

Changes in Heterophoria and Fusional Vergence after Near Work with Smartphone and Paper Book

Jihye Kim, Dong Jun Yang, Da Young Choi, So Ra Kim, and Mijung Park*

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

(Received November 28, 2016; Revised December 9, 2016; Accepted December 12, 2016)

Purpose: The present study aimed to investigate the changes in heterophoria and fusional vergence by media type of near work. **Methods:** Adults in their twenties (26 males and 4 females, mean age 24.8±1.8 years) with a corrected visual acuity of 1.0 or better were asked to read a paper book and smartphone under the same condition for 30 minutes. The horizontal heterophoria, vertical heterophoria, PFV(positive fusional vergence) and NFV(negative fusional vergence) were measured before and after near work with paper book and VDT work with smartphone. **Results:** The exophoric shift was shown by significant decrease of heterophoria in exophoric eyes after reading a paper book. Horizontal heterophoria was significantly decreased in all three type of exophoria, orthophoria and esophoria after reading with smartphone. Vertical heterophoria was not significantly changed regardless of the media type of near work. There was no significant change in the PFV and NFV after reading a paper book however, there was a significant decrease in the PFV after VDT work with smartphone. **Conclusions:** It was found that smartphone use induced the change of visual function since changes in heterophoria and vergence function was observed after VDT work using smartphone. Therefore, it is suggested that the appropriate guideline for smartphone use is necessary for maintaining the visual function.

Key words: Paper book, Smartphone, Reading, VDT, Horizontal heterophoria, Vertical heterophoria, Positive fusional vergence, Negative fusional vergence

서 론

현대에는 IT 관련기술의 발달과 그에 따른 수많은 전자 제품의 출시로 인해 책이나 신문의 활자를 통한 정보입수가 급격히 줄어들고 있다. 신문기사 이용매체를 조사한 2015년 한국미디어패널 조사결과에 따르면^[1] 스마트폰을 이용하는 경우가 64.6%로 가장 많았고 컴퓨터를 이용한 경우가 19.7%, 종이 신문의 경우가 15.7%로 가장 적게 분포하는 것으로 발표되었다. 특히 종이 신문을 이용하는 경우는 2014년도에 27.1%로 분포하였던 것에 비해 1년 사이 10% 이상 감소하여 종이 매체를 이용하는 수가 급격히 줄어들고 있는 것을 확인할 수 있다. 스마트폰을 이용하여 신문 기사를 읽는 것 이외에도 일상생활에서 많은 사람들이 스마트폰을 이용하여 동영상 감상하고 게임을 하며, 소설을 보거나 뉴스를 검색한다.^[2] 이처럼 현 시대를 살아가는 많은 사람들의 삶에서 스마트폰은 생활필수품으로 자리 잡고 있다.

스마트기기의 상용화 이전에는 컴퓨터의 상용화로 인하여 업무처리에 많은 편리함이 생겼지만 장시간 컴퓨터 모

니터를 이용한 근거리 작업을 하는 많은 사람들이 불편을 호소하는 경우가 많아져 문제가 되었다.^[3,4] CVS(computer vision syndrome)는 디스플레이를 장시간 보면서 작업하는 사람들에게 나타나는 시각적인 증상을 포함한 여러 가지 장애를 말하는데 과거에는 주로 컴퓨터 등의 일정 크기의 모니터를 통한 증상이 연구되었다.^[5] 하지만 최근에는 컴퓨터를 이용한 작업과 함께 스마트기기를 이용하는 경우가 늘고 있기 때문에 컴퓨터 모니터를 통한 근거리 작업에서 오는 CVS 증상 이외에도 컴퓨터 모니터보다 작은 화면과 짧은 거리에서 이루어지는 스마트기기를 이용한 CVS를 유발하는 근업으로 인해^[6] 기존에 연구되었던 CVS에 비해 전자기기로 인한 안정피로와 연관된 시기능의 문제가 발생할 가능성이 높다.^[7,8] 청소년의 경우에도 스마트폰 사용 시간이 증가할수록 안구 증상에 부정적인 영향을 준다는 결과도 보고된 바 있어^[9,10] 연령대에 관계 없이 스마트기기로 인한 문제점은 발생할 수밖에 없다. 최근에는 스마트폰을 이용한 후 생기는 CVS 증상에 대한 연구도 다양하게 이루어지고 있고 스마트폰을 이용한 근거리 작업이 조절 및 폭주와 연관된 시기능 이상을 유발

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

하게 된다는 연구결과도 보고된 바 있다.^[11-13]

이에 따라 본 연구에서는 동일한 조건에서 근거리 작업 매체를 책과 스마트폰으로 하였을 경우 책을 이용한 아날로그 근업과 스마트폰을 이용한 디지털 근업에서 나타나는 시기능의 변화를 비교하여 근거리 작업매체의 종류에 따른 시기능의 변화와 스마트폰을 이용한 근업이 눈에 미치는 영향의 유무를 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구대상 및 실험조건

실험 전 6개월 간 안질환이 없었던 성인 30명(남 26명, 여 4명, 평균 나이 24.8±1.8세)을 대상으로 실험을 실시하였고 피검자의 평균 굴절이상도는 -3.35±2.53 D이었다. 실험실의 조도는 370 Lx의 일정한 밝기를 유지하였다. 실험 전 피검자들을 자동굴절계(CHAROPS MRK-2000, 휴비츠, 한국)와 포토퍼(JP/RT-600, NIDEK, 일본)를 이용하여 완전교정하였다. 피검자들의 굴절이상을 완전교정한 후 A사의 스마트폰(화면크기: 8.9 cm, 밝기: 500 cd/m², 해상도: 960*640)과 책(용지크기: 14.8 × 21 cm)을 이용하여 30분간 독서를 실시하였다. 피검자와 스마트폰 혹은 책과의 거리는 50±5 cm로 하였고, 시선의 각도는 40±5°로 하였다. 책을 통한 근거리 작업에서는 글자의 크기를 10포인트로, 스마트폰 글자의 크기를 7포인트로 하였다.

스마트폰을 이용한 근거리 작업과 책을 이용한 근거리 작업의 순서는 대상자마다 무작위로 진행하였고 각각의 실험을 마친 후에는 수평 및 수직사위와 양성 및 음성융합버전스를 측정하였고 실험 간 30분 정도의 휴식 시간을 가져 두 실험 사이에 미치는 영향이 없도록 하였다.

2. 근거리 수평 및 수직사위 측정

프리즘 분리법(von Graefe method)을 이용하여 40 cm 거리에서 근거리 수평 및 수직사위 검사를 하였다. 시표는 단독문자의 0.7시표를 사용하였고 포토퍼에 원거리 굴절이상 교정도수를 장입한 상태에서 융합제거를 위하여 우안 앞에 6 Δ 기저상방(BU, base-up) 프리즘을 위치시키고 좌안 앞에는 로타리 프리즘을 장착하여 위치시킨 후 근거리 수평사위도를 측정하였다. 근거리 수직사위도의 측정은 피검자에게 눈을 감도록 지시한 후 12 Δ 기저내방(BI, base-in)을 좌안 앞에 위치시켜 시표가 분리되었는지를 확인한 후 프리즘양을 변화시켜 분리된 시표가 일직선상으로 일치될 때의 값을 측정하였다.

3. 근거리 양성 및 음성융합버전스 측정

과다한 눈모임 자극을 방지하기 위하여 음성융합버전스

를 측정 후 양성융합버전스를 측정하였다. 음성융합버전스 측정 시 검사자가 피검자의 양쪽 눈 앞에 프리즘을 BI 방향으로 초당 1 Δ의 속도로 변화시키면서 흐린점, 분리점, 회복점을 측정하였고, 양성융합버전스 역시 피검자 눈 앞의 양쪽 프리즘을 BO 방향으로 초당 1 Δ의 속도로 변화시켜 흐린점, 분리점, 회복점을 측정하였다.

4. 통계처리

실험 전과 책을 이용한 근거리 작업 후 및 스마트폰을 이용한 근거리 작업 후의 사위도와 융합버전스는 반복측정분산분석(repeated measure ANOVA)을 이용하여 분석하였고 실험 전과 책, 실험 전과 스마트폰의 차이는 대응표본검정(paired t-test)을 이용하여 분석하였다. 모든 통계처리는 SPSS Statistic 18.0을 이용하였고 유의확률이 0.05 이하인 경우에 통계적인 유의성이 있다고 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 수평사위도 변화

근거리 작업 전 실험 대상안의 근거리 수평사위도 분포는 정위(0 Δ)가 5명, 내사위(0 Δ 초과, +)가 13명, 외사위(0 Δ 미만, -)가 12명으로 나타났으나 스마트폰을 통한 근거리 작업 후에는 정위가 1명, 내사위가 20명, 외사위가 9

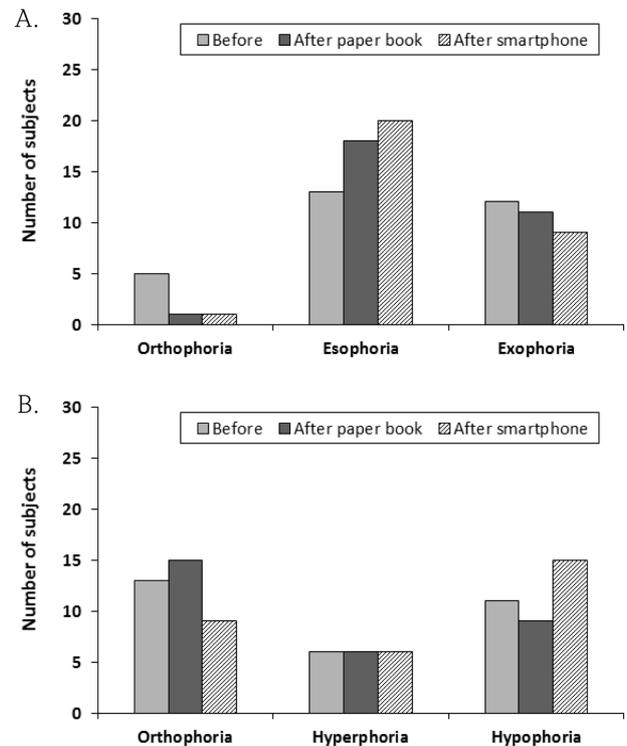


Fig. 1. The change of heterophoria after near work with paper book and smartphone. A. Horizontal heterophoria, B. Vertical heterophoria

Table 1. The change of near horizontal heterophoria after near work with paper book and smartphone

Near horizontal heterophoria	Before(Δ)	After paper book(Δ)	After smartphone(Δ)	P-value
Orthophoria	0	2.40 \pm 2.07	2.40 \pm 1.52 [‡]	0.047*
Esophoria	5.38 \pm 3.71	5.23 \pm 4.53	7.38 \pm 3.95 [‡]	0.007*
Exophoria	-7.83 \pm 5.36	-5.42 \pm 4.98 [†]	-4.83 \pm 5.73 [‡]	0.016*
Mean	-0.80 \pm 7.37	0.50 \pm 6.61	1.67 \pm 7.17	0.000*

Values are expressed as Mean \pm SD.

*, Significantly different from the each value compared by repeated measure ANOVA, $P < 0.05$.

[†], Significantly different from before and after paper book value compared by paired t-test, $P < 0.05$.

[‡], Significantly different from before and after smartphone value compared by paired t-test, $P < 0.05$.

명으로 내사위쪽의 편위가 증가했음을 확인할 수 있었다. 책을 통한 근거리 작업 후에도 정위가 1명, 내사위가 18명, 외사위가 11명으로 내사위안이 증가되었다(Fig. 1A). 근거리 평균 수평사위도는 실험 전 $-0.80 \pm 7.37 \Delta$ 의 외사위에서 책을 통한 근거리 작업 후에는 평균 $0.50 \pm 6.61 \Delta$ 내사위, 스마트폰을 통한 근거리 작업 후에는 평균 $1.67 \pm 7.17 \Delta$ 내사위로 나타났다. 책을 통한 근거리 작업 후에는 1.30Δ 내사위화 하였고 스마트폰을 통한 근거리 작업 후에는 2.47Δ 내사위화 한 것으로 나타나 근거리 작업 전에 비해 책과 스마트폰을 이용한 근거리 작업 후에는 모두 내사위화 되는 것으로 나타났으며 통계적으로도 유의한 차이였다($P = 0.000$, Table 1). 외사위안의 경우에는 근거리 작업 전의 $-7.83 \pm 5.36 \Delta$ 에서 책을 이용한 독서 후 $-5.42 \pm 4.98 \Delta$ 으로 약 2.41Δ 외사위가 줄어들었다. 유의확률 0.018 로 통계적으로 유의한 변화였다. 스마트폰을 이용한 독서 후에도 $-4.83 \pm 5.73 \Delta$ 으로 약 3.00Δ 외사위가 줄어들었으며 유의확률 0.008 로 통계적으로 유의한 것으로 나타나 외사위안은 책과 스마트폰 모두 근거리 작업 후에 사위도가 줄어드는 것을 확인할 수 있었다(Table 1). 외사위안의 경우 책에 비해서 스마트폰을 사용한 근거리 작업이 사위도 변화에 더 큰 영향을 주는 것으로 나타났다. 내사위안의 경우에는 근거리 작업 전 $5.38 \pm 3.71 \Delta$ 에서 책으로 독서 후는 $5.23 \pm 4.53 \Delta$ 으로 거의 변화가 없었고 스마트폰으로 독서 후에는 $7.38 \pm 3.95 \Delta$ 으로 통계적으로 유의하게 더 내사위화 되는 것으로 나타났다($P = 0.010$, Table 1). 정위안의 경우에는 근거리 작업 전 0Δ 에서 책을 이용한 독서 후 $2.40 \pm 2.07 \Delta$ 으로 변화하였고 스마트폰을 이용한 독서 후에도 $2.40 \pm 1.52 \Delta$ 으로 모두 내사위화 되는 것으로 나타났으나 스마트폰의 경우만 통계적으로 유의하게 내사위화 되는 것으로 나타났다($P = 0.024$, Table 1).

스마트폰과 책을 통한 근거리 작업으로 인한 수평사위도 변화를 사위도 정도에 따라 3가지(2Δ 이상 외사위화, 1Δ 내사위화 ~ 1Δ 외사위화, 2Δ 이상 내사위화)로 분류하여 분석한 결과 2Δ 이상 내사위화 된 경우가 가장 많았

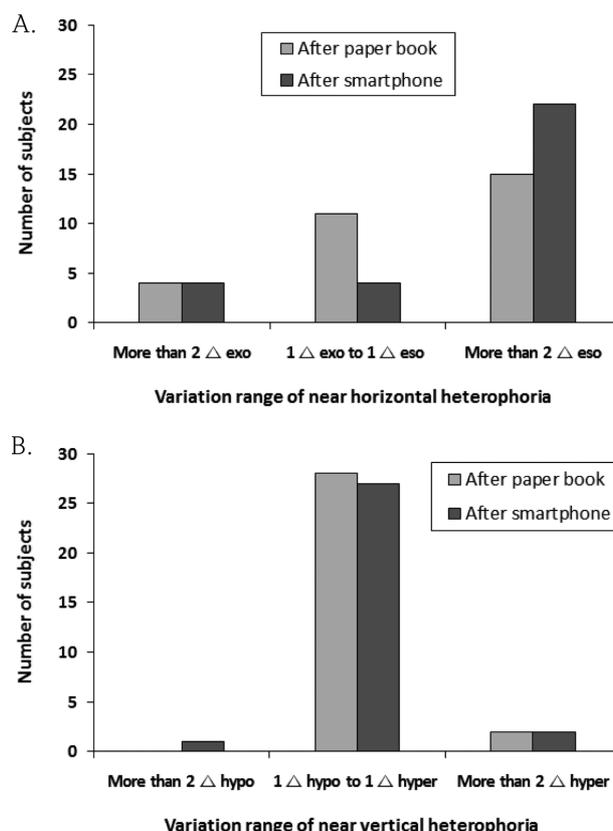


Fig. 2. The range of near heterophoric variation after near work with paper book and smartphone.

A. Horizontal heterophoria, B. Vertical heterophoria

고 그 중에서도 스마트폰을 이용한 근거리 작업 후에 가장 크게 변하는 것으로 나타났다. 내사위화 1Δ ~ 외사위화 1Δ 의 범위로 변화된 경우는 책을 읽은 후가 더 많았고 2Δ 이상 외사위화 된 경우는 스마트폰과 책을 이용한 근거리 작업 모두 비슷하게 분포하는 것으로 나타났다(Fig. 2A).

2. 수직사위도 변화

수직사위도는 좌안을 기준으로 우안의 수직사위도를 평가하였다. 근거리 작업 전 사위 분포는 30명의 실험대상자 중 정위가 13명, 상사위가 6명, 하사위가 11명이었고

Table 2. The change of near vertical heterophoria in right eyes after near work with paper book and smartphone

Near vertical heterophoria	Before(Δ)	After paper book(Δ)	After smartphone(Δ)	P-value
Orthophoria	0	0.38±0.65	0.08±0.64	0.176
Hyperphoria	1.00	0.33±0.52 [†]	0.50±0.55	0.020 [*]
Hypophoria	-1.91±0.94	-1.55±1.21	-1.36±1.29	0.326
Mean	-0.50±1.28	0.50±6.61	1.67±7.17	0.599

Values are expressed as Mean±SD.

^{*}, Significantly different from the each value compared by repeated measure ANOVA, P<0.05.

[†], Significantly different from before and after paper book value compared by paired t-test, P<0.05.

스마트폰을 통한 근거리 작업 후에는 정위가 9명, 상사위가 6명, 하사위가 15명으로 근거리 작업 전과 비교해 봤을 때 정위가 줄어들고 하사위가 증가하였다. 그러나 책을 통한 근거리 작업 후에는 정위가 15명, 상사위가 6명, 하사위가 9명으로 근거리 작업으로 인해 하사위가 감소한 것으로 나타나 근거리 작업으로 인한 수직사위도의 변화가 관찰되었음을 알 수 있었다(Fig. 1B). 근거리 평균 수직사위도는 근거리 작업 전 하사위 $-0.50\pm 1.28 \Delta$ 에서 책을 이용한 근거리 작업 후에는 상사위 $0.50\pm 6.61 \Delta$ 로 나타나 근거리 작업에 의해 약 1Δ 상사위화 된 것으로 나타났고 스마트폰을 이용한 근거리 작업 후에는 평균 $1.67\pm 7.17 \Delta$ 로 근거리 작업으로 인해 2.17Δ 상사위화 된 것으로 나타났다. 책과 스마트폰을 이용한 근거리 작업 후에 근거리 수직사위도가 상사위화 된 것으로 나타났지만 통계적으로 유의한 변화는 아닌 것으로 나타났다(Table 2).

상사위안의 경우에는 근거리 작업 전 1.00Δ 에서 책을 이용한 독서 후 $0.33\pm 0.52 \Delta$ 로 통계적으로 유의하게 수직사위가 줄어들었고(P=0.025) 스마트폰을 이용한 독서 후에도 $0.50\pm 0.55 \Delta$ 로 나타나 수직사위가 줄어들었지만 통계적으로 유의한 변화는 아니었다(Table 2). 정위안이 책으로 근거리 작업 시에는 $0.38\pm 0.65 \Delta$, 스마트폰으로 작업 시에는 $0.08\pm 0.64 \Delta$ 로 상사위화 되는 경향을 보이긴 하였으나 유의한 변화는 아니었다(Table 2). 하사위안의 경우도 근거리 작업 전 $-1.91\pm 0.94 \Delta$ 에 비해 책 독서 후 $-1.55\pm 1.21 \Delta$ 로 스마트폰을 이용한 독서 후에는 $-1.36\pm 1.29 \Delta$ 로 사위량이 감소하는 경향을 보였으나 통계적으로 유의한 변화는 아니었다(Table 2). 따라서 근거리 작업매체의 종류에 따른 수직사위량의 변화는 거의 없는 것으로 나타났다.

스마트폰과 책을 이용한 근거리 작업 후의 수직사위도 변화 정도에 따라 분석한 결과에서 1Δ 하사위화 ~ 1Δ 상사위화 된 경우가 스마트폰으로 근거리 작업을 하였을 때는 30명 중 27명, 책은 30명 중 28명으로 나타났다(Fig. 2B). 이는 근거리 수직 사위량이 1Δ 이내로 큰 변화는 없었던 것을 의미하므로 스마트폰이나 책을 이용한 근거리 작업으로 인하여 근거리 수평사위도가 내사위화된 것에

비해 수직사위도는 영향을 덜 받은 것으로 생각된다.

3. 양성융합버전스

근거리 작업 전의 실험 대상안의 근거리 양성융합버전스의 분리점은 평균 $25.03\pm 9.55 \Delta$ 이었고 책을 이용한 근거리 작업 후에 분리점이 약 1.33Δ 감소한 $23.70\pm 8.27 \Delta$ 으로 나타났고 스마트폰을 이용한 근거리 작업 후에도 평균 $22.83\pm 9.74 \Delta$ 으로 분리점이 2.2Δ 감소하였다(Fig. 3A). 근거리 작업 전에 비하여 책과 스마트폰을 이용한 근거리 작업 후의 양성융합버전스의 분리점이 감소하는 것으로 나타났으나 반복측정 분산분석 결과 유의확률 0.70으로 통계적으로 유의한 차이는 아니었다. 하지만 근거리

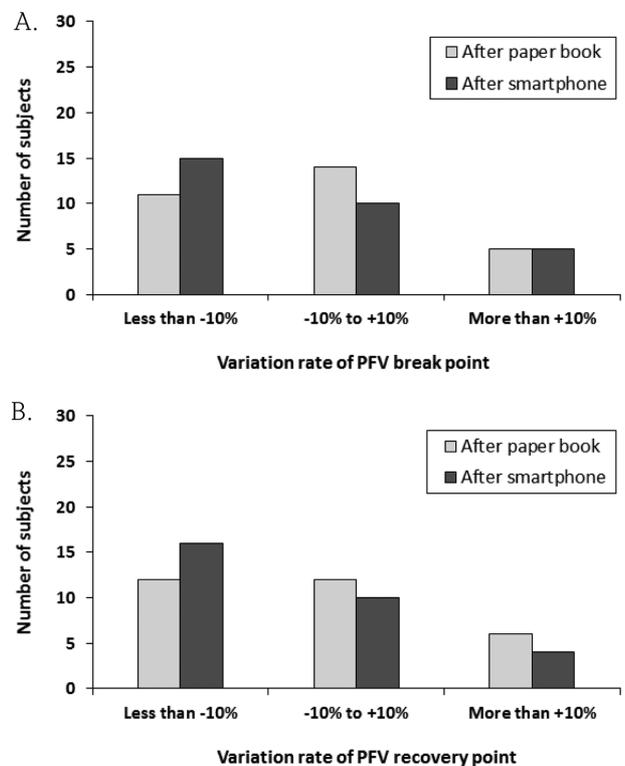


Fig. 3. The rate of variation in positive fusional vergence after near work with paper book and smartphone. A. Break point, B. Recovery point

Table 3. The change of near fusional vergence after near work with paper book and smartphone

Near fusional vergence		Before(Δ)	After paper book(Δ)	After smartphone(Δ)	P-value
PFV	Break point	25.03 \pm 9.74	23.70 \pm 8.27*	22.83 \pm 9.74	0.070
	Recovery point	15.60 \pm 10.75	13.87 \pm 9.44*	13.23 \pm 9.91	0.104
NFV	Break point	21.97 \pm 6.55	23.03 \pm 5.85	21.90 \pm 5.38	0.225
	Recovery point	11.03 \pm 5.79	11.33 \pm 5.38	11.13 \pm 5.35	0.932

Values are expressed as Mean \pm SD.

PFV: positive fusional vergence, NFV: negative fusional vergence

*, Significantly different from before and after smartphone value compared by paired t-test, $P < 0.05$.

작업 전과 스마트폰을 이용한 작업 후의 분리점의 차이는 유의확률 0.021로 통계적으로 유의한 차이를 나타내어 책을 이용한 근거리 작업에 비해 스마트폰을 이용한 근거리 작업이 근거리 양성융합버전스의 분리점을 더 많이 감소시킨 것으로 생각된다(Table 3).

실험 전의 융합버전스에 따라 실험 후 변화한 정도의 차이가 존재하기 때문에 융합버전스의 변화는 실험전에 비해 10%이상 증가한 집단과 감소한 집단으로 나누어 분석하였다. 스마트폰을 이용한 근거리 작업 후에 근거리 양성융합버전스 분리점이 10% 이상 감소하는 경우는 30명 중 15명으로 절반을 차지하였고, 10% 이하로 변화량이 적은 경우는 10명이었으며, 10% 이상 분리점이 증가한 경우는 5명으로 가장 적은 분포도를 보였다(Fig. 3A). 책을 이용한 근거리 작업 후에는 분리점이 10% 이하의 변화량을 보인 경우가 14명으로 가장 많았으며, 다음으로 10% 이상 감소한 경우로 11명으로 나타났다(Fig. 3A). 분리점이 10% 이상 증가한 경우가 5명으로 가장 적게 분포하는 것으로 나타나 스마트폰을 이용한 작업과 마찬가지로 분리점이 증가한 경우가 가장 적게 분포하는 것으로 나타났다(Fig. 3A).

근거리 작업 전의 근거리 양성융합버전스의 회복점은 평균 15.60 \pm 10.75 Δ 이었으며 스마트폰을 통한 근거리 작업 후에는 평균 13.23 \pm 9.91 Δ 으로 약 2.37 Δ 감소한 것으로 나타났고 통계적으로도 유의한 차이였다($p=0.040$, Table 3). 책을 이용한 근거리 작업 후에도 평균 13.87 \pm 9.44 Δ 으로 약 1.73 Δ 감소하는 것으로 나타났으나 통계적으로 유의한 차이는 아니었다(Table 3). 근거리 작업 전과 스마트폰 작업 후 및 책을 이용한 작업 후의 회복점을 반복측정 분산분석 결과, 스마트폰을 이용한 작업 후에만 회복점이 감소하는 것으로 나타나 책을 이용한 작업에 비해 스마트폰을 이용한 근거리 작업이 근거리 양성융합버전스 회복점의 변화에 더 큰 영향을 주는 것으로 생각된다.

스마트폰을 이용한 근거리 작업 후에 근거리 양성융합버전스의 회복점이 10% 이상 감소한 경우가 16명으로 가장 많았고 10%이하로 변화한 경우가 10명, 10% 이상 증

가한 경우가 6명으로 스마트폰을 이용한 근거리 작업 후에는 회복점이 감소하는 경우가 가장 많은 것으로 나타났다(Fig. 3B). 하지만 책을 이용한 근거리 작업 후에는 10% 이상 감소한 경우와 10% 이하로 변화한 경우가 각각 12명으로 동일하게 분포하는 것으로 나타났고 10% 이상 회복점이 증가한 경우가 4명으로 가장 적게 분포하는 것으로 나타났다(Fig. 3B). 따라서 스마트폰을 이용한 근거리 작업을 하였을 때 근거리 양성융합버전스의 회복점이 감소된 경우가 가장 많았으므로 책에 비해 스마트폰을 이용한 근거리 작업이 양성융합버전스 감소에 더 크게 영향을 준 것으로 생각된다.

4. 음성융합버전스

근거리 작업 전의 근거리 음성융합버전스 분리점은 평균 21.97 \pm 6.55 Δ 이었으며 책을 이용한 근거리 작업 후에는 평균 23.03 \pm 5.85 Δ 로 나타나 약 1.07 Δ 증가하였고 스마트폰을 이용한 근거리 작업 후에는 평균 21.90 \pm 5.38 Δ 로 근거리 작업으로 인한 변화가 나타나지 않았다(Fig. 3B). 책을 이용한 근거리 작업 후에는 근거리 음성융합버전스가 증가하였으나 통계적으로 유의한 차이는 아니었다(Table 3).

근거리 작업에 의한 근거리 음성융합버전스 변화 정도를 분석한 결과, 책을 이용한 작업의 경우 10% 이상 분리점이 증가한 경우가 30명 중 13명으로 가장 많았고 10% 이하의 변화량을 나타낸 경우는 11명, 10% 이상 분리점이 감소한 경우가 6명으로 가장 적었다(Fig. 4A). 스마트폰을 이용한 근거리 작업 후에는 10% 이하의 변화량을 나타내는 경우가 16명으로 절반 이상이었고 10% 이상 증가한 경우가 8명, 10% 이상 감소한 경우가 6명이었다(Fig. 4A).

근거리 작업 전의 근거리 음성융합버전스 회복점은 11.03 \pm 5.79 Δ , 책을 통한 근거리 작업 후에는 11.33 \pm 5.38 Δ , 스마트폰을 통한 근거리 작업 후에는 11.13 \pm 5.35 Δ 로 나타났으나 근거리 작업으로 인한 회복점의 변화는 거의 나타나지 않았고 반복측정 분산분석 결과 통계적으로도 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다(Table 3).

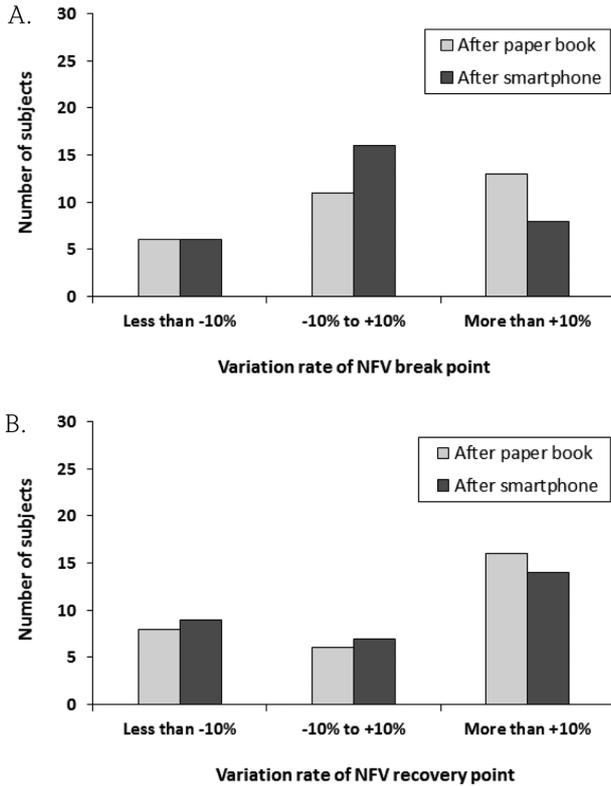


Fig. 4. The rate of variation in negative fusional vergence after near work with paper book and smartphone. A. Break point, B. Recovery point

회복점 변화율에 따른 분포정도를 분석한 결과 책을 이용한 근거리 작업 후에 10% 이상 음성융합버전스의 회복점이 증가한 경우가 16명으로 가장 많았고 10% 이상 감소한 경우가 8명, 10% 이하의 변화량을 보인 경우가 6명이었다(Fig. 4B). 스마트폰을 사용한 근거리 작업의 경우에도 10% 이상 회복점이 증가한 경우가 14명으로 가장 많이 분포하였고 10% 이상 감소한 경우가 9명, 10% 이하의 변화량을 보인 경우가 7명으로 나타났다. 책과 스마트폰을 이용한 근거리 작업 후에 변화량에 따라 분포하는 정도가 비슷하게 나타나 회복점의 변화는 근거리 작업 매체와 관계없는 것으로 나타났다(Fig. 4B).

책과 스마트폰을 이용한 근거리 작업 후에 책과 스마트폰 모두 실험 전에 비하여 내사위화 되는 것으로 나타났고 책에 비해 스마트폰을 사용하였을 경우 내사위화 되는 정도가 크게 나타났다. 하지만 박 등^[12]의 연구에서는 스마트폰을 통한 20분간의 영상 작업 후에 사위량이 외사위화 된다고 보고되어 본 연구결과와는 반대로 나타났다. Pölönen 등^[14]의 연구결과에 따르면 같은 크기의 작은 화면을 통해 책을 읽는 경우보다 게임이나 영상을 보는 경우 피로도 증상이 적게 나타난다는 보고된 바 있어 스마트폰을 이용하여 글자를 읽는 작업이 영상 시청에 비해

시선의 이동이 일정하기 때문에 근거리 작업의 집중도와 피로도도에 차이가 발생해 나타난 결과라고 생각된다. 책보다 스마트폰을 이용한 독서가 더 크게 내사위화 된 것은 책에 비해 스마트폰의 화면과 폰트의 크기가 작았기 때문에 시선 이동의 변화가 상대적으로 적어 주시하고 있는 주시점이 좁아 폭주 후 외안근의 긴장도가 지속적으로 유지되어 상대적으로 크기가 큰 책에 비해 스마트폰을 통한 독서 작업이 사위도의 변화에 더 큰 영향을 준 것이라고 생각된다. Pölönen 등^[16]의 연구에서 같은 독서 작업을 할 때 작은 화면으로 보는 것보다 책을 읽는 것이 더 편안함을 느낀다고 보고된 바도 있다. 외사위안의 경우 책과 스마트폰 모두 통계적으로 유의하게 외사위가 줄어드는 것으로 나타났는데 정위안과 내사위안에 비해 내직근이 더 많이 긴장되어 있는 상태이므로 30분간의 독서 작업이 정위안이나 내사위안에 비해 내직근을 더 많이 자극시켜 나타난 결과라고 생각된다. 다른 이유로는 스마트폰의 경우 종이에 비해 휘도가 높아 눈에 더 큰 자극을 주어 사위도 변화까지 이어졌을 가능성도 배제할 수 없다.^[15] 수직사위도의 경우에는 책이나 스마트폰을 이용한 근거리 작업으로 인해 큰 변화가 나타나지 않았는데, 이는 책을 읽는 작업을 실시하였기 때문에 시선의 이동이 일정하였고 문자 이외의 다른 자극이 없었기 때문인 것으로 생각된다.

스마트폰을 이용한 근거리 작업의 경우 근거리 양성융합버전스의 분리점이 10% 이상 감소한 경우가 가장 많았고 책을 이용한 근거리 작업의 경우 10% 이하인 경우가 많아 상대적으로 분리점의 변화가 적은 것으로 나타났다. 즉, 근거리 작업 매체의 종류에 따라 근거리 양성융합버전스 분리점의 변화에 차이가 있는 것으로 나타났다. 양성융합버전스의 경우 스마트폰을 이용한 근거리 작업후에 분리점과 회복점 모두 통계적으로 유의하게 감소하는 것으로 나타났다. 권 등^[13]의 연구에서는 40대의 노안과 비노안에서 스마트폰을 이용하여 영상을 시청한 후 양성융합버전스의 변화가 없었다고 보고하였지만 20대를 대상으로 진행한 본 연구대상과 연령대의 차이가 있기 때문에 결과에 차이가 있는 것으로 생각된다. 책을 이용한 근거리 작업의 경우 양성융합버전스의 변화가 거의 없는 것으로 나타났는데 이는 같은 독서 작업을 할 때 작은 디스플레이를 이용한 작업보다 책을 이용한 작업에 편안함을 느끼고 독서 작업을 하는 모니터의 휘도가 높을수록 안구 피로도가 높아진다는 연구결과에 비추어 볼 수 있다.^[15,16] 책의 경우 휘도가 낮고 상대적으로 편안하게 근거리 작업을 하였기 때문에 양성융합버전스의 변화가 거의 없는 반면에 종이에 비해 휘도가 높고 작은 화면인 스마트폰을 이용한 지속적인 근거리 독서 작업은 내직근의 긴장을 더욱 유발한 것으로 생각된다. 과도한 내직근의 긴장으로 인하여 내

사위화 되었지만 독서 작업을 하는 동안 융합이 가능한 범위 내였기 때문에 근거리 작업을 지속할 수 있었던 것으로 보인다. 하지만 양성융합버전스의 경우 연속적으로 개산을 유발하였을 때 최대한 폭주하여 융합할 수 있는 정도를 확인하는 검사이기 때문에 내직근의 긴장도가 높아져 있는 상태에서 개산을 유발하고 다시 폭주하여 융합하는 과정에서 내직근의 긴장도가 근거리 작업 전의 긴장도에 비해 변화 정도가 커지기 때문에 폭주할 수 있는 양성융합버전스가 감소하였다고 생각된다.

스마트폰을 이용한 근거리 작업 후에 양성융합버전스는 유의하게 감소하였지만 음성융합버전스의 경우 책과 스마트폰을 이용한 근거리 작업 모두 통계적으로 유의한 변화가 없는 것으로 나타났다. 본 연구결과와 반대로 권 등^[13]의 연구에서는 스마트폰을 이용한 영상시청 후에 음성융합버전스가 감소한다고 보고 하였는데 이는 근거리 작업 종류에도 차이가 있었고 조절기능이 상대적으로 부족한 40대를 대상으로 진행된 연구 결과였기 때문에 조절기능에 이상이 없는 20대 성인을 대상으로 진행된 본 연구결과와는 차이가 있는 것으로 생각된다. 음성융합버전스의 경우 폭주를 유발하여 개산정도를 측정하는 검사이므로 지속된 근거리 작업으로 인하여 내직근이 긴장되어 있는 상태에서 단계적으로 폭주를 유발하고 개산하는 검사가 진행되기 때문에 자극된 폭주량과 개산반응의 차이가 거의 없기 때문에 개산력의 변화에는 큰 영향을 주지 않은 것으로 생각된다.

결 론

본 연구에서는 책을 이용한 근거리 작업과 스마트폰을 이용한 VDT 근거리 작업을 30분 간 실시한 후 일어나는 사위 및 융합버전스 변화를 통해 책과 스마트폰을 이용한 근거리 작업이 눈에 미치는 영향의 차이를 비교하고자 하였다.

사위도 변화의 경우 실험 전의 사위도에 따라 분류하여 분석한 결과 책을 이용한 근거리 작업의 경우 외사위안에서만 통계적으로 유의하게 내사위화 되는 것으로 나타났다. 그러나 스마트폰을 이용한 근거리 작업 후에는 외사위안, 정위안, 내사위안 모두 통계적으로 유의하게 내사위화 되는 것으로 나타나 책을 이용한 근거리 작업보다 스마트폰을 이용한 근거리 작업이 사위도의 변화에 더 큰 영향을 주는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 사위도에 관계없이 스마트폰을 이용한 근거리 독서 작업이 책에 비해 사위도 변화를 더 많이 유발하여 나타나 결과라고 볼 수 있다. 융합버전스의 경우 책을 이용한 근거리 작업 후에는 양성 및 음성융합버전스의 변화가 없는 것으로 나타

났으나 스마트폰을 이용한 근거리 작업 후에는 양성융합버전스가 유의하게 감소하는 것으로 나타나 스마트폰을 이용한 근거리 작업이 융합버전스의 변화를 유발했다고 할 수 있다. 검사거리와 각도를 동일시 한 조건에서 30분간의 근거리 독서 작업을 한 후에 책과 스마트폰의 시기능 변화에 차이가 있었고 특히 스마트폰을 이용한 경우 사위도와 양성융합버전스의 감소가 관찰되었기 때문에 스마트폰을 이용한 과도한 근거리 작업이 지속될 경우 시기능의 감소에 큰 영향을 줄 것이라고 생각된다.

동일한 근거리 작업을 하더라도 작업 매체의 종류에 따라 차이가 존재하였으므로 본 연구에서 실시한 사위도와 융합버전스 변화 이외에도 조절 및 폭주기능에 대한 연구가 추가적으로 필요할 것이라고 생각되며 스마트기기로 인한 CVS에 대한 추가적인 연구가 지속적으로 이루어져 시기능을 보호할 수 있는 스마트기기 사용기준이 제시되어야 할 것이다.

REFERENCES

- [1] KISDI(Korea Information Society Development Institute, Korea). KISDI STAT Report 16-12: An analysis of news report use pattern, 2016. http://stat.kisdi.re.kr/Library/Library_detail1.aspx?Division=1&seq=1160(11 November 2016).
- [2] KISDI(Korea Information Society Development Institute, Korea). Smart device application, 2016. http://stat.kisdi.re.kr/MediaPanel/MediaPanel.aspx?tablename=TBR_B_SMART-DEVICE (11 November 2016).
- [3] Rosenfield M. Computer vision syndrome: a review of ocular causes and potential treatments. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2011;31(5):502-515.
- [4] Blehm C, Vishnu S, Khattak A, Mitra S, Yee RW. Computer vision syndrome: a review. *Surv Ophthalmol.* 2005; 50(3):253-262.
- [5] Thomson WD. Eye problems and visual display terminals the facts and the fallacies. *Ophthalmic Physiol Opt.* 1998; 18(2):111-119.
- [6] James Kundart OD, Momeni-Moghadam MH, Nguyen MJ. Comparing binocular vision suppression on an e-reader versus a smartphone. *J Behav Optom.* 2012;23(5-6):152-155.
- [7] Rosenfield M. Computer vision syndrome (aka digital eye strain). *Optometry.* 2016;17(1):1-10.
- [8] CLS(Contact Lens Spectrum, USA), Continuing Education: Keeping Up with Ocular Fatigue in the Digital Era, 2016. <http://www.clspectrum.com/articleviewer.aspx?articleID=114400>(11 November 2016).
- [9] Kim J, Hwang Y, Kang S, Kim M, Kim TS, Kim J et al. Association between exposure to smartphones and ocular health in adolescents. *Ophthalmic Epidemiol.* 2016;23(4): 269-276.

- [10] Lee HS, Park SW, Heo H. Acute acquired comitant esotropia related to excessive smartphone use. BMC Ophthalmol. 2016. doi:10.1186/s12886-016-0213-5.
- [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] Park KJ, Lee WJ, Lee NG, Lee JY, Son JS, Yu DS. Changes in near lateral phoria and near point of convergence after viewing smartphones. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2012;17(2):171-176.
- [13] Kwon K, Kim HJ, Park M, Kim SR. The functional change of accommodation and convergence in the mid-forties by using smartphone. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2016; 21(2):127-135.
- [14] Pölonen M, Häkkinen J. Near-to-eye display – an accessory for handheld multimedia devices: subjective studies. J Disp Technol. 2009;5(9):358-367.
- [15] Benedetto S, Carbone A, Draai-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.
- [16] Pölonen M, Järvenpää T, Häkkinen J. Reading e-books on a near-to-eye display: comparison between a small-sized multimedia display and a hard copy. Displays. 2012; 33(3):157-167.

스마트폰 및 책을 이용한 근거리 작업에 의한 사위 및 융합버전스 변화

김지혜, 양동준, 최다영, 김소라, 박미정*

서울과학기술대학교 안경광학과, 서울 01811

투고일(2016년 11월 28일), 수정일(2016년 12월 9일), 게재확정일(2016년 12월 12일)

목적: 근거리 작업매체의 종류에 따른 사위 및 융합버전스 변화를 알아보려고 하였다. **방법:** 교정시력이 1.0 이상인 20대 성인(남자 26명, 여자 4명, 평균나이 24.8±1.8세)을 대상으로 책과 스마트폰을 이용하여 동일한 조건에서 30분간 독서를 실시하도록 하였다. 근거리 작업 전과 책, 스마트폰을 이용한 VDT 작업 후의 수평, 수직사위도, 양성융합버전스 및 음성융합버전스를 측정하였다. **결과:** 책을 이용한 독서 후에는 외사위안에서 통계적으로 유의하게 사위가 감소하여 내사위화 되는 것으로 나타났다. 스마트폰을 이용한 독서 후에는 외사위안, 정위안, 내사위안 모두에서 수평사위도가 통계적으로 유의하게 감소하는 것으로 나타났다. 수직사위도는 작업 매체와 관계없이 유의한 변화가 나타나지 않았다. 책을 이용한 근거리 작업 후에는 양성 및 음성융합버전스의 변화가 없었으나, 스마트폰을 이용한 VDT 작업 후에는 양성융합버전스가 통계적으로 유의하게 감소하였다. **결론:** 스마트폰을 이용한 근거리 VDT 작업 후에 사위와 융합 기능의 변화가 관찰되어 스마트폰이 시기능의 변화를 유발하는 것으로 나타났다. 시기능을 유지시킬 수 있는 적절한 스마트폰 사용 기준이 제시되어야 할 필요성이 있음을 제안한다.

주제어: 책, 스마트폰, 독서, VDT, 수평사위도, 수직사위도, 양성융합버전스, 음성융합버전스