

# The Effect of Eye Fixation Control Method on Visual Field Testing

Jihyoung Lee<sup>1</sup>, Baekhee Lee<sup>1</sup>, Yeona Kim<sup>1</sup>, Jaheon Kang<sup>2</sup>, Heecheon You<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Industrial and Management Engineering, POSTECH, Pohang, 790-784

<sup>2</sup>Kyung Hee University International Medical Service, Seoul, 134-727

## ABSTRACT

**Objective:** The aim of the study is to examine an optimal eye fixation control method that can be employed to a PC-based visual field testing system. **Background:** The existing perimeters have disadvantages in terms of size and excessive functionality. **Method:** Twenty people in their 20s to 70s without glaucoma participated in the study. The combinations of two types of central target form (dot and number) and two conditions of sound presence (on and off) were evaluated in terms of visual field testing performance and subjective satisfaction. The effects of gender, age, eye, central target form, and sound presence were analyzed in terms of fixation error rate, the number of detected targets, the number of missing targets, and subjective satisfaction (7-point Likert scale). **Results:** The average number of detected targets was 53 out of 55. The lowest fixation error rate (5.0%) was found when central target form = dot and sound = off, while the highest subjective satisfaction (5.7) when central target form = dot and sound = on. A majority of missing targets (72% in the right eye; 79% in the left eye) occurred near the blind spots. **Conclusion:** Preferred features of eye fixation control method were identified from the experiment, but still a better alternative needs to be explored for effective visual field testing for diagnosis of glaucoma. **Application:** The findings of the present study can solve as a reference to explore a better eye fixation control method for a PC-based visual field testing system which could be eco-friendly in terms of energy and size than those of existing perimeters.

Keywords: Visual field test, Eye fixation, Glaucoma

## 1. Introduction

다양한 안과질환 중 현재까지 치료방법이 없는 녹내장은 조기 진단이 매우 중요한 질환이다. 녹내장(glaucoma)이란 시신경이 위축되는 형태를 띠면서 망막 신경총 세포를 포함하는 시신경에 생기는 질환으로 시야장애를 동반하는 안과 질환이다(Mozaffarieh, 2008). 녹내장은 전 세계에서 두 번째로 많은 실명원인 질환일 뿐만 아니라 녹내장 환자의 수는 빠르게 증가하는 추세로 보고되고 있다(Kingman S., 2004). 그러나 녹내장은 발병초기에 증상이 거의 나타나지 않아, 지속적으로 녹내장을 진단하는 것이 최선의 예방책으로 알려져 있다(국민건강보험공단, 2011).

녹내장은 환자에 따라서 시야 손상이 진행되는 속도와 정도가 다르기 때문에 개인별로 적합한 녹내장 진단과 치료가 요구되는 질환이다(Nam et al., 2009; Cho et al., 2010). 맞춤형의료(personalized medicine)는 각종 질환의 치료 및 예방차원에서 개인에게 적합한 진단과 치료법에 대해 자율

성을 부여한다(Lee et al., 2010). 예를 들면, 동일한 양의 흡연을 한 사람들은 개인의 유전적 정보 차이에 따라 폐암에 걸려 사망하거나 건강하게 잘 살기도 한다. 녹내장 역시 환자 별로 진행 속도나 약물치료에 대한 반응이 다르기 때문에 환자에 맞는 검사가 필요하다.

녹내장을 검사할 수 있는 기존 시야검사장비(perimeter)들은 휴대성과 가격측면의 한계와 함께 소비자의 수요를 과잉충족하고 있다. 기존 시야검사장비들은 큰 규격과 상당한 무게(예: 600×580×510 mm, 40 kg; HFA II-i Series, Carl Zeiss, Inc, USA)때문에 시야검사장비 설치를 위한 일정 이상의 공간이 필요할 뿐만 아니라, 시야검사를 위해 빛의 차단이 고려된 위치에 시야검사장비가 한 번 설치되면 이동하는 것이 쉽지 않다. 또한, 기존 시야검사장비들은 상당히 고가이기 때문에 보건소나 개인안과에서 사용할 수 있는 경제성과 효율성이 고려된 시야검사장비의 개발이 필요하다.

기존 시야검사장비들은 시야검사서 중요한 시선 고정(eye fixation) 방법이 고려되지 않아 인간공학적 개선

이 필요하다. 시야검사는 검사자가 시선을 중심시표에 고정시킨 상태에서 다양한 pattern의 중심시야 또는 주변시야의 범위를 검사하는 방식이다(Dersu et al., 2006). 시야검사간 검사자의 시선이 이동하게 되면, 정확한 시야(예: 중심시야는 중심시표 기준 30° 이내의 영역)가 검사될 수 없다. 따라서, 시야검사자가 능동적으로 시선을 고정하도록 유도할 수 있는 시야검사방법이 필요하다.

본 연구는 PC 기반 시야검사시스템의 유효성을 검증하고 시야검사간 검사자의 시선 고정을 위한 최적의 방안을 탐색한다. 첫째, 본 연구는 정상인 14명을 대상으로 중심시야(central vision)내의 모든 시표(target)의 확인이 여부를 검증한다. 둘째, 본 연구는 최적의 시선 고정방법을 파악하기 위하여 4가지 시선 고정(eye fixation) 방법에 따른 시야검사 성능 및 주관적 만족도를 분석한다.

## 2. Method

### 2.1 Participants

본 연구에서는 교정시력이 0.8 이상이며 시야장애가 없는 정상인 20명(남성 10명, 여성 10명)을 대상으로 수행되었다. 본 연구에서 측정된 실험참여자의 연령은 남성  $53.2 \pm 13.6$ 세, 여성  $42.0 \pm 12.8$ 세로 파악되었다. 본 연구의 실험참여자는 강동경희대학교병원 녹내장 검사를 받은 인원(2008.02 ~ 2010.04)의 비율을 고려하여 50대와 60대 실험참여자 수의 비율을 전체의 60%로 지정된 20명(남성 10명, 여성 10명)으로 구성되었다.

Table 1. Number of participants

Age group Gender	Age group						Total
	20s	30s	40s	50s	60s	70s	
Male	1	1	1	3	3	1	10
Female	1	1	1	3	3	1	10
Total	2	2	2	6	6	2	20

### 2.2 Experimental equipment

#### 2.2.1 Hardware

본 연구의 PC기반 시야진단시스템은 PC monitor, keypad, portable visor, 그리고 face support로 구성된다(Figure 1). 첫째, PC monitor(19 inch, Flatron L1940 plus, LG electronics; pixel pitch = 0.294 mm)는 시야검사자의 시야영역을 측정하기 위한 시표를 제시하는데 사용되었다. 둘째, keypad는 시야

검사자가 monitor 화면에 제시되는 시표의 확인여부를 입력하는데 사용되었다. 셋째, portable visor는 시야검사 중 외부에서 들어오는 빛을 차단하고 시야검사자의 집중력을 높이는데 사용되었다. 마지막으로, 이마를 지지하는 부분과 턱을 지지하는 부분으로 구성된 face support는 시야검사실험에서 시야검사자가 모니터에 제시되는 시표를 확인하는 동안 시야검사자의 안면 움직임을 최소화하고, 턱을 고정시켜 정확하고 편안한 시야검사를 수행하는데 이용되었다.

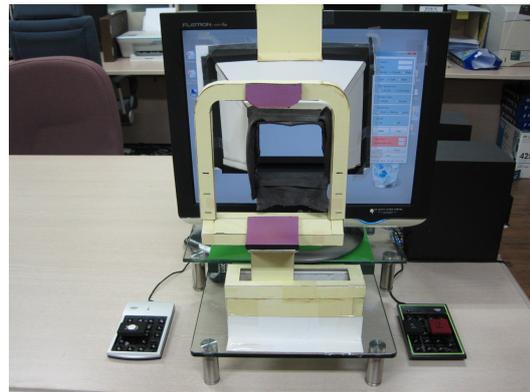


Figure 1. Visual field testing system - hardware

#### 2.2.2 Software

본 연구에서 사용된 시야검사시스템은 Humphrey visual field (HVF) perimeter의 24-2 threshold test 방법을 기반으로 중심시야를 진단할 수 있도록 개발되었다(Figure 2). 24-2 threshold test 방법(Paolo, 2006; Choi et al., 2009; Giuffrè, 2009; Namoto et al., 2009; Fan et al., 2010; Kogure et al., 2006)은 중심시표로부터 상하 24°, 좌우 30°내 영역에서 57개(단안의 경우: 중심시표 1개, 주변시표 55개, 맹점시표 1개)의 시표로 구성되어 HVF perimeter를 사용하는 전문안과의료기관에서 주로 사용하는 시야검사방법 중 하나이다.

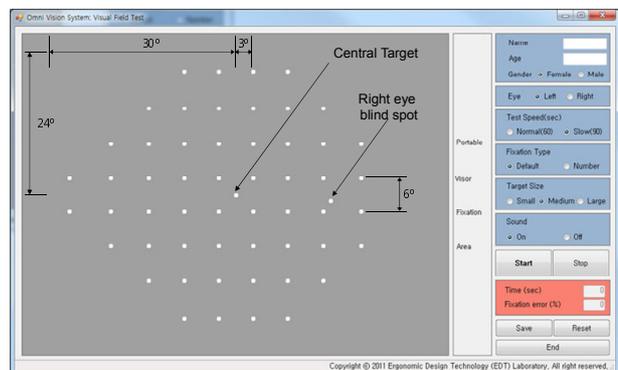


Figure 2. Visual field testing system - right eye

### 2.3 Experimental conditions

본 연구는 시야검사시간 중심시표에 제시되는 시표의 형태와 시표가 제시될 때 소리 제공 여부를 조합하여 4가지 시선 고정(eye fixation)방법 고안하였다(Table 2). 시선 고정방법은 기존 시야진단시스템에서 사용되는 dot 방법과 본 연구에서 고안된 숫자를 제시하는 방법으로 분류된다. 소리 제공방법은 하나의 시표가 제시될 때 마다 알림음을 제공한다. 예를 들면, C1은 중심시표가 dot 형태로 제시되고, 시표가 제시될 때마다 알림음을 들려주는 조건을 나타낸다.

Table 2. Experimental conditions

	C1	C2	C3	C4
Fixation type* (central target)	Dot	Dot	Number	Number
Sound	On	Off	On	Off

\*C is abbreviation of condition

\*\*number: present 1 or 2 randomly

### 2.4 Experimental procedure

시야검사실험은 figure 3에 나타낸 4단계 절차에 따라 진행되었다. 첫 번째 단계에서는 실험참여자가 실험동의서 작성 및 실험진행자로부터 충분한 설명을 제공받았다. 두 번째 단계에서는 실험참여의 안면부를 face support에 고정된 상태에서 단안의 시선과 중심시표가 일직선이 되도록 위치시키고 맹점(blind spot)이 보이지 않게 되는 시야검사거리를 결정하였다. 세 번째 단계에서는 4가지 조건(C1 ~ C4)의 시선 고정방법이 무작위로 수행되었다. 각 조건 간 휴식시간은 1분이 제공되었다. 마지막으로, 각 조건의 실험 종료 후에 주관적 만족도(7점 척도)가 평가되었다. 한쪽 단안에 대한 검사 종료 후에는 5분의 휴식을 제공하고 반대쪽 단안에 대한 검사가 수행되었다.

시야검사실험은 연령에 따른 반응시간을 고려하여 시표 제시간격을 50대 미만의 경우 1.5초, 50대 이상의 경우 2초가 적용되어 수행되었다. 시야검사실험의 시선 고정 오류율(eye fixation error rate, %)은 무작위로 제시되는 5번의 맹점 시표 수 대비 확인된 맹점 시표 수의 비율을 나타낸다. HVF perimeter에서는 시선 고정 오류율이 33% 이상일 경우 중심시표에 시야검사자의 시선이 고정되지 않은 것으로 간주한다(Dersu et al., 2006). 본 연구에서는 HVF perimeter의 시선 고정 오류율을 반영하여 40%를 초과할 경우 재 실험을 수행하였다.

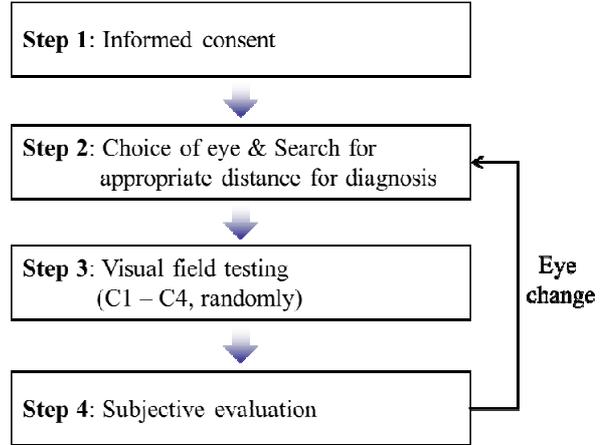


Figure 3. Experimental procedure

## 3. Results

### 3.1 Number of confirmed targets

실험참여자가 확인한 시표의 비율은 평균 96%(55개 중 53개)로 나타났다(figure 5). 각 조건별로 확인된 시표의 수는 C1조건(dot/sound on)에서 53.2개, C2조건(dot/sound off)에서 53.0개, C3조건(number/sound on)에서 52.8개, 그리고 C4 조건(number/sound off)에서 52.7개로 나타났으며, 통계적 차이가 유의하지 않은 것으로 분석되었다.

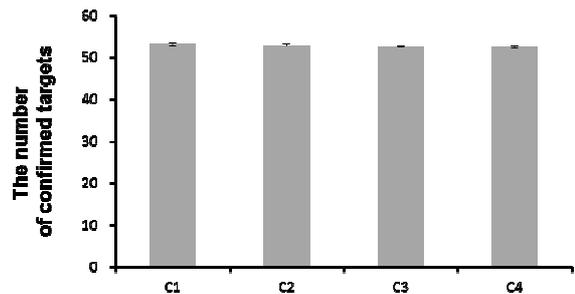


Figure 5. Number of confirmed targets (mean ± SE)

### 3.2 Eye fixation error rate (%)

시선 고정 오류율은 C2조건에서 5%로 가장 낮게 나타났다(figure 6). C4조건에서의 시선 고정 오류율은 10.7%로 C2조건에 비해 약 2.1배 높게 나타났으며, C2조건과 통계적으로 유의한 차이를 보였다. C1조건과 C3조건(알림음 제공 조건)에서의 시선 고정 오류율은 각각 9.3%와 8.6%로 나타났으나, C2조건과 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

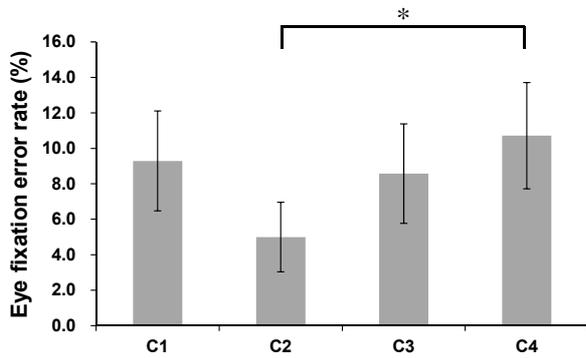


Figure 6. Eye fixation error rate (mean ± SE; \*  $\alpha < 0.05$ )

### 3.3 Subjective evaluation

주관적 만족도(7점 척도)는 C1조건(dot/sound on)에서 평균 5.7점으로 가장 높게 평가되었다(Figure 7). C1조건의 주관적 만족도는 C2조건(4.9점), C4조건(4.7점)보다 유의하게 높은 것으로 나타났다. C3조건의 주관적 만족도(5.4점)는 C4조건보다 유의하게 높은 것으로 분석되었다. 즉, 알림음이 제공된 시야 고정 방식이 시야검사자에게 더 선호되는 것으로 확인되었다.

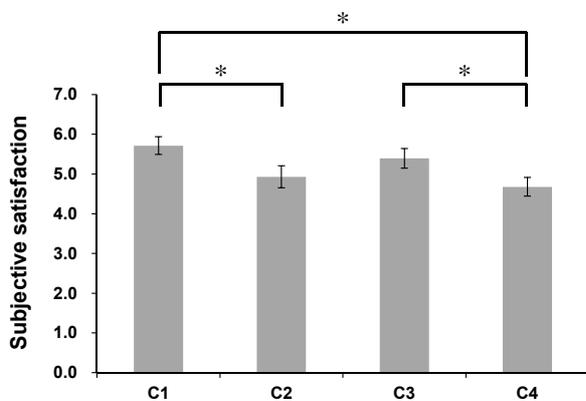


Figure 7. Subjective Satisfaction (mean ± SE; \*  $\alpha < 0.05$ )

### 3.4 Number of missing targets

시야검사자가 가장 확인하지 못한 시표는 가장 맹점과 근접한 우안 검사시 36번(43%), 좌안 검사시 31번(36%) 시표인 것으로 나타났다(Figure 8). 그 다음으로 확인하지 못한 시표는 우안 검사시 37번(6%), 좌안 검사시 30번(7%)인 것으로 나타나 역시나 맹점과 매우 근접한 시표로 분석되었다.

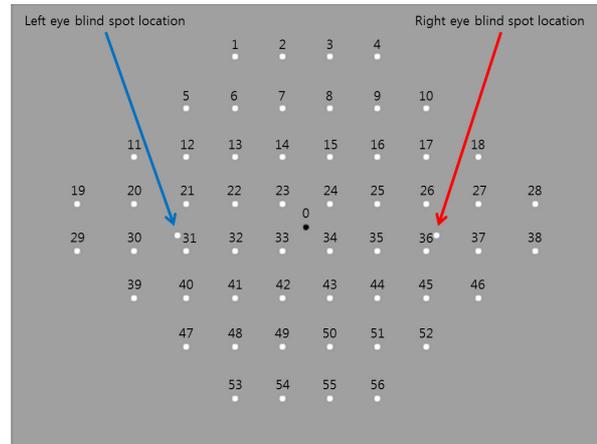


Figure 8. Visual field testing system target location

## 4. Discussion

본 연구는 현 안과에서 사용되는 시야검사방법인 24-2 threshold test 방법을 PC기반의 시야진단시스템에 구현하여 정상인을 대상으로 다양한 조건의 시선 고정 방식의 효과를 파악하였다. 시야검사실험을 수행한 결과, 정상인 20명이 확인한 시표의 수는 중심시야(시선의 중심으로부터 30°반경)내의 55개 시표 중 53개(96%)로 확인되어 평균 2개의 시표를 보지 못한 것으로 분석되었다. 실험참여자가 확인하지 못한 시표들의 위치와 빈도를 분석한 결과, 맹점과 가장 근접한 31번(좌안), 36번(우안) 시표에서 상대빈도가 각각 36%, 43%로 가장 높게 나타났다. 그 이유는 좌, 우안의 맹점 시표와 31번, 36번 시표와의 거리가 매우 가까운 거리에 위치(시야각 1° 이내)하고 있어 실험 참여자에게 맹점과 같이 인식되었을 가능성이 높은 것으로 추정된다. 또 다른 이유는 일부 실험참여자들 중 시야검사실험에 집중하지 못한 실험참여자들의 시야검사결과가 함께 분석되었기 때문이다.

본 연구는 시야 고정 방식으로 central target form을 number로 제공하여 기존 시야 고정 방식과(dot) 시야검사의 정확성을 비교분석 하였다. 그 결과, C2조건(central target form = dot/sound = off)이 다른 조건들에 비해 시선 고정 오류율이 1.7 ~ 2.1배 정도 높게 나타났다. 이는 시각(central target)과 청각(sound)적 자극이 동시에 제공되어 중심시표에 시선을 고정하는 집중력을 분산시킨 것으로 추정된다.

본 연구는 네 가지 시야 고정 방식에 따른 주관적 만족도를 분석한 결과, C1조건(dot/sound on)이 가장 선호되는 시야 고정 방식으로 분석되었다. 선호되는 central target

form으로 dot이 선호된 것은 실험참여자들이 간단한 작업을 원하는 경향성이 반영된 것으로 추정되며, sound를 제공하는 경우가 선호된 것은 실험참여자들이 소리를 들음으로써 다음 시표를 대비할 수 있기 때문으로 사료된다.

본 연구의 PC기반 시야진단시스템의 시선 고정 방식은 추후 녹내장 환자를 대상으로 유효성이 검증될 필요가 있다. 검증된 PC기반의 시야진단시스템은 보건소 및 지역의료기관에 많은 진단 기회를 제공함으로써 잠재적 녹내장 환자의 조기진단, 의료 진단 시스템의 질적 향상, 맞춤형 의료시스템 구축에 기여할 것으로 기대된다.

## Acknowledgements

이 논문은 환경부의 에코디자인 특성화 대학원 전문인력 양성사업의 지원으로 수행되었습니다

## References

- Cho, J. W., Nam, Y. P., Kim, D. Y., Kang, S. Y., Sung, K. R., Kook M. S., Clinical Validation of Visual Field Index., *J Korean Ophthalmol Soc.*, 51(1), 49-54, 2010.
- Choi, J. A., Lee, N. Y., Lee, and Park, C. K., Interpretation of the Humphrey Matrix 24-2 Test in the Diagnosis of Preperimetric Glaucoma, *Jpn J Ophthalmol*, 53, 24-30, 2009
- 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.
- Fan, X., Wu, L. L., Ma, Z. Z., Xiao, G. G. and Liu, F., Usefulness of Frequency-Doubling Technology for Perimetrically Normal Eyes of Open-Angle Glaucoma Patients with Unilateral Field Loss, *BS Ophthalmology*, 117 (8), 1530-1537, 2010.
- Giuffr , I., Frequency Doubling Technology vs. Standard Automated Perimetry in Ocular Hypertensive Patients, *The Open Ophthalmology Journal*, 3, 6-9, 2009.
- Kingman S. Glaucoma is second leading cause of blindness globally, *Bull World Health Organ*, 82, 887-888, 2004.
- Kogure, S., Toda, Y., and Tsukahara, S. Prediction of future scotoma on conventional automated static perimetry using frequency doubling technology perimetry, *Br J Ophthalmol*, 90, 347-352, 2006.
- Mozaffarieh, M., Grieshaber, M. C., Flammer, J., Oxygen and blood flow: players in the pathogenesis of glaucoma, *Molecular Vision*, 31, 224-233, 2008.
- Lee, K. M., Hwang, K. S., Kim, W., J., A Data Cluster Specialization-based Patient Class Management Strategy for Personalized Medicine, *Proceedings of KIIS Fall Conference*, 20(2), 323-324, 2010.
- Nam, Y., Kang, S. Y., Park, S. B., Sung, K. R., Kook M. S., Performance of Humphrey Matrix Frequency Doubling Technology Perimetry and Standard Automated Perimetry Global Indices, *J Korean Ophthalmol Soc.*, 50(11), 1680-1685, 2009.
- Nomoto, H., Matsumoto, C., Takada, S., Hashimoto, S., Arimura, E., Sachiko Okuyama, S. and Shimomura, Y., Detectability of Glaucomatous Changes Using SAP, FDT, Flicker Perimetry, and OCT, *J Glaucoma*, 18(3), 165-171, 2009.
- Paolo Brusini, Frequency Doubling Technology Staging System 2. *J Glaucoma*, 15, 315-320, 2006.
- Kuminiibo. 녹내장환자 40만 명 7년간 2배 증가. Retrieved April 18, 2011 from <http://news.kukinews.com/article/view.asp?page=1&gCode=kmi&arcid=1303116726&cp=nv>.

## Author listings

**Jihyoung Lee:** iwoneye@postech.ac.kr

**Highest degree:** M.S., Department of Life Science, Dongguk Univ., 2010

**Position title:** M.S., Department of Industrial 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 Engineering, POSTECH

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

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

**Yeona Kim:** rmaksmf@postech.ac.kr

**Position title:** B.S., Department of Industrial Engineering, POSTECH

**Areas of interest:** Ergonomic Product Design & Development, Vehicle Ergonomics, User interface design & evaluation

**Jaheon Kang:** kjh0614@khu.ac.kr

**Highest degree:** PhD 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, 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