

The Functional Change of Accommodation and Convergence in the Mid-Forties by Using Smartphone

Ki-il Kwon, Hyun Jin Kim, Mijung Park, and So Ra Kim*

Dept. of Optometry, Seoul National University of Science and Technology Seoul 01811, Korea
(Received May 26, 2016: Revised June 13, 2016: Accepted June 22, 2016)

Purpose: The present study was aimed to investigate the effect of excessive near work by using a smartphone on subjective symptoms and accommodative and convergent function in their 40s. **Methods:** A total of 40 subjects (male, 10; female, 30; age, 43 ± 7.2 year) in their 40s who have monocular and binocular visual acuities of 0.8 and 1.0, respectively, were divided into presbyopia group and non-presbyopia group. The subjects were asked to watch a movie on the screen of smartphone for 30 minutes. Their accommodative amplitude and facility, and relative accommodation were measured and compared before and after the use of smartphone. Changes in fusional vergence and near heterophoria by using smartphone were also evaluated. Furthermore, the change of subjective symptoms was surveyed using a questionnaire. **Results:** The presbyopia in mid-40s reported discomfort in an order of asthenopia, blur and dryness after the use of smartphone. Accommodative function and non-strabismic binocular function were generally decreased. Accommodative functions such as monocular accommodative amplitude, and relative accommodation were significantly decreased after smartphone use, and the change of phoria was observed as a result of decreased convergence and divergence. Negative fusional vergence was also significantly reduced. On the other hand, non-presbyopia in mid-40s reported discomfort in an order of asthenopia, dryness and blur, and only accommodative amplitude among the accommodative functions was significantly reduced. Significant reduction of negative fusional vergence was also observed. **Conclusion:** From the results, it was confirmed that the subjective discomfort of mid-40s after smartphone use might be related to whether presbyopia or not. It was due to not only the reduction of accommodative function but also the overall deterioration of visual function including heterophoria and fusional vergence. Therefore, it suggests that the accurate determination of the cause based on the overall visual functional tests such as heterophoria, fusional vergence as well as the decrease of accommodation due to the aging may be necessary when the mid-40s feels uncomfortable symptoms by near work.

Key words: Mid-Forties, Presbyopia, Non-presbyopia, Smartphone, Accommodative amplitude, Accommodative facility, Relative accommodation, Fusional vergence, Heterophoria, Subjective discomfort

서 론

정보화 시대로의 급격한 변화 속에 스마트폰, 태블릿 PC 등의 스마트기기들이 등장하면서 모바일 인터넷 대중화와 함께 ‘모바일 혁명’의 시대를 맞이하게 되었다.^[1] 스마트기기들은 이동통신 수단의 의미를 넘어 경제, 문화, 사회, 전자상거래, 오락 및 내비게이션 등 다양하게 활용되면서 사용시간과 이용횟수가 증가하여 스마트폰 중독을 의심해 보아야 할 정도로 그 의존도가 높아지고 있을 뿐만 아니라 사용연령층 또한 어린아이부터 노년층에 이르기까지 전 연령층에 확대되고 있다.^[2]

40세 이후가 되면 누구나 겪게 되는 생리현상인 노안은

수정체의 탄력성 감퇴와 섬모체근과 섬모체 소대의 약화 등으로 인해 먼 거리는 잘 볼 수 있지만 가까운 곳에 있는 물체가 흐려 보이는 증상이 특징적이다.^[3] 최근 의학의 발달로 인구의 연령비율에 큰 변화가 초래되면서 고령화 시대로 접어들게 되었으며, 노안이 시작되는 40대 이후 연령층이 인구의 가장 큰 비율을 차지하게 되었다. 즉, 미국의 경우 40대 이후의 인구가 전체 인구의 46%를 차지하고 있으며,^[4] 우리나라의 경우는 2015년 기준 주민등록연앙인구 약 5100만 명 중 40대 이후가 약 2800만 명으로 전체 인구의 약 54%를 차지하고 있는 것으로 조사되었다.^[5]

이에 노안에 대한 관심이 지속적으로 높아지고 있으며 노안교정에 대한 요구 또한 증가하고 있어 이중초점 및

*Corresponding author: So Ra Kim, TEL: +82-2-970-6264, E-mail: srk2104@seoultech.ac.kr

누진 안경렌즈, 누진 콘택트렌즈 등 비수술적 교정방법 이외에 레이저 열각막성형술, 굴절교정레이저 각막절제술, 레이저 각막절삭 가공성형술, 노안교정 고주파 각막 성형술, 카메라 인 레이 등의 수술적 노안교정 방법의 개발로 시생활 개선을 위한 노력이 경주되고 있다.^[3]

최근 스마트기기의 발달로 노안을 경험하고 있는 연령층의 스마트폰 사용이 증가하면서 눈 건강의 중요성에 대한 인식 또한 확대되고 있다. 디스플레이를 통한 근거리 작업을 하게 될 경우 Computer Vision Syndrome이라 불리는 안정피로가 오게 되는데 눈의 피로, 두통, 안구 통증, 안구 건조증, 복시 및 흐림이 나타나며^[6] 순목횡수의 감소와 더불어 어깨통증 등의 자각증상이 유발된다.^[7] 컴퓨터를 사용한 근거리 작업은 눈의 조절력, 조절용이성, 상대조절력 등 조절기능의 저하를 유발하고, 폭주근점 및 융합여력 변화의 원인이 되는데^[8,9] 스마트기기의 경우 컴퓨터에 비해 시청 거리가 가까워 조절 및 폭주로 인해 나타나는 눈의 피로가 더욱 유발된다.^[10] 스마트기기를 통한 근거리 작업 시 조절기능이 저하되는 경향이 있었으며 근거리 사위는 외사위 방향 및 폭주근점이 멀어지는 경향이 나타났으나 현재 이러한 스마트기기 사용과 시기능이 연관된 연구는 주로 20대 성인을 대상으로 이루어졌다.^[11-14] 이에 본 연구에서는 조절력이 감소되는 40대 중년층을 노안과 노안이 아닌 경우로 나누어 연속적으로 스마트기기를 사용하게 될 때 조절기능 저하는 물론 폭주기능에 미치는 영향을 평가하여 노안의 여부에 따른 차이를 비교하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구대상

만 40세~49세의 성인 중 단안 나안 또는 교정시력이 0.8 이상, 양안 나안 또는 교정시력 1.0이상인 40명(남자 10명, 여자 30명, 평균나이 43.0±7.2세)을 선행연구의 기준^[15]에 따라 단안 및 양안 조절용이성 검사에서 (-)렌즈 부가 시 지체를 보이며, 낮은 양성상대조절을 보이는 대상자를 노안으로 분류하여 노안인 18명(남자 6명, 여자 12명, 평균나이 45.0±2.6세)과 노안이 아닌 비노안 22명(남자 4명, 여자 18명, 평균나이 42.6±2.8세)으로 분류하였다. 단, 최대조절력은 자각적으로 측정 시 실제의 값보다 높게 측정된다는 Anderson과 Stuebing의 연구결과에 따라 노안의 판단기준에서 제외하였다.^[16] 연구대상자의 굴절이상도는 등가구면(spherical equivalent, SE)으로 환산하여 원시(SE>+0.50 D), 정시(-0.50 D≤SE≤+0.50 D), 근시(SE<-0.50 D)로 분류하였고, 근시의 경우 경도 근시(-3.00 D≤SE<-0.50 D)와 중등도 근시(-6.00 D≤SE<-3.00 D)로 세분화하여 나타내었다(Table 1).^[17]

Table 1. Classification of the subjects and their refractive error

Characteristics		Non-presbyopia	Presbyopia
Number of subjects		22	18
Age (yr)		42.6±2.8	45.0±2.6
Spherical equivalent power(D)			
Emmetropia (No. of eyes)		-0.12±0.30 (23)	-0.01±0.39 (13)
Myopia	Mild (No. of eyes)	-1.11±0.68 (12)	-1.53±0.73 (17)
	Moderate (No. of eyes)	-4.86±0.74 (8)	-4.54±0.71 (3)
Hyperopia (No. of eyes)		0.63±0.00 (1)	0.67±0.07 (3)

영상 표시 단말기 취급 근로자 작업관리지침에 따라 35~40 cm 거리에서 스마트폰 화면이 10~15° 하방에 위치하도록 한 후 30분 동안 영상을 시청하게 하였다.^[18] 연구에 사용한 스마트폰은 갤럭시S2(SHW-M250, SAMSUNG, 한국)로 화면크기는 4.3인치이었고, 최대밝기일 때 휘도가 290 cd/m²(nit), 해상도 800×480이었다. 연구대상자들은 실내조도가 400 lux인 검사실에서 한글자막(자막크기 3 mm)이 있는 ‘아이언맨1’을 30분 동안 지속적으로 시청하도록 하였으나 더 이상 시청할 수 없을 정도의 피로도를 호소하는 경우에는 30분이 되지 않더라도 시청을 중단하도록 하였다. 이 때 근용 안경을 사용하는 대상자는 본인이 사용하는 근용 안경을 착용한 상태에서 시청하도록 하였다. 영상시청 전후 설문 조사를 시행하여 10문항(충혈, 유루, 눈의 피로, 건조감, 흐림, 자극감, 두통, 복시, 작열감, 증상 없음)에 대해 중복응답이 가능하도록 하여 대상자들의 자각증상 변화를 분석하였으며, 최대조절력, 조절용이성 및 상대조절을 측정하여 조절기능의 변화를 분석하였고, 융합력, 사위도를 측정하여 폭주능력의 변화를 분석하였다. 조절 및 폭주기능검사는 3회 측정 후 평균값을 구하여 분석하였다.

모든 실험은 일과 중 발생하는 피로도에 따른 오차를 줄이기 위해 오전에 실시하였으며, 검사 순서에 따른 오차를 배제하기 위하여 무작위의 순서로 원거리 시력이 1.0이상으로 교정된 상태에서 시기능 검사를 시행하였다.

2. 시기능 검사

연구대상자들의 시기능은 각각 아래의 검사방법으로 측정하였다.^[14]

1) 사위도 측정

포토퍼(AV-9000, Pichina, 한국)를 사용하여 피검자 앞에 마독스봉의 축이 수평방향에 위치하도록 하고 근거리용

토링톤 카드(Near Thorington Card 5237, Richmond Products, USA)를 포롭터 앞 40 cm 거리에 놓고 카드의 숫자나 문자가 선명하게 보이는지 확인한 후 토링톤법으로 근거리 수평사위를 측정하였다.

2) 융합력 측정

포롭터 앞 40 cm 거리에 소수시력 0.7의 세로시표를 두고 양안에 리슬리 프리즘을 가입시키고 대상자에게 시표가 선명하게 보이는 상태를 유지하도록 주시시켰다. 기저 내방(BI) 프리즘을 초당 약 2 Δ정도로 증가시키며 시표가 흐려 보이는 지점(흐린점)을 보고하게 하였으며, 두 개로 보이는 점(분리점)이 나타나면 1 Δ정도 추가가입 후 다시 프리즘을 감소시켜 시표가 하나로 회복되는 지점(회복점)을 보고하게 하고 이 때 프리즘 값을 기록하였다. BI검사가 끝난 후 기저외방(BO) 프리즘을 이용하여 BI검사와 동일한 방법으로 시행하였다.

3) 최대조절력 측정

대상자가 원거리를 정면 주시한 상태에서 조절측정자(ACnA Scaler, 나도 코리아, 한국)의 0.7시표를 주시하게 한 후 push-up 방법¹⁹⁾으로 폭주의 개입이 배제된 단안 최대조절력을 측정하였다. 즉, 시표가 흐려 보이는 지점에서 거리를 측정하여 디오퍼터로 환산하였다.

4) 조절용이성 측정

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 측정하였다. 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.

5) 상대조절 측정

포롭터의 40 cm 앞에 근거리 시표를 위치시키고 0.7 시표를 주시하게 하고 하나로 선명하게 보이는 상태를 유지하도록 하였다. 먼저 (+)렌즈를 0.25 D 단계로 증가시키면서 대상자가 노력해도 더 이상 선명하게 보이지 않거나 두 개로 보일 때의 값을 음성상대조절로 기록하였고, 반대로 (-)렌즈를 0.25 D 단계로 증가시키면서 시표가 더 이상 노력해도 선명하게 보이지 않거나 두 개로 보일 때의 값을 양성상대조절로 기록하였다.

6) 통계 분석

본 연구에서는 스마트폰을 이용한 30분 동안의 영상시

청 전후에 노안과 비노안의 최대조절력, 조절용이성, 상대조절, 사위도 및 융합력을 측정하고 모든 결과는 평균±표준편차로 표시하였다. 노안과 비노안의 스마트폰 사용 전 시기능의 차이는 student's t-test로 분석하였고, 스마트폰 사용에 따른 시기능 변화의 경향은 paired t-test로 분석하였으며 95%의 신뢰구간으로 유의확률이 $p < 0.05$ 일 때 통계적으로 유의성이 있는 것으로 판단하였다(SPSS, IBM SPSS Statistic 18).

결과 및 고찰

1. 스마트폰 사용에 따른 자각증상

스마트폰을 사용한 30분 동안의 영상시청 후 40대 중년층이 가장 크게 느끼는 자각증상을 설문조사한 결과 노안의 경우는 눈의 피로가 40.5%로 가장 크게 나타났으며, 흐림 및 건조 증상이 각각 23.8% 및 21.5%로 비슷하게 나타났다. 비노안의 경우에는 눈의 피로와 흐림 증상이 각각 31.3% 및 16.7%로 나타났으며 건조 증상은 22.9%로 조사되었다(Fig. 1). 스마트폰을 사용한 근거리 작업 후 노안과 비노안이 눈의 피로와 흐림 증상을 느끼는 경우는 각각 9.2% 및 7.1%의 차이를 보였으며, 건조감은 비슷하게 나타났다. 따라서 노안의 경우 부족한 조절용이성과 낮은 양성상대조절로 인해 눈의 피로가 비노안에 비해 클 뿐만 아니라 흐림 현상도 뒤따르는 것으로 생각되었다. 이는 노안 중 2명이 복시를 호소하였던 반면 비노안은 복시를 호소하는 경우가 단 한명도 없었다는 결과로 뒷받침될 수 있다. 한편, 근거리 디스플레이 작업 중에 감소되는 순목횟수로 인한 건조감 유발은 노안이나 비노안에서 모두 비슷하게 느끼는 것으로 생각되었다.

본 연구진이 수행하였던 젊은 성인 대상의 선행연구에서 22.5±3.7세의 성인은 30분 동안의 스마트폰 영상 시청 후 건조감과 눈의 피로가 각각 43.4% 및 24.2%로 조사된

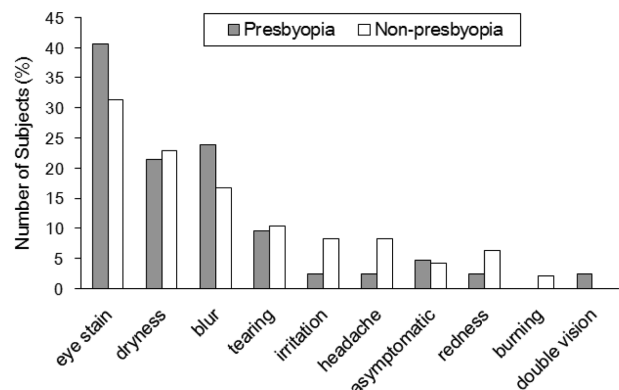


Fig. 1. Subjective symptoms of the mid-40s after smartphone use.

바 있다.^[14] 이러한 결과는 동일한 종류의 작업을 동일한 시간동안 수행하더라도 연령에 따라 우선적으로 느끼는 자각증상은 다르다는 것을 의미한다. 즉, 40대 중년층의 경우는 노안 여부에 관계없이 화면과 자막의 변화가 있는 스마트폰 사용 시 20~30대 성인 대비 부족한 조절력이나 사위의 양만큼 양안 중심과 주시상태를 유지하기 위해 지속적으로 양성융합성폭주를 사용하기 때문에 근거리 작업 시간이 연장될수록 안정피로가 커지게 된 것이라 예상해 볼 수 있는데 이는 25.3±3.8세와 52.7±8.8세의 두 연령군을 대상으로 스마트폰 사용을 하게 한 Yang 등^[20]의 선행연구결과에 근거를 둘 수 있다. 즉, 스마트폰 사용이 두 연령대에 미치는 영향에 대해 연구한 결과, 50대 성인에게서 복시, 방향감각상실 및 이미지 점프 등 시기능 불편과 신체 전반적 불편감이 더 크게 나타난다고 보고하였으며 이는 줄어든 조절능력을 극복하기 위해 스스로 자세를 조정함으로써 올바른 자세를 지속적으로 유지하지 못해 나타난 결과라고 제안하였다. 그러나 본 연구에서는 스마트폰 거치대를 사용하였고, 의자높이 및 주시거리를 대상자에게 맞추어 조정하고 대상자가 인위적으로 자세를 바꾸지 못하도록 하였으므로 부족한 조절력을 보상하기 위한 양성융합성폭주의 과도한 사용에 따른 피로감이 가장 크게 나타났던 것으로 판단되었다. 또한 같은 실험환경 조건에서 스마트폰을 사용한 군의 경우 사용하지 않은 군보다 안구건조증의 발생 가능성이 높은 것으로 나타났는데,^[21] 20~30대 성인의 경우 40대 성인 대비 조절기능 및 폭주기능이 정상이기 때문에 눈의 피로보다 건조감을 상대

적으로 더 많이 느낀 것으로 생각되었다.

또한 Yang 등^[20]은 다른 디스플레이 방식을 가진 3 종류의 스마트폰 사용 시 50대 연령층은 조절능력이 떨어지며, 높은 조도와 디스플레이 대비감도를 필요로 하기 때문에 기기의 종류에 민감하며, 다양한 색채를 이용한 작업 시에는 LCD방식의 디스플레이보다 OLED방식의 디스플레이를 사용하는 것이 노년에 유리한 것으로 보고하였다. 따라서 본 연구에서는 OLED방식의 하나인 Super AMOLED 디스플레이 기기를 이용하여 스마트폰 영상을 시청하였으므로 초기노안의 불편감은 디스플레이의 조도나 대비감도가 부족하여 나타난 것은 아닌 것으로 생각되었다.

2. 최대조절력의 변화

본 연구대상자인 40대 중년층의 단안 최대조절력은 노안과 비노안 두 군 모두 평균적으로는 약 2.5~2.8 D 조절 자극에 해당하는 35~40 cm 거리의 근거리 작업을 할 수 있는 조절기능을 가지고 있음을 알 수 있었다. 스마트폰을 이용한 30분 동안의 영상시청 후 노안과 비노안의 단안 최대조절력은 각각 6.24±2.66 D 및 7.12±2.79 D로 측정되어 스마트폰 사용 전과 비교하여 각각 5.3% 및 10% 가량 감소하였고, 비노안의 경우 통계적으로 유의한 차이가 나타났다(Table 2), (paired t-test, p<0.05).

본 연구진의 선행연구에서 22.5±3.7세 성인의 단안 최대조절력은 스마트폰 영상 시청 후 9.30±1.21 D에서 8.16±2.43 D로 약 12.3% 가량 감소하는 것으로 나타나 40대 중년층에 비해 감소폭이 다소 큰 것으로 나타났다. 이는

Table 2. Changes in visual function of the mid-40s after smartphone use

Visual function	Working group	Baseline	After watching a movie on smartphone
Non-presbyopia	Accommodative amplitude(D)	7.92±3.66	7.12±2.79*
	Accommodative facility(cpm)		
	Monocular	7.75±6.35	7.61±7.29
	Binocular	6.73±5.07	5.77±5.78
	Relative accommodation(D)		
Positive	-1.97±1.12	-1.80±1.17	
Negative	2.11±0.55	2.00±0.70	
Presbyopia	Accommodative amplitude(D)	6.59±3.00	6.24±2.66
	Accommodative facility(cpm)		
	Monocular	1.53±2.55 [†]	0.83±2.01*
	Binocular	1.28±2.32 [†]	1.06±2.01
	Relative accommodation(D)		
Positive	-1.11±0.71 [†]	-0.82±0.67*	
Negative	2.15±0.52	2.01±0.51*	

Values are expressed as Mean±SD.

[†], Significantly different from the baseline value of non-presbyopia at p<0.05 by student's t-test.

*

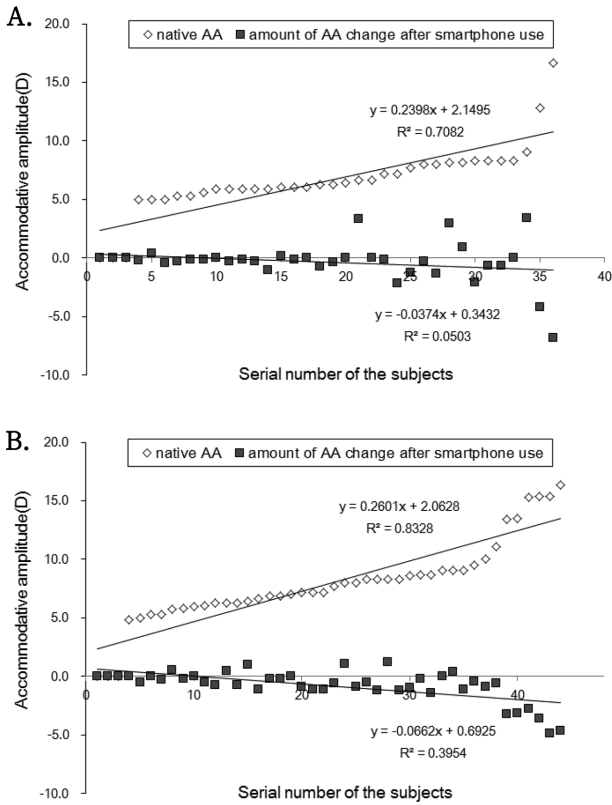


Fig. 2. The correlation between native accommodative amplitude and the amount of its change by smartphone use. A. Presbyopia, B. Non-presbyopia
AA: Accommodative amplitude

20대 성인은 40대 중년층의 경우보다 변화가능한 최대조절력의 폭이 크기 때문인 것으로 일단은 추정해 볼 수 있었다. 이에 연구대상자들의 최대조절력에 따른 스마트폰 영상시청 후 조절력의 변화량을 분석하여 보았다(Fig. 2). 본 연구결과 40대 중년층에서는 노안 여부에 관계없이 비슷한 연령대라 하더라도 개인별 최대조절력은 5~16.7 D 까지 다양하게 측정되었으며, 최대조절력의 크기가 큰 대상자의 경우 스마트폰 사용으로 인한 최대조절력의 변화량이 큰 경향을 나타내었다. 그러나 노안의 경우는 그 변화양상이 일정하지 않아 최대조절력에 따른 전후 변화량의 상관계수($R^2=0.0503$)가 비노안의 경우($R^2=0.3954$)보다 낮게 나타났다. 따라서 최대조절력이 많이 남아있는 40대 중년층의 경우라면 조절력 변화량의 폭이 크게 나타날 수 있으므로 근거리 시기능 훈련을 통하여 조절관련 기능들과 비사시성 양안시 이상들이 개선될 여지가 있다고 생각되었으나 노안의 경우는 그 결과를 예측하기 어려울 것으로 판단되었다.

3. 조절용이성의 변화

본 연구에서 40대 중년층의 노안과 비노안의 스마트폰 사용 전 단안 및 양안 조절용이성의 차이는 모두 통계적

으로도 유의하였다(Table 2), (student's t-test, $p<0.05$). 단안 조절용이성은 노안의 경우는 스마트폰 사용 전 평균 1.53 ± 2.55 cpm에서 사용 후 0.83 ± 2.01 cpm으로 0.7 cpm (45.8%)가량 통계적으로 유의하게 감소하였다(Table 2), (paired t-test, $p<0.05$). 그러나 비노안의 경우는 스마트폰 사용 전후 각각 평균 7.75 ± 6.35 cpm과 7.61 ± 7.29 cpm으로 나타나 크게 변화가 없음을 알 수 있었다(Table 2). 반면, 양안 조절용이성은 노안의 경우는 스마트폰 사용 전 1.28 ± 2.32 cpm에서 1.06 ± 2.01 cpm으로 약 0.22 cpm (17.2%)가량 감소하였으며, 비노안의 경우는 스마트폰 사용 전 6.73 ± 5.07 cpm에서 5.77 ± 5.78 cpm으로 약 0.96 cpm(14.3%)가량 감소한 것으로 나타났다(Table 2). 따라서 스마트폰 사용으로 노안의 경우는 단안 조절용이성에서만 통계적으로 유의하게 감소하였으므로 폭주보다는 조절피로가 크게 나타나는 것으로 생각할 수 있었으며, 비노안의 경우는 단안보다는 양안 조절용이성이 더 크게 감소하는 경향을 보였으므로 협동안운동이 더 크게 영향을 받는 것으로 생각할 수 있었다.

본 연구에서는 20대 대상의 선행연구결과^[14]와 비교하기 위하여 ± 2.00 D 플리퍼를 사용하여 조절용이성을 측정하였는데 20대 성인의 단안 및 양안 조절용이성은 각각 13.57 ± 3.11 cpm 및 12.98 ± 3.93 cpm으로 측정되었던 반면, 40대 중년층의 경우는 (-)렌즈 부가 시 지체를 보였던 노안과 그렇지 않은 비노안에서 단안 조절용이성의 경우는 각각 1.53 ± 2.55 cpm 및 7.75 ± 6.35 cpm으로, 양안 조절용이성의 경우는 각각 1.28 ± 2.32 cpm 및 6.73 ± 5.07 cpm으로 측정되어 동일조건에서는 최대조절력 뿐만 아니라 조절용이성 또한 크게 저하됨을 알 수 있었다. 특히, 40대 중년층의 단안 조절용이성 측정 시 노안여부와 관계없이 총 80안 중 약 30안에서만 4 cpm 이상 수행 가능한 것으로 나타났으며, 양안 조절용이성 역시 40명 가운데 16명에서만 4 cpm 이상 가능한 것으로 나타났다. 이 중 노안의 경우를 살펴보면 단안 조절용이성이 4 cpm 이상 가능한 경우는 36안 중 6안으로 나타났으며, 양안 조절용이성의 경우는 18명 중 5명으로 나타나 비슷한 연령대의 노안이 비노안에 비하여 조절용이성의 어려움을 더 크게 겪는 것으로 판단되었다.

이상의 결과는 노화로 인한 조절력 감퇴뿐만 아니라 안기능 저하로 인해 피검자가 조절자극의 변화에 대해 수정체의 조절과 이완을 신속하게 하는 능력 또한 감소함을 의미한다. 즉, 선행연구에서 20대 노안의 동일조건의 스마트폰 사용 이후 조절용이성의 통계적인 변화를 보이지 않았으나^[14] 40대 중반 노안의 경우는 단안 조절용이성이 통계적으로 유의한 감소를, 비노안의 경우는 양안 조절용이성이 감소하는 경향을 나타내었다(Table 2). 뿐만 아니라

40대 중년층의 경우는 최대조절력이 5 D가 남아있다 하더라도 40 cm 거리의 조절요구량인 2.5 D 이외에 -2.00 D 플리퍼 사용 시에는 생성되는 총 4.5 D의 조절요구량에 대해 순간적으로 반응할 수 있는 섬모체근의 능력이 저하된 것으로 판단되었다. 또한 최대 4.5 D에서 2.5 D로 변화하는 조절요구량의 감소 시에도 조절이완능력 역시 저하되었던 것임을 알 수 있었다. 따라서 현재 조절용이성 검사의 기준이 되고 있는 ± 2.00 D 플리퍼 사용은 노인여부와 관계없이 조절력이 감퇴한 40대 중년층의 평가에는 적합하지 않은 것으로 생각되었다. 이러한 결과는 시생활에 따른 초기노안의 시기능을 분석한 김 등^[13]의 선행연구결과에 부합될 뿐만 아니라 각 개인별 조절능력을 고려하여 조절용이성 검사를 실시해야 하고 검사거리는 최대조절력의 45%, 플리퍼 렌즈 도수 범위는 조절력의 30%만 사용하는 검사방법을 실시하여야 한다고 주장한 Yothers 등의 연구결과와도 부합된다.^[22]

4. 상대조절의 변화

40대 노안의 양성상대조절 검사 값은 스마트폰 사용 전에는 -1.11 ± 0.71 D이었으나 스마트폰 사용 후에는 -0.82 ± 0.67 D로 약 0.29 D가량 감소하였으며 이는 통계적으로 유의한 차이였다(Table 2), (paired t-test, $p < 0.05$). 비노안으로 분류된 40대 중년층의 양성상대조절 검사 값은 스마트폰 사용 전후에 각각 -1.97 ± 1.12 D 및 -1.80 ± 1.17 D로 측정되어 약 0.17 D가량 감소함을 알 수 있었으나 통계적으로 유의한 차이는 아니었다(Table 2). 본 연구에서 노안과 비노안의 스마트폰 사용 전 양성상대조절의 차이는 통계적으로도 유의하게 나타났다(Table 2), (student's t-test, $p < 0.05$). 양성상대조절을 측정하는 동안 피검자는 -0.25 D씩 단계적으로 조절자극을 받게 되며 이와 동시에 조절성 폭주량도 증가하게 되는데 이 때 시표를 선명하게 유지하기 위해선 조절을 증가시켜 망막 상에 선명한 상이 맺히도록 해야 할 뿐만 아니라 복시를 방지하기 위해 음성융합버전스를 사용하여야 한다.^[23] 40대 중년층의 노안에서 스마트폰 사용에 따른 양성상대조절의 감소는 30분 동안의 연속적인 근거리 작업 후 폭주를 유지시키면서 증가하는 조절자극에 대한 반응정도가 영향을 받았음을 의미한다.

조절이완 능력뿐만 아니라 양성융합이향력을 간접적으로 측정할 수 있는 음성상대조절 값은 노안의 경우 스마트폰 사용 전에는 2.15 ± 0.52 D이었으나 스마트폰 사용 후에는 2.01 ± 0.51 D로 약 0.14 D가량 감소하였고 통계적으로도 유의한 차이가 나타났다(Table 2), (paired t-test, $p < 0.05$). 비노안의 경우는 스마트폰 사용 전후 양성상대조절 검사 값이 각각 2.11 ± 0.55 D 및 2.00 ± 0.70 D로 측정되어 약 0.11 D가량 감소함을 알 수 있었으나 통계적으로

유의한 차이는 아니었다(Table 2). 음성상대조절 검사 시 대상자는 40 cm 거리의 타깃을 보면서 선명한 상을 유지해야 하기 때문에 (+) 렌즈를 증가시키면 피검자는 선명한 양안 단일시를 위해 조절을 이완시키게 되며 AC/A비에 따라 조절성 폭주량 또한 감소하게 된다. 이 때 더 이상의 조절이완이 불가능하게 되면서 나타나는 복시를 피하기 위해 양성융합버전스를 이용하여 양안주시 상태를 유지하게 된다.^[23] 노안에서 30분 동안의 스마트폰 연속작업 후 나타난 조절이완 능력의 감소는 지속적인 조절력 사용으로 인한 조절경련 증상과 함께 노화증상 중 가장 흔하게 일어나는 폭주부족과 관련하여 조절이완 시 양성융합이향 운동을 자극하기에 어려움을 줄 것으로 판단되었다.

20대 성인을 대상으로 한 선행연구에서는 30분 동안의 스마트폰 작업에 따라 단안 최대조절력은 유의하게 감소하였으나 조절용이성이나 상대조절 값에는 유의한 변화가 관찰되지 않았다.^[14] 이는 20대 성인의 경우는 스마트폰의 사용으로 조절능력이 감소하더라도 조절이완 능력이나 융합버전스에는 크게 영향을 받지 않는 것으로 의미하며, 40대 노안의 경우는 조절능력 뿐만 아니라 조절이완 능력 및 융합버전스도 영향을 받았을 가능성이 있음을 시사한다.

5. 융합버전스의 변화

40대 노안에서 스마트폰 사용 후 유의한 상대조절 값의 감소가 관찰되었으므로 융합버전스 값의 변화를 측정하였다(Table 3).

실험 전 40대 중년층의 양성융합버전스 값은 노안의 경우는 스마트폰 사용 전 19.50 ± 5.86 Δ에서 사용 후 18.44 ± 6.25 Δ으로 약 1.06 Δ만큼 감소하였으나 통계적인 유의성은 관찰되지 않았던 반면, 음성융합버전스 값은 스마트폰 사용 전 14.78 ± 4.36 Δ에서 사용 후 13.22 ± 4.72 Δ으로 약 1.56 Δ만큼 통계적으로 유의하게 감소하였다(Table 3), (paired t-test, $p < 0.05$). 비노안의 경우는 스마트폰 사용 전 후 양성융합버전스 값은 각각 18.50 ± 6.85 Δ 및 16.82 ± 6.44 Δ으로 측정되어 약 1.68 Δ만큼 감소하였으나 통계적으로 유의하지 않았던 반면, 음성융합버전스 값은 각각 16.86 ± 4.72 Δ 및 14.86 ± 4.56 Δ으로 약 2.00 Δ만큼 통계적으로 유의하게 감소하였다(Table 3), (paired t-test, $p < 0.05$). 대상자에게 BO 프리즘을 점차적으로 가입시켜 폭주자극이 증가되면 시표를 선명하게 보기 위해 폭주와 조절상태를 일정 수준으로 유지시켜야 한다. 즉, 폭주자극이 증가하게 되면 이향성 조절(vergence accommodation) 또한 증가하게 되므로 더 이상의 조절 이완이 불가능할 때 시표가 흐려보이다가 더 이상 융합이 불가능하게 되면 복시가 발생하게 된다. 이와 반대로 BI 프리즘을 서서히 가입하게 되면 양안 단일시 유지를 위해 개산이 요구되고 이에

Table 3. Changes in fusional vergence and near phoria of the Mid-40s after smartphone use

Visual function	Working group	Baseline	After watching a movie on smartphone
Non-presbyopia	Fusional vergence(Δ)		
	Positive, base-out	18.50 \pm 6.85	16.82 \pm 6.44
	Negative, base-in	16.86 \pm 4.72	14.86 \pm 4.56*
	Near phoria(Δ)		
	Esophoria	3.00 \pm 0.00	1.00 \pm 0.00
	Orthophoria	-4.00 \pm 2.32	-3.00 \pm 2.24*
Presbyopia	Fusional vergence(Δ)		
	Positive, base-out	19.50 \pm 5.86	18.44 \pm 6.25
	Negative, base-in	14.78 \pm 4.36	13.22 \pm 4.72*
	Near phoria(Δ)		
	Esophoria	2.33 \pm 1.53	1.67 \pm 3.06
	Exophoria	-4.00 \pm 1.41	-2.67 \pm 1.78*
		-9.30 \pm 2.26	-8.00 \pm 2.62
		-10.00 \pm 1.73	-9.67 \pm 1.53

Values are expressed as Mean \pm SD.

*, Significantly different from the baseline value at $p < 0.05$ by paired t-test.

따른 이향성 조절이 감소되므로 이를 극복하기 위하여 조절을 증가시키지 못한다면 흐린 상태가 나타나게 되며 이후 복시가 나타나게 된다. 본 연구에서 40대 중년층에게 단계적으로 프리즘을 가입시키면서 융합력을 측정하였을 때 총 전체 프리즘양은 모건의 기준 값에 비해 크게 차이는 보이지 않았으나 노안의 경우는 비노안에 비해 BO 및 BI 프리즘 가입 시 흐린 점을 쉽게 보고하지 못하였고 바로 복시가 나타난다고 보고하였다. 이는 초기노안은 조절관련 기능이 감소되어 폭주와 개산 요구 시 이에 대응하는 적절한 조절이완과 반응의 지속능력이 저하되어 융합력 측정 시 바로 분리점이 나타난 것이라고 판단되었다. 또한 본 연구에서 40대 노안이 30분 동안 스마트폰 사용 후 음성상대조절은 0.14 D 감소할 때 양성융합버전스는 1.06 Δ 이 감소하였던 반면, 양성상대조절이 0.29 D 감소하는 동안 음성융합버전스는 1.56 Δ 가량 통계적으로 유의하게 감소하였으므로 조절이완 기능보다는 조절반응 기능이 보다 영향을 받는 것으로 판단되었다. 즉, 노안의 경우는 저하된 조절능력을 음성융합버전스로 보상할 수 있는 능력이 떨어진다는 것을 의미한다. 40대 비노안의 경우는 30분 동안의 스마트폰 사용으로 음성상대조절은 0.11 D 감소할 때 양성융합버전스는 1.68 Δ 이 감소하였던 반면, 양성상대조절이 0.17 D 감소하는 동안 음성융합버전스는 2.00 Δ 가량 통계적으로 유의하게 감소하였으므로 노안의 경우와 비교하여 조절반응이나 조절이완 모두 덜 영향을 받음으로 이를 보상하여야 할 융합버전스의 필요량도 노안의 경우보다 적은 것으로 판단되었다.

6. 사위도의 변화

대상자를 안위의 편위 정도에 따라 정위, 내사위, 외사위로 나누고 스마트폰 사용으로 인하여 어떠한 변화가 나타나는가를 알아보았다(Table 3). 스마트폰 사용에 따른 40대 중년층의 사위도 변화는 노안의 경우 외사위(3명)는 사용 전 $-10.00 \pm 1.73 \Delta$ 에서 $-9.67 \pm 1.53 \Delta$ 으로 약 0.33 Δ 가량 변화하였으며, 정위(12명)에서는 $-4.00 \pm 1.41 \Delta$ 에서 $-2.67 \pm 1.78 \Delta$ 로 약 1.33 Δ 가량 변화하였고, 내사위(3명)에서는 $2.33 \pm 1.53 \Delta$ 에서 $1.67 \pm 3.06 \Delta$ 로 약 0.66 Δ 가량 감소하여 모든 사위도에서 정위화 경향을 나타내었다. 정위의 경우는 통계적으로 유의한 변화이었다(paired t-test, $p < 0.05$). 비노안의 경우 외사위(10명)는 사용 전 $-9.30 \pm 2.26 \Delta$ 에서 $-8.00 \pm 2.62 \Delta$ 으로 약 1.30 Δ , 정위(11명)에서는 $-4.00 \pm 2.32 \Delta$ 에서 $-3.00 \pm 2.24 \Delta$ 로 약 1.00 Δ 가량 변화하였고, 내사위(1명)에서는 $3.00 \pm 0.00 \Delta$ 에서 $1.00 \pm 0.00 \Delta$ 로 2.00 Δ 이 감소하여 모두 정위화 경향을 나타내었으며, 정위의 경우는 통계적으로 유의한 변화이었다(paired t-test, $p < 0.05$).

Sreenivasan 등^[24]은 7~15세의 어린이를 대상으로 한 연구에서 지속적인 근거리 작업으로 정시와 근시의 외사위와 내사위에서 모두 사위도가 감소되어 각각 eso- 및 exo-shift되어 정위방향으로 이동하였는데 이는 폭주적응의 결과로 판단된다고 하였다. 그러나 본 연구에서 스마트폰 사용 후 40대 중년층에서 나타난 정위화 정도는 어린이를 대상으로 한 경우보다 낮게 나타났으므로 폭주적응 능력이 감소한 것으로 생각되었으며, 특히 노안의 경우에는 비노안과 비교하여 외사위도의 변화량(노안 vs. 비노안,

0.33 Δ vs. 1.30 Δ)이 작게 나타났으므로 노안의 폭주적응 능력은 동일 연령대의 비노안에 비해 크게 저하된 것으로 판단되었다.

결 론

본 연구에서는 40대 중년층을 노안과 비노안으로 분류한 후 스마트폰 사용에 따른 조절 및 폭주기능의 변화를 알아보았다. 즉, 35~40 cm의 근거리에서 30분 동안 스마트폰으로 영상을 시청하게 한 후 자각적 증상과 시기능 변화를 분석하였다.

40대 중년층 중 노안은 스마트폰 사용으로 안정피로, 흐림 현상 및 건조감의 순으로 불편감을 호소하였으며, 조절기능과 비사시성 양안시 기능이 전반적으로 감소함을 확인할 수 있었다. 즉, 단안 조절용이성, 상대조절 등의 조절 관련 기능은 스마트폰 사용 후 통계적으로 유의하게 감소하였으며, 폭주 및 개산력 역시 저하되어 사위도의 변화가 나타났고, 음성융합버전스 값이 통계적으로 유의하게 감소하였다. 반면 40대 비노안의 경우는 안정피로, 건조감, 흐림 현상의 순으로 불편감을 호소하였고, 조절기능 중에서는 최대조절력 만이 통계적으로 유의하게 감소하였으며, 음성융합버전스 값의 유의한 감소를 나타내었다. 따라서 40대 중년층이 근거리 작업 후 자각적으로 느끼는 불편함의 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 있었다. 특히, 충분한 조절력을 가지고 있는 40대 중년층이라 하더라도 30분 동안의 연속적인 스마트폰 사용을 끝까지 수행하지 못한 경우도 있었으므로 Morgan의 나이별 평균 조절력 값을 근거로 시기능 변화 정도를 예상하는 것은 지양하여야 할 것이다. 그러므로 40대 중년층이 근거리 작업으로 불편한 증상을 느낄 경우에는 연령증가로 인한 조절력 감소뿐만 아니라 사위, 융합력 검사 등 전반적인 시기능 검사를 통하여 그 원인을 정확히 판단해야 할 필요가 있음을 제안할 수 있다.

REFERENCES

- [1] Kang WS, Kim MS, Go JU. Effects of the smartphone information use and performance on life satisfaction among the elderly. *J Korean Gerontological Soc.* 2013; 33(1):199-214.
- [2] KISA(Korea Internet & Security Agency). 2012 Survey on the Smart Phone Usage, 2013. <http://isis.kisa.or.kr/board/index.jsp?pageId=060200&bbsId=3&itemId=799&page-Index=2>(20 May 2016).
- [3] Kim TJ. Presbyopia and contact lenses. *J Korean Med Assoc.* 2013;56(4):303-309.
- [4] US Census Bureau. Population by Age and Sex, 2013. <https://www.census.gov/population/age/data/2013comp.html> (17 May 2016).
- [5] KOSIS(Korean Statistical Information Service). Resident midyear population, 2015. http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1B040M5&vw_cd=MT_ZTITLE&list_id=A6&seqNo=&lang_mode=ko&language=kor&obj_var_id=&itm_id=&conn_path=E1(17 May 2016).
- [6] Thomson WD. Eye problems and visual display terminals the facts and the fallacies. *Ophthalmic Physiol Opt* 1998; 18(2):111-119.
- [7] Seomoon GA, Kim EY. Factors of video display terminal syndrome in elementary school students who use digital textbooks. *J Korean Acad Soc Nurs Edu.* 2012;18(1):141-148.
- [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] 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.
- [10] Tosha C, Borsting E, Ridder WH, Chase C. Accommodation response and visual discomfort. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2009;29(6):625-633.
- [11] Kang YJ, Leem HS. Effects of smartphone usage with contents and smartphone addiction on accommodative function. *Korean J Vis Sci.* 2015;17(3):289-297.
- [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] Kim BH, Han SH, Shin YG, Kim DY, Park JY, Sin WC, Yoon JH. Aided distance visual acuity and refractive error changes by using smartphone. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2012;17(3):305-309.
- [14] 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.
- [15] Kim HM, Son JS, Lee WJ, Lee JY, Cho HG. Comparison of relative accommodation, accommodative facility, and addition based on occupation of initial presbyopia. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2009;14(4):59-63.
- [16] Anderson HA, Stuebing KK. Subjective versus objective accommodative amplitude: preschool to presbyopia. *Optom Vis Sci.* 2014;91(11):1290-301.
- [17] Pan CW, Cheung CY, Aung T, Cheung CM, Zheng YF, Wu RY et al. Differential associations of myopia with major age-related eye diseases: the Singapore Indian Eye Study.

- Ophthalmology, 2013;120(2):284-291.
- [18] MOEL(Ministry of Employment and Labor, Korea). Guidance for employee using visual display terminal, 2015. http://www.moel.go.kr/view.jsp?cate=3&sec=1&smenu=2&mode=view&bbs_cd=116&state=A&seq=1442564393512(20 May 2016).
- [19] Rosenfield M, Cohen AS. Repeatability of clinical measurements of the amplitude of accommodation. *Ophthalmic Physiol Opt.* 1996;16(3):247-249.
- [20] Yang SN, Tai YC, Hayes JR, Sheedy J. Superior smartphone display quality enhances viewing performance and comfort. *Faculty Scholarship(COO).* 2011;17.
- [21] Kim DJ, Cha JW, Park MC, Lee WJ. The influence of temperature and relative humidity variation on the dry eye for using smart phone. *Korean J Vis Sci.* 2014;16(3):397-407.
- [22] Yothers T, Wick B, Morse SE. Clinical testing of accommodative facility: development of amplitude-scaled test. *Optometry.* 2002;73(2):91-102.
- [23] Scheiman M, Wick B. Clinical management of binocular vision: heterophoric, accommodative, and eye movement disorders, 4th Ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2013;22-65.
- [24] 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;15(57):9-17.

스마트폰 사용에 의한 40대 중년층의 조절 및 폭주기능 변화

권기일, 김현진, 박미정, 김소라*

서울과학기술대학교 안경광학과, 서울 01811

투고일(2016년 5월 26일), 수정일(2016년 6월 13일), 게재확정일(2016년 6월 22일)

목적: 본 연구에서는 스마트폰을 이용한 과도한 근거리 작업이 40대 중년층의 자각증상과 조절 및 폭주 기능에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. **방법:** 단안과 양안의 시력이 각각 0.8 및 1.0 이상인 40대 중년층 40명(남자 10명, 여자 30명, 평균나이 43 ± 7.2 세)을 노안과 비노안으로 나누고 30분 동안 스마트폰으로 영상을 시청하도록 하였다. 스마트폰 사용 전과 후에 최대조절력, 조절용이성 및 상대조절을 측정, 비교하였다. 또한 스마트폰 사용에 따른 융합버전스와 근거리 사위도의 변화를 평가하였으며, 자각적 증상의 변화는 설문조사하였다. **결과:** 40대 노안은 스마트폰 사용으로 안정피로, 흐림 현상 및 건조감의 순으로 불편감을 호소하였으며, 조절기능과 비사시성 양안시 기능이 전반적으로 감소하였다. 즉, 단안 조절용이성, 상대조절 등의 조절관련 기능은 통계적으로 유의하게 감소하였으며, 폭주 및 개산력 역시 저하되어 사위도의 변화가 나타났고, 음성융합버전스 값이 통계적으로 유의하게 감소하였다. 반면 40대 비노안의 경우는 안정피로, 건조감, 흐림 현상의 순으로 불편감을 호소하였고, 조절기능 중에서는 최대조절력 만이 통계적으로 유의하게 감소하였으며, 음성융합버전스 값의 유의한 감소를 나타내었다. **결론:** 따라서 40대 중년층이 근거리 작업 후 자각적으로 느끼는 불편감의 원인은 노안여부에 따라 다르게 나타날 수 있으며, 단순히 조절기능의 감소에 의한 것이 아니라 사위, 융합력 등을 포함한 시기능의 전반적인 저하에 기인한 것임을 확인할 수 있었다. 따라서 40대 중년층이 근거리 작업으로 불편한 증상을 느낄 경우에는 연령증가로 인한 조절력 감소뿐만 아니라 사위, 융합력 검사 등 전반적인 시기능 검사를 통하여 그 원인을 정확히 판단해야 할 필요가 있음을 제안할 수 있다.

주제어: 40대 중년층, 노안, 비노안, 스마트폰, 최대조절력, 조절용이성, 상대조절, 융합버전스, 사위도, 자각적 불편감