



The Changes in Convergence Function of Accommodative Anomalies in their Twenties after Watching Video on a Smartphone

So Ra Kim, Howon Kwak, Min Sung Kang, Se Il Kim, and Mijung Park*

Dept. of Optometry, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 01811, Korea
(Received February 13, 2017; Revised March 12, 2017; Accepted June 15, 2017)

Purpose: The present study was conducted to investigate whether the change in visual function of accommodative anomalies in their twenties after watching video on a smartphone was different from that of normal subjects. **Methods:** One hundred and thirty two subjects in their twenties (21.7 ± 1.5 years) with a corrected or uncorrected visual acuity of 0.8 or better were examined and classified according to the visual function. The subjects were classified into normal, accommodative excess (AE), and accommodative insufficiency (AI) groups. Near point of convergence (NPC), phoria, AC/A ratio, were measured before and after watching video on a smartphone for 30 minutes. **Results:** After watching video on a smartphone, NPC of AE and AI group tended to increase more than normal group. Distance and near phoria were shifted toward ortho position in all groups, distance phoria of normal and AE groups was significantly change. AC/A ratio in AE and normal groups reduced after watching video on a smartphone and in normal group, it significantly decreased. Subjective symptoms such as eye fatigue, discomfort, and somnolence were increased in all groups. Diplopia was seen in the accommodative anomalies but not in the normal group. **Conclusions:** From the results, it was confirmed that the change in visual function after watching video on a smartphone requiring constant accommodation and convergence for a period of time also varied due to individual difference in accommodation function. This study suggests that the working environment and the use time should be adjusted according to user's accommodative function when using a smartphone.

Key words: Smartphone, Accommodative anomalies, Near point of convergence, Phoria, AC/A ratio, Symptom

서 론

스마트폰(smartphone)의 활용도는 경제, 문화, 예술, 사회분야에 이르기까지 전반적인 범위가 넓어지고 있다. 손쉽게 정보 획득을 할 수 있고 커뮤니케이션이 가능한 창으로 지식 습득이 용이하며, 전자 상거래와 오락 및 내비게이션 등의 다양한 확장성으로 인해 현대인들의 스마트폰 사용자수는 2016년 현재 4천6백만명을 넘어섰다.^[1,2] 또한 모바일인터넷 이용자의 72.4%는 모바일인터넷을 통해 삶의 질이 상승했으며, 71.9%는 모바일인터넷을 유선인터넷보다 선호하는 것으로 보고하였다.^[1] 이처럼 스마트폰은 '손안의 PC'라고 정의할 만큼 편리함과 휴대가 용이해 간단한 인터넷 검색에서부터 동영상, 모바일메신저 등의 다양한 작업을 언제 어디서나 빠르게 수행할 수 있는 기능을 장점으로 사용 시간이 계속 증가하여 모바일인터넷 일평균 사용시간이 1시간 54분으로 보고되고 있으며 스마트폰 이용자의 11.8%가 스마트폰 중독군으로 분류될

만큼 우리의 삶에서의 비중이 높아지고 있다.^[1,3]

지식정보산업의 발달로 근거리 업무가 많아진 일상생활에서 눈의 조절능력의 비중은 더욱 커지고 있으며,^[4,5] 장시간동안 근거리에서 이루어지는 작업의 경우 더욱 가중될 수 있다. 특히 디스플레이를 통한 근거리 작업을 하게 될 경우 눈의 피로, 두통, 안구 통증, 안구 건조증, 복시 및 흐림과 같은 CVS(computer vision syndrome) 증상과 최대조절력, 조절용이성, 상대조절력 등의 조절기능 저하가 유발되고, 폭주근점 및 융합여력 변화와 같은 시기능의 문제가 발생할 수 있으며,^[6-8] 계속된 근거리 작업은 2차적으로 원거리 물체가 흐려보이는 것과 같은 불편이 생길 수 있다. 조절력의 변화는 노안과 같은 조절력 감소와 관련된 생리적인 변화에 의해 발생할 수 있지만, 일반적으로 노안이 시작되기 이전인 20대에서 발생할 경우 비정상적인 유형 중 하나인 조절기능이상으로 분류되며, Duane's system에 의해 조절부족(accommodative insufficiency), 조절쇠약(ill-sustained accommodation), 조절마비(paralysis of accommodation), 조절불균형

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

(unequal accommodation), 조절과다(accommodative excess), 조절용이성부족(accommodative infacility)으로 나눌 수 있다.^[9,10]

스마트기기의 경우 컴퓨터에 비해 상대적으로 시청 거리가 가까워 조절 및 폭주로 인해 눈의 피로가 더욱 가중된다.^[11] 조절과 폭주기능은 분리된 교차결합에 의한 협동안운동(synkinetic eye movement)으로 폭주와 조절이 함께 일어나는 기전작용이다. 하지만 조절 이상안은 조절과 폭주의 상호관계가 정상안과 다르게 균형이 맞지 않으므로 근거리 작업시 문제가 야기될 수 있다. 스마트폰 사용 후의 조절 변화에 대한 연구가 진행된 바 있으나,^[12] 시기능 이상안을 분류하지 않은 상태에서 진행되었기에 개개인의 시기능에 의해 나타날 수 있는 스마트폰 사용 후의 변화를 밝히지 못했다.

이에 본 연구는 정상안과 조절기능 이상안에게 스마트폰을 사용하여 근거리 작업을 하도록 한 후 폭주근점, 원거리 및 근거리 사위도, 조절대비 조절성폭주비(accommodative convergence/accommodation ratio, AC/A비), 자각증상을 비교해 보았다. 본 연구를 통해 스마트폰을 사용한 지속적인 근거리 작업 시 조절기능이 다른 눈에서 유발되는 폭주기능의 차이 여부와 그 차이의 정도를 알아보고 이러한 시기능 변화 차이가 자각증상과는 어떠한 관계가 있는지를 밝히고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구대상 및 실험조건

본 연구의 취지를 이해하고 참여하는 데 동의하며 안질환과 전신질환이 없는 콘택트렌즈 착용 교정시력 및 나안시력이 0.8 이상인 남녀 132명(21.7±1.5세, 남 57명, 여 75명)을 대상으로 양안시기능 검사를 실시하여 조절이상안, 폭주이상안, 정상안으로 분류하였다. 스마트폰에 의한 시기능 검사를 위해서 본 연구에 참여하는 것을 동의하고 콘택트렌즈 착용에 불편함이 없는 대상자들 중 정상안 27명, 조절과다 5명, 조절부족 7명을 선정하여 실험을 실시하였다. 대상안의 숫자가 많은 정상안의 경우는 실험이 가능한 피검자들 중 무작위로 선정하였다.

피검자들의 굴절이상을 콘택트렌즈를 이용하여 완전교정한 후 A사의 스마트폰(화면크기: 4.27 inch, 해상도: WVGA 800*480, 휘도: 138 cd/m²(nit))을 이용하여 영화 '스파이더맨2(한글자막, 자막크기: 3 mm)'를 처음 장면부터 30분간 시청하게 하였다. 스마트폰을 이용한 근거리 작업으로 영상시청을 이용한 것은 스마트폰을 사용한 자료 및 정보습득의 경우 피검자의 습관이나 관심도에 따라 화면의 글자 크기나 움직임 속도 등에 차이가 있을 수 있어

동일한 조건하에서 근거리 작업을 할 수 있는 조건을 맞추기 위해서였다. 영상시청 전과 후에 각각 폭주기능 검사를 실시하여 변화를 분석하였다. 시청시 거리는 35~40 cm를 기준으로 하였으며 시청각도는 10~15 도를 유지하게 하였다. 실험에서 사용한 조도는 스마트폰을 사용하여 영화나 다른 동영상 감상시 실내 조도에서 이루어지기 때문에 일반적인 실내 조도인 470±30 lx를 유지하였으며 스마트폰의 화면 밝기는 자동설정으로 하였다. 실험 전 피검자들을 자동굴절계(CHAROPS MRK-2000, Huviz, Korea)와 포롭터(JP/RT-600, Nidek, Japan)를 이용하여 완전교정하였다.

2. 시기능 및 자각증상 검사

대상안들의 시기능을 알아보기 위해 1:00~6:00 PM 사이에 폭주근점, 사위도, AC/A비, 최대조절력, 상대조절, 조절래그, 조절용이성, 융합버전스 검사를 실시하여 Morgan 값^[13]을 기준으로 분류하였다. 스마트폰 사용으로 인한 폭주기능 변화를 위해서는 스마트폰 사용 전후에 폭주근점, 사위도, AC/A비 검사를 실시하였다.

1) 폭주근점, 사위도 및 AC/A비 검사

폭주근점은 완전교정상태에서 조절측정자(ACnA Scaler, Nado Korea, Korea)를 사용하여 'Push-up'방법을 이용하였다.^[14] 사위도 검사는 원거리 완전교정상태에서 원거리용 토링톤카드(Distance Thorington Card 5357, Richmond Products, USA)를 사용하였으며, 마독스로드를 장용하여 원거리 사위를 측정하고, 근거리는 펜라이트(Opto, China)를 40 cm에 위치시키고 마독스로드를 장용하여 수평사위를 측정하였다. 원거리와 근거리의 AC/A비는 PD와 원거리 사위도를 이용하여 계산 AC/A 비를 측정하고, 주시거리를 일정하게 유지시키고 렌즈의 굴절력을 변화시켜 조절을 이완하는 +1.00 D 렌즈 부가법을 이용하여 40 cm에서 근거리 사위 검사와 동일한 방법으로 경사 AC/A 비를 측정하여 구하였다.^[15]

2) 융합버전스 검사

원거리 융합버전스(fusional vergence, FV)는 원거리 완전교정상태에서 자동 포롭터(AV-9000, Pichina, 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.^[15]

4) 최대조절력, 상대조절, 조절용이성 및 조절래그 검사

최대조절력 검사는 대상자가 원거리를 정면 주시한 상태에서 조절측정자의 0.7 시표를 주시하게 한 후 push-up 방법으로 폭주의 개입이 배제된 단안 최대조절력을 측정하였다.^[16] 즉, 시표가 흐려 보이는 지점에서 거리를 측정하여 디오퍼터로 환산하였다.

원거리 완전교정 상태에서 포롭터를 이용하여 40 cm 근거리 시표 중 0.7 시표를 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.^[17]

조절용이성 검사는 포롭터용 근거리 시표(PCARD, Bernell, USA)를 40 cm 거리에 위치시키고 0.7 시표를 주시시킨 후 ±2.00 D의 플리퍼(BC1270, Bernell, USA)를 사용하여 대상자들의 양안 및 단안 조절용이성을 측정하였다. 즉, +2.00 D 렌즈를 눈앞에 위치시키고 시표가 선명하게 보이던 -2.00 D 위치로 반전시켜 선명하게 보였을 때를 1회로 간주하여 1분 동안 선명하게 반전시킨 횟수를 측정하였다.^[18]

5) 자각증상 검사

실험전의 자각증상과 스마트폰을 사용한 실험 후의 자각증상을 비교분석하였다. 자각증상 검사는 안구피로, 불편함, 두통, 졸림, 안통, 작열감, 압박감, 복시 항목과 동영상 시청시 변화한 집중력 저하, 기억력 저하, 일렁임, 속도저하, 흐려짐, 멍함, 다시읽기 항목을 이해하기 쉽게 서술된 자각증상 검사지를 사용하였다. 점수는 0-4점으로 구성된 5단계 척도로 높은 점수일수록 증상의 빈도가 높음을 의미한다(Appendix).^[19]

3. 통계처리

검사값은 평균±표준편차로 나타내었으며 실험결과의 통계적 분석을 위하여 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. 조절이상안의 분포도

총 검사자 132명 중 정상안, 폭주이상안, 조절과다안, 조절부족안 순서대로 83명(63%), 21명(16%), 9명(7%), 9명

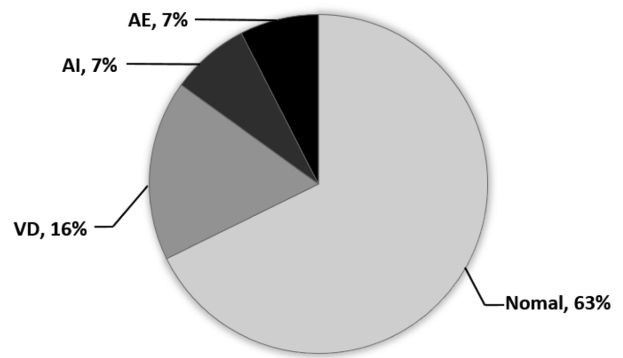


Fig. 1. The classification of subjects based on their visual function.

AE : Accommodative Excess
AI : Accommodative Insufficiency
VD : Vergence Dysfunction

(7%)이었다(Fig. 1). Porcar와 Martinez-Palomera^[20]에 의하면 대학생 65명 중 32.3%가 양안시 이상이였으며, 10.8%가 조절과다이고 6.2%가 조절부족이라고 하여 본 연구결과와 비교하여 조절과다안이 다소 많은 것으로 나타났다. Garcia-Muñoz 등^[21]의 연구에서는 175명의 18세에서 35세의 대학생 중 조절기능 이상이 2.29%라고 보고한 바 있어 본 연구결과 및 Porcar와 Martinez-Palomera^[20]의 연구결과와 비교하여 조절기능 이상안의 숫자가 크게 적은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 실험대상의 인종, 연령, 시기능 검사방법 등의 차이에 의해 나타난 것으로 보여진다.

2. 폭주근점 변화

정상군의 스마트폰 사용 전 폭주근점은 6.37±3.10 cm이었고, 사용 후 6.62±3.71 cm로 증가했다. 조절과다군은 사용 전 5.84±1.74 cm에서 사용 후 7.78±2.32 cm로, 조절부족군은 사용 전 8.44±4.10 cm에서 사용 후 9.74±5.07 cm로 폭주근점이 증가했다. 스마트폰 사용 전-후의 폭주근점은 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았지만(p_{normal}=0.163, p_{AE}=0.742, p_{AI}=0.354), 폭주근점이 전체적으로 멀어지는 양상을 볼 수 있었다. 특히 조절과다군이 33.1%로 가장 큰 변화율을 보였고, 조절부족군은 15.4%였으며, 정상군이 4.6%로 가장 적은 변화율을 나타내었다(Fig. 2). 스마트폰을 30분간 사용한 후, 정상군 중에 폭주근점이 증가한 경우는 64.3%, 감소 28.6%, 변화없음 7.1%이었다. 조절과다군에서는 증가 57.1%, 감소 28.6%, 변화없음 14.3%이었고, 조절부족군에서는 증가 40%, 감소 40%으로 같은 비율을 보였고 변화없음 20%으로 나타났다(Fig. 3). 폭주근점측정은 피검자의 코를 향해 타게트를 접근시킬 때 단일시 상태의 선명한 상을 유지하여야 하며 이때 폭주성분인 조절성폭주, 양성융합버전스 및 근점성 폭주가 결합된 상태를 가지게 된다. 만약 양성융합버전스가 부족

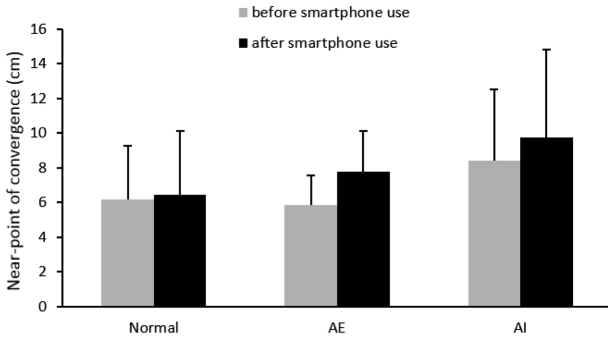


Fig. 2. The change of near point of convergence after watching video on a smartphone.

AE: Accommodative Excess
 AI: Accommodative Insufficiency
 *Significantly different at $p < 0.05$ (paired t-test)

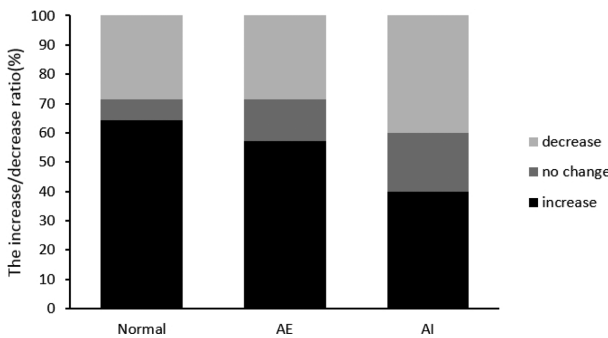


Fig. 3. The ratio of increase and decrease in near point of convergence after watching video on a smartphone.

하면 폭주근점 평균 예상치에 영향을 주게 된다. 따라서 폭주근점은 양성융합버전스를 간접적으로 반영된 것이라 볼 수 있다.^[22] 김 등^[23]의 연구에서는 20대가 스마트폰을 사용하였을 때 양성융합버전스가 통계적으로 유의하게 감소하였으며 스마트기기의 경우 컴퓨터에 비해 상대적으로 시정 거리가 가까워 증가된 조절 및 폭주의 요구로 인해 눈의 피로가 더욱 가중된다고 하였다.^[11] 박 등^[12]과 권 등^[24] 연구에서는 20대와 40대에서 스마트폰을 사용하였을 때 40대의 경우 양성상대조절이 통계적으로 유의하게 감소하였지만 20대의 경우는 유의하지 않고 연령에 따라 감소폭이 달라짐을 확인할 수 있었고 연령에 따라 조절량의 변화 정도와 안정피로에 의한 폭주능력의 감소 정도가 다를 수 있었다. 본 연구에서도 스마트폰으로 근거리 작업을 하였을 때 폭주근점이 증가하는 경향을 보였으며, 동일 연령대이지만 개인의 조절능력에 따라서 폭주근점의 변화 정도가 달라진다는 것을 확인할 수 있었다.

스마트폰을 일정시간 지속적으로 사용하면 조절력이나 사위의 양만큼 양안 중심과 주시상태를 유지하기 위해 지속적으로 양성융합버전스를 사용해야 된다. 근거리 사물을 주시할 때 흐림으로 반사성 조절이 유도되며 이는 이 향운동을 일으키게 되고 망막시차는 조절을 유도하여 조

절과 폭주의 상호작용으로 양안단일선명시를 유지하도록 한다.^[25] 보통 성인의 경우는 풍부한 조절력과 폭주기전으로 인해 흐림으로 이행되기보다 안정피로를 느끼며 근거리 작업을 진행하게 된다. 본 연구에서 조절이상군은 정상군보다 폭주근점의 증가폭이 높았으며 더 멀어지는 경향을 보였다. 조절부족군은 계속된 조절과 상대적으로 약한 융합버전스로 인해 폭주근점이 세군 중 가장 멀어지는 경향을 볼 수 있었으며 조절과다군의 경우 과도한 조절과 폭주의 상호작용으로 인해 안정피로가 높아져 가장 많이 증가한 것으로 생각된다.

3. 사위도 변화

스마트폰 사용 전의 원거리 사위도는 정상군의 경우 $-1.63 \pm 1.93 \Delta$ 에서 사용 후 $-0.75 \pm 2.42 \Delta$ 로 정위 방향으로 53.7% 이동하였고, 조절과다군의 경우에는 $-2.07 \pm 1.72 \Delta$ 에서 $-1.29 \pm 1.35 \Delta$ 로 정위 방향으로 37.9% 이동하였다. 조절부족군의 경우는 $-1.80 \pm 4.92 \Delta$ 에서 $1.40 \pm 3.65 \Delta$ 만큼 내사위 방향으로 177.8% 이동하였다. 스마트폰 사용 전·후의 원거리 사위도는 정상군과 조절과다군에서 통계적으로 유의한 차이($p_{\text{normal}} = 0.004$, $p_{\text{AE}} = 0.047$)를 나타냈다. 조절부족군의 경우 평균값의 변화가 가장 컸으나 이러한 결과는 피검자의 수가 상대적으로 적고, 피검자 1명의 프리즘 디옵터 변화량이 17 Δ 로 매우 컸기 때문 것으로 보인다(Fig. 4). 스마트폰 30분 사용한 후 정상군의 원거리 사위도가 정위 방향으로 이동한 경우는 64.3%, 외사위 방향으로 이동한 경우는 10.7%, 변화없음은 25.0%이었고, 조절과다군에서는 정위 방향으로 이동한 경우는 57.1%, 변화없음 42.9%이었다. 또한 조절부족군에서는 정위 방향으로 이동한 경우가 40%, 외사위 방향으로 이동한 경우 20%, 그리고 변화없음 40%이었다(Fig. 5).

근거리 사위도의 경우 정상군은 스마트폰 사용 전 $-3.63 \pm 4.24 \Delta$ 에서 사용 후 $-3.14 \pm 4.60 \Delta$ 로 정위 방향으로

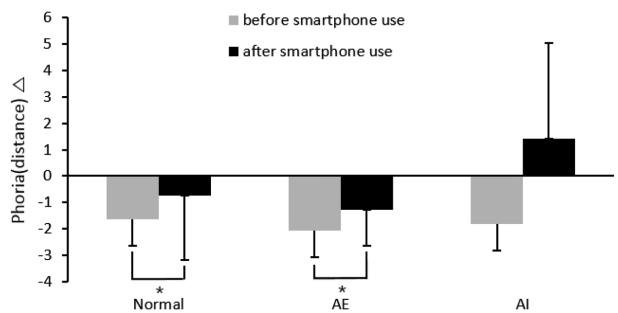


Fig. 4. The change of distance heterophoria after watching video on a smartphone.

AE: Accommodative Excess
 AI: Accommodative Insufficiency
 * Significantly different at $p < 0.05$ (paired t-test)

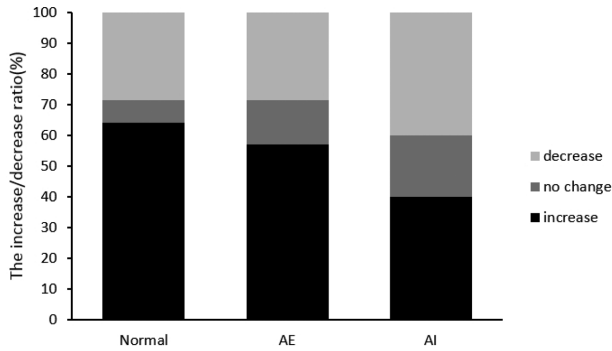


Fig. 5. The ratio of increase and decrease in distance heterophoria after watching video on a smartphone.

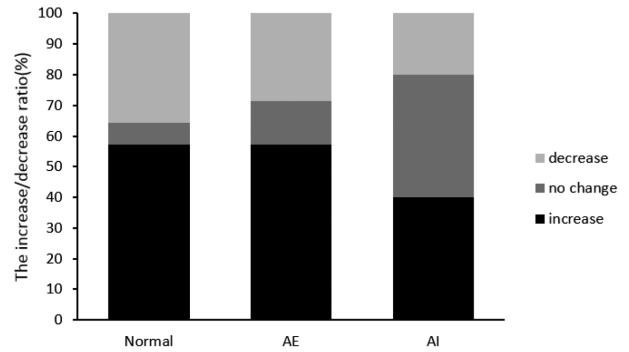


Fig. 7. The ratio of increase and decrease in near heterophoria after watching video on a smartphone.

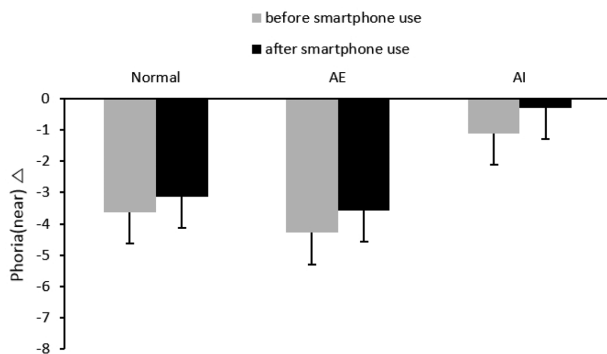


Fig. 6. The change of near heterophoria after watching video on a smartphone.
 AE: Accommodative Excess
 AI: Accommodative Insufficiency
 * Significantly different at $p < 0.05$ (paired t-test)

13.4% 이동했고, 조절과다군은 사용 전 -4.29 ± 4.19 Δ에서 사용 후 -3.57 ± 3.39 Δ로 정위 방향으로 16.7% 이동하였다. 조절부족군은 스마트폰 사용 전 -1.10 ± 2.46 Δ에서 사용 후 -0.30 ± 3.19 Δ만큼 정위 방향으로 72.7% 이동하였다. 스마트폰 사용 전·후의 근거리 사위도는 조절부족군의 경우 스마트폰 사용 후 사위도가 72.7% 변화되어 정상군이거나 조절과다군에 비해 큰 폭의 변화를 보였다(Fig. 6). 스마트폰 사용에 의해 정상안군에서 근거리 사위도가 정위 방향으로 이동한 경우는 57.1%, 외사위 방향으로 이동한 경우는 35.7%, 변화없을 경우는 7.1%이었고, 조절과다군은 정위 방향 57.1%, 외사위 방향 28.6%, 변화없을 14.3%이었다(Fig. 7). 또한 조절부족군은 정위 방향 40%, 외사위 방향 20%, 변화없을 40%이었다(Fig. 7). 근거리 사위도의 경우에는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았지만($p_{\text{normal}} = 0.221$, $p_{\text{AE}} = 0.166$, $p_{\text{AI}} = 0.338$), 전체적으로 근거리 사위도의 방향은 정위 방향으로 이동하였다.

Sreenivasan^[26]등은 일상에서 지속적인 근거리 활동은 사위도와 긴장성 조절의 변화를 일으키는 이항과 조절적응(vergence adaptation and accommodative adaptation)과 관

련 있음을 보고하였고 지속적인 근거리 작업은 정시와 근시의 외사위 및 내사위에서 사위도가 감소하는 shift현상으로 인해 정위방향으로 이동하는데 이는 폭주 적응의 결과로 판단된다고 하였다. 폭주 및 융합을 유지하려는 노력이 증가하면 이항적응반응이 유발될 수 있다.^[27] 또한 폭주계 루프에서 시차검출의 민감도가 높아지면 지속적으로 신경계를 자극하게 되어 느리지만 효율적인 이항운동을 위해 SVA(slow vergence adaptation) 메카니즘을 촉진하게 된다. 폭주의 반응이 빨라지게 되면 교차결합관계인 조절계에서도 루프로 인해 흐림 검출의 민감도가 높아져 조절반사제어를 증대시키게 되어 정확하고 안정되게 조절성 폭주 신경공급을 제공할 수 있게 되므로 시기능이상안의 경우 폭주와 융합에 의한 적응반응이 유발되어 근거리 작업 후 폭주에 영향을 더 끼쳤을 것으로 생각된다.^[28,29]

본 연구에서 각 군 간에 사위도 크기의 차이는 있었지만 원거리 사위는 정상군과 조절과다군에서 유의하게 정위방향으로 변화하였으며, 근거리 사위의 경우 통계적으로 유의하지는 않았지만 세군 모두 사위도가 정위방향으로 변화되는 경향을 나타내며 이항적응반응이 유발된 것으로 생각된다.

4. AC/A비 변화

스마트폰 사용 전의 정상군의 AC/A비는 4.11 ± 1.91 이었으며 사용 후에는 3.16 ± 1.59 로 감소하였고, 조절과다군은 사용 전 3.50 ± 1.50 에서 사용 후 2.93 ± 1.32 로 16.3% 감소하였다. 조절부족군은 사용 전 3.50 ± 1.73 에서 사용 후 3.60 ± 2.07 로 2.9% 증가하였다. 스마트폰 사용 전·후의 AC/A비의 변화량을 비교하였을 때, 정상군이 -22.9% 로 가장 많은 변화를 보였고, 조절과다군은 -16.3% 로 정상군과 차이가 없었으나 조절부족군은 2.9%의 변화를 보여 조절부족군의 변화량이 적음을 알 수 있었다. 조절과다군과 조절부족군의 경우 통계적으로 유의하지 않았고($p_{\text{AE}} = 0.297$, $p_{\text{AI}} = 0.854$), 정상군의 경우 통계적으로 유의한 차이($p_{\text{normal}} =$

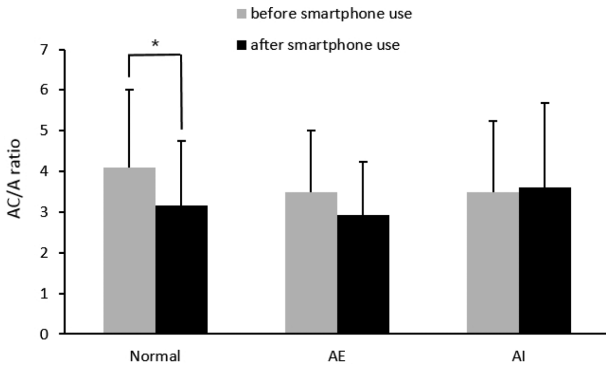


Fig. 8. The change of accommodative convergence/accommodation ratio after watching video on a smartphone. AE: Accommodative Excess AI: Accommodative Insufficiency * Significantly different at p<0.05 (paired t-test)

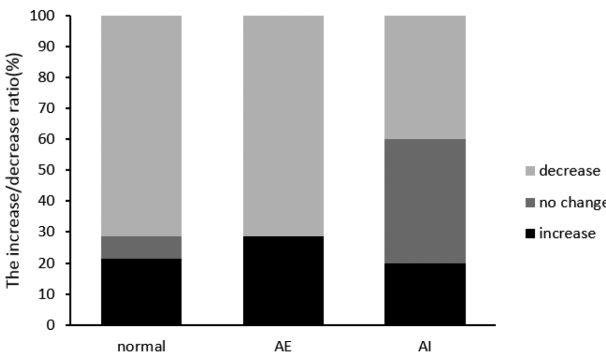


Fig. 9. The ratio of increase and decrease in accommodative convergence/accommodation ratio after watching video on a smartphone.

0.026)를 보였다(Fig. 8). 스마트폰 사용으로 인해 정상군의 경우 AC/A비가 증가한 경우는 21.4%, 감소는 71.4%, 변화없음 7.1%였으며, 조절과다군은 증가 28.6%, 감소 71.4%였고, 조절부족군의 경우 증가 20%, 감소 40%, 변화없음 40%로 나타났다(Fig. 9).

AC/A비는 조절계와 버전스계의 교차연결된 상대적인 강도를 나타낸다. 조절자극이 일정할 때 버전스와 조절의 상호작용 및 조절계의 음성 피드백 회로가 버전스 변화를 주어 조절 변화의 반대로 시차성버전스를 유발시킨다.^[30] 또한 양안선명단일시 영역은 조절근점부터 원점까지 모든 조절성 폭주반응을 포함하고 있어 조절성 폭주반응은 영역에 따른 이항반응요구에서 조절 상태를 측정하여 생성된다. AC/A비는 측정 순간 SVA와 SAA(slow accommodative adaptation) 메커니즘에 따라 얻게 되는 신경신호의 양이 달라지게 되므로 느리지만 효율적인 이항 또는 조절운동을 위해 발생하는 SAA 메커니즘이 SVA 메커니즘보다 더 큰 비례의 양을 얻게 된다면, 높은 조절은 적은 양의 폭주를 동반하게 된다.^[26,30]

30분간의 스마트폰을 통한 근거리 작업으로 정상안의

경우 조절에 대한 폭주비가 낮아졌다. 근거리 사물을 주시할 때의 흐림으로 인해 반사성 조절이 유도되며 이는 이항운동을 일으키게 되고 망막시차는 조절을 유도하여 조절과 폭주의 상호작용으로 양안선명단일시를 유지하도록 하는데,^[27] 조절과 폭주의 피로로 인해 흐림이후의 유도과정이 낮아져 근거리 작업 후 정상안과 조절과다군에서 AC/A비가 감소한 것으로 생각할 수 있으며 조절과다군의 경우 흐림으로의 진행이 정상안에 비해 적게 되므로 상대적으로 감소율이 낮은 것으로 보인다. 반면 조절부족군의 경우 부족한 조절기능으로 인해 30분 동안의 낮은 조절에 대한 폭주 적응으로 볼 수 있다.

5. 자각증상

스마트폰 사용 전 정상군의 안정피로와 관련된 자각증상들의 총점은 8.55±4.18이었고, 사용 후에는 10.45±3.78, 조절과다군은 사용 전 11.80±4.44, 사용 후 12.40±5.13, 조절부족군은 사용 전 13.67±8.39, 사용 후 14.67±7.51로 나타나 스마트폰 사용 전과 후 모두 조절부족군의 자각증상 빈도가 가장 높게 나타났고, 정상군의 자각증상 빈도가 가장 낮았지만 통계적으로 유의한 차이는 아니었다(Fig. 10). 정상군의 스마트폰 사용 후 자각증상 빈도는 조절이상안의 스마트폰 사용 후 안정피로와 관련된 자각증상 빈도보다 더 낮은 경향을 나타내었다.

자각증상 항목별 점수를 비교하였을 때 정상군은 안구피로, 불편함, 졸림, 안통, 작열감, 안구압박감 항목에서 스마트폰 사용시에 자각증상의 빈도가 더 증가하는 경향을 보였고, 두통과 복시는 변화가 없거나 감소하였지만 통계적으로 유의한 변화는 아니었다(Fig. 11a). 조절과다군은 안구피로, 불편함, 복시 항목에서 스마트폰 사용 후 자각증상 빈도가 더 증가하는 경향을 보였으며(Fig. 11b) 조절부족군은 안구피로, 졸림, 복시 항목에서 자각증상 빈도가

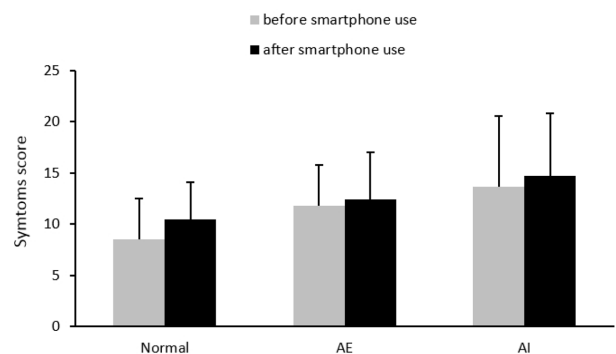


Fig. 10. The change of total subjective symptoms after watching video on a smartphone. AE: Accommodative Excess AI: Accommodative Insufficiency * Significantly different at p<0.05 (paired t-test)

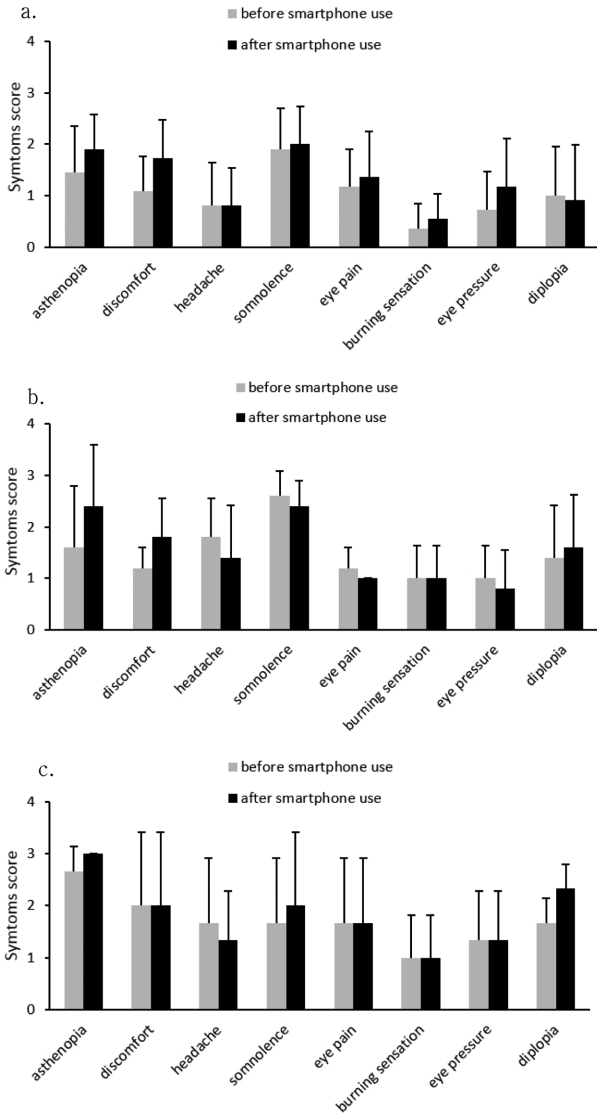


Fig. 11. The change of eye-related symptoms after watching video on a smartphone.
 a. Normal group
 b. Accommodative excess group
 c. Accommodative insufficiency group

높아지는 경향을 보였고, 두통 항목은 낮아졌으나 통계적으로 유의한 변화가 아니었다(Fig. 11c). 스마트폰 사용 후 안구피로, 불편함, 졸림 항목의 경우 모든 군에서 전반적으로 증가하였다.

영상과 자막을 본 후 집중도 저하와 관련된 설문에서 조절이상군이 정상군보다 전체적으로 자각증상 빈도가 높은 것을 볼 수 있으며 특히 집중력 저하와 속도저하, 흐려짐, 다시읽기 항목에서 상대적으로 높았다(Fig. 12).

스마트폰을 사용하면 팔이 지지되지 않고 공중에 떠 있는 시간이 상대적으로 길뿐만 아니라 시선의 변화에서도 데스크탑 컴퓨터나 종이책을 활용한 독서 때보다 더 낮은 쪽에 위치하게 되어 목과 어깨에 피로도가 더 빠르게 나

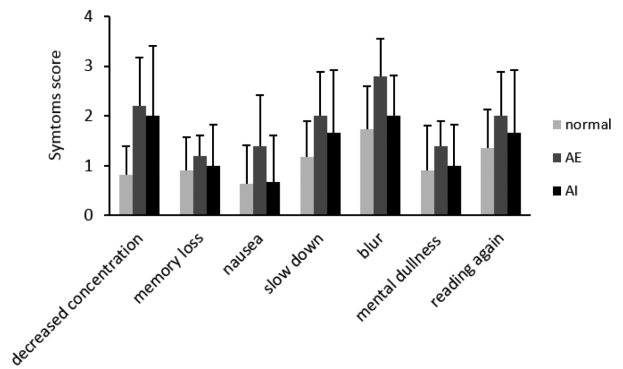


Fig. 12. The change of performance-related symptoms after watching video on a smartphone.
 AE: Accommodative Excess
 AI: Accommodative Insufficiency
 * Significantly different at $p < 0.05$ (One-way ANOVA)

타나며 목 부위의 부하가 증가되어 근육의 피로도와 신경학적인 증상이 증가할 수 있다.^[31,32] 본 연구에서 스마트폰 사용시 안구피로, 불편함, 졸림, 집중력 저하와 속도저하, 흐려짐, 다시읽기와 같은 증상들이 악화되는 것은 근거리 작업인 종이책과는 다르게 화면이 발광하여 상대적으로 눈의 자극이 높고,^[33] 태블릿 PC보다 화면과 폰트의 크기가 작아 높은 긴장도로 중심 시력부를 유지해야하는 과정에서 불충분해진 조절반응으로 흐려진 상이 조절성폭주를 통해 선명한 상을 맺도록 지속적으로 유도되면, 조절피로가 유발되기 때문인 것으로 보인다.^[34] 조절이상안의 경우 경제적 조절반응량보다 낮은 조절반응을 취하거나 높은 조절반응으로 인해 망막상이 흐려져 선명상을 유지하기가 어려워지고 복시가 나타날 수 있으며,^[35,36] 기존 영상단말기에 비해 보다 짧은 거리를 두고 근거리 작업이 이루어지므로 근거리 작업에 따른 조절과 폭주의 요구량은 높아지게 되어 안정피로를 증가시키는 요인으로 작용할 수 있다.^[11]

결론

본 연구는 스마트폰 사용시 폭주기능의 변화를 정상군과 조절이상군으로 특정하여 알아보았다. 폭주근점은 정상군과 조절이상군 모두에서 스마트폰 사용 후에 증가하는 경향을 보였고 특히 조절부족군에서의 차이가 상대적으로 컸으나 통계적으로 유의하지는 않았다. 원-근거리 사위도의 경우 모든 군에서 스마트폰 사용으로 인해 정위방향으로 이동하였으나 정도의 차이가 있어 원거리 사위도에서의 정상군과 조절과다군만이 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 스마트폰 사용으로 인해 정상군의 AC/A비가 통계적으로 유의하게 감소하였고 조절과다군은 감소하는 경향을 보였으며 조절부족군은 증가하는 경향을 보였다.

스마트폰 사용 후 자각증상으로는 안구피로, 불편함, 졸림의 증상을 공통적으로 호소하였고 조절이상군에서는 정상안과 구별되게 복시증상을 호소하였다.

지식정보화 사회가 발달함에 따라 스마트폰의 활용은 가상현실과 증강현실로 체험하고 학습하는 영역에까지 확장되고 있다. 이렇게 넓어진 스마트폰의 활용도와 비례하여 증가되어 가는 정보화 기기에 의한 시각적 피로의 원인과 개인의 양안시 이상에 따른 피로의 원인을 규명하고자 하는 연구의 일환으로 본 연구는 그 의의를 가진다고 할 수 있다. 본 연구에서는 30분 동안 스마트폰을 사용하였을 때에도 조절기능 이상군에서의 시기능 변화가 더 크게 나타남을 밝혔으며 만일 더 긴 시간동안 스마트폰을 사용하였을 때에는 차이가 더 크게 될 가능성이 있다고 보여진다. 본 연구 결과는 근거리 작업인 스마트폰 시청 후 달라지는 양안시의 변화에 따른 작업 환경 및 시간을 제시하는 근거 자료로 사용될 수 있을 것으로 생각되며, 스마트폰 사용시 조절기능 이상군의 유형에 따라 작업 환경 및 시간의 조정이 이루어져야 함을 제안한다.

REFERENCES

- [1] KISA(Korea Internet & Security Agency). 2015 Survey on the internet usage, 2016. <http://isis.kisa.or.kr/board/?pageId=060100&bbsId=7&itemId=813&pageIndex=1>(8 February 2017).
- [2] KISA(Korea Internet & Security Agency). 2015 Survey on mobile internet usage, 2016. <http://isis.kisa.or.kr/board/?pageId=060100&bbsId=7&itemId=815&pageIndex=1>(8 February 2017).
- [3] NIA(National Information Society Agency, Korea). 2013 Research report on internet addiction in Korea, 2014. https://www.iapc.or.kr/info/lib/showInfoLibDetail.do?article_id=ICCart_000000038266&board_type_cd=A8(19 June 2017).
- [4] Lee JY, Yu DS, Son JS, Cho HG, Moon BY. The diurnal change of accommodative functions by near work. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2011;16(1):75-81.
- [5] Chauhan K, Charman WN. Single figure indices for the steady-state accommodative response. *Ophthalmic Physiol Opt.* 1995;15(3):217-221.
- [6] Thomson WD. Eye problems and visual display terminals the facts and the fallacies. *Ophthalmic Physiol Opt.* 1998; 18(2):111-119.
- [7] Kim SI, Kwon KI, Lee J, Lee HJ, Park M, Kim SR. The change of near point of convergence and fusional reserves after computer gaming with different direction of eye movement. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2013;18(1):37-43.
- [8] 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.
- [9] Shippman S, Weseley AC, Cohen KR. Accommodative esotropia in adults. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus.* 1993; 30(6):368-371.
- [10] Scheiman M, Wick B. Clinical management of binocular vision: heterophoric, accommodative, and eye movement disorders, 3rd Ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2008;347-363.
- [11] Tosha C, Borsting E, Ridder WH, Chase C. Accommodation response and visual discomfort. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2009;29(6):625-633.
- [12] 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.
- [13] Scheiman M, Wick B. Clinical management of binocular vision: heterophoric, accommodative, and eye movement disorders, 4th Ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2013;52-53.
- [14] Scheiman M, Wick B. Clinical management of binocular vision: heterophoric, accommodative, and eye movement disorders, 4th Ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2013;43.
- [15] Scheiman M, Wick B. Clinical management of binocular vision: heterophoric, accommodative, and eye movement disorders, 4th Ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2013;39-40.
- [16] Benjamin WJ. Borish's clinical refraction, 2nd Ed. St. Louis: Butterworth-Heinemann, 2006;899-900.
- [17] Benjamin WJ. Borish's clinical refraction, 2nd Ed. St. Louis: Butterworth-Heinemann, 2006;913-914.
- [18] Scheiman M, Wick B. Clinical management of binocular vision: heterophoric, accommodative, and eye movement disorders, 3rd Ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2008;46.
- [19] 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.
- [20] Porcar E, Martinez-Palomera A. Prevalence of general binocular dysfunction in a population of university students. *Optom Vis Sci.* 1997;74(2):111-113.
- [21] García-Muñoz Á, Carbonell-Bonete S, Cantó-Cerdán M, Cacho-Martínez P. Accommodative and binocular dysfunctions: prevalence in a randomised sample of university students. *Clin Exp Optom.* 2016;99(4):313-321.
- [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 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.

- [24] 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.
- [25] Schor CM, Kotulak JC. Dynamic interactions between accommodation and convergence are velocity sensitive. Vision Res. 1986;26(6):927-942.
- [26] 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.
- [27] Scheiman M, Wick B. Clinical management of binocular vision: heterophoric, accommodative, and eye movement disorders, 3rd Ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2008;464.
- [28] Benjamin WJ. Borish's clinical refraction, 2nd Ed. St. Louis: Butterworth-Heinemann, 2006;927-931.
- [29] Scheiman M, Wick B. Clinical management of binocular vision: heterophoric, accommodative, and eye movement disorders, 3rd Ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2008;459-460.
- [30] Benjamin WJ. Borish's clinical refraction, 2nd Ed. St. Louis: Butterworth-Heinemann, 2006;936-938.
- [31] Shin G, Zhu X. User discomfort, work posture and muscle activity while using a touchscreen in a desktop PC setting. Ergonomics. 2011;54(8):733-744.
- [32] Park JH, Kang SY, Jeon HS. The effect of using smartphones on neck and shoulder muscle activities and fatigue. Phys Ther Ko. 2013;20(3):19-26.
- [33] 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.
- [34] Pölönen 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.
- [35] Rosenfield M, Ciuffreda KJ, Rosen J. Accommodative response during distance optometric test procedures. J Am Optom Assoc. 1992;63(9):614-618.
- [36] Kim JD. Clinical optometry and features more than prescribed, 2nd Ed. Seoul: Shinkwang, 2007;228-229.

조절기능이상 20대의 스마트폰 영상시청에 의한 폭주기능 변화

김소라, 곽호원, 강민성, 김세일, 박미정*

서울과학기술대학교 안경광학과

투고일(2017년 2월 13일), 수정일(2017년 3월 12일), 게재확정일(2017년 6월 15일)

목적: 본 연구는 20대 조절이상안이 스마트폰으로 영상시청을 하였을 때의 시기능 변화가 정상안과 차이가 있는지를 알아보기 위해 수행되었다. **방법:** 양안 교정시력 및 나안시력이 0.8이상인 20대 132명(21.7±1.5세)의 시기능을 검사하고 시기능에 따라 분류하였다. 정상안, 조절과다안, 조절부족안을 대상으로 30분간의 스마트폰 영상시청 전후에 폭주근점, 사위도 및 AC/A비 및 자각증상을 측정하였다. **결과:** 스마트폰 영상시청으로 인해 조절과다군과 조절부족군의 폭주근점이 정상군에 비해 더 증가하는 경향을 보였다. 원-근거리 사위도가 모든 군에서 정위 방향으로 이동하는 경향을 보였으며, 특히 정상군과 조절과다군에서의 원거리 사위도가 통계적으로 유의하게 차이가 있었다. AC/A비는 스마트폰 사용 후에 정상군과 조절과다군에서 감소하였으며, 정상군의 경우 통계적으로 유의한 차이가 났다. 자각증상의 경우 안구피로, 불편함, 졸림 항목의 경우 모든 군에서 증가하였으며, 조절이상군에서는 정상안과 다르게 복시증상을 호소하였다. **결론:** 본 연구에서는 일정시간동안 일정한 조절과 폭주량이 요구되는 스마트폰을 사용한 영상시청시에 사용자 개개인의 조절기능이 다르기 때문에 시기능 변화 또한 다르게 나타남을 밝혔다. 본 연구 결과를 통해 스마트폰을 사용할 때 사용자의 조절기능에 따라 작업 환경 및 시간의 조정이 이루어져야 함을 제안한다.

주제어: 스마트폰, 조절이상, 폭주근점, 사위도, AC/A비, 자각증상

[Appendix]

자각 증상 설문지

● 전형적인 폭주 기능 부진 증상 조사

본 설문조사는 스마트폰을 사용한 근거리 작업과 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					