

2D와 3D 영상 시청이 신체피로도, 재인지역 및 각성수준에 미치는 차별적 효과 —시청순서와 성차를 중심으로—*

Differential Effects of 2D and 3D motion pictures on physical fatigue, recognition and arousal
— Focused on viewing order and viewer's gender difference —

이재식**† · 박동진**

Jaesik Lee**† · Dong-Jin Park**

부산대학교 심리학과**

Department of Psychology, Pusan National University**

Abstract

This study aimed to investigate the effects of dimensions of movie clip (2D vs. 3D), viewing orders (2D → 3D vs. 3D → 2D), and gender difference on participants' subjective fatigue, recognition for the elements in the clips, and arousal level. The results can be summarized as followings. First, subjective fatigue level was higher in the 3D condition than 2D condition, but this tendency was more clear in the 2D → 3D condition than in the 3D → 2D condition. Second, correct recognition rates were significantly higher for 3D than 2D only in the 3D → 2D condition. In particular, male participants showed higher correct recognition rates than female participants in the 3D-clip condition, whereas female participants showed higher correct recognition rates than male participants in the 2D-clip condition. Third, although 3D clips tended to induce higher level of arousal, this tendency was showed only in the 2D → 3D condition, which implied previous exposure to 2D clip increased the arousal level in following 3D clip than vice versa.

Keywords : 3D movie, viewing order, subjective fatigue, gender difference, internal tempo, recognition

요약

본 연구는 영상차원(2D vs. 3D), 영상 시청순서(2D → 3D vs. 3D → 2D), 그리고 실험참가자의 성차에 따라 영상 시청에 따른 주관적 피로감, 재인지역, 그리고 각성 수준에서 어떠한 차이가 있는지 살펴보기 위해 수행되었다. 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 주관적 피로도는 2D 영상차원에 비해 3D 영상차원에 대해 전반적으로 높게 보고되었고, 특히 3D → 2D의 시청순서 집단에 비해 2D → 3D의 시청순서 집단에서 이러한 차이가 더 뚜렷하였다. 둘째 영상 내용에 대한 정확재인률은 3D → 2D의 시청순서 집단에서만 2D 영상차원에 대한 3D 영상차원의 우세성이 관찰되었고, 특히 시청순서 조건을 통합할 경우 2D 영상차원 조건에서는 여성이, 반면 3D 영상차원 조건에서 남성이 상대적으로 더 높은 정확재인률을 보였다. 셋째, 3D 영상이 전반적으로 시청자의 각성 수준을 높이기는 하지만, 이러한 경향은 영상차원 자체보다는 3D 영상과 대비되는 2D 영상에 대한 이전의 시청 경험이 더 유의한 영향을 주는 것으로 관찰되었다.

주제어 : 3D 영상, 시청순서, 주관적 피로감, 성차, 내적템포, 재인지역

* 본 논문은 부산대학교 학술연구비(2년)에 의해 수행되었음

† 교신저자 : 이재식(부산대학교 심리학과)

E-mail : jslee100@pusan.ac.kr

TEL : 051-510-2131

FAX : 051-581-1457

1. 서론

최근의 기술 발달을 통해 3D TV나 3D 영화를 포함하여 일반인들이 3D 영상을 접할 기회가 증가하고 있다. 이에 따라 많은 연구자들은 3D 화면이 시청자에게 주는 다양한 효과(예를 들어, 시각적 피로)에 관심을 갖기 시작했지만, 이형철(2009)이 지적한대로 이에 대한 인간공학적 연구는 아직 초보 수준이다. 기존의 시스템 설계 역사가 시사하듯이, 인간공학적 가이드라인이나 표준이 충분히 반영되지 못한 설계는 결국 사용자의 외면을 받게 될 것이다. 본 연구에서는 기존의 3D-관련 연구들에 대한 개관을 바탕으로 제시되는 영상의 차원, 영상 시청순서, 그리고 시청자의 성차를 달리하여 이러한 조건들에서 시청자가 경험하는 시각적 피로도, 재인기억 및 각성 수준을 통합적으로 분석하고자 한다¹⁾.

1.1. 관련 연구 개관

3D 영상물 시청과 관련된 가장 중요한 문제 중 하나는 시청자들이 경험하는 피로감(특히 시각적 피로감) 문제이다. 이러한 문제에 대해 국내에서 선구적 연구들을 수행한 이형철(2009)은 3D 영상 시청과 관련된 시각적 피로감을 측정할 수 있는 다양한 연구 방법론의 개관하였다. 이형철(2009)에 따르면 시각적 피로감을 측정하기 위한 연구 방법론에는 최적 3D 시청 환경 요인 결정에 사용될 수 있는 강도추정법을 포함한 정신물리학적 방법, fMRI를 이용하거나 뇌전도(electroencephalography: EEG)와 같은 신경생리학적 신호 혹은 검안기를 통한 안구 수정체에서의 변화 측

정을 포함하는 인지신경과학적 방법, 3D 영상 시청자의 주관적 느낌이나 감성에 중점을 두고 질문지 등을 사용하여 시각적 피로감을 측정하는 감성과학적 방법, 그리고 시각적 피로감의 원인을 좀 더 직접적으로 찾기 위한 실험법 등이 포함될 수 있다.

3D 영상 시청이 시각적 피로에 미치는 효과를 신경생리학적 접근으로 연구한 Li, Seo, Kham 및 Lee(2009)는 EEG와 사건-유발 전위(event-related potentials: ERP)가 시각적 피로감을 측정하는데 타당한 지표가 될 수 있다는 것을 밝혔는데, 특히 이들의 연구에서는 일반적으로 스트레스의 지표라고 알려졌던 P300보다 P700이 시각 피로감에 대한 좀 더 강력한 지표가 될 수 있음을 발견하였다(Lambooi et al, 2009에서 재인용). 또한 Hagura 등(2006)은 3D 영상에 대한 관찰자의 시각적 피로를 측정하기 위한 또 다른 방법으로 뇌자기도 기록(magneto encephalography: MEG)과 fMRI 자료를 통합적으로 사용함으로써 3D 영상에 기인한 뇌 활동을 가시적으로 살펴보고자 하였다.

Emotoa, Nojirib 및 Okano(2004)의 연구에서는 주관적 시각적 피로감을 측정하기 위한 방법으로 질문지법을 사용하였고 이와 함께 안구의 수렴 및 조절 시스템에서의 변화를 살펴봄으로써, 전통적인 2D 방식의 TV 영상과 3D TV 영상을 1시간 시청한 후에 시각적 피로감에 어떠한 변화가 발생하는지 살펴보았다. 그 결과, 2D 영상에 비해 3D 영상이 주관적 시각 피로감을 심각하게 높일 수 있다는 것을 발견하였다(이들의 연구에서 신경생리학적 증거들은 두 영상차원들 사이에서 차이를 보이지 않았다).

감기택, 이형철 및 이승현(2009)은 시각적 피로도에 영향을 미치는 시청거리와 깊이 방향의 운동속도 요인의 효과를 살펴보기 위해 다섯 개의 하위 요인들로 구성된 주관적인 시각적 피로감 측정 질문지를 사용하였다. 시각적 피로에 포함된 다섯 개의 요인들은 눈 통증, 시각적 스트레스, 어지러움, 신체 통증, 그리고 상호림 등이었다. 이들의 연구에서는 2D로 구성된 실험자극에 비해 3D로 구성된 실험자극에 대한 전반적 시각적 피로감의 수준이 더 높다는 것이 관찰되었다. 특히 전체적인 시각적 피로감은 시청시간의 증가에 따라 더 높아지기는 하지만, 자극의 운동 속도나 응시거리 변인은 시각피로도 측정치의 하위 요인에 차별적으로 영향을 미친다는 것을 발견하였다(예를 들어, 실험자극의 운동속도는 다섯 개의 하위척도들 중 어지러움 하위척도와, 반면 응시거리는 상호림 하위척

1) 여기에서 한 가지 지적하고자 하는 것은 "3D"라는 개념이 연구자들에 따라 혹은 연구 주제에 따라 다르게 사용된다는 점이다. 예를 들어, 일반적인 인간-컴퓨터 상호작용 영역의 데스크탑 환경에서 3D 메뉴 구조 혹은 3D 사용자 인터페이스 등과 같은 개념은 2차원 스크린을 통해 3D 입체감을 제공하는 것으로 본 연구에서 사용한 3D 영상과는 많이 다르다. 즉, 전자의 경우는 관찰자가 주어진 대상의 시각적 속성에 포함되어 있는 일종의 회화적 단서들(예를 들어, Ware(2000)가 정리한 회화적 깊이 단서들, 즉 선형 조망, 결기울기, 그림자, 상대적 크기, 중첩 등)을 통해 주어진 화면을 하향-처리한 결과 얻어지는 입체감(깊이 지각)인 반면, 본 연구에서의 3D 영상은 영상 자체가 양안부동 효과 등을 이용하여 3D 구현을 위해 특수하게 제작될 뿐만 아니라 이를 특정 색들이 여과될 수 있도록 하는 색광 안경을 통해 시청함으로써 실제 세상과 유사한 입체적 장면을 제공받는 것을 말한다.

도 점수와 각각 차별적으로 관련되었다). 본 연구에서는 이들의 연구에서 사용된 것과 동일한 시각적 피로도 질문지를 이형철(2008)에서 인용하여 사용하였다(이 척도에 대한 자세한 기술은 아래에 제시되어 있다).

2D 영상물과 비교하여 3D 영상물이 시청자의 장면 에 대한 재인지역 등을 포함한 인지적 측면에 어떠한 영향을 미치는지 다룬 연구는 거의 없다. 다만, 가상 현실(virtual reality)을 통해 구현된 3D 장면과 전통적인 2D 환경에 대한 관찰자의 재인지역 수행을 측정 한 Bastanlar, Canturk 및 Karacan(2007)의 연구에서는 가상현실 환경을 실험참가자들에게 제공한 후 제시된 자극 속의 다양한 대상에 대한 재인 검사를 실시한 결과 두 가지 차원에 따라 재인 수행에서 유의한 차이를 발견하지 못하였다. 반면 데스크탑 환경에서 회화적 깊이 단서들을 사용하여 3D 대상을 구성하고 이에 대한 실험참가자의 반응 수행을 측정한 많은 연구들은 전통적인 2D 방식에 비해 3D로 구현된 화면이 일반적으로 더 우수한 재인지역 수행을 이끌어낸다는 것을 밝혔다(예를 들어, Tavanti & Lind, 2001).

시공간능력에서의 성차를 설명하고자 하는 많은 노력들이 있었음에도 불구하고(예를 들어, Voyer, Voyer, & Bryden, 1995), (앞에서 기술한 3D 영상에 대한 재인지역 수행과 마찬가지로) 성차에 따라 2D 영상과 3D 영상차원이 관찰자의 생리적/인지적 측면에 어떠한 차별적 효과를 갖는지 실험적으로 검토한 연구는 매우 드물다. 기존의 공간지각 능력에 대한 남녀의 성차는 전통적으로 지필검사(예를 들어, Linn & Petersen, 1985)나 2D 컴퓨터 단말기를 이용한 비디오 게임 형태(예를 들어, Barnett et al., 1997)로 많이 이루어져 왔고, (공간능력에서의 남녀 성차에 대한 연구가 항상 일관적인 것은 아니지만) 이러한 연구들은 대부분 여성에 비해 남성의 공간지각 능력에서의 상대적 우세성을 보여주었다.

이후 좀 더 현실적인 3차원 자극을 제시할 수 있는 컴퓨터 기술을 이용하여 가상현실 상황에서 남녀 실험참가자들에게 다양한 형태의 공간과제(예를 들어, 손으로 표적 가리키기)를 수행하도록 함으로써 남성의 공간능력 우세성을 좀 더 현실적인 실험장면까지 확대하여 확인하였다(예를 들어, Lawton & Morrin, 1999; Sandstrom, Kaufman, & Huettel, 1997). 또한 Rafia 등(2005)의 연구에서도 웹-기반 가상환경에서 심적회전과 시각화를 통해 측정한 공간능력에서 남성은 여성에 비해 더 우수한 공간능력을 보였고, 공간능력

에 대한 훈련방식도 성차에 따라 차별적인 효과를 보인다는 것을 관찰하였다.

실험자극의 영상차원에 따른 공간능력에서의 성차는 가상현실 등을 이용한 항행과제에서 특히 많이 수행되었다. Voyer, Voyer, 및 Bryden(1995)은 공간능력에서의 성차에 대한 연구들을 종합적으로 분석한 후 공간능력에서 성차는 비교적 일관적이라고 결론지었다. 또한 가상현실에서의 항행 과제를 이용한 Sandstrom, Kaufman 및 Huettel(1988)의 연구에서는 여자 실험참가자는 공간적 자극 속의 이정표 정보만을 주로 사용하는 반면, 남자 실험참가자는 이정표 정보뿐만 아니라 자극이 갖는 전반적인 가하학적 형태 정보까지 활용하여 항행 과제를 수행한다는 것을 발견하였다. 이러한 인지 능력에서의 성차는 신경생리학적 연구를 통해서도 지지되었는데, 예를 들어, Gur 등(2002)은 fMRI를 활용하여 다양한 인지 과제를 수행할 때 나타나는 뇌 활동을 분석한 결과, 공간-관련 과제를 수행할 때는 여성에 비해 남성의 경우에서 우반구가 상대적으로 더 많이 활성화되고, 이것이 궁극적으로 수행이 차이를 가져오는 것에 대한 설명이 될 수 있다고 주장하였다.

사람들은 특정 상황에 따라 경험하는 각성 수준에서 차이가 있고, 또한 개인차에 따라서도 각성 수준에서 일관적인 개인차를 보이기도 한다. 예를 들어, 연령의 증가에 따라 내적 시간(internal time)이 느려지고 이에 따라 자발적으로 더 느린 운동 템포(motor tempo)를 산출하는 경향이 있다(Vanneste, Pouthas, & Wearden, 2001). 3D 영상 시청과 관련하여 시청자의 각성 수준을 내적템포를 통해 측정한 연구는 거의 없는 것으로 보인다. 그러나 3D 가상현실 상황에서 관찰자의 몰입감(feeling of immersion)이 주관적 혹은 객관적 지표로 측정된 각성 수준을 높인다는 연구 결과들이 있다. 예를 들어, Meehan(2000)은 피부전도 반응을 측정하여 3D 가상환경에의 몰입감이 클수록 각성 수준이 높아진다는 것을 발견하였다.

앞에서도 기술되었듯이 2D 영상과 3D 영상이 시청자의 생리적/인지적 측면에 어떠한 효과를 갖는지 살펴본 대부분의 연구들은 두 영상차원 각각에 대해 이러한 효과를 독립적으로 분석한 반면, 동일한 시청자가 두 가지 영상차원들을 모두 시청한 후 경험하는 생리적/인지적 측면에 대한 두 가지 영상차원들의 시청순서에 따른 상대적 효과에 대해서는 거의 다루지 않았다. 동일한 실험 상황에서 두 가지 차원의 영상물

시청자가 모두 시청하도록 한 후 이를 통해 경험되는 시청자의 생리적/인지적 측면을 상대적으로 비교해 보는 것은 몇 가지 중요한 실제적/연구방법론적 의미가 있을 것이다. 먼저, 동일한 실험 상황에서 동일한 시청자가 서로 다른 차원의 영상을 모두 시청하도록 하는 것은 두 가지 영상차원에 대해 시청자가 자신의 생리적/인지적 차이에 대한 경험을 상대적으로 비교할 수 있도록 함으로써 두 영상차원에 대한 개인의 심리적 경험들을 좀 더 직접적으로 대비시키도록 하는데 도움이 될 것이다.

그러나 두 영상차원이 시청자의 생리적/인지적 경험에 미치는 효과를 다룬 대부분의 연구들은 두 영상차원 변인을 피험자내 변인보다는 피험자간 변인으로 다루어 시청자가 두 영상차원 중 하나의 차원에만 할당되도록 함으로써(예를 들어, Tavanti & Lind, 2001), 동일한 시청자가 두 영상차원이 갖는 생리적/인지적 효과를 상대적으로 비교할 수 있는 기회를 주지 못하였다. 또한 동일한 실험참가자가 두 가지 영상차원들을 모두 관찰하도록 한 연구들이라 할지라도 두 영상차원의 시청순서가 고정되어 제시되었거나, 혹은 시청순서 효과를 “배제하기” 위한 목적으로 두 영상차원에 대한 시청순서를 역균형화한 반면 두 가지 영상차원의 시청순서 효과를 하나의 변인으로 분리시켜 살펴보지는 않았다.

예를 들어, 감기택 등(2009)은 2D 영상과 3D 영상이 갖는 상대적 시각피로도를 비교하기 위해 실험참가자들이 두 가지 영상차원을 모두 시청하도록 하였지만, 이 연구에서는 모든 실험참가자들로 하여금 2D 영상을 먼저 시청하도록 한 후 그 다음 제시된 3D 영상에 대한 실험참가자들의 시각피로도를 측정/비교함으로써 두 가지 영상차원이 갖는 시청순서의 효과 자체는 관찰하지는 않았다. 그리고 2D와 3D의 가상환경에서 제시되는 막대의 길이 비교에서의 정확성을 검토한 Bleisch, Dykes, 그리고 Nebiker(2008)의 연구에서도 실험참가자들이 2D 조건과 3D 조건에서 모두 주어진 과제를 수행하도록 하기는 하였지만 실험참가자들을 두 영상차원에 무선적으로 할당되도록 함으로써 두 영상차원에 노출되는 순서 변인을 하나의 독립적인 변인으로 간주하여 분석하기 보다는 두 영상차원의 제시 순서효과를 통제하는데 그쳤다.

그러나 비록 우리가 현실 세계에서 주로 접하는 2D 영상이나 3D 영상은 아니지만 단순한 형태의 컴퓨터-생성 2D 혹은 3D 선 도형을 실험자극으로 사용하여

관찰자의 공간기술에 대한 학습 효과를 비교한 Zavotka(1987)의 연구에서는 두 가지 영상차원의 제시 순서(즉, 어느 영상차원으로 먼저 공간기술에 대한 학습을 실시하는가)가 공간기술 학습에서 어떠한 차별적 효과를 갖는지 직접적으로 관찰하기도 하였다. 이 연구에서는 3D 학습자극(즉, 좀 더 자연스러운 형태의 자극)과 2D 학습자극을 번갈아 관찰하는 것(특히 2D 자극보다는 3D 자극을 먼저 학습하는 것)이 3D 학습자극 혹은 2D 학습자극을 연속해서 관찰하는 것에 비해 심적 회전(mental rotation)이나 대상 투영(orthographic projection)과 같은 공간기술에서 상대적으로 더 많은 학습효과가 있음을 관찰하였다.

많은 연구들이 비교적 일관적으로 여성에 비해 남성의 공간 지각 능력이 우월하다는 것을 보여주고 있다는 것과 2D 영상에 비해 3D 영상이 갖는 좀 더 풍부한 공간적 특성을 모두 고려하면 두 가지 차원의 영상에 대해 주관적 피로도나 재인 능력, 혹은 각성 수준 등과 같은 측면에서 남녀 사이에 어떠한 차이를 보이는지 관찰해 보는 것도 흥미있는 주제일 것이고, 이것이 본 연구에서 성차를 하나의 독립변인으로 설정한 이유이기도 하다.

1.2. 연구 목적

본 연구의 목적은 다음과 같다. 첫째, 앞서서도 기술되었듯이 3D 환경에서 사용자(혹은 관찰자)가 경험하는 다양한 정보처리적 요소들에 대한 반응과 수행을 비교한 대부분의 연구들은 2차원 평면상에 회화적 깊이 단서들을 조작하여 구현한 “3D” 자극(혹은 대상)을 사용하였다. 본 연구는 이러한 깊이 단서에 기반한 3D 자극과는 달리 실제 생활에서의 경험에 근접하는 3D 영상(좀 더 구체적으로 3D 입체 영화)을 실험참가자에게 제공하여 기존의 2D 영상에 비해 3D 영상 시청이 관찰자의 생리적/인지적 측면에 어떠한 차별적 효과를 갖는지 살펴보고자 한다. 둘째, 본 연구에서는 2D와 3D 영상이 갖는 차별적 효과를 분석하기 위해 다양한 분석 수준과 분석 방법을 적용하고자 한다. 즉, 본 연구에서는 관찰자의 주관적 신체피로도나 각성 수준과 같은 생리적 수준뿐만 아니라 제시된 영상에 대한 재인 능력에서의 차이도 측정함으로써 관찰자의 인지적 측면에 대한 영상차원의 효과도 살펴보고자 한다. 이러한 중다의 분석 수준 적용을 통해 2D와 3D가 갖는 효과의 수렴성과 차별성을 서로 비교할

수 있을 것이다. 셋째, 본 연구에서는 기존의 연구에서 거의 다루어지지 않았던 영상의 시청순서 효과도 살펴보고자 한다. 2D와 3D의 효과를 분석한 대부분의 연구들은 각각의 영상차원들이 갖는 효과를 독립적으로 관찰하고자 하였으나 영상차원의 순서를 고려하여 분석한다면 영상 시청에 따른 순서 효과도 차별적으로 비교할 수 있을 것이다.

2. 실험 방법

2.1. 실험참가자

P대학교에서 교양심리학을 수강하는 학부생 48명이 실험에 참가하였다. 48명의 실험참가자들 중 남자(평균 연령 = 22.08세, 표준편차 = 2.24)와 여자(평균 연령 = 21.13세, 표준편차 = 1.68)는 각각 24명씩이었고, 전체 실험참가자들 중 24명(남녀 각각 12명씩)명은 1회기에 2D 영상을 먼저 시청한 후 2회기에 3D 영상을 시청하는 조건(2D → 3D 조건)에 할당된 반면, 다른 24명(남녀 각각 12명씩)은 1회기에 3D 영상을 먼저 시청한 후 2회기에 2D 영상을 시청하는 조건(3D → 2D)에 할당되었다. 48명의 실험참가자들 중 28명(58.3%)이 안경을 착용하고 있었다.

2.2. 도구 및 재료

2D와 3D 영상은 삼성 싱크빅 17인치 LCD 모니터(CX171NM-PS)를 통해 제시되었는데, 이 모니터는 1024×768 픽셀의 해상도와 75Hz의 화면 해상 빈도를 갖고 있으며, 2D와 3D 영상을 재현하는데 무리가 없었다. 음향은 삼성 SMS-101 모델 스피커를 통해 전달되었다. 3D 영상을 시청하는 조건에서는 색광안경을 착용하도록 하였고, 실험실 안의 조도를 매 실험 조건에 따라 동일하게 통제하였다.

실험에 사용된 영상은 “잃어버린 세계를 찾아서(Journey To The Center Of The Earth; Walden Media 제작, Eric Brevig 감독)”의 DVD 버전을 사용하였는데, 이 DVD는 2D 영상과 3D 영상을 선택하여 시청할 수 있었다. 실험 이전에 모든 실험참가자들이 이 영화를 본 경험이 없다는 것을 확인하였다. 이 영화의 1부와 2부에 해당하는 부분 중 각 20분씩의 분량을 편집하여 실험자극으로 사용하였는데, 1부 내용의 경우(이하 ‘1부’로 표기)는 영화 시작 후 31초부터 20분 31초에

해당하는 부분이었고, 2부 내용(이하 ‘2부’로 표기함)의 경우는 40분 24초부터 1시간 24 초에 해당하는 부분이였다. 이 두 가지 영상을 실험 조건에 따라 2D와 3D로 각각 제시하였다. 따라서 2D → 3D 집단은 1회기에는 1부를 2D로, 2회기에는 2부를 3D로 시청한 반면, 3D → 2D 집단은 1회기에는 1부를 3D로, 2회기에는 2부를 2D로 시청하였다.

2.3. 실험 절차

실험참가자들이 실험실에 입실하면 시력이나 청력 등에서 실험참가자들이 본 실험에 참가하는데 적합한지 여부를 먼저 구두 질문을 통해 확인하였는데, 이들의 시력과 청력은 본 실험에서 제시하는 영상을 시청하는데 충분한 조건을 갖추었다. 실험이 시작되면 먼저 내적템포 측정을 위한 태핑 과제를 30초 동안 실시하였다. 그리고 영상 시청순서 조건에 따라 2D 혹은 3D 영상을 각각 제시한 후 20분 동안 시청하도록 하였다. 각 영상에 대한 시청이 종료된 후 다시 태핑 과제를 실시하였고, 이어 주관적 피로감 질문지와 재인 수행 측정을 위한 질문지가 제공되었다. 태핑 과제는 각 차원의 영상을 시청하기 이전과 이후에 걸쳐 모두 실시하였기 때문에 모두 4회에 걸친 자료가 수집된 반면, 주관적 피로감과 재인 수행 측정치는 두 차원의 영상을 시청한 이후 각각 1회씩 모두 2회의 자료가 수집되었다. 3D 영상을 시청하는 회기에서는 색광안경의 착용법과 이에 따른 불편감 여부를 확인하고, 문제가 없다고 판단될 경우 영상 시청을 개시하였다.

2D와 3D 영상이 시청자의 시각피로도에 미치는 영향을 분석한 많은 연구들은 3D 영상 조건에서 실험참가자들이 색광안경을 착용해야 하기 때문이 색광안경 착용에 따른 불편감의 효과를 영상차원 조건별로 균등하게 유지하기 위해 2D 영상 조건에서도 색광안경을 착용하도록 하기도 한다. 그러나 본 연구에서는 실험재료로 영화 DVD를 사용하였고, 사람들이 일반적으로 2D 영화를 시청할 때는 색광안경을 착용하지 않는다는 점을 감안하여 본 실험의 2D 영상조건에서는 색광안경을 착용하지 않고, 자연스러운 형태로 영화를 시청하도록 하였다. 그럼에도 불구하고 색광안경의 착용 여부가 두 가지 영상차원에 따라 동일하지 않기 때문에 두 가지 영상차원에 따라 관찰되는 시청자의 생리적/인지적 측면에서의 차이에 색광안경의

착용여부에 따른 불편감의 차별적 효과가 영향을 미치지 않았다고 단정지을 수는 없을 것이다. 이것이 갖는 연구방법론에서의 문제와 추후 고려사항들에 대해서는 논의부분에 다시 언급하고자 한다.

1회기 종료 후 최소 24시간 이후에 실시된 2회기에서는 1회기에서 시청한 영상과는 다른 차원의 영상을 다른 내용의 영상으로 시청하였다. 2D 영상과 3D 영상 각각의 시청 시간은 20분씩이었고, 따라서 실험참가자는 총 40분 동안 영상을 시청하였다.

두 실험 회기 사이에 최소 24시간의 시간 간격을 둔 것은 각각의 영상차원 시청에 따른 상대적 시각피로도를 측정하고자 하는 본 실험의 목적상 영상 시청 시간이 길어짐에 따라 발생할 수 있는 시각피로도에서의 이월효과를 최소화하기 위해서였다. 실제로 감기택 등(2009)의 연구에서는 3D 영상에 대한 시청시간이 증가할수록 시각피로도가 증가하며, 특히 응시거리가 50cm인 경우 시청시간이 20분 조건에서부터 시각피로도가 유의하게 증가하는 것을 관찰하였는데, 본 실험에서의 시청거리가 대략 50cm였다는 점을 감안하면, 시청자의 시각피로도가 다음 실험회기에 충분히 이월될 수 있었기 때문이다. 뿐만 아니라 앞에서 기술되었던 학습자극 영상차원에 따른 공간기술에서의 학습효과를 비교한 Zavotka(1987)의 연구에서도 학습조건 사이의 시간 간격을 날을 달리하여 조작하는데, 이러한 절차도 위에서 언급한 것과 같은 맥락에서 이해할 수 있을 것이다. 따라서 본 연구에서는 시청시간 증가에 따른 시각피로도의 이월 효과를 통제하기 위해 두 영상차원에 대한 시청 사이의 시간 간격을 최소 24시간으로 조작하였다.

2.4. 독립변인

본 연구에서는 세 가지의 변인들이 독립변인으로 조작되었다: 영상차원(2D vs. 3D), 영상 시청순서(2D → 3D vs. 3D → 2D), 성별(남자 vs. 여자). 이 중에서 영상 시청순서와 성차는 피험자간 변인이었던 반면, 영상차원은 피험자내 변인이었다.

2.5. 종속측정치

2.5.1. 주관적 피로감

영상 시청에 따른 시청자의 주관적 시각피로도를

측정하기 위해 이형철(2008)이 보고한 28개 문항의 5요인 척도를 사용하였다. 눈통증 요인에는 “눈이 뻑뻑하였다”나 “눈이 아팠다” 등과 같은 10개의 문항이, 시청중단 욕구 요인에는 “시청을 그만두고 싶은 욕구가 있었다”나 “눈을 감고 싶은 욕구가 있었다” 등과 같은 8개의 문항이, 속 울렁거림 요인에는 “어지러웠다”나 “속이 울렁거렸다” 등과 같은 4개의 문항이, 신체 통증 요인에는 “목이 빠근했다”나 “등이 아팠다” 등과 같은 3개의 문항이, 그리고 상호립 요인에는 “상이 뚜렷하게 보이지 않았다”나 “상이 이중으로 보였다” 등과 같은 3개의 문항이 포함되었다. 각각의 문항들에 대해서는 실험참가자들이 1점에서 7점 척도 상에서 주관적으로 평정하도록 하였다. 각각의 요인들에 포함된 문항 수가 동일하지 않았기 때문에 각 요인에 해당하는 평정치의 전체 점수를 그 요인에 해당하는 문항의 수로 나누어 해당 요인에 대한 평정치를 분석하였다.

2.5.2. 재인기억 측정치

영상에서 제시되었던 내용을 중심으로 15개의 4선 택지 문항을 구성하여 각각의 영상에 대한 시청이 종료된 직후 실험참가자들에게 문제를 풀도록 요구하였다. 재인검사 문항들은 영상에서 직접 제시되었던 장면에서 파악될 수 있는 내용(예를 들어, “등장인물 중 OO가 갖고 있던 노트의 겉표지 색깔은?”, “등장인물 일행이 간헐 지하공간을 둘러싸고 있던 것은?” 등)이나 등장인물들 사이의 대화 속에 제시된 내용(예를 들어, “OO가 xx의 생일에 주려고 했던 생일 선물은?”, “OO는 xx의 집에 며칠이나 머물기로 했는가?” 등)를 중심으로 구성하였다. 재인기억 수행 측정치는 15개 문항 중 올바르게 반응한 수의 백분율을 계산하여 분석하였다.

2.5.3. 각성수준(내적템포)

본 연구에서 실험참가자들이 경험하는 각성수준이 시청하는 영상의 차원, 시청순서, 그리고 실험참가자들의 성별에 따라 어떠한 차이를 보이는지 살펴보기 위해 Boudouin 등(2006)이 사용한 자발적 운동 템포 과제(spontaneous motor tempo task)를 사용하였다. 이 방법은 실험참가자의 각성 수준(또는 내적템포)을 자발적으로 산출한 태핑(tapping)의 수로 측정하는 것이

표 1. 영상 시청순서, 실험참가자 성별 및 영상차원에 따른 종속측정치들의 평균과 표준편차

시청 순서	성별	주관적 피로감(1-7점)										재인과제 (정확재인률 (%))		각성수준 (내적템포 변화량 (msec))		
		눈통증		시청중단 욕구		속 울렁거림		신체 통증		상호림		시청 영상		시청 영상		
		2D	3D	2D	3D	2D	3D	2D	3D	2D	3D	2D	3D	2D	3D	
2D → 3D	남자 (N=12)	M	2.52	3.61	1.79	3.73	1.71	2.90	2.00	2.44	2.47	5.31	74.83	81.08	-24.42	326.25
		SD	1.07	1.72	0.72	1.70	0.90	1.66	1.33	1.71	1.27	1.56	9.95	5.65	248.67	550.93
3D → 2D	여자 (N=12)	M	1.61	3.53	1.95	3.94	1.17	2.79	1.42	1.72	2.22	6.06	86.58	73.42	6.00	105.50
		SD	0.49	1.43	0.99	1.31	0.25	1.59	0.51	0.66	1.09	1.03	11.69	11.91	255.89	235.38
3D → 2D	남자 (N=12)	M	3.45	3.51	3.26	4.23	2.50	3.15	1.86	2.44	5.03	5.81	70.58	82.17	58.42	30.83
		SD	1.33	1.06	1.60	1.26	1.09	1.50	1.06	1.32	2.19	1.23	8.73	8.30	380.42	245.56
2D → 3D	여자 (N=12)	M	2.88	3.48	2.38	3.82	1.79	2.81	1.50	1.94	3.53	5.72	73.67	77.25	31.67	86.33
		SD	1.05	1.18	1.19	1.35	1.12	1.72	1.37	1.54	1.90	0.83	13.38	8.38	147.01	233.51

다. 일반적으로 각성 수준이 증가함에 따라 내적템포도 빨라지는 것으로 알려져 있다(Baudouin et al, 2006).

본 실험에서 태핑 과제는 각각의 영상을 시청하기 이전과 이후 두 번에 걸쳐 실시되었다. 먼저 실험자가 “시작”이라고 알려주면 실험참가자는 자신이 사용하기 편한 손의 검지를 이용하여 일정한 간격으로 손가락을 두드리도록 하였다. 실제로는 30초 동안의 태핑 수를 측정하였지만 실험참가자는 몇 초의 시간 동안 태핑을 해야 하는지 미리 알려주지 않았다.

영상 시청 이전과 이후의 두 시점에 걸쳐 태핑 사이의 시간 간격이 얼마나 변화되었는지를 계산하여 그 변화량을 종속측정치로 사용하였다. 구체적으로, 각각의 시점에서 관찰된 태핑간 간격(inter-tapping interval)을 msce 단위로 먼저 계산한 후 시청 이전의 태핑간 간격에서 시청 이후의 태핑간 간격을 감산하고 이것을 태핑간 간격의 변화량을 정의하였다. 태핑간 간격 변화량이 클수록 시청 이후의 내적템포가 빨라졌다는 것을 시사한다(만일 변화량이 음수로 관찰된다면 이것은 시청 이후에 내적템포가 더 감소하였다는 것을 시사한다).

2.6. 실험 설계 및 분석

본 실험은 실험참가자들이 두 가지 영상 시청순서 조건에 독립적으로 할당된 후 각 영상 시청 조건에서 두 가지 차원의 영상을 모두 시청하고, 요구되는 두 가지 과제(재인 과제, 태핑 과제 및 주관적 신체피로

도 보고)를 수행하는 2(영상 시청순서: 2D → 3D vs. 3D → 2D) x 2(성차: 남자 vs. 여자) x 2(영상차원: 2D vs. 3D) 혼합 요인설계(mixed factorial design)였다. 각각의 종속 측정치들에 대해서는 SPSS 15.0을 이용하여 반복측정 변량분석을 실시하였고, 독립변인들 사이의 상호작용이 통계적으로 유의한 경우에는 독립 집단 t-검증이나 paired t-검증을 이용한 단순 분석을 실시하여 상호작용 효과의 원인을 좀 더 구체적으로 분석하였다.

3. 실험 결과

영상 시청순서, 실험참가자 성별 및 시청 영상의 차원에 따른 종속측정치들의 평균과 표준편차는 표 1에 요약되어 있다. 특히 통계적으로 유의한 결과 중에서 상호작용 효과가 관찰된 경우에는 그 결과를 그림으로 요약하여 제시하였다.

3.1. 주관적 피로감 요인들

앞에서 기술한 바와 같이 주관적 피로감에 해당되는 5개의 요인들에는 서로 다른 수의 문항들이 포함된다. 따라서 이에 대한 결과 분석에서는 각 요인에 대한 총 점수를 해당 요인의 문항의 수로 나누어 분석하였다. 따라서 특정 요인에 해당하는 문항의 수와는 상관없이 각 요인에 대한 주관적 피로감의 평정점수는 1점에서 7점까지의 범위를 갖고 점수가 높을수

록 각 요인에 대한 주관적 피로감이 높다는 것을 의미한다.

3.1.1. 눈통증

실험참가자들이 주어진 영상들의 시청하면서 경험하는 눈통증 요인에 대한 변량분석 결과, 영상차원의 주효과 $[F(1, 44)=11.08, MSe=1.84, p < .01]$, 시청순서의 주효과 $[F(1, 44)=5.66, MSe=1.11, p < .05]$, 그리고 영상차원과 시청순서 사이의 상호작용 효과가 통계적으로 유의하였다 $[F(1, 44)=4.51, MSe=1.84, p < .05]$; 그림 1). 영상차원과 시청순서 사이의 상호작용 효과를 좀 더 구체적으로 파악하기 위해 각 시청순서 조건별로 영상차원에 따라 눈통증 요인에서 차이가 있는지 paired t-검증을 실시한 결과 2D → 3D의 시청순서 집단에서는 3D 영상에 대한 눈통증 정도가 2D 영상에 비해 유의하게 높게 보고된 반면, 그 반대의 순서로 영상을 시청한 집단에서는 두 가지 영상에 대한 눈통증 정도에서 차이가 없었다.

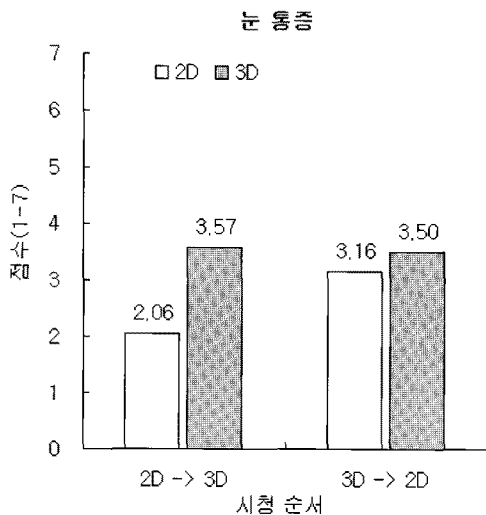


그림 1. 영상차원과 시청순서에 따른 눈통증 요인에서의 주관적 평정점수

3.1.2. 시청중단 욕구

영상 시청중단 욕구에 대한 변량분석 결과, 2D → 3D의 시청순서 조건에서의 실험참가자들이 3D → 2D의 시청순서 조건의 실험참가자들에 비해 영상에 대한 시청중단 욕구 수준이 더 높았다 $[F(1, 44)=4.23, MSe=1.82, p < .05]$. 또한 시청중단 욕구에 대한 영상차원의 주효과도 유의하였는데, 이것은 2D 영상에 비

해 3D 영상을 시청한 경우 시청중단 욕구 점수가 더 높았기 때문이다 $[F(1, 44)=38.72, MSe=1.56, p < .001]$.

3.1.3. 속 울렁거림과 신체 통증

영상 시청에 기인하여 발생하는 속 울렁거림과 신체적 통증에 대한 변량분석 결과, 두 변인 모두에서 영상차원의 주효과만 통계적으로 유의하였는데[각각 $[F(1, 44)=20.97, MSe=1.44, p < .001]$; $F(1, 44)=14.20, MSe=.33, p < .001]$, 이것은 2D 영상에 비해 3D 영상을 시청한 조건에서 두 가지 변인 모두의 점수가 각각 더 높았기 때문이다.

3.1.4. 상호림

상이 뚜렷하게 보이지 않는 것을 포함하는 상호림 요인에 대한 변량분석 결과, 영상차원에 대한 주효과가 통계적으로 유의하여 $[F(1, 44)=76.89, MSe=1.81, p < .001]$, 실험참가자들의 상호림에 대한 주관적 평정 정도가 2D 영상에 비해 3D 영상에 대해 유의하게 더 높았다. 그리고 영상차원과 성차 변인 사이의 유의한 상호작용 효과 $[F(1, 44)=4.83, MSe=1.81, p < .05]$ 가 관찰되었는데(그림 2의 좌측), 이러한 결과는 앞에서 기술한 영상차원의 주효과가 시사하듯이 남녀 실험참가자들 모두 2D 영상에 비해 3D 영상을 시청하고 난 후 유의하게 더 높은 상호림 점수를 보고하는 경향이 있기는 하지만[2D 영상과 3D 영상에 각각에 대해 남자 실험참가자, $t(23)=-3.71, p < .05$; 여자 실험참가자 $t(23)=-8.43, p < .01$], 여자 실험참가자의 경우 3D 영상에 대한 상호림 점수가 2D 영상에 대한 상호림 점수에 비해 훨씬 더 높았기 때문이다(2.86 vs. 5.89).

또한 상호림 평정 점수에 대한 영상차원과 시청순서 변인 사이의 상호작용 효과도 통계적으로 유의하였다 $[F(1, 44)=11.30, MSe=1.81, p < .01]$. 이러한 상호작용 효과는 그림 2의 오른쪽 그래프에서도 보이듯이, 시청순서와는 상관없이 2D 영상에 비해 3D 영상에 대한 상호림 평정 점수가 더 높기는 하지만, 3D에 대한 상호림 평정 점수는 시청순서 집단에 따라 비교적 유사한 수준을 보인 반면[5.68 vs. 5.76; $t(46)=-.24, ns]$, 2D에 대한 상호림 평정 점수는 2D → 3D 시청순서 집단의 실험참가자들에 비해 3D → 2D의 시청순서 집단의 실험참가자들의 경우가 통계적으로 더 유의하게 높았기 때문이다[2.35 vs. 4.27; $t(46)=-3.87, p < .01]$.

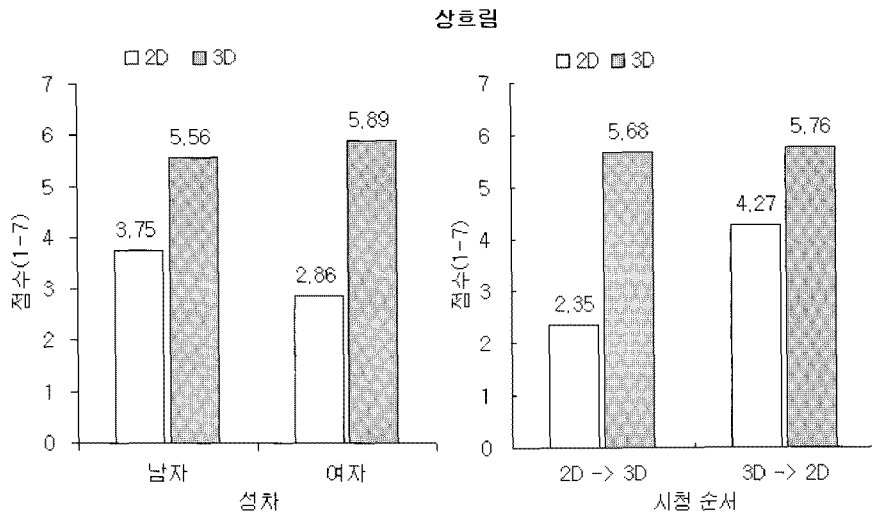


그림 2. 상호림에 대한 영상차원과 성차 사이의 상호작용 효과(좌측 그래프)와 영상차원과 시청순서 상호작용 효과(우측 그래프)

3.2. 재인지역 수행측정치

2D와 3D의 영상을 각각 시청한 후 실시한 두 번에 걸쳐 측정된 재인 수행에 대한 변량분석 결과, 영상차원과 시청순서 사이의 상호작용 효과 [$F(1, 44) = 8.60, MSe = 85.04, p < 0.01$]와 영상차원과 성차 사이의 상호작용 효과 [$F(1, 44) = 13.26, MSe = 85.04, p < .01$]가 모두 통계적으로 유의하였다.

먼저 영상차원과 시청순서 사이의 상호작용 효과(그림 3의 좌측)를 세부적으로 살펴보기 위해 각각의 시청순서 집단별로 두 영상차원 조건에서의 정확재인률에 대해 paired t-검증을 실시한 결과, 2D → 3D 집

단에서는 영상차원에 따른 정확재인률에서 유의한 차이가 발견되지 않은 반면 [$t(23) = 1.11, ns$], 3D → 2D 집단에서는 3D 영상에 대한 정확재인률이 2D 영상에 대한 정확재인률에 비해 상대적으로 더 높았다 [$t(23) = -2.59, p < .05$].

영상차원과 성차 사이의 상호작용 효과(그림 3의 우측)에 대해 각각의 두 가지 영상차원 조건에 따라 성별로 정확재인률에서 차이가 있는지 독립집단 t-검증을 실시한 결과, 2D 조건과 3D 조건 모두에서 통계적으로 유의한 정확재인률에서의 성차가 관찰되었다. 즉, 2D 조건에서는 남자 실험참가자에 비해 여자 실험참가자가 더 높은 정확재인률을 보인 반면 [$t(46) =$

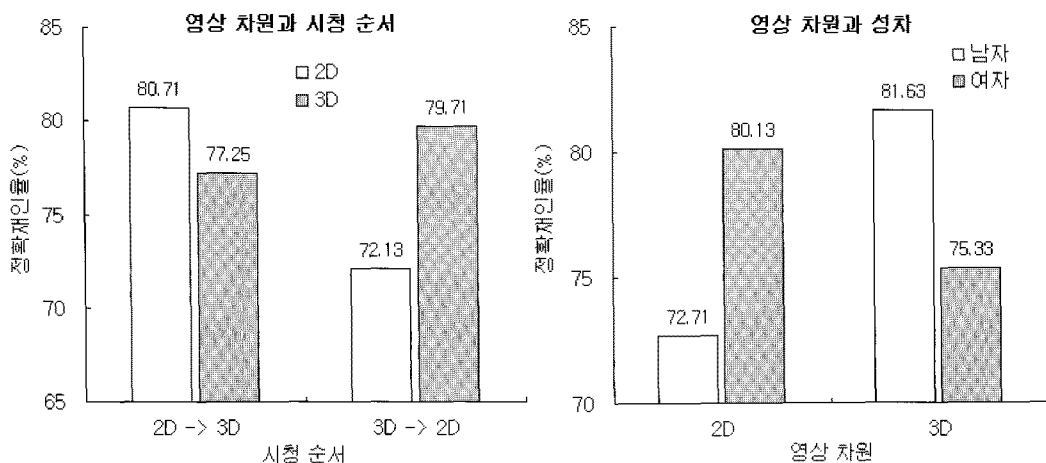


그림 3. 정확재인률에 대한 영상차원과 시청순서 사이의 상호작용 효과(좌측 그래프)와 영상차원과 성별 사이의 상호작용 효과(우측 그래프)

-2.16, $p < .05$], 3D 조건에서는 이와는 반대로 남자 실험참가자가 여자 실험참가자들에 비해 유의하게 더 높은 수준의 정확재인률을 보였다($t(46) = 2.49, p < .05$].

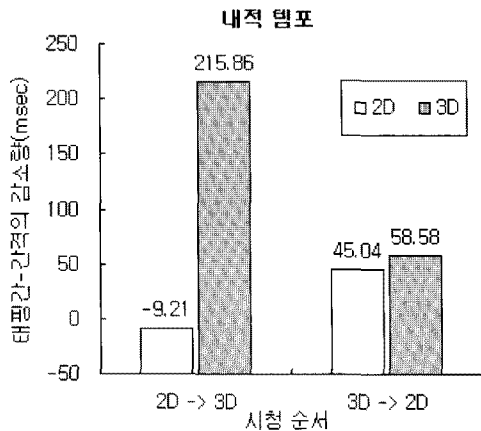


그림 4. 내적템포에 대한 영상차원과 영상 시청 순서 사이의 상호작용 효과

3.3. 각성수준(내적템포) 변화량

각 영상 시청 조건에서 두 가지 영상을 시청하기 이전과 이후의 실험참가자들의 각성 수준을 비교하기 위해 영상 시청 이전과 이후의 태핑간 간격(태핑당 소요시간)에서의 변화량으로 측정된 내적템포에 대한 변량분석 결과, 영상차원 변인의 주효과($F(1, 44) = 4.59, MSe = 74496.40, p < .05$)가 통계적으로 유의하였다(그림 4). 영상차원의 주효과가 통계적으로 유의했던 것은 실험참가자들의 내적템포 변화량이 2D 영상을 시청한 전후에 비해 3D 영상을 시청한 전후에 더 많이 증가하였기 때문이다(다시 말해, 3D 시청 조건에서는 3D 영상을 시청하기 이전에 비해 시청 이후에 태핑의 수가 더 증가하여 태핑간 간격이 더 빨라졌다).

그러나 영상차원에 따른 내적템포 변화량에서의 이러한 차이는 영상차원별로 시청순서를 어떻게 설정하였는지도 동시에 고려하여 기술되어야 할 것으로 보인다. 각각의 시청순서별로 영상차원에 따른 내적템포에서의 변화량을 분석한 결과, 영상차원에 따른 내적템포 변화량은 3D → 2D의 시청순서 집단에서는 차이가 없었던 반면($t(23) = -.22, ns$), 2D → 3D 집단에서는 유의한 차이가 관찰되었기 때문이다($t(23) = -2.41, p < .05$). 이러한 결과는 일반적으로 2D 영상에 비해 3D 영상을 시청한 이후에 내적템포가 더 빨라지는 하지만 내적템포에서의 이러한 변화는 3D 영상

을 시청한 다음 2D 영상을 시청한 경우보다는 그 반대의 순서로 영상을 시청한 경우에 국한될 수 있다는 것을 시사한다.

특히 두 가지 시청순서 조건 각각에 대해, 그리고 실험참가자들의 성차에 대해 1부 영상물 시청 종료 후의 내적템포와 2부 영상물 시청 시작 이전의 내적템포를 비교해보는 것도 필요할 것이다. 왜냐하면(비록 1부와 2부 영상물 시청 사이에는 최소한 24시간의 시간 간격을 두었다 하더라도) 1부 영상물 시청 이전과 2부 영상물 시청 이후의 내적템포에서 크게 차이가 있다면 영상시청에 따른 시청자의 각성수준 지표로서 내적템포 측정치가 갖는 신뢰도에 문제가 있다는 것이고, 이것은 궁극적으로 이 종속변인이 각성수준을 타당하게 반영하는 지표가 될 수 없기 때문이다. 따라서 1부 영상물 시청 이전과 2부 영상물 시청 이후의 내적템포 차이를 계산하여 시청순서와 성차를 독립변인으로 일원변량분석을 실시하였다. 그 결과, 두 시점에서의 내적템포 차이에 대해 영상 시청순서의 주효과($F(1, 44) = 0.89, MSe = 222983.21, ns$)나 성차의 주효과($F(1, 44) = 0.008, MSe = 222983.21, ns$), 그리고 이 두 가지 변인 사이의 상호작용 효과($F(1, 44) = 1.07, MSe = 222983.21, ns$)가 모두 통계적으로 유의하지 않음을 확인하였다. 따라서 실험참가자들의 내적템포는 1부 영상물 시청 이후와 2부 영상물 시청 이전에 큰 차이가 없고 영상 시청에 따른 내적템포에서의 차이는 영상물 시청 자체에 의한 것이라 할 수 있을 것이다.

4. 논의

본 연구에서는 DVD로 작성된 특정 영화를 전통적 방식의 2D 영상과 색광안경을 착용하고 경험할 수 있는 3D 영상으로 제시한 후 이 두 가지 영상차원이 시청자의 생리적/인지적 측면에 떠한 영향을 미치는지 살펴보기 위해 수행되었다. 이를 위해 영상차원, 2D와 3D의 영상 시청순서, 그리고 실험참가자의 성차를 독립변인으로 조작하고, 이에 따른 주관적 피로감, 재인 기억 수행, 그리고 내적템포로 측정된 각성 수준을 분석하였다.

본 연구의 결과와 논의점들을 정리하면 다음과 같다. 첫째, 주관적 피로도 측정치들 중에서 속 울렁거림 요인과 신체적 통증 요인은 영상차원 변인을 제외한 다른 분석에 대해서는 유의한 차이를 보이지 않았

으나, 눈통증, 시청중단 욕구, 그리고 상호립 등과 같은 요인들은 3D 영상을 먼저 시청하고 그 다음 2D를 시청한 집단에 비해 그 반대의 순서로 영상을 시청한 조건에서 일관적으로 더 높았고, 특히 후자의 시청순서 조건에서는 여자 실험참가자들에 비해 남자 실험참가자의 상호립에 대한 주관적 피로도가 더 높게 보고되었다.

속 울렁거림이나 신체적 통증 요인들은 안구 자체에서의 피로와 직접적으로 관련되지 않는 요인이기는 하지만, 본 연구 결과는 3D 영상시청에 이러한 요인들도 중요한 종속측정치가 될 수 있음을 시사한다. 또한 2D → 3D의 시청순서 집단에 비해 3D → 2D의 시청순서 집단에서 시각적 피로도가 더 높았던 것은 (실험참가자들의 3D 영상에 대한 경험이 2D 영상에 대한 경험에 비해 많지 않을 것이라는 것을 가정하면) 2D → 3D의 시청순서 집단의 경우 2회기에서의 3D 영상에 대한 흥미 혹은 새로움 등과 같은 요인들 때문에 2회기에서의 3D 영상 시청에 대한 시각적 피로도가 낮아진 반면, 3D → 2D의 시청순서 집단의 경우 이러한 효과가 1회기에 이미 반영이 되었기 때문에 2회기에서의 2D 영상에 대한 시청에서 상대적으로 더 높은 수준의 시각적 피로감을 경험하였을 가능성이 있다(그러나 이러한 해석과는 달리 3D 차원에 대한 주관적 피로도가 일관적으로 더 높았다는 점을 감안하면 이에 대한 또 다른 해석도 가능할 것이다. 이 가능성에 대해서는 아래에 기술되었다).

특히 남녀 모두 2D 영상에 비해 3D 영상에서 더 높은 수준의 주관적 상호립 점수를 보고하기는 하지만, 남자 실험참가자들에 비해 여자 실험참가자들의 경우 2D 영상과 3D 영상 각각에서 경험하는 상호립에 대한 주관적 평가의 차이가 더 크다는 점은 흥미있는 결과이다. 이러한 차이에 대한 한 가지 가능한 설명은 공간적 자극을 처리하는데 남녀 사이의 시각적/인지적 방략이 다를 수 있고(예를 들어, Saucier et al, 2002), 이러한 처리 방략에서의 차이가 두 가지 영상차원과 성차 사이에 상호작용 효과를 가져올 수 있다는 것이다.

공간지각에서의 성차를 연구한 많은 연구들에 따르면 공간적 정보를 처리할 때 남성은 주어진 장면이 갖는 전체적 참조틀이나 전반적인 구조 혹은 맥락적인 정보를 활용하는 반면, 여성은 주어진 정보를 계열적 방식으로(예를 들어, 정해진 경로나 순서에 따라 탐색하는 방식으로), 그리고 부분적인 특정 정보(예를 들어, 이정표와 같은 특정 대상)에 의존하여 처리하고

자 하는 방략을 선택하는 경향이 강하다(Lawton et al. 1996; O'Laughlin & Brubaker, 1998). 본 실험에서 각 영상 장면에서 제시되는 다양한 정보나 내용에 대한 재인과제 수행을 실험참가자들에게 요구했다는 점뿐만 아니라 공간정보 처리에서의 이러한 성차를 고려하면 여자 실험참가자들은 2D 영상에 비해 공간정보가 더 풍부하게 제공되는 3D 영상에 대해 더 많은 시각적 처리 부담을 경험하였을 것이고, 이것이 궁극적으로 상호립과 같은 시각피로도의 수준을 높였을 가능성이 있을 것이다.

둘째, 영상에 포함된 내용에 대한 재인 수행은 영상 시청순서와 성차에 따라 그 차이의 정도가 동질적이지 않았다. 다시 말해, 2D → 3D 집단에서는 1회기에 시청한 2D 영상과 2회기에 시청한 3D 영상에 대해 정확재인률에서 차이가 없었던 반면(80.7% vs. 77.25%), 반면 3D → 2D 집단에서는 2D에 비해 3D 영상에 대한 정확재인률이 상대적으로 유의하게 더 높았다(79.7% vs. 72.1%). 그림 3의 좌측 그래프를 보면 전반적으로 1회기에서 먼저 시청한 두 차원의 영상에 대한 정확재인률이 2회기에서 나중에 시청한 두 영상차원에 대한 정확재인률에 비해 더 높은 것으로 보이는 하지만(즉, 두 가지 영상차원을 구분하지 않고 먼저 혹은 나중에 시청했는지의 여부에 따라 두 영상차원을 통합할 경우 평균 정확재인률은 1회기에서는 78.9%, 2회기에서는 75.9%였다), 이러한 차이는 통계적으로 유의한 수준은 아니었고($F(1, 44) = 1.94$, $MSe = 115.91$, ns), 따라서 영상차원과 시청순서 사이에서 관찰되는 상호작용 효과는 어떤 내용의 영상을 먼저 시청하였는가 보다는 어떠한 영상차원 순서로 영상을 시청하였는지에 기인한 것이라 할 수 있다(다시 말해, 이것은 1회기에서 2D 혹은 3D로 시청한 영상 내용에 대한 재인과제와 2회기에서 시청한 두 가지 차원의 영상 내용에 대한 재인과제 사이에서 난이도는 유의하게 다르지 않았다는 것을 시사한다).

시청 내용에 대한 재인 기억 수행에서 특히 주목되는 부분은 시청자의 성별에 따른 재인 수행에서의 차이이다. 즉, 2D 조건에서는 성차에 따른 정확재인률의 차이가 유의하지 않았으나, 3D 조건에서는 남자 실험참가자가 여자 실험참가자들에 비해 유의하게 더 높은 수준의 정확재인률을 보였는데, 이것은 공간능력이 여성에 비해 남성이 더 우월하다는 기존의 연구 결과들과 유사한 패턴을 보이는 결과이다. 그러나 지금까지 실제 일반인들이 경험하는 영화와 같은 영상

물을 통해 영상차원에 따라 남녀 사이의 공간지각 능력에서의 차이가 기존의 연구와 일관적으로 관찰될 수 있는지의 여부(즉, 이러한 영상에 대한 두 가지 차원에 대해서도 남성의 공간적 지각능력이 상대적으로 더 우수한지의 여부)는 아직 보고되지 않았다는 점을 고려하면 본 연구는 컴퓨터 그래픽을 이용한 2D 혹은 3D 실험자극의 범위를 넘어 일상적으로 경험할 수 있는 영상물에 대해서도 공간지각 능력에서의 성차에 따른 차별적 우세성을 살펴볼 수 있는 결과를 얻었다는 점에서 의미가 있을 것이다.

셋째, 각 영상 시청 조건에 따른 실험참가자의 각성 수준(내적템포)을 반영하는 태핑당 소요 시간에서의 변화량을 분석한 결과, 실험참가자들의 내적템포는 2D 영상을 시청한 전후에 비해 3D 영상을 시청한 전후에 더 많이 증가하였고, 특히, 이러한 차이는 2D → 3D 집단에서만 관찰되었다. 이러한 결과는 3D 영상이 전반적으로 시청자의 각성 수준을 높이기는 하지만, 이러한 경향은 영상차원 자체보다는 3D 영상과 대비되는 2D 영상에 대한 시청 경험이 각성 수준의 변화에 중요한 요소임을 시사한다.

그러나 실험 조건에 따른 내적템포에서의 변화량과 주관적인 시각피로도 결과를 비교하면 내적템포 변화량에 대한 해석에 한 가지 고려해야 할 측면이 있다. 즉, 영상차원에 따른 주관적 시각피로도도 2D 영상에 비해 3D 영상에서 일반적으로 더 높게 보고되는 경향이 있는 반면, 시청자의 각성 수준을 나타내는 내적템포는 2D → 3D 집단에서 3D 영상차원 조건에서 더 크게 증가하였는데, 이러한 결과는 내적템포에서 변화를 야기한 원인이 (앞의 결과 부분에서 기술된 바와 같이) 시청자의 흥미나 관심 등에 의한 각성 자체의 효과 때문인지, 아니면 시각피로도 증가에 따른 짜증감과 같은 정서적 측면에 의한 것인지 알기 어렵게 한다. 각성과 피로 사이의 관계는 일반적으로 말하기 곤란하지만(예를 들어, 공중전과 같은 위험하고 난이도 높은 과제를 수행할 때는 각성 수준과 피로 수준이 모두 높을 것이지만, 파분한 과제 수행은 각성 수준은 낮추는 대신 지루함에 따른 피로감은 더 높일 수 있을 것이다), 대체적으로 각성과 피로는 부적인 관련성을 가진다는 점을 고려하면 본 연구에서 관찰된 영상차원에 따른 시각피로도 및 각성 사이의 정적 관련성의 원인을 좀 더 구체적으로 살펴볼 필요가 있을 것이다. 이에 대한 한 가지 가능한 해결 방법은 (본 실험에서는 채택하지 않았지만) 실험 종료 후 시청자

들의 짜증감이나 흥미 수준을 파악할 수 있는 질문지와 같은 추가적 방법을 사용하여 영상 시청 후 시청자의 주관적 정서 상태를 파악해 보는 것이 포함될 수 있을 것이다.

본 연구는 지금까지 많이 다루어지지 않았던 3D 영상에 대해 인간공학적 관점에서 시청자의 시각적/인지적 측면에 미치는 효과를 실험적으로 관찰하였다는 점에서 의미가 있을 것이다. 또한 영상차원들을 어떠한 순서로 시청하는지가 영상차원 자체보다 더 중요한 요인이 될 수 있다는 것을 밝힘으로써 추후 연구에서 이 점이 중요하게 고려되어야 한다는 시사점도 제시되었다. 구체적으로, 기존의 연구들이 영상차원의 순서를 달리했을 때 공간능력에서의 차별적 훈련 효과를 관찰하였다는 것(예를 들어, Zavotka, 1987)을 고려하면, 영상차원의 제시 순서는 훈련이나 교육장면에서 중요하게 다루어져야 하는 변인이 될 수 있을 것이다. 특히 본 연구에서는 두 영상차원들의 제시 순서에 따라 시각피로도 뿐만 아니라 제시된 영상 내용에 대한 재인 수행도 달라질 수 있고, 또한 성차에 대해서도 두 가지 영상 차원의 제시 순서가 차별적인 효과를 가질 수 있다는 것이 관찰되었는데, 이러한 결과들은 기존 연구에서와 같이 영상 차원의 제시 순서 효과를 실험 과정에서 통제하여야 하는 가외변인으로 간주하기 보다는 그 자체를 하나의 변인으로 조작함으로써 각각의 영상 차원이 갖는 심리적 효과를 좀 더 다양한 관점에서 살펴보아야 한다는 것을 시사한다.

그러나 본 연구에서는 영상 시청에 따른 실험참가자의 수행을 좀 더 객관적인 지표인 신경생리학적 차원에서 검증하지 못한 것이 아쉬운 점이다. 이형철(2009)이 지적하였듯이, 3D 영상 시청이 시청자에 미치는 영향을 좀 더 수렴적이고 객관적으로 파악하기 위해서는 수행 변화나 차이에 대해 주관적 보고 방법 뿐만 아니라 뇌파나 피부전도 반응 측정치와 같은 신경생리학적 변인들도 함께 고려하는 것이 바람직할 것이다. 그리고 본 실험에서 3D 영상을 제공하는 환경이 급변하는 영상매체의 발전 속도에 비추어 보면 어느 정도 보완해야 할 필요성도 제기된다. 예를 들어, 본 실험에서 3D 영상을 제공하기 위해 사용한 모니터의 크기가 작다는 점이나 섹광안경을 착용하고 3D 영상물을 시청하도록 한 점 등은 3D 영상물에 대한 최근의 기술이나 환경을 제대로 반영하지 못한 측면이 될 수 있을 것이다. 특히 이 두 가지 요인 모두는 3D 영상 시청과 관련된 시각피로도 및 밀접한 관련

성이 있다는 점을 고려하면 추후 연구에서는 실험장 치나 실험도구에 대한 현실성을 좀 더 개선해야 할 필요가 있을 것이다.

또한 본 연구에서 3D 영상 시청조건에만 색광안경을 착용하도록 하였는데, 색광안경의 착용으로 인한 불편감 자체가 두 가지 영상차원에서 관찰되는 시청자의 생리적/인지적 측정치 사이의 차이를 가져올 수 있다는 가능성을 가정하면 2D 영상 조건에서도 인위적으로 색광안경을 착용하도록 하는 절차도 고려되어야 할 것이다. 물론 여기에는 실험이 실제 세계에서와 자연스러움(즉, 실제 세계에서 2D 영화를 시청할 때 시청자들이 색광안경을 착용하는 경우는 매우 드물 것이다)과 가외변인(본 실험의 경우 두 가지 영상차원 중 3D 영상 시청조건에서만 색광안경을 착용하였다는 것) 통제라는 두 가지 요구조건 사이의 교환적 득실관계(trade-offs)가 존재한다. 일반적으로 사람들이 2D 영상을 시청하는 경우 색광안경을 착용하지 않는다는 점을 감안하여 본 실험에서의 2D 조건에서 색광안경의 착용없이 일상적인 형태로 2D 영상을 시청하도록 한 것은 연구에서의 자연스러움을 더 강조하고자 하였기 때문이다. 그럼에도 불구하고 앞에서 기술한 색광안경 착용여부가 갖는 혼입적 효과를 배제할 수 없기 때문에 추후 연구에서는 색광안경의 착용여부가 갖는 효과도 좀 더 구체적으로 살펴볼 필요가 있을 것이다.

참고문헌

- 감기택, 이형철, 이승현 (2009). 시각적 피로도에 영향을 미치는 시청거리와 깊이방향의 운동속도. *감성과학*, 12(2), 169-180.
- 이형철 (2008). 3차원 디스플레이 유발 피로감을 정량적으로 측정할 수 있는 주관적인 시각적 피로감 측정방법 및 장치. *공개특허 10-2009-0079089*.
- 이형철 (2009). 3D 휴먼팩터 연구방법론: 시각피로를 중심으로. *인포메이션 디스플레이*, 10(3), 24-30.
- Bastanlar, Y., Canturk, D., & Karacan, H. (2007). Effects of color-multiplex stereoscopic view on memory and navigation. *2007 3DTV Conference, Kos, Greece, May 7-9*.
- Baudouin, A., Vanneste, S., Isingrini, M., & Pouthas, V. (2006). Differential involvement of internal clock and working memory in the production and reproduction of duration: A study on older adults. *Acta Psychologica*, 121, 285-296.
- Barnett, M. A., Vitaglione, G. D., Harper, K. K. G., Quackenbush, S. W., Steadman, L. A., & Valdez, B. S. (1997). Late adolescents' experiences with and attitudes toward videogames. *Journal of Applied Social Psychology*, 27, 1316-1334.
- Bleich, S., Dykes, J., & Nebiker, S. (2008). Evaluating the Effectiveness of Representing Numeric Information Through Abstract Graphics in 3D Desktop Virtual Environments. *The Cartographic Journal*, 45(3), 216-226.
- Emotoa, M., Nojirib, Y., & Okano, F. (2004). Changes in fusional vergence limit and its hysteresis after viewing stereoscopic TV. *Displays*, 25(2-3), 67-76.
- Gur, R., Alsop, D., Glahn, D., Petty, R., Swanson, C., Maldjian, J., Turetsky, B., & Detre, J. (2000). An fMRI study of sex differences in regional activation to a verbal and a spatial task. *Brain and Language*, 74, 157-170.
- Hagura, M., Nakajima, M., Owaki, T., & Takeda, T. (2006). Study of asthenopia caused by the viewing of stereoscopic images: measurement by MEG and other devices. *Proceedings of SPIE 6057*, 192-202.
- Jones, C. M., Braithwaite, V. A., & Healy S. D. (2003). The evolution of sex differences in spatial ability. *Behavioral Neuroscience*, 117(3), 403-411.
- Lambooi, M., IJsselsteijn, W., Fortuin, M., & Heynderickx, I. (2009). Visual discomfort and visual fatigue of stereoscopic displays: A review. *Journal of Imaging Science and Technology*, 53(3), 030201-030201-14.
- Lawton, C. A., & Morrin, K. A. (1999). Gender differences in pointing accuracy in computer-simulated 3D mazes. *Sex Roles*, 40, 73-92.
- Lawton, C. A., Charleston, S. I., & Zieles, A. S. (1996). Individual and gender related differences in indoor wayfindings. *Environment and Behavior*, 28(2), 204-219.
- Li, H., Seo, J., Kham, K., & Lee, S. (2008). Measurement of 3D visual fatigue using event-related potential (ERP): 3D oddball paradigm. *3DTV Conference, Istanbul, Turkey, May 28-30*.

- Linn, M. C., & Petersen, A. C. (1985). Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: A meta-analysis. *Child Development, 56*, 1479-1498.
- Meehan, M. (2000). An objective surrogate for presence: Physiological response. *The 3rd Annual International Workshop on Presence, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands*, March 27-28.
- Noah J. Sandstrom, N., Kaufman, J. Huettel, S. (1998). Males and females use different distal cues in a virtual environment. *Cognitive Brain Research, 6*, 351-360.
- O'Laughlin, E. M., & Brubaker, B. S. (1998). Use of landmarks in cognitive mapping: gender differences in self report versus performance. *Personality and Individual Differences, 24(5)*, 595-601.
- Rafía, A., Anuarb, K., Samadb, A., Hayatib, M., & Mahadzira, M. (2005). Improving spatial ability using a Web-based Virtual Environment(WbVE). *Automation in Construction, 14*, 707-715.
- Sandstrom, N. J., Kaufman, J., Huettel, S. A. (1997). Males and females use different distal cues in a virtual environment navigation task. *Cognitive Brain Research, 6*, 351-360.
- Saucier, D. M., Green, S. M., Leason, J., MacFadden, A., Bell, S., & Elias, L. J. (2002). Are sex differences in navigation caused by sexually dimorphic strategies or by differences in the ability to use the strategies? *Behavioral Neuroscience, 116(3)*, 403-410.
- Tavanti, M. & Lind, N. (2001). 2D vs 3D, implications on spatial memory. *Proceedings of the IEEE Symposium on Information Visualization 2001 (INFOVIS'01)*.
- Vanneste, S., Pouthas, V., & Wearden, J. H. (2001). Temporal control of rhythmic performance: A comparison between young and old adults. *Experimental Aging Research, 27*, 83-102.
- Voyer, D., Voyer, S., & Bryden, P. (1995). Magnitude of sex differences in spatial abilities: A meta-analysis consideration of critical variables. *Psychological Bulletin, 117(2)*, 250-270.
- Ware, C. (2000). *Information Visualization: Perception for Design*. Morgan Kaufmann, Los Alcos, CA.
- Zavotka, S. L. (1987). Three-dimensional computer animated graphics: A tool for spatial skill instruction. *Educational Technology Research and Development, 35(3)*, 133-144.

원고접수 : 10.08.02

수정접수 : 10.11.30

게재확정 : 10.12.08