

3D TV 근거리 시청에 따른 사위도와 조절성폭주비 평가

손정식¹, 김동수¹, 김정호², 김재도¹, 앨러릭 하마커³, 유동식^{1,*}

¹경운대학교 안경광학과, 구미 39160

²광운대학교 플라즈마 바이오 디스플레이학과, 서울 01897

³광운대학교 광운한림원, 서울 01897

투고일(2015년 7월 22일), 수정일(2015년 8월 18일), 게재확정일(2015년 8월 22일)

목적: 3D TV의 근거리 시청에 따른 사위와 조절성폭주비의 변화와 회복 시점을 평가하고자 하였다. **방법:** 3D TV 시청이 가능한 20~40대의 50명(남 30명, 여 20명)을 대상으로 하웰(Howell) 사위 카드를 사용하여 원거리(3 m)와 근거리(40 cm)에서 사위도를 측정하였다. 시청 거리는 1 m이며 시청 전, 시청 시간 30분 동안 10분 간격으로, 시청 이후 30분 동안 5분 간격으로 사위도를 측정하였다. **결과:** 3D 영상 시청의 원거리 사위도 변화는 3D영상 시청 전 $-0.80 \pm 1.12 \Delta$ 와 비교하여 10분, 30분 후 각각 $-0.98 \pm 1.37 \Delta$ ($p=0.063$), $-1.00 \pm 1.28 \Delta$ ($p=0.024$)로 외사위 경향으로 증가하였으며, 영상 시청 종료 후에는 외사위도가 감소하기 시작하여 20분 이후에는 $-0.78 \pm 1.11 \Delta$ 로 시청 전 사위도 수준으로 회복되었다($p=0.322$). 근거리 사위도 역시 영상 시청 전 $-4.36 \pm 3.66 \Delta$ 와 비교하여 10분, 30분 후 각각 $-5.71 \pm 4.45 \Delta$ ($p=0.000$)과 $-6.58 \pm 4.63 \Delta$ ($p=0.000$)으로 외사위 방향으로 증가하였으며, 영상 시청 종료 후에는 외사위도가 감소하기 시작하여 25분 이후에는 $-4.34 \pm 3.67 \Delta$ 로 시청 전 사위도 수준으로 회복되었다($p=0.322$). 조절성폭주비는 영상 시청 전 $4.92 \pm 1.17 \Delta/D$ 와 비교하여 영상시청 30분 후 $4.11 \pm 1.50 \Delta/D$ 로 낮아졌으며($p=0.000$), 영상 시청 종료 후에는 증가하기 시작하여 25분 후 $4.93 \pm 1.18 \Delta/D$ 로 시청 전으로 회복되었다($p=0.598$). **결론:** 근거리 3D TV 시청 시에 원거리보다 근거리의 외사위도가 더 크게 증가하였으며, 이로 인해 조절성폭주비는 낮아져 폭주부족의 경향을 보였다. 그러나 시청 후 25분 후에는 증가된 원거리와 근거리의 외사위도 모두 시청 전의 상태로 회복되었다. 따라서 3D TV 시청에 관한 합리적인 시청 권고안을 제시할 필요가 있는 것으로 본다.

주제어: 3D TV, 사위, 조절성폭주, 안정피로, 외사위

서 론

3D 입체 영상은 기존의 2D 영상과는 달리 인간의 동공 간거리로부터 유발되는 양안시차로 인해 좌우안에 각각 다른 영상정보를 입력 받아 인지하는 디스플레이 방식이다.^[1-3] 3D 영상을 인지하는 과정에서 발생하는 시각 피로는 조절과 폭주의 불균형이 대표적 피로의 원인으로 나타나고 있으며,^[4] 이에 따라 검안학, 심리학, 인간공학, 미디어 등의 분야에서 3D 휴먼팩터(human factor) 연구를 지속적으로 수행하고 있다.^[5-9] 또한, 스마트 장비의 빠른 하드웨어 개발이 이루어짐에 따라 영상시청을 위한 다양한 플랫폼들이 출시되고 있으며,^[10] 영화관에서만 영상시청이 가능했던 입체 영상도 3D TV 및 3D 디스플레이 모바일의 보편화가 이루어지면서 각 가정과 실외에서도 쉽게 접할 수 있는 매체가 되었다.

일반적인 자연 지각(natural percept) 상태와는 다른 메커니즘으로 작동하는 3D 영상 시청은^[11] 더욱 쾌적한 시청 환경을 구축하기 위해 시각적 요소를 바탕으로 피로경감을 위한 구현시스템의 지속적인 연구개발이 이루어져야 할 것이다.

최근 들어 3D와 2D 영상에 따른 사위도와 주관적 증상에 대한 연구에서 3D 영상 시청에 따른 안정피로의 유발 가능성,^[12] 3D 영상 시청에서의 조절과 폭주의 불균형에 대한 평가,^[1] 일부 대상자에서 나타난 조절의 변동성과 시각적 기능에 대한 미미한 영향^[13] 등 3D 시청에 따른 변화를 밝혀내고 있으나 아직 알려지지 않은 많은 문제에 대한 평가가 필요한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 가정용 3D TV, PC 모니터 및 휴대용 영상기기 등과 같이 근거리 시청이 가능한 3D 영상 기기를 통해 3D 영상시청 중과 시청이 종료된 후에 나타

*Corresponding author: Dong-Sik Yu, TEL: +82-54-479-1333, E-mail: yds@ikw.ac.kr
본 논문의 일부내용은 2013년도 APOC 학술대회에서 포스터로 발표되었음

나는 시각적 변화를 평가하고자 하였다. 특히 3D 영상 시청 시 고정된 조절자극에서 입체감을 갖도록 지속적인 안구운동에 따른 안기능평가의 주요 검사항목으로서 사위도와 조절성폭주비(AC/A비)^[14]를 중심으로 시각적 변화를 평가하고자 하였다.

대상 및 방법

피검사자는 3D TV 시청이 가능한 20~40대의 50명(남 30명, 여 20명)을 대상으로 특별한 안질환, 전신질환이 없으며, 영상을 시청하는데 있어서 양안 교정시력이 0.8 이상의 대상자를 선정하였고 영상을 시청하는데 불편함이 예상되는 부등시, 부등상시는 제외하였다.

실험에 참가하는 피검사자는 3D TV 시청 전에 문진으로 몸의 상태와 눈의 피로를 확인하여 실험에 영향을 미칠 수 있는 요소들을 배제하고 시기능이 가장 안정된 시간대인 오후 1시에서 4시 사이에 실험을 실시하였다.^[15]

3D 영상 디스플레이는 FTR(film patterned retarder)방식이며 시청 시에 편광안경을 착용하였다. 3D TV 시청 시 조도는 밝은 거실에 해당되는 약 200 lx에서 실시하였다. 32인치 TV의 적정 시청거리는 1.27 m 이지만,^[16] 본 실험에서는 스틸 이미지(still image)가 아닌 동영상이라는 점과 근거리 시청에 기준하여 1.0 m로 하였다.

실험에 사용한 영상은 3D 영상에 적합한 장르로써 콘서트, 스포츠, 액션영화라는 점에 의거하여^[17,18] ‘아바타(Avata, U.S.A)’를 선택하였으며, 3D 입체감의 변화가 가장 많은 구간 즉, 영상물 상영 시점 약 15분 후부터 시청하도록 설정하였다.

1. PD(interpupillary distance)측정

PD미터기(IPD-5, Topcon, Japan)을 사용하였고, 원거리 PD와 근거리 PD 모두 양안 PD로 설정하여 측정하였다. 동공연을 기준으로 원거리 PD는 무한대에 설정하고, 근거리 PD는 0.4 m에 설정하여 측정하였다.

2. 사위도 검사

사위량 변화도 검사는 하웰(Howell)법^[14]을 사용하여 검사하였다. 원거리 완전 교정 상태에서 우위안에 6 Δ 기저하방(base down)을 장입하여 원거리(3 m)와 근거리(40 cm)에서 시행하여 원거리 수평사위, 근거리 수평사위 순서로 검사하였다. 외사위는 음의 부호(-), 내사위는 양의 부호(+)로 표기하였다. 영상 시청 전 하웰법을 사용하여 원·근거리 사위량을 측정한 후 TV를 시청하게 한 후에 영상시청 중 10분 후, 20분 후, 30분 후로 3번 나누어 사위량 변화를 검사하였고, 영상 시청 종료 후 30분 동안 5

분 간격으로 6번 검사하여 시청 전 사위도로 복귀하는 시간을 측정하였다. 본 실험에서 하웰법을 사용한 이유는 사위도 검사가 단시간에 가능하므로 시청시간 동안 검사를 통한 시청의 영향을 최소화하여 사위량의 변화와 회복의 정도를 즉각적으로 측정하기 위해 사용하였다.

3. AC/A비

측정된 원거리와 근거리의 사위도, PD를 기준으로 계산법(calculated method)에 의해 AC/A비를 계산하였다.

4. 자료 분석

수집된 자료는 SPSS(statistical package for social science) 18.0 통계프로그램을 활용하여 대응분석(paired t-test)하였고, 모든 분석에서 95% 신뢰구간으로 $p < 0.05$ 일 때 통계적으로 유의한 것으로 판단하였다.

결과 및 고찰

1. 영상 시청 전·후 원거리 사위도 변화

3D TV 시청 전·후의 원거리 사위도 변화를 Table 1과 Fig. 1에 나타내었다.

영상 시청 전 $-0.80 \pm 1.12 \Delta$ 에서 영상 시청 10분과 20분 후 각각 $-0.98 \pm 1.37 \Delta$ 과 $-0.94 \pm 1.25 \Delta$ 으로 외사위의 경향성은 통계적 유의성은 나타나지 않았으나(각각 $p=0.063, 0.070$) 영상 시청 30분 후 $-1.00 \pm 1.28 \Delta$ 으로 외사위 경향이 뚜렷하게 나타났(p=0.024).

영상 시청 중 30분 $-1.00 \pm 1.28 \Delta$ 이후로 영상 시청 종료 후 20분 $-0.78 \pm 1.11 \Delta$ 까지 영상 시청 전 사위도로 회복되는 경향을 보였다(p=0.015). 즉, 영상 시청 종료 후 5

Table 1. Changes of far phoria before, during, and after watching on 3D images

Measuring period (min)		Mean±SD (Δ) ^a
Before		-0.80 ± 1.12
During	10	-0.98 ± 1.37
	20	-0.94 ± 1.25
	30	-1.00 ± 1.28
After	5	-0.90 ± 1.13
	10	-0.84 ± 1.13
	15	-0.82 ± 1.12
	20	-0.78 ± 1.11
	25	-0.80 ± 1.16
	30	-0.76 ± 1.08

^aNegative and positive signs indicate exophoria and exophoria, respectively.

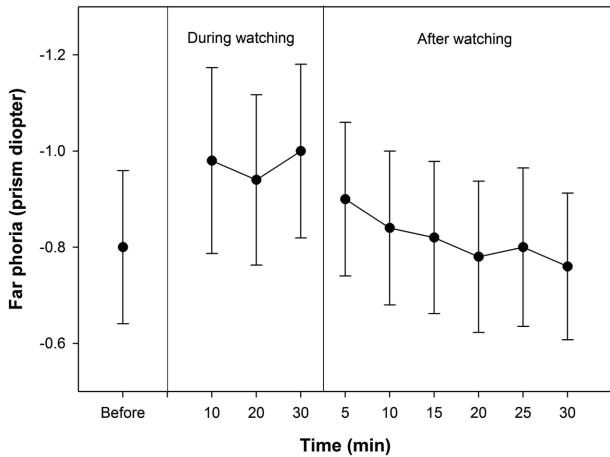


Fig. 1. Changes of far phoria before, during, and after watching on 3D images (Error bars represent standard error of mean).

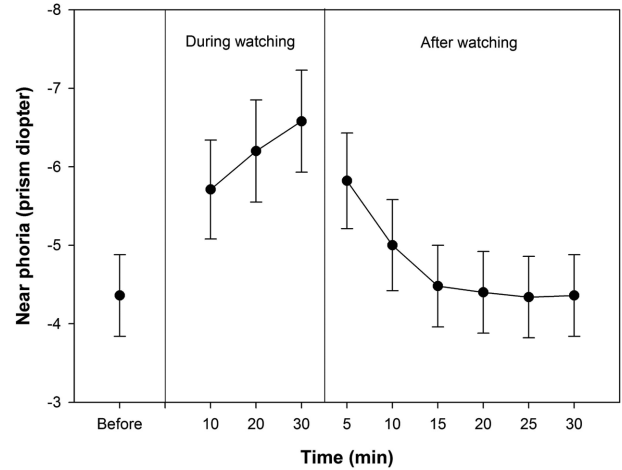


Fig. 2. Changes of near phoria before, during, and after watching on 3D images (Error bars represent standard error of mean).

분 뒤 $-0.90 \pm 1.13 \Delta$ 으로 외사위의 영향이 감소하기 시작하며, 영상 시청 종료 후 20분 뒤 $-0.78 \pm 1.11 \Delta$ 으로 영상 시청 전과 동일한 사위도로 회복 하였다($p=0.322$).

2. 영상 시청 전·후 근거리 사위도 변화

3D TV 시청 전·후의 근거리 사위도 변화를 Table 2과 Fig. 2에 나타내었다.

영상 시청 전 $-4.36 \pm 3.66 \Delta$ 에서 영상 시청 10분 후 $-6.20 \pm 4.62 \Delta$ 으로 외사위 경향으로 증가하였으며($p=0.000$), 영상 시청 20분 후 $-6.20 \pm 4.62 \Delta$ 이며($p=0.000$), 영상 시청 30분 후 $-6.58 \pm 4.63 \Delta$ 으로 외사위 경향으로 가장 많은 변화하였다($p=0.000$).

영상 시청 중 30분 $-6.58 \pm 4.63 \Delta$ 이후로 영상 시청 종료 후 25분 $-4.34 \pm 3.67 \Delta$ 까지 영상 시청 전 사위도로 회복

복되는 경향을 보였다($p=0.000$). 즉, 영상 시청 종료 후 5분 뒤 $-5.82 \pm 4.31 \Delta$ 으로 외사위의 영향이 감소하기 시작하여, 영상 시청 종료 후 25분 뒤 $-4.34 \pm 3.67 \Delta$ 으로 영상 시청 전과 동일한 사위도로 회복 하였다($p=0.322$).

3. 영상시청 전·후의 계산 AC/A비의 변화

영상 시청 전·후의 원거리와 근거리 사위도 변화량을 계산 AC/A비를 사용하여 Table 3에 나타내었다.

영상 시청 전 AC/A비가 $4.92 \pm 1.17 \Delta/D$ 에서 영상 시청 10분 후 $4.45 \pm 1.37 \Delta/D$ ($p=0.000$), 영상 시청 20분 후 $4.24 \pm 1.48 \Delta/D$ ($p=0.000$)이며, 영상 시청 30분 후 $4.11 \pm 1.50 \Delta/D$ ($p=0.000$)으로 가장 큰 변화량이 나타났으며, 폭주부족 경향으로 원거리 외사위 증가보다 근거리 외사위 변화량이 더 크게 나타나 AC/A비가 감소하는 경향으로

Table 2. Changes of near phoria before, during, and after watching on 3D images

Measuring period (min)		Mean \pm SD (Δ) ^a
Before		-4.36 ± 3.66
During	10	-5.71 ± 4.45
	20	-6.20 ± 4.62
	30	-6.58 ± 4.63
After	5	-5.82 ± 4.31
	10	-5.00 ± 4.09
	15	-4.48 ± 3.65
	20	-4.40 ± 3.65
	25	-4.34 ± 3.67
	30	-4.36 ± 3.65

^aNegative and positive signs indicate exophoria and exophoria, respectively.

Table 3. Changes of calculated AC/A ratio before, during, and after watching on 3D images

Measuring period (min)		Mean \pm SD (Δ/D)
Before		4.92 ± 1.17
During	10	4.45 ± 1.37
	20	4.24 ± 1.48
	30	4.11 ± 1.50
After	5	4.38 ± 1.41
	10	4.68 ± 1.32
	15	4.88 ± 1.18
	20	4.90 ± 1.19
	25	4.93 ± 1.18
	30	4.90 ± 1.16

나타났다.

영상 시청 중 30분 $4.11 \pm 1.50 \Delta/D$ 이후로 영상 시청 종료 후 25분 $4.93 \pm 1.18 \Delta/D$ 까지 시청 전 AC/A 비로 회복되는 경향을 보였다($p=0.000$). 즉, 영상 시청 종료 후 5분 뒤 AC/A비가 $4.38 \pm 1.41 \Delta/D$ 에서 영상 시청 종료 후 25분 뒤 $4.93 \pm 1.18 \Delta/D$ 로 영상 시청 전과 동일한 사위도로 회복하였으며, 영상 시청 중 나타났던 폭주부족이 원거리 보다 근거리에서 증가된 외사위량이 감소하며 시청 전 AC/A 비로 회복하는 경향으로 나타났다($p=0.598$).

원거리 사위도에서는 3D 영상 시청 직후 Table 1과 같이 영상 시청 전과 비교하여 영상 시청 종료 후 10분 뒤에는 0.18Δ 외사위로 증가 하였으며, 30분 뒤에는 0.20Δ 외사위로 가장 많이 증가하였다. 근거리 사위도에서는 원거리 보다 더 많은 외사위로의 변화량을 보이며 3D 영상 시청 직후 Table 2와 같이 영상 시청 전과 비교하여 영상 시청 중 10분 뒤에는 1.2Δ 외사위로 증가 하였으며 30분 뒤에는 2.3Δ 외사위로 가장 많이 증가하였다. 선행 연구에서 일상에서 지속적 근거리 활동이 사위도와 긴장성 조절의 변화를 일으키며 이러한 변화는 이향과 조절적응(vergence adaptation and accommodative adaptation)과 관련 있는 것으로 보고한 것,^[19] 또한, 3D 영상의 근거리 시청에서 사위의 변화를 프리즘적응(prism adaptation)현상과 유사한 현상으로 보고한 것^[20]으로부터 외사위 증가현상을 설명할 수 있을 것이다. 본 연구에서 양안 교정시력이 0.8 이상의 대상자에 대해 근거리 사위의 변화를 중심으로 평가하였으나 차후 대상자를 확대하여 굴절이상 종류와 정도에 따른 사위도의 변화와 관련성을 중심으로 추가적인 연구를 진행할 필요성이 있는 것으로 본다.

3D 영상은 일정한 시청 거리에서 조절이 고정되어 있어 원근의 입체감은 폭주의 변화로 양안시차 증감 현상으로 나타난다.^[3] 즉, 융합이향 요구량(fusional vergence demand)이 일상생활에서와는 다른 형태 조절과 폭주의 불균형이 3D 영상을 시청하는 동안 나타나게 된다.^[21] 이러한 기전으로 인하여 영상 시청 간에 원거리보다 근거리에서 외사위도의 변화가 높은 폭주 부족 증상이 나타나게 되고, 이에 따라 AC/A비도 영상 시청 전 $4.920 \pm 1.17 \Delta/D$ 과 비교하여 영상 시청 30분 뒤 $4.112 \pm 1.50 \Delta/D$ 로 감소하였다. 또 다른 원인으로는 조절과 폭주의 불일치가 안정피로를 유발하고 이에 따른 피로 누적^[22]으로 안구운동의 반응 지연이 나타나 외사위와 폭주부족의 증가에 대한 원인으로 생각된다.

본 연구의 결과에서 사위도와 AC/A비는 3D 영상 시청시의 변화와 시청 후의 회복을 뚜렷하게 보여 주었다. 이러한 결과로부터 3D 영상은 일정한 거리의 영상을 주시하면서 조절을 하고 있지만 우안과 좌안에 편차에 따른 폭

주량의 변화를 요구하기 때문에 융합력의 범위 내에서 폭주와 조절의 불일치가 발생되어 안정피로가 발생하게 되고,^[23] 이로 인해 근거리와 원거리 사위도의 변화, AC/A비와 CA/C비와 같은 조절과 폭주의 균형에도 영향을 줄 수 있다^[24]는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 지속적인 근거리 시청으로 안정피로(시각적 스트레스)에 따른 사위도 변화^[25,26]를 보여주고 있으며, 이러한 안정피로 해소에는 시청에 따른 일정시간 휴식이 필요하다는 것을 보여주고 있다.

결 론

본 연구는 3D 영상 시청 전·후의 시기능 변화에서 사위도 변화량을 측정하여 영상 시청 간에 사위도 변화량과 영상 시청 종료 후 사위도 회복량에 대하여 알아보았다.

사위도 변화량에 대한 측정에서 3D 영상 시청은 시간이 지남에 따라 외사위 방향으로 증가하는 경향을 보였으며, 원거리보다 근거리에서 사위도 변화량이 더 크게 나타났으며 계산 AC/A비도 감소하는 경향을 보였다. 영상 시청 종료 후에도 5분 뒤부터 외사위 경향이 감소하였으며, 25분 뒤에 시청 전과 동일한 사위도로 회복되는 경향을 나타내었다.

3D 영상의 경우 인위적인 영상의 시차로 인해 물체가 다가오는 것과 같은 입체감을 느끼게 되고 이로 인한 조절과 폭주의 불균형이 나타난다. 하지만 이러한 일시적인 변화는 일정 시간 이후 회복이 가능한 것으로 나타났다. 3D 영상시청에 따른 조절과 폭주 균형의 변동은 시각적 피로도도와 연관이 있다고 판단되며 향후 주관적 시청피로도와의 연계하여 3D 영상시청에 대한 합리적인 시청 권고안의 제시가 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2015년 경운대학교 교내 연구비의 지원으로 수행되었습니다.

REFERENCES

- [1] Hoffman DM, Girshick AR, Akeley K, Banks MS. Vergence-accommodation conflicts hinder visual performance and cause visual fatigue. *J Vis.* 2008;8(3):33.1-30.
- [2] Lee SH, Kwon SC, Kim JH. Digital stereoscopy, 1st Ed. Seoul: Jinsaem, 2014;37-60.
- [3] Howarth PA. Potential hazards of viewing 3-D stereoscopic television, cinema and computer games: a review. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2011;31(2):111-122.
- [4] Kang SH, Hong HK. In watching 3D stereoscopic display using the binocular disparity, the effect of pupillary dis-

- tance of adults and children on the perception of 3D image. *J. Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2011;16(3):299-305.
- [5] Kim JH, Son JS, Park SJ, Kwon SC. Clinical consideration of visual fatigue on 3D images. *J KICS.* 2013;38C(11):990-999.
- [6] Kang JJ, Kang MH. A study for application of human factor in stereoscopic photography by 2D-3D converting technology. *AURA.* 2012;26:111-122.
- [7] Park JJ, Li HC, Kim SW. Screen disparity and size perception function of various 3D stimuli. *Journal of Broadcast Engineers.* 2013;18(1):66-76.
- [8] Herman S. Principles of binocular 3D displays with application to television. *J SMPTE.* 1971;80(7):539-544.
- [9] Kim JH, Choi YS, Kwon SC, Son KC, Sohn CB, Lee SH. The Influence on changes of visual function by watching 3D images - focused on blink rate and accommodative response. *INFORMATION.* 2014;17(12B):6589-6597.
- [10] Lim SW. A study on acceptance of broadcasting platform in the era of media convergence: Focused on the niche comparison of selection factors of users. PhD Thesis. Chungang University, Seoul. 2006;1-261.
- [11] Kham KT, Lee JH. The effect of inter-pupillary distance on stereopsis. *The Korean Society for Cognitive Science.* 2003;14(3):37-49.
- [12] Kim DS, Lee WJ, Kim JD, Yu DS, Jeong ET, Son JS. Change of Phoria and Subjective Symptoms after Watching 2D and 3D Image. *J Korea Ophthalmic Opt Soc.* 2012;17(2):185-194.
- [13] Maeda F, Tabuchi A, Kani K, Kawamoto K, Yoneda T, Yamashita T. Influence of three-dimensional image viewing on visual function. *Jpn J Ophthalmol.* 2011;55(3):175-182.
- [14] Kim JD. Clinical refraction and visual dysfunction prescription, 3rd Ed. Seoul: Shinkwang, 2010;240-260.
- [15] Kim DS. The effects of 3D images on the visual function. Master Thesis. Kyungwoon University, Gumi. 2011;1-84.
- [16] DTV and video equipment portal TV4u. The resolution of the TV and the viewing distance, 2006. [http://www.tv4u.co.kr/guide/content.asp?id=953&sec=&url_home=http://mania.dreamwiz.com/\(24 February 2006\)](http://www.tv4u.co.kr/guide/content.asp?id=953&sec=&url_home=http://mania.dreamwiz.com/(24 February 2006)).
- [17] Freeman J, Avons SE. Focus group exploration of presence through advanced broadcast services. *Proceeding of the SPIE.* 2000;3959:530-539.
- [18] IJsselsteijn W, de Ridder H, Freeman J, Avons SE, Bouwhuis D. Effects of stereoscopic presentation, image motion, and screen size on subjective and objective corroborative measures of presence. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments.* 2001;10(3):298-311.
- [19] 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.
- [20] Karpicka E, Howarth PA. Heterophoria adaptation during the viewing of 3D stereoscopic stimuli. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2013;33(5):604-610.
- [21] Lee SH. Understanding 3D images, 1st Ed. Seoul: Jinsaem, 2010;16-56.
- [22] Ban JE. Effects of interpupillary distance and AC/A ratio on binocular fusion and depth perception. Master Thesis. Yonsei University, Seoul. 2002;1-51.
- [23] Kim DH, Choi SH, Sohn KH. Visual fatigue prediction for stereoscopic video considering individual fusional characteristics. *Journal of Broadcast Engineers.* 2011;16(2):331-338.
- [24] Kooi F, Toet A. Visual comfort of binocular and 3d displays. *Displays.* 2004;25:99-108.
- [25] Yekta AA, Pickwell LD, Jenkins TC. Binocular vision without visual stress. *Optom Vis Sci.* 1989;66:815-817.
- [26] Tsubota K, Nakamori K. Dry eyes and video display terminals. *N Engl J Med.* 1993;328:584.

The Evaluations of Phoria and AC/A Ratio by Watching 3D TV at Near

Jeong-Sik Son¹, Dong-Su Kim¹, Jung-Ho Kim², Jae-Do Kim¹, Alaric Hamacher³, and Dong-Sik Yu^{1,*}

¹Dept. of Optometry and Vision Science, Kyungwoon University, Gumi 39160, Korea

²Dept. of Plasma Bio Display (Holography 3D Lab.), Kwangwoon University, Seoul 01897, Korea

³Kwangwoon Hanrimwon, Kwangwoon University, Seoul 01897, Korea

(Received July 22, 2015; Revised August 18, 2015; Accepted August 22, 2015)

Purpose: This study was designed to evaluate the changes of phoria and calculated AC/A ratio, and their recovery time points by watching 3D television (3D TV). **Methods:** 50 subjects (male 30, female 20) of 20s to 40s ages who can watch 3D, were measured phoria using a Howell phoria card at 3 m for distance and 40 cm for near. The phoria was evaluated before watching 3D TV and every 10 minutes from starting of watching 3D TV for 30 minutes, and every 5 minutes after finishing of watching 3D TV for 30 minutes again. **Results:** For the distance phoria during and after watching 3D TV, it was increased to more exophoria $-0.98 \pm 1.37 \Delta$ (prism diopters) after 10 minutes from starting of 3D TV watching ($p=0.063$) and increased to more exophoria $-1.00 \pm 1.28 \Delta$ after 30 minutes ($p=0.024$), and started to decrease after finishing of watching 3D TV and recovered to the level of before 3D TV watching ($-0.78 \pm 1.11 \Delta$) after 20 minutes ($p=0.32$) with comparing to phoria of before watching 3D TV ($-0.80 \pm 1.12 \Delta$). For the near phoria, it was also increased to more exophoria $-5.71 \pm 4.45 \Delta$ after 10 minutes from starting of watching 3D TV ($p=0.000$) and $-6.58 \pm 4.36 \Delta$ after 30 minutes ($p=0.000$), and started to decrease after finishing of watching 3D TV and recovered to the level of before watching 3D TV after 20 minutes ($-4.34 \pm 3.67 \Delta$) ($p=0.32$) with comparing to the phoria of before watching 3D TV ($-4.36 \pm 3.66 \Delta$). AC/A ratio was decreased from $4.92 \pm 1.17 \Delta/D$ for before 3D TV watching to $4.11 \pm 1.50 \Delta/D$ for after 30 minutes from starting of watching 3D TV ($p=0.000$), and increased after the end of watching 3D TV and recovered to the level of before 3D TV watching ($4.93 \pm 1.18 \Delta/D$) after 25 minutes ($p=0.598$). **Conclusions:** During watching 3D TV at near, it showed a tendency of convergence insufficiency by decrease of calculated AC/A ratio as result that exophoria at near was higher increased than exophoria at distance. However, the increased exophoria at both near and distance was recovered to the level of base line after 25 minutes from the end of watching 3D TV. Through this study, it seems to need rational proposals of advice for watching 3D TV.

Key words: 3D TV, Phoria, AC/A ratio, Asthenopia, Exophoria