



The Change of Convergence Function of Convergence Insufficiency in Their Twenties after Doing Near Work Using a Smartphone

So Ra Kim¹, Si Yoon Park¹, Hye Jeong Yeo¹, Dae Yeon Kim¹, Ji Hye Jeong¹,
Hyo Seon Jang¹, Jang Cheol Shin², and Mijung Park^{1,*}

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

²Dept. of Optometry, Busan Institute of Science and Technology, Busan 46639, Korea

(Received February 20, 2018: Revised March 9, 2018: Accepted March 12, 2018)

Purpose: In this paper, the change of convergence function of convergence insufficiency in their twenties after doing near work using a smartphone was investigated. **Methods:** The subjects in their twenties with corrected or uncorrected binocular visual acuity of 0.8 or better were examined their visual functions, and selected as 22 normal (27.60±2.20 years) and 11 convergence insufficiency (CI, 26.53±2.54 years) groups according to their convergence function. Then, near point of convergence (NPC), horizontal phoria, AC/A ratio, negative fusional vergence (NFV), positive fusional vergence (PFV) and subjective symptoms were measured both before and after watching a movie on smartphone for 30 minutes and further analyzed. **Results:** NPC tended to recede in normal group after using a smartphone; however, there was no large difference in CI. Far horizontal phoria was significantly shifted toward orthophoric position in both normal and CI groups, and significant difference of near horizontal phoria was only shown in CI group. Significant difference of AC/A ratio after watching a movie was only shown in normal subjects. There was no significant change in both near PFV and NFV of normal and CI groups. In the case of subjective symptoms, the eye related symptom score was significantly increased only in CI group. Subjective symptoms such as eye fatigue, discomfort, somnolence and burning were increased in both groups, and in CI group, blur, loss of concentration and slow down of reading speed were relatively increased compared with those in normal group. **Conclusions:** After using a smartphone, the convergence function and asthenopia may change according to whether the convergence function of subjects is normal or not, which can cause blur and loss of concentration. Therefore, the results suggest that working hour should be adjusted according to convergence function.

Key words: Smartphone, Convergence insufficiency, Near point of convergence, Phoria, AC/A ratio, Fusional vergence, Subjective symptom

서 론

인터넷 보급화로 인해 만 3세 이상 인구 10명 중 9명이 인터넷을 이용하고, 인터넷 이용자의 88.5%가 모바일을 이용할 만큼 ‘모바일 혁명’의 시대를 맞이하게 되었다.^[1] 스마트폰은 기존의 휴대폰 기기가 문자와 음성통화 중심의 서비스를 제공한 것에 비해 메신저, SNS, 인터넷 검색, 게임 및 네비게이션 등과 같은 다양한 어플리케이션 서비스를 제공하여 IT(information technology) 대중화와 함께 우리의 삶에 미치는 영향력이 점점 커지고 있다.^[2] 현대인들은 다양한 장소에서 스마트폰을 사용하고 있으며,^[3] 스마트폰의 이동성 및 편리성 등의 특징으로

인해 스마트폰 이용자의 18.6%가 스마트폰 과의존군으로 이어질 만큼 스마트폰의 사용시간과 이용횟수가 증가하고 있다.^[4]

정보화시대로의 발전에 따라 정보에 대한 접근성 및 업무처리에 많은 편리함이 생겼지만, 일상생활에서 디스플레이를 통한 근거리 작업이 많아진 사람들은 불편을 호소하는 경우가 많아졌다. 장시간 디스플레이를 이용한 근거리 작업을 하게 될 경우 눈의 피로, 두통, 안구 통증, 안구 건조증, 복시 및 흐림 등의 안정피로가 나타나며, 목과 어깨통증 등의 자각증상이 유발되는데 이를 CVS(computer vision syndrome)라고 한다.^[5-9]

스마트폰은 다른 디지털기기보다 상대적으로 작은 화면

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

본 논문의 일부 내용은 2014년도 한국안광학회 하계학술대회에서 포스터로 발표되었음.

과 짧은 거리에서 작업이 이루어지기 때문에 CVS 뿐만 아니라 우리 눈의 조절기능 및 폭주 기능에 많은 부담을 준다.^[10-11] 조절과 폭주 기능은 근거리 작업 시 협동안운동(synkinetic eye movement)으로 동시에 발생하여 양안 중심와 주시상태를 유지하지만 조절과 폭주의 상호관계가 균형이 맞지 않으면 지속적인 근거리 작업 시 피로감에 따른 문제가 야기될 수 있으며, 폭주부족안의 경우 안구피로의 가장 흔한 원인이다.^[12] 스마트폰을 통한 근거리 작업 후 자각증상 및 시기능 변화와 관련된 많은 연구가 진행되고 있지만 대부분 시기능 이상안을 분류하지 않은 상태에서 진행되었으며,^[11,13] 시기능 이상안과 관련된 연구는 상대적으로 미미한 편이다.

이에 본 연구는 동일한 조건에서 스마트폰을 통한 지속적인 근거리 작업 후 정상안과 폭주부족안에서 나타나는 폭주 기능의 변화를 알아보고, 자각증상과는 어떠한 관계가 있는지를 밝히고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구대상 및 실험조건

본 연구의 취지를 이해하고 참여하는데 동의하며 안질환 및 전신질환이 없고 교정시력 및 나안시력이 0.8 이상인 20대를 대상으로 시기능 검사를 실시하여 정상안과 폭주이상안으로 분류하였다. 근거리 작업 시 광학중심점 이외의 지점에 시선이 위치하면서 발생할 수 있는 프리즘 효과를 최소화하기 위해 대상자들은 콘택트렌즈로 교정하였으며, 스마트폰을 이용한 근거리 작업 후 폭주부족안의 시기능 변화를 관찰하기 위해 본 연구의 취지를 이해하고 참여하는데 동의한 대상자들 중 콘택트렌즈 착용에 불편함이 없는 정상안 22명(27.60±2.20세), 폭주부족안 11명(26.53±2.54세)을 대상으로 실험을 실시하였다.

스마트폰을 이용한 영상시청은 보통 실내에서 많이 이루어지기 때문에 실험실의 조도는 KS 조도기준에 따라 470±30 lx로 유지하였다.^[14] 실험 전 피검자들은 자동굴절계(Charops MRK-2000, Huviz, Korea)와 포롭터(Pichina Digital Refractor, AV-9000, Korea)를 이용하여 완전 교정한 후 A사의 스마트폰(화면 크기: 4.3 인치, 최대밝기 일 때 휘도는 290 cd/m²(nit), 해상도는 800×480)을 이용하여 영화 ‘스파이더맨 1(한글자막, 자막크기: 3 mm)’을 처음 장면부터 30분간 시청하게 하였다.

스마트폰을 통한 영상시청 시 거리는 35~40 cm를 기준으로 하였으며, 시청각도는 시선을 기준으로 하방 10~15°로 유지하게 하였다.

2. 시기능 검사

Marran 등^[15]과 Scheiman 등^[16]이 제시한 기준으로 정상안 및 폭주부족안을 분류하였으며, 스마트폰 사용으로 인한 폭주 기능 변화를 알아보기 위해서 스마트폰 사용 전과 후의 폭주근점, 사위도, AC/A 비, 융합버전스 검사를 실시하였다.

폭주근점은 완전교정상태에서 조절측정자(ACnA Scaler, Nado Korea, Korea)를 이용하여 ‘Push-up’방법으로 측정하였다.^[17] 사위도 검사는 원거리 완전교정상태에서 토링톤카드(Distance Thorington Card 5357, Richmond Products, USA)와 포롭터를 사용하였으며, 마독스로드를 장용하여 원거리 사위를 측정하고, 펜라이트(Opto, China)를 40 cm에 위치시키고 마독스로드를 장용하여 근거리 사위를 측정하였다. AC/A 비는 PD와 원근거리 사위도를 이용하여 계산 AC/A 비를 측정하였고, 주시거리를 일정하게 유지시키고 렌즈의 굴절력 변화에 따른 조절 상태의 변화를 이용한 경사 AC/A 비는 40 cm에서 조절을 이완하는 +1.00 D 렌즈를 부가한 후 근거리 사위검사와 동일한 방법으로 측정하여 구하였다.^[18] 근거리 융합버전스는 원거리 완전교정상태에서 자동포롭터를 이용하여 40 cm 앞에 위치한 0.7 세로시표를 주시하게 하고 리슬리 프리즘을 이용하여 흐린점, 분리점 및 회복점을 측정하였다. 기저내방(base-in, BI) 프리즘을 사용하여 음성융합버전스(negative fusional vergence, NFV)를 먼저 측정한 후 기저외방(base-out, BO) 프리즘을 이용하여 양성융합버전스(positive fusional vergence, PFV)를 측정하였다.^[19]

3. 자각증상 평가

스마트폰을 사용하기 전 자각증상과 30분간 스마트폰을 사용한 후 자각증상을 비교 분석하였다. 자각증상 검사는 안정피로와 관련된 8가지 항목(안구피로, 불편감, 두통, 졸림, 안통, 작열감, 안구 압박감, 복시)과 스마트폰 사용 후 집중력과 관련된 7가지 항목(집중력 저하, 기억력 저하, 울렁임, 독서속도 저하, 흐림, 멍함, 다시 읽기)으로 서술된 자각증상 검사지를 사용하였다. 검사지 점수는 5단계(0~4점)로 구성되어 있으며, 높은 점수일수록 자각증상을 느끼는 정도가 큼을 의미한다(Appendix).^[20]

4. 통계 분석

모든 결과값은 평균±표준편차로 나타내었으며, 스마트폰 사용에 따른 시기능 및 자각증상의 변화는 SPSS(version 12.0 for windows)를 이용하여 paired t-test로 분석하였다. 95%의 신뢰구간으로 p<0.05 일 때 통계적으로 유의성이 있는 것으로 판단하였다.

결과 및 고찰

1. 폭주근점의 변화

스마트폰 사용 전 정상안의 폭주근점은 6.41 ± 3.27 cm로 측정되었고, 사용 후 6.94 ± 3.95 cm로 멀어졌다. 폭주부족안은 8.28 ± 2.19 cm에서 스마트폰 사용 후 8.04 ± 1.67 cm로 폭주부족안이 정상안에 비해 스마트폰 사용 전과 후 모두 폭주근점이 멀리 있었다. 스마트폰 사용 전과 후 폭주근점의 변화율은 정상안이 8.27%만큼 증가한 반면 폭주부족안은 2.90%의 감소가 나타났지만 통계적으로 유의한 변화는 아니었다($p_{\text{normal}} = 0.122$, $p_{\text{CI}} = 0.590$)(Fig. 1).

폭주근점은 양안선명단일시를 유지한 상태에서 눈모음이 최대로 되었을 때의 양안 주시선의 교차지점을 말하며 긴장성폭주, 조절성폭주, 융합성폭주 및 근접성폭주가 결합된 상태를 가지게 된다. 근거리 사물을 주시할 때 흐림상에 의하여 반사성 조절이 일어나며, 협동안운동에 의해 조절성폭주가 일어나지만 두 눈의 시선이 주시목표에 일치하기는 어렵기 때문에 융합성폭주는 시선의 어긋남을 보정하여 주시목표의 상을 양안의 대응점에 일치시켜 양안선명단일시를 유지하도록 한다.^[21] 따라서 폭주근점은 융합성폭주를 간접적으로 나타냄과 동시에 폭주부족을 판단하는데 중요한 지표로 사용된다.^[22] 본 연구에서 폭주부족안은 정상안보다 폭주근점이 근거리 작업 전과 후 모두 멀리에서 측정되었고, Marran 등^[15]과 Scheiman 등^[16]의 연구에서 폭주근점을 이용한 폭주부족의 판단 기준으로 7 cm 이상을 제시한 것과 일치하였다. 김 등^[23]의 연구에서 20대 폭주부족안이 스마트폰 사용 후 단안조절용이성이 통계적으로 유의하게 감소하였으며, 폭주부족안은 양성 융합성 폭주여력이 부족하여 스마트폰 시청 시 조절을 상대적으로 많이 사용한다고 하였다. 폭주부족안은 약한 융합성폭주로 인해 상대적으로 조절을 많이 하여 협동안운동에 의한 조절성폭주가 더 크게 작용하여 영상을 시청한 후 폭주근점의 유의한 차이가 나타나지 않았지만 과도한

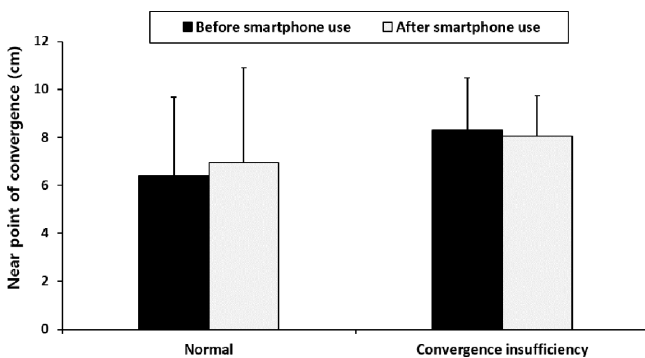


Fig. 1. The change of near point of convergence after watching a movie on a smartphone.

조절과 폭주의 상호작용으로 인해 흐림 및 두통과 같은 안정 피로 증상의 원인이 될 수 있을 것으로 생각된다.^[24]

2. 사위도의 변화

스마트폰 사용 전 원거리 사위도는 정상안의 경우 -1.47 ± 1.88 Δ에서 30분간 영상시청 후 -0.30 ± 2.51 Δ으로 측정되어 외사위도가 79.59% 감소하였고, 폭주부족안의 경우 30분간 영상시청 후 -3.82 ± 2.37 Δ에서 -3.05 ± 2.71 Δ으로 외사위도가 20.16% 감소하였다. 스마트폰을 이용한 근거리 작업 후 원거리 사위도는 정상안과 폭주부족안 모두 내사위화 되었으며, 통계적으로 유의한 차이였다($p_{\text{normal}} = 0.011$, $p_{\text{CI}} = 0.015$)(Fig. 2). 30분간 스마트폰 사용 후 정상안의 원거리 사위도가 내사위 방향으로 이동한 경우는 59.09%, 외사위 방향으로 이동한 경우는 9.09%, 변화가 없는 경우는 31.82%로 나타났으며, 폭주부족안의 경우 내사위 방향으로 이동한 경우는 54.55%, 변화가 없는 경우는 45.45%로 나타났다(Fig. 3). 즉, 정상안과 폭주부족안 모두 내사위화되는 경우가 많았으나 변화가 없는 경우도 상당수에 달하였다.

근거리 사위의 경우 정상안은 스마트폰 사용 전 -2.52 ± 4.00 Δ에서 30분간 영상시청 후 -2.05 ± 4.83 Δ으로 내사위 방향으로 18.65% 이동하였고, 폭주부족안은 -11.32 ± 4.48 Δ에서 30분간 영상시청 후 -9.14 ± 4.92 Δ으로 내사위 방향으로 19.26% 이동하였다(Fig. 4). 30분간 스마트폰을 통한 영상시청 후 정상안의 근거리 사위도가 내사위 방향으로 이동한 경우는 59.09%, 외사위 방향으로 이동한 경우는 40.91%로 나타났고, 폭주부족안의 경우 내사위 방향으로 이동한 경우는 72.73%, 외사위 방향으로 이동한 경우는 9.09%, 변화가 없는 경우는 18.18%로 정상안과 폭주부족안 모두 내사위화되는 것으로 나타났으나 폭주부족안에서만 통계적으로 유의하게 내사위화 되는 것으로 나타났다($p_{\text{CI}} = 0.025$)(Fig. 5). 정상안의 경우는 내사위 방향으로 이동하는 경우가 더 많았으나 외사위 방향으로

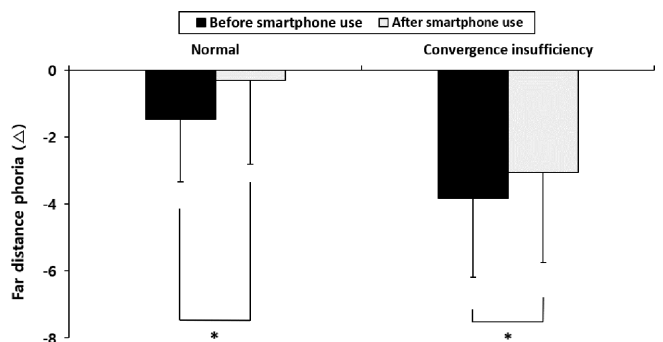


Fig. 2. The change of distance heterophoria after watching a movie on a smartphone.

*Significantly different at $p < 0.05$ (paired t-test)

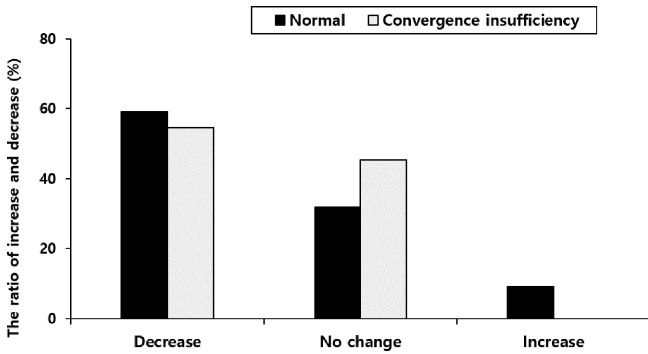


Fig. 3. The ratio of increase and decrease in distance heterophoria after watching a movie on a smartphone.

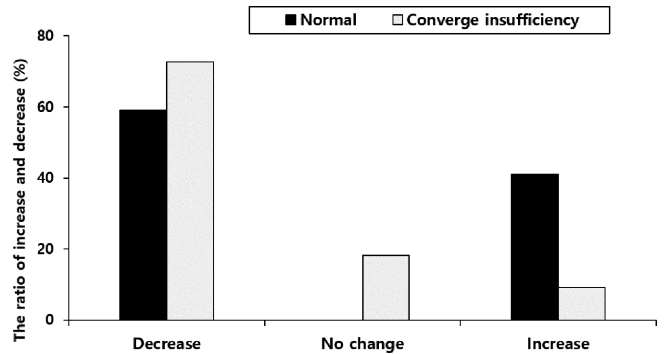


Fig. 5. The ratio of increase and decrease in near heterophoria after watching a movie on a smartphone.

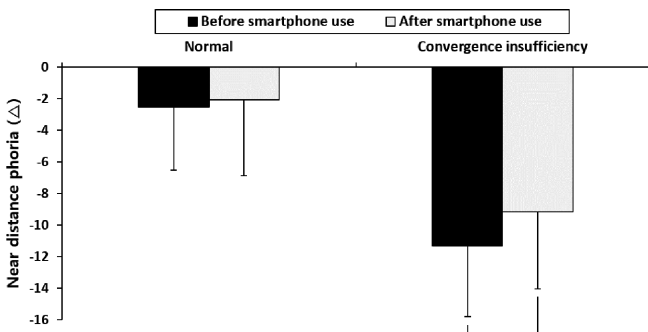


Fig. 4. The change of near heterophoria after watching a movie on a smartphone.

*Significantly different at $p < 0.05$ (paired t-test)

이동한 경우도 상당수에 달한 반면에 폭주부족안의 경우 대부분 내사위 방향으로 이동하였으며, 외사위 방향으로 이동한 경우는 10%에 미치지 못하여 폭주 기능에 따라 근거리 사위의 변화가 달라짐을 알 수 있었다.

김 등^[25]의 연구에서는 20대가 근거리 작업 시 종이책에 비해 스마트폰을 사용하였을 때 안위에 관계없이 근거리 사위도가 유의하게 내사위화 되었고, 외사위안의 경우 책과 스마트폰 모두 통계적으로 유의하게 외사위가 줄어드는 것으로 나타났다. 또한, 상대적으로 종이보다 휘도가 높은 스마트폰은 눈에 더 큰 자극을 주어 사위도의 변화를 일으킨다고 하였다. 본 연구에서도 스마트폰 사용 후 정상안과 폭주부족안 모두 사위도의 변화를 나타냈다. 단위 면적당 광도를 나타내는 휘도에 따라 긴장성 조절 반응량이 달라지게 되는데 이는 휘도가 높을수록 조절의 긴장상태가 높음을 의미한다고 보고된 바 있다.^[26] 본 연구 결과에서도 상대적으로 휘도가 높은 스마트폰을 이용한 근거리 작업은 내직근이 더 많이 긴장되어 정상안과 폭주부족안 모두 스마트폰 사용 후 외사위도가 감소되었을 것으로 보인다. 또한, 정상안에 비해 근거리 외사위도가 높은 폭주부족안의 경우 스마트폰을 통한 근거리 작업은 정상안에 비해 상대적으로 내직근의 긴장이 더 크게 나타날

가능성이 있음을 알 수 있었다.

Sreenivasan 등^[27]은 지속적인 근거리 작업 후에 나타나는 사위도의 변화는 정시와 근시의 외사위에서 사위도가 감소하는 shift 현상으로 인해 정위방향으로 이동하는 폭주 적응(vergence adaptation)의 결과라고 하였다. 일정시간 동안의 지속적인 근거리 작업은 양안 중심과 주시상태를 유지하기 위해 사위의 양만큼 지속적으로 폭주가 작용하여 폭주 적응이 유발될 수 있다. 본 연구에서 정상안과 폭주부족안의 사위도의 차이는 있었지만 폭주부족안의 경우 원거리 및 근거리 사위가 유의하게 정위방향으로 이동하였다. 정상안은 원거리 사위도에서만 유의하게 정위방향으로 이동하였지만 정상안과 폭주부족안 모두 사위도가 정위방향으로 이동하였으며, 이는 근거리 작업에 의한 폭주 적응의 결과라고 판단된다.

3. AC/A 비의 변화

스마트폰 사용 전 경사 AC/A 비는 정상안의 경우 $4.12 \pm 1.99 \Delta/D$ 에서 30분간 영상시청 후 $3.25 \pm 1.58 \Delta/D$ 로 21.11% 감소하였고, 폭주부족안은 30분간 영상시청 후 $3.91 \pm 2.48 \Delta/D$ 에서 $3.27 \pm 2.00 \Delta/D$ 로 16.37% 감소하였다. 스마트폰을 이용한 근거리 작업 후 경사 AC/A 비의 변화는 정상안의 경우 폭주부족안보다 변화량이 높게 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이였다($p = 0.027$)(Fig. 6).

조절과 폭주는 협동운동에 의해 동시에 반응하며, 선명시역인 조절범위는 조절근점에서 조절원점까지 조절성 폭주반응을 포함하고 있어 조절과 폭주의 상호작용으로 양안선명단일시가 가능하다.^[28] 근거리 작업을 할 때 조절 자극에 의한 흐림으로 인해 반사성 조절이 발생하고, 이는 폭주를 일어나게 하는데 AC/A 비는 조절자극에 의해 나타나는 폭주를 나타냄과 동시에 상대적인 강도를 나타낸다.^[29] 본 연구에서는 지속적인 근거리 작업으로 인한 조절과 폭주의 피로로 인해 정상안과 폭주부족안 모두 AC/A 비가 감소하였다. 폭주 부족안의 경우 양성 융합성폭주

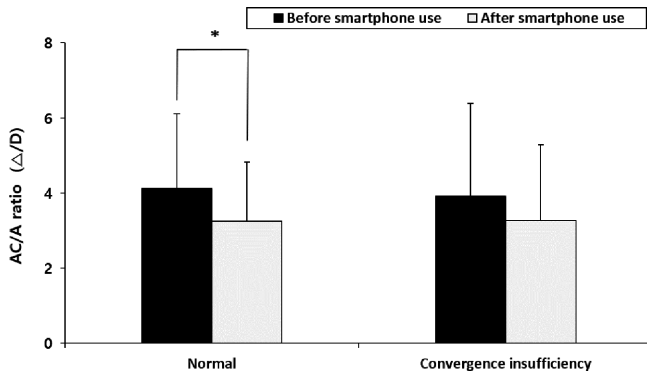


Fig. 6. The change of gradient AC/A ratio after watching a movie on a smartphone.

*Significantly different at $p < 0.05$ (paired t-test)

가 부족하여 스마트폰 사용 시 조절을 상대적으로 많이 사용하고, 이는 조절에 대한 폭주 적응이 유발되어 정상안보다 상대적으로 AC/A 비의 감소율이 적게 나타난 것으로 판단된다.

4. 융합버전스

스마트폰 사용 전 근거리 양성융합버전스는 정상안의 경우 흐린점은 $17.71 \pm 7.28 \Delta$, 분리점은 $20.98 \pm 8.61 \Delta$ 로 나타났고, 30분간 영상시청 후 흐린점은 $18.21 \pm 7.24 \Delta$, 분리점은 $22.00 \pm 8.31 \Delta$ 로 흐린점, 분리점 모두 2.82% 증가하였다. 폭주부족안은 30분간 영상시청 후 근거리 양성융합버전스의 변화는 흐린점이 $14.23 \pm 7.53 \Delta$ 에서 $15.68 \pm 6.60 \Delta$ 로 10.19% 증가하였고, 분리점은 $15.95 \pm 7.57 \Delta$ 에서 $17.23 \pm 6.69 \Delta$ 로 8.02% 증가하였다. 스마트폰 사용 전과

후 근거리 양성융합버전스는 정상안과 폭주부족안 모두 증가하는 경향을 보였으나 통계적으로 유의한 변화는 아니었다(Table 1).

근거리 양성융합버전스 측정 시 BO 프리즘 가입에 따라 폭주자극이 증가되면서 양안선명단일시를 위해 조절과 폭주상태를 유지시켜야 되는데, 폭주자극이 증가하여 양안선명단일시의 한계에 도달하게 되면 복시를 피하기 위해 폭주성 조절 또한 증가하여 흐린점이 생기다가 더 이상 융합이 불가능하게 되면 분리점이 발생하게 된다.^[30] 폭주부족안의 경우 부족한 융합성폭주로 인해 근거리 작업 시 조절노력에 따른 조절의 긴장상태가 상대적으로 높게 되어 정상안에 비해 내직근이 더 많이 긴장되어 있는 상태이다. 또한, 지속적인 근거리 작업은 융합을 유지하려는 조절 및 폭주의 노력이 증가함에 따라 폭주 적응이 발생하여 스마트폰 사용 전과 비교하여 흐린점 및 분리점의 변화율이 정상안보다 크게 나타났다고 판단된다. 스마트폰 사용 후 정상안의 조절성폭주는 3.27Δ 에서 3.79Δ 으로 증가하였지만, 폭주부족안의 경우 근거리 작업 시 양안 중심과 주시상태를 유지하기 위해 지속적인 조절에 따른 상호작용의 결과로 조절성폭주가 영향을 받아 1.72Δ 에서 1.55Δ 로 감소하였다고 판단된다. 이러한 결과는 안정피로 및 집중력 저하의 원인이 될 수 있을 것으로 보인다.

근거리 작업 전의 근거리 음성상대폭주(negative relative convergence, NRC)는 정상안의 경우 $11.52 \pm 4.75 \Delta$ 이었으며, 스마트폰을 이용한 근거리 작업 후에는 $11.02 \pm 4.21 \Delta$ 으로 나타나 약 0.50Δ 감소하였고, 폭주부족안의 경우

Table 1. The change of near positive fusional vergence (PFV) after watching a movie on a smartphone

	Near PFV	Before (Δ)	After smartphone (Δ)	p-value
Normal	Blur point	17.71 ± 7.28	18.21 ± 7.24	0.173
	Break point	20.98 ± 8.61	22.00 ± 8.31	0.329
Convergence insufficiency	Blur point	14.23 ± 7.53	15.68 ± 6.60	0.230
	Break point	15.95 ± 7.57	17.23 ± 6.69	0.244

Values are expressed as mean \pm SD.

*Significantly different at $p < 0.05$ (paired t-test)

Table 2. The change of near negative fusional vergence (NFV) after watching a movie on a smartphone

	Near NFV	Before (Δ)	After smartphone (Δ)	p-value
Normal	Blur point	11.52 ± 4.75	11.02 ± 4.21	0.171
	Break point	13.79 ± 5.46	14.07 ± 5.33	0.798
Convergence insufficiency	Blur point	15.09 ± 4.05	16.50 ± 3.77	0.219
	Break point	20.23 ± 3.68	20.05 ± 3.77	0.882

Values are expressed as mean \pm SD.

*Significantly different at $p < 0.05$ (paired t-test)

15.09±4.05 Δ에서 16.50±3.77 Δ으로 1.41 Δ 증가하였으나 통계적으로 유의한 변화는 아니었다(Table 2). 방법에서는 BI으로 표기 프리즘을 장입함에 따라 양안선명단일시를 유지하기 위해 음성 융합버전스가 요구되지만 한계에 도달하게 되면 조절 이완에 따른 음성 조절성 폭주가 유발되어 흐린 상태가 나타나게 되며 이후 복시가 나타나게 된다.^[31] 본 연구에서는 30분간의 근거리 작업 후 폭주부족안의 음성 융합버전스는 정상안과 비교하여 증가하는 경향을 보였다. 폭주부족안은 지속적인 근거리 작업 시 약한 융합성버전스로 인해 상대적으로 조절을 많이 하며, 이에 따른 상호작용의 결과로 조절성폭주가 더 영향을 받음으로 인해 이를 보상하여야 할 음성융합버전스 필요량도

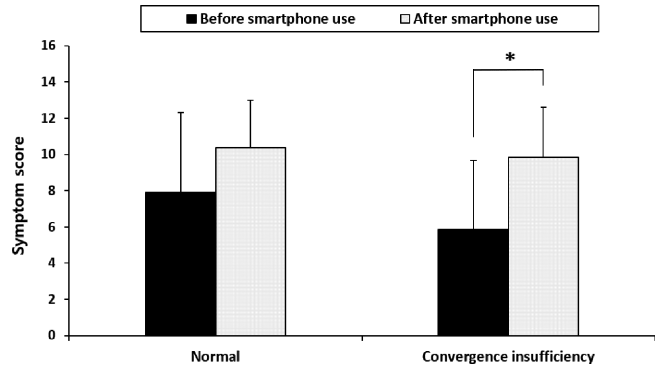


Fig. 7. The change of total subjective symptoms after watching a movie on a smartphone.
*Significantly different at p<0.05 (paired t-test)

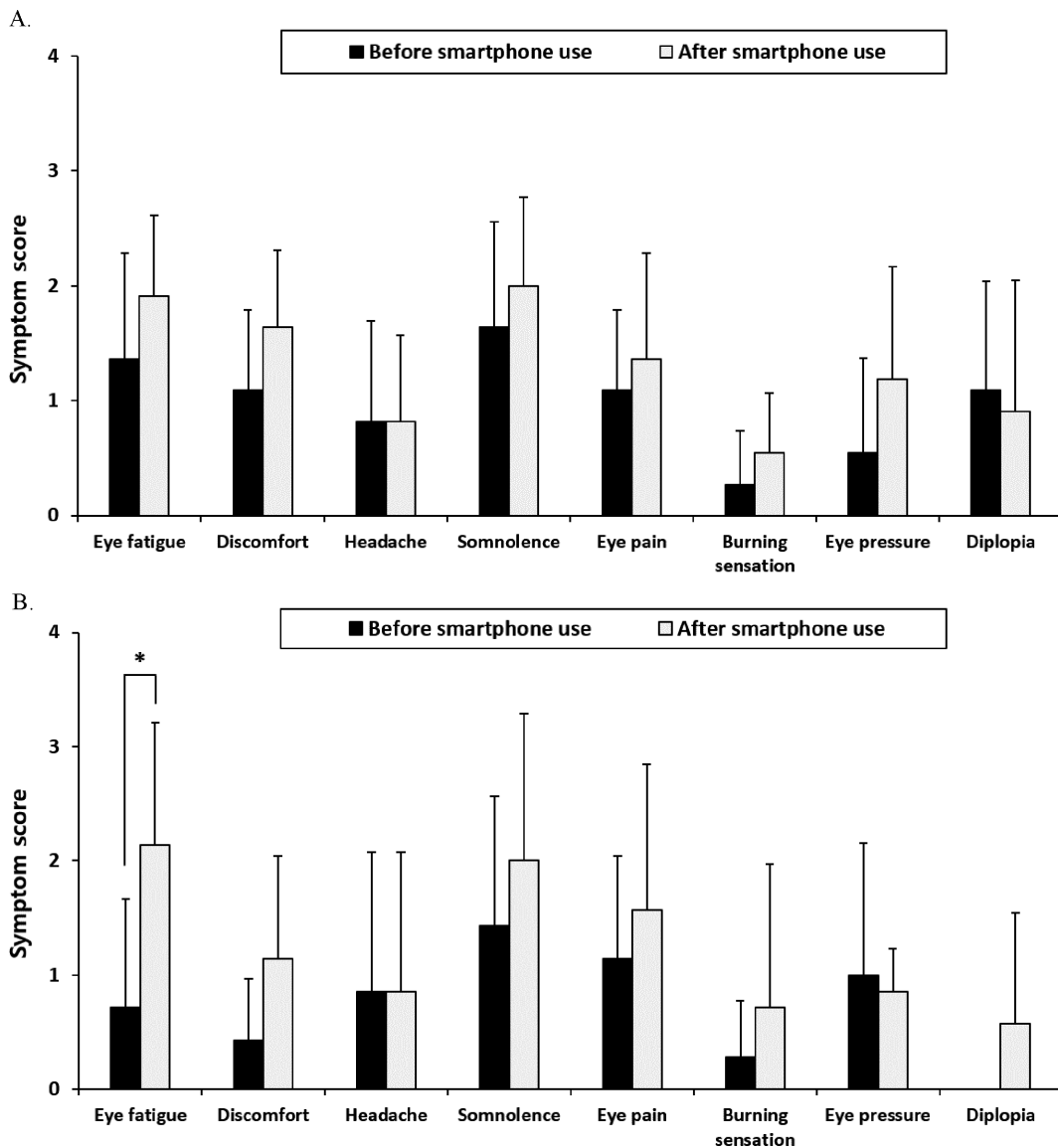


Fig. 8. The change of eye-related symptoms after watching a movie on a smartphone.
A. Normal group
B. Convergence insufficiency group
*Significantly different at p<0.05 (paired t-test)

정상안의 경우보다 높은 것으로 판단된다.

5. 자각증상

스마트폰 사용 전 안정피로와 관련된 자각증상들의 총점에 대한 평균은 정상안의 경우 7.91±4.39점이었고, 스마트폰 사용 후에는 10.36±3.80점으로 2.45점이 증가하였다. 30분간 스마트폰을 통한 영상시청 후 폭주부족안의 안정피로와 관련된 자각증상들의 총점에 대한 평균 변화는 5.86±2.61점에서 9.86±2.73점으로 4.00점이 증가하였다. 스마트폰을 이용한 근거리 작업 후 정상안과 폭주부족안 모두 안정피로가 증가하였으며, 폭주부족안의 경우 정상안보다 변화량이 높았고, 이는 통계적으로도 유의한 차이였다($p_{CI} = 0.025$)(Fig. 7).

안정피로와 관련된 자각증상 항목을 비교하였을 때 정상안의 경우 피로감, 불편감, 졸림, 안통, 작열감, 안구 압박감 항목에서 스마트폰을 통한 근거리 작업시에 자각증상이 증가하는 경향을 보였고, 두통 및 간헐적 복시 항목에서는 큰 변화를 보이지 않았다(Fig. 8A). 폭주부족안은 스마트폰을 사용 후 불편감, 졸림, 안통, 작열감, 간헐적 복시 항목에서 증가하는 경향을 보였고, 두통, 안구 압박감에서는 변화가 거의 없었지만 피로감에서 유의한 증가가 나타났다($p = 0.035$)(Fig. 8B). 스마트폰을 이용한 지속적인 근거리 작업 후 안구피로, 불편감, 졸림, 안통, 작열감 항목의 경우 정상안과 폭주부족안 모두 증가하였다. 영상을 시청한 후 집중도 저하와 관련된 자각증상에서 폭주부족안이 정상안보다 흐림, 집중력 저하 및 독서속도 저하 항목에서 상대적으로 높았다(Fig. 9).

20대가 스마트폰 게임과 스마트폰을 통한 영상 시청 후에 나타난 자각증상에 대해서 비교한 박 등^[32]의 연구에 따르면 게임과 영상 시청 후 모두 자각증상이 증가한다고 하였으며, 모니터를 통한 영상 시청과 스마트폰을 이용한 영상 시청 후 피로감에 대해 연구한 박 등^[13]에 의하면 대

상자 모두 모니터를 통한 영상 시청보다 스마트폰을 이용한 영상 시청에서 더 많은 피로감을 느낀다고 하였다. 또한, 김 등^[25]의 연구에서는 스마트폰의 경우 컴퓨터에 비해 상대적으로 시청 거리가 가까워 증가된 조절 및 폭주의 요구로 인해 눈의 피로가 더욱 가중된다고 하였다. 디지털기기 중 스마트폰은 화면의 크기가 작아 시선 이동이 크지 않기 때문에 근거리 작업 시 양안선명단일시를 위해 폭주 후 외안근의 긴장도가 지속적으로 유지되어야 하며, 상대적으로 휘도가 높은 스마트폰은 긴장성 조절에 영향을 주기 때문에 정상안과 폭주부족안 모두 스마트폰 사용 후 자각증상이 증가하였다. 정상안보다 상대적으로 융합성 폭주가 약한 폭주부족안의 경우 근거리 작업 시 중심와 주시상태를 유지하기 위해 더 많은 조절에 의한 조절성폭주가 지속적으로 작용하여 피로감이 높고, 이로 인해 집중력 저하 및 독서속도 저하가 높게 나타난 것으로 판단된다. 스마트폰은 다른 디지털기기에 비해 화면이 작고, 상대적으로 짧은 거리에서 작업이 이루어지므로 이에 따른 조절과 폭주에 관련된 근육들이 계속 긴장상태를 유지하기 때문에 지속적인 근거리 작업은 피로감과 안정피로를 증가시킬 것으로 보인다.

결론

본 연구는 스마트폰을 이용한 근거리 작업 후 폭주 기능의 변화를 정상안과 폭주부족안으로 구분하여 알아보았다.

폭주근점은 정상안의 경우 스마트폰 사용 후에 증가하는 경향을 보였고, 폭주부족안의 경우 큰 변화를 보이지 않았다. 원거리 사위도의 경우 정상안과 폭주부족안 모두 스마트폰 사용 후 외사위도가 감소하여 정위방향으로 이동하였으며, 통계적으로 유의한 변화였다. 근거리 사위도는 정상안과 폭주부족안 모두 외사위도가 감소하였지만, 폭주부족안에서만 유의한 차이가 있었다. 이는 정상안에

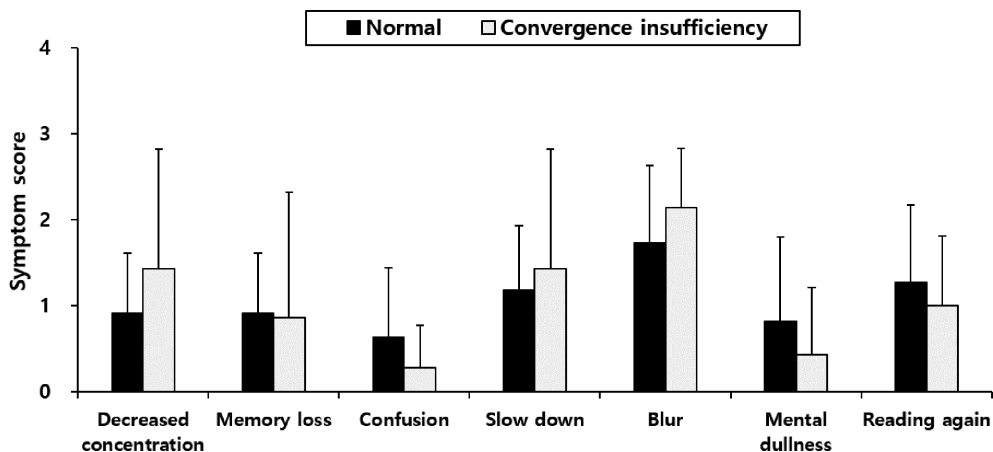


Fig. 9. The change of concentration-related symptoms after watching a movie on a smartphone.

비해 상대적으로 융합버전스가 부족한 폭주부족안이 지속적인 근거리 작업으로 인한 폭주적응의 결과라고 판단된다. AC/A 비는 정상안의 경우 스마트폰 사용 후 AC/A 비가 통계적으로 유의하게 감소하였고, 폭주부족안은 감소하는 경향을 나타냈다. 근거리 양성융합버전스는 정상안과 폭주부족안 모두 스마트폰 사용 후 증가하는 경향을 보였다. 음성상대폭주는 정상안의 경우 스마트폰 사용 후 큰 변화를 보이지 않았으며, 폭주부족안의 경우 증가하는 경향을 나타냈다.

스마트폰 사용 후 정상안과 폭주부족안에서 공통적으로 나타나는 자각증상은 안구 피로감, 불편감, 졸림, 안통, 작열감 등의 증상이었고, 안구 피로감은 폭주부족안에서만 스마트폰 사용 후 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다. 또한, 폭주부족안에서 스마트폰 사용 후 안정피로와 관련된 자각증상이 통계적으로 유의하게 증가하였다. 정상안보다 외사위도가 높은 폭주부족안의 경우 스마트폰 사용 시 사위를 보정하고 지속적으로 더 큰 긴장상태가 유지되어 근거리 작업 시 정상안보다 안정피로가 높게 나타나는 것으로 보인다.

본 연구는 동일한 조건에서 스마트폰 사용 후 정상안과 폭주부족안 간의 폭주 기능 차이가 나타났으므로 디지털 기기를 이용한 지속적인 근거리 작업은 정상안에 비해 폭주부족안에서 피로감과 관련된 안정피로가 높을 것으로 판단된다. 따라서 눈이 기본적으로 가지고 있는 폭주 기능에 따라 디지털기기를 통한 근거리 작업에 의해 받는 영향에 차이가 있게 되며, 이러한 차이가 근거리 작업시의 피로도 및 능률저하가 발생할 수 있는 정도가 다르므로 폭주 기능에 따른 작업시간의 배분이 필요하다고 여겨진다.

감사의 글

본 연구는 서울과학기술대학교 교내연구비의 지원으로 수행되었습니다.

REFERENCES

- [1] KISA(Korea Internet & Security Agency). 2017 Survey on the internet usage, 2018. <https://isis.kisa.or.kr/board/?pageId=070200&bbbsId=3&itemId=892>(9 February 2018).
- [2] Chosun Media. The smartphone has changed over the past decade, 2017. http://news.chosun.com/site/data/html_dir/2017/09/23/2017092300766.html(29 December 2017).
- [3] KCC(Korea Communications Commission). Survey on the smartphone usage, 2010. <http://www.kcc.go.kr/user.do?mode=view&page=A05030000&dc=K00000001&boardId=1113&boardSeq=29333>(10 February 2018).
- [4] MSIT(Ministry of Science and ICT, Korea). 2017 Result of research on dependence on smartphone, 2018. <http://www.msit.go.kr/web/msipContents/contentsView.do?catelId=mssw311&artId=1374954>(9 February 2018).
- [5] Agarwal S, Goel D, Sharma A. Evaluation of the factors which contribute to the ocular complaints in computer users. *J Clin Diagn Res.* 2013;7(2):331-335.
- [6] Thomson WD. Eye problems and visual display terminals-the facts and the fallacies. *Ophthalmic Physiol Opt.* 1998;18(2):111-119.
- [7] Lodin C, Forsman M, Richter H. Eye- and neck/shoulder-discomfort during visually demanding experimental near work. *Work.* 2012;41(Suppl 1):3388-3392.
- [8] Yaginuma Y, Yamada H, Nagai H. Study of the relationship between lacrimation and blink in VDT work. *Ergonomics.* 1990;33(6):799-808.
- [9] Contact Lens Spectrum. Continuing education: keeping up with ocular fatigue in the digital era, 2016. <http://www.clspectrum.com/articleviewer.aspx?articleID=114400>(7 February 2018).
- [10] Kundart J, Momeni-Moghadam H, Nguyen J, Hayes JR. Comparing binocular vision suppression on an e-reader versus a smartphone. *J Behav Optom.* 2012;23(5-6):152-155.
- [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] von Noorden GK, Campos EC. Binocular vision and ocular motility : theory and management of strabismus. 6th Ed. St. Louis: CV Mosby, 2002;500-507.
- [13] 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.
- [14] Lee JE, Choi AS. A study of luminous environment for standard illuminance in residential areas. *J Korean Inst Illum Electr Install Eng.* 2005;19(3):1-9.
- [15] Marran LF, De Land PN, Nguyen AL. Accommodative insufficiency is the primary source of symptoms in children diagnosed with convergence insufficiency. *Optom Vis Sci.* 2006;83(5):281-289.
- [16] Scheiman M, Mitchell GL, Cotter S, Cooper J, Kulp M, Rouse M et al. A randomized clinical trial of treatments for convergence insufficiency in children. *Arch Ophthalmol.* 2005;123(1):14-24.
- [17] Scheiman M, Wick B. Clinical management of binocular vision: heterophoric, accommodative, and eye movement disorders, 4th Ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2013;43.
- [18] Benjamin WJ. Borish's clinical refraction, 2nd Ed. St. Louis: Butterworth-Heinemann, 2006;940-941.
- [19] Scheiman M, Wick B. Clinical management of binocular vision: heterophoric, accommodative, and eye movement disorders, 4th Ed. Philadelphia: Lippincott Williams &

- Wilkins, 2013;39-40.
- [20] Barnhardt C, Cotter S, Mitchell GL, Scheiman M, Kulp MT. Symptoms in children with convergence insufficiency: before and after treatment. *Optom Vis Sci.* 2012;89(10): 1512-1520.
- [21] Um JH, Lee HJ, Kim JH, Kim HS, Park HJ, Sung DY et al. Function tests of binocular vision, 1st Ed. Seoul: Daihakseolim, 2011;162-165.
- [22] Scheiman M, Wick B. Clinical management of binocular vision: heterophoric, accommodative, and eye movement disorders, 4th Ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. 2013;58-59.
- [23] Kim SR, Park MO, Lee SY, Song JH, Lee JH, Choi HD et al. 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.
- [24] Kim S, 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.
- [25] 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.
- [26] Benjamin WJ. Borish's clinical refraction, 2nd Ed. St. Louis: Butterworth-Heinemann, 2006;103.
- [27] Sreenivasan V, Irving EL, Bobier WR. Effect of heterophoria type and myopia on accommodative and vergence responses during sustained near activity in children. *Vision Res.* 2012;57:9-17.
- [28] Paik HJ, Lim HT. Accommodation and convergence, anomalies of convergence. *J Korean Ophthalmol Soc.* 2012;53(12):1719-1726.
- [29] Benjamin WJ. Borish's clinical refraction, 2nd Ed. St. Louis: Butterworth-Heinemann, 2006;936-938.
- [30] Um JH, Lee HJ, Kim JH, Kim HS, Park HJ, Sung DY et al. Function tests of binocular vision, 1st Ed. Seoul: Daihakseolim, 2011;290-291.
- [31] Um JH, Lee HJ, Kim JH, Kim HS, Park HJ, Sung DY et al. Function tests of binocular vision, 1st Ed. Seoul: Daihakseolim, 2011;288-290.
- [32] Park JS, Choi MJ, Ma JE, Moon JH, Moon HJ. Influence of cellular phone videos and games on dry eye syndrome in university students. *J Korean Acad Community Health Nurs.* 2014;25(1):12-23.

스마트폰을 이용한 근거리 작업 후 20대 폭주부족안의 폭주 기능 변화

김소라¹, 박시윤¹, 여혜정¹, 김대연¹, 정지혜¹, 장호선¹, 신장철², 박미정^{1,*}

¹서울과학기술대학교 안경광학과, 서울, 01811

²부산과학기술대학교 안경광학과, 부산, 46639

투고일(2018년 2월 20일), 수정일(2018년 3월 9일), 게재확정일(2018년 3월 12일)

목적: 본 연구에서는 20대 폭주부족안이 스마트폰을 통한 근거리 작업을 하였을 때 폭주 기능 변화를 알아보고자 하였다. **방법:** 양안 교정시력 및 나안시력이 0.8 이상인 20대의 시기능을 검사하여 선별한 정상안 22명(27.60±2.20세)과 폭주부족안 11명(26.53±2.54세)을 시험대상으로 하였다. 스마트폰 사용 전과 30분 동안 스마트폰을 통한 영상 시청 후에 폭주근점, 사위도, AC/A 비, 융합버전스 및 자각증상을 측정하여 비교·분석하였다. **결과:** 스마트폰 사용 후 폭주근점은 정상안의 경우 멀어지는 경향을 보였으며, 폭주부족안은 큰 변화가 없었다. 원거리 사위도는 정상안과 폭주부족안 모두 유의하게 정위방향으로 이동하였으며, 근거리 사위도는 폭주부족안에서만 유의한 차이를 보였다. 영상시청 후 AC/A 비는 정상안에서만 유의한 차이를 보였고, 근거리 양성 및 음성융합버전스는 정상안과 폭주부족안에서 큰 변화가 나타나지 않았다. 자각증상의 경우 폭주부족안은 안정피로와 관련된 자각증상이 유의하게 증가하였고, 안구 피로감에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 안구 피로감, 불편함, 줄림, 작열감 항목의 경우 정상안과 폭주부족안 모두 증가하였으며, 폭주부족안에서는 흐림, 집중력 저하 및 독서속도 저하가 정상안에 비해 상대적으로 높게 나타났다. **결론:** 폭주 기능에 따라 일정 시간 스마트폰을 통한 근거리 작업 시 피로도 및 폭주 기능이 달라지며, 이는 흐림 및 집중력 저하의 원인이 될 수 있으므로 폭주 기능에 따른 작업시간의 배분이 필요함을 제안한다.

주제어: 스마트폰, 폭주부족, 폭주근점, 사위도, AC/A 비, 융합버전스, 자각증상

[Appendix]

자각 증상 설문지

본 설문조사는 스마트폰을 사용한 근거리작업과 관련된 설문지입니다. 바쁘시더라도 다음 문항을 읽어 보시고 귀하의 상황에 일치하는 문항에 (V)를 해주시기를 바랍니다. 본 설문은 저희 학술적인 용도 외에는 절대 사용하지 않을 것이며 작성해주신 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.
- ※ 문제 설명 : 아래에 나오는 질문들에 대해서 당신이 독서하거나 근거리 작업을 하고 있을 때, 눈에 어떠한 느낌이 있는지 대답해주시시오.

● **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 아픴을 느끼는가?					
4 졸린 것을 느끼는가?					
5 눈이 아픈가?					
6 눈에 타오르는 통증을 느끼는가?					
7 당신의 두눈 주위를 누르는듯 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 아픴을 느끼는가?					
4 졸린 것을 느끼는가?					
5 눈이 아픈가?					
6 눈에 타오르는 통증을 느끼는가?					
7 당신의 두눈 주위를 누르는듯 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 형상을 띄는가?					
12 독서를 느리게 한다고 느끼는가?					
13 단어들이 흐려지거나 초점이 흐트러지는 것을 알아차리는가?					
14 당신의 정신을 놓는가?					
15 같은 문장을 다시 읽어야 하는가?					
총계					