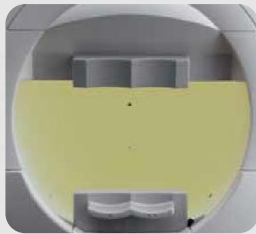
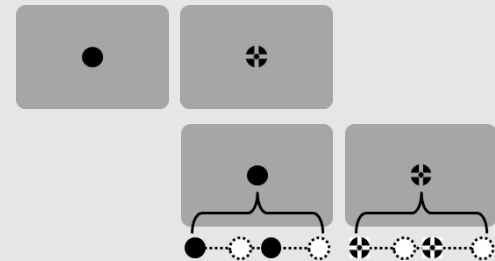




시선고정 유도방법의 시각적 요소가 시야 검사에 미치는 영향



2016. 4. 14



이지형, 최영근, 이나현, 오건희, 강자현, 김영균, 유희천



Contents

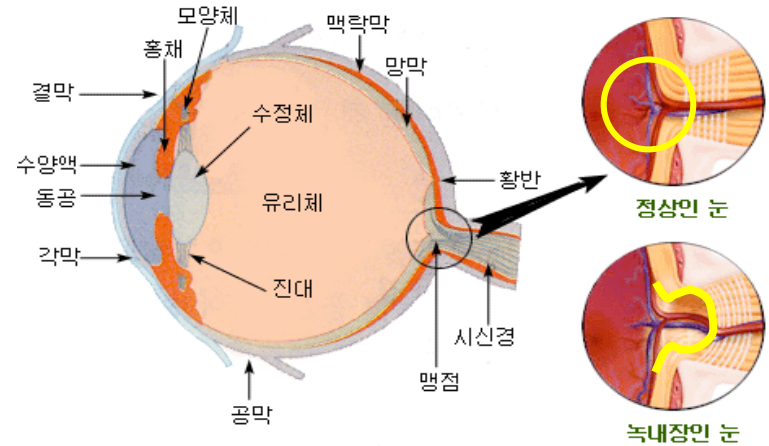
- **Introduction**
 - ✓ Background
 - ✓ Research Objectives
 - **Methods**
 - **Results**
 - **Discussion**
-

녹내장

□ 녹내장(glaucoma): **시신경 손상**에 의한 시야 결손이 진행되어 **실명**에 이르는 **4대 실명 질환**

□ 말기에 이르기 까지 특별한 증상이 없어
“소리 없는 시력 도둑” 이라 하기도 함

□ 발생 요인: 높은 안압, 혈액순환 이상,
 고도근시, 고연령, 가족력 등



시신경 비교: 정상 vs. 녹내장



정상 시야



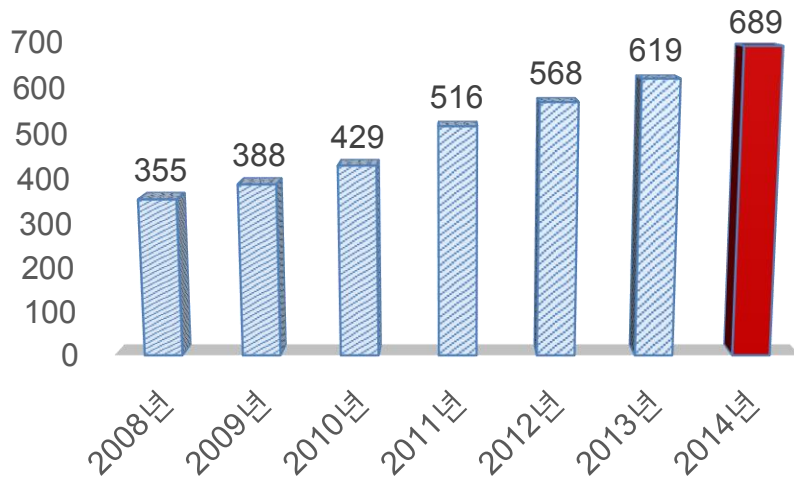
녹내장 중기



녹내장 말기

녹내장 환자 현황과 추세

- 2014년 녹내장 환자 수는 약 69만명으로 **5년 전 43만명에 비해 1.6배** 증가
- 국내 녹내장 환자 수는 **매년 평균 10% 씩** 증가하고 있음
- 안과에서는 최근 **20·30대 젊은 녹내장 환자 수가 5년간 2배 이상 급격히 증가함**



국민건강보험공단(2015)

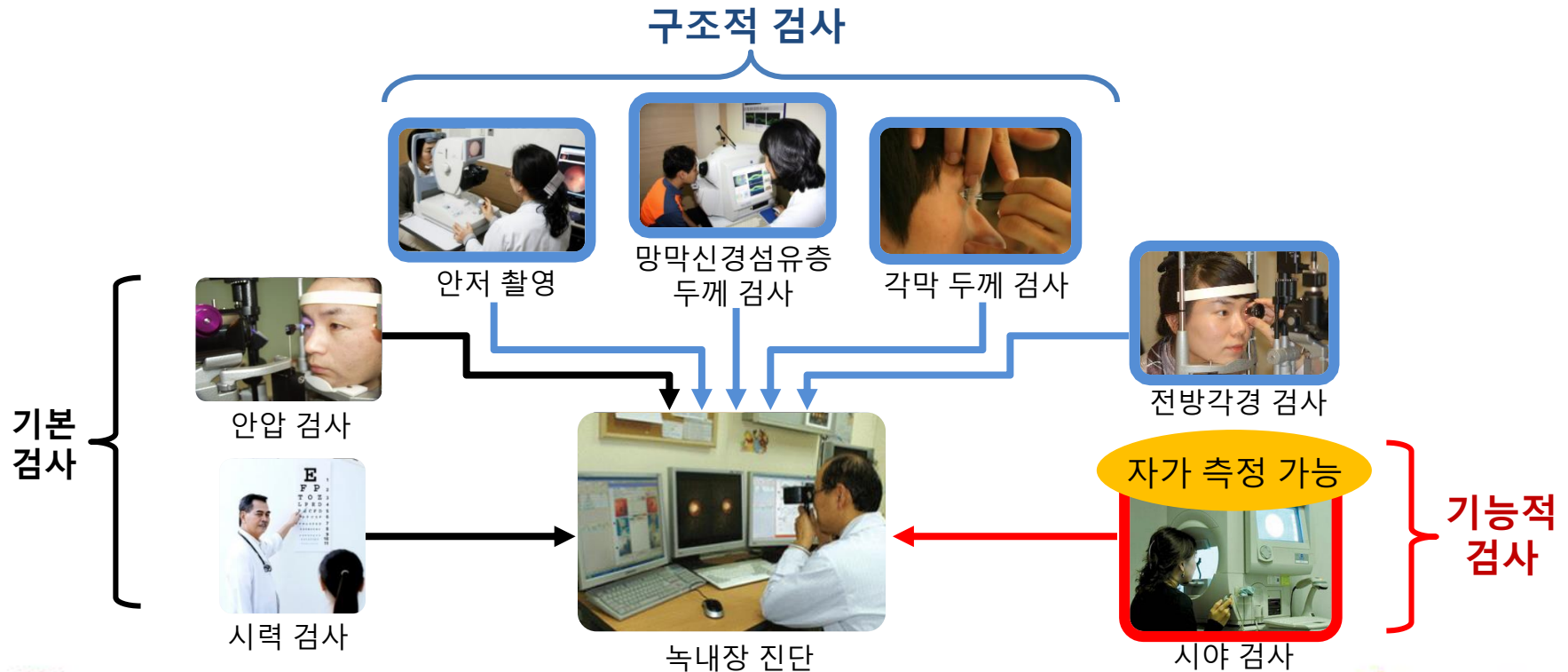


누네안과병원(2014)

녹내장 검사 방법

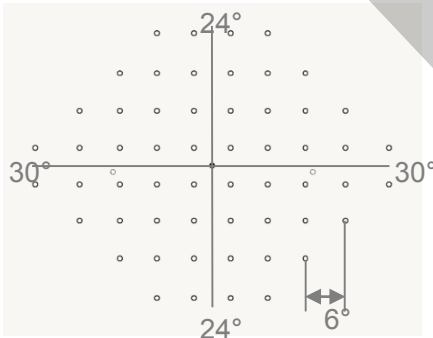
□ 녹내장 검사: 구조적 검사(structural test) + 기능적 검사(functional test)

- 구조적 검사: 안구의 **형태적 특성**을 파악하는 검사(예: 안저촬영, 시신경 유두 검사)
 - 기능적 검사: 망막의 **시 기능성**을 측정하는 검사(예: 시야 검사)
- ⇒ 시야 검사는 타 검사와 달리 **검사 방법이 간단하고 자가 측정이 가능함**

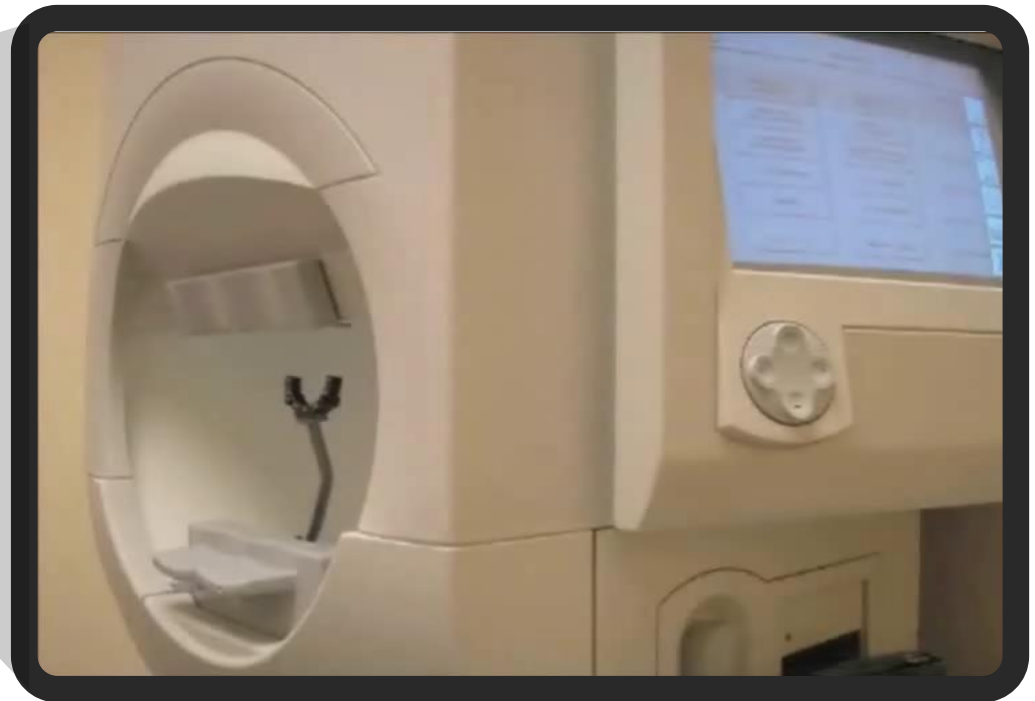


시야 검사

- 피검사자가 **시선을 고정한 상태**에서 시야 측정 영역 내에 제시되는 **다양한 밝기의 시표**에 대한 **인지여부를 측정**하는 검사(Dersu and Wiggins, 2006)



시야 검사를 위한
시야 영역과 시표 위치

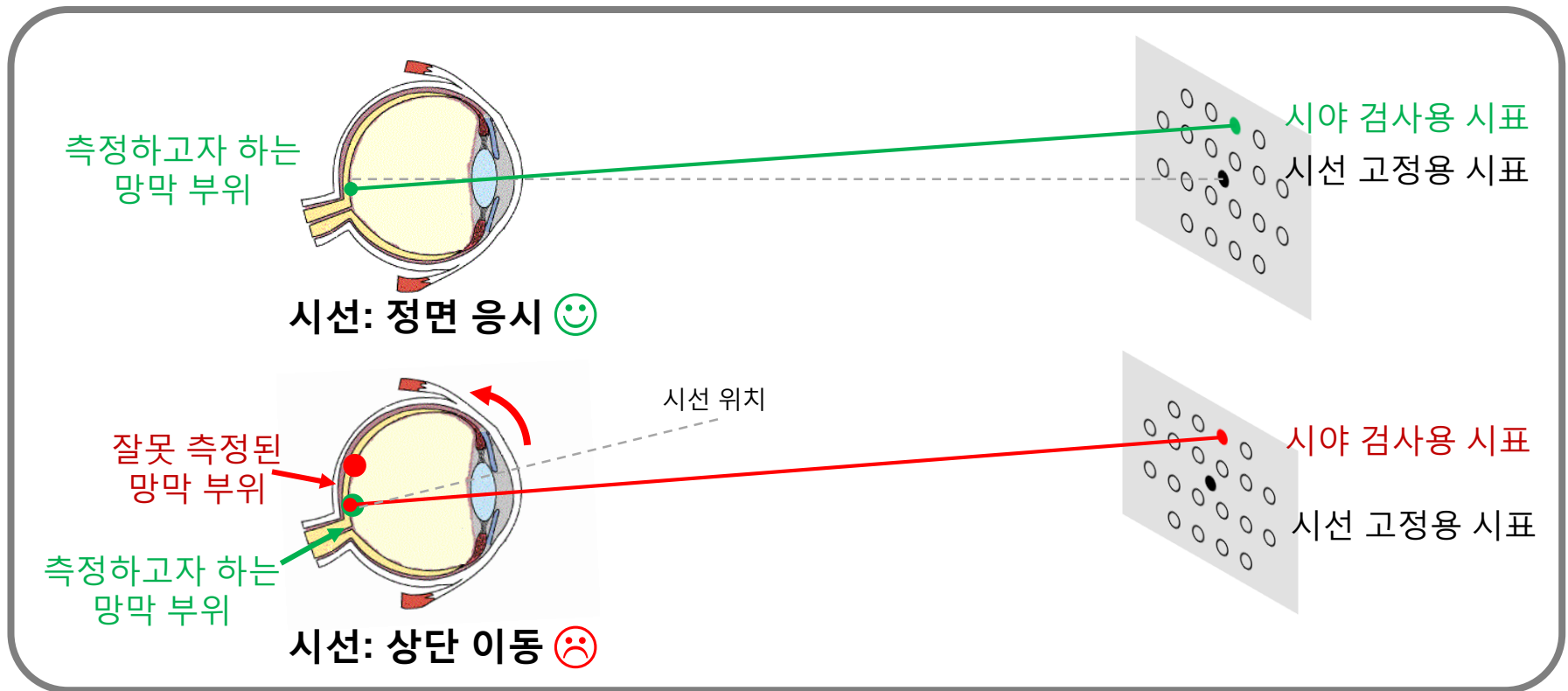


Humphrey® Field Analyzer /HFA™ II-i Series, Carl Zeiss, Germany
(험프리 시야계, 임상 표준 장비)

시선 고정의 중요성







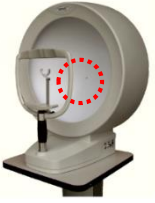




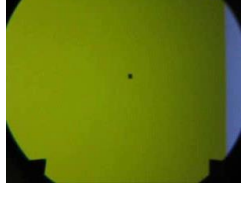
□ 피검사자의 **시선이 이동** 될 경우 **측정하고자 하는 망막 부위와 다른 부위**에 시표가 제시되어, 정확한 시야 측정 불가

⇒ **시신경 부위를 정확히 측정**하기 위해서는 **시선을 유도할 수 있는 방법**이 필요함



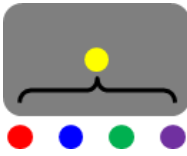
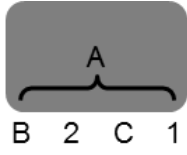
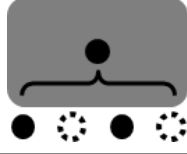
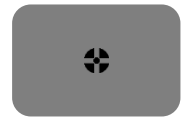
기존 시야계의 한계점

- 시선고정용 시표로 **LED 전구 불빛** 또는 **단순한 형태의 점을 사용함**
 ⇒ 단조로운 형태로 인해 **시선고정이 잘 되지않아** 정확한 검사가 어려움(**정확도 ↓**)

| Fixation target | White dot | | Green dot | |
|-----------------|---|--|--|--|
| Model |   Easy field |   AP-5000 |   Octopus 900 | |
| Fixation target | Yellow dot | | Black dot | |
| Model |   M700 |   HVF II- <i>i</i> series(video) |   Humphrey® Matrix™ (video) | |

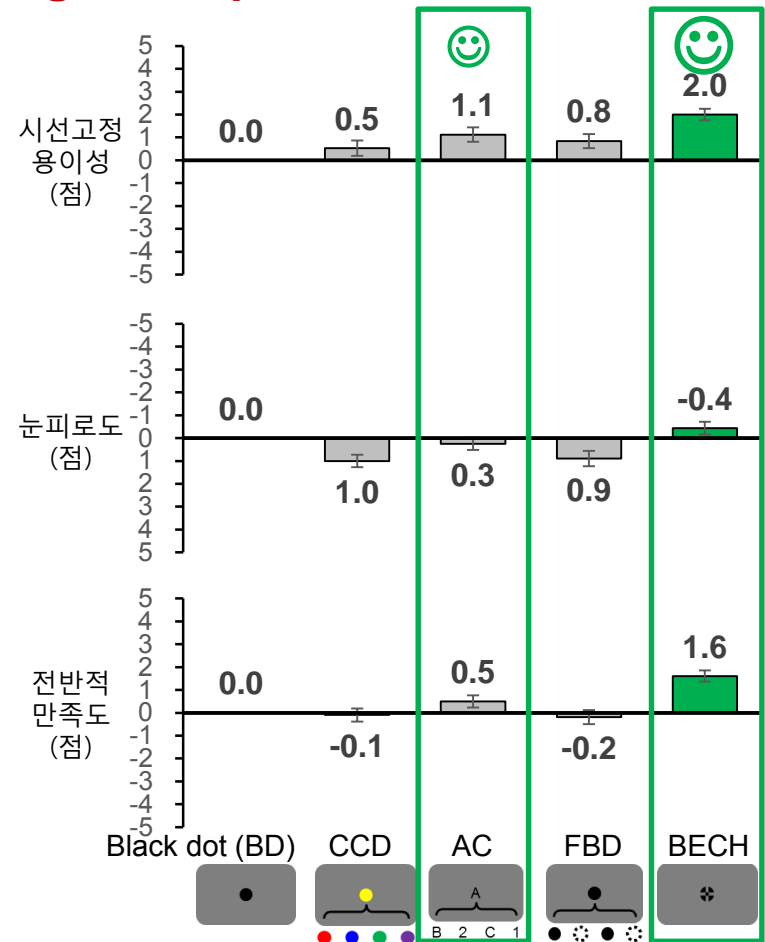
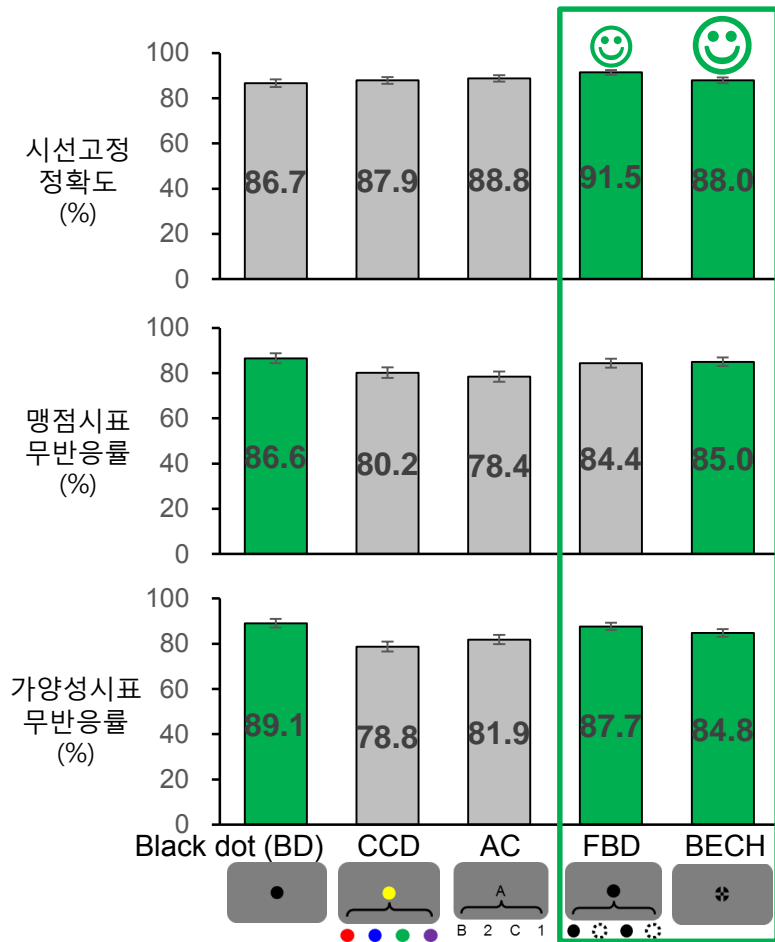
선행 연구

- 기존 연구에서 **시각적 주의를 끄는 요소들을 활용**하여 총 네 가지 유형의 **시선고정 유도방법을 개발함**
- 각 방법의 시선고정 성능 및 주관적 평가를 수행

| Factors | Authors (year) | 시선고정 유도방법 |
|----------|---|---|
| 색상 | Christ (1975), Feallock et al. (1966), Jones (1962) |  Changing color dot (CCD) |
| 문자 또는 숫자 | Heglin et al. (1973) |  Alphanumeric characters (AC) |
| 깜박임 | Connors (1975), |  Flashing black dot (FBD) |
| 형상 | Thaler et al. (2013), Smith and Thomas (1964) |  Bulls eye & cross hair (BECH) |

선행 연구 결과

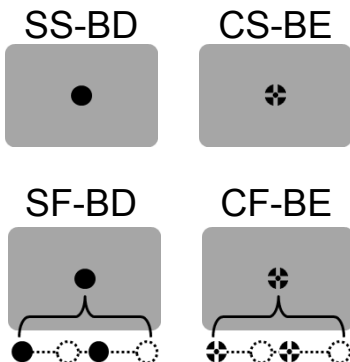
- 기존 시표인 BD를 제외하고 **FBD와 BECH 방법의 시선 고정 성능이 우수**
 - 주관적 만족도 측면에서는 **BECH와 AC 방법에 대해 실험참여자들이 만족함**
- ⇒ 시선고정에 영향을 미치는 주요 요소로 **flashing** 과 **shape** 을 도출



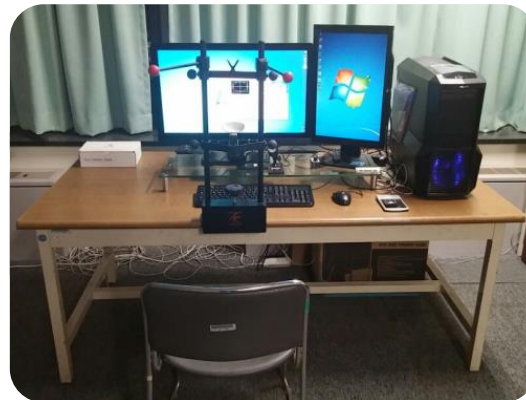
연구 목표

시야검사 시 효과적인 시선고정을 위한 유도방법의 시각적 요소별 비교 및 주관적 평가

- ✓ 시선고정 성능 평가: 시선고정 정확도, 맹점시표 무반응률, 가양성시표 무반응률
- ✓ 주관적 평가: 시선고정 용이성, 눈피로도, 전반적 만족도
- ✓ 효과적인 시선고정 유도방법의 시각적 요소의 특성 파악



시선고정 유도 방법



성능 평가



주관적 만족도 평가

실험 계획: Pilot Test



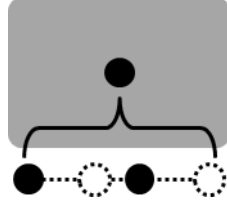
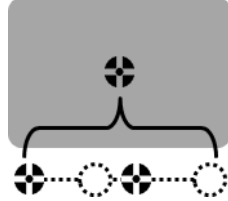
- ❑ 실험 참여자: 6명(age: 21.7 ± 7.0 yr)
- ❑ Design: Three-factor mixed-subjects ANOVA(1W, 1B)
- ❑ Post-hoc analysis: Student-Newman-Keuls (SNK)

| 분류 | | 항목 |
|--------------------------------|---------------------|---|
| Independent variable (독립변수) | | <ul style="list-style-type: none"> • 시선고정 유도 요소(gaze fixation induction factors) |
| Dependent variables (종속변수) | Objective Measure | <ul style="list-style-type: none"> • 시선고정 정확도(correct fixation rate, CFR) • 맹점시표 무반응률(blindspot non-response rate, BNRR) • 가양성시표 무반응률(false positive target non-response rate, FPTNRR) |
| | Subjective Measures | <ul style="list-style-type: none"> • 시선고정 용이성(ease of gaze fixation, EGF) • 눈 피로도(eye fatigue, EF) • 전반적 만족도(overall satisfaction, OS) |

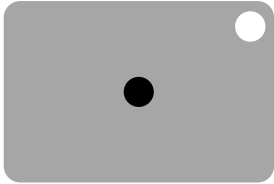
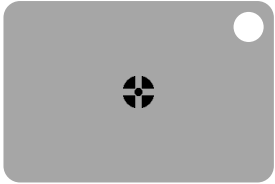
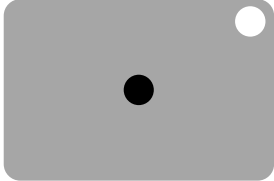
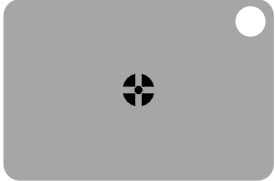
시선고정 유도방법 설계

□ 형상과 빈도 요소를 사용한 시선고정 유도방법 설계

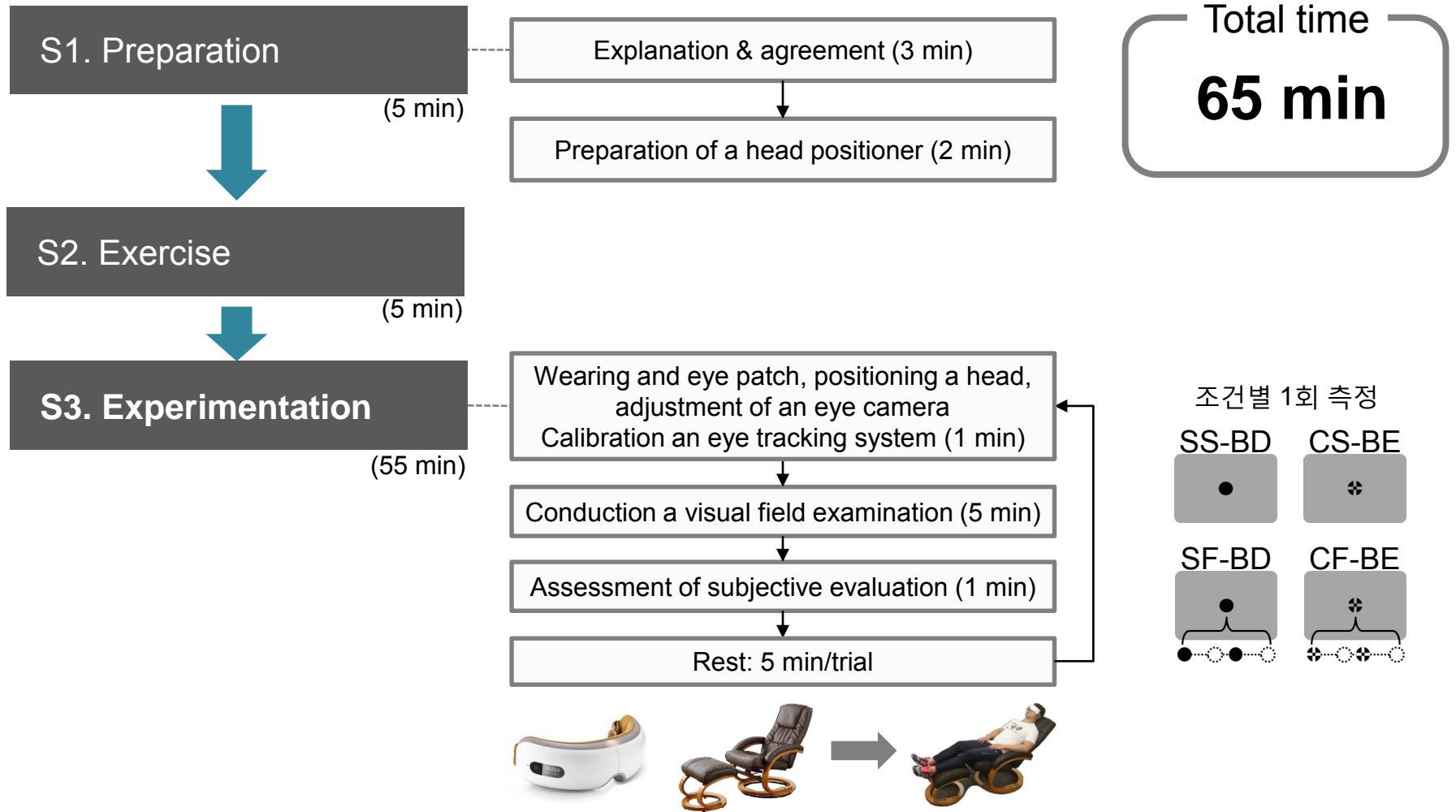
- 형상: 단순(simple) vs. 복잡(complex, 방사형 모양)
- 빈도: 고정(steady) vs. 1회 깜박임(flashing, 시표 제시 0.2초 전 1회 깜박임, 사전 시선고정 효과)

| | | Factor 1: 형상 | |
|-------------------|--------------------------|--|---|
| | | 단순(simple, S) | 복잡(complex, C) |
| Factor 2 : 깜박임 | 고정 (steady, S) | SS-BD  | CS-BE  |
| | 1 회 깜박임 (Flashing, F) | SF-BD  | CF-BE  |

시선고정 유도방법: Animation

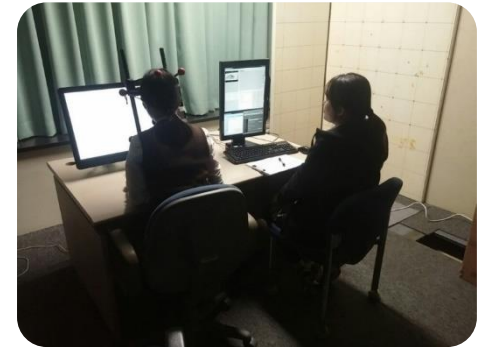
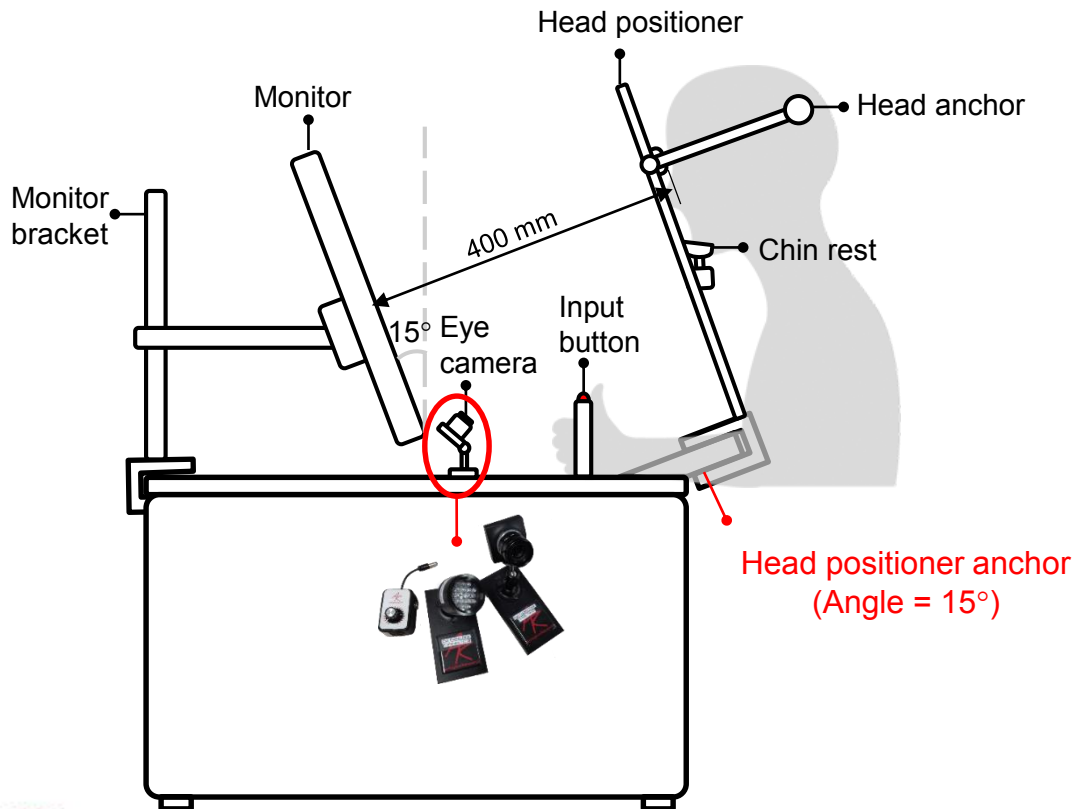
| | | Factor 1: 형상 | |
|------------------|--------------------------|--|---|
| | | 단순(simple, S) | 복잡(complex, C) |
| Factor 2 : 빈도 | 고정 (steady, S) | SS-BD  | CS-BE  |
| | 1 회 깜박임 (flashing, F) | SF-BD  | CF-BE  |

Pilot Test: 실험 절차



실험 환경: H/W

- 모니터, 시선추적 카메라, 적외선 조명, 안면지지대
- 실험참여자가 **모니터를 편하게 응시할 수 있도록 안면지지대를 15° 기울여 설치**
- 휴식용 눈 마사지기, 안락의자



실험 환경: S/W

□ 시야 검사 영역: 시야각 $\leq 24^\circ$

□ 총 시표 수: 236회(시야검사용 시표: 54개 \times 4회 = 216회; 맹점시표: 10회; 가양성시표: 10회)

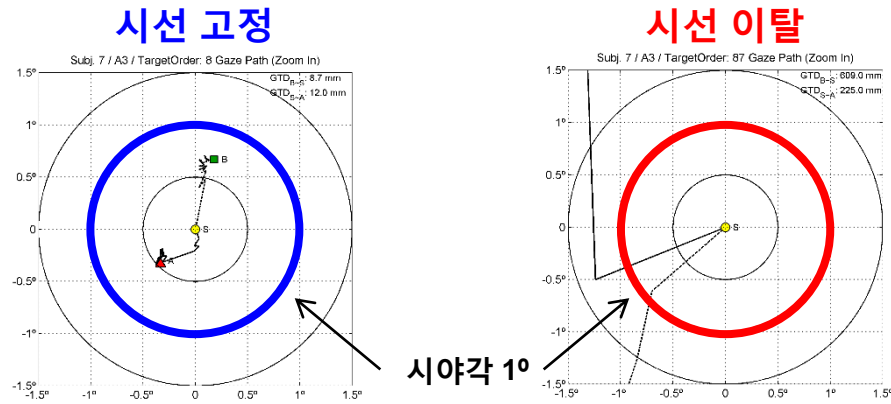
시선고정 성능 평가 실험용 S/W layout

시선고정 정확도

- 시표가 제시되는 순간 시선의 위치가 시선고정용 시표로부터 시야각 <math> < 1.0^\circ </math> 범위내에 시선이 위치한 비율
- 시선고정 정확도(CFR) $\uparrow \Rightarrow$ 시선고정 성능 \uparrow

$$\text{CFR}(\%) = \frac{\sum_{i=1}^n F_i}{n} \times 100$$

Where, F_i { 1: gaze during target presentation time by each target $\leq 1^\circ$ n : total number of targets
 0: o/w
 i : 1, 2, 3, ..., n
 (예시) 총 10개의 측정 data 중 9개가 시야각 $\leq 1^\circ$, CFR = 90%



맹점시표 무반응률

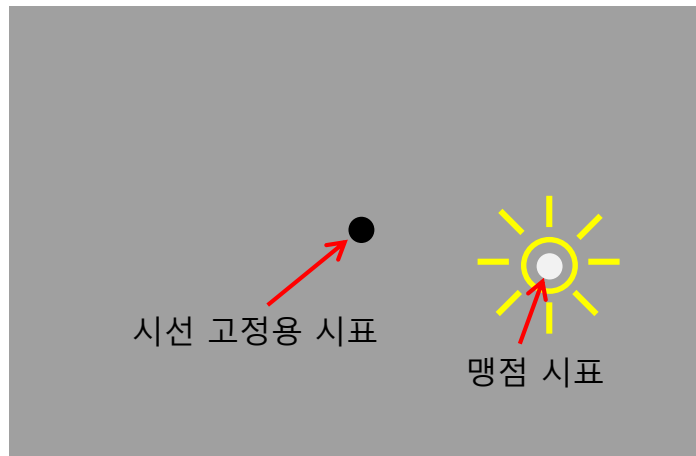
- 총 10회 제시되는 맹점 시표에 대해 실험참여자가 반응하지 않은 비율
- 맹점시표 무반응률(BNRR) ↑ ⇒ 시선고정 성능 ↑

$$BNRR(\%) = 1 - \frac{r}{b} \times 100$$

r : 실험참여자가 제시된 맹점시표에 반응한 횟수

b : 총 제시된 맹점시표 수(10회)

(예시) 총 10개의 맹점 시표가 제시되었을 때, 2번 반응한 경우 BNRR = 80%



가양성시표 무반응률

- 아무것도 제시되지 않는 가양성시표에 대해 실험참여자가 반응하지 않은 비율
- 가양성시표 무반응률(FPTNRR) ↑ ⇒ 시선고정 성능 ↑

$$FPTNRR(\%) = 1 - \frac{r}{p} \times 100$$

r : 실험참여자가 제시된 가양성 시표에 반응한 횟수

p : 총 제시된 가양성시표 수(10회)

(예시) 총 10회의 가양성시표가 제시되었을 때, 4번 반응한 경우 FPTNRR = 60%



주관적 만족도

- SS-BD을 절대 평가한 후, SS-BD방법을 기준으로 7 point-bipolar Likert scale을 사용하여 상대 평가 수행

| 평가 항목 | 설명 |
|----------|--|
| 시선고정 용이성 | 시야검사 실험 중 시선고정용 시표(시야검사 화면의 중심)에 시선을 고정하기 쉬운 정도 |
| 눈 피로도 | 해당 시선고정 유도방법을 사용하여 시야검사를 한 후 눈이 피로한 정도 |
| 전반적 만족도 | 해당 시선고정 유도방법이 시야검사에 사용되었을 때 만족스러운 정도 |

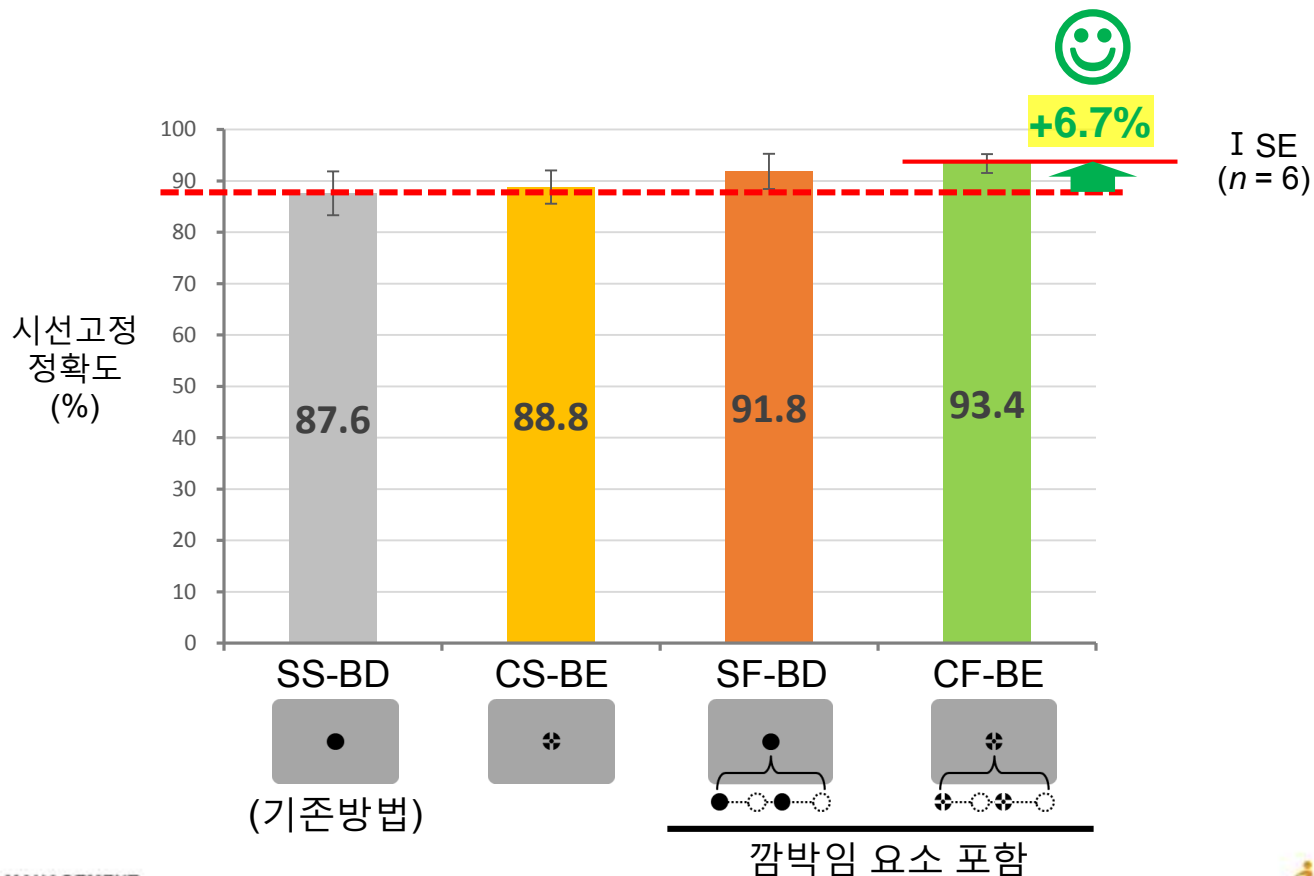
주관적 만족도 평가지 예시

| 평가항목 | 시선고정 용이성 | | | | | | | 눈 피로도 | | | | | | | 전반적 만족도 | | | | | | |
|------------|----------|--------|---|---|---|---|-------|------------|--------|---|---|---|---|--------|---------|--------|---|---|---|---|-------|
| | 매우 어려움 | ← 보통 → | | | | | 매우 쉬움 | 전혀 피곤하지 않음 | ← 보통 → | | | | | 매우 피곤함 | 매우 불만족 | ← 보통 → | | | | | 매우 만족 |
| ● SS-BD | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

| 평가항목 | 시선고정 용이성 | | | | | | | 눈 피로도 | | | | | | | 전반적 만족도 | | | | | | |
|------------|----------|--------|----|---|---|---|-------|------------|--------|----|---|---|---|--------|---------|--------|----|---|---|---|-------|
| | 매우 어려움 | ← 동등 → | | | | | 매우 쉬움 | 전혀 피곤하지 않음 | ← 동등 → | | | | | 매우 피곤함 | 매우 불만족 | ← 동등 → | | | | | 매우 만족 |
| * CS-BE | -3 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | -3 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | -3 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| ● SF-BD | -3 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | -3 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | -3 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| * CF-BE | -3 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | -3 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | -3 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 |

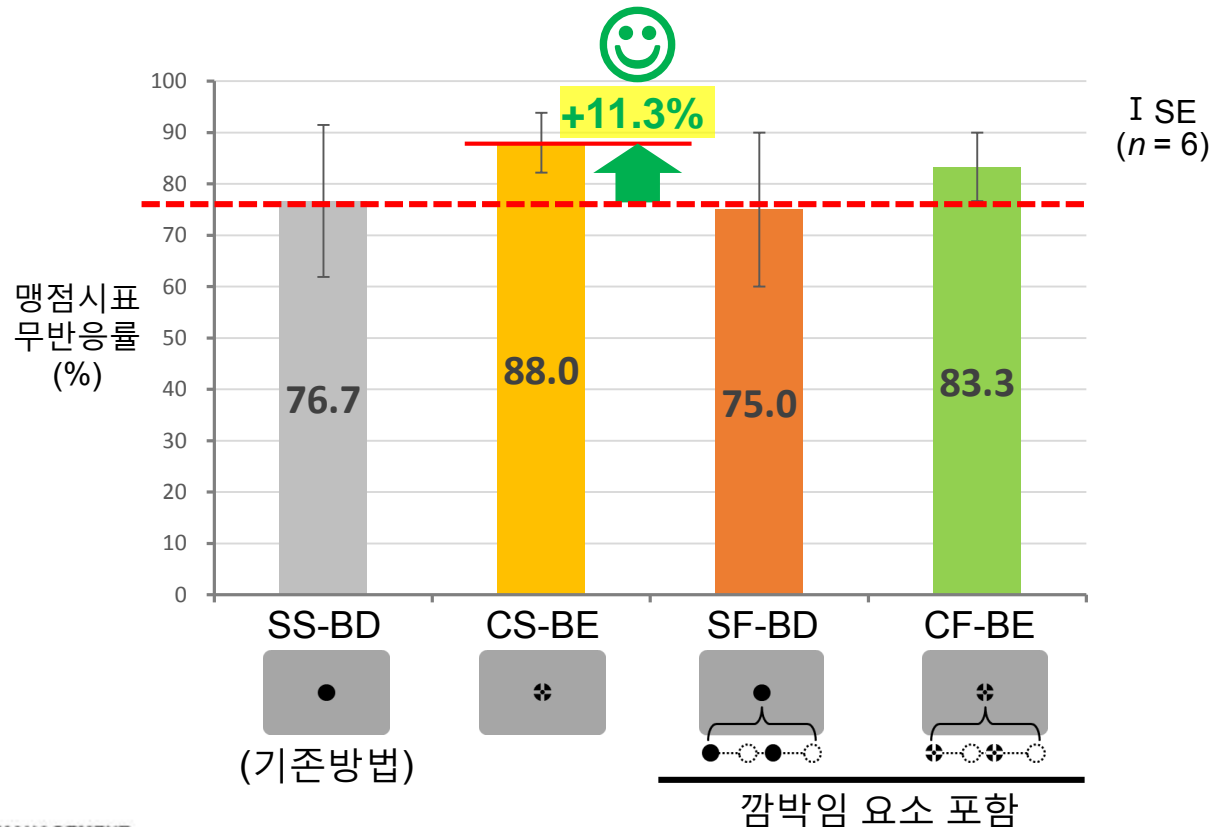
Pilot Test Results: 시선고정 정확도

- 신규 시선고정 유도방법들 > 기존 방법(SS-BD = 87.6%)보다 우수하게 분석됨
- ⇒ 단순한 방법보다 변화가 있는 방법들이 시선을 끄는 효과가 있는 것으로 생각됨



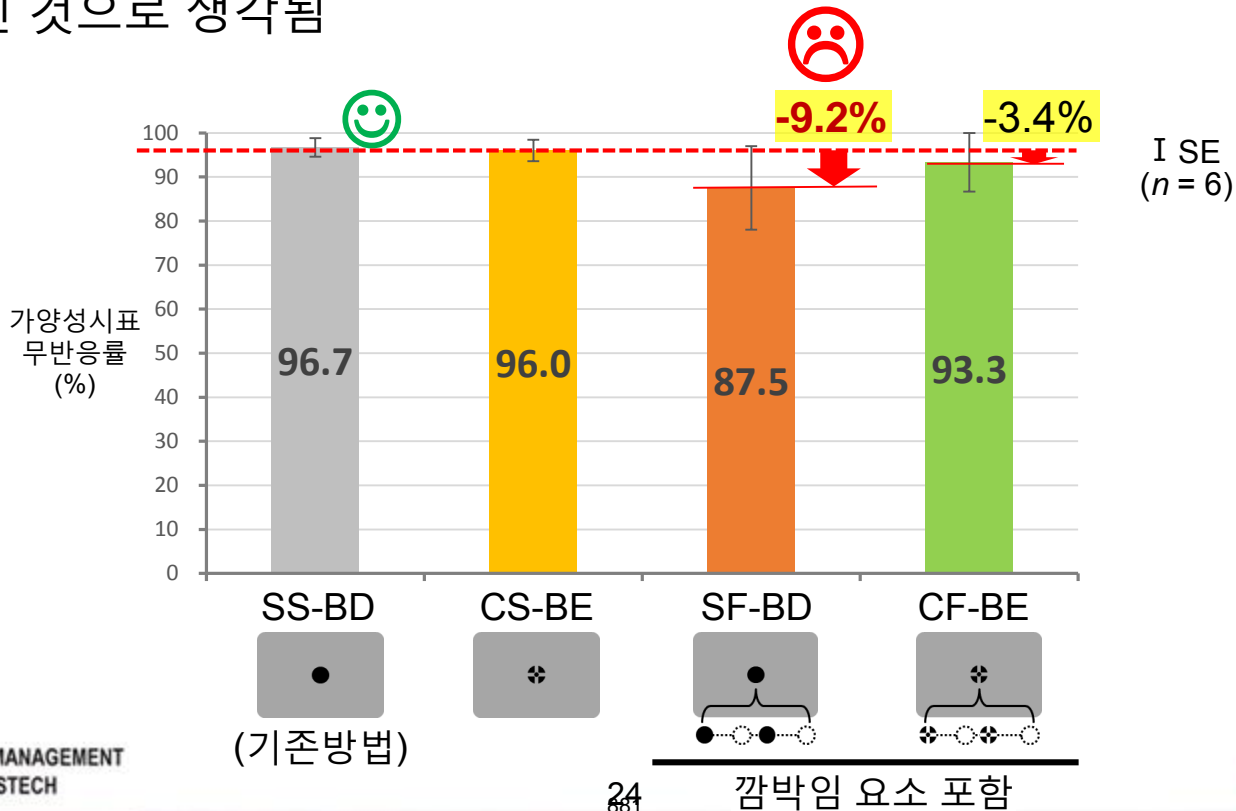
Pilot Test Results: 맹점시표 무반응률

- **CS-BE** 방법은 **88.0%**로 가장 높았으며, 기존 방법에 비해 **11.3%** 높게 나타남
- ⇒ **SF-BD, CF-BE** 방법은 **깜박임** 요소가 포함되어 **상대적으로 맹점시표 무반응률이 낮게 나타남**



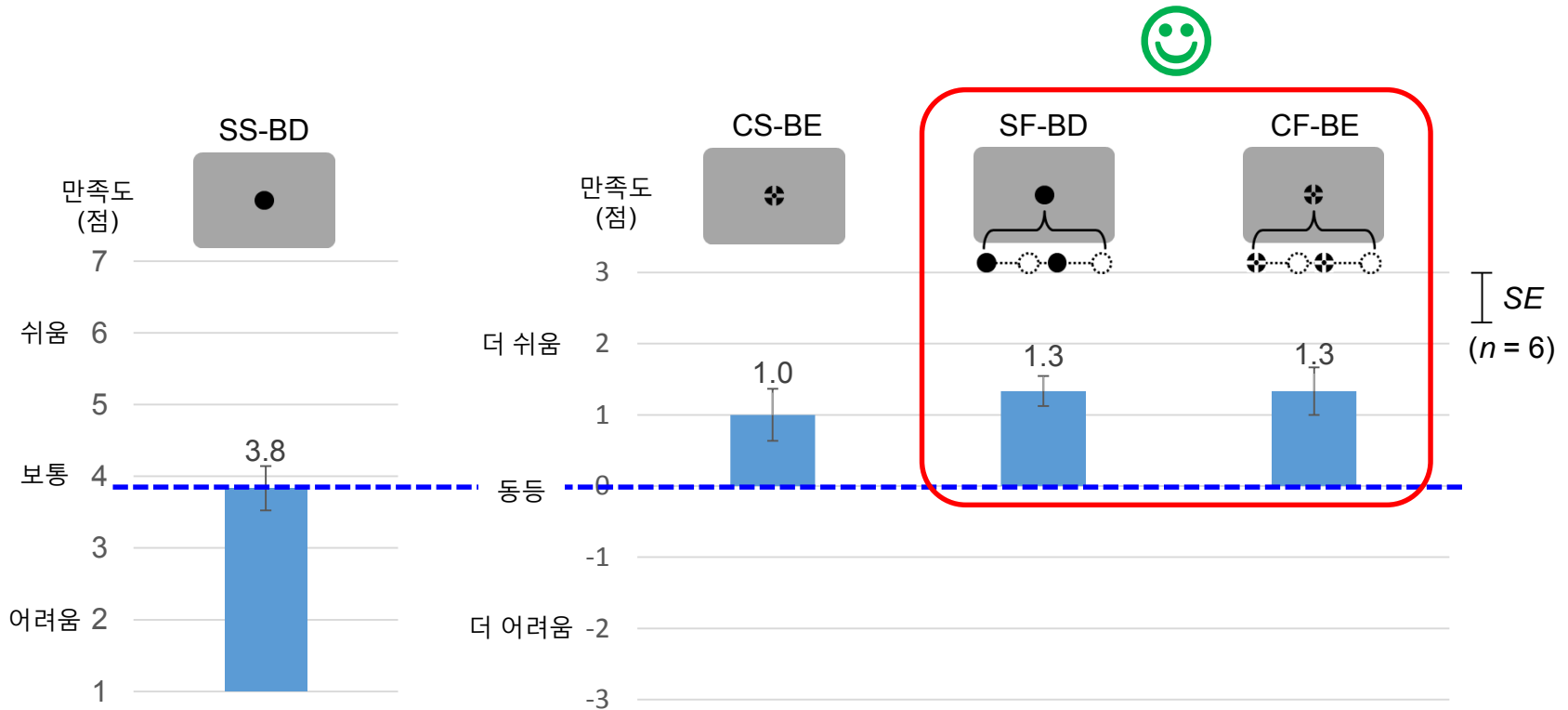
Pilot Test Results: 가양성시표 무반응률

- 깜박임 요소가 포함되지 않은 SS-BD방법과 CS-BE방법이 우수한 성능을 나타냄
- **깜박임 요소가 포함된 SF-BD, CF-BE** 방법은 가양성시표 무반응률이 상대적으로 낮게 분석됨
- ⇒ **깜박임 요소로 인해** 시야 검사용 시표가 제시되지 않았음에도 **피검사자가 실수로 반응**하게 된 것으로 생각됨



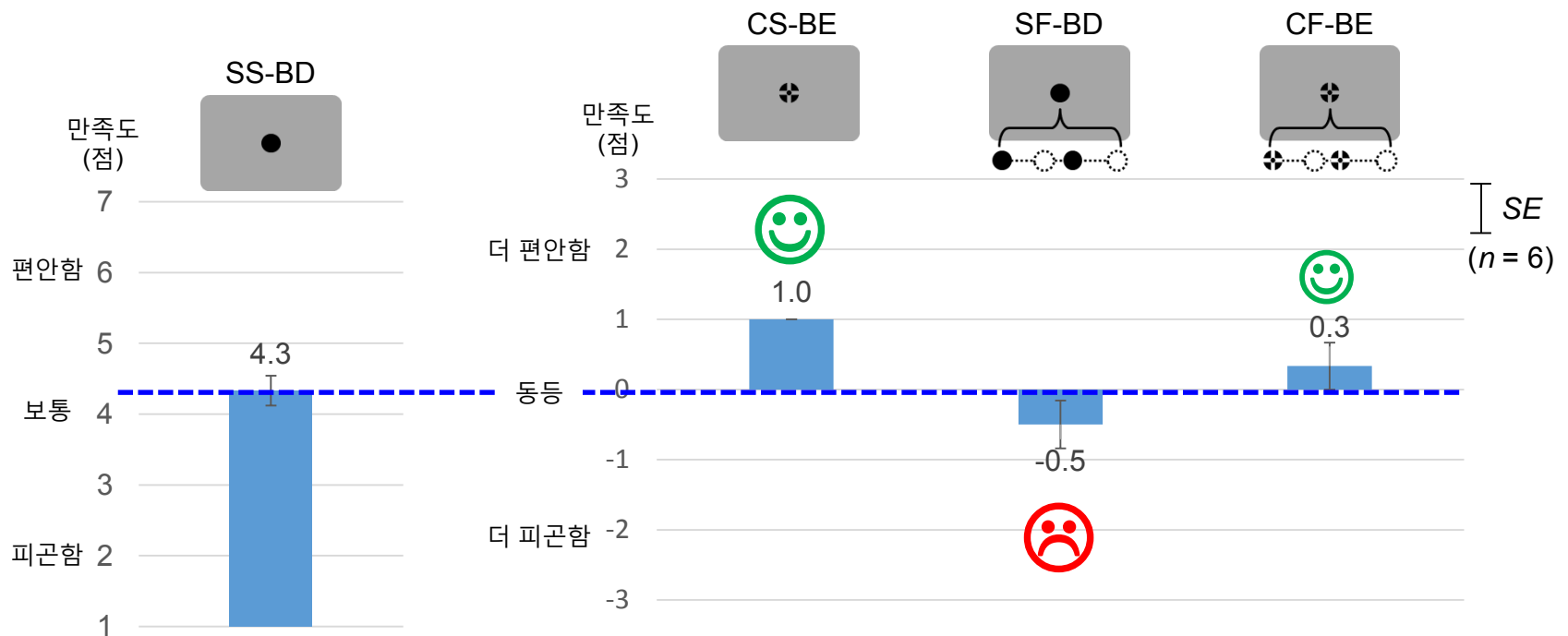
Pilot Test Results: 시선고정 용이성

- **SB-BD, CB-BE** 방법의 시선고정 용이성이 **1.3점**으로 가장 높게 나타남
- ⇒ **깜박임 요소가 들어갈 경우 시선고정용 시표를 사용하였을 때 시선고정이 더 쉬운 것으로 평가됨**



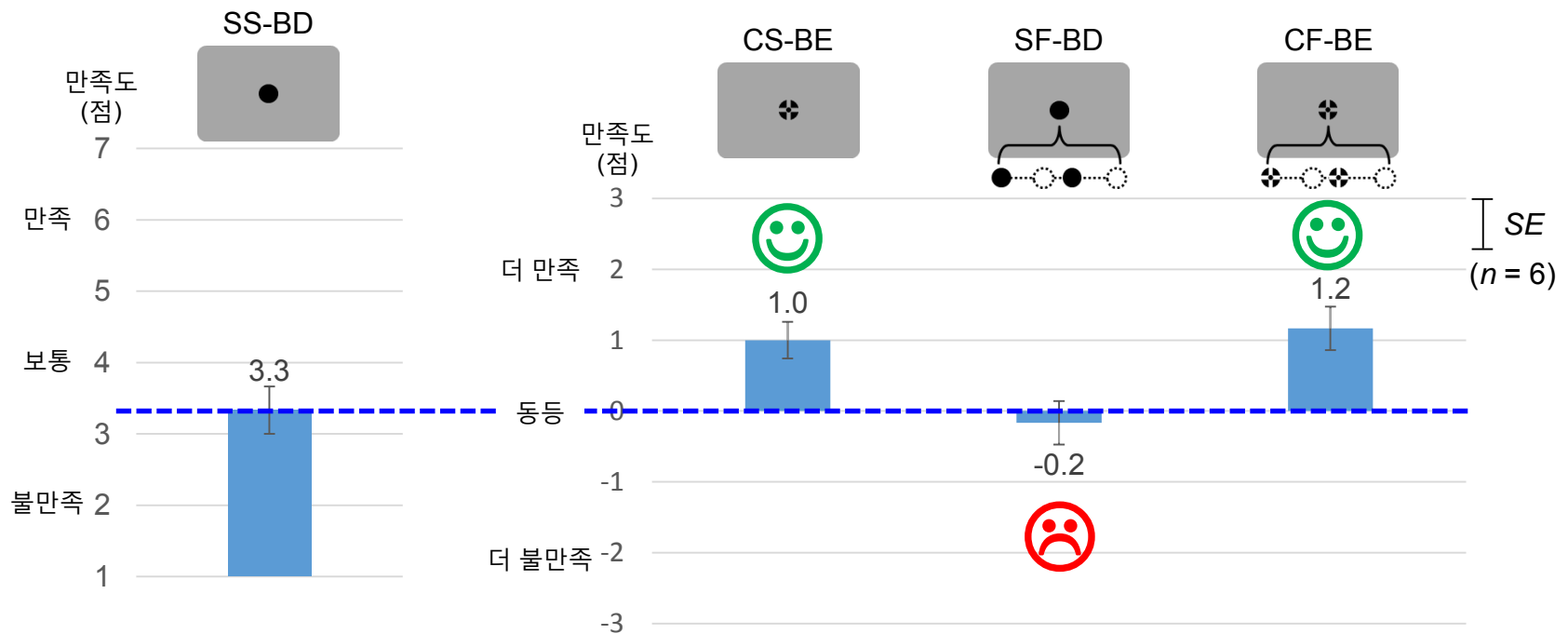
Pilot Test Results: 눈 피로도

- ❑ **CS-BE** 방법을 사용하였을 때 **눈이 가장 편안한 것(1.0점)**으로 평가됨
- ❑ **SF-BD** 방법은 **기존 방법보다 눈을 피로**하게 하는 것으로 분석됨
- ⇒ **시선을 자연스럽게 몰입시키는 방사형 시표는 눈을 편안하게 하나 시표에 깜빡임이 있으면 눈이 피로해 질 수 있음**



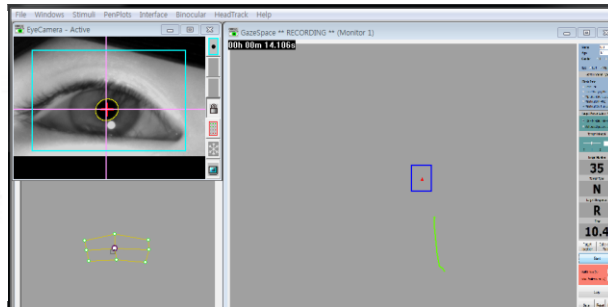
Pilot Test Results: 전반적 만족도

- **CF-BE** 방법과 **CS-BE** 방법의 전반적 만족도가 **1.2점, 1.0점으로 높게 나타남**
- SF-BD 방법은 오히려 기존 방법보다 전반적 만족도가 **0.2점 낮게 분석됨**
- ⇒ **방사형 모양을 가진 CS-BE 방법과 CF-BE 방법이 시선을 자연스럽게 고정시켜**
만족도가 **높게** 나타난 것으로 생각됨



Discussion (1/2)

- 보다 정확한 시야 측정을 위해 시각적 요소가 시선고정에 미치는 영향을 객관적 측정과 주관적 평가를 종합하여 파악함
 - 객관적 방법: eye-tracking 장치를 사용하여 시야검사 중 피실험자의 시선의 위치를 실시간으로 추적하여 시선고정 여부 판별
 - 주관적 방법: 주관적 만족도 평가지를 통해 어떤 요소의 선호도가 높은지 파악




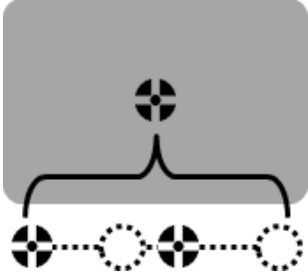
Eye tracking system

| 평가항목 | 시선고정 용이성 | | | | | | | 눈 피로도 | | | | | | | 일반적 만족도 | | | | | | |
|------------|----------|----|----|---|-------|---|---|--------|----|----|---|-------|---|---|---------|----|----|---|-------|---|---|
| | 매우 어려움 | 보통 | | | 매우 쉬움 | | | 매우 어려움 | 보통 | | | 매우 쉬움 | | | 매우 어려움 | 보통 | | | 매우 쉬움 | | |
| 시표유형 SS-BD | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 평가항목 | 시선고정 용이성 | | | | | | | 눈 피로도 | | | | | | | 일반적 만족도 | | | | | | |
| 시표유형 | 매우 어려움 | 보통 | | | 매우 쉬움 | | | 매우 어려움 | 보통 | | | 매우 쉬움 | | | 매우 어려움 | 보통 | | | 매우 쉬움 | | |
| CS-BE | -3 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | -3 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | -3 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| SS-BD | -3 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | -3 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | -3 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| CS-BE | -3 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | -3 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | -3 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| SS-BD | -3 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | -3 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | -3 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 |

주관적 만족도 설문지

Discussion (2/2)

□ 시선고정 성능과 주관적 만족도가 우수한 CS-BE와 CF-BE 방법의 장단점 비교

| 구분 | CS-BE | CF-BE |
|----|--|--|
| 방법 |  |  |
| 장점 | <ul style="list-style-type: none"> • 방사형 형상이 자연스럽게 시선을 고정시켜 줌 • 피검사자의 실수가 적음 | <ul style="list-style-type: none"> • ‘방사형 + 깜박임’이 피검사자의 비자발적 시선 고정을 유도함 |
| 단점 | <ul style="list-style-type: none"> • 피검사자의 시선고정 노력 필요 | <ul style="list-style-type: none"> • 피검사자의 실수를 유발할 수 있음 |

⇒ 집중력이 높은 편인 사람에게는 CS-BE 방법을 추천

⇒ 집중력이 다소 낮은 편인 사람에게는 CF-BE 방법을 추천하는 것이 권장됨

추후 연구

- Pilot test 결과를 기반으로 보다 다양한 연령대와 충분한 인원으로 실험 수행 필요
 - 예: 90명(20 ~ 30 대: 30명, 40 ~ 50대: 30명, 60 ~ 70대: 30명)
- 녹내장 환자에 대한 시선고정 효과를 파악하기 위한 실험 수행 필요
 - 예: 60명(정상인: 30명, 녹내장 환자: 30명)



경청해 주셔서 감사합니다!

