Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 28, No. 4 pp.91-99, November 2009

웹 기반의 시각적 스트레스 증후군 선별에 관한 연구

장 영 건

청주대학교 컴퓨터정보공학과

A Study of Web based Screening for Visual Stress Syndrome

Young Gun Jang

Department of Computer & information Engineering, Chongju University, Chongju, 360-764

ABSTRACT

A visual stress may provoke migraine, cephalalgia, intervene a long term reading and learning capability and reduce the productivity of a laborer who uses computer for a good while. In this study, a web based screening tool for visual stress was developed, it applied to 72 visually normal young persons in parallel with traditional questionnaire about symptoms of visual stress. To estimate visual stress, It is proposed to measure difference of visual search time of Han Gul characters as targets between visual stressful pattern and non-visual stressful pattern as global background of characters. As a result of test, 5 subjects were screened whose mean visual search time in the stressful pattern with 6 CPD spatial frequency increase significantly more than in none stressful pattern(t-test, one-tailed, p=1.0407×10^{-11}). 2 of them were diagnosed as mild visual stress syndrome in the clinic. None had visual distortion and 50% of subjects had visual discomfort in results of the questionnaire. Correlation between visual search time increase rate and normalized number of visual discomfort may be slight(C. coefficient=0.1355). This study may contribute as a basic research for screening person with migraine, visual reading disabilities and VDT syndrome. It is required to apply the test to visual reading disabilities, migraine with visual distortion and/or visual discomfort as well as normal person for higher reliability of the screening tool.

Keyword: Web based screening, Visual stress, Visual search time, Screening tool

1. 서 론

시각적 스트레스란 용어는 쓰는 사람의 관점에 따라 달라진다. 안과학적인 관점에서는 시각적 시스템의 불완전한 기능의 결과로 발생하며, 충분히 교정이 가능하다고 본다. 그러나 시각적 스트레스는 시각 기능이 정상적인 사람에서도 발생하며, 빛 공포증(photophobia)이나 광과민성 증후군과 밀접하게 관련되어 있다. 시각적 스트레스의 증상과 징표는 특정한 시각적 이미지 즉 선들의 기하학적 패턴에 대한 반응에서 발견할 수 있다. 시각적 스트레스는 뇌가 특정한 이미지에 과부하되어 발생하며, 대뇌피질에 있는 신경세포가 너무 강하게 자극을 받아 다른 세포들을 부적절하게 자극하여 발생한다(Wilkins, 2003). 문자들도 선들의 기하학적 패턴으로 볼 수 있어, 책, 컴퓨터, 핸드폰 등에서 문자를 읽을 때 시각적 스트레스가 발생할 수 있으며, 심할 경우 편두통이나 읽기 장애를 유발할 수도 있다.

시각적 스트레스는 편두통, 어지럼증, 읽기 능력의 저하

교신저자: 정영건
주 소: 360-764 충북 청주시 상당구 내덕동 36번지, 전화: 043-229-8494, E-mail: ygjang@cju.ac.kr

등을 유발하며, 증상의 경중에 따라 전체 인구의 5~20%에서 발생한다고 알려져 있다(Wilkins, 2003). 국내 대전지역의 학생 1,177명을 대상으로 주의력결핍, 과잉행동과 시지각 능력을 설문조사한 연구에 의하면 전체 학생의 12.7%가 주의력결핍 · 과잉행동 중복 의심군으로 분류되며, 주의력결핍 · 과잉행동은 시지각 영역1(독서능력 및 독서할 때 불편한 증상) 및 시지각 영역2(광과민성, 주변인식능력, 입체감)와 유의한 상관성을 갖는다고 보고하였다(김영미 2006). VDT 증후군의 증상 중에 눈의 이물감, 충혈, 눈부심, 두통, 편두통, 만성적인 피로감 등은 시각적 스트레스의 증상과 일치하며, 상당한 상관관계가 있을 것으로 추정된다. Aarås (2007) 등은 시각적 스트레스가 컴퓨터 작업자의 어깨와 목의 통증과 상당한 상관관계가 있으며, 어깨나 목의 통증의 53%를 설명하였다고 보고하였다. 미국 인구의 12%가 편두통의 영향을 받고 있으며, 편두통이 상당한 정도로 시각적 스트레스와 관계가 있다(Huang et al., 2001; Welch et al., 2001).

시각적 스트레스에 대한 선별검사는 시각적 난독증 선별검사로 사용될 수 있으나, 시각적 스트레스가 있다고, 시각적 난독증이 있다고 판단할 수는 없다. 시각적 난독증에는 광과민성 증후군이라 불리는 증상이 있다. 광과민성의 경중과 병증과의 관계를 그림 1에 표시하였다.

그림 1. 광과민성의 경중과 병증과의 관계

시각적 난독증 선별검사로는 영국의 윌킨스의 읽기 속도 검사(Wilkins Reading Rate Test), 미국 얼렌(irlen)의 선별검사가 널리 알려져 있다. 두 검사의 공통점은 첫째, 색을 이용한다는 것, 둘째 문자 읽기의 속도와 오류 정도를 선별에 사용한다는 점, 셋째 시각적 결함에 관련된 증상에 대한 질문을 하여 그 응답을 선별 과정에 참고한다는 점이다. 그러나 질문 과정에서 질문을 받은 아동에게 잘못된 유도를 할 수 있고, 신뢰성이 없는 답변을 받을 수도 있다 (Northway 2003). 또한 아이들은 그 증상이 정상이라고 생각하는 경향이 있다. Irlen(1991)은 설문 중 3개 이상의 증상이 있으면, 시각적 스트레스의 일종인 광과민성 증후군이 의심된다고 하였다

시각적 스트레스는 여러 가지 다른 방법들로 측정될 수 있다. 그 중의 하나가 시각적 증상에 대한 질문을 하여 그 응답을 기록하는 것이다. 이 방법은 irlen(1991)에 의하여 제안되었고, Colon과 Hine(2000)에 의하여 평가되었다. 이들 증상들은 시각적 문자 왜곡과 읽기 과정에서 일어나는 전형적인 행위들을 포함한다. 읽기 속도와의 상관관계는 미약하지만, 일반적으로 시각적 스트레스를 많이 받는 사람은 읽기 속도가 느리다. Huang(2003) 등은 시각적 스트레스의 증상을 선들의 번짐, 선들이 떠다니는 현상, 선들이 지그재그로 엇갈리는 현상과 같은 시각적 왜곡과 어지럼증과 메스꺼움과 같은 시각적 불편으로 분류하여 측정하였다. 시각적 스트레스를 유발시키는 구형파 패턴을 공간주파수를 0.25에서 19.2cpd로 변화시켜가면서 5초간 일정하게 시각적으로 주목하게 하여 스트레스의 증상을 기록하였다. 그의 연구에서는 이 시험 환경에서 모든 편두통 환자들이 한 개 이상의 시각적 왜곡 현상을 경험하였다. 시각적 스트레스는 불쾌한 신체적 부작용, 읽기 과정에서 인지적, 성능적 어려움을 유발하는 것(Evans et al, 1996)으로 알려진 광과민성 증후군과 연관되어 있다. Wilkins(1995)는 광과민성 증후군을 가진 아이들에게 나타나는 현혹 현상이 패턴 관찰 작업에서 시각적 불편함을 보고한 어른들의 현상과 형태가 유사하다고 보고하였다. 읽기 어려움을 유발시키는 패턴은 양안 시각의 비정상성, 협조 및 집중 능력의 결함 때문에 발생하는 것으로 설명되었다(Blaskey et al., 1990; Evans et al., 1996). Wilkins(1984) 등은 공간주파수가 2에서 8 cycle deg−1인 그림 2와 같은 스트라이프 패턴을 볼 때, 다른 공간주파수의 패턴보다 더 큰 신체적, 인지적 부작용을 유발한다는 것을 발견하였고, Conlon(1993)은 2.5에서 4 cycle deg−1로 반복되는 스트라이프 패턴을 볼 때, 신체적, 인지적 부작용이 가장 증가하였다고 보고하였다. Huang (2001) 등은 편두통 환자와 정상인 각각 5명씩에 대한 시각적 스트레스 시험에서 정상인은 모두 시험을 마쳤지만 편두통 환자 5명 전부가 1−6 cycle deg−1의 공간주파수 범위의 신경을 거슬리는 구형파 패턴을 회피하였다고 보고하였다. Conlon(1998) 등은 정상 시각 또는 정상적 교정 시각을 가진 27명의 시험 참가자로 하여금 읽기 과정에서 특정한 위치에 있는 글자를 지정하도록 하여 시각적 추적 작업과 다양한 광역적 패턴들 사이의 관계를 평가하였다. 시험에 사용한 광역적 패턴은 글자 E를 사용하여 그림 3과 같은 구형파, 격자무늬, 장기판무늬 형태로 제공되었고, 시험 참가자는 10명이 경증, 9명이 중간 정도, 8명이 중증의 시각적 스트레스를 갖고 있었다. 시험 결과 구형파 패턴 형태에서 가장 큰 응답 시간이 소용되었고, 중증의 시각적 스트레스를 갖고 있는 그룹의 응답시간이 가장 길었다. 구형파 형태의 광역적 패턴은 눈의 시각적 추적 능력을 약화시키며, 해당 광역적 패턴과 눈의 응답시간 사이에는 상관관계가 있다고 결론을 내렸다. 그러나 그의 실험은 각 패턴 당 제공되는 글자의 수가 서로 달라, 글자가 많을수록 총 응답시간이

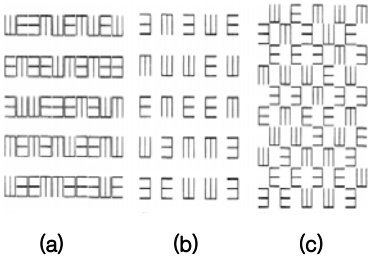
길어지는 문제가 있어, 시험 값의 신뢰도는 크지 않다고 판단된다. 그럼에도 불구하고, 스트레스 유발 정도가 다른 패턴 사이에는 시각적 추적 능력의 차이가 존재한다는 것을 보여주었다.

문서는 문서에 포함된 계층적으로 구조화된 복잡한 시각적 패턴의 조합으로 간주될 수 있다. 광역적 패턴은 크기, 유사성, 인접성 등에 의하여 집단적으로 형성된다(Murch, 1973). 광역적 패턴은 알파벳 문자에 의하여 형성되는 작은 글자들의 군집(Navon, 1977)이나, 다른 방향을 가진 패턴을 형성하는 일련의 줄(Hughes et al., 1984)들을 포함한다. 국지적 특징들은 패턴 내에 있는 개별적인 요소들이다. 광역적 요소들이 국지적 요소들의 처리를 방해할 수 있는지에 대한 연구(Navon 1977)와 국지적 또는 광역적 요소들이 포함된 자극들의 처리 속도를 향상시킬 수 있는 지에 대한 연구가 발표된 바 있다. 읽기 과정에서 인지적 처리는 문서의 다양한 부분에 향하는 주목 요소를 포함한다. 문서는 각 페이지의 모든 선들을 포함하는 광역적 특성, 문서의 개별적 줄, 줄 속에 포함된 단어, 단어를 형성하는 글자의 4 수준의 계층으로 분류되며, 가장 큰 주목은 개별적인 단어에 요구되며, 이 단어 수준의 용이성은 읽기 유창성에 가장 큰 영향을 준다(McConkie & Zola 1987). 문자들로 이루어진 페이지에 형성된 광역적 패턴은 읽기의 효율을 저해할 수 있다는 연구 결과(Wilkins & Nimmo-Smith 1984)가 발표되었다.

그림 2. 시각적 스트레스를 유발하는 스트라이프 패턴

본 연구에서는 증상 설문 방식의 문제점을 해결하고, 컴퓨터를 사용한 정량적인 검사척도를 도입하고자 Huang(2003)이 제시한 문서의 국지적 특성과 광역적 특성을 시각적 스트레스 유발과 시각적 추적시간 측정에 이용하는 방법을 제안하였다. 시각적 스트레스를 받으면 시각적 추적 능력이 약화되며, 결과적으로 시각적 추적시간이 길어지는 점, 시각적 추적시간의 측정은 시각적 자극과 이에 대한 피검자의 정반응으로 측정이 가능하다는 점을 이용한 것이다. 이 방법의 타당성을 검토하기 위하여 시각적 스트레스를 가한 상태와 가하지 않은 상태에서 시각적 추적시간을 측정하는 임상시험을 수행하고, 의학적인 정밀 진단의 결과와 비교하였다. 전통적인 증상에 대한 설문 방식을 병행하여 설문 방식의 타당성과 본 시험과의 관계를 검토하였다. 임상시험의 용이성과 편리성을 제공하고, 시험에 필요한 공간적 이동을 최소화하기 위하여 웹상에서 컴퓨터를 사용하여 검사를 수행할 수 있는 검사 도구를 개발하였다.

각 사업장에서는 유해요인조사를 하는 과정에서 무수히 많은 데이터를 수집하게 된다. 그러나, 일부 기업이나 단체에서는 아직도 분석용지에 의한 수작업으로 유해요인조사를 함으로써 시간이 많이 걸릴 뿐만 아니라 평가 자료를 효과적으로 활용하거나 관리하지 못하고 있는 실정이다.



(a) (b) (c)

그림 3. Condon(1988) 등이 실험에 사용한 패턴구조
(a)구형파 (b) 격자무늬 (c) 장기판 패턴

2. 연구 방법

시각적 스트레스가 있는 지를 검사하기 위하여 Huang (2003)이 제안한 문서의 국지적 특성과 광역적 특성을 이용하였고, 시각적 스트레스를 유발하는 패턴은 Wilkins (1984)의 스트라이프 패턴을 사용하였다. 시각적 스트레스의 상태를 시각적 불편 증상과 시각적 왜곡 증상의 발현으로 특징지어진다고 규정하였고, 이에 대한 설문을 실시하였다. 설문을 통하여 증상의 종류와 수를 조사하였으며 증상이 많을수록 시각적 스트레스가 증가한다고 추정하였다. 시각적 스트레스의 정도를 시각적 추적시간으로 측정하는 컴퓨터를 사용한 검사 도구를 개발하였다. 이 검사 도구는 20 페이지로 구성된 시험화면을 제공하며, 피검자의 반응에 따라 스트레스 정도를 판정한다. 문서의 광역적 특성으로써 시각적 스트레스를 유발하는 스트라이프 패턴을 배경으로 사용하는 그림 4와 같은 화면과 아무런 시각적 스트레스도 유발하지 않는 백색 배경을 가진 두 종류의 시험화면을 구성하였다. 시험화면은 자극 단어가 최상단에 배치되며, 자음과 모음 군이 상하로 구분된 한글 자판이 광역적 특성을 갖는 배경에 배치되도록 하였다. 제시된 자극 단어를 이루는 자음과 모음을 피검자가 순차적으로 한글 자판에서 찾아내어 각각 마우스로 클릭하여 맞추도록 하였으며, 맞는 순서

로 글자를 클릭하고 있는지는 피검자가 자극 단어 옆에 위치한 텍스트 박스에 클릭한 순서대로 문자가 나타나도록 하여 확인할 수 있다. 단어를 맞추었을 때는 그때까지 소요된 시간을 저장하고, 다음 시험화면으로 넘어가도록 하였다.

2.1 시험 참가자

시험 참가자는 모두 컴퓨터를 능숙하게 사용하는 20대의 남녀 대학생 72명(남자: 67명, 여자: 5명)으로 구성하였다. 따라서 마우스나 컴퓨터를 잘못 작동시켜, 시험 측정 결과에 영향을 미치는 요인은 거의 없다고 볼 수 있다. 참가자는 모두 정상적인 시각을 갖고 있거나, 교정 시각으로 정상이었다. 본 연구에서는 시각적 불편과 왜곡에 대하여 LCD 모니터화면에 설문을 제시하고, 증상 여부를 화면에서 답하도록 하였다. 시각적 불편과 왜곡 증상은 질문한 증상이 있다고 할 때 마다 점수를 1씩 증가시켰고, 최대 7점으로 하였다.

2.2 검사 도구의 개발

검사 도구는 마이크로소프트의 윈도우즈 XP 이상에서 동작하도록 설계하였다. DB서버는 MS SQL2005를, 웹 프로그램은 MS ASP.net을 사용하여 구현하였다. 검사 중 휴식을 위하여 제공되는 동영상이나 카툰은 Flash6.0을 사용하였다. 웹 서버는 IIS 6.0 이상에서 동작하도록 하였다.

시험화면은 디스플레이 장치의 해상도를 1280×1024 픽셀로 설정하였다. 시험에 사용한 모니터는 17인치 LCD 모니터인 SyncMaster CX701N이다. 화면의 크기는 337.92(수평) × 270.336(수직)mm이고, 픽셀 피치의 크기는 0.264mm(수평) × 0.264mm(수직), 최적 해상도는 1280 × 1024@60Hz이다. 스트라이프 패턴은 전체화면에 120개의 사이클로 배치하고, 제시한 LCD 모니터를 사용했을 때, 시험화면의 공간주파수는 약 5.9이다. 웹에서 접근할 때는 모니터의 크기에 따라 공간주파수가 변할 수 있다. 본 연구에서 설정한 스트라이프 패턴의 사이클을 적용할 경우 일반적으로 많이 사용되는 LCD 모니터의 크기 및 종류별 공간주파수의 값은 표 1과 같아 Wilkins가 제시한 가장 큰 시각적 스트레스를 주는 공간주파수의 범위인 2~8cycle deg−1에 모두 포함되었다. 웹에서 본 시험 페이지를 열 경우에는 반드시 기능키인 F11을 눌러 전체화면을 선택하고, 디스플레이 장치의 해상도를 1280×1024로 조정하여야 한다.

시험화면에는 자음 자판과 모음 자판이 나타나며, 상단 문자 박스에 자동으로 제시된 한글 2음절 단어를 각 자판에 있는 자음과 모음을 마우스로 클릭하여 형성하면 된다. 2

표 1. LCD 모니터 크기에 따른 공간주파수

모니터 종류	크기 inch	화면면적(mm^2)	공간주파수 cycles/deg
일반 LCD	15	304.1(H) × 228.1(V)	7
	17	337.92(H) × 270.33(V)	5.9
	29	376.32(H) × 301.056(V)	5.3
광폭 LCD	20	433.44(H) × 270.9(V)	5.9
	22	473.76(H) × 296.1(V)	5.4
	24	518.4(H) × 324(V)	4.9
	25.5	550.08(H) × 343.8(V)	4.7

음절 단어 중 한 문자는 반드시 종성 자음을 포함하도록 하였다. 따라서 마우스 선택은 최소 5번이며, 오류가 많을수록 마우스 선택 동작은 늘어나게 된다. 시작버튼을 누르거나, 자판에서 자음이나, 모음을 선택할 때, 자음 자판과 모음 자판의 배치 내용이 새로 갱신되어, 자판의 배치에 대한 사전 지식을 얻을 수 없도록 구현하였다. 자음 자판의 경우에는 자판이 19행 5열로 자판 간격이 없이 배열하였으며, 자판의 문자는 임의적 순서로 19개의 한글 자음이 5번 반복해서 배치된다. 모음 자판에는 ㅏ,ㅐ,ㅑ,ㅒ,ㅓ,ㅔ,ㅕ,ㅖ,ㅗ,ㅘ,ㅙ,ㅚ,ㅛ,ㅜ,ㅝ, ㅞ,ㅟ,ㅠ,ㅡ,ㅢ,ㅣ 의 21개 모음이 5열 21행에 5번 반복하여 임의의 순서로 배치된다. 이런 배치는 피검자가 마우스로 문자를 선택할 때마다 변하여, 하나의 시험 페이지가 완료될 때까지 5번 변한다. 따라서 피검자가 시험 페이지의 한글 자판의 배열을 외워서 마우스로 선택할 수 없게 하였다. 문자의 한글 폰트는 10포인트 굴림이고, 한 문자 자판의 크기는 24포인트×24포인트로 설정하였다. 아이들의 안구운동의 특징은 성인과 다르다. 진학 전 아이들은 성인에 비하여 좀 더 빈번한 짧은 급속 안구운동을 보이며, 안구를 고정시키는 동안에 이동 발생빈도가 높으며, 임의의 장면을 주목할 때, 안구운동이 덜 정확하다(Kowler & Martins, 1985). 따라서 문자 폰트와 문자에 대응하는 자판의 크기는 초등학교 용, 중고생 용, 성인용으로 달라질 필요가 있다.

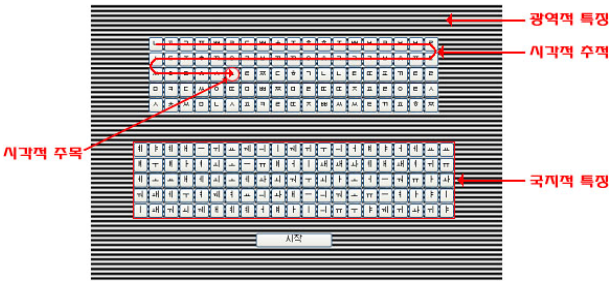


그림 4. 시각적 스트레스 유발패턴을 배경으로한 시험페이지의 구성

본 연구에서는 구현된 도구는 성인용으로 개발되었고, 스트레스 유발 패턴 시험화면과 비유발 패턴 시험화면 사이에 단어를 맞추기 위한 시각적 추적시간과 단어정확도의 평균값이 서로 다르다는 이론에 근거하여 시험을 수행한다.

2.3 시험에서의 주의점

편두통이나 간질을 심하게 앓고 있는 사람은 시험에 참여하면 안된다. 스트레스를 유발하는 패턴은 편두통이나 간질 증상을 심하게 유발할 수 있다. 특히 광과민성 간질은 특유의 증상이 나타나기 전에 시각, 청각, 후각에 관련된 예비 증상을 일으킬 수 있다. 편두통이나 간질이 없는 사람도 시각적 스트레스를 많이 받는 사람은 시험 중에 시각적으로 불편한 증상이 나타날 수 있으며, 두통 유발이나, 시각적 왜곡 현상이 커져 더 이상 시험을 수행하기 어려운 상태에 도달할 수 있다. 이때는 바로 시험을 중단하여야 하며, 시험이 종료되지 않았어도, 심한 시각적 스트레스 증후군자로 분류된다. 시험 관리자가 주위에 없을 때, 즉 온라인 시험과 같은 상황에서 이런 증상이 나타나면 모든 시험화면상에 있는 중단 단추를 누르고, 시험을 종료하여야 한다. 중단 단추는 화면 상단에 위치하며, 붉은 색 단추로 표시되며, 더 이상 시험을 수행할 수 없는 상태라는 것을 진단 시스템에 전달한다.

2.4 시험 절차 및 방법

시험 절차는 시험방법에 대한 설명, 시각적 증상에 대한 설문지 작성과 컴퓨터를 사용한 시각적 스트레스 측정의 3단계로 구성하였다. 본 연구에서는 시험방법에 대한 설명은 시험 참가자에게 직접 하였으며, 시각적 증상에 대한 설문과 시각적 스트레스 측정은 온라인으로 웹을 통하여 수행하였다. 증상에 대한 설문 내용은 증상이 시각적 스트레스와 긴밀하게 연관되지 않은 질문과 모호한 질문은 모두 포함시키지 않았다. 실제 미국의 irlen 센터에서 선별용으로 제시하는 증상 질문에는 "책을 읽을 때 페이지의 일부분을 차단하기 위해서 손가락이나, 표지기를 사용한다"와 같은 시각적 스트레스와 밀접하게 관계되지 않은 질문이 다수 포함되어 있다. 또한 같은 증상에 대한 설명이 연구자마다 다를 수 있다. 본 연구에서 사용한 증상 설문의 내용을 표 2에 표시하였다. 시험방법에 대한 설명은 시험 절차에 따라 시험을 수행하는 방법을 순차적으로 컴퓨터화면에서 예시하고, 간단한 실습을 수행하였다. 시험화면이 나타나는 모니터와 피검자의 눈과의 거리는 67Cm가 되도록 하고, 모니터가 양안의 중심에 오도록 피검자의 자세를 교정하여야 한다. 시험화면의 문자 정보는 모두 흑색이고, 배경은 백색이기 때문에 피검자가 모니터의 밝기와 명암을 모니터 메뉴에서 선택하고, 정해진 기준에 따라 스스로 조절하여 피검자가 최적의 상태에서 시험화면을 볼 수 있도록 하였다. 모니터는 디스플레이 장치의 해상도를 1280×1024 픽셀로 설정하였다. 피검자는 시험에 앞서 시각적 불편과 왜곡 증상 여부를 기록하도록 하였다. 이 기록을 사용하여, 시각적 스트레스의 유무와 경중을 추정하였다.

시각적 스트레스 측정 시험은 스트레스 비유발 패턴 시험화면 5페이지, 유발 패턴 시험화면 10페이지, 비유발 패턴 시험화면 5페이지의 순서로 총 20페이지로 구성하였다. 스트레스 비유발 패턴 시험화면에서 유발 패턴 시험화면으로 전환할 때와 유발 패턴 시험화면에서 비유발 패턴 시험화면으로 전환할 때, 피검자가 충분히 휴식을 취하도록 하기 위하여 게임화면을 삽입하였다. 각 시험화면에서 단어를 맞추지 못할 경우 다음 시험화면으로 전환되지 않기 때문에 피검자가 자신이 올바로 글자를 입력하고 있는지를 충분히 인식하여야 한다. 각 시험화면에서는 단어에 대한 시각적 추적시간의 합뿐만 아니라, 틀리게 입력한 글자의 수가 지속적으로 누적되어 시각 추적 능력의 정확도를 판단하는데 사용된다. 단 시각적 추적시간에는 마우스를 이동시켜 클릭하는 시간까지를 포함하기 때문에 순수한 시각적 추적시간이라고는 볼 수 없다. 그러나 모든 시험화면에서 마우스 동작 요소가 적용되고, 스트레스 유발 패턴에서와 스트레스 비유발 패턴에서의 시각적 추적시간의 차이가 중요하므로, 마우스 조작 요소 시간은 서로 상쇄되어 중요하지 않다. 시험이 종료되면, 각각의 스트레스 유발 패턴 시험화면과 비유발 패턴 시험화면에서의 시각적 추적시간과 오류 여부가 서버에 저장된다. 서버에서는 피검자의 이름과 검사 시작시간으로 정보를 저장하여, 여러 번 검사하여도 각각의 기록을 모두 확인할 수 있다.

3. 연구 결과

3.1 통계데이터의 결정

Q_1, Q_3 피검자 각각에서 얻어진 20개의 시험데이터(시각적 추적시간) 중에서 이탈 값을 제외하고, 통계처리를 하였다. 이탈 값은 극단적 관측치를 말하며, 본 실험에서는 너무 빠른 응답을 보인 데이터와 너무 늦게 얻어진 데이터를 말한다. 너무 빠른 시각적 추적시간을 얻은 경우는 문자판을 본 순간에 우연히 요구되는 자모를 바로 찾은 경우에 발생할 수 있으며, 시각적 추적 과정이 생략되어 데이터 처리에 포함하지 않는 것이 좋다. 너무 늦게 찾은 경우에는 주의력이 분산되었거나, 실험에 흥미를 잃고 다른 생각을 하는 경

우에 발생할 수 있다. 이 경우도 시각적 추적시간이 실제 관측한 값에서 차지하는 비중이 작아 처리 데이터에서 배재하는 것이 좋다. 본 논문에서는 이탈 값이 있는지를 시험하는 방법으로써 다음과 같은 시험방법을 사용하였다. 얻어진 데이터에서 하위와 상위 4분위수 Q_1, Q_3를 구한 다음에 데이터가 다음 식의 범위 밖에 있으면 이탈 값이 된다.

$$N = [Q_1 - k(Q_3 - Q_1), Q_3 + k(Q_3 - Q_1)] \quad (1)$$

이 때 k는 임의로 정할 수 있으나, 본 논문에서는 1.5를 사용하였다.

3.2 시험 결과

3.2.1 증상 설문 결과

검사에 참여한 72명에 대하여 표 2와 같은 설문을 한 결과를 표 3에 표시하였다. 시각적 왜곡 증상은 피검자 중 1명만이 있다고 응답하였으나, 시험 결과를 보고 인터뷰한 결과 평소에 이러한 증상이 있는 것이 아니라 시각적 스트레스를 유발시키는 배경화면이 포함된 시험 중에 이 증상이 발생하였다고 답하였다. 이러한 결과는 Huang(2003) 등이 본 시험에서 사용한 스트레스 유발 패턴과 유사한 패턴을 시각적 자극으로 가할 때 정상인 6명 중에 4명이 경험한 시각적 왜곡 현상과 일치한다. 그러나 본 시험과 같은 목적을 갖고 설문을 할 때는 평소에 일어나는 증상에 대한 설문이라는 증상 발생 환경에 대한 설명을 할 필요가 있다는 것을 시사한다. 설문조사에서 시각적 불편 증상 수의 평균은 0.806(SD:0.882)이다. 조사 대상의 50%가 하나 이상의 시각적 불편 증상이 있고 19명(26.4%)이 2개의 증상이 모두 있다고 답하였다. 이 결과만으로 진단 후보군을 선별하기에는 큰 비율이라고 판단된다. 증상이 있다고 답한 사람 36명 중에 22명이 시각적 스트레스 패턴배경에서 시각적 추적시간이 증가하여 61%의 부합도를 보였으나, 15% 이상 증가한 사람은 11명으로 30.5%에 불과하였다. 이러한 결과는 WRRT를 원용하여 시험한 박승환(2007) 등의 연구에서 Irlen(1991)의 14개의 불편 증상과 Wilkins(2003)의 4개의 시각적 왜곡 증상을 묻는 설문에 시각적 왜곡 증상은 전무한 반면 불편 증상은 평균 4.3개의 증상이 있다고 답하였으나, 5% 이상의 읽기 속도 향상을 보인 인원은 33.3%인 3명이였다는 연구 결과와 일맥상통한다. 참가자의 76%가 눈이 붉게 변하고, 눈 피로 증상이 있었지만, WRRT에서 5%이 상의 읽기 속도 향상을 보인 인원은 참가자의 37%였다는 Evans(2002) 등의 결과와도 부합된다. 시각적 추적시간의 증가율은 증가가 되지 않은 경우 0으로 처리하였다.

설문에 사용한 시각적 왜곡 증상과 불편 증상을 증상 당 1점으로 하여 총 증상 수에 대한 나타난 시각적 불편의 증상 수의 비율과 시각적 추적시간 증가율과의 산포도는 그림 5와 같으며 상관계수는 0.1355로 상관관계가 미약하다고 볼 수 있다. 따라서 시각적 불편 증상만으로 시각적 스트레스를 선별하는 지표로 사용하기는 신뢰성이 낮으며, 선별 대상이 너무 확대되는 문제점이 있으나, 시각적 추적시간 지표의 보조수단으로는 의미가 있다고 판단된다. 시각적 왜곡 증상은 본 시험에서 나타나지 않아, 상관관계가 도출되지 않았다.

표 2. 증상에 대한 설문 내용과 출처

설문 번호	증상에 대한 설문 내용	시각적 증상 종류	설문출처	
			Singleton, 2007	Wilkins, 2003
1	읽을 때 글자가 떠다니는가?	왜곡	○	○
2	읽을 때 글자가 번지거나 흐려지는가?	왜곡	○	○
3	글자줄 사이의 흰색 공간이 강물과 같은 패턴을 이루는가?	왜곡	○	
4	글자들이 너무 가깝게 붙어 있거나, 떨어져 있는가?	왜곡		○
5	검은 글자에 대하여 백색 면에 섬광이 생기는가?	왜곡	○	○
6	오랫동안 읽을 때 눈이 쓰리거나 피곤해지는가?	불편	○	○
7	오랫동안 읽을 때 두통이 오는가?	불편	○	

표 3. 증상에 대한 설문 결과

증상	증상번호	출현율(%)
시각적 왜곡	1	1.4
	2	
	3	1.4
	4	
	5	1.4
시각적 불편	6	50.0
	7	29.2

3.2.2 시험 결과

시험 결과 스트레스 유발 패턴에서 나타난 시각적 추적시간의 증가는 평균 4%로 경미하였으나, 스트레스 유발 패턴에 영향을 받는 추적시간이 증가한 사람들의 증가율 평균은 16.6%(SD: 0.113)으로 적지 않았다. 시각적 추적시간이 증가한 비중은 전체 피검자 72명 중 39명으로 54%였다. 따라서 정상인도 스트레스 유발 패턴의 영향으로 독서 속도가 감소할 수 있음을 알 수 있다. 시각적 추적시간이 증가

한 39명의 증가율을 표준화하여, 5단계로 증가율 수준을 정하고, 각 단계에 속하는 시험 참가자 수를 히스토그램으로 표현하여 그림 5에 표시하였다. 그림에서 보듯이 수준이 증가할수록 단조 감소하였고, 증가율 상위 20%에 속하는 인원은 총 5명이었다.

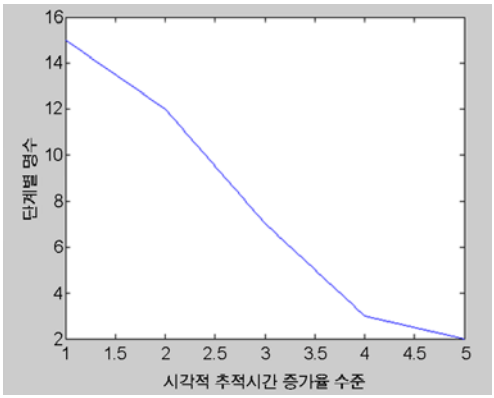


그림 5. 시각적 추적시간이 늘어난 시험참가자(39명)의 증가율 수준별 히스토그램

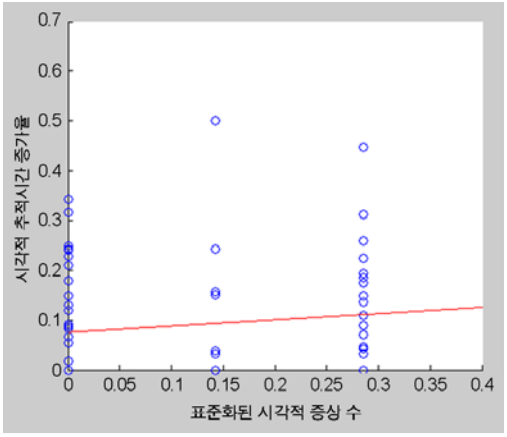


그림 6. 시각적 증상 수와 추적시간 증가율의 산포도

그림 7에 정체 피검자 72명의 시각적 추적시간 증가율과 표준화된 시각적 불편 증상의 개수를 표시하였다. 시각적 추적시간이 줄어든 경우는 스트레스 패턴의 영향을 받지 않는 것으로 추정하여 모두 0으로 처리하였다. 추적시간이 30% 이상 늘어난 피검자는 5명((6.9%)으로 증가율 수준의 상위 20%와 일치하여 시각적 스트레스 증후군의 후보군으로 선별하였다. 시각적 추적시간의 증가율을 기준으로 시각적 스트레스 의심 군과 정상 군을 선별한 결과를 표 4에 표시하였다. 시각적 스트레스 정상군과 의심군 사이에 t 검정을 수행한 결과, 정상군이 의심군보다 시각적 추적시간이 늘어날 관측된 유의 수준은 1.0407×10^{-11}로 나타났다(단측 검정, $p<0.05$). 의심군 5명에 대한 정밀 진단을 전문병원에 의뢰한 결과, 5명 중 2명이 경증의 시각적 스트레스 증후군으로 진단되었다. 난독증을 가진 22명과 정상인 22명을 대상으로 시각적 스트레스 자극 패턴에 대한 시각적 추적시간을 측정한 Singleton(2007) 등이 제시한 시험 결과에서는 난독증을 가진 사람과 정상인 중 경증의 시각적 스트레스를 가진 사람들의 시각적 추적시간 증가율 평균이 각각 29.65%, 19.67%이었고, 중증의 시각적 스트레스를 가진 사람들의 시각적 추적시간 증가율의 평균은 각각 122.9%, 62.92%였다. 본 연구에서는 시각적 스트레스 의심군을 선별하는 것이 목적이었고, 정상인을 대상으로 한 것으로 의심군 평균인 38.4%는 Singleton의 중증과 경증 스트레스군 평균의 중간에 위치한다.

표 4. 시각적 스트레스 의심군과 정상군의 선별 결과

	전체	시각적 스트레스 정상군	시각적 스트레스 의심군
시험 참가자 수	72	67	5
표준화된 시각적 증상수	0.115 (0.1261)	0.113 (0.1256)	0.143 (0.143)
시각적 추적시간 증가율	0.09 (0.1174)	0.068 (0.0857)	0.384 (0.0851)

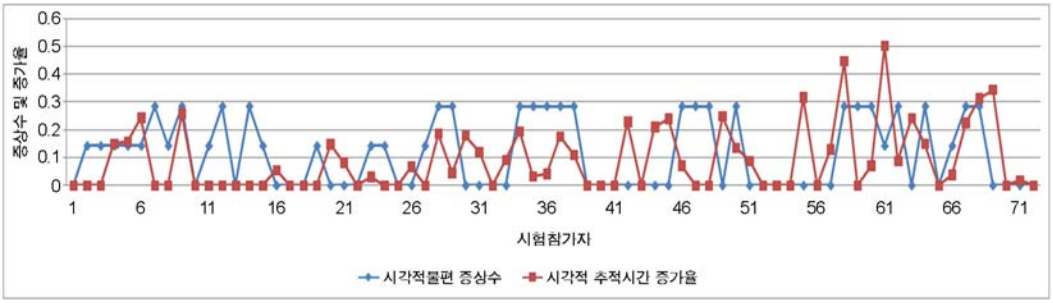


그림 7. 시험참가자의 개별적 시각적 추적시간 증가율과 증상 수

3.3 시험의 타당성 검토

시험 참가자의 전부가 사전에 시각적 왜곡 증상이 없다고 답하였고, 시각적 불편 증상은 평균 0.806(SD : 0.882)개가 있다고 답하였다. 최종적으로 병원에서 경증의 시각적 스트레스 증후군으로 판정된 두 명 중 1명은 시각적 불편 증상이 없었고, 1명은 1개의 불편 증상이 있었다. 시각적 추적시간의 증가율과 시간적 불편 증상과의 상관성은 낮아 보이며(상관계수 0.1355), 시각적 스트레스 유발 패턴을 사용하여 시각적 왜곡 및 불편 증상의 유발 여부를 시험한 Huang (2001)의 연구에서 편두통 시험 참가자 모두가 시각적 왜곡 증상을 경험한 반면, 정상인 시험 참가자 모두는 시각적 왜곡 증상을 경험하지 않은 것, Wilkins(2003)와 Singleton의 설문에서 시각적 불편 증상의 비중이 상대적으로 작은 것으로 유추하면, 시각적 스트레스에 대한 선별에서 시각적 왜곡 증상이 스트레스와의 관련성이 상대적으로 높으며, 시각적 불편 증상은 관련성이 적다고 판단된다. 시각적 스트레스 선별 기준으로서 시각적 불편 증상의 비중을 어떻게 설정해야 하는 지는 좀 더 많은 시험이 필요할 것으로 판단된다. 증상 유무로만 구분한 Wilkins와는 달리 이 문제에 대한 접근 방법으로 왜곡 증상과 불편 증상을 5단계로 나누어 항상 발생하는 경우 4점, 전혀 없는 경우를 0점으로 처리한 Singleton의 경우를 참고하여 증상 설문 방식을 보완할 필요가 있다고 판단된다. 본 시험의 결과로써, 시각적 불편 증상의 수를 선별에 반영할 수 있는 근거는 없다.

시험 참가자 모두 시각적 스트레스가 없는 배경의 첫째 단계와 둘째 단계, 시각적 스트레스를 유발하는 배경시험 3가지 모두의 첫째 시험에서 모두 유난히 짧은 추적시간이 검출되었다. 이러한 시험 결과는 단계가 바뀔 때나, 처음 시험을 시작할 때는 충분히 휴식을 취하고, 유난히 집중력이 강해진다고 볼 수밖에 없다. 따라서 시험 도구에서 시작버튼을 다음버튼으로 변경하였다. 즉 해당 페이지에서 시작을 눌러 시간 측정을 시작하는 대신에 해당 페이지의 측정이 끝난 다음, 다음 시험 페이지로 넘어가는데 휴식이나, 다음 시험을 시작할 상태가 되어야 다음 버튼을 눌러 다음 단계로 넘어 갈 수 있게 시험 도구의 운용 방법을 바꾸었다. 시험 참가자의 시험데이터 모두에서 각 단계별 첫째 시험 결과를 통계처리에서 배제하였다.

시각적 스트레스가 없는 배경에서 측정된 시각적 추적시간의 표준편차를 그림 8에 표시하였다. 이 표준편차의 평균은 4.03으로 평균 16초에 비하여 매우 크다. 이러한 현상은 시각적 스트레스가 있는 환경에서도 마찬가지다. 그 원인은 추적 대상인 문자판에 배치된 한글 자모의 개수가 너무 많아 문자판의 좌측 최상단부터 문자를 지그재그로 추적하는 대신에 임의의 위치로부터 추적을 할 가능성이 있고, 문자를 선택할 때마다 임의적으로 문자판의 한글 자모의 위치가 변경되기 때문에 나타나는 위치에 따라 추적시간이 차이가 크기 때문이다. 문자를 추적하는 패턴을 일률적으로 만들기 위해서는 같은 자모가 나타나는 횟수를 현재의 3번에서 한번으로 줄일 필요가 있다. 특히 각 시험 페이지에서 스트레스 유발 패턴과 비유발 패턴에서 문자가 나타나는 위치가 같아야 시각적 추적시간을 같은 조건에서 비교할 수 있을 것이다. 만일 시험의 횟수가 크게 늘어난 다면, 즉 스트레스 유발 패턴과 비유발 패턴에서 제시되는 단어의 개수가 크게 늘어난다면 평균하여 이러한 효과를 줄일 수 있으나, 시험시간은 10~20분 정도가 피검자가 시험에 집중하는 시간으로 적절하기 때문에 이 방법은 부적절하다. 본 실험에서 사용한 선별 도구는 임의의 위치에서 문자가 발생하며 스트레스 유발 패턴과 비유발 패턴에서 발생한 답에 대한 문자판에서의 위치를 일치시키지 않아 이 조건을 만족시키지 않았다. 이 방식을 사용하려면 스트레스 유발 패턴에서의 시험화면 수와 비유발 패턴에서의 시험화면 수가 동일하여야 한다. 추후에 선별 도구는 이러한 문제점이 개선될 필요가 있다.

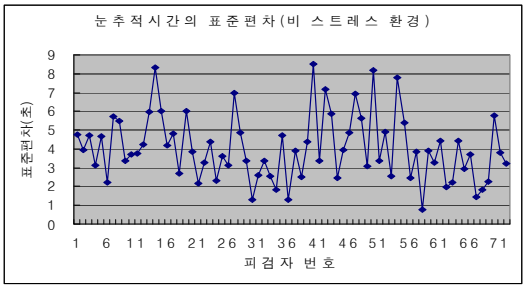


그림 8. 스트레스가 없는 환경에서의 시각적 추적시간 표준편차

4. 결론 및 검토

시각적 스트레스를 시각적 스트레스 유발 패턴과 비유발 패턴을 광역적 배경으로 제시된 단어를 마우스로 클릭하여 단어를 완성시키는데 소요되는 시각적 추적시간의 증가율로 추정하는 방법을 고안하였고, 고안된 방법을 컴퓨터로 구현하여 웹 서버에 장착하였다. 시각 기능이 정상인 20대 남녀 72명에게 시험을 수행시킨 결과 스트레스 유발 패턴에서 시각적 추적시간이 평균 4% 증가하였고, 39명(54%)이 시각적 추적시간이 증가하였다. 피검자중 시각적 추적시간이 30% 이상 증가한 비율은 6.9%로 시각적 스트레스 의심군으로 선별되어(t 검정, $p=1.0407\times10^{-11}$), 전문병원에 진

단을 의뢰한 결과 5명 중 2명이 경증의 시각적 스트레스 증후군으로 진단되었다. 설문조사에서 조사 대상의 50%가 하나 이상의 시각적 불편 증상이 있었고, 증상이 있다고 답한 사람 36명 중 22명이 시각적 스트레스 유발 패턴 배경에서 시각적 추적시간이 늘어나 61%의 부합도를 보였으나, 표준화한 시각적 증상 수와 시각적 추적시간 증가율과의 상관계수는 0.1355에 불과하였다. 본 연구에서는 시각적 왜곡 증상이 발견되지 않았다. 시각적 불편 증상만으로 시각적 스트레스를 선별하기에는 신뢰성이 낮으며, 선별 대상이 너무 확대되는 문제점이 있으나, 선별의 보조수단으로는 의미가 있다고 판단된다. 개발된 선별 도구는 스트레스 비유발 패턴과 유발 패턴에서 측정된 시각적 추적시간이 모두 표준편차가 커서, 시각적 추적시간이 나타나는 문자의 위치에 매우 민감하다는 것을 보여주었고, 두 패턴 사이에 답에 대응하는 문자 위치를 일치시킬 필요성을 발견하였다. 이 문제를 해결하면 좀 더 신뢰성이 있는 시험이 가능해질 것이다. 선별의 신뢰성을 높이기 위해서는 일반인뿐만 아니라, 시각적 스트레스 환자, 시각적 왜곡 및 불편 증상을 갖는 두통이나 편두통 환자들을 포함한 시험이 요구된다.

참고 문헌

김영미 등, 대전 소재 학생의 주의력결핍·과잉행동과 시지각 능력의 조사, *대한시과학회지*, 8(1), 85-99, 2006.

박승환, 최훈일, 장영건, 색 오버레이를 사용한 시각적 정보처리 결함을 갖는 난독증 학습장애 선별, *특수교육저널*, 8(4), 313-336, 2007.

Aarås, A., et al, Can visual disconport influence on muscle pain for visual display unit (VDU) workers?, *Pro. of the 39th Nordic Ergonomics Society Conference*, 2007.

Blaskey, P., et al, The effectiveness of Irlen lenses for improving reading performance: A pilot study, *Journal of learning disabilities*, 23, 604-610, 1990.

Conlon, E. G., *A model of visual discomfort and its implications for efficient reading*, PhD thesis, University of Wollongong, Australia, 1993.

Conlon, E., Lovegrove, W., et al, The effects of visual discomfort and pattern structure on visual search, *Perception*, 27, 21-33, 1998.

Conlon, E. and Hine, T., The influence of pattern interference on performance in migraine and visual discomfort groups, *Cephalalgia*, 20(8), 708-713, 2000.

Evans, B. J., Wilkins, A. J., et al, A preliminary investigation of the aetiology of Mears Irlen syndrome, *Journal of ophthamic and physiological optics*, 16, 286-296, 1996.

Kowler, E. and Martins, A. J., Eye movements of preschool children, *Science*, 215, 997-999, 1985.

Huang, J., et al, Pattern-induced visual stress and cortical activation in migraine patients, *NemoImage*, 13(6), 2001

Huang, J., et al, Visual Distortion provoked by a Stimulus in Migraine Associated With hyperneuronal Activity, *Headache*. 43, 664-671, 2003.

Hughes, H. C., et al, Global precedence in visual pattern recognition, *Perception & Psychophysics*, 35, 362-371, 1984.

Irlen, H., Reading by the colors, Penguin Group Inc. 1991.

McConkie, G. W., and Zola, D., *Visual attention during eye fixations while reading, in Attention and performance volume XII Ed.* M Coltheart, 385-401, 1987.

Murch, G. M, *Visual and auditory perception*, Indianapolis, IN: Bobbs-Merrill, 1973.

Navon, D., Forest before trees? the precedence of global features in visual perception, *Cognitive Psychology*, 9, 353-383, 1977.

Northway, N., Predicting the continued use of overlays in school children a comparison of the developmental eye movement test and the rate of reading test, *Ophthalmic & physiological Optics*, 23, 457-464, 2003.

Singleton, C. and Henderson, L., Computerized screening for visual stress in children with dyslexia, *Dyslexia*, 13, 130-151, 2007.

Welch, K., et al., Visual stress-induced migraine aura compared to spontaneous aura studied by magnetoencephalography, *Journal of Headache Pain*, 2, S131-S136, 2001.

Wilkins, A. J., *Visual stress*, Oxford university press, 1995.

Wilkins, A. J., et al., A neurological basis for visual discomfort, *Brain*, 107, 989-1017, 1984.

Wilkins, A. J. and Nimmo-Smith I., On the reduction of eye strain when reading, *Ophthalmology and physiological optics*, 4, 53-59, 1984.

Wilkins, A., *Reading Through Colour*, John Wiley & Sons Ltd. 2003.

◐ 저자 소개 ◑

❖ 장 영 건 ❖ ygjang@cju.ac.kr

인하대학교 전자공학과 박사

현 재: 청주대학교 컴퓨터정보공학과 교수

관심분야: 시각정보처리, HCI, 보조공학

논 문 접 수 일 (Date Received) : 2009년 08월 05일

논 문 수 정 일 (Date Revised) : 2009년 11월 09일

논문게재승인일 (Date Accepted) : 2009년 11월 16일