

근거리 시각매체의 재질과 글자크기에 따른 조절시스템의 비교

하나리, 김창진, 정수아, 최은정, 김현정*

건양대학교 안경광학과, 대전 302-718

투고일(2014년 04월 24일), 수정일(2014년 06월 2일), 게재확정일(2014년 6월 18일)

목적: 본 연구는 일상생활 속에서 흔히 접할 수 있는 근거리 시각매체의 재질과 글자크기에 따른 조절시스템(조절반응과 조절래그)을 비교 분석하고자 하였다. **방법:** 특별한 안질환 및 굴절교정 수술경험이 없는 20~30세 성인 남녀 40명을 대상으로 시각매체의 재질(프린트용지, 신문용지, 잡지용지, 스마트폰, LCD 모니터)과 글자크기(6, 8, 10, 12)에 따른 조절반응을 양안 개방형 자동굴절계를 사용하여 측정 후 비교하였다. **결과:** 실제 조절자극 유효굴절력은 2.28 ± 0.11 D이고 실제 조절반응 유효굴절력은 1.66 ± 0.30 D로 그 차이인 조절래그는 0.62 ± 0.28 D였다. 시각매체의 재질에 따른 조절반응은 LCD 모니터를 사용한 경우 1.35 ± 0.26 D($p=0.00$), 스마트폰을 사용한 경우 1.55 ± 0.25 D($p=0.04$)로서 통계적으로 유의하게 낮은 조절반응을 보였고 조절래그는 LCD 모니터를 사용한 경우 0.93 ± 0.24 D($p=0.00$), 스마트폰을 사용한 경우 0.73 ± 0.25 D($p=0.04$)로서 통계적으로 유의하게 큰 조절래그를 보였다. 글자크기에 따른 조절반응과 조절래그는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p>0.05$). **결론:** 근거리작업 시 조절시스템은 시각매체의 글자크기보다는 시각매체의 재질에 따라 더 큰 영향을 받으며, 특히 비발광체 재질의 시각매체(프린트용지, 신문용지, 잡지용지)는 발광체 재질의 시각매체(스마트폰, LCD 모니터)보다 조절시스템의 관점에서 눈에 부담을 더 적게 주는 것으로 사료된다.

주제어: 조절자극, 조절반응, 조절래그, 근거리 시각매체

서 론

정보화 사회에서 현대인들은 개개인이 필요로 하는 수많은 정보들을 얻기 위해 책, 컴퓨터 그리고 스마트폰 등 다양한 시각매체를 이용하며, 장소에 구애받지 않고 책상에서의 업무뿐만 아니라 독서, 게임, 인터넷 검색, SNS 및 메신저 활용 등의 다양한 근거리작업에 많은 시간을 할애하고 있다. 그러나 업무와 학습의 효율성을 높이는 장점과 함께 근거리작업 시간이 늘어나고 이러한 기기들을 접하는 연령층이 점점 더 어려워지므로써 지속적인 근거리작업으로 인한 굴절이상과 안정피로 등이 문제시 되고 있다.^[1] 그리고, 지속적인 근거리작업은 조절(accommodation)과 폭주(convergence), 축동(miosis)이 동시에 일어나는 근접반사(near reflex)를 끊임없이 요구하며 조절과 폭주의 불균형, 조절력의 감소 등의 원인으로 안정피로를 유발하여 눈에 지속적인 부담을 주게 된다.^[2,3]

기존의 조절시스템과 관련된 선행 연구들은 획일화된 시

표를 사용하여 시표문자의 크기와 주시거리를 변화시키거나^[4] 굴절이상도별 교정의 정도(저교정, 완전교정, 과교정)에 따른 조절반응의 변화^[5]를 관찰하였으며, 실생활에서의 조절시스템에 관한 연구는 전화번호부, 기차노선표, 잡지, 신문, 지도와 같은 비발광체 재질의 시각매체에 대한 연구^[6]가 대부분으로써 최근에 많이 사용되는 시각매체인 스마트폰과 LCD 모니터와 같은 발광체 재질의 시각매체에 대한 연구가 요구되고 있다. 더구나 많은 사람들이 프린트용지와 스마트폰의 사용보다 LCD 모니터의 사용에서 더 큰 불편함을 호소한다는 보고 등^[7]을 고려할 때 생활 속에서 쉽게 접하는 다양한 시각매체에 대한 연구가 필요한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 조절영역 중에서도 조절자극(accommodative stimulus, AS) 보다 적은 양의 조절로 선명하게 볼 수 있는 조절반응(accommodative response, AR)과 조절래그(accommodative lag, AL) 시스템에 중점을 두고, 다양한 글자크기로 이루어져 있으며 생활 속에서 쉽게 접할 수 있는 시각매체인 프린트용지, 신문용지, 잡지용지,

*Corresponding author: Hyun Jung Kim, TEL: +82-42-600-6334, E-mail: kimhj@konyang.ac.kr

※본 논문의 일부내용은 2013년도 한국안광학회 하계학술대회에서 포스터로 발표되었음.

스마트폰 그리고 LCD 모니터를 사용하여 근거리작업을 할 때 각각의 조절반응을 비교해봄으로써, 동일한 크기의 조절자극에 대한 시각매체의 재질과 글자크기에 따른 조절 시스템(조절반응과 조절래그)의 상관관계를 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

특별한 안질환 및 굴절교정 수술 경험이 없으며, 양안의 구면굴절력 차이가 1.00 D 미만이고 근시도는 8.00 D 미만, 난시도는 2.00 D 미만, 교정시력이 1.0 이상이면서 동시에 조절이상이 없는 20~30세(평균 나이 22.57 ± 2.07 세)의 성인 남녀 40명을 대상으로 본 연구의 취지와 실험방법에 대해 충분히 숙지시킨 후 동의를 얻어 실험을 진행하였다.

근거리 시각매체로 사용한 시표의 종류 및 재질은 총 5 가지로서, 프린트용지로 가장 흔하게 쓰이는 비광택 재질의 A4용지(한솔 e-copy, 75 g/m^2 , 한솔제지주식회사), 일상 생활에서 근거리 매체로 쉽게 접할 수 있으며 백색에 비해 대비가 떨어지는 회색 바탕의 비광택 재질의 신문용지(일명갱지), 광택 재질의 잡지용지(아트지, 300 g/m^2 , EJONGE), 휴대전화 본래의 목적인 통화 이외의 모바일 메신저, 모바일 게임 및 인터넷 사용을 위해 수시로 접하게 되는 스마트폰(I-Phone 4 A1332, Apple, United States of America, retina display, 3.5형 와이드스크린, 500 cd/m^2), 업무와 인터넷 사용 및 온라인 게임 등을 위해 일상생활에서 장시간 근거리 작업에 사용되는 LCD 모니터(HP L1710 LCD, Hewlett-Packard Development Company, United States of America, 화면 해상도 1280×1024 , 화면 크기 43 cm, 300 cd/m^2)를 사용하였다. 또한 실험에 사용된 근거리 기준시표(near target, NT)는 근거리 양안시기능과 관련된 검사에서 기준으로 사용되는 20/30, 0.7 시력에 해당하는 시표(Topcon, LOT NO.88005E, Japan)로 선정하였으며, 시각매체에 제시된 문자는 근거리 기준시표로 사용된 20/30 시표의 문자와 동일하게 사용하였다.

글자크기는 ANSI[®]에서 독서 시 바람직한 글자크기로 제시한 대문자의 최소 글자크기가 시각 16분(읽는 거리 40 cm에서 1.86 mm), 최적 글자크기가 시각 20~22분(읽는 거리 40 cm에서 2.33~2.56 mm), 최대 글자크기가 시각 24분(읽는 거리 40 cm에서 2.79 mm)임을 바탕으로 하며, 본 실험에서는 최소 글자크기에 근접한 글자크기인 6(1.76 mm), 최적 글자크기에 근접한 글자크기인 8(2.30 mm), 최대 글자크기에 근접한 글자크기인 10(2.79 mm)과 최대 글자크기보다 더 큰 글자크기인 12(3.28 mm)를 선정하였다. 또한 각각의 글자크기는 가로 및 세로 길이가 같도록 장평을 조정하였으며, 본 실험에서 사용된 근거리 기준시표의 글자

크기는 조정된 글자크기 10의 문자와 동일한 크기였다.

지속적인 조절을 유지하기 위해 대상자들에게 1회 측정 시 마다 다른 글자를 선명하게 주시하도록 지시하였으며 이는 Kundart 등⁹⁾의 수직 3줄, 수평 $\pm 15^\circ$ 이내의 문장 안에서 시선이 움직여도 양안 개방형 자동굴절계를 이용하여 조절반응을 측정하는 것이 유용하다는 보고에 따른 것이다. 또한 시각매체의 재질과 글자크기를 무작위로 제시하여 반복에 의한 시각적 인식의 누적 효과를 배제하고자 하였다.

본 연구에서는 대상자의 우안만을 실험에 활용하였고, 검사실의 조도는 240 lux로 일정하게 유지시킨 후 먼저 시험테와 시험렌즈를 사용하여 원용 완전교정상태에서 좌안을 차폐하고 6 m에 위치시킨 Maltese cross 시표를 우안으로 주시하도록 한 후 양안 개방형 자동굴절계(N-Vision K-5001, Shin-Nippon, Japan)를 이용하여 5회씩 측정한 결과 교정굴절력의 평균값의 등가구면굴절력이 $\pm 0.25 \text{ D}$ 이내인 것을 확인하였다. 그 후 근거리 40 cm에서 20/30 기준시표를 제시하여 0.12 D 단위로 각 5회씩 조절반응을 측정한 후, 각각의 시각매체의 재질 및 글자크기를 제시하여 동일한 방법으로 조절반응을 측정하였다. 측정된 굴절력은 다음 식을 이용하여 원용 완전교정을 위해 장용한 시험렌즈의 굴절력과 정점간거리 등을 고려한 실제 조절자극과 조절반응의 유효굴절력을 계산하여 적용하였다. 다음 식에서 RXcornea는 각막 면에서의 굴절이상, DLE(m)는 정점간거리, DTE(m)는 각막에서 근거리 시표까지의 거리, Lens(D)는 눈앞에 썬워진 렌즈굴절력, RawARcornea는 자동굴절계로 측정된 굴절이상을 뜻한다.^[10] 또한, 조절래그는 일정한 조절자극의 유효굴절력과 각 시각매체에 따른 조절반응의 유효굴절력의 차이를 계산하여 적용하였다.

$$\text{조절자극의 유효굴절력}(D) = \frac{1}{\frac{1}{\frac{1}{DLE} - DTE} - RX_{cornea}}} - DLE$$

$$\text{조절반응의 유효굴절력}(D) = \frac{1}{\frac{1}{\frac{1}{RawAR_{cornea} + DLE} + Lens} - DLE}} - RX_{cornea}$$

동공크기의 측정은 정점간거리 12 mm에 PD자 눈금을 일치시켰을 때 양안 개방형 자동굴절계의 외부 모니터에 확대되어 보이는 눈금을 환산하여 측정하였다. 1 mm의 눈금은 양안 개방형 자동굴절계의 외부 모니터에서 10.7 mm로 확대되며 이를 통한 환산 공식을 다음과 같이 구할 수 있다. 다음 식에서 X(mm)는 양안 개방형 자동굴절계의 외부 모니터에 확대되어 보이는 동공크기이며, Y(mm)는 측정된 실제 동공크기를 의미한다.

$$Y = \frac{X}{10.7}$$

각각의 근거리 시각매체의 재질과 글자크기에 따른 조절

Table 1. Comparison of accommodative response according to the material and font size of near visual media

AS (Accommodative stimulus, D)		AR (Accommodative response)				
		Font size			Total	
		Size	Average (D)	Statistics (p)	Average (D)	Statistics (p)
NT _{AR} (Near target)	2.28 ± 0.11	10	1.66 ± 0.30	-	1.66 ± 0.30	-
Pr _{AR} (Print)		6	1.59 ± 0.28	0.08	1.61 ± 0.25	0.10
		8	1.61 ± 0.27	0.15		
		10	1.64 ± 0.25	0.72		
		12	1.60 ± 0.36	0.17		
NP _{AR} (Newspaper)		6	1.61 ± 0.28	0.27	1.61 ± 0.27	0.11
		8	1.61 ± 0.30	0.12		
		10	1.60 ± 0.31	0.11		
		12	1.61 ± 0.32	0.21		
Ma _{AR} (Magazine)		6	1.62 ± 0.28	0.28	1.60 ± 0.27	0.05
		8	1.63 ± 0.27	0.45		
		10	1.57 ± 0.31	0.03*		
		12	1.57 ± 0.34	0.04*		
IP _{AR} (I-Phone)		6	1.58 ± 0.26	0.12	1.55 ± 0.25	0.04*
		8	1.54 ± 0.25	0.02*		
		10	1.58 ± 0.30	0.18		
		12	1.51 ± 0.33	0.02*		
LCD _{AR} (Monitor)		6	1.35 ± 0.31	0.00*	1.35 ± 0.26	0.00*
		8	1.33 ± 0.26	0.00*		
		10	1.34 ± 0.27	0.00*		
	12	1.38 ± 0.30	0.00*			

*p<0.05

시스템(조절반응과 조절래그)의 상관관계 비교를 위한 통계적 처리에는 SPSS(19.0 version)의 대응 표본 T-test를 사용하였으며, 신뢰구간 95%로 p값이 0.05 미만일 때 통계적으로 유의하다고 판정하였다.

결 과

본 연구에서 검사거리는 40 cm로서 2.50 D에 해당하는 조절자극을 주었으나 원용 완전교정을 위해 장용한 시험렌즈의 굴절력과 정점간거리를 고려했을 때 실제 조절자극의 유효굴절력(AS)은 2.28 ± 0.11 D로 나타났고, 근거리 기준 시표를 제시하여 측정한 조절반응의 유효굴절력(NT_{AR})은 1.66 ± 0.30 D이었다(Table 1, Fig. 1). 또한 각 시각매체의 재질과 다양한 글자크기에 따른 조절반응의 유효굴절력(AR) 중에서 특히 LCD 모니터를 사용한 경우의 조절반응 유효굴절력(LCD_{AR})이 1.35 ± 0.26 D(p=0.00)로서 근거리 기

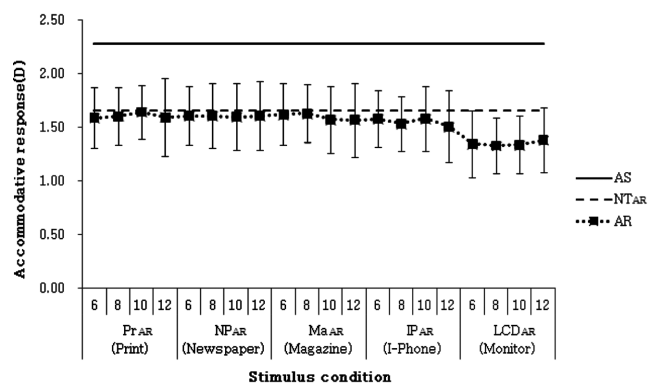


Fig. 1. Comparison of accommodative response according to the material and font size of near visual media. (AS : Accommodative stimulus, NT_{AR} : Near target, AR : Accommodative response)

준시표를 제시하였을 때와 비교하여 가장 낮은 조절반응을 보이며 그 결과는 통계적으로 유의하였고, 그 다음으로 스

Table 2. Comparison of accommodative lag according to the material and font size of near visual media

Target	AL (Accommodative lag)				
	Font size			Total	
	Size	Average (D)	Statistics (p)	Average (D)	Statistics (p)
NT _{AL} (Near target)	10	0.62±0.28	-	0.62±0.28	-
Pr _{AL} (Print)	6	0.69±0.27	0.07	0.67±0.23	0.10
	8	0.67±0.26	0.15		
	10	0.63±0.23	0.73		
	12	0.68±0.33	0.16		
NP _{AL} (Newspaper)	6	0.67±0.27	0.26	0.67±0.26	0.10
	8	0.67±0.29	0.11		
	10	0.68±0.29	0.11		
	12	0.67±0.29	0.19		
Ma _{AL} (Magazine)	6	0.65±0.26	0.26	0.68±0.26	0.05
	8	0.65±0.27	0.42		
	10	0.71±0.29	0.02*		
	12	0.71±0.33	0.04*		
IP _{AL} (I-Phone)	6	0.70±0.27	0.12	0.73±0.25	0.04*
	8	0.74±0.26	0.02*		
	10	0.70±0.30	0.17		
	12	0.77±0.33	0.02*		
LCD _{AL} (Monitor)	6	0.93±0.29	0.00*	0.93±0.24	0.00*
	8	0.95±0.24	0.00*		
	10	0.94±0.24	0.00*		
	12	0.89±0.29	0.00*		

*p<0.05

마트폰을 사용한 경우의 조절반응 유효굴절력(IP_{AR})이 1.55 ± 0.25 D(p=0.04)로서 통계적으로 유의하게 낮은 조절반응을 보였다. 그러나 프린트용지, 신문용지, 잡지용지에서는 근거리 기준시표를 제시하였을 때와 비교하여 조절반응의 유효굴절력에서의 큰 차이는 보이지 않았다.

실제 조절자극과 실제 조절반응의 차이인 조절오차를 의미하는 조절래그(AL)의 경우, 근거리 기준시표를 제시하였을 때 조절래그의 유효굴절력(NT_{AL})은 0.62±0.28 D였고, 각 시각매체의 재질과 다양한 글자크기에 따른 조절래그의 유효굴절력(AL) 중에서 특히 LCD 모니터를 사용한 경우의 조절래그 유효굴절력(LCD_{AL})이 0.93±0.24 D(p=0.00)로서 근거리 기준시표를 제시하였을 때와 비교하여 가장 큰 조절래그를 보이며 그 결과는 통계적으로 유의하였고, 그 다음으로 스마트폰을 사용한 경우의 조절래그 유효굴절력(IP_{AL})이 0.73±0.25 D(p=0.04)로서 통계적으로 유의하게 큰 조절래그를 보였다(Table 2, Fig. 2). 그러나 프린트용지, 신

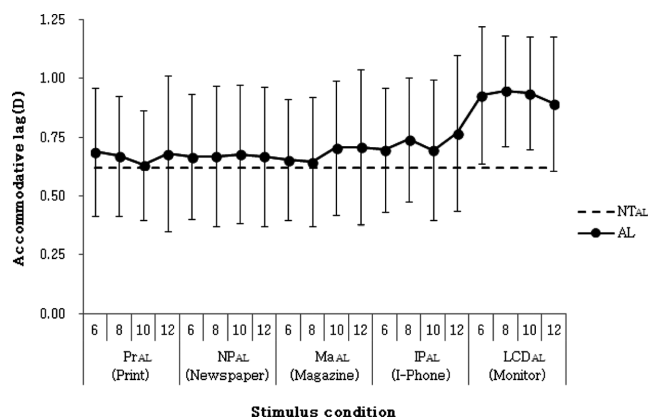


Fig. 2. Comparison of accommodative lag according to the material and font size of near visual media. (NT_{AL} : Near target, AL : Accommodative lag)

문용지, 잡지용지에서는 근거리 기준시표를 제시하였을 때와 비교하여 조절래그의 유효굴절력에서의 큰 차이는 보이

Table 3. Comparison of pupil size according to the material of near visual media

Target	Pupil size	
	Average (mm)	Statistics (p)
NT (Near target)	4.74 ± 0.58	-
Pr (Print)	4.77 ± 0.54	0.26
NP (Newspaper)	4.75 ± 0.54	0.78
Ma (Magazine)	4.72 ± 0.54	0.68
IP (I-Phone)	4.29 ± 0.59	0.00*
LCD (Monitor)	3.80 ± 0.56	0.00*

*p<0.05

지 않았다.

동공크기는 근거리 기준시표를 제시하였을 때 4.74 ± 0.58 mm였고, 각 시각매체의 재질에 따른 동공크기를 비교한 결과 LCD 모니터를 사용한 경우의 동공크기가 3.80 ± 0.56 mm(p=0.00)로서 근거리 기준시표를 제시하였을 때와 비교하여 가장 작은 동공크기를 보였고 이는 통계적으로 유의하였으며, 그 다음으로 스마트폰을 사용한 경우의 동공크기가 4.29 ± 0.59 mm(p=0.00)로서 통계적으로 유의하게 작은 동공크기를 보였다(Table 3). 그러나 프린트용지, 신문용지, 잡지용지에서는 근거리 기준시표를 제시하였을 때와 비교하여 동공크기의 큰 차이는 보이지 않았다.

글자크기에 따른 조절반응을 비교한 결과, 글자크기 6, 8, 10에서 각각 1.59 ± 0.28 D, 1.61 ± 0.27 D, 1.64 ± 0.25 D로 글자크기가 커질수록 조절반응이 증가하는 경향을 보이다가 글자크기 12에서는 1.60 ± 0.36 D로 오히려 조절반응이 줄어드는 결과를 보였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다(Table 4, Fig. 3).

또한 글자크기에 따른 조절래그를 비교한 결과, 글자크기 6, 8, 10에서 각각 0.69 ± 0.27 D, 0.67 ± 0.26 D, 0.63 ± 0.23 D로 글자크기가 커질수록 조절래그가 감소하는 경향을 보이다가 글자크기 12에서는 0.68 ± 0.33 D로 오히려 조

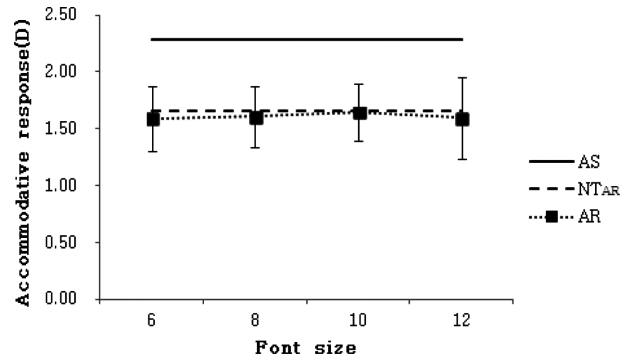


Fig. 3. Comparison of accommodative response according to the font size of near visual media. (AS : Accommodative stimulus, NT_{AR} : Near target, AR : Accommodative response)

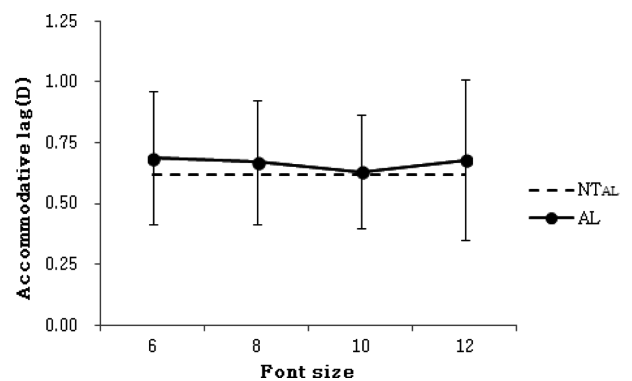


Fig. 4. Comparison of accommodative lag according to the font size of near visual media. (NT_{AL} : Near target, AL : Accommodative lag)

절래그가 커지는 결과를 보였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다(Table 4, Fig. 4).

고 찰

조절은 다양한 거리에 위치한 물체의 선명한 상을 망막에 결상하고 이를 유지시키기 위해 수정체의 굴절력을 변화시키는 과정이다.^[11] 이때 주시거리에 따른 조절자극에

Table 4. Comparison of accommodative response and accommodative lag according to the font size of near visual media

Font size	AR (Accommodative response)			AL (Accommodative lag)		
	NT _{AR} (Near target, D)	Average (D)	Statistics (p)	NT _{AL} (Near target, D)	Average (D)	Statistics (p)
6	-	1.59 ± 0.28	0.08	-	0.69 ± 0.27	0.07
8	-	1.61 ± 0.27	0.15	-	0.67 ± 0.26	0.15
10	1.66 ± 0.30	1.64 ± 0.25	0.72	0.62 ± 0.28	0.63 ± 0.23	0.73
12	-	1.60 ± 0.36	0.17	-	0.68 ± 0.33	0.16

*p<0.05

대해 조절시스템이 실제 반응한 양을 조절반응이라 하고 조절자극과 조절반응의 차를 조절오차, 즉 조절래그라 한다.^[12] 조절래그는 망막 중심좌에 어느 정도 선명하지 않은 허용착란원 상을 맺게하여 안광학계의 초점심도가 깊거나 얕아도 똑같은 선명도로 볼 수 있도록 하는 역할을 하며 시표의 대비와 색, 실내조명 등의 외부 조건이 조절래그에 미치는 영향은 미약하지만 초점심도와 망막상의 대비의 변화가 조절래그에 미치는 영향은 크다.^[11,13] 또한 초점심도는 동공크기의 변화에 민감하고, 망막상의 대비는 공간주파수의 변화에 민감하다. 예를 들어 동공의 크기가 커지면 초점심도가 얕게 되고, 공간주파수가 큰 세밀한 그림 등의 도형 시표를 사용하게 되면 망막상의 대비가 떨어져서 조절래그를 감소시켜 흐렸던 상을 다시 적당한 선명한 상으로 되돌린다. 즉, 고정된 주시거리의 일정한 조절자극을 뜻하므로 결과적으로 조절반응이 커진다.^[13] 따라서 조절래그는 초점심도와 망막상의 대비에 비례하며 초점심도는 동공크기에 반비례(회절, 수차 발생 제외)하고 망막상의 대비는 공간주파수에 반비례한다.

조절래그의 측정, 즉 조절반응을 구하는 방법은 크게 두 가지 방법으로 검영기를 이용한 MEM법과 크로스실린더를 이용한 방법이 있다. 이러한 방법들은 검사자의 기기 사용 숙련도에 따라 검사결과와 신뢰도가 많이 좌우 된다.^[14] 또한 Rosenfield 등은 성인에서 양안 개방형 자동굴절계를 이용하여 조절반응을 타각적으로 측정하는 것이 유용하게 활용될 수 있음을 보고하였다.^[15] 이에 본 연구에서는 검사자의 기기 사용 숙련도의 영향력이 미미한 양안 개방형 자동굴절계를 이용하여 보다 객관적으로 조절반응을 측정하여 조절래그를 구하였다.

본 연구에서의 조절반응 유효굴절력은 1.66 ± 0.30 D로서 Sung^[13]이 언급한 Morgan의 단안 조절반응 기댓값인 1.25~1.75 D와 유사한 결과를 보였고, Bae 등^[5]이 0.50~0.33 m 주시거리에서 측정한 1.45~2.31 D와 비슷한 결과를 보였다. 또한 Sung^[13]에 의하면 Sheard가 40 cm 주시거리에서 20~25세의 젊은이들을 대상으로 연구한 결과 0.50~0.75 D 범위를 조절래그의 정상범위로 제시하였으며 본 연구 결과인 0.62 ± 0.28 D는 이러한 정상범위 안에 속하였고, Han 등^[14]이 0.50~0.33 m 주시거리에서 측정한 결과인 0.26~0.78 D와도 유사한 결과를 보였다. 또한 본 연구 대상자들의 동공크기는 4.74 ± 0.58 mm로 정상 동공크기의 2~4 mm 보다 좀 더 크게 측정되었다.^[16] 이는 동공크기가 신생아 시기에는 작고 신체가 성장하면서 청년기까지 커지다가 일반적으로 그 이후에는 다시 60세까지 점차 작아지는 경향을 참고할 때 본 연구의 대상자들의 평균 나이 22.57 ± 2.07 세로 동공크기가 큰 청년기에 속하기 때문이라고 사료된다. Kundart 등의 연구에서는 노안이 아닌 37명을 대상으로 프

린트용지, 스마트폰, LCD 모니터의 가독성 및 조절반응과 동공크기의 차이를 비교한 결과, 조절반응에서 큰 차이가 없었지만 LCD 모니터에서 프린트용지와 스마트폰보다 휘도가 더 증가하였기 때문에 동공크기가 유의하게 작아졌다고 하였다.^[17] 본 연구에서는 프린트용지의 종류를 세분화하여 비광택 재질인 프린트용지와 광택 재질인 잡지용지, 회색바탕의 신문용지를 추가하여 검사를 진행하였으며, 연령에 따른 조절력과 조절용이성, 조절반응의 차이 등을 고려하여 대상자를 20대로 제한한 결과 LCD 모니터와 스마트폰에서 다른 시각매체를 보다 큰 조절래그와 작은 동공크기가 측정되었다. 이때 LCD 모니터와 스마트폰을 사용한 경우의 조절래그가 다른 시각매체 사용 시의 조절래그보다 큰 값을 보이는 것은 휘도 증가에 의해 동공크기가 작아져서 초점심도가 깊어졌기 때문으로 사료된다. 또한, LCD 모니터와 스마트폰을 사용하였을 때의 동공크기를 비교하면, LCD 모니터를 사용하였을 때의 동공크기가 더 작은 것을 알 수 있다. 이는 LCD 모니터의 휘도가 300 cd/m^2 이고 스마트폰의 휘도가 500 cd/m^2 로서 휘도 값의 차이만을 비교하면 스마트폰에서 동공크기가 더 작게 측정될 것으로 예상할 수 있지만 본 연구의 목적은 실생활에서 흔히 접할 수 있는 매체에 관한 것으로써 단위면적에 따른 값을 제시한 것이 아니라 시판되는 완제품을 제시하였기 때문에 상대적으로 발광범위가 큰 LCD 모니터를 제시하였을 때 동공크기가 더 작아진 것으로 사료된다. 다시 정리하면, 본 연구에서 시각매체의 재질에 따른 조절시스템은 발광체 재질의 시각매체(스마트폰, LCD 모니터)에서 비발광체 재질의 시각매체(프린트용지, 신문용지, 잡지용지)에 비해 피검사자의 동공크기가 좀 더 작아짐에 따라 초점심도가 깊어져서 조절반응은 낮게, 조절래그는 크게 나타난 것으로 사료된다. 특히, LCD 모니터의 경우 조절래그가 다른 어떠한 시각매체보다 크게 측정된 것은 물체를 선명하게 보기 위해 추가로 조절이 요구되고 AC/A 비 등에 의한 폭주 발생 등으로 인해 눈의 피로도가 증가하며, 조절래그에 의해 형성된 망막상의 질적 저하^[18]는 근시 진행과도 관련이 있기 때문에 장시간의 불필요한 LCD 모니터의 사용은 성인뿐만 아니라 소아와 청소년들에게도 이롭지 못할 것으로 사료된다.

또한 글자크기에 따른 조절반응은 글자크기 6, 8, 10에서 글자크기가 커질수록 조절반응이 증가하는 경향을 보이다가 ANSI^[8]에서 제시한 글자크기의 최대 글자크기보다 큰 글자크기인 12에서는 오히려 조절반응이 줄어드는 경향을 보였고, 조절래그는 글자크기 6, 8, 10에서 글자크기가 커질수록 조절래그가 감소하는 경향을 보이다가 글자크기 12에서는 오히려 조절래그가 커지는 경향을 보였지만 이러한 경향은 0.25 D 보다 적은 미미한 변화로 근거리작업 시 조

절시스템에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 생각된다.

결론적으로 근거리 시각매체의 글자크기보다는 재질의 종류가 조절시스템에 미치는 영향이 더 크다고 할 수 있으며, 시각매체들 중에서 조절래그가 가장 작게 측정된 비발광체 재질의 시각매체(프린트용지, 신문용지, 잡지용지)를 사용하여 근거리작업을 한 경우가 발광체 재질의 시각매체(스마트폰, LCD 모니터)를 사용하여 근거리작업을 한 경우보다 조절시스템의 관점에서 눈에 부담을 덜 준다고 할 수 있다. 그러나 지속적인 근거리작업으로 인한 굴절이상과 안정피로 등의 문제는 조절시스템뿐만 아니라 다른 외부적인 요인들(근거리 시각매체를 사용하는 시간과 자세, 환경)에 의해 영향을 받을 수 있으므로, 일상생활 속에서 장시간에 걸친 근거리작업과 관련된 추가적인 시기능에 관한 연구가 더 필요할 것이다.

결 론

평균 나이 22.57±2.07세의 성인 남녀 40명을 대상으로 근거리 시각매체의 재질과 글자크기를 다양하게 조합한 후 이에 따른 조절시스템(조절반응과 조절래그)을 측정하여 비교 분석한 결과, 실제 조절자극 유효굴절력은 2.28±0.11 D이고 실제 조절반응 유효굴절력은 1.66±0.30 D로서 그 차이 값인 조절래그는 0.62±0.28 D로 나타났고, 근거리 시각매체의 글자크기보다 재질의 종류가 조절시스템에 미치는 영향이 더 큰 것을 알 수 있었다. 특히 근거리 시각매체의 재질에 따른 조절시스템은 비발광체 재질의 시각매체(프린트용지, 신문용지, 잡지용지)보다 발광체 재질의 시각매체(스마트폰, LCD 모니터)에서 더 낮은 조절반응과 더 큰 조절래그가 측정되었으며, 이는 조절시스템의 관점에서 더 작은 조절래그가 측정된 비발광체 재질의 시각매체(프린트용지, 신문용지, 잡지용지)가 발광체 재질의 시각매체(스마트폰, LCD 모니터)보다 눈에 부담을 적게 준다고 할 수 있다.

REFERENCES

[1] Grisham JD, Simons HD. Refractive error and the reading process: a literature analysis. *J Am Optom Assoc.* 1986; 57(1):44-55.
 [2] Collins M, Davis B, Atchison D. VDT screen reflections and accommodation response. *Ophthalmic Physiol Opt.*

1994;14(2):193-198.
 [3] Culhane HM, Winn B. Dynamic accommodation and myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1999;40(9):1968-1974.
 [4] Kim JD, Kim TH, Jeon IC. A study of comparison between refractive errors by fixation distance variation with N-vision (open-view type) Auto-refractor and refractive error with canon (internal fixation target type) Auto-refractor. *J Korean Oph Opt Soc.* 2011;16(4):433-438.
 [5] Bae SH, Kwak HW. Comparison between accommodative response change on the full vision correction and low vision correction. *J Korean Oph Opt Soc.* 2012;17(1):75-81.
 [6] Ciuffreda KJ, Rosenfield M, Rosen J, Azimi A, Ong E. Accommodative responses to naturalistic stimuli. *Ophthalmic Physiol Opt.* 1990;10(2):168-174.
 [7] Sheedy JE, Hayes JR, Engle J. Is all asthenopia the same? *Optom Vis Sci.* 2003;80(11):732-739.
 [8] Human Factors Society. American National Standard for Human Factors Engineering of Visual Display Terminal Workstations : ANSI/HFS Standard No 100-1988 paperback, 1st Ed. Human Factors Society, 1988;987.
 [9] Kundart J, Tai YC, Hayes JR, Gietzen J, Sheedy J. Real-time objective measurement of accommodation while reading. *J Behav Optom.* 2011;22(5):130-134.
 [10] Yeo AC, Kang KK, Tang W. Accommodative stimulus response curve of emmetropes and myopes. *Ann Acad Med Singapore.* 2006;35(12):868-874.
 [11] Benjamin WJ. Borish's Clinical Refraction, 2nd Ed. London: Butterworth-Heinemann, 2006;93-144.
 [12] Millodot M. Dictionary of optometry and visual science, 6th Ed. London: Butterworth-Heinemann, 2004;3.
 [13] Sung PJ. Optometry, 5th Ed. Seoul: Daehakseorim, 2005;175-178, 292-295.
 [14] Han GA, Hwang JH, Mah KC. Objective measurement of accommodative responses with open-field autorefractor. *Korean J Vis Sci.* 2009;11(1):35-44.
 [15] Rosenfield M, Portello JK, Blustein GH, Jang C. Comparison of clinical techniques to assess the near accommodative response. *Optom Vis Sci.* 1996;73(6):382-388.
 [16] Lee JH. Ophthalmology, 9th Ed. Seoul: Iljokak, 2011;404.
 [17] Kundart J, Tai YC, Hayes JR, Sheedy J. Word recognition and the accommodative response to desktop & handheld video displays, 2010. <http://bcis.pacificu.edu/interface/?p=2857> (18 March 2014).
 [18] Sreenivasan V, Aslaksen E, Kornaus A, Thibos LN. Retinal image quality during accommodation in adult myopic eyes. *Optom Vis Sci.* 2013;90(11):1292-1303.

Comparison of Accommodative System according to the Material and Font Size of Near Visual Media

Na-Ri Ha, Chang-Jin Kim, Su A Jung, Eun Jung Choi, and Hyun Jung Kim*

Dept. of Optometry, Konyang University, Daejeon 302-718, Korea

(Received April 24, 2014; Revised June 2, 2014; Accepted June 18, 2014)

Purpose: This study was conducted to compare and analyze the accommodative system (accommodative response and accommodative lag) according to the material and font size of near visual media that we often encounter in daily life. **Methods:** Forty adult men and women aged 20 to 30 who not had specific ocular diseases and refractive surgery experience were examined to measure and compare the accommodative response according to the material of near visual media (print paper, newspaper, magazine, the I-Phone, LCD monitor) and font size (6, 8, 10, 12) by using both eyes open-view auto-refractometer. **Results:** The accommodative stimulus was 2.28 ± 0.11 D and the accommodative response was 1.66 ± 0.30 D. The accommodative lag namely the difference between accommodative stimulus and accommodative response was 0.62 ± 0.28 D. The accommodative response according to material of visual media using LCD monitor was 1.35 ± 0.26 D ($p=0.00$) and using the I-Phone was 1.55 ± 0.25 D ($p=0.04$). Both of them were statistically significant lower. The accommodative lag using LCD monitor was 0.93 ± 0.24 D ($p=0.00$) and using the I-Phone was 0.73 ± 0.25 D ($p=0.04$) and they were statistically significant higher. The accommodative response and accommodative lag according to font size were not statistically significant ($p>0.05$). **Conclusions:** During near working, the accommodative system was more affected by material than font size of visual media. Especially, visual media of non-luminous material (print paper, newspaper, magazine) are considered fewer burdens on eyes than luminous material (I-Phone, LCD monitor) in terms of accommodative system.

Key words: Accommodative stimulus, Accommodative response, Accommodative lag, Near visual media