

2D와 3D 영상 시청 후 나타난 사위도 및 자각증상의 변화

김동수¹, 이육진², 김재도¹, 유동식¹, 정의태³, 손정식^{1,*}

¹경운대학교 안경광학과, 구미 730-739

²선린대학교 안경광학과, 포항 791-712

³경운대학교 사진영상학과, 구미 730-739

투고일(2012년 5월 7일), 수정일(2012년 6월 11일), 게재확정일(2012년 6월 16일)

목적: 2D 영상과 2가지의 방식의 3D 영상을 이용하여 시청 전·후의 사위도 변화와 자각적 안정피로를 비교하였고, 3D 영상 시청과 제작의 참고자료로 활용하고자 하였다. **방법:** 20~30세의 대학생 41명(남 26명, 여 15명)을 대상으로 30분간 시청한 2D 영상, 3D-FPR과 3D-SG 영상의 시청 전후의 사위도와 자각증상을 측정하였다. 각 영상 시청 전후에 측정한 사위도 변화와 설문조사로 얻은 자각증상 자료는 대응비교와 Pearson 상관관계로 분석하였다. **결과:** 2D 영상 시청 직후의 원거리와 근거리에서 0.5 Δ 정도 외사위도가 증가하였지만 유의적 수준은 없었으며, 3D 영상 시청 직후에는 시청 전과 비교하여 원거리에서 1.0~1.5 Δ 정도, 근거리에서는 1.5~2.0 Δ 정도 유의적 수준에서 외사위도가 증가하는 경향을 보였으며, 원거리사위도보다 근거리사위도에서의 변화가 0.5 Δ 정도 더 많았다. 3D-FPR과 3D-SG 영상 방식에 따른 변화는 0.5 Δ 미만으로 차이는 없었다. 시각적 자각 증상에서도 2D 영상에 비해 3D 영상에서 안정피로가 증가하였다. 3D 영상 방식에 따른 차이는 없는 것으로 나타났다. 사위도의 변화와 안정피로의 상관관계에서는 외사위로 증가할수록 안정피로가 증가하는 상관관계를 보였다. **결론:** 3D 영상을 시청함에 따라서 안정피로가 증가되며, 이에 따라서 사위도의 변화에서는 외사위로 증가하는 경향을 보였다.

주제어: 2D 영상, 3D 영상, 3D-FPR, 3D-SG, 안정피로, 사위, 양안시

서 론

3차원 입체영상(3 dimensional stereoscopic image)은 사람이 좌·우안에 분리된 영상이 망막에 맺도록 하여 입체적으로 인지할 수 있도록 한 인위적 영상을 말한다. 사람의 눈은 양안 주시편차에 의해서 좌안과 우안이 분리해서 보고 이를 뇌에서 합치는 과정에서 입체시를 느끼게 된다. 이처럼 입체시가 가능하려면 시기능의 감각성 융합과 운동성 융합이 모두 정상으로 인지되어야 하고 입체시 형성은 양안시의 최고 단계이다. 이처럼 디스플레이를 통해서 보는 3D 영상도 좌안과 우안의 영상을 분리해서 보여 주고 이를 뇌에서 합쳐서 입체감을 느끼게 된다. 하지만 디스플레이를 통해서 보는 3D 영상은 재생되는 영상에 해당하는 거리의 조절을 요구하면서도 좌·우안의 영상편차로 폭주 요구량이 달라지고 이로 인한 조절과 폭주의 균형에 충돌(불균형)이 발생하여 눈의 피로가 발생한다고 알려져 있다.^[1-3]

영상매체는 최근 2D 영상에서 3D 영상으로 전환되고 있다. 최초의 3D 영상은 적청 필터를 이용하였다. 하지만

적청 필터의 불편함과 기술적 한계로 인하여 상업적인 성공을 지속하지 못했으며, 이때까지 3D 입체영상은 겨우 일부 의료분야나 교육훈련을 위한 가상환경 조성을 위해 활용되는 정도였고, 테마공원에서 단시간 분량의 기획물이나 3D나 4D 체험관이라고 하여 활용되는 정도였다. 하지만 최근 3~4년 사이에 영화관이 디지털화 되면서 3D 영화의 보급이 이미 활성화 되었고, 이를 가정으로 보급하려는 노력과 함께 TV 방송이 모두 디지털화 되면서 일부 방송에서는 3D 콘텐츠 서비스가 이미 현실화 되었다. 영화를 중심으로 집중되어 나왔던 3D 영상물은 최근에는 스포츠, 다큐멘터리, 교육, 애니메이션 등 다양하게 활성화 되었으며 TV, 스마트폰, 게임기 등 다양한 제품이 나오고 있다. 하지만 3D 시장 규모의 확대와 더불어 3D 입체 영상 매체에 대한 두통(headache), 안구 통증(ocular pressure), 어지러움(dizziness), 울렁거림(nausea), 시각적 불편함(eye strain) 등 안정성에 대한 문제도 제기되고 있다.^[4] 하지만 시기능에 3D 영상 시청 시 시청피로에 직접적인 영향이 있는지와 시청 후의 시기능 변화에 대한 인체공학적(human factor) 연구는 그리 많지 않다.^[5]

*Corresponding author: Jeong-Sik Son, TEL: +82-54-479-1332, E-mail: jsson@ikw.ac.kr

3D 영상은 디스플레이가 설치된 위치를 기준으로 한 눈의 조절과 입체감을 유발을 위한 좌우안 영상의 폭주와의 불균형이 발생하게 된다. 편광시표를 이용한 입체영상으로 시기능훈련(vision training)을 시행할 경우 동일한 방식의 입체영상을 시청하게 하고 그 결과가 융합력 또는 사위도와 같은 시기능의 변화로 관찰되어 진다.¹⁰⁾ 따라서 본 연구에서는 일정시간 동안 2D 영상 및 3D 영상을 각각 시청하게 하고 시청 직후의 사위도의 변화와 안정피로를 비교하고 3D 영상의 시청과 영상제작에서의 참고자료로 활용하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구대상

피검사자는 본 연구의 취지를 이해하고 참여하는데 동의한 양안교정시력이 1.0이상으로 비사시안 그리고 역제가 있거나 굴절부등, 부등시, 안질환 또는 정신질환 및 전신질환이 없는 대상으로 선정하였다. 연구 대상자는 남자 26명, 여자 15명으로 만 20~30대의 대학생 41명(평균 22.3 ± 2.14세)을 대상으로 실시하였다.

실험대상은 원근거리 수평사위 측정 후 Morgan의 기준에 의해 원거리(내사위, 정위, 외사위), 근거리(정위, 외사위)로 분류 하였다. 근거리 검사에서는 내사위에 해당되는 피검자가 없었으므로 대상에서 제외 하였다.

2. 방법

실험에 참가하는 대상자는 총 4일차에 걸쳐서 실험을 실시하였으며, 실험 이전에 문진을 통하여 몸과 눈의 피로도를 문진하고 음주, 질병, 약물복용 등 실험결과에 영향을 줄 수 있는 요인이 있는지 확인하여 동일한 상태에서 실험에 참가하도록 하였다. 실험 1일차에 영상 시청 전 사위도를 포함한 기본적인 시기능 검사를 진행하였으며, 실험 2일차에는 2D 영상을 30분간 시청하고 동일한 시기능 검사를 실시하였으며, 3일과 4일차에는 2가지 방식의 3D 영상(3D-FPR, 3D-SG)을 각각 30분간 격일간 시청한 이후에 동일한 시기능 검사를 실시하였다. 실험에 이용된 영상에서 3D-FPR 방식(passive, film patterned retarder)은 좌우안 안경에 편광각이 다른 렌즈를 이용하여 TV 영상을 분리하고, 3D-SG 방식(active, shutter glass)은 좌우안에 편광셔터를 이용하여 TV와 동조된 영상을 순차적으로 분리하여 인지하게 하는 방식이다.

3D 영상방식과 TV 제조사에 대한 선입견이 실험결과에 영향을 미치지 않게 하기 위해서 3D TV의 모서리 부분을 가려서 블라인드 테스트 방식을 사용하였으며, 20명은 편광방식(3D-FPR)의 3D 영상을 나머지 21명은 셔터방식

(3D-SG)의 3D 영상을 먼저 시청하게 하고, 그 다음날 3D 영상의 방식을 변경 시청하게 하였다.

2D와 3D 영상의 시청방법은 3D TV 방송 안전 가이드 라인을 기준^{17,8)}으로 하여 실험에 사용된 52인치 TV의 대각선 길이의 3~6배 범위 이내인 3 m를 시청거리로 하였다. 좌우방향 시청각도 범위는 화면의 중심에서 10° 이내에서 고개 기울임이 없는 상태로 시청하고, 시청 공간조도는 일반 가정과 동일하고 입체시에 불편함이 없는 200 lx에서 실시하였다.

1) 사위도 검사

사위도 검사는 본 그래페 방식(von Graefe method)을 사용하였으며⁹⁾ 우위안에 12 Δ B.I, 비우위안에 6 Δ B.D 방식의 프리즘을 장입하여 원거리(5.0 m)와 근거리(0.4 m)의 수평사위도를 측정하였다.

2) 설문조사

설문조사는 Ames 등¹⁰⁾의 연구에서 적용한 항목 중 시각과 관련된 11개 항목 중 8가지를 실시하였으며, 0점에서 4점까지 자각 증상의 정도별로 점수를 측정하여 '매우 아니다'를 0점, '많이 그렇다'는 4점으로 분류를 하였으며, 2D와 3D 영상 각각의 시청 직후에 총 3회를 실시하였다.

3) 자료분석

각 실험 결과는 대응비교(paired t-test)와 Pearson 상관계수 분석을 이용하였다. 통계처리는 SPSS(ver.18.0) 프로그램을 이용하였다.

결 과

1. 원거리 사위도의 변화

Morgan의 기준¹¹⁾에 의해 원거리 사위도가 $eso < 0 \Delta$ 을 내사위(원거리) 군으로, $exo 1 \pm 1 \Delta$ 을 정위(원거리) 군으로, $exo > 2 \Delta$ 이상을 외사위(원거리) 군으로 분류를 하였으며, 각 영상 시청 직후 나타나는 원거리 사위도의 변화량을 Fig. 1에 나타내었다.

내사위(원거리) 군은 영상 시청 전 $eso 1.68 \pm 1.72 \Delta$ 에서 2D 영상 시청 직후에는 $eso 1.50 \pm 1.22 \Delta$ 로 영상 시청 전과 비교하여 거의 변화가 없었으나, 3D-FPR 방식의 영상 시청 직후에는 $eso 0.18 \pm 1.54 \Delta$ 로 내사위량의 감소 즉, 외사위도가 약간 증가하였지만 유의성이 없었고 (paired t-test, $p = 0.068$), 3D-SG 방식의 영상 시청 직후에도 $eso 0.50 \pm 0.40 \Delta$ 로 외사위도가 약간 증가하였지만 유의성이 없었다 (paired t-test, $p = 0.144$). 내사위(원거리) 군에서는 2D 영상 시청 직후보다 3D 영상 시청 직후에

Table 1. Distance lateral phoria change after watching TV in each group

unit:Δ

Group	before	2D	3D-FPR	3D-SG
	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD
Total n=41	-0.94±1.31	-1.48±1.53*	-2.08±1.58*	-2.37±1.57*
Esophoria n=4	1.68±1.72	1.50±1.22	0.18±1.54	0.50±0.40
Orthophoria n=31	-0.95±0.72	-1.55±1.00*	-2.08±1.24*	-2.45±1.21*
Exophoria n=6	-2.62±0.30	-3.12±1.18	-3.62±1.53*	-3.91±1.15*

Esophoria : +, Exophoria : -

* : p<0.05 (compared with before watching 2D/3D TV)

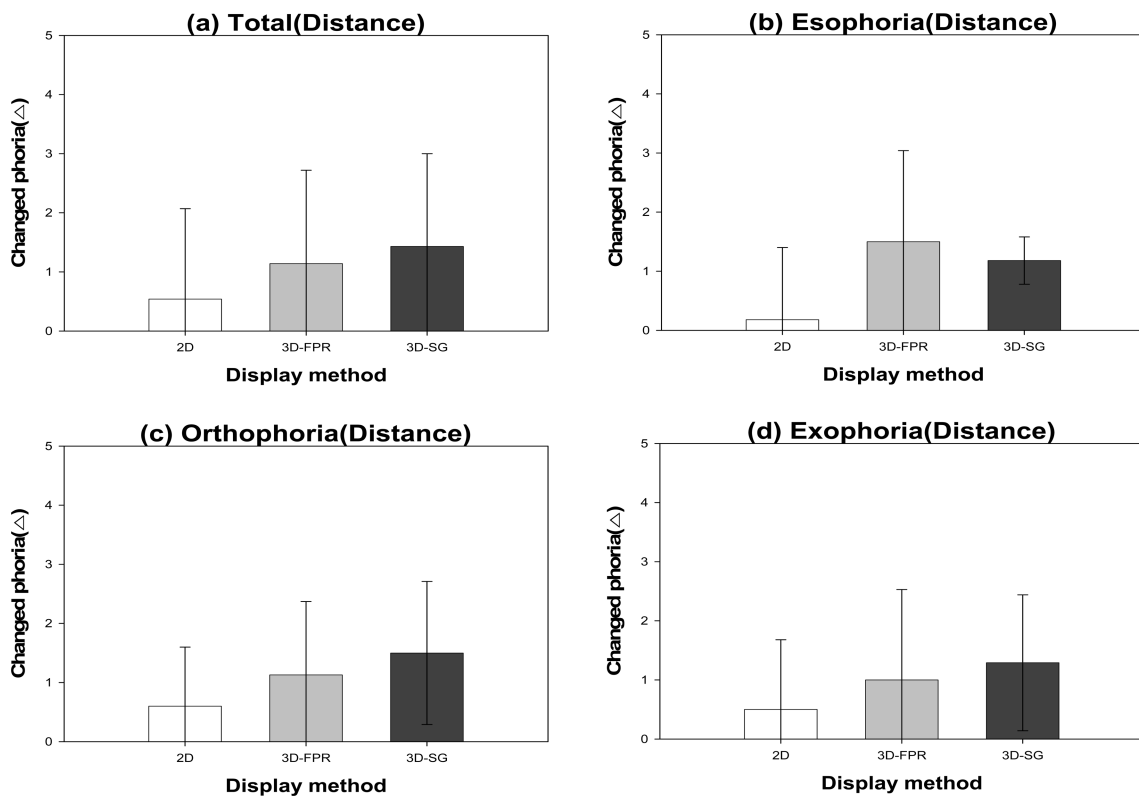


Fig. 1. Distance lateral phoria changes based on before watching 2D/3D TV in each group.

외사위도가 더 많이 증가하는 경향은 보였지만 유의성을 보이지는 않았다(Fig. 1(b)).

정위(원거리) 군은 영상 시청 전 exo 0.95±0.72 Δ에서 2D 영상 시청 직후 exo 1.55±1.00 Δ으로 외사위도가 약간 증가하였지만 그 변화량이 적었다(paired t-test, p=0.000). 3D-FPR 방식의 영상 시청 직후에는 exo 2.08±1.24 Δ으로 외사위도가 증가하였고(paired t-test, p=0.000), 3D-SG 방식의 영상 시청 직후에도 exo 2.45±1.21 Δ으로 외사위도가 시청 전 보다 증가하는 경향을 보였다(paired t-test, p=0.000). 정위(원거리) 군에서는 2D 영상

시청 직후 약 0.5 Δ 정도 증가하였지만, 3D 영상 시청 후에는 시청방식에 따라 약 1.0~1.5 Δ 정도로 더 많은 변화량을 보였다(Fig. 1(c)).

외사위(원거리) 군은 영상 시청 전 exo 2.62±0.30 Δ에서 2D 영상 시청 직후에는 exo 3.12±1.18 Δ으로 외사위도가 약간 증가하였지만 그 변화량이 적었다(paired t-test, p=0.343). 3D-FPR 방식의 영상 시청 직후에는 exo 3.62±1.53 Δ으로 외사위도가 증가하였고(paired t-test, p=0.048), 3D-SG 방식의 영상 시청 직후에도 역시 exo 3.91±1.15 Δ으로 외사위도가 증가하였다(paired t-test, p=

Table 2. Near lateral phoria change after watching TV in each group

unit: Δ

Group	before	2D	3D-FPR	3D-SG
	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD
Total n=41	-7.28±3.76	-8.00±3.84*	-8.96±3.38*	-8.71±3.56*
Orthophoria n=21	-4.02±1.80	-5.16±2.71*	-7.05±3.20*	-6.17±2.54*
Exophoria n=20	-10.39±2.12	-10.71±2.59	-10.78±2.44	-11.13±2.60

Esophoria : +, Exophoria : -

*= p<0.05 (compared with before watching 2D/3D TV)

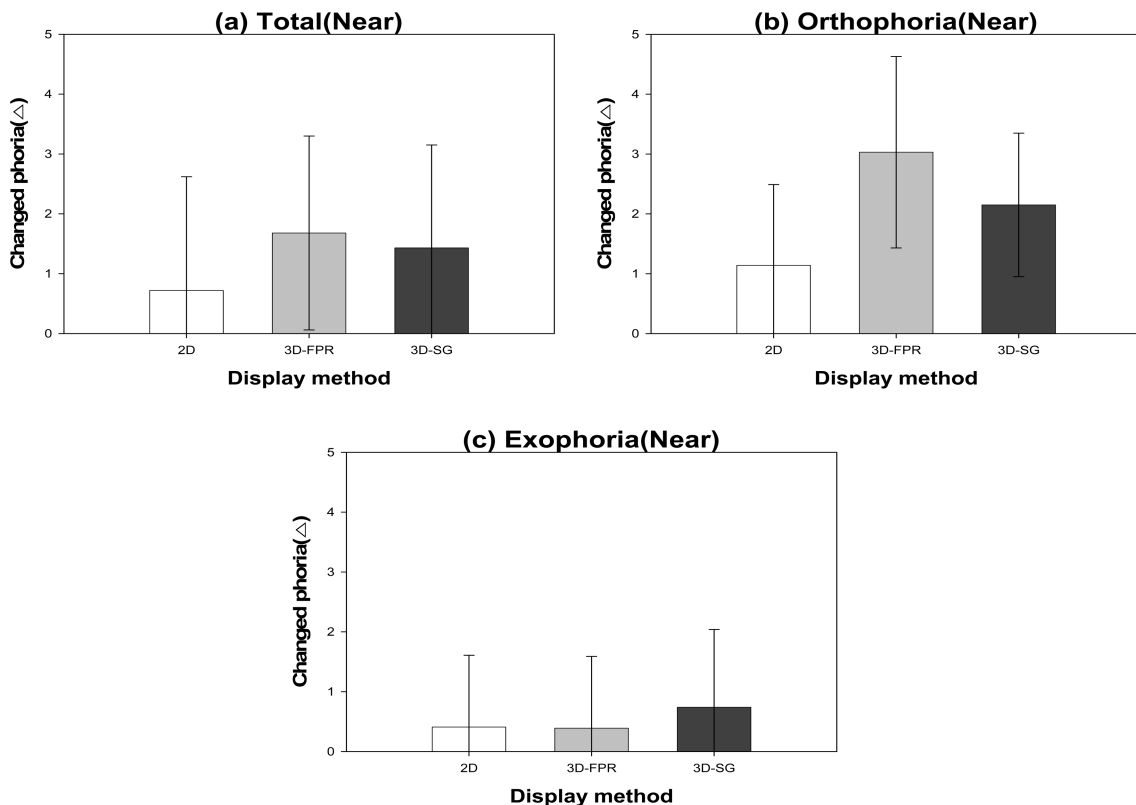


Fig. 2. Near lateral phoria changes based on before watching 2D/3D TV in each group.

0.048). 외사위(원거리) 군에서는 역시 2D 영상 시청 직후 약 0.5 Δ 정도 증가하였지만, 3D 영상 시청 직후에는 1.0~1.3 Δ 정도 더 많은 변화량을 보였다(Fig. 1(d)).

2. 근거리 사위도의 변화

Morgan의 기준^[11]에 의해 근거리 사위도가 eso<0 Δ을 내사위(근거리) 군으로, exo 3±3 Δ을 정위 그룹으로, exo>6 Δ 이상을 외사위(근거리) 군으로 분류를 하였으며, 각 영상 시청 직후 나타나는 원거리 사위도의 변화량을 Fig. 2에 나타내었다.

정위(근거리) 군은 영상 시청 전 exo 4.02±1.80 Δ에서 2D 영상 시청 직후에 exo 5.16±2.71 Δ으로 외사위도가

증가하였다(paired t-test, p=0.000). 3D-FPR 방식의 영상 시청 직후에도 exo 7.05±3.20 Δ으로 외사위도가 증가하였고(paired t-test, p=0.000), 3D-SG 방식의 영상 시청 직후에는 exo 6.17±2.54 Δ으로 외사위도가 증가하였다 (paired t-test, p=0.000). 정위(근거리) 군에서도 역시 2D 영상 시청 직후에 약 1.0 Δ 정도 증가하였지만 3D 영상 시청 직후에는 시청 방식에 따라 약 1.5~2.0 Δ 정도로 더 많은 변화량을 보였다(Fig. 2(b)).

외사위(근거리) 군은 영상 시청 전 exo 10.39±2.12 Δ에서 2D 영상 시청 직후에는 exo 10.71±2.59 Δ으로 외사위도가 증가하였지만 그 변화량이 적었다(paired t-test, p=0.736). 3D-FPR 방식의 영상 시청 직후에 exo 10.78±

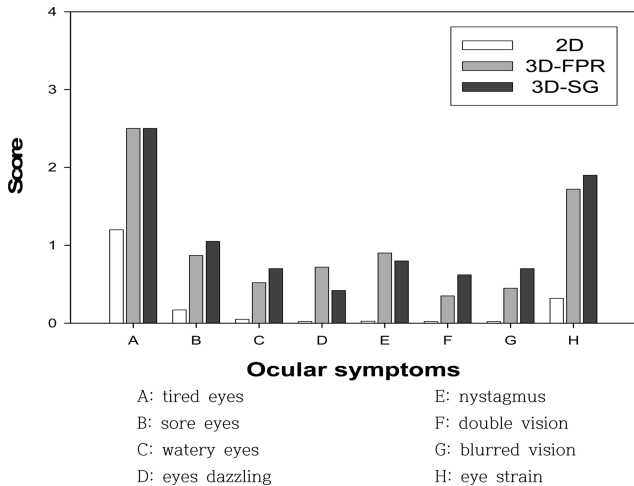


Fig. 3. Subjective symptoms after watching 2D/3D images.

2.44 Δ으로 외사위도가 증가하였지만 변화량은 적었고 (paired t-test, p=0.732), 3D-SG 방식의 영상 시청 직후에는 exo 11.13 ± 2.60 Δ으로 외사위도가 증가하였다(paired t-test, p=0.191). 외사위(근거리) 군에서는 2D와 3D 각각의 영상 시청 전과 비교하여 시청 후의 차이는 0.5 Δ 정도의 변화로 변화가 거의 없었다(Fig. 2(c)).

3. 시각적인 자각증상 변화

2D와 3D 영상 시청 이후 나타나는 시각적인 자각증상의 변화는 Fig. 3에 나타내었다. 시각적 증상에서 ‘눈이 피로하였다(tired eyes)’의 항목에서 가장 많은 변화를 보였으며, 2D 시청 직후 1.20 ± 0.75점, 3D-FPR 영상 시청 직후 2.50 ± 0.75점, 3D-SG 영상 시청 직후 2.50 ± 0.93점으로 증가하였으나(paired t-test, p<0.05), 두 방식간의 차이는 없었다(paired t-test p>0.05). ‘눈이 따가웠다(sore eyes)’에서는 2D 영상 시청 직후 0.17 ± 0.50점, 3D-FPR 영상 시청 직후 0.87 ± 1.04점, 3D-SG 영상 시청 직후 1.05 ± 1.10점으로 증가하였으나(paired t-test, p<0.05), 두 방식간의 차이는 없었다(paired t-test p>0.05). ‘눈이 당겨지는 느낌이다(eye pulling)’에서는 2D 영상 시청 직후 0.32 ± 0.76점, 3D-FPR 영상 시청 직후 1.72 ± 1.08점, 3D-SG 영상 시청 직후 1.90 ± 1.17점으로 증가하였으나(paired t-test, p<0.05), 두 방식간의 차이는 없었다(paired t-test p>0.05). Fig. 4에서 눈의 당김 부위는 3D-FPR 영상 시청 직후 응답자 33명(80%)이 증상을 호소하였으며, 26명(78%)이 코 쪽 부위의 당김 현상을 호소하였으며, 7명(22%)은 귀 쪽 부위의 당김 현상을 호소하였다. 3D-SG 시청 직후 응답자 34명(82%)이 증상을 호소하였으며, 28명(82%)이 코 쪽 부위의 당김 현상을 호소하였으며, 6명(18%)은 귀 쪽 부위의 당김 현상을 호소하였다.

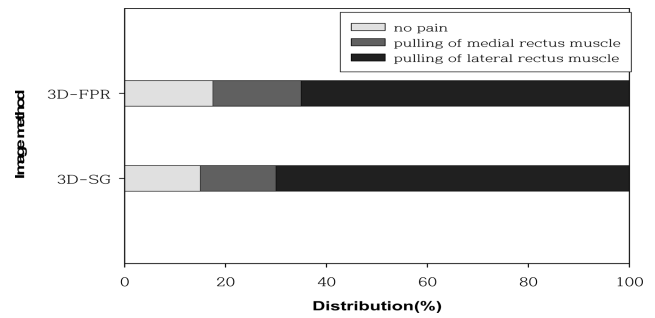


Fig. 4. A pulling sensation around the eyes according to the 3D-FPR and 3D-SG methods.

Table 4. Pearson correlation of distance lateral phoria and ocular symptoms

Subject	Distance lateral phoria/Ocular symptoms score		
	2D	3D-FPR	3D-SG
n=41	r=0.192	r=344*	r=423*

*: p<0.05, **: p<0.001

Table 5. Pearson correlation of near lateral phoria and ocular symptoms

Subject	Near lateral phoria / Ocular symptoms score		
	2D	3D-FPR	3D-SG
n=41	r=0.315*	r=759**	r=749**

*: p<0.05, **: p<0.001

4. 원근거리 사위도와 시각적 자각 증상의 상관관계

2D와 3D 영상 시청에서 나타난 시각적 자각증상과 원거리와 근거리의 사위도의 상관관계를 Table 4와 Table 5로 각각 나타내었다. 2D 영상 시청 후의 자각증상과 원근거리 사위도의 상관성을 분석한 결과는 다음과 같다. (r=0.192, Fig. 5(a)), (r=0.315, Fig. 6(a)). 3D-FPR 방식과 3D-SG 방식의 영상 시청 이후 두 가지 방식 모두에서 실험 대상자의 원거리 외사위도가 높을수록 시청 시 시각적 자각 증상의 불편함은 증가하는 것으로 나타났고 (r=0.344, r=423, Fig. 5(b, c)), 근거리 외사위도가 높을수록 자각 증상의 불편함이 더 큰 것으로 나타났다 (r=0.759, r=749, Fig. 6(b, c)).

고 찰

입체감은 두 눈이 서로 떨어져 있어서 양안주시의 차이가 나타나고 그 결과 좌우 망막의 비대응점에 결상하여 입체감을 느끼게 된다.^[12] 2D 영상의 시청은 일정한 거리에 있는 화면을 주시하게 되고 좌우 두 눈이 동일한 화면을 보기 때문에 조절과 폭주의 요구량이 일정하고 입체감

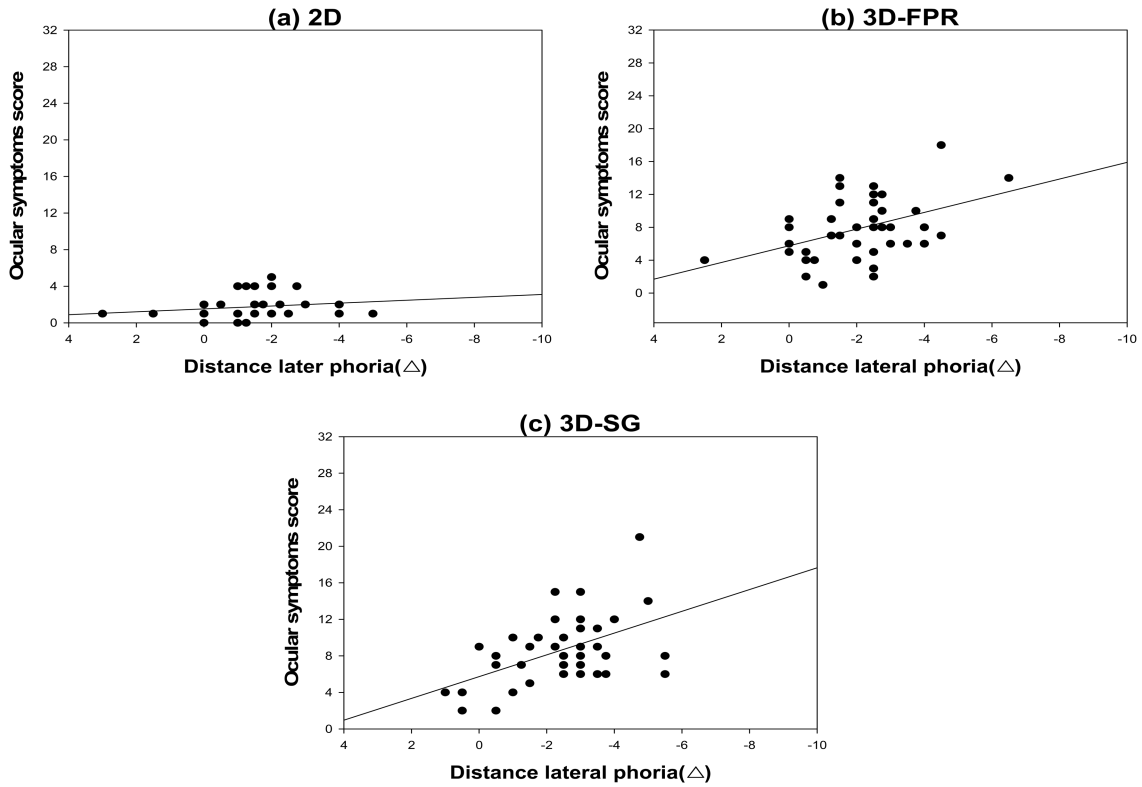


Fig. 5. Comparison of ocular symptoms score and distance lateral phoria watching TV.

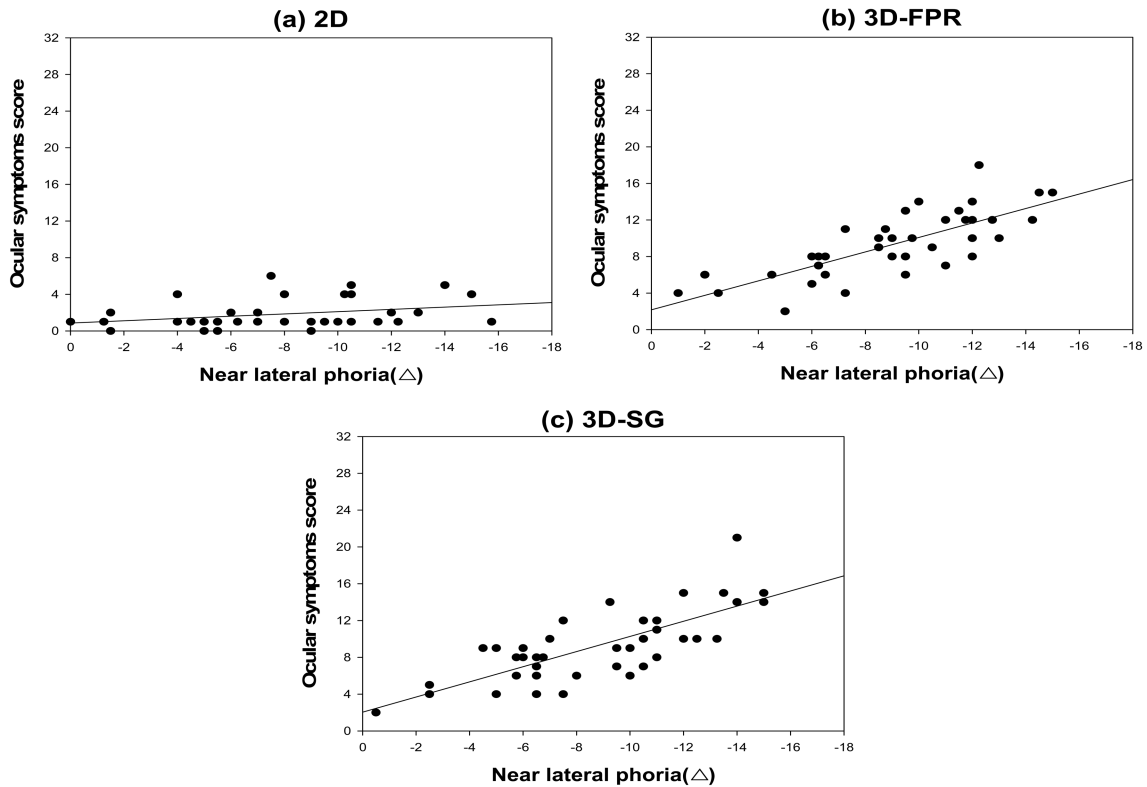


Fig. 6. Comparison of ocular symptoms score and near lateral phoria watching TV.

을 필요로 하지는 않지만 미세한 화면의 변화를 주시하기 위해 지속적으로 조절 반응이 변화하는 형태이다. 반면

3D 영상의 시청은 일정한 거리의 화면을 주시하면서 조절 하고 있지만 좌·우안 영상의 편차에 따른 폭주량의 변화

를 요구하기 때문에 융합력의 범위 내에서 조절과 폭주의 부조화가 발생하게 된다.^[13] 일정시간 입체영상을 시청하는 과정에서 안구는 일상에서 경험하는 시자극과는 달리 고정된 주시거리에서 발생하는 조절과 폭주의 부조화에 적응(adaptation)하게 되고 AC/A와 CA/C와 같은 안구운동의 균형에 영향을 줄 수 있을 것이다. 또 이러한 융합력 범위내의 부조화는 개개인의 양안시기능 상태에 따라 가용범위가 다르므로 발생하는 안정피로도 다르게 나타나게 된다.^[14]

이에 따른 안정피로로 인하여 TV 영상 시청 직후 Table 1과 같이 2D 영상 시청 직후에는 1 Δ 미만의 원거리 외사위도가 증가하였지만 3D 영상 시청 직후에는 1.0~1.5 Δ 정도가 증가하여 2D 영상보다 더 많은 외사위도의 증가가 발생하였다. 2D 영상 시청 직후에도 Richer 등^[15]의 연구에서와 같이 시청 후 외사위를 유발한다는 자료와 일치하고, Kazuhiko의 연구^[16]와 같이 2D와 3D 영상 시청 후에서 영상을 시청하는 동안의 여러 요인으로 인하여 안구운동의 균형에 영향을 주고 안정피로를 유발한다는 결과와 일치하였다.

이러한 결과에 대한 원인으로는 3D 영상 시청에서 조절을 고정하고 폭주의 변화가 필요한 3D 영상을 시청하는 동안 일상에서의와 다른 과도한 융합성 폭주를 이용하여 시청하게 되고, 시청하는 동안 이 환경에 적응하는 기전을 유지하게 된다고 생각된다. 이러한 기전으로 인하여 시청 동안 조절성 폭주비(AC/A)의 감소가 일시적으로 나타나고 시청 직후 대부분의 실험군에서 외사위도가 증가(exophoric adaption)하는 경향을 보였다고 생각된다. 또 다른 원인으로는 일상과 다른 조절과 폭주의 부조화는 안정피로를 유발하고 피로누적으로 인한 안구운동의 반응 지연도 외사위도 증가에 대한 또 하나의 원인으로 생각된다.

근거리 사위도의 변화는 2D 영상 시청 직후에는 1 Δ 미만의 근거리 외사위도가 증가하였지만, 3D 영상 시청 후에는 시청 방식에 따라 1.5~2.0 Δ 정도 원거리 사위도보다 외사위도가 더 많이 증가하는 경향을 보였다. 하지만 Table 2에서 보는 바와 같이 외사위(근거리) 군의 경우 영상 시청 직후 2D와 3D 영상 모두에서 0.5~1.0 Δ 정도의 사위도로 그 변화가 매우 적게 나타났다. 이는 융합의 범위가 불안정하고 시청 시에 3D 영상의 융합이 불안정하기 때문에 Fig. 6에서 보는 바와 같이 사위도가 증가할수록 자각적 증상의 점수가 높게 나타났다. 하지만 영상 시청 전부터 외사위도가 큰 실험군으로서 영상에 대한 적응력(adaption)이 떨어지므로 시청 후에도 Fig. 2(c)와 같이 사위도의 변화가 더 적게 나타난 것으로 생각되어 진다.

시각적 자각 증상은 3D 영상 시청 직후가 2D 영상 시청 때 보다 안정피로가 증가하는 것으로 나타났으나 3D

영상 방식(FPR, SG)에 따른 차이는 없는 것으로 나타났다. 시청 직후 안정피로의 증가는 Bergquist^[17]의 연구에서도 디스플레이 화면을 장시간 시청함에 따라 나타나는 안정피로의 현상은 눈과 눈 주위 근육의 과도한 긴장에 의한 통증과 일시적인 가성근시 현상 등이 나타난다고 하였고, 윤 등^[18]의 연구에서도 3D TV 시청에 있어서 시청피로는 2D에서 보다 높았으며, 눈부심, 복시, 흐림, 어지러움, 눈 피로 등을 발생한다고 하였다.

Fig. 5와 Fig. 6에서 사위도와 안정피로의 상관성 분석에서 수평사위각이 클수록 안정피로는 높아지는 것으로 나타났다. 김 등^[19]의 연구에서도 기준치보다 많은 외사위량을 가지고 있을 때 안정피로 호소율이 높다고 하였으며, 김 등^[20]의 연구에서도 사위안의 안정피로는 융합여력의 크기와 관계가 있음을 알 수 있고, 사위량에 따라서 안정피로 호소율이 다르다고 하였다. 본 연구에서도 사위도의 차이로 분류한 실험군 간에는 외사위도가 높을수록 시청 시 다른 실험군에 비해 더 많은 불편함과 안정피로를 호소하는 것으로 나타났다. 3D 영상의 시청은 조절이 고정되고 폭주의 변화가 요구되는 조건으로 시청자의 사위도가 높을수록 더 많은 폭주량이 요구되고 이로 인한 안정피로도 증가하는 것으로 생각된다.

결 론

본 연구는 2D와 3D 영상 시청이 사위도의 변화에 미치는 영향을 알아보았다. 2D 영상 시청은 원거리 사위도 변화에 영향을 거의 미치지 않는 것으로 나타났지만 3D 영상 시청 이후에는 2D 영상 보다 사위도의 변화가 0.5~1.0 Δ 정도 더 많은 것으로 나타났으며, 이는 안정피로로 인한 외사위도가 증가하는 경향을 보였다. 외사위도의 변화는 원근거리 사위도로 분류한 각 실험군에서 일정하게 증가하였으며 3D-FPR과 3D-SG 영상 방식에 따른 차이는 거의 없었다. 근거리 사위도 변화에서 정위(근거리) 군에서만 외사위도가 증가하는 경향을 보였으며, 외사위(근거리) 군에서는 변화가 거의 없었다. 이는 외사위(근거리) 군이 시청 과정에 융합이 불안정하기 때문에 시청 직후 변화량이 적은 것으로 생각된다. 시각적 자각 증상에서도 2D 영상 시청에 비해 3D 영상 시청 직후 '눈이 피로하였다', '눈이 당겨지는 느낌이다'에서 변화가 가장 많았으며, 전반적으로 안정피로가 증가하였다. 시각적 자각 증상 설문 결과와 사위도의 상관관계 분석에서는 외사위도가 클수록 안정피로가 더 많이 증가하는 것으로 나타났다.

현재 국내 3D 영상매체와 영상기기에 대한 연구는 매우 활발하게 진행되고 있으나 인간공학적인 측면의 접근은 많이 미약하다고 판단된다. 이 분야에 대한 접근은 안광학

분야가 가장 적합하다고 판단되고 지속적인 연구를 통하여 3D 영상을 시청함에 있어 시청자 개인의 시기능의 상태에 따라 받게 되는 영향이 다르고 시청 후 인지하는 안정피로의 차이가 있다는 것을 시청 권고기준에 추가하고, 3D 영상제작에 있어서도 과도한 입체감의 표현이 시기능에 미치는 영향이 있을 수 있다는 것에 대한 연구도 활발하게 진행되어야 할 것으로 생각된다.

REFERENCES

- [1] Lee BH, Um GM, Lee H, Hur NH, Kim JW, Technology Trend in 3DTV Broadcasting. Korea Society Broadcast Engineers Magazine. 2008;13(1):4-15.
- [2] Sumio Y, Visual perception from stereoscopic images for system design. Global 3D technology forum, Korea chamber of commerce & industry. 2011;11-36.
- [3] Ware C, Franck G. Viewing a graph in a virtual reality display is three times as good as a 2D diagram. IEEE Symposium on Visual Languages. 1994;4(7):182-183.
- [4] Um GM, Lee GS, Hur NH, Yoo JS. Trend in 3DTV Broadcasting. Journal of Information Display. 2009;10(3): 31-41.
- [5] Feldman NB. Stereoscopic 3-D in 2008. SMPTE Mot Imag J. 2008;117(6):58-63.
- [6] Asadi R, Ghasemi-Falavarjani K, Sadighi N. Orthoptics treatment in the management of intermittent exophoria. Iranian J Ophthalmology. 2009;21(1)35-40.
- [7] Lee HC. 3DTV Broadcasting Safety Guideline. TTA Journal TTAK.KO-07.0086/R1, 2010. http://committee.tta.or.kr/summary/standard_view.jsp?pk_num=TTAK.KO-07.0086&nowSu=557 (2010.12.22).
- [8] Sugawara M, Mitiani K, Kanazawa FM, Okano F, Nishida Y. Future prospects of HDTV-technical trends toward 1080p. SMPTE Mot Imag J. 2006;115(1):10-15.
- [9] Wick BC. Horizontal deviation. in diagnosis and management in vision care. In: Amos J, 1st ed. Boston: Butterworth-Heinemann, 1987;461-510.
- [10] Ames SL, Wolffsohn JS, McBrien NA. The development of a symptom questionnaire for assessing visual reality viewing using a head-mounted display. Optom Vis Sci. 2005;82(3):168-176.
- [11] Morgan MW. The clinical aspects of accommodation and convergence. Am J Opt Physiol Opt. 1944;21(8):301-313.
- [12] Takeda T, Hashimoto K, Hiruma N, Fukui Y. Characteristics of accommodation toward apparent depth. Vision Res. 1999;39(12):2087-2097.
- [13] Hoffman DM, Girshick AR, Akeley K, Banks MS. Vergence-accommodation conflicts hinder visual performance and cause visual fatigue. J Vis. 2008;8(30):1-30.
- [14] Wijnand AI, Joyce V. Effects of stereoscopic filming parameters and display duration on the subjective assessment of eye strain. Proc SPIE. 2000;3957: 12-27.
- [15] Richter H, Franzen O. Reduction of visual discomfort (asthenopia) & phoria following modulation of VDT near-work induced accommodative hysteresis. J Behavioral Optometry. 2002;13(5):119-122.
- [16] Ukai K. Human factors for stereoscopic images. IEEE International Conference on Multimedia. 2006;12(9):1697-1700.
- [17] Bergquist U, Knave BG. Eye discomforts and work with visual display terminals. Journal of Safety Research. 1995; 26(2):126-127.
- [18] Yoon JH, Lee IH, Kim TH, Kim JD. Visual fatigue in Watching 3 Dimension Television. J Korean Oph Opt Soc. 2012;17(1):47-52.
- [19] Kim JH, Lee DH. The factors influencing the asthenopia of emmetropia with phoria. J Korean Oph Opt Soc. 2005; 10(1):71-82.
- [20] Kim JH, Ryu KH, Kim IS. The study on relation between asthenopia of lateral phoria and fusional reserve. J Korean Oph Opt Soc. 2006;11(4):329-335.

Change of Phoria and Subjective Symptoms after Watching 2D and 3D Image

Dong-Su Kim¹, Wook-Jin Lee², Jae-do Kim¹, Dong-Sik Yu¹, Eui Tae Jeong³ and Jeong-Sik Son^{1,*}

¹Dept. of Optometry and Vision Science, Kyungwoon University, Gumi 730-739, Korea

²Dept. of Optometry, Sunlin College University, Pohang 791-712, Korea

³Dept. of Photo and Video, Kyungwoon University, Gumi 730-739, Korea

(Received May 7, 2012; Revised June 11, 2012; Accepted June 16, 2012)

Purpose: The changes of phoria and subjective asthenopia before and after viewing were compared based on 2D image and two ways of 3D images, and presented for references of 3D image watching and production. **Methods:** Change in phoria was measured before and after watching 2D image, 3D-FPR and 3D-SG images for 30 minutes with a target of 41 university students at 20-30 years old (male 26, female 15). Paired t-test and Pearson correlation between changed phoria and subjective symptoms which were measured using questionnaires were evaluated by before and after watching each images. **Results:** Right after watching 2D image, exophoria was increased by 0.5 Δ , in distance and near, but it was not a significant level. Right after watching 3D image, exophoria was increased by 1.0~1.5 Δ , and 1.5~2.0 Δ , in distance and near, respectively when compared with before watching. In the significant level, exophoria tended to increase. Changes in near was increased more by 0.5 Δ , compared with those in distance. Changes based on way of 3D-FPR and 3D-SG image were less than 0.5 Δ , and there was almost no difference. In terms of visual subjective symptoms, eye strain was increased in 3D image compared with that in 2D image. In addition, there was no difference depending on way of image. In terms of Pearson correlation between phoria change and eye strain, as exophoria was increased, eye strain was increased. **Conclusions:** Watching 3D image increased eye strain compared with watching 2D image, and accordingly exophoria tended to increase.

Key words: 2D image, 3D image, 3D-FPR, 3D-SG, Asthenopia, Phoria, Binocular vision

부록(Appendix)

○ 아래의 설문내용을 읽으시고 영상(2D, 3D) 시청 후 시각 관련 증상을 시청전과 비교해서 답해 주십시오.

시청화면 : ()

일시 :

이름 :

나이 :

성별 :

	매우 아니다	아니다	보통이다	그렇다	많이 그렇다
눈이 피로하였다.	0	1	2	3	4
눈 주위가 당겨지는 느낌이다.	0	1	2	3	4
당겨졌다면 어디가 당기는 느낌인가?		코쪽	귀쪽	위쪽	아래쪽
눈이 따가웠다.	0	1	2	3	4
눈물이 많이 난다.	0	1	2	3	4
눈이 부신다.	0	1	2	3	4
눈이 떨리는 것 같다.	0	1	2	3	4
시청 후 사물이 떠 보인다.	0	1	2	3	4
주변이 흐리게 보인다.	0	1	2	3	4