



Changes in Accommodative Function after Reading with Paper Book and E-book on Tablet PC

Jihye Kim, Ji Yeon Um, Ha Na Sung, So Ra Kim, and Mijung Park*

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

(Received May 8, 2017; Revised May 29, 2017; Accepted June 8, 2017)

Purpose: The present study aimed to investigate the changes in accommodative function according to media type during near work. **Methods:** A total of thirty normal subjects aged 18~29 years (mean 23.4±3.2 years) with normal visual correction were included in this study. The subjects were asked to read a paper book and e-book on tablet PC for 30 minutes in the identical experimental condition such as illumination of the laboratory, working distance, paper size, letter spacing and font size. The accommodative amplitude, accommodative facility, accommodative lag, NRA (negative relative accommodation) and PRA (positive relative accommodation) were measured before and after reading. **Results:** The accommodative amplitude didn't show any difference between paper book and e-book in dominant and binocular eye. Decrease of accommodative amplitude by reading e-book was larger than the paper book reading in non-dominant eye. The binocular accommodative facility was significantly decreased after e-book reading. The accommodative lag was not significantly changed regardless of the media type during reading. The NRA showed similar changing pattern between paper book and e-book. However, the decrease of PRA by e-book reading was slightly larger than paper book reading. **Conclusions:** Some difference in accommodative function was induced by near work using a tablet PC compared to paper book and its difference was confirmed to be varied depending on individual.

Key words: Paper book, E-book, Reading, Dominant eye, Non-dominant eye, Accommodative amplitude, Accommodative facility, Accommodative lag, Relative accommodation

서 론

태블릿 PC란 PDA(personal digital assistant)의 휴대성과 노트북의 기능을 합쳐 놓은 제품으로 손가락이나 전자펜을 이용하여 LCD(liquid crystal display) 화면을 터치하는 방식을 주 입력 방식으로 하여 프로그램을 실행할 수 있다.^[1] 태블릿 PC의 e-book 기능은 디지털 파일로 된 많은 양의 문서나 책을 공간의 제약 없이 읽을 수 있으며 손상 위험이 적고 내용을 쉽게 수정할 수 있다는 장점이 있다.^[2] 한국 IDC(international data corporation)에서 2017년 발표한 연구결과에 따르면 교육용 이외에도 기업용으로도 꾸준히 태블릿 PC의 사용량이 증가하고 있다고 보고되었다.^[3]

개인 소장용, 업무용, 교육용 등 태블릿 PC의 용도가 다양하게 증가하고 있지만^[4] 태블릿 PC는 종이와 달리 빛이 발산하는 화면을 보면서 근거리 작업이 이루어지기 때문에 기기로부터 나오는 전자기파, 화면의 높은 휘도, 작업 기기의 깜박거림을 비롯하여 작업거리, 작업자세, 조도 등과 같은 작업환경에 의해서 유발되는 VDT(visual display

terminal) 증후군 혹은 CVS(computer vision syndrome) 증상으로 분류되는 부작용을 무시할 수 없다.^[5,6] E-reader가 종이에 비해 눈의 피로와 이물감을 유발시키고^[7,8] 디스플레이의 휘도에 따라 눈의 피로와 눈의 움직임, 깜박임 같은 눈의 상태에 영향을 준다는 연구결과를 Benedetto 등^[9]이 발표한 바 있다. 하 등^[10]은 비발광체의 시각매체보다 발광체의 시각매체가 눈의 조절시스템에 영향을 더 준다고 하였다. 스마트폰을 이용한 근거리 작업 후에 조절기능, 폭주근점, 사위도, 융합버전스 같은 시기능의 변화가 생겼다는 연구결과^[11-13]도 보고된 바 있어 스마트폰에 비해 상대적으로 화면의 크기가 큰 태블릿 PC를 이용한 근거리 작업이 시기능에 미치는 영향은 스마트폰보다 적지 않을 것이라는 것을 예상해 볼 수 있다. 태블릿 PC와 같은 휴대용 전자기기를 이용한 근거리 작업이 작업매체로서의 기능적인 편리함보다 시기능의 변화로 인한 눈의 기능적인 불편함의 발생이 종이책에 비해 더 크다면 장기적으로 사용하였을 때 큰 단점으로 작용하게 될 것이다. 또한 통계적으로 유의한 차이는 아니었지만 종이책을 이용한 독

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

서 시간보다 e-book 독서시간이 더 길어진다고 보고된 바도 있어^[4,14,15] 스마트 기기를 사용하여 발생하게 되는 시기능 변화에 대한 다양한 연구가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 정상적인 시기능을 가진 젊은 성인들을 대상으로 종이책과 e-book을 통한 독서 후의 조절기능의 변화를 분석하여 읽기 매체의 종류가 조절기능 변화에 미치는 영향을 알아보려고 하였다.

대상 및 방법

1. 연구대상 및 실험조건

만 18~29세(평균 23.4±3.2세) 대학생 지원자를 대상으로 교정시력이 정상이며 안질환이나 안과적 수술을 하지 않은 총 132명의 양안시기능을 평가하였다. 검사항목은 조절근점, 폭주근점, 조절래그, 양성상대조절(positive relative accommodation, PRA), 음성상대조절(negative relative accommodation, NRA), 융합버전스, 근거리 및 원거리 사위검사, 조절대비 조절성폭주비(accommodative convergence/accommodation ratio, AC/A비), 조절용이성 검사였다. 모든 검사항목은 Morgan의 기대값을 기준으로 평가하였다.^[16] 시기능 검사를 통해 시기능 이상이 없는 정상안으로 분류된 87명 중 본 실험에 동의한 30명을 대상으로 본 연구를 진행하였다.

피검자에게 무작위 순서로 종이책과 태블릿 PC 이용한 e-book 읽기작업을 30분간 실시하였고 읽기작업 직후에 조절기능 검사를 실시하였다. 이후 30분간의 휴식을 취하고 반복하여 실험을 실시하였다. 종이책과 e-book을 이용한 읽기 작업 시 동일한 가독성을 유지시키기 위해 실제 종이책과 e-book의 크기, 서체, 자간, 행간, 띄어쓰기, 글자색 등이 동일하게 되도록 하였다. 종이책의 글자 크기는 7포인트, 글자체는 Arial, 여백은 좌우 10 mm, 위 5 mm, 아래 10 mm로 하였으며 행간은 141%, 자간은 -5%, 책 페이지의 넓이는 11.9 cm로 하였다. E-book은 글자 크기는 10포인트, 행간은 150%로 하였고 PDF(portable document format)파일로 변환하여 화면크기에 맞게 66%로 설정하였다. 읽기 작업 시 움직임이 최소화 되도록 주의를 주었고 작업거리는 40 cm, 실내조도는 390~470 lx사 이로 유지하였다.

책과 e-Book의 내용은 ‘공중그네’라는 책으로 선정하였으며 e-book으로 사용된 제품은 Galaxy tab 10.1(SHW-M480W)을 사용하였고 이 제품의 해상도는 1280×800이며 휘도는 자동밝기 시 158 nit로 Duta color사의 spyder4 Elite 장비로 측정하였다.

조절기능은 최대조절력, 조절용이성, 조절래그, 음성 및 양성상대조절을 측정하였으며 모든 검사는 실험 전 예비검사

를 통하여 3회 측정하였고 책과 e-book을 통한 독서 전, 후로 나누어 각각 3회씩 측정하여 평균값으로 기록하였다.

2. 조절기능 측정

1) 최대조절력

원용고정안경을 착용한 상태에서 push-up 방법을 사용하여 측정한 조절근점의 위치를 디오퍼터로 환산하여 최대조절력을 측정하였다. 근거리(40 cm) 0.7 시표를 주시하게 한 상태에서 단안과 양안을 모두 측정하였고 단안은 우위안과 비우위안으로 나누어 측정하였다.

2) 조절용이성

실험자로부터 40 cm 거리에서 0.7 시표를 눈의 수평선상에 위치시키고 주시하게 한 후 ±2.00 D의 복수반전 시힘테를 이용하여 1분 동안 cycle 횟수를 측정하였다. 최초 +2.00 D 렌즈부터 시작하여 시표가 선명해지면 -2.00 D 렌즈로 반전시킨 후 다시 +2.00 D로 반전시킨 경우를 1 cycle로 하였다. 단안과 양안을 각각 측정하여 조절변화에 대응하는 능력을 측정하였다.

3) 상대조절력

포토퍼(AV-9000, Pichina, 대한민국)에 근거리 PD를 설정하고 40 cm 거리에 근거리시표 0.7 시표를 주시하게 하였다. 음성상대조절 측정을 위해 (+) 구면렌즈를 0.25 D씩 부가하여 집중해서 시표를 봐도 흐려 보이는 시점의 구면렌즈의 도수를 측정하였다. 양성상대조절 측정을 위해 같은 방법으로 (-) 구면렌즈를 부가해 측정하였다.

4) 조절래그

조절래그는 양안크로스실린더검사 방법을 이용하여 측정하였다. 포토퍼에 근거리 PD를 맞추고 40 cm 거리에 근거리 십자시표를 주시하게 한 후 크로스실린더 ±0.50 D를 부가하여 십자시표의 수직이 진해보일 경우 -0.25 D씩, 수평이 진해보일 경우 +0.25 D 씩 부가하여 수평과 수직의 진하기가 비슷해 보이는 지점의 굴절력을 측정하였다.

3. 통계 처리

종이책과 e-book, 실험 전후, 우위안과 비우위안의 비교는 SPSS Statistics 18.0을 사용하여 대응표본검정(paired t-test)을 통해 95%의 신뢰 수준에서 유의성을 판정하였다.

결과 및 고찰

1. 최대조절력 변화

실험 전 우위안과 비우위안의 평균 최대조절력은

12.92±3.19 D, 12.56±2.72 D 이었고, 우위안과 비우위안의 최대조절력은 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다(Table 1). 종이책 독서 후에는 우위안의 경우 평균 12.72±2.87 D로 약 0.20 D 감소하였고 비우위안의 경우 평균 12.77±3.00 D로 약 0.19 D 증가하여 우위안과 비우위안에서 다른 변화 양상을 보였으나 이는 통계적으로 유의한 변화는 아니었다(Table 1). 마찬가지로 실험 전 양안의 평균 최대조절력도 14.70±4.18 D에서 종이책 독서 후 14.50±4.46 D로 약 0.20 D 감소한 것으로 나타났으나 통계적으로 유의한 변화는 아닌 것으로 나타나 종이책 독서 후에는 단안과 양안 모두 최대조절력의 변화가 없는 것으로 나타났다(Table 1). E-book을 통한 독서 후 우위안의 평균 최대조절력은 12.84±3.78 D로 거의 변화가 없었으며, 비우위안의 평균 최대조절력은 12.87±3.37 D로 실험 전에 비해 약 0.31 D 증가하였고 양안의 경우도 평균 14.92±5.15 D로 실험 전에 비해 약 +0.22 D 증가하는 경향을 보였지만 모두 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않아 종이책과 e-book을 이용한 독서 후 최대조절력의 변화는 없는 것으로 나타났다(Table 1).

실험 전과 후의 최대조절력 변화가 -0.50~+0.50 D인 경우를 변화없음으로 분류하였고 증감 폭에 대한 실험대상 안별 분포율을 분석하였다. 종이책을 이용한 독서 후 우위안의 최대조절력이 변화 없는 경우는 27%, 증가는 43%, 감소는 30%으로 나타났다. 비우위안은 변화 없음 7%, 증가 47%, 감소 47%이었다. 양안의 최대조절력 변화의 경우 변화 없음 20%, 증가 50%, 감소 30%이었다. E-book을 이용한 독서 후에는 우위안의 최대조절력이 변화 없는 경우가 17%, 증가 37%, 감소 47%이었다고, 비우위안의 경우 변화없음 23%, 증가 27%, 감소 50%이었다. 양안의 최대조절력이 변화 없는 경우는 23%, 증가 37%, 감소 40%으

로 종이책과 마찬가지로 최대조절력이 증가 혹은 감소한 경우가 변화 없음에 비해 많이 나타났다. E-book을 이용한 읽기작업에서 최대조절력이 감소하는 대상안 수가 다소 많은 것으로 나타났다.

독서 후 최대조절력의 변화를 2 D 간격으로 나누어 세분화하여 분석한 결과 종이책 독서 후 우위안에서는 $-2.50 \leq D < -0.50$ 범위의 감소가 27%으로 가장 많이 분포하였고, $-4.50 \leq D < -2.50$ 범위의 감소도 13%였다(Fig. 1A). E-book 독서 후에는 $+0.50 < D \leq +2.50$ 범위의 증가가 37%로 가장 많았고 4.50 D 이상의 변화가 나타난 경우가 종이책 독서시보다 더 많았다(Fig. 1B). 비우위안의 경우는 종이책 독서 후 가장 낮은 감소범위인 $-2.50 \leq D < -0.50$ 범위에서의 감소가 33%으로 가장 많았으며, $D < -4.50$ 범위의 감소는 없었다(Fig. 1A). 비우위안에서 최대조절력이 증가하는 경우는 $+0.50 < D \leq +2.50$ 뿐만 아니라 $+2.50 < D \leq +4.50$ 범위에서도 20%로 분포하여 증가하는 경우에 변화폭이 더 큰 것으로 나타났다. E-book 독서 후에도 비우위안의 경우는 $+0.50 < D \leq +2.50$ 범위의 증가가 33%으로 가장 많았으며, 최대조절력이 감소한 경우는 $-0.50 \leq D < -2.50$, $-2.50 \leq D < -4.50$, $D < -4.50$ 에서 고르게 분포하여 감소한 경우의 변화 폭이 더 큰 것으로 나타났다(Fig. 1B). 양안의 경우는 종이책 독서 후 최대조절력이 $+0.50 < D \leq +2.50$ 증가한 경우가 40%로 가장 많았으며, $+4.50$ D 이상 증가한 경우는 없었다. 양안 최대조절력이 감소한 경우는 $-2.50 \leq D < -0.50$ 범위에서 17%로 가장 많았다(Fig. 1A). E-book 독서 후에는 양안의 최대조절력이 $+0.50 < D \leq +2.50$ 범위로 증가한 경우가 20%, $-2.50 \leq D < -0.50$ 범위로 감소한 경우가 20%로 가장 많았으며 $+4.50$ D 이상의 증가폭을 보이는 경우도 있었다(Fig. 1B).

정상안을 대상으로 종이책과 e-book을 이용해 30분간

Table 1. The change of accommodative function after reading with paper book and e-book

Accommodative function		Before	After paper book	After e-book
Accommodative amplitude(D)	D	12.92±3.19	12.72±2.87	12.84±3.78
	ND	12.56±2.72	12.77±3.00	12.87±3.37
	OU	14.70±4.25	14.50±4.53	14.92±5.24
Accommodative facility(cpm)	D	13.63±4.16	14.20±3.90	13.53±4.72
	ND	13.73±4.70	13.23±4.90	14.00±4.73
	OU	14.13±3.85*	13.47±3.97	12.63±3.48*
Accommodative lag(D)		0.06±0.80	-0.10±0.83	-0.05±0.95
Negative relative accommodation(D)		2.48±0.57	2.47±0.62	2.56±0.65
Positive relative accommodation(D)		-3.20±1.87	-3.44±1.80	-3.27±1.86

Values are expressed as Mean±SD.

D: Dominant eye, ND: Non-dominant eye

*, Significantly different from before and after e-book value compared by paired t-test, $p < 0.05$.

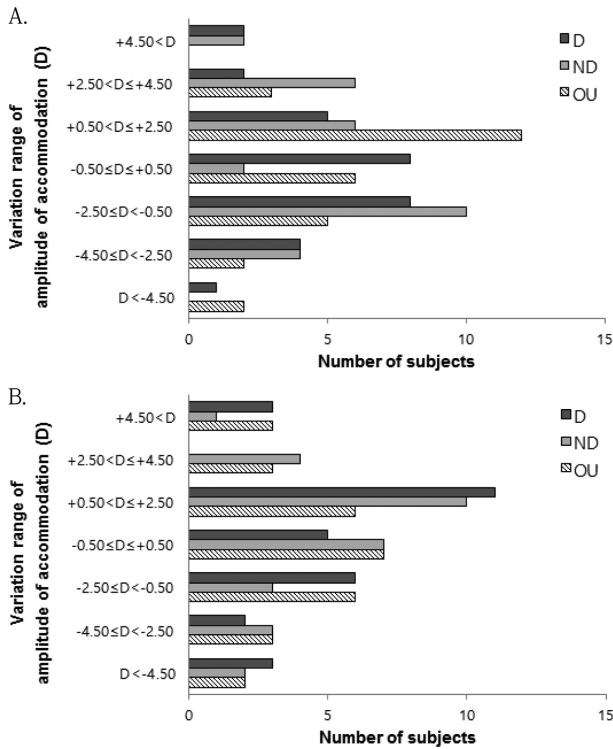


Fig. 1. The variation of accommodative amplitude after reading with paper book and e-book.
 A. Paper book, B. E-book
 D: Dominant eye, ND: Non-dominant eye

독서작업을 실시한 후 최대조절력의 평균값 변화를 분석한 결과 실험전의 최대조절력에 비해 실험 후 통계적으로 유의한 최대조절력의 변화는 없는 것으로 나타났다. Momeni-Moghaddam 등^[17]의 연구에서 우위안과 비우위안의 최대조절력을 비교한 결과 우위안의 최대조절력이 비우위안의 최대조절력에 비해 통계적으로 유의하게 높았던 것과 달리 본 연구에서는 실험 전의 우위안과 비우위안의 최대조절력 차이는 나타나지 않았다. 그러나 개인별 변화량을 분석해 보았을 때 최대조절력의 변화가 없는 경우보다 증가 혹은 감소한 경우가 더 많은 것으로 나타나 종이책 및 e-book 독서로 인해 최대조절력의 변화가 유발되는 것으로 나타났다. 최대조절력이 증가 혹은 감소한 범위별로 분포도를 분석하였을 때 우위안과 양안에서 최대조절력이 증가한 경우는 +0.50 < D ≤ +2.50 범위에서, 감소한 경우는 -2.50 ≤ D < -0.50 범위에서 가장 많이 분포하는 것으로 나타나 읽기 매체의 종류에 관계없이 30분간의 독서작업 후에 최대조절력이 2.50 D 이내의 변화를 유발하는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 비우위안의 경우 종이책 독서 후에 최대조절력이 증가한 경우는 감소한 경우보다 변화폭이 더 컸고 e-book 독서 후에는 감소한 경우의 변화폭이 더 큰 것으로 나타나 종이책과 e-book 독서 후 비우위안의 최대조절력 변화 양상에서 차이를 보였다. Tsuneyoshi 등^[18]

의 연구에서 단안 상태에서보다 양안상태에서 측정된 비우위안의 등가구면굴절력이 원시화되어 측정되었고 이는 양안상태에서 비우위안이 단안 상태일 때에 비해 조절을 적게 하기 때문에 나타난 결과라고 하였다. 비우위안에서 단 종이책과 e-book에서 변화 양상의 차이를 보인 이유는 우위안에 비해 상대적으로 적은 조절을 하는 비우위안이 근거리 작업으로 인한 조절자극이 지속되었을 때 우위안에 비해 조절변화량의 변화가 커진 것으로 생각된다. 종이책의 경우 작업 거리에 의한 자극만 주어진 환경에서 근거리 작업을 지속하여 일시적인 조절력의 향상을 더 많이 유발할 수 있는 반면에 e-book의 경우 종이책과 달리 근거리 작업 시 화면의 휘도에 의한 자극이 더해져 눈의 피로가 유발되어^[12] 종이책에 비해 최대조절력이 일시적으로 감소한 것이라 사료된다.

2. 조절용이성 변화

독서 전 우위안의 평균 조절용이성은 13.63±4.16 cpm이었고, 비우위안의 조절용이성은 13.73±4.70 cpm으로 우위안과 비우위안의 조절용이성은 통계적으로 유의한 차이가 없었다(Table 1). 우위안의 경우 종이책 독서 후 조절용이성이 14.20±3.90 cpm으로 약 0.57 cpm 증가하였으나 유의한 변화는 아니었고, 비우위안의 경우에도 실험 전에 비해 약 0.50 cpm 감소하여 13.23±4.90 cpm으로 나타났으나 우위안과 비우위안 모두 통계적으로 유의한 변화는 아니었다(Table 1). 양안의 경우 실험 전 14.13±3.85 cpm에서 종이책 독서 후 13.47±3.97 cpm으로 양안조절용이성이 약 0.67 cpm 감소하였으나 유의한 변화는 아니었다(Table 1). E-book 독서 후에는 우위안과 비우위안 모두 거의 변화가 없었으나 양안 조절용이성이 약 1.90 cpm 감소하는 것으로 나타났고 유의확률 0.018로 통계적으로도 유의한 감소였다(Table 1). 조절용이성의 경우 종이책 독서 후에는 변화가 없었으나 e-book 독서 후에 양안 조절용이성이 감소한 것으로 나타나 종이책과 차이를 보였다.

독서 전과 후의 조절용이성 변화 폭이 -0.50~+0.50 cpm인 경우를 변화없음으로 분류하고 개인별 조절용이성 증감 분포율을 분석하였다. 정상안에서 종이책 독서 후 조절용이성이 증가한 경우는 우위안은 47%, 비우위안은 33%, 양안은 37%으로 우위안에서는 조절용이성이 증가하는 경우가 더 많았다. 조절용이성이 감소한 경우는 우위안 30%, 비우위안 47%, 양안 50%으로 비우위안과 양안에서는 조절용이성이 감소하는 경우가 더 많았다. E-book 독서 후에도 조절용이성이 증가한 경우가 우위안 47%, 비우위안 37%, 양안 27%으로 우위안에는 조절용이성이 증가하는 경우가 더 많았고, 감소한 경우는 우위안 37%, 비우위안 50%, 양안 60%으로 비우위안과 양안은 조절용이성

이 감소하는 경우가 더 많았다.

종이책과 e-book 독서 후 조절용이성의 변화를 2 cpm 간격으로 나누어 증감 폭에 대한 실험대상안별 분포율을 분석하였다. 종이책 독서 후 우위안의 조절용이성은 +0.50<cpm≤+2.50 범위의 증가가 23%로 가장 많았고 -4.50 cpm 이상의 감소를 보인 경우도 10%에 달하였다(Fig. 2A). 비우위안은 -2.50≤cpm<-0.50 범위 및 cpm<-4.50 범위가 17%로 가장 많았으나 모든 범위에서 비슷하게 분포하였다(Fig. 2A). 양안은 +0.50<cpm≤+2.50 범위내의 증가가 23%로 가장 많았으나 -2.50≤cpm<-0.50 범위 20%, -4.50≤cpm<-2.50 범위 20%로 전체적으로 보았을 때 감소하는 경우의 변화폭이 더 컸다(Fig. 2A). E-book을 이용한 독서 후에 우위안에서는 +0.50<cpm≤+2.50 변화 범위에서 증가한 경우가 30%로 가장 많았으며, 감소한 경우는 모든 범위에서 비슷하게 분포하는 것으로 나타나 증가량에 비해 감소량의 변화가 더 큰 것을 알 수 있었다(Fig. 2B). E-book 독서 후 비우위안은 -2.50≤cpm<-0.50 범위 및 -4.50≤cpm<-2.50 범위내의 조절용이성 감소가 각각 23%로 분포하였고, 양안은 -2.50≤cpm<-0.50 범위 23%, -4.50≤cpm<-2.50 범위 20%, cpm<-4.50 17%로 감소하는 경우의 변화폭이 더 크음을 알 수 있었다.

본 연구에서 종이책과 e-book의 독서로 인한 조절용이

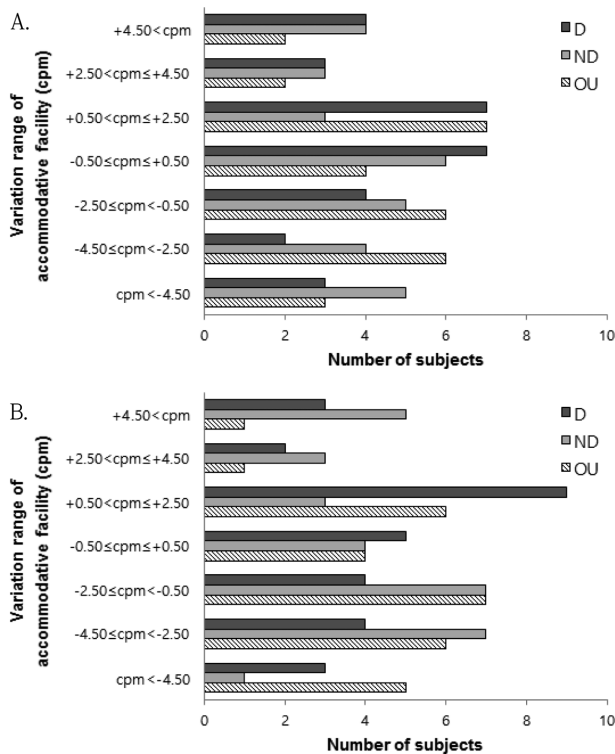


Fig. 2. The variation of accommodative facility after reading with paper book and e-book.

A. Paper book B. E-book

D: Dominant eye, ND: Non-dominant eye

성 변화는 우위안과 비우위안에서는 통계적으로 유의한 변화가 없었다. 하지만 최대조절력과 마찬가지로 독서 전 후 조절용이성의 변화가 없는 경우에 비해 증가 혹은 감소한 비율이 높게 분포하는 것으로 나타나 근거리 독서작업이 조절용이성의 변화를 초래한 것으로 예측할 수 있었다. 조절용이성이 증가 혹은 감소한 경우를 분류하여 분석한 결과 우위안의 경우 종이책과 e-book의 증가 혹은 감소 비율이 비슷하였고 감소한 경우의 변화 범위가 넓고 고르게 분포하는 것으로 나타났다. 비우위안의 경우 읽기 매체의 종류에 관계없이 증가 혹은 감소 비율 및 범위가 비슷하게 분포하는 것으로 나타났다. E-book 독서 후 양안의 조절용이성이 통계적으로 유의하게 감소한 것으로 나타나 종이책과의 차이를 보였고 조절용이성 감소 비율이 높고 감소 폭이 큰 것으로 나타나 e-book을 이용한 독서 시 양안의 조절용이성에 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다. 우위안이 비우위안에 비해 통계적으로 유의하게 조절용이성이 높다고 보고한 Momeni-Moghaddam 등^[17]의 연구결과와 달리 본 연구에서는 우위안과 비우위안의 조절용이성에 차이가 없는 것으로 나타났다. 하지만 e-book 독서 후 양안 조절용이성의 유의한 감소는 단안 조절용이성에 비해 양안 조절용이성의 감소가 컸던 김 등^[11]의 연구와 같은 결과를 보였다. 또한, 본 연구에서는 우위안과 양안 조절용이성 분포가 비슷하며 감소폭이 더 크게 나타나 동일한 양상을 보인 것으로 보아 비우위안에 비해 우위안이 양안 조절용이성에 더 영향을 준 것으로 생각된다.

3. 조절래그 변화

정상안의 독서 전 평균 조절래그는 0.06±0.80 D 이었고, 종이책 독서 후에는 -0.10±0.83 D, e-book 독서 후에는 -0.05±0.95 D로 종이책과 e-book 독서 후에 조절반응량이 증가하여 조절리드화 되는 경향을 보였지만 이는 통계적으로 유의한 변화는 아니었다(Table 1).

독서 후의 조절래그 변화량이 -0.25≤D≤+0.25 인 경우에는 조절래그량의 변화가 없는 것으로 분류한 후 0.25 D 이후의 증가 혹은 감소량을 0.50 D 단위로 나누어 분포정도를 분석하였다. 종이책은 60%, e-book은 53%가 독서 후 조절래그의 변화가 없었다. 조절래그의 변화가 있는 경우는 종이책 독서 후는 감소 30%, 증가 10%이었고 E-book 독서 후는 감소 30%, 증가 17%으로 나타나 종이책과 e-book 독서 후 조절래그가 증가하여 조절래그화 되는 경우보다 조절래그가 감소하여 조절리드화 되는 사람이 더 많은 것으로 나타났다.

조절래그가 증가한 경우는 종이책 독서 후에 -0.75≤D<-0.25 범위 내 감소가 23%으로 가장 많았고, 10%는 +0.25<D≤+0.75 범위의 변화를 보여 조절래그의 변화량이

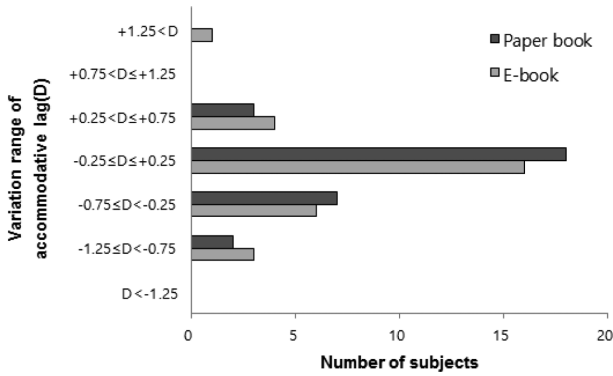


Fig. 3. The variation of accommodative lag after reading with paper book and e-book.

크지는 않은 것으로 나타났(Fig. 3A). E-book 독서 후에는 $-0.75 \leq D < -0.25$ 범위의 조절래그 감소가 20%로 가장 많았고, 조절래그의 변화가 크지 않았으나 $+1.25 < D$ 범위의 조절래그 변화가 나타나는 경우도 관찰되었다(Fig. 3B).

종이책 및 e-book 독서 후 최대조절력과 조절용이성이 변화 없는 경우에 비해 증가 혹은 감소한 경우의 분포가 많았던 것과 비교하면 조절래그 변화는 종이책 및 e-book 독서 후 변화 없는 경우가 가장 많았고 조절래그가 변화한 경우에는 조절래그가 증가하는 경우보다 감소하는 경우가 상대적으로 많이 분포하였다. 이 결과는 조절반응량의 변화가 없거나 증가하는 경우가 더 많았다는 것으로 볼 수 있다. Momeni-Moghaddam^[19]의 연구 결과에 따르면 사위가 정상인 사람에 비해 외사위인 사람의 조절래그가 낮았고 내사위인 경우 조절래그가 정상인보다 높은 것으로 보고된 결과를 보면 근거리 작업시 폭주로 인한 조절반응량의 변화와 연관이 있다고 볼 수 있으나 본 연구에서는 정상안을 대상으로 실험을 진행하였기 때문에 폭주로 인한 조절반응의 변화까지는 일어나지 않은 것으로 생각된다. 일부 조절래그가 변화한 경우는 지속적인 근거리 작업이 정상안의 폭주기능을 폭주부족이나 폭주과다를 유발한 경우가 발생하게 되어 조절래그의 감소 혹은 증가가 발생한 것으로 보인다. 읽기 매체에 따른 차이에서는 종이책과 e-book의 변화 양상이 비슷하게 나타나 읽기매체의 종류와 조절래그의 변화는 연관이 없는 것으로 생각된다. 하지만 하 등^[10]의 연구에서는 비발광체 매체에 비해 발광체 매체인 스마트폰과 LCD 모니터가 상대적으로 높은 조절래그를 나타낸다고 보고한 바 있어 본 연구결과 차이를 보이지만 근거리 작업매체의 화면 크기와 작업환경의 차이가 있어 나타난 결과라고 생각된다.

4. 상대조절력 변화

독서 전의 음성상대조절은 $+2.48 \pm 0.57$ D이었고, 종이책 독서 후에는 $+2.47 \pm 0.62$ D, e-book 독서 후에 $+2.56 \pm 0.65$ D로

실험 전과 후의 음성상대조절의 차이는 없는 것으로 나타났다(Table 1). 독서 후 음성상대조절이 증가 혹은 감소한 경우의 분포를 분석한 결과에서도 종이책 독서 후 변화 없음이 60%, e-book 독서 후 변화 없음이 63%으로 음성상대조절의 변화가 없는 경우가 많았다. 음성상대조절이 증가한 6명 중 5명이 $+0.25 < D \leq +0.75$ 범위에서 증가하였기 때문에 음성상대조절의 증가량이 크지 않음을 알 수 있었고, 감소한 경우 6명 중 4명도 $-0.75 \leq D < -0.25$ 범위에서 감소하였기 때문에 감소량 또한 크지 않아 종이책 및 e-book 읽기 후 음성상대조절의 변화는 거의 없는 것을 알 수 있었다(Fig. 4).

독서 전 평균 양성상대조절은 -3.20 ± 1.87 D이었고 종이책 독서 후 -3.44 ± 1.80 D로 약 0.24 D 상대조절력이 증가한 것으로 나타났으나 통계적으로 유의한 변화는 아니었고 e-book 독서 후에도 -3.27 ± 1.86 D로 양성상대조절의 변화에 차이가 없는 것으로 나타났(Table 1). 독서 후 양성상대조절의 변화를 증가 혹은 감소로 나누어 분석한 결과 상대조절력의 변화량이 $-0.25 \leq D \leq +0.25$ 범위에 포함된 변화없음의 경우 종이책 독서 후에는 43%, e-book 독서 후에는 50%으로 양성상대조절이 증가 혹은 감소한 경우에 비해 변화가 없는 경우가 가장 많았다. 하지만 종이책 독서 후 양성상대조절이 증가한 경우가 20%, 감소는 37%으로 양성상대조절이 감소한 경우가 상대적으로 많았으며, 변화 범위 또한 $-0.75 \leq D < -0.25$ 는 13%, $-1.25 \leq D < -0.75$ 는 7%, $D < -1.25$ 는 17%으로 음성상대조절이 $-0.75 \leq D < -0.25$ 범위에서 감소한 경우가 대부분이었던 것과 달리 양성상대조절의 변화폭이 큰 경우가 상대적으로 더 많았다(Fig. 5). 종이책 독서 후에는 양성상대조절이 증가한 경우보다 감소한 경우가 많았지만 e-book 독서 후에는 증가한 경우가 27%, 감소한 경우가 23%로 비슷하였고 증가하였을 때의 변화폭이 종이책 독서시보다 더 큰 경우가 많았다.

음성상대조절과 양성상대조절 모두 종이책과 e-book 독

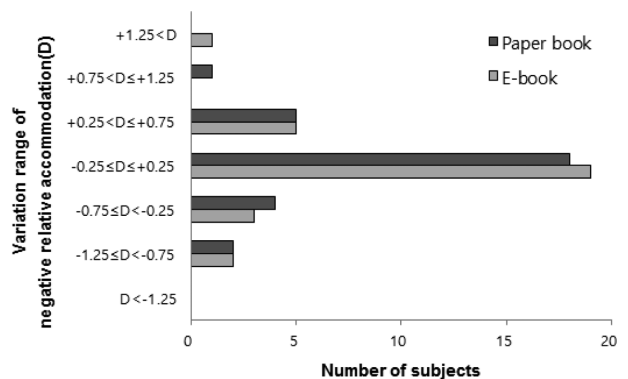


Fig. 4. The variation of negative relative accommodation after reading with paper book and e-book.

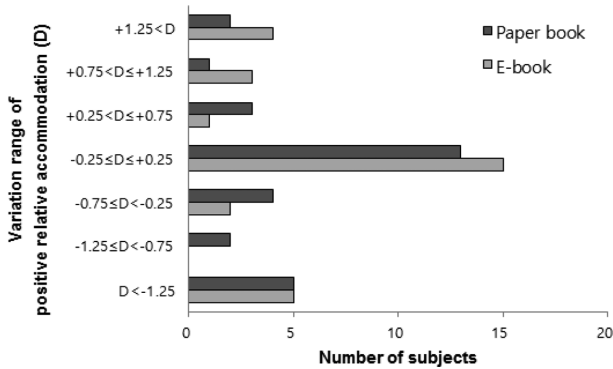


Fig. 5. The variation of positive relative accommodation after reading with paper book and e-book.

서 후 상대조절력의 변화가 없는 경우가 가장 많은 것으로 나타났다. 음성상대조절의 경우 종이책과 e-book 독서 후 상대조절력이 증가, 감소한 범위와 분포가 비슷하게 나타나 읽기 매체에 따른 음성상대조절의 차이는 없는 것으로 생각된다. 반면 양성상대조절의 경우 종이책 독서 후보다 e-book 독서 후의 변화폭이 큰 것으로 나타나 종이책과 e-book 독서 후에 차이를 보였다. E-book 독서 후 종이책에 비해 상대적으로 양성상대조절의 변화가 큰 범위로 나타난 것은 정상안이 근거리 작업시 조절기능의 변화가 시기능 이상안에 비해 적게 나타나지만^[13] 본 연구 결과에서는 e-book 독서 후에 비우위안에서 최대조절력의 감소폭이 더 컸고, 양안조절용이성이 감소하였으며 일부에서 조절반응량이 증가하여 래그값이 감소하는 경향을 보인 것을 종합해 볼 때 종이책에 비해 태블릿 PC의 휘도가 일부 정상안의 조절 및 폭주기능의 일시적으로 급격한 변화를 초래한 결과라고 생각된다. 특히 양성상대조절은 폭주와 양안시를 유지하면서 수정체의 수축을 유지해야 하기 때문에 수정체를 이완시키는 음성상대조절에 비해 변화폭이 컸던 것으로 사료된다.

본 연구에서는 시기능 이상이 없는 정상안을 대상으로 하였으나 종이책이나 e-book으로 독서시에 개인에 따라 조절기능이 증가, 변화없음, 감소로 다양하게 변화하였다. 이는 근거리 작업매체의 종류 이외에도 조절기능 변화에 영향을 주는 다른 요인이 있음을 시사한다. 추후 연구에서는 조절기능 변화에 영향을 주는 요인에 대한 다양한 분석이 필요할 것이다.

결 론

본 연구에서는 시기능의 이상이 없는 정상안을 대상으로 읽기 매체의 종류만 달리하여 동일한 조건의 종이책과 태블릿 PC를 이용한 e-book 독서 후 조절기능의 변화를 분석하여 읽기 매체에 따른 차이를 개인별 변화량 분석을 통해 알아보았다.

우위안과 양안의 종이책과 e-book의 최대조절력 차이는 없는 것으로 나타났지만 비우위안에서 종이책 독서 후에 최대조절력의 증가폭이 더 컸고 e-book의 경우 감소폭이 더 큰 것으로 나타났다. 조절용이성의 경우 e-book 독서 후에 양안 조절용이성이 통계적으로 유의하게 감소하였다. 조절래그의 변화는 읽기매체의 종류에 관계없이 변화 없는 경우가 가장 많았으며 두 매체간의 변화정도도 차이가 없었다. 음성상대조절과 양성상대조절은 변화가 없는 경우가 가장 많았다. 하지만 종이책 독서 후에는 양성상대조절이 증가한 경우보다 감소한 경우가 많았지만 e-book 독서 후에는 증가 및 감소 분포도에 큰 차이가 없었고 증가하였을 때의 변화폭이 종이책 독서시보다 더 큰 경우가 많았다.

본 연구에서는 읽기 작업 매체의 종류에 따라 일부 조절기능의 차이가 있음을 확인하였다. 종이책에 비해 e-book 독서 후에 조절기능의 변화가 컸으므로 종이책을 장시간 지속적으로 보았을 경우보다 태블릿 PC를 이용한 근거리 작업이 지속될 경우 근시화의 진행, 시기능의 저하뿐만 아니라 읽기 능력, 자각증상의 변화에도 영향을 미칠 가능성이 있으므로 스마트기기 사용으로 인한 시기능의 변화에 대한 지속적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

감사의 글

본 연구는 2017년 서울과학기술대학교 교내 학술연구비로 수행되었습니다.

REFERENCES

- [1] Rasmussen R, Mylonas A, Beck H. Business communication and technologies in a changing world, 3rd ed. Macmillan Education Australia, 2009;402.
- [2] Siegenthaler E, Wurtz P, Groner R. Improving the usability of e-book readers. J Usability Stud. 2010;6(1):25-38.
- [3] IDC Korea. Domestic tablet PC shipments increased 20% compared to last year, 2017. <http://www.kr.idc.asia/press/pressreleasearticle.aspx?prid=470> (4 May 2017).
- [4] Connell C, Bayliss L, Farmer W. Effects of ebook readers and tablet computers on reading comprehension. Int J Instr Media. 2012;39(2):131-140.
- [5] Rosenfield M. Computer vision syndrome: a review of ocular causes and potential treatments. Ophthalmic Physiol Opt. 2011;31(5):502-515.
- [6] Rosenfield M. Computer vision syndrome (aka digital eye strain). Optometry. 2016;17(1):1-10.
- [7] 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.
- [8] Benedetto S, Draí-Zerbib V, Pedrotti M, Tissier G, Baccino T. E-readers and visual fatigue. PLoS One. 2013; 8(12):e83676.
- [9] Benedetto S, Carbone A, Draí-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.
- [10] Ha NR, Kim CJ, Jung SA, Choi EJ, Kim HJ. Comparison of accommodative system according to the material and font size of near visual media. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2014;19(2):217-224.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] Kang YY, Wang MJJ, Lin R. Usability evaluation of e-books. Displays. 2009;30(2):49-52.
- [15] Wright S, Fugett A, Caputa F. Using e-readers and internet resources to support comprehension. Educ Technol Soc. 2013;16(1):367-379.
- [16] Benjamin WJ. Borish's clinical refraction, 2nd Ed. Elsevier Health Sciences, 2006;968-972.
- [17] Momeni-Moghaddam H, McAlinden C, Azimi A, Sobhani M, Skiadaresi E. Comparing accommodative function between the dominant and non-dominant eye. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. 2014;252(3):509-514.
- [18] Tsuneyoshi Y, Negishi K, Tsubota K. Importance of accommodation and eye dominance for measuring objective refractions. Am J Ophthalmol. 2017;177:69-76.
- [19] Momeni-Moghaddam H, Goss DA, Sobhani M. Accommodative response under monocular and binocular conditions as a function of phoria in symptomatic and asymptomatic subjects. Clin Exp Optom. 2014;97(1):36-42.

종이책과 태블릿 PC를 통한 e-book 읽기 후 조절기능 변화

김지혜, 엄지연, 성하나, 김소라, 박미정*

서울과학기술대학교 안경광학과, 서울 01811

투고일(2017년 5월 8일), 수정일(2017년 5월 29일), 게재확정일(2017년 6월 8일)

목적: 근거리 작업매체의 종류에 따른 조절기능의 변화를 알아보려고 하였다. **방법:** 시기능의 이상이 없고 교정시력이 정상인 정상안 18세~29세(평균 23.4±3.2세) 30명을 대상으로 하였다. 실험실의 조도, 작업거리, 종이 크기, 글자 간격, 글자 크기 등 동일한 실험 조건에서 종이책과 태블릿 PC를 이용한 e-book 읽기 작업을 30분간 실시하였다. 실험 전 후의 최대조절력, 조절용이성, 조절래그, 음성상대조절 및 양성상대조절을 측정하여 분석하였다. **결과:** 우위안과 양안의 최대조절력은 종이책과 e-book간의 차이가 없었다. 하지만 종이책에 비해 e-book 독서 후 비우위안의 최대조절력의 감소폭이 더 컸다. E-book 독서 후에는 양안의 조절용이성이 통계적으로 유의하게 감소하는 것으로 나타났다. 조절래그는 읽기 매체의 종류에 관계없이 변화 없는 경우가 가장 많았다. 음성상대조절은 종이책과 e-book의 차이가 없이 비슷한 변화 양상을 보였다. 하지만 양성상대조절은 종이책에 비해 e-book 독서 후 변화폭이 다소 큰 것으로 나타났다. **결론:** 정상안의 태블릿 PC를 사용한 근거리 작업은 종이책과 비교하여 일부 조절기능의 차이를 유발하였으며 개인에 따라 변화 정도에 차이가 있음을 확인하였다.

주제어: 종이책, e-book, 독서, 우위안, 비우위안, 최대조절력, 조절용이성, 조절래그, 상대조절력