.7)	5 (16.7)	6 (20.0)	3 (10.0)
	Decrease	4 (13.3)	4 (13.3)	4 (13.3)	8 (26.7)	5 (16.7)	2 (6.7)	3 (10.0)	3 (10.0)
	Total	30	30	30	30	30	30	30	30
E-book	No change	16 (53.3)	17 (56.7)	16 (53.3)	13 (43.3)	20 (66.7)	18 (60.0)	19 (63.3)	24 (80.0)
	Increase	12 (40.0)	9 (30.0)	10 (33.3)	12 (40.0)	6 (20.0)	7 (23.3)	8 (26.7)	4 (13.3)
	Decrease	2 (6.7)	4 (13.3)	4 (13.3)	5 (16.7)	4 (13.3)	5 (16.7)	3 (10.0)	2 (6.7)
	Total	30	30	30	30	30	30	30	30

e-book으로 독서를 할 때 점수가 높은 것으로 나타나 종이책에 비해 e-book 독서 후에 피곤함이 더 증가하는 것을 알 수 있었다(Fig. 5).

자각증상의 정도는 개인에 따라 차이가 있으므로 자각증상에 대한 정확한 평가를 위해서는 개인별 분석이 필요하기 때문에 실험 전과 비교한 각 자각증상 변화값이 증가한 경우, 변화 없는 경우, 감소한 경우로 나누어 분석하였다. 종이책이나 e-book 독서 후에 졸림을 제외한 나머지 모든 자각증상에서 변화 없는 피검자가 50% 이상으로 가

장 많이 분포하였으며, 복시 항목의 경우 80.0%의 피검자가 종이책과 e-book 독서 후 자각증상의 변화가 가장 적은 항목으로 나타나(Table 2), 근거리 작업으로 인한 자각증상 변화 정도가 증상별로 다름을 알 수 있었다. 그러나 종이책이나 e-book을 독서한 후와 자각증상 항목에 따라서 다소 다르지만 피검자의 40.0% 까지 자각증상의 증가를 느끼는 경우가 있었다. 자각증상이 감소하는 경우도 있었으나 증가하는 피검자의 수에 크게 못 미쳤다. 자각증상이 증가하는 피검자의 수를 종이책 독서 후와 e-book 독

서 후를 비교하였을 때 통증을 제외하고는 e-book 독서 후에 자각증상이 증가하는 피검자의 수가 더 많은 것으로 나타나 e-book 독서로 인해 자각증상의 증가를 느끼는 피검자가 종이책 독서에 비해 더 많음을 알 수 있었다(Table 2).

본 연구에서는 종이책과 e-book 근거리 작업으로 인해 자각증상의 차이를 분석하였다. CVS와 연관된 다수의 연구에서 장시간 컴퓨터 사용을 할 경우 시각적인 불편감이 증가한다고 보고되었다.^[9,24] Chu 등^[6]의 연구에서는 비슷한 실험조건에서 컴퓨터 화면과 종이를 이용한 근거리 작업 후에 안구 증상을 평가하였는데 컴퓨터 화면을 통해 근거리 작업을 한 후에 안구 증상이 유의하게 나빠졌고, 흐림 항목에서 유의하게 점수가 높아진 것을 확인하였다. Long 등^[25]의 연구에서도 스마트폰을 이용하여 60분간 근거리 작업 후에 실험 전에 비해 눈의 피로 증상이 유의하게 증가하였고 피곤함, 눈의 불편함, 흐림 항목이 유의하게 증가한 것으로 나타나 본 연구 결과와 비슷한 결과를 보였다. 본 연구에서는 시기능이 정상이고 회복력이 좋은 20대 성인을 대상으로 본 연구를 진행하였음에도 e-book을 독서 한 후에 실험 전에 비해 유의하게 자각증상이 증가하였다. E-book을 이용한 독서 후 자각증상이 유의하게 증가한 것은 e-book 매체인 태블릿 PC 화면과도 관련이 있을 것으로 생각되며 Na 등^[22]이 실시한 연구에서 흰색 바탕에 검은색 글씨의 조건이 가장 불편함을 느끼는 조건이었던 결과에서 이를 확인할 수 있다. 화면의 조건이 읽기와 자각증상에 영향^[26]을 주기 때문에 배경색이 하얀색인 밝은 휘도 조건에서의 실험은 자각증상이 쉽게 변화할 수 있는 조건으로 생각되며 그 외에도 e-book 독서 후에 일부 조절기능의 저하가 발생^[13]하여 자각증상에 영향을 준 것으로 사료된다.

3. 집중도 관련 자각증상

근거리 작업 유발 자각증상 평가와 함께 독서 시 집중도와 관련된 자각증상 평가를 실시하였다. 종이책은

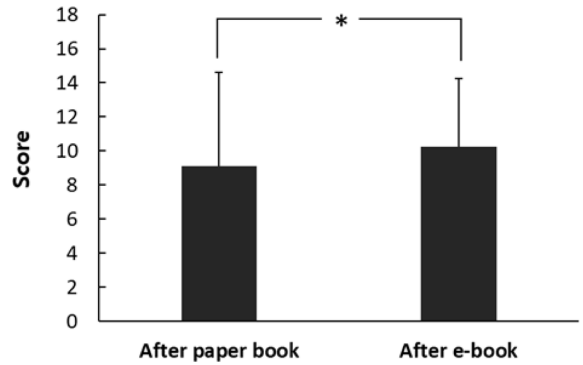


Fig. 6. Total subjective symptoms score related to concentration during reading with a paper book and an e-book.

9.10±5.44점, e-book은 10.23±5.32점으로 종이책에 비해 e-book 독서 시에 집중도와 관련된 증상이 높은 것으로 나타났고 유의확률 0.026으로 통계적으로도 유의한 차이를 나타냈다(Fig. 6). 총 7가지 항목 중 집중력이 떨어지는가, 같은 문장을 다시 읽는가, 독서를 느리게 하는가를 묻는 항목 순서로 점수가 높았고 세 항목 모두 증상이 2점 이상(가끔 있음)인 경우가 60% 이상 분포하는 것으로 나타났다(Fig. 7, Table 3). 특히 단어가 흐려 보이는지 묻는 항목의 경우 종이책에 비해 e-book의 점수가 통계적으로 유의하게 높은 것으로 나타나 읽기속도에서 e-book의 읽기속도가 종이책에 비해 느리게 나온 결과에 영향을 준 것으로 생각된다(Fig. 7).

집중도 관련 증상의 개인에 따른 변화 정도를 알아보기 위해 종이책에 비해 e-book 독서 시 집중도 관련 증상이 증가, 감소하거나 변화 없는 피검자의 수를 분석하여 보았다. 집중도 관련 증상에서 종이책과 e-book 간에 차이가 없는 피검자가 50% 이상이었고 그 중에서 단어들이 혼란스럽게 보이는 지를 묻는 항목에서 변화없음이 가장 많았다(Table 4). 종이책에 비해 e-book에서 집중력이 더 떨어지는 피검자의 수는 30.0%였으며, 단어들이 흐려지거나 초점이 흐트러지는 경우를 더 잘 느끼는 피검자는 26.7%,

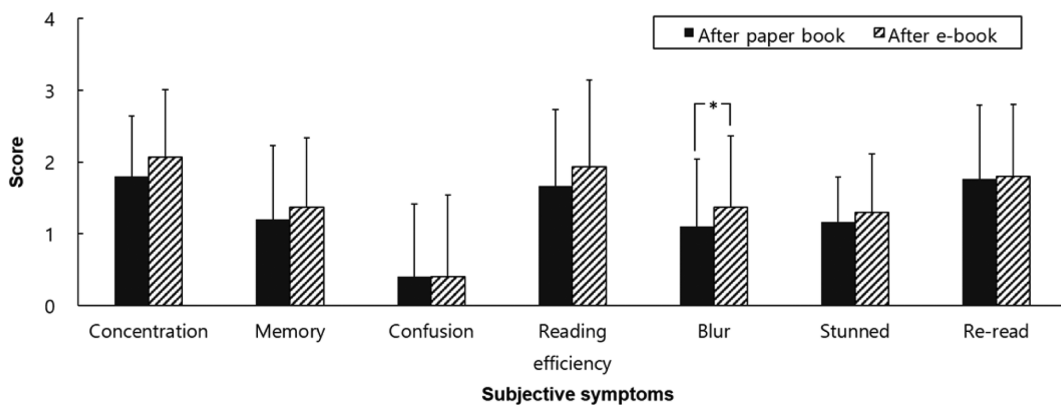


Fig. 7. The subjective symptoms score related to concentration during reading with a paper book and an e-book.

Table 3. Distribution of subjective symptoms related to concentration during reading with a paper book and an e-book

Score	Subjective symptoms (%)							
	Concentration	Memory	Confusion	Reading efficiency	Blur	Stunned	Re-read	
Paper book	0	5 (16.7)	10 (33.3)	21 (70.0)	6 (20.0)	9 (30.0)	10 (33.3)	4 (13.3)
	1	7 (23.3)	8 (26.7)	6 (20.0)	6 (20.0)	11 (36.7)	10 (33.3)	6 (20.0)
	2	8 (26.7)	8 (26.7)	3 (10.0)	10 (33.3)	8 (26.7)	5 (16.7)	13 (43.3)
	3	9 (30.0)	4 (13.3)	0 (0.0)	8 (26.7)	2 (6.7)	5 (16.7)	7 (23.3)
	4	1 (3.3)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
	Total	30	30	30	30	30	30	30
E-book	0	3 (10.0)	8 (26.7)	22 (73.3)	3 (10.0)	7 (23.3)	9 (30.0)	2 (6.7)
	1	7 (23.3)	9 (30.0)	5 (16.7)	4 (13.3)	9 (30.0)	9 (30.0)	9 (30.0)
	2	7 (23.3)	7 (23.3)	2 (6.7)	15 (50.0)	10 (33.3)	6 (20.0)	13 (43.3)
	3	11 (36.7)	6 (20.0)	1 (3.3)	8 (26.7)	4 (13.3)	6 (20.0)	5 (16.7)
	4	2 (6.7)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (3.3)
	Total	30	30	30	30	30	30	30

Table 4. Distribution of changes in subjective symptoms score related to concentration during reading with a paper book and an e-book

Score change	Subjective symptoms (%)							
	Concentration	Memory	Confusion	Reading efficiency	Blur	Stunned	Re-read	
(E-book)	No change	17 (56.7)	22 (73.3)	26 (86.7)	21 (70.0)	20 (66.7)	22 (73.3)	20 (66.7)
	Increase	9 (30.0)	6 (20.0)	2 (6.7)	7 (23.3)	8 (26.7)	5 (16.7)	4 (13.3)
(Paper book)	Decrease	4 (13.3)	2 (6.7)	2 (6.7)	2 (6.7)	2 (6.7)	3 (10.0)	6 (20.0)
Total		30	30	30	30	30	30	30

독서를 느리게 한다고 더 잘 느끼는 피검자가 23.3%, 읽는 것을 기억하는 데 문제가 있음을 더 크게 느끼는 피검자가 20.0%로 e-book으로 독서에 집중도와 관련된 증상이 더 악화되는 것으로 나타났다. 반면에 같은 문장을 다시 읽는 경우는 오히려 종이책에서 더 증가되는 피검자의 수가 더 많았다(Table 4).

E-book 독서 중에 느낀 자각증상이 종이책에 비해 유의하게 높은 것은 근업 작업 시 발생한 증상과 연관된 것으로 보인다. E-book 독서 후 피곤함과, 졸림 항목의 증상이 유의하게 증가하였고 자각증상이 연관되어 있어 독서 중 초점이 흐려지게 된 것으로 생각된다. 또한 이전 연구에서 e-book 독서 후 조절용이성이 유의하게 감소한 것으로 보아 독서 중 시선의 움직임에 따라 조절기능이 부족해져 나타난 증상인 것으로 보인다. E-book 독서 중 초점이 맞지 않아 흐려 보이는 증상이 종이책에 비해 높게 나타났고 실제 읽기속도에서도 종이책에 비해 느려진 경향을 보였기 때문에 태블릿 PC 화면 자극에 의한 시각적 변화와 읽기 능력의 연관성도 생각해 볼 수 있다.

4. 읽기속도와 자각증상

종이책과 e-book 독서 후 자각증상 점수에 따른 읽기속도 변화를 회귀분석한 결과 근거리 작업 시 느끼는 자각증상 점수에 따른 읽기속도의 변화는 종이책과 e-book 모두 독서 후 자각증상의 점수가 증가할수록 읽기속도가 느려지는 약한 양의 상관관계를 보였으나(종이책 $R = 0.290$, e-book $R = 0.253$) 통계적으로 유의한 관계는 아니었다(Fig. 8A). 반면 독서 시 느끼는 집중도 관련 증상과의 관계에서는 종이책과 e-book 모두 유의확률 0.002, 0.004로 자각증상의 점수가 증가할수록 읽기속도가 통계적으로 유의하게 느려지는 결과를 보였으며, 상관성도 더 높았다(종이책 $R = 0.537$, e-book $R = 0.513$)(Fig. 8B).

종이책과 e-book으로 독서한 후 실시한 CISS 평가지^[19]의 15가지 항목 총점을 21점을 기준으로 21점 미만을 폭주부족 증상이 없는 군으로, 21점 이상을 폭주부족 증상 군으로 분류하여 폭주기능이 자각증상과 읽기속도의 상관성에 미치는 영향을 알아보았다.^[27] 독서 후에 폭주부족 증상이 나타나지 않은 군에는 전체 실험대상 30명 중 중

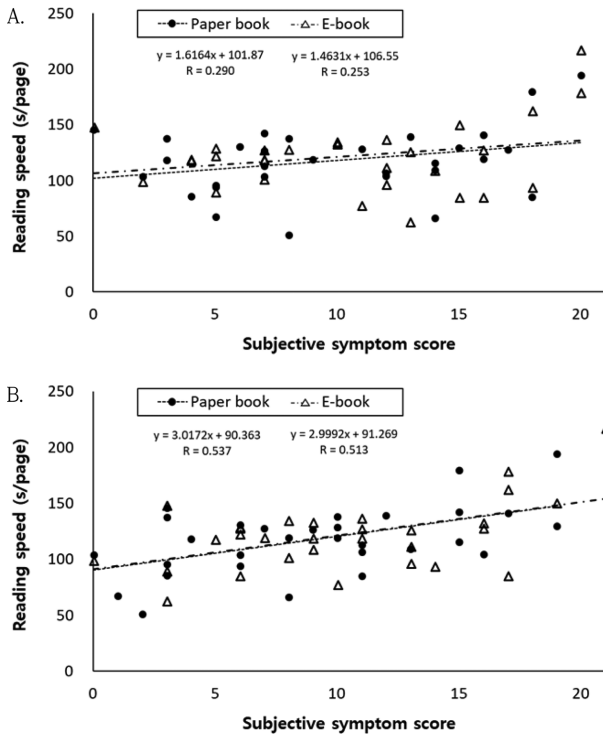


Fig. 8. Correlation of subjective symptom score and reading speed in a paper book and an e-book.
 A. Subjective symptoms related to near work
 B. Subjective symptoms related to concentration during reading

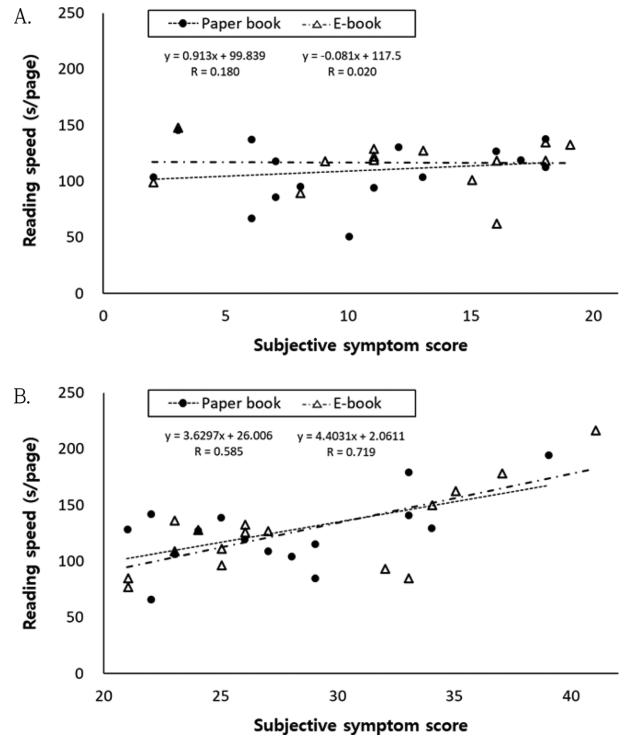


Fig. 9. Correlation of convergence insufficiency symptom score and reading speed in a paper book and an e-book.
 A. Low score group (<21)
 B. High score group (≥21)

이책의 경우는 15명, e-book의 경우는 14명이 포함되었고, 폭주부족 증상군은 종이책 15명, e-book 16명이 포함되어 분포도에 큰 차이가 없었다.

증상 평가 총점이 21점 미만인 군은 종이책과 e-book 모두 증상 점수와 읽기속도와의 상관성이 나타나지 않았고 (종이책 R = 0.180, e-book R = 0.020) 통계적으로도 유의한 차이가 나지 않는 것으로 보아 증상 점수가 읽기속도에 영향을 주지 않는 것을 알 수 있었다(Fig. 9A). 하지만 자각증상점수가 21점 이상인 폭주부족 증상군은 종이책과 e-book 모두 유의확률 0.022, 0.002로 자각증상 점수가 높을수록 읽기속도가 통계적으로 유의하게 느려졌으며, 상관성 또한 높은 것으로 나타나 자각증상이 읽기속도에 영향을 주는 것을 알 수 있었다(Fig. 9B). 종이책과 e-book 모두 자각증상이 높을수록 읽기속도가 느려졌지만 종이책의 경우 자각증상과 읽기속도의 pearson 상관계수가 0.585, e-book의 경우 0.719로 종이책에 비해 e-book의 읽기속도가 자각증상과 더 큰 상관성을 보여 독서 후 폭주부족 증상이 있는 대상의 경우 e-book 독서 시 자각증상에 의해 읽기속도가 더 큰 영향을 받는 것으로 나타났다.

실험 후에 근거리 작업과 관련된 자각증상 점수는 읽기속도와 유의한 관계가 없었으나 독서를 하는 도중에 느끼는 집중도 관련 증상 점수와의 관계는 통계적으로 유의한

상관성을 나타내었다. 이는 근거리 작업 시 느끼는 불편감보다 실제 독서 중에 느끼는 시각적 증상이 읽기속도에 더 영향을 주는 것으로 볼 수 있다. 실험 후 시각적 불편감을 평가하기 위해 사용된 CISS 평가지는 폭주부족 증상군을 분류하는 평가지이며, 본 연구에서는 시기능 정상안을 대상으로 실험을 실시하였지만 독서 후에 폭주부족 증상이 나타나는 지를 알아보기 위해 사용하였다. 본 연구에서 폭주부족 증상이 나타나는 경우가 종이책과 e-book 독서 후에 모두 발생하였다. 시기능이 정상이어도 독서 후 폭주부족 증상이 발생할 수 있으며 이런 결과는 기본적인 시기능 외의 다른 요인이 작용한 것으로 생각된다. 분석 결과 폭주부족 증상이 없는 군은 읽기속도와 관계가 없는 것으로 나타났으며 독서 매체에 의한 차이도 없었다. 하지만 폭주부족 자각증상이 생긴 군의 경우 종이책과 e-book 모두 읽기속도에 영향을 주는 것을 확인하였고, 종이책 보다 e-book의 읽기속도가 자각증상에 더 큰 영향을 받는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과는 화면의 텍스트와 배경의 대비와 휘도에 따라 읽기속도에 차이가 있다는 연구결과^[22]로 미루어 보아 화면의 조건이 자각증상 변화에 영향을 주고 읽기속도에 영향을 미치는 것으로 유추할 수 있지만 동일한 조건에서 자각증상의 변화가 적었던 사람이 있었기 때문에 개인에게 맞는 근거리 작업환경과 적절한

한 화면 조건의 차이가 있을 것으로 보인다.

결 론

본 연구에서는 시기능 정상안을 대상으로 종이책 및 태블릿 PC의 e-book을 이용하여 동일한 독서 조건에서 독서를 실시한 후 읽기 속도와 자각증상 변화를 분석하였다. 종이책이 e-book보다 읽기 속도가 빠른 것으로 나타났고 근거리작업과 관계있는 자각증상의 변화는 e-book 독서 후에 통계적으로 유의하게 증상이 커진 것으로 나타났다. 독서 중 느낀 집중도 관련 자각증상 평가에서는 종이책에 비해 e-book에서의 증상이 더 큰 것으로 나타나 종이책에 비해 e-book의 읽기속도가 느리고 집중도에 문제가 있다는 것을 알 수 있었다. 또한 독서 후 자각증상 점수가 높은 폭주부족 증상군에서는 자각증상 점수가 읽기속도에 영향을 주는 것으로 나타났다.

시기능 정상안이 30분간의 태블릿 PC를 이용하여 독서를 실시 한 후에 종이책에 비해 눈의 피로가 증가되고 읽기 속도가 저하되는 것으로 보아 태블릿 PC화면에서 나오는 빛의 자극이 읽기 효율 측면에서 악영향을 미칠 수 있다고 보여진다. 게다가 시기능의 이상이 있는 노안이나 시기능이 발달 중인 어린이들의 경우 휴대용 전자기기를 이용시간이 길어질수록 눈의 기능에 부정적인 영향을 줄 수 있을 것이라고 생각된다. 본 연구에서의 특이점은 시기능이 정상인 대상으로 실험을 실시하였으나 실험 후에 폭주 이상이 없는 군과 폭주부족 증상군으로 분류되었다는 것이다. 이를 통해 시기능이 정상이라도 개인마다 적합한 작업조건이 있을 것이라고 유추해 볼 수 있다. 따라서 태블릿 PC를 이용한 근거리 작업 시 눈의 자극을 최대한 줄일 수 있게 화면의 밝기를 조정하거나 작업 시간을 짧게 하여야 할 필요가 있을 것으로 생각되고 또한 시기능이 정상인 대상자들 간에도 자각증상 변화에 차이가 있었기 때문에 시기능 이외에 자각증상 변화에 영향을 줄 수 있는 외적인 요인에 대한 연구가 추가적으로 이루어질 필요가 있다고 사료된다.

REFERENCES

- [1] XDA Developers. Smartphone Display Technologies and Terminology Explained: OLED, LCD, Strengths & Weaknesses, 2017. <https://www.xda-developers.com/smartphone-display-terminology-explained> (27 April 2018).
- [2] Jang YS, Kim US, Baek SH, Kim YR, Gong SM. Research on ocular fatigability induced by multimedia and instrument features. *J Korean Ophthalmol Soc.* 2012;53(5): 689-693.
- [3] Rosenfield M. Computer vision syndrome (aka digital eye strain). *Optometry.* 2016;17(1):1-10.
- [4] Wang Q, Xu H, Gong R, Cai J. Investigation of visual fatigue under LED lighting based on reading task. *Optik.* 2015;126(15):1433-1438.
- [5] Park MC, Mun S. Overview of measurement methods for factors affecting the human visual system in 3D displays. *J Disp Technol.* 2015;11(11):877-888.
- [6] Chu C, Rosenfield M, Portello JK, Benzoni JA, Collier JD. A comparison of symptoms after viewing text on a computer screen and hardcopy. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2011;31(1):29-32.
- [7] Benedetto S, Draï-Zerbib V, Pedrotti M, Tissier G, Baccino T. E-readers and visual fatigue. *PLoS ONE.* 2013; 8(12):e83676.
- [8] 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 Human Behav.* 2014;41:112-119.
- [9] Rosenfield M. Computer vision syndrome: a review of ocular causes and potential treatments. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2011;31(5):502-515.
- [10] Park M, Ahn YJ, Kim SJ, You J, Park KE, Kim SR. Changes in accommodative function of young adults in their twenties following smartphone use. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2014;19(2):253-260.
- [11] Kim J, Yang DJ, Choi DY, Kim SR, Park M. Changes in heterophoria and fusional vergence after near work with smartphone and paper book. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2016;21(4):385-392.
- [12] 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.
- [13] Kim J, Um JY, Sung HN, Kim 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.
- [14] Wright P, Lickorish A. Proof-reading texts on screen and paper. *Behav Inform Technol.* 1983;2(3):227-235.
- [15] Gould JD, Grischkowsky N. Doing the same work with hard copy and with cathode-ray tube (CRT) computer terminals. *Hum Factors.* 1984;26(3):323-337.
- [16] Mills CB, Weldon LJ. Reading text from computer screens. *ACM Comput Surv.* 1987;19(4):329-357.
- [17] Siegenthaler E, Wurtz P, Bergamin P, Groner R. Comparing reading processes on e-ink displays and print. *Displays.* 2011;32(5):268-273.
- [18] Zambardi D, Carniglia E. Eye movement analysis of reading from computer displays, eReaders and printed books. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2012;32(5):390-396.
- [19] Rouse MW, Borsting EJ, Mitchell GL, Scheiman M, Cotter SA, Cooper J et al. Validity and reliability of the revised

- convergence insufficiency symptom survey in adults. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2004;24(5):384-390.
- [20] 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.
- [21] Belmore SM. Reading computer-presented text. *Bull Psychon Soc.* 1985;23(1):12-14.
- [22] Na N, Suk HJ. Adaptive luminance contrast for enhancing reading performance and visual comfort on smartphone displays. *Opt Eng.* 2014;53(11):113102.
- [23] Hue JE, Rosenfield M, Saá G. Reading from electronic devices versus hardcopy text. *Work.* 2014;47(3):303-307.
- [24] Blehm C, Vishnu S, Khattak A, Mitra S, Yee RW. Computer vision syndrome: a review. *Surv Ophthalmol.* 2005; 50(3):253-262.
- [25] Long J, Cheung R, Duong S, Paynter R, Asper L. Viewing distance and eyestrain symptoms with prolonged viewing of smartphones. *Clin Exp Optom.* 2017;100(2):133-137.
- [26] Inoue Y, Akitsuki Y. The optimal illuminance for reading: effects of age and visual acuity on legibility and brightness. *J Light Vis Environ.* 1998;22(1):23-33.
- [27] Lee S, Park WB, Kwon MJ, Lee H, Eom JH, Mah KC. Validity of the convergence insufficiency symptom survey in adults. *Korean J Vis Sci.* 2010;12(3):181-190.

종이책과 태블릿 PC를 이용한 e-book 읽기 후 자각증상과 읽기속도의 상관성

김지혜, 송성환, 김정민, 김소라, 박미정*

서울과학기술대학교 안경광학과, 서울 01811

투고일(2018년 5월 9일), 수정일(2018년 6월 1일), 게재확정일(2018년 6월 7일)

목적: 본 연구에서는 독서 후 자각증상 변화와 읽기속도의 상관성이 종이책 및 e-book에서 달라지는 지를 알아보고자 하였다. **방법:** 시기능과 교정시력이 정상인 18~29세(평균 23.4±3.2세) 30명을 대상으로 하였다. 종이책과 태블릿 PC를 이용한 e-book의 실험 조건이 모두 동일한 상태에서 30분간 독서를 실시하였다. CISS(convergence insufficiency symptom survey) 평가지를 이용하여 자각증상을 평가하였고 읽은 페이지 수와 장당 읽기속도를 측정하였다. **결과:** 종이책의 읽은 페이지수가 e-book에 비해 통계적으로 유의하게 많은 것으로 나타났다. E-book 독서 후 근거리 작업 유발 자각증상 총점이 증가하였고 개별 자각증상 중 피곤함에서 유의한 증가를 보였다. 독서시의 집중도와 관련된 자각증상 점수에서도 종이책에 비해 e-book의 자각증상이 유의하게 높았다. 독서와 관련된 자각증상 점수가 증가할수록 읽기속도가 느려지는 상관성을 보였다. 독서 후 폭주부족 자각증상을 나타낸 대상자의 경우 종이책과 e-book 모두 자각증상이 읽기속도에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 특히 종이책에 비해 e-book 독서 후 자각증상과 읽기속도가 상대적으로 높은 상관성을 보여 e-book으로 인한 자각증상이 읽기속도에 더 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. **결론:** E-book을 이용한 독서는 종이책과는 다른 정도의 자각증상 및 읽기속도 변화를 유발하며, 개인에 따라 다르게 나타나는 자각증상 및 읽기속도의 상관성은 독서로 인해 유발되는 폭주기능 저하 여부와 관련이 있음을 제안한다.

주제어: 종이책, 태블릿 PC, e-book, CISS, 자각증상, 읽기속도

Appendix

설문지

이름 :

학번 :

생년월일 :

● 전형적인 폭주 기능부전 증상 조사

본 설문조사는 스마트폰(갤럭시탭)등 근거리작업을 하였을 때 자각증상을 알기위한 설문입니다. 다음 문항을 읽어 보시고 귀하의 상황에 일치하는 문항에 (V)를 해주시기 바랍니다. 본 설문은 저희 학술적인 용도 외에는 절대 사용하지 않을 것이며 작성해 주신 모든 정보의 익명성을 보장합니다.

※ 임상적 설명 : 뒤에 있는 문제 설명들과 각각의 정확히 쓰여진 목록들을 읽으세요. 만약 문제에서 “그렇다” 라고 대답했다면, 선택 빈도에 따라 선택해 주세요. 부연설명은 드리지 않습니다.

※ 문제 설명 : 아래에 나오는 질문들에 대해서 당신이 읽기속도하거나 근거리 작업을 하고 있을 때, 눈에 어떠한 느낌이 있는지 대답해주십시오.

● 실험 전

		전혀 없음	거의 없음	가끔 있음	자주 있음	항상 있음
1	독서를 하거나 근거리 작업시, 눈이 피곤함을 느끼는가?					
2	눈이 불편함을 느끼는가?					
3	머리가 아픔을 느끼는가?					
4	졸린 것을 느끼는가?					
5	눈이 아픈가?					
6	눈에 타오르는 통증을 느끼는가?					
7	당신의 두 눈 주위를 누르는 듯 한 느낌을 받는가?					
8	복시가 나타나는가?					

● 실험 후

		전혀 없음	거의 없음	가끔 있음	자주 있음	항상 있음
1	독서를 하거나 근거리 작업시, 눈이 피곤함을 느끼는가?					
2	눈이 불편함을 느끼는가?					
3	머리가 아픔을 느끼는가?					
4	졸린 것을 느끼는가?					
5	눈이 아픈가?					
6	눈에 타오르는 통증을 느끼는가?					
7	당신의 두 눈 주위를 누르는 듯 한 느낌을 받는가?					
8	복시가 나타나는가?					
9	집중력이 떨어지는가?					
10	당신이 읽은 것을 기억하는 것에 문제가 있는가?					
11	단어들이 움직이거나 뛰어다니거나, 헤엄치거나 또는 종이 위를 떠다니는 현상을 띄는가?					
12	독서를 느리게 한다고 느끼는가?					
13	단어들이 흐려지거나 초점이 흐트러지는 것을 알아차리는가?					
14	당신의 정신을 놓는가?					
15	같은 문장을 다시 읽어야 하는가?					
		_ ×0	_ ×1	_ ×2	_ ×3	_ ×4
	총계					