

스마트폰의 사용으로 인한 조절 변화에 따른 안정피로도 에 대한 연구

김봉환*, 한선희, 박선미, 배상빈, 우용준, 송경준, 방은민, 서다운

춘해보건대학교 안경광학과

A Study on the Stability Fatigue according to the Accommodation Change due to
the Use of Smartphone

Bong-Hwan Kim*, Sun-Hee Han, Seon-Mi Park, Sang-Bin Bae, Yong-Jun Woo
Gyeong-Jun Song, Eun-Min Bang, Da-Eun Seo

Department of Optometry, Choonhae College of Health Sciences

(Received February 19, 2020; Revised March 05, 2020; Accepted March 23, 2020)

Abstract

Purpose. In this study, The change of the accommodation function due to the use of a smartphone was objectively evaluated using an Auto Refractometer and was to investigate the effect of accommodation response and microfluctuations of accommodation on stable fatigue.

Methods. Twenty subjects (20 males, 20 females) who had no abnormalities in ophthalmic disease and strabismus, diplopia, suppression, convergence and ocular movement, and corrected visual acuity and unaided visual acuity of 0.8 or more were performed. The average age of the participants is (21.78 ± 1.78) years old. The refractive power of the eye was measured using an Auto Refractometer (Speedy-i K-model, Righton Mfg Co. Tokyo Japan), and the equivalent spherical power was automatically calculated from the measured refractive power. The accommodation response amount was calculated for the accommodation stimulation amount in 8 steps in 0.5D increments from + 0.50D to -3.00D in the calculated equivalent spherical power. The microfluctuations of accommodation in the high frequency region was calculated according to the change in the amount of the accommodation stimulus. At this time, the spectral power of the microfluctuations of accommodation was analyzed by Fast Fourier Transformation (FFT).

Results. After using the smartphone, it was found that the accommodation response to accom-

*Corresponding author : bhkim@ch.ac.kr

“본 논문의 일부내용은 2018년도 한국안광학회 동계학술대회에서 포스터로 발표되었음”

modation stimulation decreased and the microfluctuations of accommodation increased.

Conclusions. It can be said that the use of a smartphone affects the accommodation response and the microfluctuations of accommodation, thereby causing a accommodative stable fatigue. Therefore, it is thought that the use of a smartphone for a long time may bring about a change in the accommodation function.

Key words : Accommodation, Accommodation response, Microfluctuations of Accommodation, Stable fatigue

1. 서 론

인터넷 보급화로 인해 만 3세 이상 인구 10명 중 9명이 인터넷을 이용하고, 인터넷 이용자의 88.5%가 모바일을 이용하는 바야흐로 ‘모바일 혁명’의 시대를 맞이하게 되었다¹⁾. 스마트폰은 기존의 휴대폰 기기가 문자와 음성통화중심의 서비스를 제공한 것에 비해 메신저 SNS, 인터넷검색, 게임 및 내비게이션 등과 같은 다양한 어플리케이션 서비스를 제공하여 IT(information technology) 대중화와 함께 우리의 삶에 미치는 영향력이 점점 커지고 있다²⁾.

현대인들은 다양한 장소에서 스마트폰을 사용하고 있으며³⁾. 스마트폰의 이동성 및 편리성 등의 특징으로 인해 스마트폰 이용자의 18.6%가 스마트폰 의존하는 것으로 나타날 만큼 스마트폰의 사용시간과 이용횟수가 증가하고 있다⁴⁾.

정보화시대의 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 한다⁵⁻⁹⁾.

그 증상 중 하나인 안정피로는 눈이 쉽게 피로하고 국소적으로 눈의 아픔, 침침함, 눈부심, 충혈, 눈물흘림 등의 증상을 나타낸다. 근거리 시각 작업의 증가로 인해 안정피로를 호소하는 사람이 늘어나면서 안정피로에 대한 관심이 높아지고 있고 이에 따라 안정피로에 관한 연구가 다양한 방법으로 이루어지고 있다. 하지만 안정피로는 주관적인 판단이 강한 요소로 피검자의 설문에 의존하는 주관적 판단으로 평가하는 방법이 대부분 사용되었다. 주관적 판단에 의존하는 방법은 평가 요소가 개인 및 주위환경 변화에 따라 동일한 자극에도 서로 다른 반응을 보일 수 있으므로 안정피로도의

평가에 대한 일관성이 떨어진다. 이로 인해 객관적 평가방법으로 컴퓨터 작업 후의 눈물막 파괴시간, 작업 중 순목 횟수, 순목 간격 시간, 구결막 충혈 정도, 안구 표면 온도측정 등을 통해 피로정도를 평가하는 방법이 제시되었다.

근거리 작업 시 필요한 조절기능의 평가는 대부분 자각적인 검사방법으로 이루어지고 있으며, Puch-up 방법, (-)렌즈부가법, 조절용이검사, 조절래그 검사 등이 이에 해당된다. 자각적 검사방법은 피검자의 주관적인 판단에 의해 이루어지므로 객관성과 재현성이 떨어지며 초점심도, 시력, 대비감도 등의 영향으로 조절기능의 평가에 오류가 발생할 수 있다¹⁰⁾. 객관적인 측정이 가능한 검사방법 중 양안개방형 자동굴절검사기를 사용해 주시거리로 조절 자극량을 변화시켜 조절반응량을 측정하여 조절기능을 판단하는 방법이 제시되었다^{11,12)}. 최근에는 자동굴절검사기나 수차계를 이용하여 객관적인 조절기능 측정을 시도하고 있으며 그 중 하나가 조절미세파동의 연구다. 조절미세파동은 정지된 사물을 볼 때 조절체계에서 0.50D 단위의 조절자극에 대한 조절반응이 일어날 때 생긴다. 조절미세파동은 0.6Hz이하의 저주파수 영역과 1.3~2.1Hz의 고주파수 영역으로 나뉜다. 저주파수 영역은 조절작용의 신경학적인 조절을 반영하고 심장박동 즉 맥박의 영향을 받는다. 고주파수 영역은 섬모체근 및 섬모체소대, 수정체 등의 조절에 기여하는 장치에서 발생하는 물리적인 잡음을 반영한 것이라고 여겨진다. 이와 관련하여 조절미세파동과 조절기능과의 연관성에 대한 연구가 꾸준히 진행되고 있다. 국내에서는 자동굴절검사기를 이용하여 측정한 조절반응으로 조절기능을 평가하는 연구는 많으나, 조절미세파동에 대한 연구는 미미한 실정이다.

이에 본 연구에서는 스마트폰 사용량이 많은 20대를 대상으로 조절 기능을 객관적으로 평가할 수 있는 방법으로 자동굴절검사기를 이용, 안정피로가 조절반응량, 조절미세파동에 미치는 연관성을 알아보고 또한 조절 체계 내에서 발생하는 조절미세파동의 고주파수 영역이 안정피로를 객관적으로 평가하는 지표가 가능한지 알아보고자 하였다.

2. 연구대상 및 방법

2.1. 연구대상

본 연구는 안과적 질환 및 사시, 복시, 억제, 폭주 및 안구운동에 이상이 없고, 수술을 하지 않은 교정시력 및 나안시력이 0.8 이상인 20대 (21.78±1.78세)를 대상(남자20명, 여자20명)으로 실시하였다.

2.2. 연구방법

1) 방법

조도는 실내에서 이루어지는 실험이므로 KS 조도 기준에 따라 470±30 lx로 유지하였다. 스마트폰 시청 전 검사를 시행한 후 A사의 스마트폰(화면크기:5.8인치, 최대밝기: 1200nits, 해상도: 2346x1125)을 이용하여 영화'분노의 질주'도입부를 약 30분가량 시청하도록 하였다. 영상시청시 거리는 40cm, 하방시선은 10~15°로 최대한 유지시켜 영상을 시청하도록 하였다.

2) 조절력 측정

피검자의 조절력검사의 진행은 시판되는 OptoRuler에 의한 Push-Up 방법을 사용하였다. 측정방법은 조절력시표를 앞쪽 시표삽입부에 꽂은 다음 가림판 끝부분을 피검사자 턱에 대고 시표를 천천히 이동시켜 시표가 완전히 흐려진 점을 측정 한 후, 시표를 천천히 뒤로 옮기면서 선명해지는 회복점을 측정하였다. 이 과정을 3번 반복하여 실시한 후에 흐린점의 평균값을 데이터로 활용하였다.

3) 조절용이 검사

조절용이 검사는 ±2.00D Flipper Twin Frame 이용하였다. 눈 앞 40cm에 근거리 시표를 대었을 때 선명하게 보이는 시점을 말하게 하고 +2.00D 부터 먼저 실시하여 -2.00D까지를 1 Cycle로 한다. 단안으로 1분 동안에 플리퍼를 반전시켜 얻은 Cycle 수를 표시하고 3회 반복하여 실시하여 얻은 평균값을 데이터로 활용하였다. 1 Cycle은 1 cpm

으로 나타내었다.

4) 굴절력, 조절반응량, 조절미세파동 검사
눈의 굴절력은 자동굴절검사기(Auto Refractometer, Speedy-i K-model, Righton Mfg Co. Tokyo Japan)를 이용하여 측정하였으며, 등가구면 굴절력은 측정된 굴절력에서 자동으로 산출되었다. 조절반응량은 산출된 등가구면 굴절력 값에 대하여 +0.50D에서 -3.00D의 영역까지 0.5D 단위로 8단계의 조절자극량에 대한 조절반응량이 산출되었다. 0.50D 조절자극량 단위에 6번의 동일한 자극을 가하여 연속적인 조절반응량을 산출하였다. 고주파수 영역의 조절미세파동은 조절자극량의 변화에 따라 산출된다. 이때 조절미세파동의 스펙트럼 파워는 Fast Fourier Transformation(FFT)에 의해 분석된다. FFT 분석은 Hanning's window를 사용하여 FFT 분석을 위한 균형 잡힌 데이터를 만든 이후 FFT를 사용하여 계산된다. 이 값을 단순화하기 위해서, 스펙트럼파워 값은 일반적인 로그함수로 변환되고, 1.00~2.25Hz 사이의 로그 값의 합이 HFC의 스펙트럼 파워 값으로 나타내었다. 피검자들에게 동일한 영상을 시청하게 한 뒤 곧바로 같은 과정을 반복하였다.

3. 결 과

3.1. 조절력

조절력의 평균값은 9.90±1.50D로 나타났으며 이는 참여자들의 조절력이 20대 평균값의 범위에 속한다고 평가되었다. 남녀 조절력의 비교에서 남자가 여자보다 다소 작게 측정되었으나 실험에 큰 영향을 미치지 않는 않았다.

3.2. 조절용이성

조절용이성 측정값은 평균적으로 8.97±2.63cpm으로 나타났으며, 이 값은 성인 평균값인 8cpm 정상 범위에 들었지만 스마트폰 시청 후 측정값은 평균적으로 7.04±2.40cpm으로 나타나 스마트폰

시청 시 조절에 영향을 주는 것으로 나타났다 (Table 1, Figure 1).

Table 1. The comparison of accommodative facility measured by flipper

Accommodative facility	before	after
Flipper(cpm)	8.97±2.63	7.04±2.40

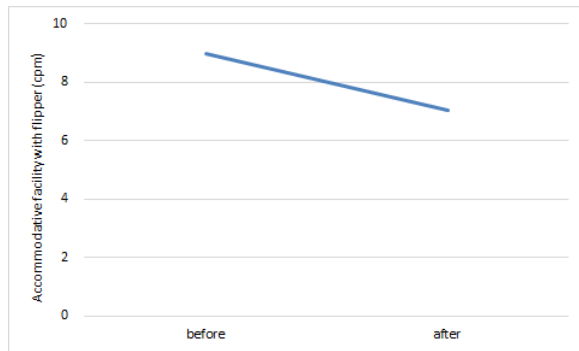


Figure 1. The comparison of accommodative facility measured by flipper

3.3. 스마트폰 시청 전과 후의 조절반응량

스마트폰 사용 전과 후의 조절반응량을 비교하였을 때 스마트폰 사용 후의 조절자극에 대한 조절반응량이 감소하였다. 이는 스마트폰의 사용으로 조절기능의 능력이 감소하였다는 것을 의미한다. 조절자극에 대한 조절반응량이 줄어들면서 조절레그가 증가하였다고 볼 수 있다. 조절자극량이 증가할수록 조절레그가 더욱 커짐을 알 수 있다. 따라서 조절부족으로 인한 가장 흔한 불편함으로 흐림, 두통, 눈의 피로, 피곤함 등을 포함한 근거리 작업과 연관될 수 있다. 따라서 스마트폰의 사용은 조절자극에 대한 조절반응을 낮게 하여 조절부족과 같은 증상이 나타난다. 그래서 이 부족한 조절을 보완하기 위한 융합버전스를 과도하게 사용하여 안정피로 등 근업에 문제점을 발생시킬 것으로 예상된다. 그러므로 조절기능의 감소는 근거리 작업으로 인한 조절성 안정피로의 주요인으로 볼 수 있겠다(Table 2, Figure 2).

Table 2. Response of accommodation after using your smartphone to accommodative stimulus

Stimulus of Accommodation	Response of Accommodation	
	Before	After
-3	-1.12	-1.08
-2.5	-0.86	-0.75
-2	-0.57	-0.43
-1.5	-0.31	-0.29
-1	-0.17	-0.14
-0.5	-0.08	-0.02
0	0.03	0.04
0.5	0.04	0.04

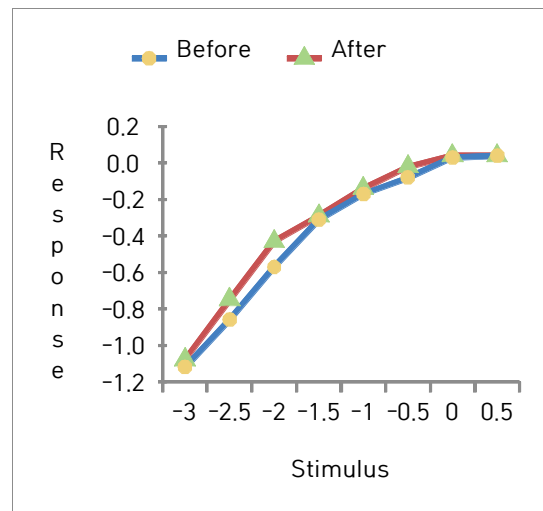


Figure 2. Response of accommodation after using your smartphone to accommodative stimulus

3.4. 스마트폰 시청 전·후의 조절미세파동

스마트 폰의 사용 전과 후의 조절미세파동을 비교하였을 때, 스마트폰 사용으로 인한 조절미세파동의 HFC가 증가하였음을 알 수 있다. 조절미세파동의 HFC는 일반적으로 60dB 이하로 나타나지만 안정피로에 있는 피검자들은 60dB 이상을 나타냄으로 스마트폰의 사용으로 인한 안정피로가 나타남을 알 수 있다. 피검자들은 스마트폰으로 실험을 위한 영화시청을 하지 않더라도 스마트폰

으로 다양한 작업을 한다. 다양한 정보를 얻기 위해 자료를 검색하고, 또 SNS를 통한 대화, 게임, 문서 작성 등 많은 근거리 작업을 스마트폰으로 해결한다. 따라서 조절성 안정피로를 대부분의 사람들이 잠재적으로 가지고 있게 된다. 실험에서 조절미세파동은 대부분의 조절자극에 대하여 안정피로가 발생하는 것으로 나타났다(Table 3, Figure 3).

Table 3. High-frequency component(HFC) of accommodation after using smartphone to accommodative stimuli

Stimulus of Accommodation	High frequency components (HFC)	
	Before	After
-3	61.93	62.59
-2.5	61.86	63.71
-2	60.99	61.61
-1.5	60.95	61.87
-1	60.74	60.82
-0.5	60.8	60.09
0	59.96	59.74
0.5	61.07	61.08

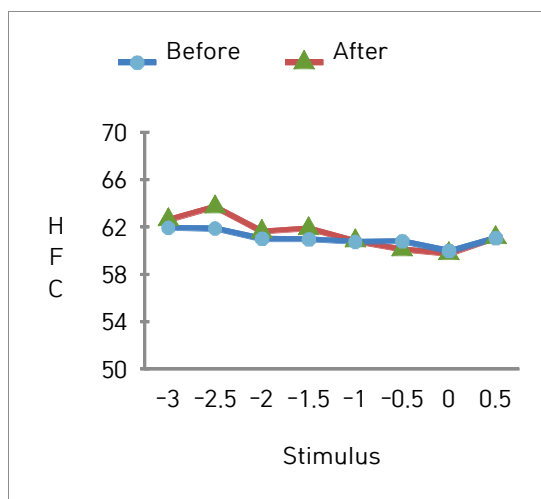


Figure 3. High-frequency component(HFC) of accommodation after using smartphone to accommodative stimulus

4. 고찰

조절기능은 근거리작업이 많은 현대인들에게 시생활의 아주 중요한 부분을 차지한다. 조절기능을 객관적으로 쉽게 평가하는 방법은 시 생활을 편하게 누릴 수 있는 방법을 찾는 데 중요한 요소가 될 것으로 간주된다.

근거리 작업 시 시각매체의 글자 크기보다는 시각 매체의 재질에 따라 조절시스템이 영향을 받는데 특히 비발광체 재질의 시각매체는 발광체 재질의 시각매체보다 조절시스템의 관점에서 눈에 부담을 덜 주는 것으로 나타난다고 하였다¹³⁾. 근거리 작업량이 많은 젊은 성인들은 조절성 안정피로를 갖고 있을 것으로 생각된다. 하지만 안정 피로는 주관적인 것으로 개인의 특성에 따라 느끼는 정도의 차가 다르게 나타나므로 주관적인 평가와는 다소의 차이가 나타날 것으로 판단된다. 근거리 작업량의 증가로 조절기능에 관한 연구는 많이 이루어졌으나 조절미세 파동에 관한 연구는 장비의 부족으로 많이 이루어지고 있지 않았다.

자동굴절검사기를 이용하여 조절자극에 대한 조절반응량과 조절미세파동의 측정은 근거리 작업이 많은 현대인에게서 간편하게 조절기능을 평가하는 방법이다. 이 방법을 이용하여 조절자극에 대한 조절반응이 나타나는 형태로 조절기능을 평가하여, 조절기능을 향상시킬 수 있는 시기능 훈련을 통해 조절기능이 떨어지는 현상을 보완할 수 있다. 또 조절미세파동으로 안정피로가 어느 정도 있는지 추측할 수 있을 것이다. 그러나 조절미세 파동에 대한 연구는 선행연구가 미비하여 확실한 이론적 정립이 되어 있지 않다. 따라서 이 연구는 앞으로 조절미세파동과 안정피로의 연구에 기초가 될 것으로 사료된다.

5. 결론

본 연구는 스마트폰 사용으로 인한 조절기능의 변화를 조절자극에 따른 조절반응과 조절미세파동을 이용하여 측정하고, 안정피로와의 연관성을 객관적으로 분석하고자 하였다. 스마트폰의 사용 전에 비해 사용 후에 조절자극량이 증가함에 따라

조절반응량이 더욱 감소하여 조절래그는 더 많이 커지므로 조절성 안정피로를 유발함을 알 수 있었다. 스마트폰 사용전과 사용 후의 조절미세파동은 조절자극량이 증가함에 따라서 HFC가 증가하였다. 따라서 장시간의 스마트폰의 사용은 조절기능의 변화를 가져올 수 있을 것으로 사료되어진다.

감사의 글

이 논문은 2019년도 춘해보건대학교 학술연구비 지원에 의한 것임.

References

1. KISA(Korea Internet & Security Agency). 2017 Surveyon the internet usage, 2018. <https://isis.kisa.or.kr/board/?pageId=070200&bbsId=3&itemId=892>(9 February 2018).
2. Chosun Media. The smartphone has changed over thepast 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 thesmartphone 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 Resultof research on dependence on smartphone, 2018. <http://www.msit.go.kr/web/msipContents/contentView.do?cateId=mssw311&artId=1374954>(9 February 2018).
5. Agarwal S, Goel D, Sharma A. Evaluation of the factorswhich contribute to the ocular complaints in computerusers. 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):111-19.
7. Lodin C, Forsman M, Richter H. Eye- and neck/shoulderdiscomfortduring visually demanding experimental nearwork. Work. 2012; 41(Suppl1):3388-3392.
8. Yaginuma Y, Yamada H, Nagai H. Study of the relationshipbetween lacrimation and blink in VDT work. Ergonomics. 1990;33(6):799-808.
9. Contact Lens Spectrum. Continuing education: keepingup with ocular fatigue in the digital era, 2016. <http://www.clspectrum.com/articleviewer.aspx?articleID=114400>(7 February 2018).
10. Leonard Levin, Siv Nilsson, James Ver Hoeve, etal. Accommodation. in:Adler's Physiology of the EYE. Elsevier Saunder, 11th. chap.3. 2011.
11. Bae SH, Kwak HW, Comparison between Accommodative Response Change on the Full Vision Correction and Low Vision Correction. J Korean Ophthalmic Opt Soc., 2012; 17(1):75-81.
12. Kang DW, Eom YS, Rhim JW, et al. Evaluation of Objective Accommodation Power in Different Age Groups Using an Auto Accommodation Refractometer. J Korean Ophtalmological Soc. 2016;57(1):20-24.
13. Campbell FW. The depth of field of thee human eye. Optica Acta., 4:157-164. 1957.