

Evaluation of an Ergonomic Gaze Fixation Induction Method for Improving the Accuracy of Visual Field Testing

Jihyung Lee¹, Baekhee Lee¹, Sungho Kim¹, Jaheon Kang², and Heecheon You¹

¹Department of Industrial and Management Engineering, POSTECH, Pohang, 790-784

² Kyung Hee University International Medical Service, Seoul, 134-727

ABSTRACT

Objective: 본 연구는 시야검사(visual field examination) 시 피검사자의 시선을 효과적으로 고정시켜 검사의 정확성을 향상시킬 수 방법을 개발하고 평가하였다. **Background:** 시야검사는 시신경의 기능성을 정량적으로 측정하는 장비로 시선을 한 곳에 고정시킨 상태에서 수행된다. 그러나 기존 시야계는 의미 없는 단순한 점을 시선고정용 시표로 사용하고 있어, 검사가 진행되는 약 6분 동안 피검사자의 시선을 효과적으로 고정시키는데 한계가 있었다. **Method:** 본 연구는 20 ~ 30대 남녀 총 60명을 대상(남:녀 = 1:1)으로 basic dot(●), alphanumeric, color changing dot, 그리고 flashing dot 방법을 사용하여 시야검사 시 시선고정 성능 및 주관적 만족도 평가를 수행하였다. 시선고정 성능은 시선고정 오류율(fixation loss rate), 거짓 시표 반응률(false positive error rate), 그리고, eye tracking data 기반의 시선 이동거리의 총합(total gaze distance)를 활용하여 평가되었다. 주관적 만족도는 시선고정 용이성, 눈피로도 그리고, 전반적 만족도 세 가지 항목에 대해 7 point-Likert-scale을 사용하여 평가되었다. **Results:** flashing dot은 시선 집중도가 basic dot(●)에 비해 2.4배 향상 되었고, 시선고정 용이성 측면에서 1.5배 주관적 만족도가 높은 것으로 평가되었다. **Discussion:** 보다 정확한 시야검사 결과를 얻기 위해, 시선고정 유도방법은 flashing dot을 사용하는 것이 선호되는 것으로 파악되었다. **Application:** 본 연구에서 선정된 시선고정 유도방법은 적용 가능한 기존 시야계와 신규 개발될 시야계에 탑재되어 보다 정확한 시야 평가에 유용하게 활용될 것으로 기대된다.

Keywords: Visual field test, Gaze fixation induction method, Eye tracking, Glaucoma

1. Introduction

시야 검사는 피검사자가 시선고정용 시표에 시선을 고정시킨 상태에서 수행되어야 검사의 정확성이 높다. 시야 검사는 시신경이 감지할 수 있는 최소 밝기를 부위별로 측정하는 검사로 녹내장 진단을 위한 주요 검사이다(Dersu et al., 2006). 피검사자의 시신경 부위별 정확한 측정을 위해서는 검사가 진행되는 동안 시선을 시선고정용 시표에 유지시켜야 하는데, 시선이 이동하게 되면 측정하고자 하는 부위가 아닌 다른 부위의 시야가 측정되어 결과를 신뢰하기 어렵다(Lee et al., 2013; Figure 1).

시야는 시야계를 사용하여 측정되는데, 기존 시야계는 피검사자의 시선을 한 곳에 유지시킬 수 있는 방법이 부재하다. 시야계 내부에는 검사가 진행되는 동안 검사 진행자의 지시에 따라 피검사자가 주시해야 되는 시표가 탑재되어 있다. 기존 시야계의 시선고정용 시표의 형태는 의미 없는 검은색 dot이나 색상에 변화가 없는 노랑 또는 빨간색 LED가 탑재되어 있다(Figure 2).

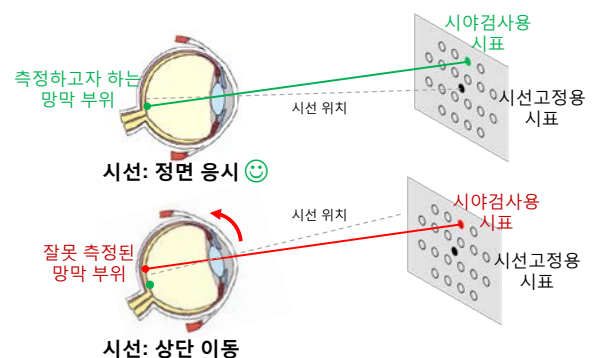


Figure 1. The problem of fixation loss

시야 검사는 단안별 5 ~ 10분 정도 소요되는데, 피검사자가 의미 없는 표식을 보면서 자발적으로 시선을 유지하는 것은 상당히 어렵다(Lee et al., 2013).

본 연구는 피검사자의 시선을 효과적으로 고정시킬 수 있는 방법을 개발하고 그 성능을 평가하였다.

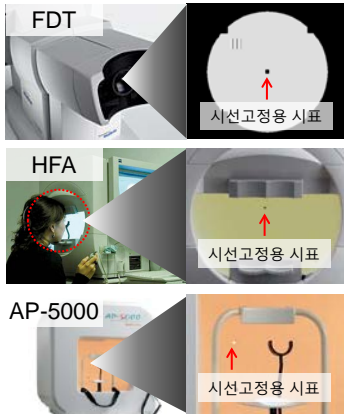


Figure 2. Gaze fixation induction methods

첫째, 피검사자의 시선을 유도할 수 있는 시각적 요소를 파악하여 시선고정용 시표를 개발한다. 둘째, 개발된 시선고정용 시표의 성능과 주관적 만족도를 평가한다. 마지막으로, 시선고정용 시표에 따른 피검사자의 시선 분포 특성을 파악한다.

2. Method

2.1 Gaze fixation target

본 연구는 피검사자의 시선을 효과적으로 고정시키기 위해 color changing dot, alphanumeric, 그리고 flashing dot 방법을 개발하였다. 첫째, color changing dot은 시야검사용 시표가 제시될 때 시선고정용 dot의 색상이 5가지 색상 빨강, 노랑, 초록, 파랑, 그리고 보라로 바뀌는 방법이다. 둘째, alphanumeric은 시야검사용 시표가 제시될 때 5개의 알파벳 A, B, C, D, 그리고 E가 무작위 순서로 바뀌는 방법이다. 마지막으로, flashing dot은 시야검사용 시표 제시와 관계 없이 4Hz로 깜박이는 dot을 제시하는 방법이다 (Figure 3).

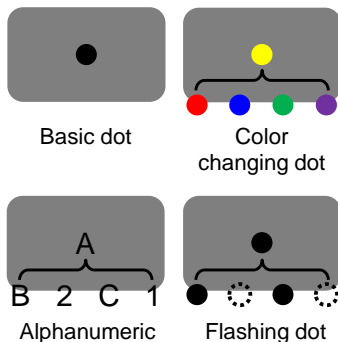


Figure 3. Gaze fixation induction methods

2.2 Hardware

시선고정 유도방법 평가 장치는 PC monitor, 입력 keypad, ViewPoint Eye tracker®, 그리고 head positioner (Arrington Research Inc., USA)로 구성된다(Figure 4). 첫째, PC monitor(27 inch, QH270-IPSM, Achieva Korea; pixel pitch = 0.233 mm)는 피검사자의 시야를 측정하기 위한 시표를 제시하는데 사용되었다. 둘째, 입력 keypad는 피검사자가 monitor 화면에 제시되는 시표를 인지하고 확인 여부를 입력하는데 사용되었다. 마지막으로 head rest는 피검사자의 이마와 턱을 고정시켜 피검사자의 eye tracking data를 보다 정확히 측정할 수 있도록 하였다.

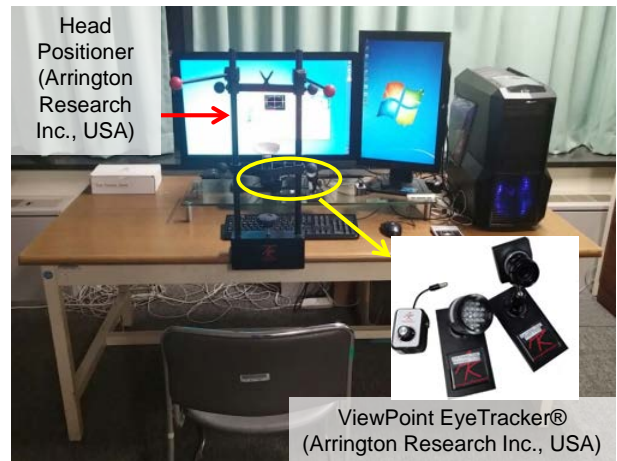


Figure 4. Eye fixation performance testing system - hardware

2.3 Software

본 연구에서 사용된 software는 임상에서 시야검사에 주로 사용되고 있는 24-2 threshold test 방법(Carl Zeiss MediTec, 2005; Paolo, 2006)을 기반으로 다양한 시선고정 유도방법을 선택하여 시야 평가를 수행할 수 있도록 설계되었다(Figure 5). 시야검사영역은 시선고정용 시표를 중심으로 상하 24°, 좌우 30°내 영역으로 설정되었고, 시야 평가용은 시표사이 시야각을 6°로 하는 주변시표 54개로 구성되어 있고 시선고정 신뢰성 평가를 위해 맹점시표 1개가 추가로 구성되었다. 시선고정 성능평가 실험에서 제시되는 총 시표의 개수는 시야검사용 시표 54개의 각 1회와 시선고정오류율(fixation error rate, %) 측정을 위한 맹점시표 10회, 그리고 거짓 시표 반응률(false target responded rate, %) 측정을 위한 거짓시표 10회를 합하여 총 74회 제시되는 시표들이 무작위 순서로 제시되었다. 각 시표의 제시간격은 Humphrey® Field Analyzer II-i series (HFA, Carl Zeiss MediTec.)의 시표 제시간격과 동일한 1초로 적용되었다.

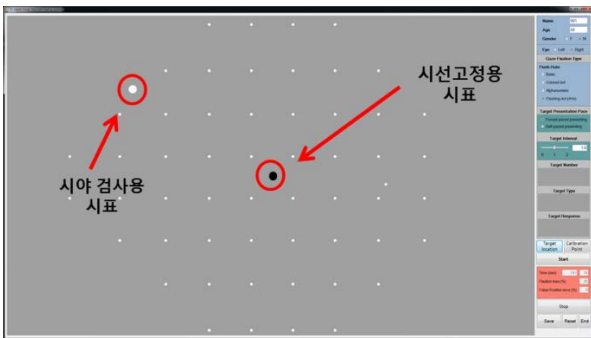


Figure 5. Eye fixation performance testing system – software

2.4 Experiment

시선고정 성능평가 실험은 실험 준비, 시야검사 연습, 시야검사, 그리고 debriefing 순서로 구성된 4단계 실험절차에 따라 시야결손이 없고 교정시력 0.7이상인 정상인 10명(평균연령: 22.6세; 연령범위: 21 ~ 23)을 대상으로 진행되었다(Figure 6). 실험 준비 과정은 실험참여자를 대상으로 실험 설명 및 동의서 작성, 안내 착용 및 안면 고정, 그리고 시선 추적 장비 조정과정으로 구성되어 있다. 연습 과정은 실험참여자가 시야검사에 익숙해질 수 있도록 수행하는 과정이다. 시야검사 과정은 시선고정 성능 평가, 주관적 만족도 평가, 휴식으로 구성되어 있다. 시선고정 유도방법의 성능은 실험참여자가 확인하지 못한 시표 수(# missing target, NMT), 시선고정 오류율(fixation loss rate, FLR), 거짓 시표 반응률(false positive error rate, FPER), 그리고 시선 이동경로의 총합(total gaze distance, TGD)으로 평가되고, 주관적 만족도는 시선고정 용이성, 눈피로도, 그리고 만족감에 대해 평가되었다. 시선고정 실험에서 실험참여자는 시선고정용 시표 유형별 3회 반복 실험을 수행하였다. 마지막으로 사후 설문을 통해 새로운 시선고정 방법에 대한 실험참여자의 의견을 수집하였다.

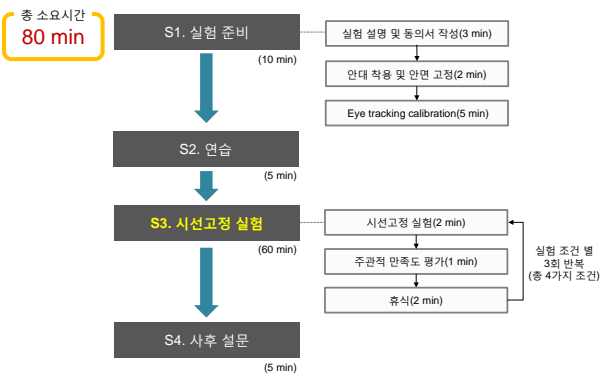
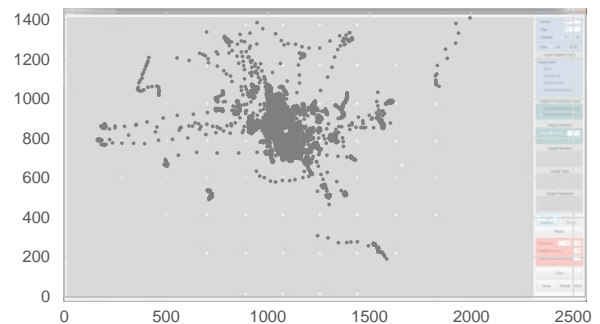


Figure 6. Experimental procedure

3. Results

3.1 Gaze fixation performance

실험참여자가 확인하지 못한 시표 수는 시선고정 유도방법에 관계없이 평균 4개($SD = \pm 1.6$)를 놓치는 것으로 나타났다. 시선고정오류율과 거짓 시표 반응율은 모든 방법에서 10% 미만으로 나타났으며 시선고정 유도방법에 따른 차이도 나타나지 않았다. 시선



이동경로의 총합은 Flashing dot이 가장 적은 것으로 분석되었다(Figure 7 참조).

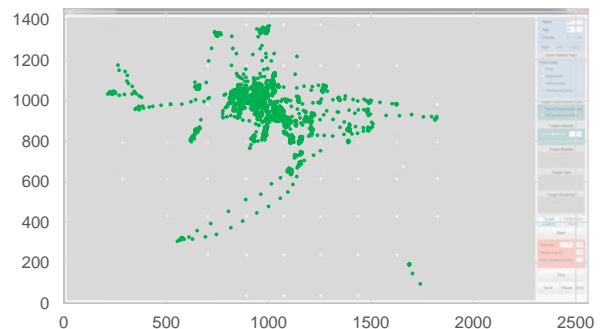
(a) Basic dot

(b) Flashing dot

Figure 7. The plotting of total gaze distance

3.2 Subjective evaluation

시선고정 용이성이 가장 우수한 것으로 평가된 시선고정 유도방법은 flashing dot으로 나타났다. 그러나 눈 피로도 측면에서는 변화가 없는 basic dot이 선호되는 것으로 평가되었다. 마지막으로 네 가지 시선고정 유도방법에 대한 실험참여자들의 전반적 만족도는 flashing dot, color



changing dot, alphanumeric, 그리고 basic dot 순서로 평가되

었다.

4. Discussion

본 연구는 피검사자가 시야 검사를 통해 측정하고자 하는 시선경 부위의 기능성을 보다 정확히 측정할 수 있는 방법을 개발하였다. 본 연구의 시선고정 유도방법은 시선을 한 곳에 쉽게 유지시킬 수 있도록 색상, 문자, 그리고 깜박임 요소를 사용하여 시선 유도방법을 개발하고 평가하였다. 위 요소들은 Sanders & McCormick (1993)이 제시한 시각적 자극 요소 중 일부와 공통되며, 시야 검사에서 피검사자의 시선을 유지시키는데 효과적인 것으로 파악되었다.

본 연구는 시선고정 유도방법의 효과를 시선 이동거리의 총합을 통해 보다 객관적으로 평가하였다. Lee et al. (2013)은 시선고정 오류율과 시야검사용 시표 확인율을 이용하여 시선고정 성능을 평가하였으나 실험참여자의 시선을 추적하지는 못하였다. 그러나 본 연구는 eye tracking 장비를 활용하여 시야 검사 화면에서 실험참여자의 시선이 이동한 총 거리를 기반으로 시선고정 유도방법의 성능을 평가 하였다. Flashing dot은 시야 검사가 진행되는 동안 깜박임으로 실험참여자의 주의를 이끌으로써 다른 시선고정 유도방법에 비해 시선의 이동거리를 적게 나타난 것으로 파악되었다.

본 연구에서 개발된 시선고정 유도방법은 피검사자의 선호 정도에 따라 선별적으로 사용될 수 있다. 본 연구 결과 flashing dot의 시선고정 성능과 시선고정 용이성이 가장 우수한 것으로 평가되었으나 눈 피로도 측면에서는 낮은 평가를 받았다. 따라서, 피검사자가 실수로 인해 시야 검사가 길어질 경우 차후 검사에서는 flashing dot 대신 다른 시선고정 유도방법을 사용하는 방법도 고려될 수 있다.

Acknowledgements

The present research was supported by ministry of health & welfare as “Health & Medical Technology Development Project (HI14C0818).”

References

- Carl Zeiss Meditec. Humphrey® Field Analyzer II-i series User Manual, 2005.
- Dersu, I., Wiggins, M. N., Luther, A., Harper, R., and Chacko, J., Understanding visual fields, part I: Goldmann perimetry, *Journal of Ophthalmic Medical Technology*, 2, 1-10, 2006.
- Lee, J., Lee, B., Park, H., Choi, J., You, H., and Kang, J. A study of effective gaze fixation induction methods in PC-based visual field testing. *Journal of the Korean Ophthalmological Society*, 54(9), 1401-1406, 2013.
- Paolo Brusini, Frequency doubling technology staging system 2. *J Glaucoma*, 15, 315-320, 2006.
- Sanders, M., McCormick, E. J., Human factors in engineering and design, 7th (Ed.): McGraw-Hill, 1993.

Author listings

Jihyung Lee: iwoneye@postech.ac.kr

Highest degree: M.S., Department of Industrial & Management Engineering, POSTECH

Position title: Ph.D., Department of Industrial & Management Engineering, POSTECH

Areas of interest: Ergonomic Product Design & Development, Digital Human Modeling & Simulation, Ergonomic Interface System for the Disabled Person

Baekhee Lee: x200won@postech.ac.kr

Highest degree: M.S., Department of Industrial & Management Engineering, POSTECH

Position title: Ph.D., Department of Industrial & Management Engineering, POSTECH

Areas of interest: Ergonomic Product Design & Development, Digital Human Modeling & Simulation, Vehicle Ergonomics

Sungho Kim: ksh1220@postech.ac.kr

Highest degree: B.S., Electronic Engineering, R.O.K Air Force Academy, 2009

Position title: M.S., candidate, Department of Industrial and Management Engineering, POSTECH

Areas of interest: Human factors in aviation and aerospace, User-centered product design & development, Usability testing

Jaheon Kang: kjh0614@khu.ac.kr

Highest degree: Ph.D., Medical College of Kyung Hee University

Position title: Department of Ophthalmology, Kyung Hee University Hospital at Gangdong

Areas of interest: glaucoma

Heecheon You: hcyou@postech.ac.kr

Highest degree: Ph.D., Industrial Engineering, Pennsylvania State

University

Position title: Associate Professor, Department of Industrial & Management Engineering, Department of Creative IT Excellence Engineering, POSTECH

Areas of interest: Ergonomic product design & development, User interface design & evaluation, Digital human modeling & simulation, Human performance & workload assessment, Work-related musculoskeletal disorders (WMSDs) prevention, Usability testing