J. Korean Oph. Opt. Soc.
Vol. 16, No. 2, pp. 179-186, June 2011

Anaglyph 3D입체 영상 시청 후의 시기능 변화

이욱진 · 곽호원 · 손정식 · 김인수* · 유동식

경운대학교 안경광학과
*경운대학교 신소재에너지학과

투고일(2011년 4월 27일), 수정일(2011년 5월 27일), 게재확정일(2011년 6월 18일)

목적: Anaglyph 3D입체 영상 시청에서 나타나는 시기능 변화를 비교 평가하고자 하였다. **방법**: 대학생 70명(평균 나이 22.29±2.19세)을 대상으로 2D영상과 적록안경방식의 anaglyph 3D영상 시청 전후의 시기능을 검사하였다. 시기능 평가는 von Graefe법을 이용한 사위 검사, (–)렌즈 부가법을 이용한 조절력 검사, 음성 및 양성상대조절력(negative relative accommodation, NRA; positive relative accommodation, PRA) 검사, 음성 및 양성상대폭주력(negative relative convergence, NRC; positive relative convergence, PRC) 검사, 조절용이성 및 이향용이성 검사로 하였다. **결과**: 3D영상 시청 후의 시기능 평가에서 근거리의 외사위 감소와 조절력 감소를 보였고, 이와 관련하여 적은 변화이긴 하지만 근거리의 NRC는 증가하는 경향을, PRC는 감소하는 경향을 보였다. NRA와 PRA의 변화는 없었으며, 조절용이성과 이향용이성은 더 좋아진 것으로 확인되었다. **결론**: 시기능 변화는 2D영상보다 3D영상 시청에서, 원거리보다 근거리에서 더 많은 변화를 보였으며, 특히 3D영상 시청 후의 조절용이성과 이향용이성 향상은 3D영상에서 입체감을 갖기 위한 조절과 이향의 지속적인 운동 효과와 관련이 있는 것으로 판단된다. 이러한 시기능 변화를 볼 때, anaglyph 3D영상이 anaglyph방식의 시기능 훈련과 같은 효과가 어느 정도 있는 것으로 본다.

주제어: 2D, 3D, 영상, 애너글리프, 시기능

서 론

3D입체 영상은 게임, 영화, TV 및 교육 등 다양한 분야에 적용되고 있으며, 특히 일반 가정에도 쉽게 접할 수 있는 3D TV 중심으로 그 수요가 늘어나고 있다[1]. 현재 보급되는 3D TV의 경우 액정 셔터(liquid crystal shutters, LCS)방식[2]과 편광(polaroid)방식[3]이 주를 이루고 있으며, 선명도, 시야각, 입체감과 같은 화질 측면과, 눈과 신체적 편안함, 안경 착용감과 같은 사용자 편의성 측면에서 우열을 가리는 논쟁이 가열되고 있다[4]. 그러나 이 두 방식 모두 3D 방식의 디스플레이와 각 방식에 맞는 각종 영상물의 보급, 전송방식에서 보다 쉽게 접근할 수 있도록 보편화하여야 한다. 이와는 달리 적록 또는 적청안경을 이용한 anaglyph 3D 방식[5]은 기존 디스플레이에 쉽게 적용 가능하고, 영상물 구입이 용이하여 교육, 군사, 우주, 항공 및 시기능 훈련용으로 아직도 많이 활용되고 있는 3D입체 영상이다.

Anaglyph 3D입체 영상은 색상 차이로 인해 2D영상보다 피로감을 많이 느끼며 색상의 왜곡이 심한 것으로 알려졌으나 시기능에 직접적으로 미치는 영향에 대해서 알려진 것은 많지 않다[6,7]. 3D영상 시청에서 나타나는 증상은 주로 시각적 증상(ocular symptoms)과 비시각적 증상(nonocular symptoms)으로 평가할 수 있다[8]. 3D영상은 2D영상과 달리 입체감, 생동감 및 현실감을 제공해 주는 장점이 있으나 눈의 피로를 유발하며, 심한 경우 두통 및 구토 증상을 보이기도 한다. 이런 증상의 기전은 이향과 조절의 불일치(vergence-accommodation conflict), 안구운동기능(oculomotor function)의 변화 등으로 설명하고 있으나, 시청자의 시각적 환경, 조절과 폭주 능력에 따라 다를 수 있다[6,9].

저자들의 선행연구[10]에서 anaglyph 3D입체 영상 시청에서 눈의 피로, 흐림, 신체적 불편, 졸음, 현기증과 같은 시각적 또는 비시각적인 자각증상과 입체시가 증가된다는 사실을 보고한 바 있다. 이러한 결과는 3D영상에 대한 적응 과정의 하나로 판단하였으며, 조절력, 이향력, 안위와 같은 시기능의 변화를 평가할 필요성을 제기하였다. 따라서 본 연구에서는 anaglyph 3D영상을 시청했을 때 나타나는 시기능 변화를 2D영상 시청 시 나타나는 시기능 변화

교신저자 연락처: 유동식, 730-739 경상북도 구미시 산동면 인덕리 55번지 경운대학교 안경광학과
TEL: 054-479-1333, **FAX:** 054-479-1339, **E-mail:** yds@ikw.ac.kr

와 비교하여 평가하고자 한다.

대상 및 방법

1. 연구대상

전신질환과 안질환 등의 병력이 없고, 원용 교정시력 1.0 이상, 굴절부등 2.00D 미만, 시청 전 문진에서 시각적 이상 증상이 없는 만 20~30세의 대학생 70명(평균 22.29±2.19세: 남 38명, 여 32명)을 대상으로 검사하였다. 대상자들의 굴절분포는 정시 55안(39.3%), 근시 34안(24.3%, S-0.75D~S-5.25 D), 난시 51안(36.4%, S-0.25D~S-8.25 D, C-0.25D~C-3.75D)이었다.

2. 방법

피검자는 각 영상 시청 이전에 눈이 많이 피로한지 몸이 많이 지쳐있는지에 대한 문진을 하였다. 이에 이상이 없는 자에 한해서 실험을 하였고, 동일한 피검자를 대상으로 2D영상 시청 전과 후, 적록안경방식의 anaglyph 3D영상 시청 전과 시청 후로 나누어 시기능 검사를 진행하였다. 시청 시간의 기준은 동영상 강의 평균 시청 시간이 30분 이상인 것과 방송통신위원회에서 실시한 3D시범방송 설문조사[11]에 적용한 15~30분의 최대 시청 기준을 참고하여 2D, 3D영상 시청 시간은 단시간 즉 30분으로 설정하였고, 시청 거리는 70 cm로 하였다[12].

피검자들이 영상에 대한 흥미를 최대한 잃지 않도록 2D영상을 먼저 시청하도록 하였으며, 검사는 2D 시청 전후 시기능 상태를 비교한 뒤 하루가 지난 뒤 다시 3D 시청 전후 시기능 상태를 비교하는 방식을 사용했다. 검사 시간대는 오후(13:00~16:00)로 하였고, 실험에 사용된 2D 및 3D영상은 2008년 제작한 미국 Warner Bros.사의 'Journey to the center of the earth(잃어버린 세계를 찾아서)'이며, 사용된 디스플레이는 미국 Apple사 21.5 인치 LED로 하였다. 동일한 영상에 대한 지루함을 최대한 배제시키기 위해 2D영상 먼저 시청하게 하였다.

시기능 검사는 본 그래페(von Graefe)법에 의한 사위 검사, 마이너스렌즈 부가에 의한 조절력 검사, 음성상대조절력 검사(negative relative accommodation, NRA), 양성상대조절력 검사(positive relative accommodation, PRA), 음성상대폭주력 검사(negative relative convergence, NRC), 양성상대폭주력 검사(positive relative convergence, PRC), 반전복수시험테(+2.00D/–2.00D flipper)를 이용한 조절용이성 검사(accommodative facility), 반전복수시험테(12BO/3BI flipper)를 이용한 이향용이성 검사(vergence facility) 순으로 진행하였다. 검사실의 조도는 영상을 시청할 때는 반 암실 상태였고, 근거리 검사는 밝은 조명 아래에서 진행하였다. 주요 검사장비는 원거리용 시표(5m)와 근거리용 시표(40 cm) 그리고 포롭터(CP-690, NIDEK, Japan)를 이용하였다.

3. 자료 분석

2D영상과 3D영상에서 나타난 시기능 변화는 SPSS(Ver. 12.0 for windows)를 이용하여 paired t-test를 이용하였고, 95%의 신뢰구간으로 $p<0.05$일 때 통계적으로 유의성이 있다고 판단하였다.

결 과

1. 2D, 3D영상 시청 전후의 사위도 변화

2D와 3D영상 시청 전후에 나타나는 원거리와 근거리 사위도 변화는 Table 1과 같으며, (–) 부호는 외사위를, (+) 부호는 내사위를 나타낸 것이다. 원거리 사위도는 2D영상 시청 전 –2.53±1.98△(평균±표준편차)에서 시청 후 –3.13±1.97△으로 외사위 증가 경향을 보였고(p=0.000), 3D영상 시청은 –2.69±2.03△에서 –2.21±2.48△으로 외사위도는 줄어들었으나 유의한 차이(p=0.083)를 보이지 않았다. 근거리 사위도는 2D영상 시청 전 –8.00±3.52△에서 시청 후 –8.75±3.39△으로 외사위 증가 경향을 보였고(p=0.000), 3D영상 시청은 –7.99±3.77△에서 –6.95±4.48△으로 외사위 감소 경향을 보였다(p=0.009).

2. 2D, 3D영상 시청 전후의 조절력 변화

2D와 3D영상 시청 전후의 조절력의 변화는 Table 2와 같다. 조절력은 2D영상 시청 전 7.79±1.50D, 시청 후 7.86±1.31D로 조절력의 변화는 없었고(p=0.051), 3D영상에서는 시청 전 8.00±1.55D, 시청 후 7.62±1.25D로 2D와 3D영상 시청 후 저하되는 경향을 보였으나 그 변화량은 크지 않았다 (p=0.004).

Table 1. Comparison of lateral phoria[a] before and after watching a 2D/3D image (unit: △, prism)

Method		2D		3D	
		M±SD	p	M±SD	p
Distance lateral phoria (n=70)	Before	–2.53±1.98	0.000	–2.69±2.03	0.083
	After	–3.13±1.97		–2.21±2.48	
Near lateral phoria (n=70)	Before	–8.00±3.52	0.000	–7.99±3.77	0.009
	After	–8.75±3.39		–6.95±4.48	

[a]Positive and negative values represent eso and exo deviations, respectively. M±SD: mean±standard deviation

Table 2. Comparison of accommodative amplitude before and after watching a 2D/3D image (unit: D)

Method		2D		3D	
		M±SD	p	M±SD	p
Amplitude of accommodation (n=70)	Before	7.79±1.50	0.051	8.00±1.55	0.004
	After	7.86±1.31		7.62±1.25	

Table 3. Comparison of PRA/NRA before and after watching a 2D/3D image (unit: D)

Method		2D		3D	
		M±SD	p	M±SD	p
PRA (n=70)	Before	–2.58±0.65	0.172	–2.58±0.65	0.958
	After	–2.55±0.66		–2.57±0.70	
NRA (n=70)	Before	+2.52±0.63	0.698	+2.53±0.65	0.231
	After	+2.51±0.63		+2.61±0.73	

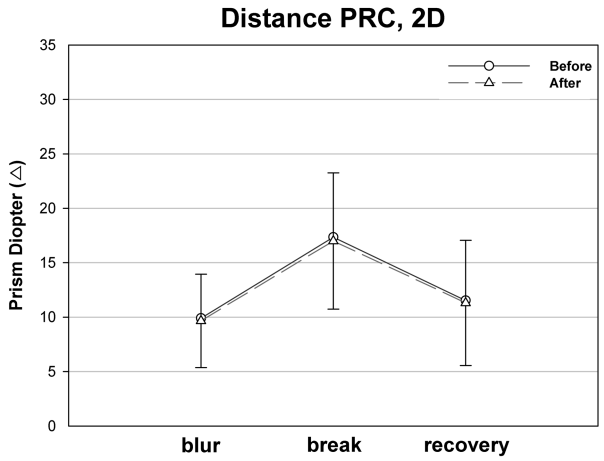
3. 2D, 3D영상 시청 이후의 상대조절력 변화

2D와 3D영상 시청 이후 나타나는 양성상대조절력 변화를 Table 3으로 나타내었다. 양성상대조절력은 2D영상 시청 전 –2.58±0.65D, 시청 후 –2.55±0.66D로 2D영상 시청 이후 큰 변화는 없었고(p=0.172), 3D영상 시청 전 –2.58±0.65D, 시청 후 –2.57±0.70D로 시청 이후에는 저하 경향을 보이긴 하였으나 그 변화량이 크지 않았다(p=0.958).

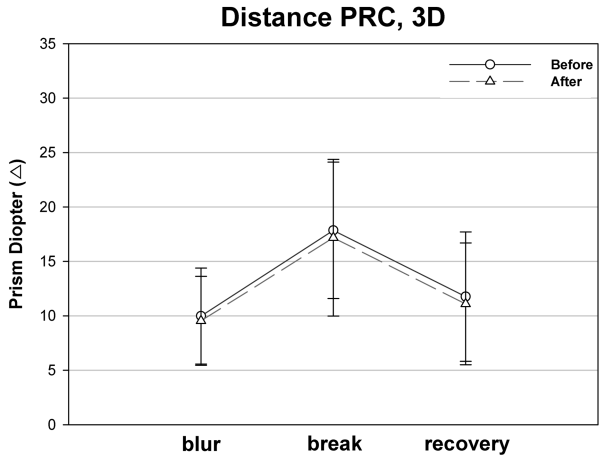
음성상대조절력은 2D영상 시청 전 +2.52±0.63D, 시청 후+2.51±0.63D로 2D영상 시청이후 큰 변화는 없었고(p=0.698), 3D영상 시청 전 +2.53±0.65D, 시청 후 +2.61±0.73D로 시청 이후에는 증가 경향을 보이긴 하였으나 그 변화량이 크지 않았다(p=0.231).

4. 2D, 3D영상 시청 전후의 상대폭주력 변화

2D와 3D영상 시청 이후 나타나는 원거리와 근거리 양성상대폭주력 변화를 각각 Fig. 1과 Fig. 2로 나타내었다.

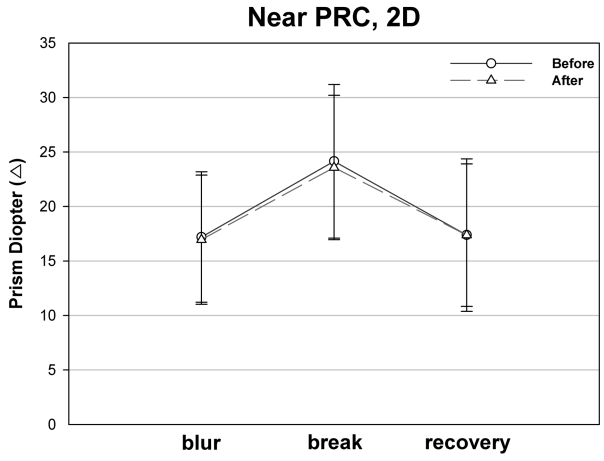


(a) 2D

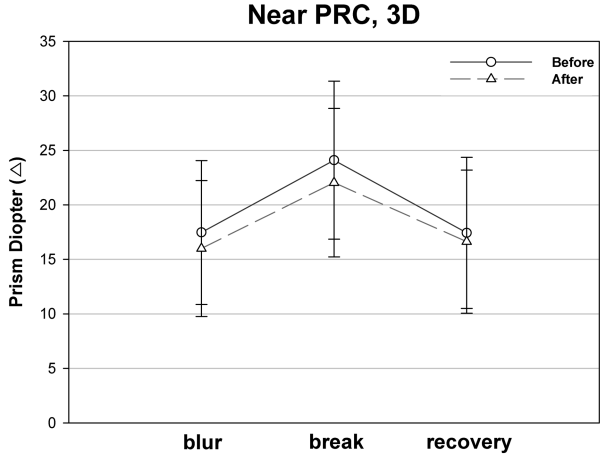


(b) 3D

Fig. 1. Change of distance PRC before and after watching a 2D or 3D image.



(a) 2D



(b) 3D

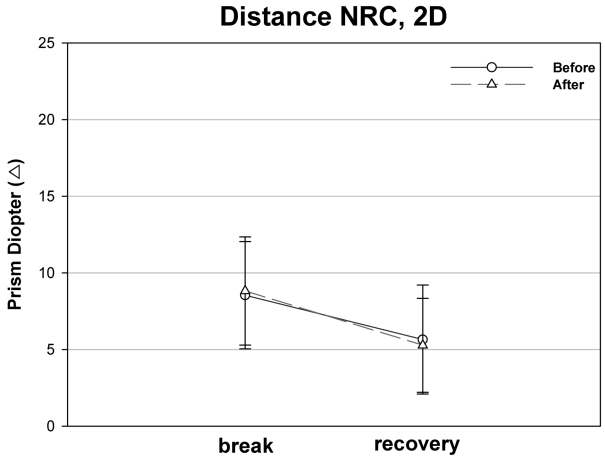
Fig. 2. Change of near PRC before and after watching a 2D or 3D image.

원거리 양성상대폭주력은 2D영상 시청 전 흐림점/분리점/회복점이 9.89±4.53△/17.34±6.31△/11.52±5.82△, 시청 후 9.73±4.31△/17.00±6.25△/11.30±5.75△으로 2D영상 시청이후 큰 변화는 없었고(Fig. 1(a), p=0.342/0.268/0.128), 3D영상 시청 전 10.09±4.39△/17.85±6.26△/11.76±5.94△, 시청 후 9.54±4.08△/17.17±7.20△/11.10±5.59△로 시청 이후에는 저하 경향을 보이긴 하였으나 그 변화량이 크지 않았다(Fig. 1(b), p=0.028/0.077/0.122).

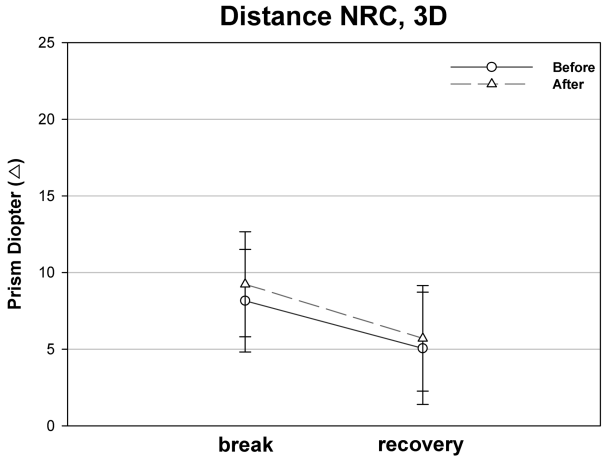
근거리 양성상대폭주력은 2D영상 시청 전 17.19±5.98△/24.14±7.04△/17.38±6.99△, 시청 후 16.95±5.93△/23.57±6.62△/17.36±6.54△으로 2D영상 시청 이후 큰 변화는 없었고(Fig. 2(a), p=0.109/0.051/0.952), 3D영상 시청 전 17.46±6.59△/24.10±7.25△/17.43±6.93△, 시청 후 16.25±6.22△/22.02±6.80△/16.61±6.57△로 시청 이후에는 저하 경향을 보이긴 하였으나 그 변화량이 크지 않았다(Fig. 2(b), p=0.004/0.002/0.022).

2D와 3D영상 시청 이후 나타나는 원거리와 근거리 음성상대폭주력 변화를 Fig. 3과 Fig. 4로 나타내었다. 원거리 음성상대폭주력은 2D영상 시청 전 분리점/회복점 8.54±3.50△/5.64±3.56△, 시청 후 8.82±3.53△/5.28±3.07△으로 2D영상 시청 이후 큰 변화는 없었고(Fig. 3(a), p=0.345/0.227), 3D영상 시청 전 8.16±3.35△/5.06±3.4△에서 시청 후 9.23±3.43△/5.71±4.44△로 시청 이후에는 증가 경향을 보이긴 하였으나 그 변화량이 크지 않았다(Fig. 3(b), p=0.002/0.023).

근거리 음성상대폭주력은 2D영상 시청 전 11.20±4.31△/16.63±5.03△/11.91±5.09△, 시청 후 10.94±4.00△/16.44±4.96△/11.51±4.69△으로 2D영상 시청 이후 큰 변화는 없었고(Fig. 4(a), p=0.152/0.467/0.257), 3D영상 시청 전 11.38±4.44△/16.66±5.02△/11.91±5.11△에서 시청 후 12.11±4.39△/17.49±4.80△/13.06±4.71△로 시청 이후에는 증가 경향을 보이긴 하였으나 그 변화량이 크지 않았다(Fig. 4(b), p=0.086/0.029/0.006).

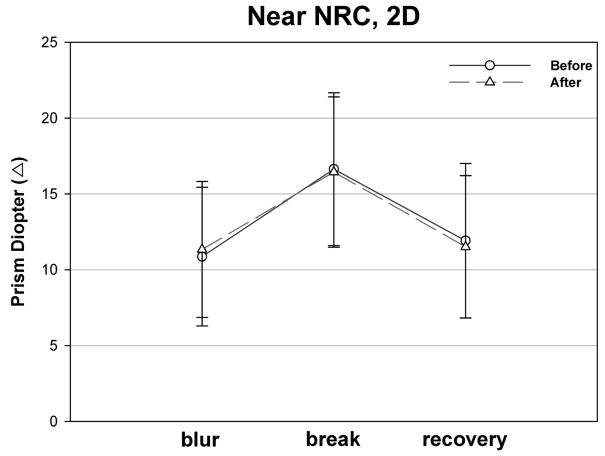


(a) 2D

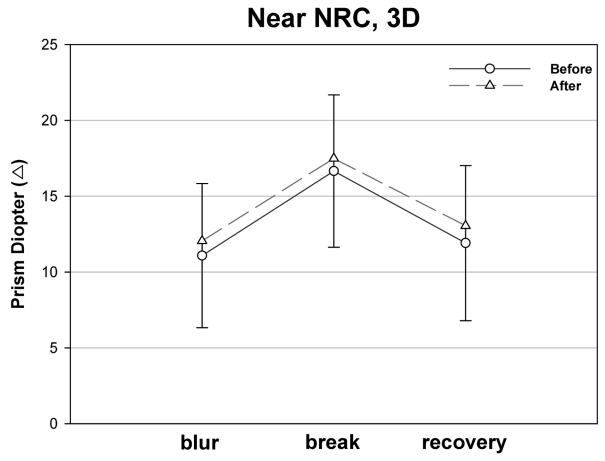


(b) 3D

Fig. 3. Change of distance NRC before and after watching a 2D or 3D image.



(a) 2D



(b) 3D

Fig. 4. Change of near NRC before and after watching a 2D or 3D image.

5. 2D, 3D영상 시청 전후의 조절용이성 변화

2D와 3D영상 시청 전후의 조절용이성 변화는 Table 4에 나타내었다. 단안의 경우 우안 조절용이성은 2D영상 시청 전 13.62±4.23 cpm(cycle per minute), 시청 후 13.25±3.74 cpm으로 저하되는 경향을 보였지만 그 변화량은 유의하지 않았고(p=0.093), 좌안 조절용이성은 2D영상 시청 전 13.18±4.29 cpm, 시청 후 12.81±3.95 cpm으로 저하되는 경향을 보였지만 그 변화량은 유의하지 않았다(p=0.050). 3D영상에서는 시청 전 13.60±4.20 cpm, 시청 후 15.04±4.14 cpm으로 3D영상 시청 이후 우안 조절용이성의 증가 현상을 볼 수 있었다(p=0.000). 3D영상에서는 시청 전 13.22±4.31 cpm, 시청 후 15.76±4.30 cpm으로 3D영상 시청 이후 좌안 조절용이성의 증가 현상을 볼 수 있었다(p=0.000).

양안 조절용이성은 2D영상 시청 전 15.06±3.97 cpm, 시청 후 14.65±3.75 cpm으로 저하되는 경향을 보였고(p=0.012), 3D영상에서는 시청 전 15.29±4.23 cpm, 시청 후 16.78±3.79 cpm으로 3D영상 시청 이후 양안 조절용이성의 증가 현상을 볼 수 있었다(p=0.000).

Table 4. Comparison of accommodation facility before and after watching a 2D/3D image (unit: cpm)

Method		2D		3D	
		M±SD	p	M±SD	p
MAF(OD) (n=70)	Before	13.62±4.23	0.093	13.60±4.20	0.000
	After	13.25±3.74		15.04±4.14	
MAF(OS) (n=70)	Before	13.18±4.29	0.050	13.22±4.31	0.000
	After	12.81±3.95		15.76±4.30	
BAF(OU) (n=70)	Before	15.06±3.97	0.012	15.29±4.23	0.000
	After	14.65±3.75		16.78±3.79	

MAF: monocular accommodative facility, BAF: binocular accommodative facility, OD: oculus dexter, OS: oculus sinister, OU: oculus uterque

6. 2D, 3D영상 시청 전후의 이향용이성의 변화

2D와 3D영상 시청 전후의 이향용이성 변화는 Table 5에 나타내었다. 2D영상 시청 전 13.49±3.85 cpm, 시청 후 13.18±3.65 cpm으로 저하되는 경향을 보였지만 통계적으로 유의하지 않았고(p=0.077), 3D영상에서는 시청 전 13.19±4.16 cpm, 시청 후 15.13±3.98 cpm으로 3D영상 시청 이후 양안 조절용이성의 증가 현상을 볼 수 있었다(p=0.000).

Table 5. Comparison of vergence facility(VF) before and after watching a 2D/3D image (unit: cpm)

Method		2D		3D	
		M±SD	p	M±SD	p
VF (n=70)	Before	13.49±3.85	0.077	13.19±4.16	0.000
	After	13.18±3.65		15.13±3.98	

고 찰

시각적 피로라고도 불리어지는 안정피로는 사위, 폭주부족, 또는 조절기능 장애와 같은 양안시 기능의 변화에서도 나타날 수 있으며, 이러한 시기능의 변화에 대하여 3D영상이 시기능에 미치는 영향에 대한 연구는 아직까지 심도 있게 다루어지지 않았다. 따라서 본 연구에서 본 그래페 사위 측정법, 마이너스렌즈 부가법을 이용한 조절력 측정, 음성 및 양성상대폭주력, 조절용이성, 이향용이성 검사를 실시하여 2D와 3D영상 시청에서 나타난 시기능 변화를 비교 평가하였다. Anaglyph 방식에 의한 3D영상의 이미지는 다른 방식의 3D영상 기술보다 시청하기가 간편하지만, 이미지의 밝기와 색감의 정확도가 떨어지는 단점이 있다[13]. 하지만 현재까지는 일반 가정에서 접근하기 가장 쉬운 방법이며, 색을 이용한 강한 자극을 통해 디스플레이를 주시해야 하기 때문에 다른 방식의 3D영상을 시청했을 때보다 짧은 시간의 시청에서도 시각적 불안정성을 보일 것으로 기대하여, 그에 따른 눈에 미치는 영향을 평가하는 데 용이하다고 판단하여 연구를 진행하였다. Berggist 등[14], Campbell 등[15]과 Gratton 등[16]의 연구에서 입체영상이 아닌 일반영상을 구현하는 디스플레이 환경에서 장시간 시청은 조절과 폭주의 불균형, 조절력의 감소, 근거리 사시 또는 사위 등이 나타날 수 있다고 하였으며, 본 연구와 같이 anaglyph 3D영상의 단시간 시청 환경에서도 사위, 조절용이성, 이향용이성에서 시기능의 변화를 확인할 수 있었다.

사위도 변화를 보면, 일반 2D영상을 시청했을 때 일시적인 외사위 경향이 나타난다는 Richter 등[17]의 연구와 같이 본 연구에서도 2D영상 시청에서 외사위 경향을 보였으나, 3D영상에서는 외사위 감소 경향을 보였다. 이러한 3D영상 시청의 사위 변화는 원거리보다 근거리에서 큰 변화를 보였다. 3D영상에 대한 외사위 감소 경향은 좌우 분리된 영상이 하나의 입체영상으로 융합시키는 내방운동 자극으로 인하여 외사위도가 감소하는 경향을 보인 것으로 생각된다.

2D영상과 3D영상에서의 양성상대조절력과 음성상대조절력의 변화는 나타나지 않았으며, 조절력 변화는 2D영상 시청 전후 나타나지 않았으나 3D영상 시청 후에는 낮은 조절력을 보였다. 일반 디스플레이 환경에서 장기간 작업을 했을 때 피로도 증가로 조절력 저하 및 폭주력 저하가

나타날 수 있다는 Trusiewicz 등[18]과 Gur 등[19]의 연구 결과와 비교하면, 이 결과는 단시간 2D영상 시청에서 조절력 변화가 드러나지 않으나, 3D영상 시청의 경우 단시간 시청에서 조절력 저하를 확인할 수 있었다. 우리는 선행연구[10]에서 자각적 증상이 2D영상보다 3D영상 시청에서 더 증가되는 사실을 확인하였으며, 이러한 결과는 조절력 감소와 관련이 있는 것으로 본다.

양성상대폭주력과 음성상대폭주력은 통계적으로 유의한 변화를 보이지 않았으나 근거리에서 비록 적은 변화이지만 3D영상 시청으로 양성상대폭주력은 감소한 반면, 음성상대폭주력은 증가하는 경향을 보였다. 이러한 경향은 조절력의 감소와 외사위의 감소 경향(상대적 내사위화 경향)에 관련이 있을 것으로 본다. 즉, 조절력 저하로 양성상대폭주력이 감소되며, 외사위도 감소로 융합을 위한 양성상대폭주력은 상대적으로 적게 요구되고 음성상대폭주력은 크게 요구되는 것으로 판단된다.

조절용이성은 2D영상보다 3D영상 시청 후 증가한 것으로 평가되었다. 3D입체 영상의 경우 조절자극은 일정한 반면 디스플레이 화면 전후에서 원근 입체감을 갖도록 폭주와 개산을 하게 되고, 이에 따른 폭주성조절(convergence accommodation)[20,21]을 유도하게 되어 조절효율이 증가한 것으로 판단된다. 한편, Llorente 등[22], Nguyen 등[22], 오 등[24]의 연구를 종합하면 적색렌즈는 파장이 긴 적색광선의 작은 굴절 때문에 초점을 망막 뒤에 맺게 하며, 녹색렌즈는 녹색광선의 큰 굴절 때문에 망막 앞에 맺히게 된다. 따라서 적록안경방식의 anaglyph 3D영상은 좌우안의 파장 차이에 따라 망막에 초점을 위치시키기 위해서 수정체가 지속적으로 조절이완운동을 할 것이고, 이러한 운동으로 조절의 유연성이 증가한 것으로 생각된다. 이와 같이 조절용이성의 증가로 볼 때 anaglyph 3D영상 시청으로 anaglyph방식의 시기능 훈련 효과가 있는 것으로 본다.

이향용이성은 2D영상 시청에서 큰 변화가 없었지만 3D영상을 시청에서는 증가 경향을 나타냈다. 이러한 경향은 2D영상 시청 시에는 폭주와 개산에 따른 원근의 입체감을 느낄 필요가 없으므로 화면 주시가 거의 고정된 반면, 3D영상 시청에서는 원근 입체감을 갖도록 폭주와 개산운동을 지속적으로 하게 되어 이향운동의 유연성을 갖는 것으로 판단된다. 이러한 결과 또한 anaglyph 3D영상 시청이 anaglyph방식의 시기능 훈련 기능을 갖는 것으로 판단된다.

3D입체 영상 시청에서 나타난 시기능 변화는 일반 디스플레이 시청에서 나타난 조절력과 폭주력의 감소 경향[18,19]에 국한하지 않은 결과를 보였다. 즉, 외사위와 조절력의 감소, 이에 따른 양성상대폭주력의 증가와 음성상대폭주력의 감소를 보였고, 조절과 이향용이성은 증가하였다. 선행 연구[10]에서 나타난 자각적 증상의 증가와 입체시 향상의 결과를 고려하여 이 연구 결과들을 평가하면, anaglyph 3D영상 시청이 anaglyph방식의 시기능 훈련 기능을 어느 정도 갖는 것으로 평가된다. 그러나 이런 효과는 Anaglyph방식의 tranaglyph[25]시훈련 카드처럼 폭주, 이향 및 조절에 대한 다양한 자극을 줄 수가 없어 그 효과가 적은 것으로 여겨진다.

결 론

단시간 2D영상과 anaglyph 3D영상 시청 후 나타나는 시기능 변화는 3D에서 더 많이 나타났다. 사위는 2D영상 시청 시에 외사위 경향을 보였고 3D영상 시청 시에는 외사위 감소 경향을 보였으며, 이러한 경향은 근거리에서 더 컸다. 조절력은 2D영상 시청 전후의 변화는 없는 것으로 평가되었고, 3D영상 시청 전후의 변화는 감소하는 경향을 보였다. 상대폭주력은 3D영상 시청에서 근거리 양성상대폭주력은 감소하는 경향, 음성상대폭주력는 증가하는 경향을 보였다. 조절용이성과 이향용이성은 3D영상에서 모두 증가되는 것으로 평가되었으며, 이러한 결과는 입체적 감각을 유지하기 위한 지속적인 조절과 이향운동에 기인한 것으로 볼 수 있었으며, anaglyph 3D입체 영상 시청으로 anaglyph방식의 시기능 훈련과 같은 효과가 있는 것으로 판단되어 진다.

참고문헌

[1] 문현찬, “3D 디스플레이 기술 현황과 전망”, 광학세계, 126:26-30(2010).
[2] Milgram P. and van der Horst R., “Alternating-field stereoscopic displays using light-scattering liquid crystal spectacles”, Displays, 7(2):67-72(1986).
[3] Lane B., “Stereoscopic display”, Proc. SPIE, 367:20-32(1983).
[4] 백승재, “3D TV, 이렇게 누워서 보고싶은데...”, 조선일보, B3면(2011. 03. 10).
[5] Sanders W. and McAllister D. F., “Producing anaglyphs from synthetic images”, Proc. SPIE, 5006:348-358(2003).
[6] Ukai K. and Howarth P. A., “Visual fatigue caused by viewing stereoscopic motion images: background, theories, and observations”, Displays, 29(2):106-116(2008).
[7] Woods A. J. and Rourke T., “Ghosting in anaglyphic stereoscopic images”, Proc. SPIE, 5291:354-365(2004).
[8] Ames S., Wolffsohn J. S., and Mcbrien N. A., “Development of a symptom questionnaire for assessing virtual reality viewing using a head-mounted display”, Optom. Vis. Sci., 82(3):168-176(2005).
[9] Hoffman D. M., Girshick A. R., and Banks M. S., “Vergence-accommodation conflicts hinder visual performance

and cause visual fatigue", Journal of Vision, 8(3):33, 1-30(2008), http://journalofvision.org/8/3/33/, doi:10.1167/8.3.33.

[10] 이욱진, 손정식, 곽호원, 김인수, 유동식, "2D와 3D입체 영상 시청에서 나타난 자각증상과 입체시", 한국안광학회지, 16(1):83-90(2011).

[11] 방송통신위원회 보도자료, "지상파 3D 방송, 시청자 관심과 호응 높아 - 3D 방송 호감도 및 영향성 설문", 전파방송관리과, pp. 1-5(2010.07.22).

[12] Ankrum D. R., "Viewing distance at computer workstations", Workplace Ergonomics, 2(5):10-13(1996).

[13] Polti A., "Visual Stress and Performance using Autostereoscopic Displays", Laboratory for software Technology, Swiss, pp. 1-3(2006).

[14] Berggist U. O. and Knave B. G., "Eye discomfort and work with visual display terminals", Scand. J. Work Environ. Health, 20(1):27-33(1994).

[15] Campbell F. W. and Durden K., "The visual display terminal issue: a consideration of its physiological, psychological and clinical background", Ophthalmic Physiol. Opt., 3(2):175-192(1983).

[16] Gratton I., Piccoli B., Zaniboni A., Meroni M., and Grieco A., "Change in visual function and viewing distance during work with VDTs", Ergonomics, 33(12): 1433-1441(1990).

[17] Richter H. and Franzn O., "Reduction of visual discomfort (asthenopia) and phoria following modulation of VDT nearwork-induced accommodative hysteresis", Journal of Behavioral Optometry, 13(5):119-122(2002).

[18] Trusiewicz D., Niesluchowska M., Makszewska-Chetnik Z., "Eye-strain symptoms after work with a computer screen", Klinika Oczna (Warszawa), 97(11-12):343-345 (1995).

[19] Gur S., Ron S., and Heicklen-klein A., "Objective evaluation of visual fatigue in VDU workers", Occu. med., 44(4):201-204(1994).

[20] Wick B. and Currie D., "Convergence accommodation: laboratory and clinical evaluation", Optom. Vis. Sci., 68(3):226-231(1991).

[21] Fukushima T., Torii M., Ukai K., Wolffsohn J. S., and Gilmartin B., "The relationship between CA/C ratio and individual differences in dynamic accommodative responses while viewing stereoscopic images", Journal of vision, 9(13):21, 1-13(2009), http://journalofvision.org/9/13/21/, doi:10.1167/9.13.21.

[22] Llorente L., Diaz-Santana L., Lara-Saucedo D., and Marcos S., "Aberrations of the human eye in visible and near infrared illumination", Optom. Vis. Sci. 80(1):26-35 (2003).

[23] Nguyen V. A., Howard I. P., and Allison R. S., "Detection of the depth order of defocused images", Vision Res., 45(8):1003-1011(2005).

[24] 오병하, 이재호, 정세훈, 박미정, "안경 렌즈 및 물체의 색상에 따른 최대 조절력 변화", 한국안광학회지, 13(1): 119-124(2008).

[25] Scheiman M. and Wick B., "Clinical management of binocular vision", 2nd Ed., Lippincott Williams and Wilkins, Philadelphia, USA, pp. 147-163(2002).

Changes in Visual Function After Viewing an Anaglyph 3D Image

Wook-Jin Lee, Ho-Won Kwak, Jeong-Sik Son, In-Su Kim* and Dong-Sik Yu

Department of Optometry and Vision Science, Kyungwoon University
*Department of Material and Energy Engineering, Kyungwoon University
(Received April 27, 2011: Revised May 27, 2011: Accepted June 18, 2011)

Purpose: This study aimed to compare and assess changes of visual functions in viewing an anaglyph 3D image. **Methods:** Visual functions were examined before and after viewing a 2D image and an anaglyph 3D image with red-green glasses on seventy college students (mean age = 22.29±2.19 years). Visual function tests were carried out for von Graefe phoria test, accommodative amplitude test by (–) lens addition, negative relative accommodation (NRA) and positive relative accommodation (PRA) test, negative relative convergence (NRC) and positive relative convergence (PRC) test, accommodative facility, and vergence facility test. **Results:** Assessment of the visual functions indicated that near exophoria and accommodative amplitude were reduced after viewing a 3D image, and although there were small changes in relation to these findings, NRC and PRC showed tendencies to increase and decrease at near, respectively. There were no significant changes with NRA and PRA, and accommodative and vergence facility were shown to have improved. **Conclusions:** Changes of visual functions were more in the 3D image than the 2D image, especially at near than distance. Particularly, the improvement of accommodative and vergence facility could be related to an effect of subsequent accommodation and vergence shift to have stereopsis in the 3D image. These results indicate that an anaglyph 3D image may, to some extent, be the effect of vision training such as anaglyphs.

Key words: 2D, 3D, Image, Anaglyph, Visual function