DBpia

논문 13-38C-11-06

한국통신학회논문지(J-KICS) '13-11 Vol.38C No.11
http://dx.doi.org/10.7840/kics.2013.38C.11.990

3D 영상 시청에 대한 시각적 피로도의 임상적 고찰

김 정 호◆, 손 정 식*, 박 성 진**, 권 순 철°

Clinical Consideration of Visual Fatigue on 3D Images

Jung-ho Kim◆, Jeong-sik Son*, Sung-jin Park**, Soon-chul Kwon°

요 약

기존의 연구들에서 이론적 근거를 바탕으로 3D 영상 시청에 대해 시각피로도와 연관이 있는 요소와 영향을 주는 요소들에 대해 경험적 데이터를 기반하여 지속적으로 밝혀내고 있다. 하지만, 이러한 영향을 미치는 요소와 맞물려 실제로 시청자가 느끼는 피로감과 연계하여 측정된 자료는 미비한 상태이다. 본 연구에서는 시청자가 느끼는 자각적 피로도에 따른 시기능적 데이터인 IPD, AC/A비, 그리고 사위도와 그 변화량에 미치는 영향 및 상관관계를 알아보고자 하였다. 자각적 피로도의 기술통계량 점수 6.00±3.88점에 기초하여 피로도 점수 합계 0 ~ 6점을 피로 미호소 그룹, 7 ~ 16점을 피로 호소 그룹으로 분류하였다. 실험 결과 자각적 피로도별 영상 만족도, IPD, 원거리 사위도에서는 차이를 나타내지 않았다. 피로 미호소 그룹에서 AC/A비가 높게 나타났고, 피로 호소 그룹에서는 근거리 사위도가 높게 나타났다. 3D 영상 시청 이후에서는 피로 미호소 그룹에서 더 높은 외사위도 증가 경향을 나타냈다. 본 실험에서 나타난 상관관계에서 AC/A비와 근거리 사위도가 3D 영상 시청 시 느끼는 자각적 피로도와 밀접한 관련이 있는 것으로 나타났다. 3D 영상 시청 시 두 데이터에 기반하여 피로도를 예측할 수 있을 것으로 보이며 콘텐츠 제작 시에도 피로도 경감 차원의 주요한 근거 데이터로 사용될 것으로 판단된다.

Key Words : 3D display, Subjective fatigue, IPD, AC/A, Phoria

ABSTRACT

Previous studies based on the theoretical evidence and based on the empirical data have been constantly revealing related factors affecting visual fatigue in viewing 3D images. however, the measurement data coupled with the factors that affect the viewers to feel fatigue is insufficient. this study research that the viewers feel the visual functional data is based on subjective fatigue such as IPD, AC/A ratio, and the degree of phoria and the effects on variance in these data, is to examine the correlation between these data. based on the average score of subjective fatigue which is 6.00±3.88, total fatigue points from 0 up to 6 is classified as a group not appealing for the fatigue and from 7 up to 16, they were classified as the fatigue appealing group. the results showed no difference in satisfaction of the images by each subjective fatigue, IPD and far phoria. AC/A ratio was higher from the fatigue not appealing group, near phoria was higher from the fatigue appealing group. after watching 3D images, the fatigue not appealing group showed a tendency of higher increase of exophoria. correlations appeared in this experiment showed that AC/A ratio and near phoria are closely related to level of subjective fatigue which feel when watching 3D images. when watching 3D images based on two data appear to be able to predict the fatigue, even during content production fatigue reduce the data dimensions to be used as the main basis is expected.

※ 본 연구는 2013년도 광운대학교 교내학술연구비 지원에 의해 수행되었습니다.
◆ First Author : 광운대학교 플라즈마바이오디스플레이학과 디지털3D연구실, jungho2cho@naver.com, 학생회원
° Corresponding Author : 광운대학교 정보콘텐츠대학원 디지털3D연구실, ksc0226@kw.ac.kr, 정회원
* 경운대학교 안경광학과, jsson1@nate.com
** 광운대학교 광운미디어콘텐츠센터 디지털3D연구실, toup11@naver.com, 준회원
논문번호 : KICS2013-08-328, 접수일자 : 2013년 8월 7일, 최종논문접수일자 : 2013년 10월 23일

www.dbpia.co.kr

Ⅰ. 서 론

다차원(3D) 영상은 일반 2D 영상과는 달리 서로 다른 두 이미지의 차이를 뇌에서 감각성융상을 통하여 보여지는 이미지이므로 눈에서 작용되는 기본 프로세스가 전혀 다르다. 인간의 눈은 동공간거리에 비례하여 양안 주시시차에 의해 우안과 좌안이 각각 다른 상이 맺히므로 이를 뇌에서 융상하는 과정을 통해 입체시를 느끼게 된다. 양안시(binocular vision)의 목적은 단안시에서 갖는 시각적 특성과 질을 향상 시키는 것에 있다. 그 중 입체시 능력은 양안시 고유의 깊이 지각에 관여하는 고도 정밀한 감각으로써 인간이 갖는 시각능력 중 가장 높은 단계이며 3D 영상을 통한 입체시도 정상적인 감각성융상과 운동성융상을 통해 인지되는 시생활의 최상위 단계이다.

영상 시청 시에 나타나는 조절반응은 우리 눈에서 화면까지의 거리에 상응하여 반응하고 폭주는 화면으로부터 보여지는 융상된 이미지에 근거하여 반응하게 된다. 즉, 우리의 일상 시생활과 같은 메커니즘으로 반응하는 2D 영상과 비교했을 때 이 조절과 폭주의 불균형이 3D 영상 시청 시 피로감을 유발시키게 된다[1-2].

많은 연구들에서[3-6] 생리, 기하학적 구조 접근과 경험적 데이터를 통해 3D 영상 시청 시 영향을 미칠 수 있는 시기능적 요소를 지속적으로 밝혀내고 있지만, 이론적인 내용에 근거한 한계를 가지고 있다는 점과 맞물려 실제로 시기능적으로 여러 형태의 변수를 지니고 있는 시청자의 실제적 반응을 통한 임상적 자료는 부족한 실정이다. 시청자 개개인은 고유한 시기능 데이터에 기반하여 같은 3D 입체영상이라 할지라도 각자가 느끼는 입체감은 다를 수 있으며, 다르게 느껴지는 입체감에서 나타나는 시각적 피로도 또한 다양하게 나타날 수 있다. 본 실험에서는 총 5가지 항목으로써 영상만족도, IPD, AC/A비, 사위도, 사위도 변화량을 비교하였다. 객관적 데이터 대비 시청자가 실제로 느끼는 자각적 피로도와의 상관관계를 영상만족도 항목을 통해 알아보고자 하였고, 인간의 여러 시기능 파라미터 중 선행연구[5-8]에서 3D 입체영상 시청 시에 나타나는 깊이감과 피로도에 직접적인 연관과 영향을 미치는 항목을 선택하여 실험을 진행하였다. 시기능항목 중 CA/C비의 경우는[9-10] 검사의 특성상 무조절상태의 유지 불안정과 긴장성이향의 흡수로 인해 여러 연구 결과에서 일정하지 않은 결과를 나타냈다. 최대한 시청에 의한 영향만을 나타내고 1.0 m 거리의 중·근거리 시청이라는 점에서 AC/A비를 본 실험의 항목으로 결정하였다. 3D 영상 시청을 통해 나타나는 피로감은 2D 영상 시청에서 보이는 피로형태와는 다른 맥락의 접근이 필요하며, 휴먼팩터 요소는 앞으로의 3D 영상 산업의 발전 측면에서 콘텐츠 요소와 함께 빼놓을 수 없는 중요한 파트로 자리매김해야 할 것이다.

본 논문에서는 피검사자의 자각적 피로도 점수에 기반하여 시기능 데이터와의 상관관계를 분석하고 특정 시기능자에 대한 시청 권고안의 참고지표를 제시하고자 하였다.

Ⅱ. 대상 및 방법

2.1. 연구 대상

피검사자는 본 연구의 취지를 이해 및 연구동의서(부록)에 동의하고 3D 입체영상 시청이 가능한 20 ~ 40대(평균 연령 23.9±3.93세)의 특별한 안과적 질환, 전신질환이 없고 Worth 4 dot 검사상 억제가 없으며, 교정시력이 0.8 이상 나오는 대학생 50명(남 30명, 여 20명)을 대상으로 실시하였다.

2.2. 방법

피검사자는 실험에 참여하기 전에 문진을 통하여 실험에 영향을 미칠 수 있는 요소들을 점검하였다. 시청 전 기본 굴절검사(IPD 측정 포함)를 실시하여 교정시력을 맞추었다. 3D 영상 시청 전 사위도를 측정하고 시청이 종료된 직후에 다시 사위도를 측정하여 변화량을 관찰한 후, 자각적 피로도검사(설문조사)를 시행하였다. 굴절검사와 사위도 검사는 포롭터(CV-3000, Topcon, Japan)와 투사형시표(ACP-8, Topcon, Japan)를 사용하였다.

실험에 사용된 3D 영상 장비는 편광방식(film patterned retarder, FPR)의 32인치 TV를 사용하였다. 실험에 사용된 영상은 3D 영상에 적합한 장르로써 콘서트, 연극, 스포츠, 액션영화라는 점과[11-12] 선행연구[13-14]와의 연계성을 위해 '아바타(Avata, U.S.A., 2009)'를 선택했다.

시청시간대는 이[15]의 연구에서 시행했던 20분 시청과 40분 시청 간의 비교를 기초하여 절충 시간대인 30분으로 정하였다. 시청거리는 ISO 9241-300에서 제시한 거리에서 거리 자극을 1 D로 맞추기 위해 0.3 m를 뺀 1.0 m로 설정하였다.

www.dbpia.co.kr

(a) (b)

그림 1. (a) 포롭터 컨트롤러, 포롭터 헤드 (b) 시력 검사표
Fig. 1. (a) Phoropter controller, Phoropter head (b) Visual acuity test chart

2.2.1. 자각적 피로도 검사

시청 직후 설문조사를 통하여 피검사자의 자각적 피로도를 측정하였다. 설문조사 항목에는 '3D 영상에 대한 만족감', '심리적인 불편감', '신체적 피로', '두통 증세', '안구 피로' 로 5가지 항목으로 분류하였다. 각 증상은 자각정도에 따라 4점 Likert 척도를 사용하여 "매우 아니다" 0점에서 "매우 그렇다" 4점까지 점수화하였으며, 피로도 점수의 총점 16점 중 기술통계량 점수 6.00±3.88점을 기준으로 0 ~ 6점은 피로 미호소 그룹, 7 ~ 16점은 피로 호소 그룹으로 분류하였다.

표 1. 자각적 피로도 설문조사[16]
Table 1. Subjective fatigue survey

Questions	
3D watching-related satisfaction	
Psychological discomfort	
Physical fatigue	
Headache	
Ocular fatigue	
Highly negative	0
Negative	1
Neutral	2
Positive	3
Highly positive	4

표 2. 피로도 점수에 따른 피검사자의 분포도
Table 2. Distribution of fatigue degree score

Score	0	1	2	3	4	5	6
Number	5	2	3	4	5	4	7
Score	7	8	9	10	12	13	15
Number	2	4	5	3	3	2	1

2.2.2. 동공간거리 측정[17] (Interpupillary distance, IPD)

IPD미터기(IPD-5, Topcon, Japan)를 사용하였고, 원거리 IPD와 근거리 IPD 모두 양안 IPD로 설정하여 측정하였다. 동공연을 기준으로 원거리 IPD는 ∞에 설정하고, 근거리 IPD는 0.4 m에 설정하여 측정하였다.

그림 2. IPD 미터기(IPD-5, Topcon, Japan)
Fig. 2. IPD meter(IPD-5, Topcon, Japan)

2.2.3. 조절성폭주비 측정 (Accommodative convergence / Accommodation, AC/A ratio)

1디옵터(D) 조절자극을 가했을 때의 조절성폭주의 크기로 정의한다[18]. 단위는 '△/D'를 사용한다. (1△ = 0.573°)

AC/A비는 계산 AC/A비(Calculated AC/A ratio)와 경사 AC/A비(Gradient AC/A ratio)로써 2가지 방법에 의해 결정된다. 본 논문에서는 원거리와 근거리의 거리차에 대한 사위도를 통해 결정하는 계산 AC/A비를 사용하였다[19].

$$\frac{AC}{A} = IPD(cm) + \frac{Near\ phoria(\triangle) - Far\ phoria(\triangle)}{Near\ accommodative\ stimulus(D)} \quad (1)$$

2.2.4. 사위도 검사

사위검사는 연합사위검사와 비연합사위검사로 나누어 진다[20]. 연합사위검사는 사위시표에 양안이 동시에 주시할 수 있는 점이나 십자표시가 있어 흔히 파눔영역 내에서의 좌우안위 편위량 측정에 이용된다. 이에 반해 비연합사위검사는 사위시표 상에 좌안과 우안이 동시에 주시할 수 있는 목표물 없이 좌우안이 완전히 분리된 상태로 검사하는 방법이며, 본 실험에 사용된 von Graefe법은 비연합사위검사 방법에 해당이 된다. 검사방법에 따라 데이터에 차이가 있으며 일반적으로 양안동시고시점이 있는 연

www.dbpia.co.kr

합사위검사가 비연합사위검사 보다 사위도값이 작게 나타난다. von Graefe법을 사용하여 원거리 완전교정 상태에서 우위안에 12△ 기저내방(base in, B.I), 비우위안에 6△ 기저상방(base up, B.U)을 장입하여 검사하였다. 원거리 검사는 5.0 m, 근거리 검사는 0.4 m에서 시행하였으며 검사순서는 원거리 사위, 근거리 사위 순으로 검사하였다.

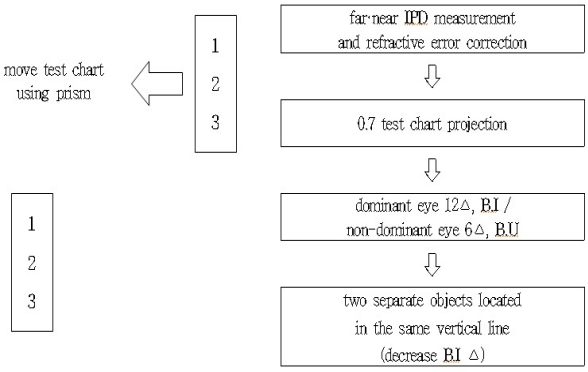


그림 3. von Graefe법 검사 흐름
Fig. 3. von Graefe method test flow

2.2.5. 연구 자료 분석

자료 분석은 SPSS(Ver. 18.0 for Window, SPSS Inc, chicago, IL, USA)의 독립표본 T-검정(Independent t-test)[21]을 사용하여 분석하였고, 95%의 신뢰구간을 두고 $p<0.05$일 때 통계적으로 유의성이 있다고 판단하였다.

Ⅲ. 결 과

3.1. 자각적 피로도에 따른 영상 만족도

자각적 피로도에 따른 영상 만족도의 분류에서 피로 미호소 그룹에서는 설문조사 기술통계량 점수 2.63±0.76점, 피로 호소 그룹에서는 2.35±0.99점으로 미호소 그룹에서 더 높은 영상 만족도 점수를 나타냈다. T-검정에서는 t=1.141, p=0.260으로 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다.

3.2. 자각적 피로도에 따른 IPD

자각적 피로도에 따른 IPD의 분류에서 피로 미호소 그룹에서는 기술통계량 63.53±2.72 mm, 피로 호소 그룹에서는 63.30±4.01 mm로 두 그룹 사이에 차이는 나타나지 않았고, 통계적으로도(t=0.245, p=0.807) 유의한 차이를 나타내지 않았다.

3.3. 자각적 피로도에 따른 AC/A비

자각적 피로도에 따른 AC/A비의 분류에서 피로 미호소 그룹에서는 기술통계량 4.90±1.68 △/D, 피로 호소 그룹에서는 3.51±1.47 △/D로 미호소 그룹에서 더 높은 AC/A비를 나타냈다. T-검정에서는 t=3.004, p=0.004로 통계적인 유의성을 나타냈다.

3.4. 자각적 피로도에 따른 사위도와 시청 직후 사위도 변화량

자각적 피로도에 따른 원거리 사위도의 분류에서 피로 미호소 그룹에서는 기술통계량 -2.75±2.41 △, 피로 호소 그룹에서는 -2.20±2.08 △로 미호소 그룹에서 더 높은 원거리 사위도를 나타냈다. T-검정에서는 t=-0.834, p=0.408로 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다.

자각적 피로도에 따른 근거리 사위도의 분류에서 피로 미호소 그룹에서는 기술통계량 -6.45±4.83 △, 피로 호소 그룹에서는 -9.25±4.24 △로 호소 그룹에서 더 높은 근거리 사위도를 나타냈다. T-검정에서는 t=2.107, p=0.04로 통계적인 유의성을 나타냈다.

자각적 피로도에 따른 원거리 사위도 변화량의 분류에서 피로 미호소 그룹에서는 기술통계량 -0.65±1.49 △, 피로 호소 그룹에서는 -0.40±1.17 △로 미호소 그룹에서 더 높은 원거리 사위도 변화량를 나타냈다. T-검정에서는 t=-0.631, p=0.531로 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다.

자각적 피로도에 따른 근거리 사위도 변화량의 분류에서 피로 미호소 그룹에서는 기술통계량 -1.77±1.52 △, 피로 호소 그룹에서는 -0.58±1.04 △로 미호소 그룹에서 더 높은 근거리 사위도 변화량를 나타냈다. T-검정에서는 t=3.057, p=0.004로 통계적인 유의성을 나타냈다.

표 3. 피로 미호소 그룹과 피로 호소 그룹의 시기능 항목별 비교 (N=50)
Table 3. Comparison of visual function items on not complained fatigue and complained of fatigue group (N=50)

	Not complained fatigue (n=30)	Complained fatigue (n=20)
	Mean±SD	Mean±SD
Watching satisfaction	2.63±0.76	2.35±0.99
IPD	63.53±2.72	63.30±4.01
AC/A ratio	4.90±1.68	3.51±1.47
Far phoria	-2.75±2.41	-2.20±2.08
Near phoria	-6.45±4.83	-9.25±4.24
Far phoria variation	-0.65±1.49	-0.40±1.17
Near phoria variation	-1.77±1.52	-0.58±1.04

www.dbpia.co.kr

	t	p-value
Watching satisfaction	1.141	0.260
IPD	0.245	0.807
AC/A ratio	3.004	0.004
Far phoria	-0.834	0.408
Near phoria	2.107	0.04
Far phoria variation	-0.631	0.531
Near phoria variation	-3.057	0.004

SD: standard deviation

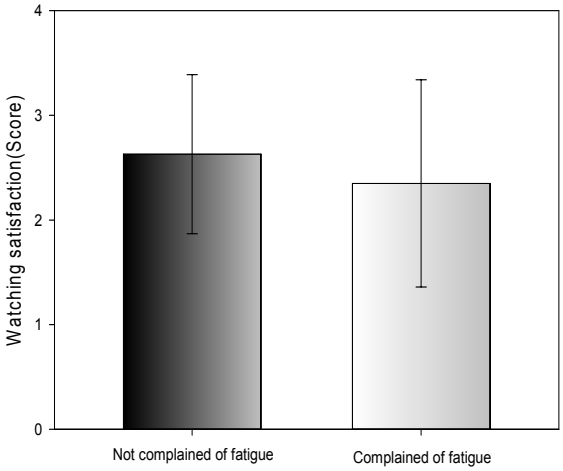


그림 4. 자각적 피로도에 따른 영상 만족도(* : p<0.05)
Fig. 4. Watching satisfaction according to subjective fatigue(* : p<0.05)

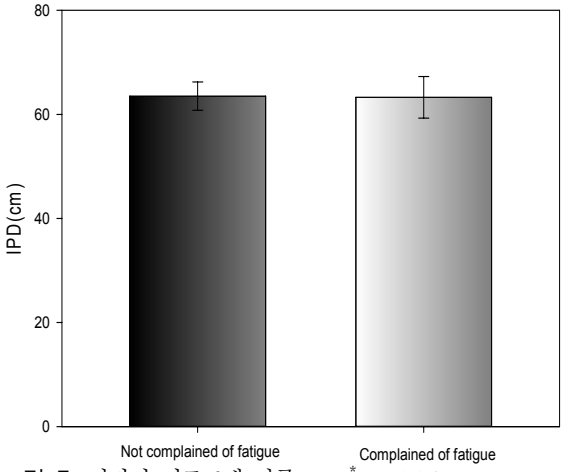


그림 5. 자각적 피로도에 따른 IPD(* : p<0.05)
Fig. 5. IPD according to subjective fatigue(* : p<0.05)

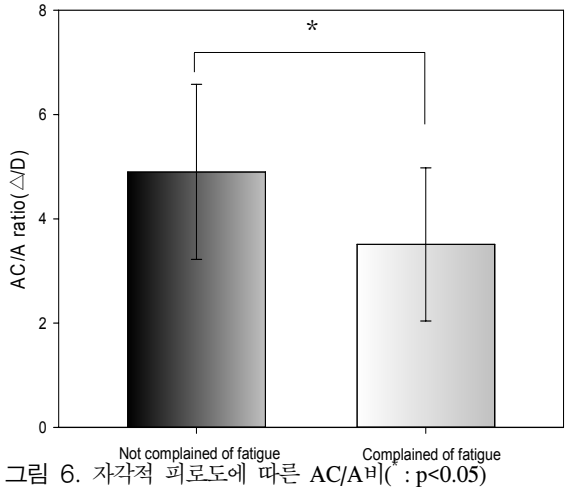


그림 6. 자각적 피로도에 따른 AC/A비(* : p<0.05)
Fig. 6. AC/A ratio according to subjective fatigue(* : p<0.05)

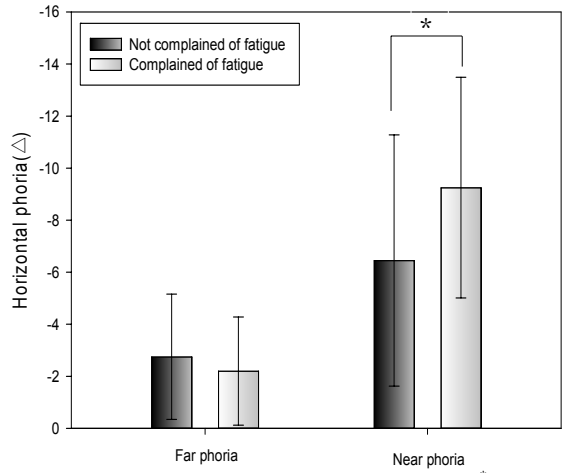
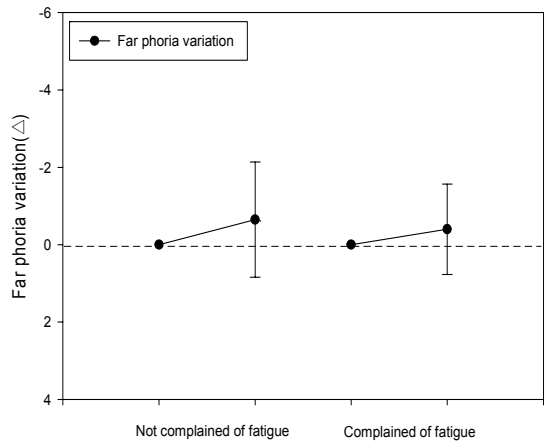


그림 7. 자각적 피로도에 따른 원·근거리 사위도(* : p<0.05)
Fig. 7. Far and near phoria according to subjective fatigue(* : p<0.05)



www.dbpia.co.kr

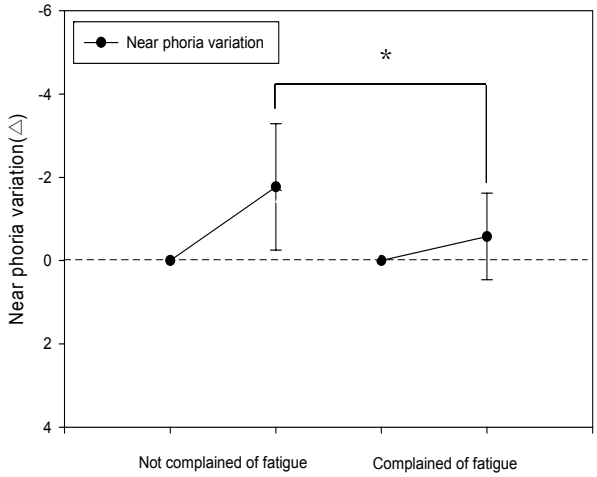


그림 8. 자각적 피로도에 따른 원·근거리 사위도 변화량
(* : p<0.05)
Fig. 8. Far and near phoria according to subjective fatigue
(* : p<0.05)

Ⅳ. 고 찰

본 논문은 3D 영상 시청 이후 피로 미호소 그룹과 피로 호소 그룹 간의 변화된 시기능 데이터의 차이를 확인하여 자각적 피로도와 시기능 데이터 간의 연관성을 알아보고자 하였다.

자각적 피로도에 따른 영상 만족도에서 피로 미호소 그룹이 피로 호소 그룹 보다 높은 점수대를 나타냈지만 통계적인 유의성은 나타나지 않았다. 영상 만족도는 개인별 흥미유발도에 따라 크게 작용하는 것으로 보이며 자각적으로 느끼는 피로도와는 별개의 특성으로 간주되어진다.

자각적 피로도에 따른 IPD의 분류에서 피로 미호소, 호소 그룹간의 차이는 나타나지 않았다. 선행연구[5,6]에서 3D 영상에 대한 기하학적 해석과 경험적 데이터를 통하여 동일한 영상시차 내에서 IPD의 크기에 따라 느끼는 입체감이 다르다는 것을 증명하였다. IPD가 작을수록 근치감으로 인한 입체감을 더 크게 느끼게 되는데 이것은 조절과 폭주의 더 큰 불균형의 발생을 나타냄으로 피로도가 높아질 것으로 예상할 수 있다. 본 실험은 연령대 별의 비교가 아닌 같은 연령대의 피검사자 내에서의 분류라는 한계점이 차이가 없게 나타난 결과의 한 요인으로 판단된다.

자각적 피로도에 따른 AC/A비에서는 피로 미호소 그룹이 피로 호소 그룹보다 더 높은 AC/A비를 나타냈으며, 통계적인 유의성도 나타났다. 3D 영상 시청은 두 영상시차에 대해 눈의 융상을 통하여 폭주와 개산을 유도한다. AC/A비가 높아질수록 조절자극에 대한 눈의 버전스량이 높아지므로, 3D 영상 시청 시 영상시차로부터 받는 융상 자극에 더 유연하게 반응할 수 있는 것으로 보인다. 이것이 평균대비 높은 AC/A비 피검사자에서 더 낮은 피로도를 나타낸 요인으로 판단되며 동일한 3D 영상 시청 시 AC/A비가 높은 시청자가 더 편안한 시청이 가능할 것으로 판단된다.

3D 입체 영상은 일상에서 느끼는 시생활과 달리 조절과 폭주의 균형 변동 자극에 지속적으로 노출되어 AC/A비의 안구운동에 영향을 미칠 수 있다. 이러한 불균형은 시청자 개개인의 시기능능력에 따라 허용되는 범위가 다르므로 시청 피로도가 다르게 나타날 수 있다. 선행연구[7]에서 AC/A비가 높아질수록 영상시차 자극에 대한 융상한계가 커지는 것으로 나타났다. 하지만 high AC/A는 내편위 증상과 폭주과다를 유발할 수 있는 등 시기능적 측면에서 무조건적인 안정된 시생활 만을 영위하는 것은 아니므로 high AC/A비에 대하여 3D 영상 시청에 국한되어 정의 내리는 것은 여러 관점에서 살펴보아야 할 것이다.

자각적 피로도에 따른 원거리 사위도에서는 피로 미호소 그룹이 피로 호소 그룹보다 더 높은 사위도를 나타냈지만, 통계적인 유의성은 나타나지 않았다. 원거리 사위도의 변화량에서도 피로 미호소 그룹이 피로 호소 그룹보다 미세하게 더 높은 외사위도 증가 경향을 나타냈지만, 통계적인 유의성은 나타나지 않았다. 근거리 사위도에서는 피로 호소 그룹이 피로 미호소 그룹보다 더 높은 사위도를 나타냈으며 통계적인 유의성도 나타났다. 근거리 사위도 변화량에서는 피로 미호소 그룹이 피로 호소 그룹보다 더 높은 외사위도 증가 경향을 나타냈으며 통계적인 유의성도 나타났다. 시청거리의 요인으로 원거리 사위도보다 근거리 사위도가 더 큰 영향을 미친 것으로 보이며, 같은 시청 조건에서 사위도의 유무와 정도에 따라 영상시차로부터 요구되는 버전스량이 다르게 나타난다. 사위도가 클수록 안정피로의 높아짐을 보인 김[8]의 연구와 같은 맥락으로 보이며 사위도가 높을수록 영상 시청을 위해 요구되는 융상성 폭주량의 증가가 피로요인과 상관관계로 나타난 것으로 생각된다.

사위도의 변화량 비교에서 원거리, 근거리 사위도 모두 외사위 증가 경향을 나타냈고, 사위도 비교

www.dbpia.co.kr

에서와 같이 근거리 사위도에서 피로 미호소 그룹과 호소 그룹 간에 유의한 차이를 나타냈다. 3D 영상 시청 후 외사위도의 증가 경향을 보인다는 연구[8,22-23]는 이미 여러 차례 발표된 바 있다. 본 연구에서도 시청 직후 외사위도 증가 경향을 보였는데 피로 미호소 그룹에서 더 높은 증가량을 보였다. 피로 미호소 그룹에서 호소 그룹보다 더 작은 사위도로 인해 시청 직후 외사위도 증가 측면에서 더 민감하게 반응하여 나타난 것으로 보이며 또한 사위 안에서의 안정피로는 개인별 융상여력[24]과 밀접한 관련을 가지고 있다. 3D 영상 시청은 고정된 거리(조절자극)에 대해 영상시차에 따라 폭주와 개산에 대한 버전스 정도가 각 구간 별로 다르게 나타나 시청하는 동안 지속적으로 변화하게 된다. 그렇기 때문에 같은 영상조건에서 사위도가 높으면 더 많은 버전스가 요구되어 피로 호소 그룹이 미호소 그룹보다 사위도가 더 높게 나타난 것으로 판단된다.

V. 결 론

본 연구는 각각의 시기능 데이터들을 자각적 피로도 증상에 따라 분류하여 분석하였다.

AC/A비의 분석에서 피로 미호소 그룹이 호소 그룹보다 더 높은 AC/A비를 나타냈다. 3D 영상의 특성 상 지속적인 안구운동 자극에 대해 AC/A비가 높을수록 영상으로부터의 자극에 더 유연하게 반응한 것으로 판단된다.

사위도의 비교에서 자각적 피로도에 따른 원거리 사위도와 원거리 사위도 변화량에는 유의한 차이를 나타내지 않았다. 근거리 사위도의 비교에서 피로 호소 그룹이 미호소 그룹보다 더 높은 사위도를 보였고 근거리 사위도 변화량에서는 피로 미호소 그룹이 호소 그룹보다 더 높은 외사위도 증가 경향을 나타냈다. 시청거리로 인해 원거리 사위도보다 근거리 사위도에 더 영향을 미친 것으로 판단되며 사위도가 높을수록 자각적 피로도 또한 높아지는 경향을 보였다. 영상의 특성에 따라 근치감으로 인해 조절반응 대비 더 과한 폭주가 발생하기도 하며, 원치감으로 인해 덜한 폭주가 발생하기도 한다. 이러한 특성을 고려해 볼 때 영상을 시청하는 동안에는 지속적으로 안구운동이 발생하게 되며 이는 눈의 피로도 영향에 직접적으로 영향을 줄 수 있는 요인이다. 이 요인의 근거로써 본 실험의 결과 영상 시청 직후 외사위도 증가 경향이 나타난 것을 확인할 수 있다.

본 연구에서는 이미 이론과 경험적으로 정립이 된 3D 영상 시청의 영향인자를 통하여 실제 시청자가 느끼는 피로도를 알아보고 각 시청자가 갖는 고유 시기능 데이터를 분석하여 시청자가 느낄 수 있는 피로 정도를 예측하는 참고지표 자료를 제시하고자 하였다.

연구 결과 영상 만족도는 자각적 피로도보다 영상에 대한 개인별 흥미 유발도에 크게 작용하는 것으로 나타났으며 이는 시기능 데이터를 비롯한 다른 객적관인 데이터와는 별도로 콘텐츠적 측면을 통하여 전혀 다른 맥락의 피로도 결과가 나올 수 있음을 보여준다. IPD의 경우 3D 영상 시청 시 입체감 지각 수준에 영향을 미치는 중요한 요소 중 하나임에도 불구하고 실험결과에서는 자각적 피로도에 따른 차이는 나타나지 않았다. 이는 추후 연구에서 연령대에 따른 비교분석을 통한 피로도 검증이 필요할 것으로 판단된다. 또한 CA/C비에 대한 선행연구에서 CA/C비에 영향을 주는 요인은 나이보다 조절력이라는 점과, 조절반응검사 상 CA/C비가 높을수록 시청 불편감이 더 클 것이라는 점을 착안하여 본 논문실험의 설계를 통한 추가적인 실험이 이루어져야 할 것이다.

AC/A는 높을수록, 사위도는 낮을수록 실제 느끼는 자각적 피로도가 낮아 더 쾌적한 시청이 가능할 것으로 보이며 자각적 피로도가 낮은 그룹에서 시청 직후 외사위도 증가가 더 크게 나타날 수 있다.

References

[1] A. H. Peter, "Potential hazards of viewing 3-D stereoscopic television, cinema and computer games: a review," *Ophthalmic and Physiological Optics*, vol. 31, no. 2, pp. 111-122, Mar. 2011.

[2] D. M. Hoffman, A. R. Girshick, K. Akeley, and M. S. Banks, "Vergence-accommodation conflicts hinder visual performance and cause visual fatigue," *J. Vision*, vol. 8, no. 3, pp. 1-30, Mar. 2008.

[3] Y. H. Shin, H. C. Li, and S. W. Kim, "3D displays: development and validation of prediction function of object size perception as a function of depth," *J. Broadcast Eng.*, vol. 17, no. 2, pp. 400-410, Mar. 2012.

[4] D. H. Chung and H. C. Yang, "Reliability and

www.dbpia.co.kr

validity assessment in 3D video measurement," *J. Broadcast Eng.*, vol. 17, no. 1, pp. 49-59, Jan. 2012.

[5] K. T. Kham and J. H. Lee, "The effect of inter-pupillary distance on stereopsis," *Korean J. Cognitive Sci.*, vol. 14, no. 3, pp. 37-49, Sep. 2003.

[6] S. H. Kang and H. K. Hong, "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 Ophthalmic Optics Soc.*, vol. 16, no. 3, pp. 299-305, Sep. 2011.

[7] J. E. Bahn, "Effects of interpupillary distance and AC/A ratio on binocular fusion and depth perception," M.S. thesis, Dept. Cognitive Sci., Yonsei Univ., Seoul, Korea, Aug. 2002.

[8] D. S. Kim, W. J. Lee, J. D. Kim, D. S. Yu, E. T. Jeong, and J. S. Son, "Change of phoria and subjective symptoms after watching 2D and 3D image," *J. Korean Ophthalmic Optics Soc.*, vol. 17, no. 2, pp. 185-193, June 2012.

[9] M. H. Lee and D. S. Yu, "CA/C ratio of adults in their early twenties with normal binocular vision," *J. Korean Ophthalmic Optics Soc.*, vol. 17, no. 2, pp. 153-158, June 2012.

[10] M. H. Lee, J. S. Son, J. D. Kim, and D. S. Yu, "Evaluation of visual responses in viewing a 3D image," *J. Korean Ophthalmic Optics Soc.*, vol. 17, no. 2, pp. 165-170, June 2012.

[11] W. IJsselsteijn, H. de Ridder, J. Freeman, S. E. Avons, and D. Bouwhuis, "Effects of stereoscopic presentation, image motion, and screen size on subjective and objective corroborative measures of presence," *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, vol. 10, no. 3, pp. 298-311, June 2001.

[12] J. Freeman and S. E. Avons, "Focus group exploration of presence through advanced broadcasting service," *Proc. SPIE*, vol. 3959, pp. 530-539, June 2000.

[13] D. S. Kim, "The effects of 3D images on the visual function," M.S. thesis, Dept. Optometry, Kyungwoon Univ., Gumi, Korea, Feb. 2011.

[14] J. H. Kim, "The influence of visual function on near watching 3D images," M.S. thesis, Dept. Optometry, Kyungwoon Univ., Gumi, Korea, Feb. 2012.

[15] M. J. Lee, "Influence of running time of 3D stereoscopic video on audience perception", Ph.D. dissertation, Dept. Mass Commun., Kwangwoon Univ., Seoul, Korea, Feb. 2011.

[16] S. L. Ames, J. S. Wolffsohn, and N. A. Mcbrien, "The development of a symptom questionnaire for assessing virtual reality viewing using a head mounted display," *Optometry Vision Sci.*, vol. 82, no. 3, pp. 168-176, Mar. 2005.

[17] J. A. Shin, *Clinical Refraction*, 2nd Ed., Hanmi, pp. 147-155, 2007.

[18] P. J. Sung, *Optometry*, 6th Ed., Daihak, pp. 272-276, 2008.

[19] J. D. Kim, H. J. Kim, and J. H. Hwang, "Relation between gradient and calculated AC/A ratios according to binocular types," *Korean J. Vision Sci.*, vol. 14, no. 4, pp. 373-380, Dec. 2012.

[20] J. D. Kim, C*linical refraction and visual dysfunction prescription*, 3rd Ed., Shinkwang, pp. 240-253, 2010.

[21] S. S. Han, and S. C. Lee, *Nursing & Health statistical analysis*, 2nd Ed., Fornurse, pp. 168-183, 2011.

[22] W. J. Lee, "The effects of wearing anaglyph glasses for 3D images on the visual function," M.S. thesis, Dept. Optometry, Kyungwoon Univ., Gumi, Korea, Feb. 2011.

[23] Y. S. Huh, S. W. Yu, S. W. Yu, S. B. Kim, C. Y. Park, H. J. Kim, B. H. Kang, and E. H. Lee, "Assessment of stereopsis, phorias and self-reported symptoms in viewing anaglyph 3D image," *Korean J. Vision Sci.*, vol. 14, no. 4, pp. 381-390, Dec. 2012.

[24] J. H. Kim, K. H. Ryu, and I. S. Kim, "The study on relation between asthenopia of lateral phoria and fusional reserve," *J. Korean Ophthalmic Optics Soc.*, vol. 11, no. 4, pp. 329-335, Nov. 2006.

www.dbpia.co.kr

[부 록]

연 구 동 의 서

1. 나는 연구 설명서를 읽었으며 연구자와 이에 대하여 의논하였습니다.

2. 나는 나의 질문에 만족할 만한 답변을 얻었습니다.

3. 나는 이 연구에 참여하는 것에 대하여 자발적으로 동의합니다.

4. 나는 이 연구에서 얻어진 나의 정보를 연구자가 수집하고 처리하는데 동의합니다.

참여자 성명 : (서명)

연구자 성명 : (서명)

20 . . .

※ 본 실험은 **무기명**으로 처리되며 순수한 연구 목적 이외에는 일체 사용되지 않을 것.

※ 향 후 3D 관련 콘텐츠 사용에 대한 올바른 가이드라인을 제시하는데 활용 될 것.

※ 본 실험 이 후, 약간의 어지러움 등이 발생할 수 있으나 수 분 후에는 즉시 증상이 사라지며, 인체에는 무해함.

www.dbpia.co.kr

김 정 호 (Jung-ho Kim)

2011년 2월 경운대학교 안경광학과 보건학사
2013년 2월 경운대학교 시교정학 전공 이학석사
2013년 3월~현재 광운대학교 플라즈마바이오디스플레이학과 박사과정
<관심분야> 융합콘텐츠, 3D 디스플레이, 휴먼팩터

손 정 식 (Jeong-sik Son)

1990년 2월 영남대학교 물리학과 이학사
1992년 2월 영남대학교 물리학과 이학석사
1997년 2월 영남대학교 물리학과 이학박사
2000년~현재 경운대학교 안경광학과 교수
<관심분야> 3D 디스플레이, 옵토메트리

박 성 진 (Sung-jin Park)

2010년 2월 광운대학교 미디어영상학부 신문방송학과
2012년 11월 StoryHD 카메라 감독
2013년 4월~현재 광운대학교 Digital 3D Lab. 촬영 연구원
<관심분야> 3D 콘텐츠 촬영 제작

권 순 철 (Soon-chul Kwon)

2002년 2월 한양대학교 산업공학과 공학사
2008년 8월 광운대학교 디지털콘텐츠학과 공학석사
2012년 8월 광운대학교 정보디스플레이학과 공학박사
<관심분야> 융합콘텐츠, 3D 디스플레이, 홀로그래피

www.dbpia.co.kr