

가정용 3D TV의 근거리 시청이 조절기능에 미치는 영향

김정호, 황해영, 강지훈, 유동식, 김재도, 손정식*

경운대학교 안경광학과, 구미 730-739

투고일(2013년 5월 1일), 수정일(2013년 6월 10일), 게재확정일(2013년 6월 15일)

목적: 본 연구는 근거리에서의 2D와 3D 영상시청이 조절기능에 미치는 영향과 2D와 3D차이를 알아보려고 하였다. **방법:** 3D 입체영상 시청이 가능한 20~40대(22.9 ± 3.93 세)의 50명(남 30명, 여 20명)을 대상으로 실시하였다. 영상시청 전과 2D와 3D 영상을 각각 1 m 거리에서 30분 동안 시청한 후에 조절근점(NPA)으로 구한 조절력(AA), 조절반응(AR), 양·음성상대조절력(PRA, NRA), 조절용이성(AF)을 각각 검사하였다. **결과:** 조절력은 영상시청 전과 비교하여 2D와 3D 시청 후에 모두 감소하였으며, 3D 영상시청 직후가 2D 영상시청 직후 보다 더 많은 감소를 보였다. 조절반응은 시청 전과 비교하여 2D와 3D 영상 시청 후 모두에서 증가하였지만 2D와 3D 영상시청 간의 차이는 없었다. 상대조절력 검사에서 PRA와 NRA 모두 유의한 변화는 없었다. 조절용이에 의한 조절 속도는 영상시청 전(13.52 ± 3.32 cpm)과 2D 영상시청 직후(14.28 ± 3.21 cpm), 3D 영상시청 직후(14.90 ± 3.27 cpm) 순으로 증가하는 것으로 나타났다. **결론:** 근거리 영상 시청이 조절기능에 영향을 주었으며 영상 시청 전, 2D 영상시청 후, 3D 영상시청 후의 순서의 조절력 감소는 안정피로에 동일한 순서로 영향을 미칠 수 있다. 특히 3D 영상시청 후 조절용이성의 증가는 시기능훈련(VT)의 가능성을 보이고, 앞으로 3D 영상을 이용한 구체적인 VT 연구도 요구된다.

서 론

1800년대 anaglyph 방식을 이용한 입체영상의 시작 이후 큰 발전이 없었으나 2009년 영화 아바타(Avatar)를 시작으로 3차원 입체(3D) 영상에 대한 붐이 일어났다. 기술의 발전으로 최근에는 홀로그래프를 이용한 3D영상 기술이 주목받고 있다.^[1,2] Anaglyph, 편광, 홀로그래프 등의 3D 영상구현 방식은 이미 오래 전부터 등장했던 방식들이나 현대에 와서 당시의 기술적 구현 문제들을 보완하고 다양한 콘텐츠의 개발과 함께 다시 두각을 드러내고 있다.^[3] 최근 초고화질 TV(ultra high definition TV, UHD TV)의 등장과 함께 UHD TV의 시스템 및 관련 콘텐츠와^[4,5] 휴먼팩터 연구^[6]가 같이 진행되고 있으며, 최근 개발의 주요 관심사로 프레임 주파수(frame frequency)^[6]의 향상이 주목받고 있다. 이러한 흐름에서 연구되어 등장한 기술이 하이프레임 레이트(high frame rate, HFR)로써 2012년 12월에 개봉한 영화에서 기존의 24 fps(frame per second)의 2배에 해당하는 48 fps의 영상을 소개하여 2009년 영화 '아바타' 이후 3년 만에 빠른 기술의 발전을 보이고 있다. 이러한 영상기술의 진보와 관련된 3D 영상콘텐츠의 개발은 화질, 음향, 입체감 등에서 과거에 비해 더욱 빠른 속도로 발전해 나갈 것이고, 이와 더불어 다수가 이용하는 초대형 화

면에서 가정용 영상기기 및 개인용 소형 영상기기까지 다양한 크기와 형태로 이러한 콘텐츠가 이용되어 질 것이다. 하지만 이러한 3D 영상기술의 발달과 맞물려서 해당 기술의 적용 대상인 인간에 대한 휴먼팩터^[7] 연구도 간과하여서는 안 된다. 아직까지도 3D 입체영상 시청에서 눈의 피로감과 어지러움, 구토 증상은 아직 완전히 해결되지 않은 부분인데도 불구하고, 다수의 이용자를 목적으로 활용되는 영화관용 대형 영상에서 개인이 이용하는 휴대기기용 소형 영상까지 새로운 영상표현 방식의 기술개발 및 제품출시는 매우 빠른 시간 안에 다양화 될 것으로 예상된다. 3D 영상관련 새로운 기술을 이용한 제품의 출시는 그에 맞는 안전성을 위한 권고안이 필수적이며 휴먼팩터의 다양한 분야 중에서도 눈에 직접적으로 연관된 옵토메트리 영역의 중요성이 특히 강조될 것으로 전망된다.

정상적인 양안에서 좌·우에 각각 결상된 상을 융상할 때 과도한 시차로 융상영역을 벗어난 경우는 좌·우안의 상이 융상되지 못하고 복시(diplopia)로 인지되는데, 이때 우리 눈은 운동성융상과 감각성융상 능력을 이용하여 상을 하나로 합치려는 생체반응을 일으킨다. 이 과정에서 어지러움, 메스꺼움 등을 호소하며 시청에 불편을 호소할 수 있다. 따라서 3D 영상제작에 있어 영상시차(양안시차)의 설정이 시청자의 융상범위를 초과하지 않도록 주의하여야 한다.^[8-10]

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

최근 가정용 3D TV의 보급이 지속적으로 증가하고 있으며^[11] 3D 입체화면의 양안시차로 인한 시청부담을 최소화하는 적정 시청거리를 제조사에서 권고하고 있으나, 3D TV가 일반 TV의 시청권장거리 보다 멀게 설정되어 있고, 또 전문적인 감상공간이 아닌 일반 가정의 생활공간 내에 설치되므로 공간적 제약 등의 이유로 권장 시청거리 보다 더 가까운 거리에서의 시청이 증가할 것으로 전망된다. 본 연구에서는 영화관과 같이 조절자극이 극히 작은 원거리 시청조건과는 달리 가정용 3D TV를 1~2 m의 근거리로 시청할 경우는 시각적 조절요구량이 존재하게 되며, 3D TV를 더 가까이에서 시청할수록 양안시차는 커지고 이때에 얻어지는 입체감을 위해 조절과 폭주의 불균형으로 인해 발생하는 시각적 영향이 있을 것으로 예상 하였다. 이에 가정용 3D TV를 이용한 입체영상의 근거리 시청이 조절기능에 미치는 영향을 조사하고 3D 영상 시청 권고안과 같은 각종 기준설정을 위한 참고자료로 제시하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

피검자는 본 연구의 취지를 이해하고 동의하는 20~40대(평균 연령 22.9 ± 3.9 세)로 특별한 안과적 질환, 정신질환, 굴절 부등시, 부등시 등이 없으며, 3D 입체영상 시청이 가능하고 워스4점(Worth 4 dot) 검사 상 역제가 없으며 교정시력 0.8 이상 나오는 50명(남 30명, 여 20명)을 대상으로 실시하였다.

2. 방법

피검자는 실험에 참여하기 전에 문진을 통하여 몸 상태와 눈의 피로도를 검사하고 실험에 영향을 미칠 수 있는 요소들을 점검하였다. 시청 전 기본 굴절검사를 실시하여 교정시력을 맞추고 이후에 조절근점(near point of accommodation, NPA), 조절반응, 상대조절력(relative accommodation), 조절용이성^[12] 순으로 검사를 진행하였다.

각 검사항목들은 시청 전과 2D 영상 시청 직후, 3D 영상 시청 직후로 나누어 검사하였다. 시청시간은 이^[13]의 연구에 근거하여 2D, 3D 각각 30분씩 시청하였다. 사용된 3D 영상기기는 편광방식(film patterned retarder, FPR)^[14]의 32인치 TV를 사용하였고, 시청거리는 권장 시청거리인 1.27 m에서^[15] 근거리 시청이라는 점에 기초하여 1.0 m로 설정하였다. 실험에 이용된 영상은 권^[16]의 연구결과를 근거로 하여 아바타(Avatar)로 정하였다.

1) 조절근점(NPA) 검사

원거리 완전교정 상태에서 푸쉬업바(push-up bar)를 이용하여 근거리 가로 배열 숫자시표를 피검자가 직접 눈

쪽으로 당겨 최초로 흐려 보이는 지점까지의 거리를 측정하였다.^[17]

2) 조절반응 검사

원거리 완전교정 상태에서 0.4 m 거리에 근거리 시표를 고정 시키고 양안 개방형 자동굴절력계(N-vision, K5001, Shin-nippon, Japan)^[18]를 사용하여 오른쪽 눈과 왼쪽 눈 각각에 대한 조절반응을 0.125 D의 측정단위로, 영상 시청 전과 2D 영상 시청 직후, 그리고 3D 영상 시청 직후로 각각 나누어 측정하였다. 각 측정 시 총 3회의 평균값을 사용하였고 우안과 좌안 순서로 측정하였다.

3) 상대조절력 검사

상대조절력 검사는 원거리 완전교정 상태에서 피검자 눈 앞 0.4 m에 근거리 시표를 고정시키고 시표가 선명하게 보이는지 검사한다. 양성상대조절력(positive relative accommodation, PRA) 검사는 0.25 D 단위로 (-)렌즈를 부가하여 최초로 흐려 보이는 지점을 측정했고, 음성상대조절력(negative relative accommodation, NRA) 검사는 0.25 D 단위로 (+)렌즈를 부가하여 최초로 흐려 보이는 지점을 측정하였다.^[17]

4) 조절용이성 검사

원거리 완전교정 상태에서 근거리 가로 배열 숫자시표를 0.4 m 거리에 고정 시키고 시표를 주시 시킨 후, ± 2.00 D 반전복수시험테(flipper)를 사용하여 측정하였다. +2.00 D 렌즈부터 피검자의 눈에 위치시켜 시표가 흐려졌다가 선명하게 보이는 순간 -2.00 D 렌즈로 반전시키고 다시 흐려졌다가 선명하게 보이면 +2.00 D 렌즈로 반전 시켜 측정하였다. 1번 번갈아 보는 것을 1회(cycle)로 간주하고 1분 동안의 횟수(cycle per minute, cpm)를 측정하였다.^[12,17]

5) 연구 자료 분석

자료 분석은 SPSS(Ver. 18.0)의 paired t-test를 사용하여 분석하였고, 95%의 신뢰구간을 두고 $p < 0.05$ 일 때 통계적으로 유의하다고 판단하였다.

결 과

1. 조절근점(NPA)의 변화

NPA의 변화 검사에서 영상 시청 전, 2D 영상 시청 직후, 그리고 3D 영상 시청 직후로 나누어 측정된 결과를 Table 1에 나타내었다.

영상 시청 전(8.0 ± 2.70 cm)과 2D 영상 시청 직후(8.5 ± 2.85 cm)의 비교에서 유의한 수준으로 조절력이 감소하였

Table 1. NPA change after watching 2D/3D images

Mean±SD		MD	t	p-value
Before (8.0±2.70)	2D (8.5±2.85)	-0.5	-5.014	0.000
Before (8.0±2.70)	3D (9.3±2.91)	-1.3	-12.175	0.000
2D (8.5±2.85)	3D (9.3±2.91)	-0.8	-10.521	0.000

SD : standard deviation
MD : mean difference

다(p=0.000). 영상 시청 전과 3D 영상 시청 직후(9.3±2.91 cm), 그리고 2D 영상 시청 직후와 3D 영상 시청 직후의 비교에서도 유의한 수준으로 조절력이 감소한 것으로 나타났다(각각 p=0.000).

2. 조절반응의 변화

오른쪽 눈과 왼쪽 눈에 대한 조절반응의 변화 조사에서는 양쪽 눈 모두 영상 시청 전, 2D 영상 시청 직후, 그리고 3D 영상 시청 직후로 나누어 측정하였으며 그 결과를 Fig. 1에 나타내었다.

오른쪽 눈의 조절반응에 있어서 영상 시청 전(1.84±0.54 D)에 비해 2D 영상 시청 직후(1.97±0.48 D)가 0.13 D 만큼 수준에서 증가하였다(p=0.000). 또한 영상 시청 전(1.84±0.54 D)과 3D 영상 시청 직후(1.99±0.49 D)의 비교에서도 3D 영상 시청 직후가 유의수준에서 0.15 D 만큼 증가하였다(p=0.000). 하지만 2D 영상 시청 직후(1.97±0.48 D)와 3D 영상 시청 직후(1.99±0.49 D)의 비교에서는 0.02 D로 미세한 증가하는 경향을 보였지만 통계적

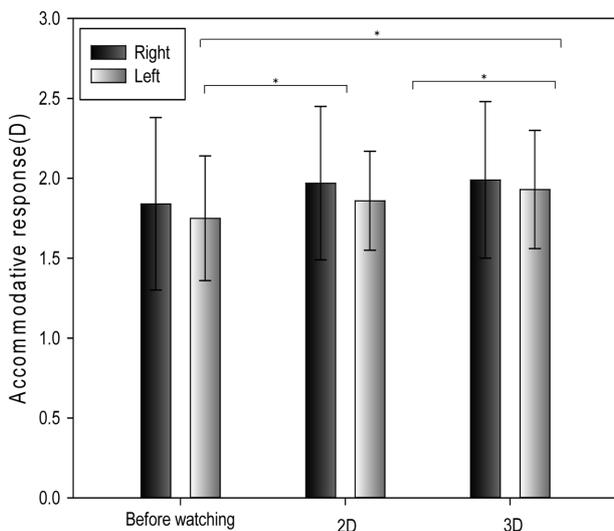


Fig. 1. Changes in accommodative response of the right and left eye after watching 2D/3D images (* : p<0.05).

유의성은 나타나지 않았다(p=0.630).

왼쪽 눈의 조절반응에서 영상 시청 전(1.75±0.39 D)에 비해 2D 영상 시청 직후(1.86±0.31 D)가 0.11 D 만큼 유의한 수준에서 증가하였다(p=0.005). 또한 영상 시청 전과 3D 영상 시청 직후의 비교에서 영상 시청 전(1.75±0.39 D) 보다 3D 영상 시청 직후(1.93±0.37 D)가 0.18 D 만큼 유의한 수준에서 증가하였지만(p=0.000), 2D 영상 시청 직후(1.86±0.31 D)와 3D 영상 시청 직후(1.93±0.37 D)의 비교에서는 0.07 D로 미세한 증가경향을 보였지만 유의적 수준은 아니었다(p=0.087).

3. 상대조절력의 변화

양성상대조절력(PRA)의 변화 조사에서도 영상 시청 전, 2D 영상 시청 직후, 그리고 3D 영상 시청 직후로 나누어 측정하였으며 그 결과를 Table 2에 나타냈다.

2D 영상 시청 전과 직후 및 3D 영상시청 전과 직후 각각의 PRA 비교에서 영상 시청 전(-2.76±1.55 D)에 비해 2D 영상 시청 직후(-2.96±1.60 D)가 증가하는 경향을 보였지만 유의성은 나타나지 않았고(p=0.104), 3D 영상 시청에 있어서도 영상 시청 전에 비해 3D 영상 시청 직후(-2.92±1.53 D)가 증가하는 경향을 보였지만 유의성은 나타나지 않았다(p=0.081). 또한 2D 영상 시청 직후와 3D 영상 시청 직후의 PRA비교에서도 2D에 비해 3D영상 시

Table 2. Changes in PRA after watching 2D/3D images

Mean±SD		MD	t	p-value
Before (-2.76±1.55)	2D (-2.96±1.60)	0.20	1.659	0.104
Before (-2.76±1.55)	3D (-2.92±1.53)	0.16	1.784	0.081
2D (-2.96±1.60)	3D (-2.92±1.53)	-0.04	-0.558	0.579

SD : standard deviation
MD : mean difference

Table 3. Changes in NRA after watching 2D/3D images

Mean±SD		MD	t	p-value
Before (+2.39±0.53)	2D (+2.36±0.55)	0.03	0.526	0.601
Before (+2.39±0.53)	3D (+2.36±0.53)	0.03	0.489	0.627
2D (+2.36±0.55)	3D (+2.36±0.53)	0.00	0.000	1.000

SD : standard deviation
MD : mean difference

칭 직후가 미세하게 낮은 경향을 보였으나 유의한 수준은 아니었다($p=0.579$).

영상 시청 전, 2D 영상 시청 직후, 그리고 3D 영상 시청 직후의 음성상대조절력(NRA)의 측정 결과를 Table 3에 나타냈다.

2D 영상 시청 전과 직후의 비교에서 영상 시청 전($+2.39 \pm 0.53$ D)에 비해 2D 영상 시청 직후($+2.36 \pm 0.55$ D)가 미세하게 감소하는 경향을 보였지만 유의성은 나타나지 않았고($p=0.601$), 3D 영상 시청 전과 직후의 비교에도 시청 전에 비해 영상 시청 직후($+2.36 \pm 0.53$ D)가 감소하는 경향을 보였지만 이 역시 유의성은 나타나지 않았다($p=0.627$). 2D 영상 시청 직후와 3D 영상 시청 직후의 비교에서도 두 NRA의 차이는 나타나지 않았다($p=1.000$).

4. 조절용이성

조절용이성 검사에서는 영상 시청 전, 2D 영상 시청 직후, 그리고 3D 영상 시청 직후로 나누어 측정하였으며 그 결과를 Table 4와 Fig. 2에 나타내었다.

조절용이성은 영상 시청 전(13.52 ± 3.32 cpm)과 2D 영

상 시청 직후(14.28 ± 3.21 cpm), 3D 영상 시청 직후(14.90 ± 3.27 cpm) 순으로 높게 나타났다. 2D 영상 시청 전과 직후와 3D 영상 시청 전과 직후 및 2D 영상 시청 직후와 3D 영상 시청 직후 간의 각각에 비교에서 모두 유의적 수준에서 서로 차이가 나타났다($\text{paired t-test, } p=0.000$).

고 찰

본 연구 결과는 시청 전에 비해서 2D와 3D의 시청 직후 조절상태의 변화를 보여 주었다. 선행연구에서도 2D 상태의 근거리 스크린을 1시간 동안 시청한 후 긴장성 조절 및 폭주와 더불어 모든 조절 자극에서 조절반응이 증가하고 이는 안정피로와 관련이 있다고 보고하였다.^[19] 3D 영상의 시청 시에는 근거리 2D 시청 때와 같은 안정피로와 더불어 근본적으로 고정된 거리자극에서 원근감의 영상으로 인해 폭주와 조절의 불균형으로 인한 안정피로가 추가로 발생하게 된다.^[20-22]

NPA의 검사에서 영상 시청 전과 비교하여 2D와 3D 영상 시청 직후 모두 측정된 조절근점이 떨어져 조절력이 감소하는 경향과 더불어 2D 영상 시청 직후보다 3D 영상 시청 직후에 더 조절력이 감소하는 것으로 나타났다.

Ebenholtz는^[23] 근거리 시청 시 주시거리와 개인에 따라 시청 후의 안구 운동 긴장(oculomotor tonus) 상태의 변화가 다르고 이러한 안구운동 긴장의 변화는 조절 이력현상(accommodative hysteresis)이 발생한다고 하였다. 이와 더불어 3D 영상은 2D 영상에 비해 눈에 더 가깝게 다가오는 근지감에 의한 입체효과가 높고 눈이 거리자극에 상응하지 못한 안구운동으로 생리적 작용과 다르게 반응하였다.^[24,25] 이러한 결과는 2D시청 후에 비해 3D 시청 후가 더 큰 피로를 유발하고 이로 인한 조절이력 현상도가 더욱더 증가하여 조절력에도 영향을 미쳤을 것으로 판단된다.

조절력감소와 달리 조절반응은 시청 전에 비해 2D와 3D 영상 시청 직후 모두 증가한 경향을 보인 반면, 2D 영상과 3D 영상 시청 간 조절반응의 차이는 거의 없었다. 조절반응은 양적인 크기인 조절력과 달리 조절의 정확도를 의미하고 시청 시에는 화면상의 원근 변화로 인해 조절반응이 지속적으로 요구되고 이로 인한 조절레그의 감소로 조절반응량이 증가한 것으로 판단된다.

눈은 근거리에 위치한 임의의 물체를 주시할 때 협동안 운동(synkinetic eye movement)이 발생하여 주시 거리에 맞는 조절과 폭주가 발생한다.^[26] 2D 영상 시청 시 근거리 시청으로 인해 폭주와 조절의 부담이 지속적으로 들어가고 명암의 변화와 크고 작은 사물의 주시로 인해 동공에 유동적인 크기 변화가 생김으로써 발생하는 초점심도의 변화가 피로도의 원인으로 보이며, 여기에 3D 영상 시청의 경우

Table 4. Changes in accommodative facility after watching 2D/3D images

Mean±SD		MD	t	p-value
Before (13.52±3.32)	2D (14.28±3.21)	-0.76	-5.729	0.000
Before (13.52±3.32)	3D (14.90±3.27)	-1.38	-10.095	0.000
2D (14.28±3.21)	3D (14.90±3.27)	-0.62	-4.440	0.000

SD : standard deviation
MD : mean difference

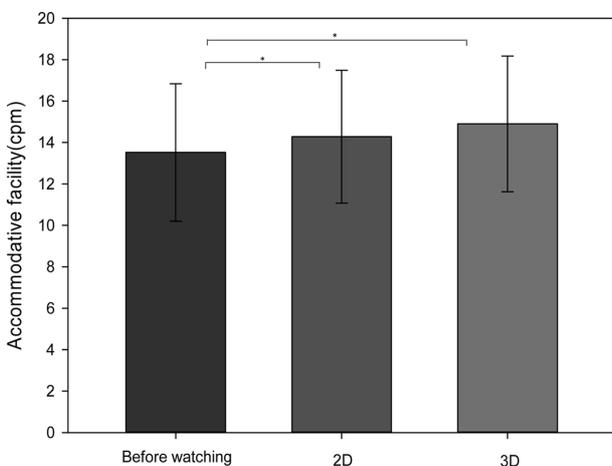


Fig. 2. Changes in accommodative facility after watching 2D/3D images (* : $p<0.05$).

주시거리에 있는 3D TV에서 입체감을 형성하는 분리영상으로 자연시 상태와 다른 원치감과 근치감이 발생하고 주시거리에 대한 조절과 맞지 않는 운동성융상(motor fusion)이 추가로 발생하게 된다.^[27] 이러한 조절과 폭주의 불균형이 3D 영상 시청 시 나타나는 대표적인 눈 피로의 원인으로 제시되고 있고 관련한 연구도 진행 중이다.^[28,29]

PRA 검사에서도 시청 전과 비교하여 2D와 3D 영상 시청 직후에 모두 증가하는 양상을 보였는데 데이터의 유의성은 나타나지 않았다(Table 2). 이는 PRA의 검사의 측정단위(0.25 D)가 조절반응량의 측정단위(0.125 D)보다 컸기 때문에 데이터의 값들이 증가하는 양상은 다른 검사항목과 같게 나타났지만 통계적 유의성은 나타나지 않은 것으로 평가된다.

조절용이성의 검사에서 영상 시청 전과 비교하여 2D와 3D 영상 시청 직후에 모두 유의적 수준으로 증가하였으며, 2D 영상 시청 직후보다 3D 영상 시청 직후에서 더 큰 증가량을 나타냈다(Table 4, Fig. 2). 조절반응량의 변화요인에서와 같이 동공의 변화로 인한 초점심도의 유동성이 지속적으로 조절자극이 되어 일시적이기는 하지만 시기능훈련(vision training, VT)의 효과로 나타난 것으로 해석되며, 3D 영상 시청 시 융상성조절 자극이 포함되어 더 큰 영향을 끼친 것으로 보인다. 이는 선행연구와 같은 양상을 보였다.^[30,31]

측정된 결과들 종합하면 조절기능에 대하여 3D 영상 시청이 2D 영상 시청보다 더 큰 영향을 끼치는 것으로 나타났다. 또한 3D 영상시청의 영향으로 조절력 감소, 조절유도 등의 피로요인과 용이성 증가와 같은 시기능훈련요인이 양측성으로 나타나는 것을 볼 수 있었다.

3D 콘텐츠의 증가 및 다양화에 따라 3D 영상 시청을 위한 PC 및 TV 사용 시 단시간 사용에서 점차 장시간 사용으로 예상되어지며, 시기능이 완전치 못한 어린이나 노인들의 경우 장시간 시청 시 시각적 피로를 더욱 빠르고 크게 느낄 것으로 예상된다. 또한 자연시 상태에서 입체시 능력을 학습하며 발달시키는 시기인 영·유아를 대상으로 하는 콘텐츠의 개발 분야에서도 인위적인 입체감이 시기능 발달에 미치는 영향을 고려하면서 연구되어야 할 것으로 판단된다. 2D 영상의 경우 앞으로 UHD TV와 같은 초고선명화질의 디스플레이가 꾸준히 발전해 나갈 것이라는 흐름에 맞춰 소비자들에게 3D 디스플레이만의 경쟁력을 갖추기 위해서는 본 연구에서 시행된 30분의 단시간 시청요인으로 인한 시기능적 변수 외에 앞에서 언급한 영상시차를 포함한 다양한 각도에서 시각적 피로의 원인 인자를 규명할 필요성이 있으며, 이에 따라 뇌 과학, 인지과학, 감성과학, 심리적요인 등 3D 영상과 관련된 휴먼팩터 요소들의 복합적인 연구를 통한 구체적인 방안이 모색되어야

할 것이다.

결 론

본 연구는 근거리에서 2D와 3D 영상 시청으로 인한 시기능변화에서 조절과 관련된 검사를 통하여 영상 시청이 우리 눈에 끼치는 영향을 알아보았다.

조절력에 대한 조사인 NPA 실험결과에서 영상 시청 전과 비교하여 2D, 3D 영상 시청 직후 모두 유의한 수준으로 조절력이 감소하였고, 3D 영상 시청 직후에는 더 많은 감소를 하는 것으로 나타났다. NRA는 변화가 없었으나 조절반응량과 PRA 실험결과에서는 미세하게 증가하는 경향을 보였다. 하지만 PRA의 미세한 변화는 측정단위인 0.25 D보다 적게 나타나 PRA의 데이터분석에서는 통계적인 유의성이 나타나지 않았다. 조절용이성 측정결과에서는 2D 및 3D 영상 시청 직후 모두 증가하는 경향을 보였으며, 3D영상 시청직후 더 많은 증가를 하는 것으로 나타났다. 2D와 3D 영상 모두 과도한 근거리 시청은 우리 눈의 시각적 피로요인이 되는데, 시청거리 권고안에서 2D 영상은 과도한 조절수축으로 인해 발생하는 안정피로를 경감하는 차원의 지침이라면 3D 영상은 일차적으로 조절과 폭주의 불균형적 요소를 최소화하기 위한 지침이 되어야 할 것이다. 이와 함께 방송계에서는 디스플레이의 크기와 영상시차(양안시차)를 가진 3D 영상을 시청하게 되는 개인별 동공간 거리가 고려된 영상제작이 이루어져야 할 것이다. 더불어 기존의 제작된 원본영상을 시청함에 있어 시청거리나 개인별 동공간 거리, 양안시 기능 등의 변수를 고려한 양안시차 조정이 될 수 있는 기술의 개발을 기대해본다. 인간의 양안시차를 이용함으로써 뇌의 착각을 통해 이미지를 구현하는 3D 영상이 2D 영상에 비해 근본적으로 눈이 피로할 수밖에 없는 방식이지만 촬영기술의 변화와 발전으로 많은 부분 해결할 수 있을 것으로 판단된다.

양상시청 후 조절용이성의 증가에서 시기능훈련(VT)의 가능성을 제시하였는데 영상을 통한 융상자극과 조절자극이 피로요인 외에 용이성의 증가로 나타난 것에 대하여 시기능과 밀접한 생체신호와 결합된 변수를 기초로 한 추가 연구가 필요할 것으로 보이며 3D 입체영상이 단순 디스플레이의 용도와 함께 의료용 콘텐츠로서의 발전 가능성이 있을 것으로 평가된다.

감사의 글

본 연구는 2013년 경운대학교 교내 연구비의 지원으로 수행되었습니다.

REFERENCES

- [1] Lee SH, Park JS, Ok KH, Kang HJ, Kim TK, Kim SK, et al. Holography application, 1st Ed. Seoul: JINSAEM, 2011;1-29.
- [2] Kim SM. Digital holography technology trends, and prospects. National IT industry promotion agency. 2013; Feb(35):1-16.
- [3] Lee SH, Kham KT, Lee HC. 3D images and human sciences-3D human factor, 1st Ed. Seoul: JINSAEM, 2010; 1-33, 110-112.
- [4] Kim BS, Kyeong IS. Experimental broadcasting terrestrial UHDTV. Kor Soc Broad Eng. 2012;17(4):15-24.
- [5] Jo SH, Choi JS, Lee ED, Kim JH. UHDTV transmission and reception matching standard development. Ministry of trade, industry and energy & Korea communications commission. 2010;1-47.
- [6] Masayuki Sugawara, Kenichiro Masaoka, Masaki Emoto, Yasutaka Matsuo, Yuji Nojiri. Research on Human factors in ultrahigh-definition television(UHDTV) to determine its specifications. SMPTE. 2008;April:23-29.
- [7] Kim NK. Research on human factors of 3 dimensional images. Korea creative content agency. 2010;48-54.
- [8] Yang HC. 3D effects on viewers' perceived eye movement, perceived functionality, visual fatigue, and presence. MD Thesis. Kwangwoon University, Seoul. 2010;1-87.
- [9] Kang SH, Hong HK. In watching 3D stereoscopic display using the binocular disparity, the effect of pupillary distance of adults and children on the perception of 3D image. J Korean Oph Opt Soc. 2011;16(3):299-305.
- [10] Stephan R, Ralf H, Gerald F, Norbert L. Depth cues in human visual perception and their realization in 3D displays. SeeReal Technologies GmbH, Blasewitzer Str 43. 2010;7690(1):1-12.
- [11] Um GM, Lee GS, Hur NH, Yoo JS. 3DTV service trends. Kor Info Dis Soc. 2009;10(3):31-41.
- [12] Park HJ, Cho YR, Kim JM. The application of accommodative facility test in accommodation assessment. J Korean Oph Opt Soc. 2004;9(1):167-171.
- [13] Lee MJ. Influence of running time of 3D stereoscopic video on audience perception. PhD Thesis. Kwangwoon University, Seoul. 2010;1-137.
- [14] Choi SJ. 3DTV technology trends. Special Theme_3DTV broadcasting. 2010;64-68.
- [15] DTV and video equipment portal TV4u. The resolution of the TV and the viewing distance, 2006. http://www.tv4u.co.kr/guide/content.asp?idx=953&sec=&url_home=http://mania.dreamwiz.com(24 February 2006).
- [16] Kweon SH. A research of fundamental empirical factors on 3D stereoscopic images:Focused on measurement of 3D pictures' application impotence on contents and media. Kor Ass Cul Eco. 2012;15(1):31-66.
- [17] Kim JD. Clinical refraction and visual dysfunction prescription, 3rd Ed. Seoul: Shinkwang, 2010;151-186, 270-271.
- [18] Shim HS, Shim MS, Joo SH. A study of accommodative response on emmetropia. J Korean Oph Opt Soc. 2006; 11(3):187-192.
- [19] Owens DA, Wolf-Kelly K. Near work, visual fatigue, and variations of oculomotor tonus. IOVS. 1987;28(4):743-749.
- [20] Lee JS, Park DJ. Differential effects of 2D and 3D motion pictures on physical fatigue, recognition and arousal focused on viewing order and viewer's gender difference. Kor Soc Emo Sens. 2010;13(4):621-634.
- [21] 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.
- [22] Lee HJ, Jeong DH. Influence gaming display and wearing glasses on perceived characteristics, presence, and fatigue. Kor Soc Broad Eng. 2012;17(6):1004-1013.
- [23] Ebenholtz SM. Accommodative hysteresis: relation to resting focus. Am J Optom Physiol Opt 1985;62(11):755-762.
- [24] Moon MJ. Actual reason tired eyes when watching 3DTV has been proven, 2012. <http://www.asiatoday.co.kr/news/view.asp?seq=607295>(7 march 2012).
- [25] Wee SW. The analysis of factors inducing visual asthenopia with viewing 3D displays. MD Thesis. Chungang University, Seoul. 2013;1-45.
- [26] Sung PJ. Optometry, 6rd Ed. Seoul: Daihaks, 2008;195-196, 259-263.
- [27] Lee SH. Understanding 3D images, 1st Ed. Seoul: JINSAEM, 2010;40-49.
- [28] Howarth PA. Potential hazards of viewing 3-D stereoscopic television, cinema and computer games: a review. Ophthalmic and Physiological Optics. 2011;31(2):111-122.
- [29] 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.
- [30] Lee WJ, Kwak HW, Son JK, Kim IS, Yu DS. Changes in visual function after viewing an anaglyph 3D image. J Korean Oph Opt Soc. 2011;16(2):179-186.
- [31] Kim DS. The effects of 3D images on the visual function. MD Thesis. Kyungwoon University, Gumi. 2011;1-84.

The Influence of Accommodation on Watching Home 3D TV at Close Distance

Jung-Ho Kim, Hae-Young Hwang, Ji-Hun Kang, Dong-Sik Yu, Jae-Do Kim, and Jeong-Sik Son*

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

(Received May 1, 2013; Revised June 10, 2013; Accepted June 15, 2013)

Purpose: This study was investigated whether watching 2D and 3D images effecting on accommodative function (AF), and differences between changes of AF by 2D and 3D. **Methods:** 50 subjects (male 30, female 20) aged 20's to 40's years old (22.9 ± 3.93 years) who are available to watching 3D images were participated for this study. Accommodative amplitude (AA) by near point of accommodation (NPA), accommodative response (AR), positive and negative relative accommodation (PRA, NRA), accommodative facility (AF) were measured before, after watching 2D and 3D images at 1 m distance for 30 minutes respectively. **Results:** Accommodative amplitude after both watching 2D and 3D images decreased comparing to before watching images, and AA after watching 3D images was significantly lower than after watching 2D images. AR after both watching 2D and 3D images increased comparing to before watching images, but there was no difference between 2D and 3D. PRA and NRA were not significantly different between before, after watching 2D and 3D images. Accommodation speed by AF was increased for before watching (13.52 ± 3.32 cpm) following by for after watching 2D images (14.28 ± 3.21 cpm) and for watching 3D images (14.90 ± 3.27 cpm). **Conclusions:** Watching images at close distance is effect to accommodation functions, and sequence of AA decrease of before watching images following by after watching 2D images and after watching 3D images may effect to asthenopia with same sequence as AA decrease. The results of increase of AF after watching images, specially 3D images show a possibility of vision therapy and further detail VT studies using 3D images are required in the future.

Key words: Accommodation function, 2D image, 3D image, Near watching, Asthenopia