

## The Change of Accommodative Function of Vergence Anomalies Subjects in their Twenties after Near Work with Smartphone

So Ra Kim, Mi Ok Park, Su Yeon Lee, Jung Hun Song, Jae Hun Lee,  
Hyun Dong Choi, and Mijung Park\*

Dept. of Optometry, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 01811, Korea  
(Received February 9, 2017; Revised March 14, 2017; Accepted March 20, 2017)

**Purpose:** The present study aimed to investigate the change of accommodative function of vergence anomalies subjects in their 20s after near work with smartphone. **Methods:** Adults in their twenties (131 subjects, mean age 22.1±3.3 years) with a corrected and uncorrected visual acuity of 0.8 or better were examined and classified into normal, convergence insufficiency (CI), and convergence excess (CE) according to the function of convergence. The accommodative facility, relative accommodation, and accommodative lag were measured after watching the smartphone for 30 minutes. **Results:** Monocular accommodative facility was significantly decreased in normal and CI group, and binocular accommodation facility was significantly decreased only normal group. Negative relative accommodation (NRA) decreased in 53.8% of CI group, which was different from 36.0% of normal group. In normal group of 48.0%, there was an increase in positive relative accommodation (PRA), but in CE group only 20.0% was increased. However, in CE group, the increase in PRA was greater than 1.50 D. The accommodative lag increased in 80.0% of CE group and was larger than that of the normal group(48.0%). **Conclusions:** this study found that the accommodative function after near work with smartphone varies depending on the vergence function of the subject. The difference in the accommodative function induced by the variation of the vergence function may be the cause of the individual subjective symptom difference after using the smartphone.

**Key words:** Smartphone, Convergence insufficiency, Convergence excess, Accommodative facility, Relative accommodation, Accommodative lag, Subjective symptom

### 서 론

정보화시대의 변화와 발전에 따라 스마트폰(smartphone)은 경제, 문화, 예술, 사회분야에 이르기까지 활용범위를 넓혀가고 있다. 전자상거래와 오락 및 내비게이션 등으로의 다양한 확장성으로 인해 현대인들의 스마트폰 사용자수가 점점 급증하는 추세다. 2016년에는 가구당 스마트폰 보유율(88.5%)이 컴퓨터 보유율(75.3%)을 앞섰고 모바일 기기 보유자 중 20대에서 스마트폰 이용률은 99.7%였으며 10대에서 50대의 스마트폰 이용률이 92%가 넘어 다양한 연령대에서 스마트폰을 적극적으로 활용하는 시대가 되었다.<sup>[1]</sup> 이처럼 스마트폰은 '손안의 PC'라고 정의할 만큼 편리성과 휴대성 그리고 다양한 작업을 수행할 수 있는 기능을 장점으로 하여 우리의 삶에 미치는 영향력이 점점 커지고 있다. 하지만 근거리에서 장시간동안 영상화면을 사용하는 업무는 여러 부작용을 일으킬 수 있는데 책을 통한 작

업 후보다 스마트폰을 통한 작업 후 양성융합버전스의 감소가 더 크다는 연구결과가 있었고,<sup>[2]</sup> 영상장치와 종이를 통한 작업 후 자각증상의 차이를 연구한 결과로는 영상장치에서 안정피로와 안통이 높게 나타났다.<sup>[3]</sup> 이와 같이 CVS(computer vision syndrome)와 같은 시기능 문제가 발생할 수 있다. CVS는 과거에 VDT(visual display terminal) 증후군이라고 불리던 증상으로 컴퓨터와 같은 단말기를 이용한 작업으로써 안정피로, 두통, 안구 통증, 안구 건조증, 복시 및 흐림과 같은 증상을 유발되는 것을 의미한다.<sup>[4]</sup>

컴퓨터 모니터에 비해 상대적으로 크기가 작고 가벼워 어디서나 사용할 수 있는 스마트폰은 편리성으로 인해 인터넷 검색 및 동영상을 비롯하여 메신저 사용 등으로 사용시간이 길어지고 있으며 스마트폰 이용자의 11.8%가 스마트폰 중독군으로 이어질 만큼 스마트폰은 우리의 삶에 일부분이 되어가고 있다.<sup>[5]</sup> 이에 따라 스마트폰은 기존의 컴퓨터를 이용하는 업무보다 CVS의 발생빈도와 시기능

\*Corresponding author: Mijung Park, TEL: +82-2-970-6228, E-mail: [mjpark@seoultech.ac.kr](mailto:mjpark@seoultech.ac.kr)

문제가 더욱 심각할 것으로 예상되지만 그동안 컴퓨터 사용으로 인한 CVS에 관련된 연구결과에 비해 스마트폰과 관련된 연구는 상대적으로 미미한 편이다.<sup>[6,7]</sup>

조절과 폭주기능은 밀접하게 연관된 협동안운동(synkinetic eye movement)으로 근거리 작업 시 폭주와 조절이 동시에 일어난다. 하지만 폭주이상안은 조절과 폭주의 상호관계가 정상안과 달라 균형이 맞지 않으므로 문제가 야기될 수 있으며 자극에 대한 반응이 정상안과 달라 자극에 대한 반응값이나 피로도가 달라질 수 있다.<sup>[8]</sup> 이제까지의 CVS를 유발하는 작업에 의한 시기능 변화 연구가 개개인의 시기능을 고려하지 않고 진행되었으며, 분석 또한 검사 대상안의 평균값으로 이루어져 개개인의 시기능 차이에 의한 정반대의 변화 양상이나 변화 폭 차이와 같이 분석에 영향을 주는 요인들이 배제되지 못한 채 시기능 변화 여부에 대한 결론을 내리는 경우가 많았다.<sup>[9,10]</sup>

이에 본 연구는 스마트폰을 이용한 근거리 작업 시에 나타나는 조절 기능의 변화가 폭주이상안과 정상안에서 차이가 있는지를 스마트폰 사용량이 많은 20대를 대상으로 알아보았다. 본 연구를 통하여 실제로 시기능 차이가 있는 개개인이 스마트폰을 사용할 때 나타나는 시기능 변화를 밝히고자 하였으며, 스마트폰에 의한 자극이 폭주 기능 이상안에서 어떻게 달라지는지를 알아보려고 하였다.

## 대상 및 방법

### 1. 연구대상 및 실험조건

본 연구의 취지를 이해하고 참여하는 데 동의하는 양안 교정시력 및 나안시력이 0.8 이상, 비사시안 그리고 안질환 또는 전신질환 및 약물을 복용하지 않는 근거리 작업이 가장 많은 20대 131명(22.1±3.3세)을 대상으로 시기능을 평가하였다. 그 중 정상군 25명, 폭주부족군 13명, 폭주과다군 5명에게 영상 시청을 하게 한 후 조절 기능 변화를 비교하였다.

### 2. 시기능 검사

폭주근점, 사위도, 융합버전스, 및 조절대비 조절성폭주비(accommodative convergence/accommodation ratio, AC/A비) 검사의 Morgan 값<sup>[11]</sup>을 기준으로 정상군, 폭주부족군, 및 폭주과다군으로 분류하였다. 스마트폰 사용 조건은 피검자의 눈으로부터 35~40 cm를 기준으로 받침대를 사용하여 하방 각도 10~15°로 하였고, A사의 스마트폰(화면 크기: 4.3 인치, 최대밝기 일 때 휘도는 290 cd/m<sup>2</sup>(nit), 해상도: 800\*480)을 사용하였으며, 글자크기는 3 mm의 상태에서 영화 ‘아이언맨’을 처음 장면부터 30분간 시청하게 하였다. 영상시청 전과 후에 각각 조절검사를 실시하여

변화를 분석하였다. 스마트폰으로 영상을 시청하기 전에 피검자들을 자동굴절계(CHAROPS MRK-2000, 휴비츠, 한국)와 포롭터(JP/RT-600, NIDEK, 일본)를 이용하여 완전교정 도수를 측정하였다.

### 1) 폭주기능 및 사위도 검사

폭주근점은 완전교정상태에서 조절측정자(ACnA Scaler, 나도코리아, 한국)를 사용하여 ‘Push-up’방법을 이용하였다. AC/A비는 PD와 원·근거리 사위도를 이용하여 계산 AC/A 비를 측정하였고, 주시거리를 일정하게 유지시키고 렌즈의 굴절력을 변화시켜 조절을 이완하는 +1.00 D 렌즈 부가법을 이용하여 40 cm에서 근거리 사위검사와 동일한 방법으로 경사 AC/A 비를 측정하여 구하였다.<sup>[12]</sup> 조절래그 검사는 격자 시표와 크로스실린더를 사용하여 완전교정 도수에 +2.00 D 추가하고 시행하였다.<sup>[13]</sup> 사위도 검사는 원거리 완전교정상태에서 원거리용 토링톤카드(Distance Thorington Card 5357, Richmond Products, USA)와 마독스로드를 사용하여 원거리 사위도를 측정하였고, 근거리는 펜라이트(Opto, China)를 40 cm에 위치시키고 마독스로드를 가입하여 수평사위를 측정하였다.

### 2) 융합버전스 검사

원거리 융합버전스는 원거리 완전교정상태에서 자동 포롭터(Pichina Digital Refractor, AV-9000, Korea)를 통하여 3 m 앞에 위치한 0.7 세로시표를 주시하게 하고 리슬리 프리즘을 이용하여 흐린점, 분리점 및 회복점을 측정하였고, 근거리 융합버전스는 자동 포롭터를 통하여 40 cm 앞에 위치한 근거리용 0.7 세로시표를 주시하게 한 후 원거리 융합력 측정과 동일한 방법으로 측정하였다. 기저내방(base-in, BI) 프리즘을 사용하여 먼저 음성융합버전스(negative fusional vergence, NFV)를 측정 후 기저외방(base-out, BO) 프리즘을 이용하여 양성융합버전스(positive fusional vergence, PFV)를 측정하였다.

### 3) 조절기능 검사

원거리 완전교정상태에서 포롭터를 이용하여 40 cm 근거리 시표 중 0.7시표를 주시하게 하고 +0.25 D 단계로 가입시키면서 음성상대조절(negative relative accommodation, NRA)을 측정하였으며, -0.25 D 단계로 가입시키면서 양성상대조절(positive relative accommodation, PRA)을 측정하였다.<sup>[14]</sup>

조절용이성 검사는 포롭터용 근거리 시표(PCARD, Bernell, USA)를 40 cm 거리에 위치시키고 0.7시표를 주시시킨 후 ±2.00 D의 flipper(BC1270, Bernell, USA)를 사용하여 대상자들의 양안 및 단안 조절용이성을 측정하였

다. 즉, +2.00 D 렌즈를 눈앞에 위치시키고 시표가 선명하게 보이면 -2.00 D 위치로 반전시켜 선명하게 보였을 때를 1회로 간주하여 1분 동안 선명하게 반전시킨 횟수를 측정하였다.

4) 자각증상 평가

스마트폰을 사용하기 전의 자각 증상과 스마트폰을 사용한 후의 자각 증상을 비교 분석하였다.

3. 통계처리

시기능 검사값은 평균±표준편차로 나타내었으며 실험 결과의 통계적 분석을 위하여 SPSS(version 12.0 for windows)를 이용하여 paired t-test로 분석하였다. 95%의 신뢰구간으로 p<0.05일 때 통계적으로 유의성이 있는 것으로 판단하였다.

결과 및 고찰

1. 조절용이성의 변화

스마트폰 시청 전의 정상군의 단안 조절용이성은 11.6±3.3 cpm이고 폭주부족군은 9.9±5.5 cpm, 폭주과다군은 12.8±1.9 cpm로 나타났다. 스마트폰 시청 후 정상군의 단안 조절용이성은 10.2±3.6 cpm, 폭주부족군에서는 8.4±5.3 cpm, 폭주과다군에서는 13.1±2.5 cpm로 나타났다. 스마트폰 시청 전 후를 비교했을 때 단안 조절용이성은 정상군과 폭주부족군에서는 각각 0.1%(1.4 cpm), 16.0%(1.5 cpm)의 감소가 나타났으며 통계적으로 유의한 변화였다(각각 p=0.004,

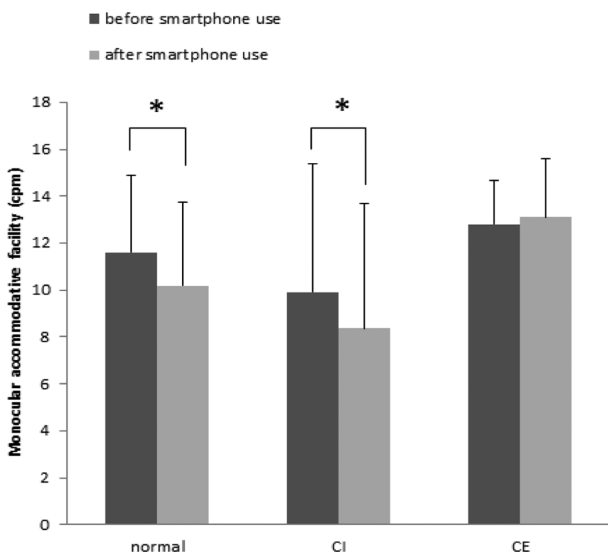


Fig. 1. The change of monocular accommodative facility after a 30-minute-near work with a smartphone. \*Significantly different at p<0.05 (paired t-test) CI: convergence insufficiency, CE: convergence excess

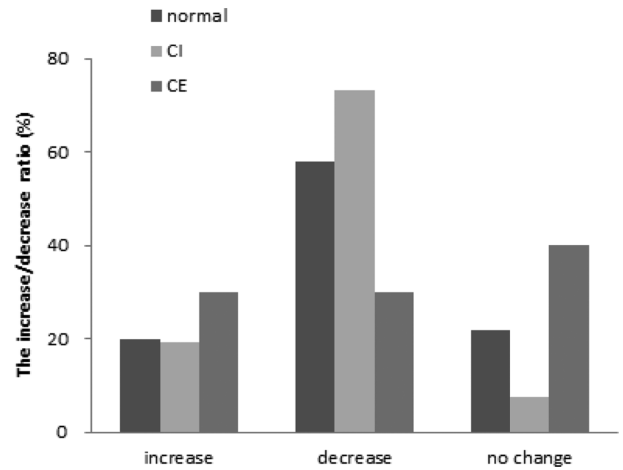


Fig. 2. The ratio of increase and decrease in monocular accommodative facility after a 30-minute-near work with a smartphone. CI: convergence insufficiency, CE: convergence excess

p=0.001). 폭주과다군은 3.3%(0.3 cpm)만큼 증가하였으나 통계적으로 유의한 변화는 아니었다(Fig. 1).

스마트폰 사용으로 인한 단안 조절용이성 증가 및 감소 비율의 분포는 정상군의 경우 10안(20.0%)이 증가, 29안(58.0%)이 감소, 11안(22.0%)이 변화없음으로 나타났고 폭주부족군은 증가 5안(19.2%), 감소 19안(73.1%), 변화없음 2안(7.7%)으로 나타났다. 폭주과다군은 증가 3안(30.0%), 감소 3안(30.0%), 변화없음 4안(40.0%)으로 나타났다(Fig. 2).

단안 조절용이성의 변화 정도를 2 cpm단위로 나누어 분포도를 비교한 결과 단안 조절용이성이 증가한 10안 중 변화량이 0<cpm≤2인 것은 6안, 2<cpm≤4인 것은 2안, 4<cpm≤6과 6<cpm은 각각 1안으로 나타나 0<cpm≤2인 경우가 60.0%를 차지하였다. 또한 정상안군 중 단안 조절용이성이 감소한 20안 중 -2≤cpm<0의 변화량을 보인 것은 14안으로 48.3%를 차지하였고 -4≤cpm<-2인 것은 9안, -6≤cpm<-4인 것은 2안, cpm<-6 이상인 것은 4안으로 6 cpm 이상 감소한 경우가 20%에 달하여 단안 조절용이성이 감소한 정상안에서의 변화폭이 더 크음을 알 수 있었다(Fig. 3A). 폭주부족군에서는 스마트폰 사용으로 인해 단안 조절용이성이 감소한 19안 중 0<cpm≤2의 변화량을 보인 경우가 57.9%였으며, 2<cpm≤4인 경우가 36.8%였다(Fig. 3B). 폭주과다군에서 변화량이 없는 경우가 많았고 대상안의 숫자가 적어 분포도에 대한 분석을 실시하지 않았다.

스마트폰 시청 전의 양안 조절용이성은 정상군에서 12.9±3.3 cpm이고 폭주부족군에서 11.5±4.6 cpm, 폭주과다군에서는 12.6±3.4 cpm로 나타났다. 스마트폰 시청 후 양안 조절용이성은 정상군에서 11.1±3.6 cpm이고 폭주부족군에서 10.8±3.6 cpm, 폭주과다군에서는 11.6±4.8 cpm

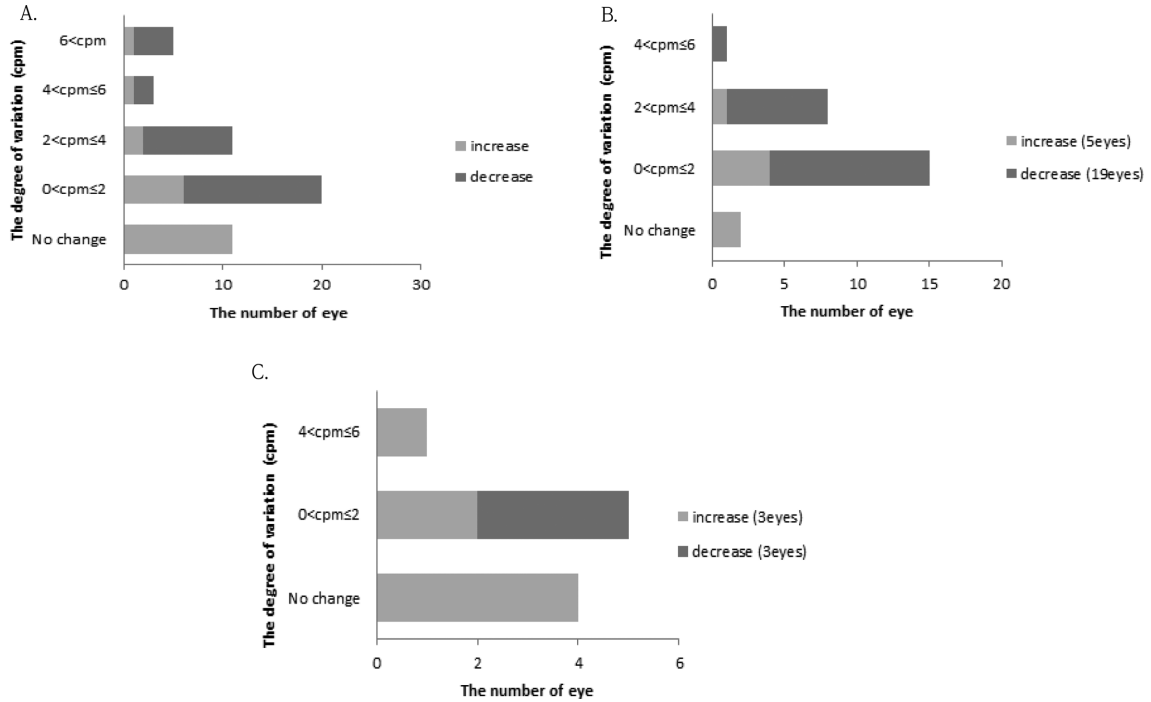


Fig. 3. The degree of variation in monocular accommodative facility after a 30-minute near work with a smartphone. A. Normal, B. Convergence insufficiency, C. Convergence excess

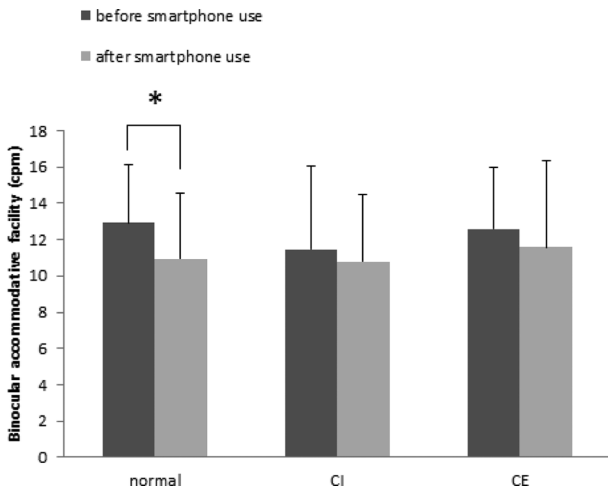


Fig. 4. The change of binocular accommodative facility after a 30-minute-near work with a smartphone. \*Significantly different at  $p < 0.05$  (paired t-test) CI: convergence insufficiency, CE: convergence excess

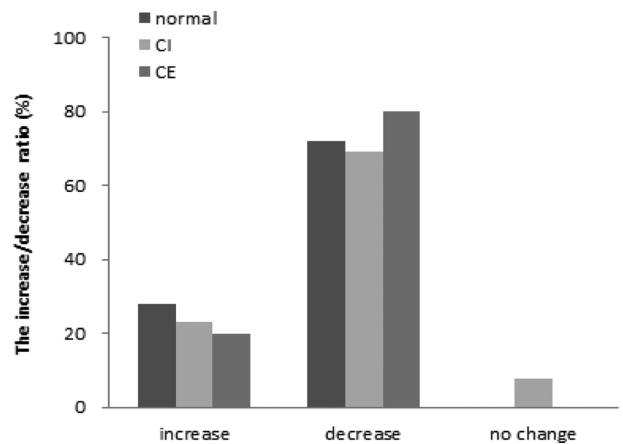


Fig. 5. The ratio of increase and decrease in binocular accommodative facility after a 30-minute-near work with a smartphone. CI: convergence insufficiency, CE: convergence excess

로 나타났다. 스마트폰 시청 전 후를 비교했을 때 양안 조절용이성은 정상군에서 약 2.0 cpm, 폭주부족군은 0.7 cpm, 폭주과다군의 경우 1.0 cpm 감소하였다(Fig. 4). 양안 조절용이성은 정상군만이 통계적으로 유의하게 감소하였다( $p=0.005$ ).

양안 조절용이성 증가 및 감소비율의 분포를 보면 정상군은 증가 7명(28.0%), 감소 18명(72.0%)으로 나타났으며 폭주부족군은 증가 3명(23.1%), 감소 9명(69.2%), 변화없음 1명(7.7%)으로 나타났다. 폭주과다군은 증가 1명

(20.0%), 감소 4명(80.0%)으로 나타났다(Fig. 5).

정상군의 경우는 스마트폰 작업시에 단안조절용이성에 비해 양안 조절용이성이 더 크게 감소한 것으로 보아 시기능이 정상인 경우에는 스마트폰으로 30분간 수행된 근거리작업에 의해 협동안운동이 더 크게 영향을 받는 것으로 보인다. 근거리 작업시의 지속적인 폭주에 의한 교차상호작용의 결과로 조절이 영향을 받게 되어 스마트폰 작업 후 양안 조절용이성의 속도가 낮아졌을 것으로 생각된다. 이러한 결과는 안정피로 증상인 흐려보이거나 두통과 같은 증상의 원인이 될 수 있을 것으로 보인다.<sup>[14-16]</sup>

폭주부족군의 경우 단안 조절용이성이 통계적으로 유의하게 감소한 것으로 보아 폭주부족안의 스마트폰 시청이 정상안에 비해 조절량이 많아지게 되어 과조절을 유발하여 조절이완이 느려진 것으로 생각된다. 스마트폰 시청 시 피드백시스템에 의해 조절 제어의 흐름이 인식되지 않을 때까지(null point) 더 많은 수정체변화의 위해 신경공급을 촉진하게 하여 지속적인 조절 자극을 가지게 된다. 하지만 느린 조절 기능(SAA: Slow accommodative adaptation)의 매커니즘으로 인해 지속적인 근거리작업은 원거리 주시 때 이완 조절 매커니즘으로의 이행이 어려워진다.<sup>[17]</sup> 이는 조절자극에 대한 반응이 느려졌음을 의미하며 특히 폭주부족군은 양성 융합성 폭주여력이 부족하여 스마트폰 시청 시 조절을 상대적으로 많이 사용하게 되므로 양안 조절용이성에 비해 단안 조절용이성의 감소가 더 크게 나타난 것으로 생각된다.

다른 시기능군에서는 스마트폰 사용으로 인해 단안 조절용이성이 통계적으로 유의하게 감소하였으나 폭주과다군에서는 유의한 변화가 나타나지 않았다. 단안 조절용이성은 폭주가 배제된 상태로 폭주성 조절개입이 되지 않아 근거리 작업으로 인한 폭주피로가 연동되지 않기 때문에 상대적으로 다른 군보다 높은 조절용이성을 가진 특성을 보인 폭주과다군은 스마트폰 사용 후에도 조절용이성의 감소가 나타나지 않은 것으로 생각된다. 폭주기전과 조절기전의 상호작용을 볼 수 있는 양안조절용이성의 경우에는 폭주과다군도 다른 시기능군과 마찬가지로 감소하는 경향을 보였다. 그러나 폭주과다군의 경우 증감의 변화 폭이 작았으며, 통계적으로도 유의하지 않은 변화이기에 다른 시기능군과는 달리 스마트폰 사용으로 인한 조절피로와 협동안운동에 대한 영향이 적음을 알 수 있었다.

**2. 상대조절 변화**

스마트폰 사용 후 정상군의 음성상대조절은 평균 0.04±0.71 D 감소하였고, 폭주과다군은 변화가 없어 정상군과 폭주과다군 모두 스마트폰 사용으로 인한 음성상대조절의 변화가 거의 나타나지 않았다. 폭주부족군은 통계적으로 유의하지는 않았지만 0.17±0.62 D 감소하는 경향을 보여 정상군과 폭주과다군에 비해 상대적으로 변화 폭이 컸다(Fig. 6).

음성상대조절은 개개인별로 차이(평균 2.33±0.58, 최소 +0.75, 최대 +4.00)가 있어 단순히 음성상대조절의 평균을 비교하는 것은 실제 변화를 분석하기 어렵다는 한계가 있어 스마트폰을 사용하였을 때의 음성상대조절의 개인별 증감에 대해 분석하여 보았다. 정상군의 36%가 음성상대조절이 감소하고 32.0%에서는 증가하여, 감소한 눈과 증

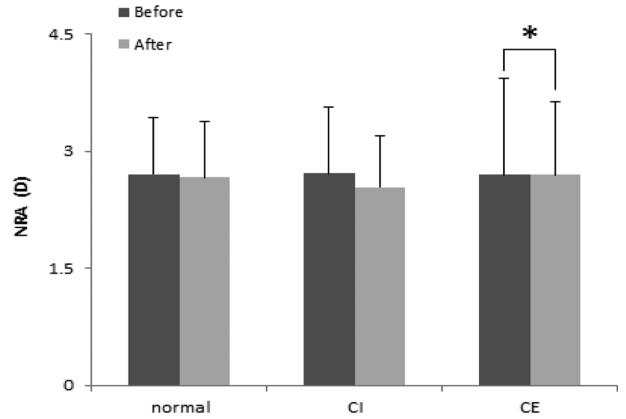


Fig. 6. The change of negative relative accommodation after a 30-minute-near work with a smartphone. \*Significantly different at p<0.05 (paired t-test) CI: convergence insufficiency, CE: convergence excess

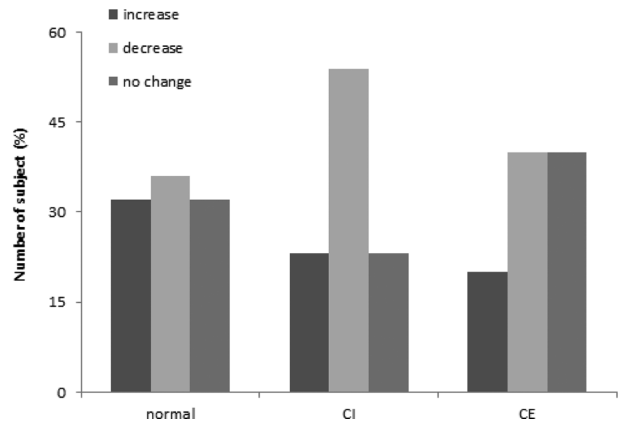


Fig. 7. The increase/decrease ratio in NRA after a 30-minute-near work with a smartphone. \*Significantly different at p<0.05 (paired t-test) CI: convergence insufficiency, CE: convergence excess

가한 눈의 비의 차이가 크지 않아 스마트폰 사용으로 인해 특이할 만한 음성상대조절의 변화가 나타나지는 않은 것으로 보인다. 그러나 폭주부족군에서는 음성상대조절의 감소가 나타난 경우가 53.8%, 증가는 23.1%, 변화없음 23.1%로 스마트폰을 사용하였을 때 음성상대조절이 감소하는 경우가 더 많았다. 폭주과다군에서는 음성상대조절의 감소가 나타난 경우가 20%, 증가는 40%, 변화없음 40%였다(Fig. 7)

정상군은 음성상대조절의 변화가 없었으나 폭주부족군은 감소하는 경우가 많은 것으로 나타나 폭주부족안이 스마트폰을 사용할 때 조절이완 능력의 감소 폭이 정상안보다 더 큰 것으로 나타났다. 폭주부족안의 더 큰 폭의 조절이완 능력의 감소는 지속적인 조절력 사용으로 인한 조절경련 증상과 조절이완 시 양성융합이향운동 자극에 어려움을 줄 것으로 판단되었다.

스마트폰 사용 후에 정상군은 0.01±1.35 D, 폭주부족군

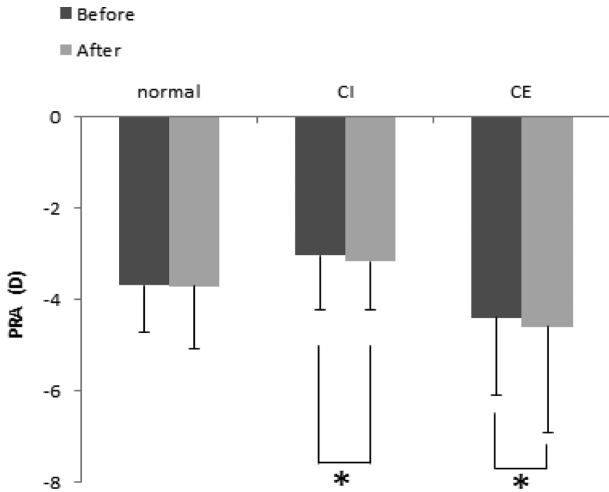


Fig. 8. The change of positive relative accommodation after a 30-minute-near work with a smartphone.  
\*Significantly different at  $p < 0.05$  (paired t-test)  
CI: convergence insufficiency, CE: convergence excess

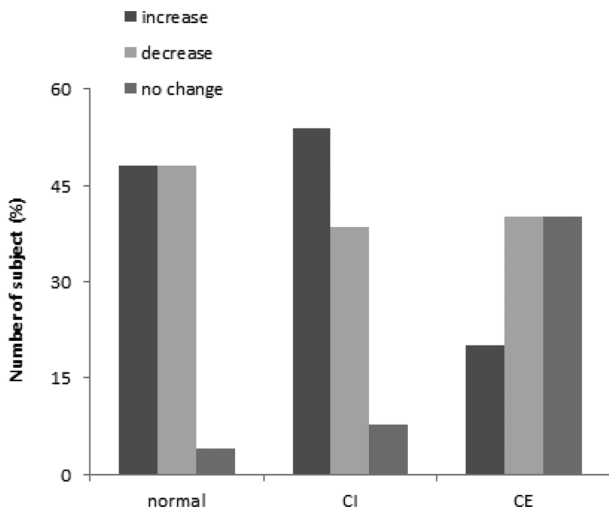


Fig. 9. The ratio of increase and decrease in positive relative accommodation after a 30-minute-near work with a smartphone.  
\*Significantly different at  $p < 0.05$  (paired t-test)  
CI: convergence insufficiency, CE: convergence excess

은  $0.13 \pm 1.18$  D의 폭주과다안은  $0.20 \pm 1.22$  D의 양성상대조절의 증가가 나타났다. 폭주부족군과 폭주과다군의 스마트폰 시청 전과 후의 양성상대조절의 차이는 통계적으로도 유의하였다(각각  $p = 0.049$ ,  $p = 0.013$ , Fig. 8). 스마트폰을 사용하였을 때의 양성상대조절의 개인별 증감에 대해 분석하였을 때, 정상군의 경우는 양성상대조절이 증가한 눈의 비율과 감소한 눈의 비율 모두 48.0%로 같았다. 폭주부족군에서는 양성상대조절이 증가한 눈이 53.8%, 감소한 눈이 38.5%로 스마트폰을 사용하였을 때 양성상대조절이 증가하는 경우가 더 많았다. 폭주과다군에서는 양성상대조절이 증가한 눈의 비율은 20%, 감소한 눈은 40%로

감소하는 경우가 더 많았다(Fig. 9).

음성상대조절의 경우 평균값의 비교만으로는 폭주부족안에서 음성상대조절의 변화가 없는 것처럼 나왔으나 실제로 폭주부족안 개개인의 데이터를 분석해 보았을 때 스마트폰 사용이 음성상대조절의 감소를 초래하는 경우가 많다는 것을 알 수 있었다. 폭주부족안의 경우 폭주부족으로 인한 폭주성 조절이 감소하므로 선명한 상을 얻기 위해 조절력을 더 사용하게 되어 최종적으로 조절이 이완되는 능력인 음성상대조절이 감소하는 결과가 나타난 것으로 보인다. 음성상대조절 검사는 폭주자극이 일정한 상태에서 플러스 렌즈를 부가하여 융합성 폭주를 유지하는 동안 눈의 이완능력을 알아보는 실험으로 실험대상자들의 음성상대조절의 평균값이 기준보다 높으면 수정체의 이완능력이 높은 것이고, 낮으면 이완능력이 낮은 것으로 판단할 수 있다. 20대를 대상으로 스마트폰 사용 후 음성상대조절을 측정한 박 등<sup>[9]</sup>의 연구에서는 실험대상안의 시기능을 고려하지 않고 스마트폰 사용에 의한 음성상대조절을 측정하였으며 스마트폰 사용으로 인해 음성상대조절이 감소하는 경향을 보인다고 보고한 바 있다. 본 연구에서 정상안의 경우는 스마트폰을 사용하였을 때 특이할 만한 음성상대조절의 변화가 나타나지 않아 시기능이 정상인 20대의 경우는 스마트폰으로 인한 근거리 작업시에 음성상대조절에 영향을 미칠만한 변화가 나타나지 않음을 알 수 있었다. 그러나 폭주부족안과 폭주과다안의 경우는 스마트폰 사용시에 음성상대조절이 감소하는 경우가 더 많았으며, 폭주부족안의 경우 음성상대조절의 감소 정도가 더 커서 집중적인 근거리 스마트폰 시청 시 조절 부담이 생기고 반대로 조절 이완하는 능력이 일시적으로 감소하여 나타나는 결과라고 판단되며 폭주이상안의 경우 정상안에 비해 근거리 작업시의 이완능력이 더 크게 영향을 받는다는 것을 알 수 있었다. 그러나 정상군, 폭주부족군, 및 폭주과다군의 근거리 작업 시 조절능력의 영향이 다를 수 있다는 것에 대해서 상대적조절검사인 음성상대조절 검사 뿐 만아니라 융합능력까지 고려해야 할 것으로 생각된다.

양성상대조절은 폭주자극이 일정한 상태에서 마이너스 렌즈를 부가하여 융합성 폭주를 유지하는 동안 눈의 조절 능력과 함께 음성융합성폭주를 간접적으로 알아보는 것으로 양성 상대조절의 절대값이 기준보다 높으면 조절능력과 음성융합성폭주력이 높은 것으로 판단할 수 있다. 20대의 컴퓨터 작업 후의 시기능변화를 연구한 권 등<sup>[13]</sup> 결과에서도 컴퓨터 작업 후 양성상대조절이 증가하는 경향을 보인다고 하여 본 연구와 유사한 결과를 나타냈다. 또한 Morgan의 기준값에 따르면 양성상대조절의 평균은  $-2.37 \pm 0.62$  D로 실험대상자들의 실험 전 후 값이 모두 기

준값보다 높았다. 본 연구대상자의 평균연령 22.1±3.3세인 것을 고려해 볼 때 조절능력이 높다는 것이 그 이유일 수 있으며, 음성융합성폭주의 부족으로 양성상대조절이 낮은 경향이 있는 폭주과다안의 숫자가 적어 평균 양성상대조절이 높게 나타난 결과로도 생각할 수 있다.

본 연구에서 스마트폰을 사용한 폭주과다군에서 양성상대조절의 변화가 가장 컸다. 폭주과다군의 경우는 음성융합성폭주량의 부족으로 낮은 양성상대조절과 조절부족 경향이 있으므로 조절을 요구하는 스마트폰 시청 후 음성융합성폭주가 상대적으로 낮기 때문에 양성 상대조절력 감소안의 수가 더 많았다. 폭주과다안에서 양성상대조절 평균값이 증가한 것은 양성상대조절이 증가한 1명에서 증가 폭이 현저하게 컸기 때문에 평균값에 영향을 미쳐 나타난 결과이며 추후 폭주과다안에 대한 추가 연구를 통해 데이터를 보완할 필요가 있다고 생각된다.

3. 조절래그의 변화

스마트폰을 사용한 후에 조절래그는 정상군에서는 0.01±0.57 D, 폭주부족군에서는 0.02±0.61 D, 폭주과다군에서는 0.35±0.22 D 증가하여 폭주과다군에서 가장 크게 증가하였다(Fig. 10). 스마트폰 사용 전후의 폭주과다군의 조절래그 변화는 통계적으로 유의하였다(p=0.025). 스마트폰을 사용하였을 때의 조절래그의 개인별 증감에 대해 분석하였을 때, 정상군의 경우는 조절래그가 증가한 눈이 48.0%, 감소한 눈이 36.0%로 증가하는 비율이 더 높았다. 폭주부족집단에서도 증가는 46.2%, 감소는 38.5%로 정상군과 같이 증가하는 비율이 더 높았다. 폭주과다군의 경우는 증가한 눈이 80%, 변화가 없는 눈이 20%로 증가하는 비율이 더 높았다(Fig. 11).

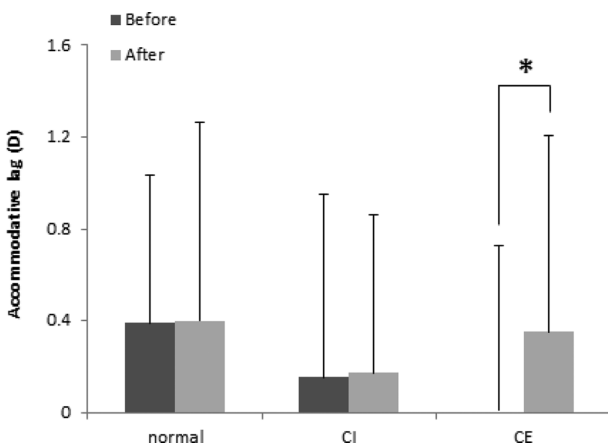


Fig. 10. The change of accommodative lag after a 30-minute-near work with a smartphone. \*Significantly different at p<0.05 (paired t-test) CI: convergence insufficiency, CE: convergence excess

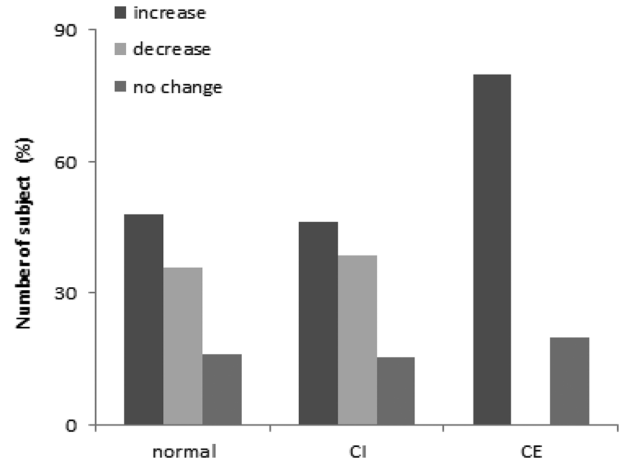


Fig. 11. The ratio of increase and decrease in accommodative lag a 30-minute-near work with a smartphone. \*Significantly different at p<0.05 (paired t-test) CI: convergence insufficiency, CE: convergence excess

조절래그 검사는 자극에 대한 반응량을 알아보는 검사이며 조절래그 평균값이 기준보다 높으면 반응량이 낮고, 낮으면 반응량이 높은 것으로 판단할 수 있다. 폭주과다군은 낮은 양성상대조절과 높은 AC/A비를 가지고, 조절부족경향이 있기 때문에 정상군이나 폭주부족군과 비교하여 근거리 작업에 의한 피로도가 높아 상대적으로 반응량이 감소하는 결과가 나온 것으로 여겨진다. 실험대상안을 시기능에 따라 분류하지 않고 스마트폰 사용시의 시기능 변화를 분석한 박 등의<sup>[1]</sup> 연구에서는 스마트폰을 사용하지 않은 대조군과 30분 동안 사용한 실험군 모두에서 조절래그가 증가한다고 하였으나 본 연구에서는 정상군과 폭주부족군에서는 스마트폰을 사용하였을 때 의미있는 조절래그의 변화가 나타나지 않았으며 폭주과다군에서만 조절래그가 증가하는 것으로 나타났다. 박 등<sup>[1]</sup>의 연구에서 스마트폰을 통한 근거리 VDT작업 후에 외사위 경향이 나타난다고 하였다. 이러한 외사위를 보완하기 위한 양성융합 버전스가 증가하고 그로 인한 폭주성조절이 작용하여 조절래그가 감소할 가능성이 있다. 그러나 근거리 작업 시에 동공이 수축하여 초점심도가 깊어지기 때문에 근거리 영역을 볼 수 있는 범위가 증가하나 조절반응은 피로도와 관련이 있기 때문에 오차가 발생하여 조절래그의 증가가 나타나게 된다.<sup>[18]</sup> 본 연구에서도 정상군과 폭주부족군의 경우는 조절래그가 감소하는 눈의 수와 증가하는 눈의 수가 비슷하여 개인적인 차이나 스마트폰 사용시의 눈의 상태에 따라 조절래그가 영향을 받게 되어 일관성 있는 조절래그의 증가나 감소가 나타나지 않는 것으로 보인다. 그러나 폭주과다군의 경우는 조절래그의 증가를 보여 폭주기능의 차이에 의해 스마트폰으로 인한 근거리 작업시의 안정피로가 증가함을 알 수 있었다.

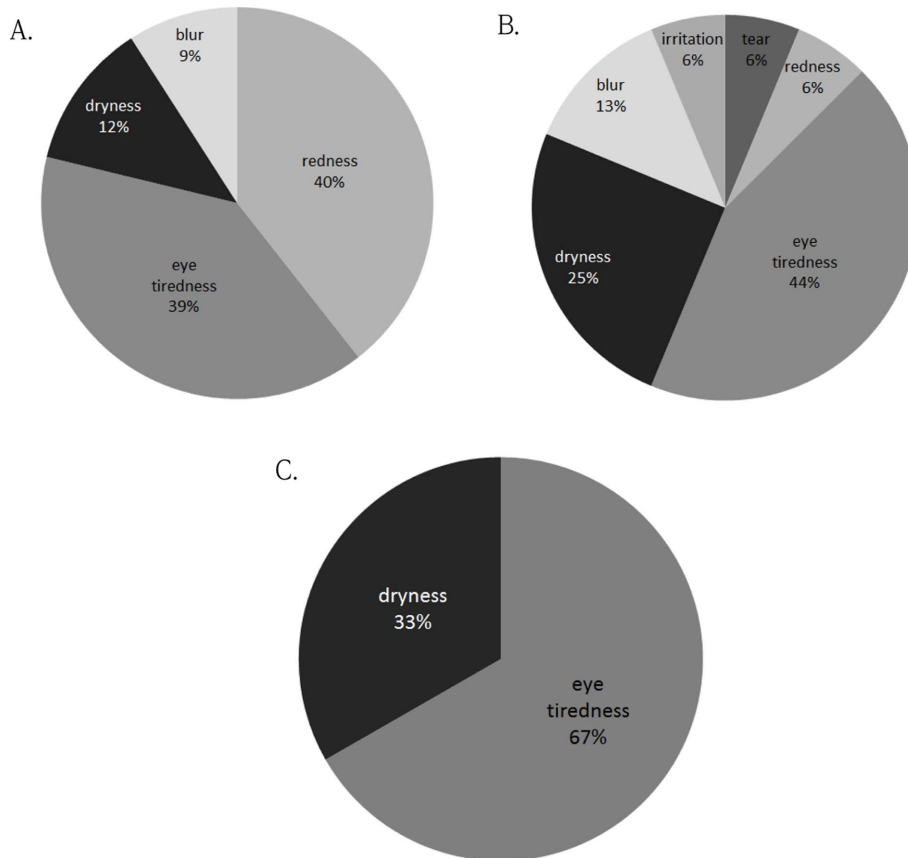


Fig. 12. Subjective symptoms after a 30-minute-near work with a smartphone.  
A. Normal, B. Convergence insufficiency, C. Convergence excess

#### 4. 자각증상의 변화

정상군과 폭주부족군, 폭주과다군은 스마트폰 시청 후 각기 증상에 차이가 있었는데 정상군은 충혈, 폭주부족군과 폭주과다군은 안정피로가 주증상이었다. 또한 폭주부족군이 정상군에 비해 흐림 증상을 약 4%, 폭주과다군은 안정피로 증상을 약 28% 더 호소하였다(Fig. 12). 폭주부족군에서의 흐림 증상은 조절의 반복속도를 더디게 하여 단안 조절용이성의 감소가 나타난 것과 관련있을 것으로 보이며, 폭주과다군의 안정피로 증상은 폭주과다와 함께 협동안운동에 의한 조절과다로 인한 조절성 안정피로가 유발되어 나타난 것으로 생각된다.

자각증상에서 박 등<sup>[11]</sup>에 의하면 모니터의 영상 시청과 스마트폰의 영상 시청 후에 나타난 피로감 비교에서 대상자 모두 스마트폰 시청에서 더 많은 피로감을 가졌다고 하였다. 스마트폰을 시청하며 눈의 조절을 담당하는 근육들이 계속 긴장하기 때문에 안정피로나 피로감 등을 많이 느끼게 되는 데 일정 시간 이상의 작업을 통한 근육의 긴장 유발로 증상이 나타나게 되는 것으로 보인다. 정 등<sup>[10]</sup>에 의하면 VDT 사용 시 평균 2~5시간에서 눈의 통증을 느끼는 사람이 가장 많다고 하였다. 또한 평균적으로 VDT를 연속적으로 이용하는 시간이 스마트폰 이용시간보

다 길게 나타났다. 또한, 권 등<sup>[9]</sup>의 40대 중년층이 스마트폰으로 근거리작업 후에 피로감을 느끼는 원인은 노안의 진행여부에 따라 다르게 나타날 수 있으며, 단순히 조절기능의 감소에 의한 것이 아니라 사위, 융합력 등을 포함한 시기능의 전반적인 저하에 기인한 것임을 확인할 수 있었다고 하였고, 특히 충분한 조절력을 가지고 있는 40대 중년층이라 하더라도 30분 동안의 연속적인 스마트폰 사용을 끝까지 수행하지 못한 경우도 있었다고 하였다. 본 연구는 평균나이 22.1±3.3 세를 대상으로 하였음에도 스마트폰이 화면이 작고 작은 글자크기를 가지므로 이에 따른 눈의 전반적인 기능이 많이 요구되기 때문에 피로를 쉽게 느껴 다른 영상 매체를 보다 이용시간에 있어 상대적으로 오랜 시간을 유지하기 힘든 것으로 판단된다.

#### 결론

본 연구에서는 폭주 기능이 다른 20대 청년층의 스마트폰 사용으로 인한 조절기능 변화를 알아보았다. 즉, 35~40cm의 근거리에서 스마트폰으로 30분간 영상을 시청하게 한 후 조절용이성, 상대조절, 및 조절래그의 변화와 자각증상의 차이를 비교하였다.



스마트폰 사용으로 인해 정상군과 폭주부족군에서 단안 조절용이성이 유의하게 감소하였으나, 폭주과다군에서는 통계적으로 유의한 변화가 나타나지 않았다. 양안 조절용이성은 정상군만이 통계적으로 유의하게 감소하였다. 음성상대조절력은 폭주부족군에서만 감소하여 조절이완능력의 감소가 정상안보다 크게 나타남을 알 수 있었다. 양상상대조절은 정상안은 변화가 없었으나 폭주부족군은 증가하였으며 폭주과다군은 감소하여 폭주이상안의 경우는 정상안에 비해 음성융합성 폭주의 이상이 더 크게 나타남을 알 수 있었다. 조절래그는 폭주과다군에서만 증가하였으며, 이것은 폭주과다가 음성융합성폭주력의 부족으로 인한 양상상대조절력의 저하로 피로도가 증가하여 반응량이 다른 집단보다 적어 조절래그의 증가정도가 상대적으로 크게 나타난 결과로 생각된다. 스마트폰 시청 후 자각 증상으로는 폭주부족군은 정상군에 비해 흐림 증상을, 폭주과다군은 안정피로를 더 호소하였다.

본 연구에서는 폭주이상안의 지속적인 스마트폰 작업은 정상안과는 다른 조절 기능의 변화와 자각증상의 변화를 초래하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 스마트폰 시청 시간이 30분이란 제한적인 시간에 의해 비교적 그 변화가 작았다고 추측되며 장시간 스마트폰 시청 시 세 군의 조절 변화가 본 연구의 결과값보다 더 클 것으로 예상된다. 또한 폭주와 조절의 관계가 명확하지 않기 때문에 발생할 수 있는 다양한 개인차가 조절의 변화를 일으켰을 가능성도 존재한다. 따라서 스마트폰 사용과 폭주기능이상안에서의 차이에 대한 상관관계 및 원인 분석을 위해서는 30분 이상의 스마트폰 시청 후 나타날 수 있는 폭주기능 이상안과 정상안의 조절 변화를 알아보고, 양안시를 고려한 폭주 변화 또한 연구되어야 할 것으로 보인다.

## REFERENCES

- [1] KISA(Korea Internet & Security Agency). Survey on the internet usage, 2017. <http://isis.kisa.or.kr/board/index.jsp?pageId=060100&bbsId=7&itemId=817&pageIndex=1> (19 March 2017).
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] Thomson WD. Eye problems and visual display terminals the facts and the fallacies. *Ophthalmic Physiol Opt.* 1998;18(2):111-119.
- [5] KISA(Korea Internet & Security Agency). 2013 Research report on internet addiction in Korea, 2014. [https://www.iapc.or.kr/cmm/fms/FileDown.do?jsessionid=abc-qkRTXtc2zX5EJlyPRv?atchFileId=FILE\\_00000000056810&fileSn=0](https://www.iapc.or.kr/cmm/fms/FileDown.do?jsessionid=abc-qkRTXtc2zX5EJlyPRv?atchFileId=FILE_00000000056810&fileSn=0) (19 March 2017).
- [6] Rouse MW, Hyman L, Hussein M, Solan H. Frequency of convergence insufficiency in optometry clinic settings. *Optom Vis Sci.* 1998;75(2):88-96.
- [7] Kim JS, Ryu CY, Kim SC, Oh HT, Yuk JR, Kim DW. The effects of electromagnetic field emitted by cellular phone on cognitive function in human. *J Korean Inst Electromagn Eng Sci.* 2003;14(6):606-615.
- [8] Lara F, Cacho P, García A, Megías R. General binocular disorders: prevalence in a clinic population. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2001;21(1):70-74.
- [9] 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.
- [10] Jeong SH, Lee SY, Eu SM, Kim DH, Lee EH. Study on the environmental factors and symptoms of VDT syndrome. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2009;14(4):65-69.
- [11] Park KJ, Lee WJ, Lee NG, Lee JY, Son SJ, 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.
- [12] Benjamin WJ. *Borish's clinical refraction*, 2nd Ed. St. Louis: Butterworth-Heinemann, 2006;939.
- [13] Kwon KI, Woo JY, Park M, Kim SR. The change of accommodative function by the direction of eye movements during computer game. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2012;17(2):177-184.
- [14] Kim SI, Park M, Kim SR. Change of binocular vision induced by longitudinal chromatic aberration during near work. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2015;20(2):219-228.
- [15] Cacho Martínez P, García Muñoz A, Ruiz-Cantero MT. Treatment of accommodative and nonstrabismic binocular dysfunctions: a systematic review. *Optometry.* 2009;80(12):702-716.
- [16] Ciuffreda KJ. The scientific basis for and efficacy of optometric vision therapy in nonstrabismic accommodative and vergence disorders. *Optometry.* 2002;73(12):735-762.
- [17] Benjamin WJ. *Borish's clinical refraction*, 2nd Ed. St. Louis: Butterworth-Heinemann. 2006;927-931.
- [18] Tosha C, Borsting E, Ridder WH III, Chase C. Accommodation response and visual discomfort. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2009;29(6):625-633.
- [19] Kwon KI, 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.

## 스마트폰으로 근거리 작업 후 20대 폭주이상안의 조절기능 변화

김소라, 박미옥, 이수연, 송정운, 이재훈, 최현동, 박미정\*

서울과학기술대학교 안경광학과, 서울 01811

투고일(2017년 02월 09일), 수정일(2017년 03월 14일), 게재확정일(2017년 03월 20일)

**목적:** 본 연구에서는 20대 폭주이상안이 스마트폰을 사용하였을 때의 조절기능 변화를 알아보고자 하였다. **방법:** 양안 교정시력 및 나안시력이 0.8이상인 20대 131명(22.1±3.3세)의 시기능을 검사하고 폭주 기능에 따라 정상안, 폭주부족안, 폭주과다안으로 분류하였다. 30분간의 스마트폰을 이용한 영상 시청 후에 조절용이성, 상대조절력 및 조절래그 변화를 측정하였다. **결과:** 단안 조절용이성은 정상군과 폭주부족군에서 유의하게 감소하였으며 양안 조절용이성은 정상군만이 통계적으로 유의하게 감소하였다. 음성상대조절력이 감소하는 경우는 폭주부족군 중 53.8%로 정상군의 36.0%와 차이가 있었다. 48.0%의 정상군에서 양성상대조절력의 증가가 나타났으나 폭주과다군은 20.0%만이 증가하였다. 그러나, 폭주과다군의 경우 양성상대조절력의 증가폭이 1.50 D 이상으로 높았다. 폭주과다군의 80.0%에서 조절래그가 증가하여 정상군(48.0%)보다 조절래그 증가 비율이 더 컸다. **결론:** 본 연구를 통하여 대상안의 폭주기능에 따라 일정 시간의 스마트폰 사용시에 나타나는 조절작용이 달라짐을 밝혔다. 이러한 폭주기능 차이에 의해 유발되는 조절기능의 차이는 스마트폰 사용 시 나타나는 개인별 자각증상 차이의 원인이 될 수 있을 것으로 보인다.

**주제어:** 스마트폰, 폭주부족, 폭주과다, 조절용이성, 상대조절, 조절래그, 자각증상