

A Study on the Change in the Phoria Amount according to the Illuminance

Kun-Ju Kim^{1,a} and Jung-Won Cha^{2,b,*}

¹Dept. of Ophthalmic Optics, Shinhan University, Student, Uijeongbu 11644, Korea

²Dept. of Ophthalmic Optics, Shinhan University, Professor, Uijeongbu 11644, Korea

(Received May 4, 2026: Revised May 29, 2026: Accepted June 3, 2026)

Purpose: This study aimed to investigate whether variations in examination room illuminance in an optical clinic affect the measurement of heterophoria. **Methods:** Thirty-two adults in their 20s and 30s participated in the study. Heterophoria was measured under five illuminance levels (10, 50, 150, 350, and 700 lux) using two completely dissociated phoria tests (Maddox Rod and Von Graefe tests) and one associated phoria test (polarization method). Data were analyzed using SPSS version 23.0. **Results:** Changes in heterophoria according to illuminance were statistically significant in the Von Graefe test at both distance ($p=0.042$) and near ($p=0.015$). Significant differences were also observed with the polarized cross chart without a binocular fixation point ($p=0.003$) and with a binocular fixation point ($p<0.001$). **Conclusions:** The findings indicate that an illuminance level of at least 100 lux is optimal for the assessment of heterophoria.

Key words : Illuminance, Heterophoria, Dissociated phoria, Associated phoria, Von Graefe test

서 론

양안시(binocular vision)란 양안 선명 단일시라고도 하며, 양안 망막에 맺힌 개별적인 상을 하나로 통합하여 입체적으로 인지하게 하는 고도의 시기능이다.^[2] 융합과 양안시에 대한 학술적 정의는 문헌마다 다소 차이가 있으나, 임상적 관점에서의 양안시 기능은 궁극적으로 양안시차에 의해 유도되는 입체시를 의미한다. 이러한 입체시는 역치가 매우 작아 외부 환경 요인에 민감하며, 특히 조도(illuminance)의 영향을 크게 받는 것으로 알려져 있다.^[3] 저조도 환경은 입체시 기능을 저하시켜 일상생활에서 시각적 불편함을 초래할 수 있으므로,^[4-5] 정확한 시력 및 양안시 검사를 위한 적절한 조도 설정이 필수적이다.

일반적으로 조도가 낮아지면 동공이 확대되는데, 이로 인해 안구의 구면수차와 색수차가 증가하여 굴절검사 시 근시 도수가 실제보다 높게 측정되거나 시력 저하가 발생할 수 있다.^[6-7] 한국산업표준(KS A 3011)에 따르면 국내 안경원의 권장 조도는 명소시와 암소시의 중간 단계인 표준 400 lux(최저 300 lux, 최대 600 lux)로 규정되어 있으나,^[8-9] 양안시 및 시력검사의 세부 조도 기준에 대해서는 명확한 가이드라인이 부재한 실정이다.

선행 연구인 Kim 등의 보고에 따르면,^[10] 시력표의 종류

와 관계없이 조도가 높아질수록 시력이 향상되는 경향을 보였다. 특히 Snellen 시력표를 이용한 검사에서 60 lux 이하의 저조도 환경에서는 현저한 시력 변화가 관찰되었으나, 80 lux 이상에서는 그 변화가 완만해지는 특성을 보였다. 또한 Noh 등은 조도 변화에 따른 동공 크기의 변화가 굴절 상태에 영향을 미치므로,^[11] 시각적 불편함을 최소화하고 정확한 검사를 위해 검사실 조도를 ‘500~1,000 lux’ 수준으로 유지할 것을 제안한 바 있다.

그러나 이러한 시력표 중심의 평가는 대비가 높은 환경에서 측정되므로, 실제 일상생활에서 겪는 시각적 성능 저하를 온전히 반영하지 못하는 한계가 있다. 최근 연구에 따르면 완전 교정을 통해 1.0의 시력을 확보하더라도, 조명 조건에 따른 동공 크기의 변화폭이 크거나 원거리 외사위가 존재할 경우 야간 선명도 및 동적 대비감도 등 전반적인 시력의 질이 유의미하게 저하되는 것으로 나타났다.^[12] 나아가, 조명 환경의 차이는 단순한 시력의 질 저하를 넘어 양안의 사위도 자체를 물리적으로 변화시키는 것으로 밝혀졌다. Jeong 등의 연구에 따르면, 어두운 환경에서 고휘도의 디스플레이를 주시할 경우 원거리 사위가 외사위화되는 경향이 나타났으며, 반대로 33 cm 근거리에서는 저휘도 조건일 때 고휘도에 비해 상대적으로 내사위화되는 경향을 보였다. 이는 망막에 도달하는 빛의 양과 동

본 논문은 김근주의 석사학위 논문 일부를 발췌하였음^[1]

*Corresponding author: Jung-Won Cha, TEL: +82-31-870-3433, E-mail: jwcha@shinhan.ac.kr

Authors ORCID: ^ahttps://orcid.org/0009-0000-7826-7950, ^bhttps://orcid.org/0000-0003-2521-2862

공 반응의 차이가 조절과 폭주의 교차결합 강도에 영향을 미쳐 사위량을 변화시킴을 시사한다.^[13] 이러한 변화의 핵심적인 안광학 및 생리학적 기전은 조도에 따른 동공 크기의 변동과 눈의 초점심도 및 조절 간의 유기적 상호작용에 기인한다. 고조도 환경에서는 동공이 수축하면서 편홀 효과에 의해 눈의 초점심도가 깊어지며, 이에 따라 시표를 선명하게 인지하기 위해 요구되는 실제 망막의 조절 반응이 감소하게 된다. 조절 반응의 감소는 신경학적 연동 기전인 조절성 폭주(accommodative convergence; AC)의 발생량을 감소시키며, 결과적으로 눈을 안쪽으로 모으는 내전력이 약화되어 사위도의 외편위를 유발하게 된다. 반대로 저조도 환경에서는 동공이 산대되어 초점심도가 얕아짐에 따라 망막의 흐림을 극복하기 위해 조절 자극이 증가하고, 이에 유도된 조절성 폭주의 개입이 강화되어 사위량의 변동을 초래한다. 즉, 조도 변화는 동공 크기와 조절 반응의 변화를 거쳐 AC/A 비(ratio)의 교차결합 강도를 물리적으로 변화시키는 결정적 요인으로 작용한다.

이처럼 조도와 시력 및 굴절 변화에 관한 연구는 활발히 진행되어 왔으나, 검사실 조도 변화가 사위량(phoria amount) 측정값에 미치는 영향에 관한 구체적인 연구는 여전히 부족한 실정이다. 임상에서 환자의 일상적 생활 환경과 동떨어진 조도 하에서 사위 검사를 시행할 경우, 부적절한 프리즘 처방으로 이어질 위험이 크다.

이에 본 연구는 ‘조도 차이에 따라 사위량 측정값에 유의미한 변화가 발생할 것’이라는 가설을 바탕으로, 다양한 조도 환경에서 사위량을 측정 및 분석하고자 한다. 이를 통해 검사 조도에 따른 사위량의 변화 양상을 규명하고, 임상에서 신뢰도 높은 양안시 검사를 수행하기 위한 적절한 검사실 조도 기준을 제시하고자 한다.

대상 및 방법

1. 대상

본 연구의 데이터 수집은 2021년 6월부터 10월까지 수행되었다. 연구의 목적과 취지를 충분히 이해하고 참여에 동의한 20~30대 성인 32명(남 10명, 여 22명, 평균 연령 26.93±4.87세)을 대상으로 하였다. 대상자 선정에 위해 예비검사, 굴절검사, 안질환 유무 확인 및 양안시 기능검사를 실시하였으며, 단안 최대교정시력이 0.8 이상이고 안과적 병력이 없는 자를 최종 선정하였다. 단, 안구 상태에 영향을 미칠 수 있는 전신 질환자 및 사시안은 대상에서 제외하였다.

2. 방법

본 연구에서는 조도 변화에 따른 완전융합제거사위

(dissociated phoria)와 일부융합제거사위(associated phoria)의 측정값을 비교하기 위해 마독스봉(maddox rod) 검사, 본 그라페(Von Graefe)법 및 편광법(polarization method)을 사용하였다. 조도 조절 및 측정은 조도계(DX-100, INS, Taiwan)를 사용하였으며, 피검자의 각막 정점 부근에서 시표를 바라보는 방향의 실시간 조도를 측정하였다. 검사 조도 단계의 설정은 실제 임상 현장의 환경을 반영하기 위해 사전 조사된 안경원 15개소의 시력검사실 조도 범위(10~750 lux)를 기반으로 구축하였다. 조사 결과 원용 시력 검사 시에는 10~100 lux 범위(9개소)의 빈도가 가장 높았고, 근용 시력 검사 시에는 101~300 lux 범위(7개소)가 가장 많았다. 이에 따라 임상에서 주로 활용되는 조도 구간과 실제 검사실의 최저 및 최고 조도 범위를 고르게 대표할 수 있도록 10 lux, 50 lux, 150 lux, 350 lux, 700 lux의 5단계 검사 환경을 조성하였다.

실험 시 발생할 수 있는 외부 변인을 엄격히 제어하기 위하여, 사위량 및 눈물막의 일중 변동 오차를 최소화하고자 모든 피검자의 실험은 오후 12시에서 16시 사이에 동일하게 진행되었다. 조도 조건에 따른 검사 순서는 망막의 순응 생리를 고려하여 10 lux의 가장 낮은 조도에서 시작하여 700 lux의 높은 조도까지 점진적으로 상향하는 방식을 채택하였다. 이는 밝은 환경에서 어두운 환경으로 적응하는 암순응 소요 시간(약 30~40분)이 명순응(약 30~40초)에 비해 현저히 길기 때문에,^[14] 무작위 배정 시 발생할 수 있는 긴 대기 시간과 피검자의 시각적 피로도를 방지하기 위함이다. 또한, 각 조도 조건의 검사가 종료될 때마다 피검자에게 5분간 눈을 감고 휴식을 취하게 하였다. 이는 망막 광수용체의 민감도를 초기화하고 검사 중 유발된 조절작용을 완전히 이완시키기 위한 조치이다. 나아가, 검사 과정 중 안구 건조로 인해 각막 표면에 광학적 수차가 발생하여 시표 인식 및 융합에 방해가 되는 것을 막기 위하여, 피검자의 상태에 따라 적절히 인공눈물을 점안한 후 검사를 재개하는 등 일관된 검사 환경을 유지하고자 노력하였다.

수집된 데이터의 통계 처리는 SPSS 23.0 프로그램을 이용하였다. 데이터의 정규성을 만족하지 않아 조도 변화에 따른 사위량 측정값의 차이 검증은 비모수 검정인 프리드만 검정(Friedman Test)을 실시하였으며, 통계적 유의수준은 $p < 0.05$ 로 설정하였다. Friedman Test 결과 통계적으로 유의한 차이가 나타난 항목에 대해서는 사후검정(Post-hoc test)으로 Bonferroni 보정을 적용한 윌콕슨 부호순위검정(Wilcoxon signed-rank test)을 실시하였으며, 변수 간 차이의 실질적인 크기를 확인하기 위해 효과크기(Effect size)인 Kendall's W를 산출하였다. 또한, 조도와 사위량 간의 연속적인 변화 경향성을 확인하기 위해 곡선적합(Curve

fitting)을 실시하여 추세선의 지수함수식 결정계수(R^2)를 산출하였다.

2.1. 완전융합제거사위 검사

마독스봉 검사는 피검사자의 굴절이상을 완전 교정한 검안테를 착용한 상태에서 시행하였다. 우안에 수평 방향의 마독스봉을 장입하고 좌안은 개방한 후, 5 m(원거리) 및 40 cm(근거리) 위치의 점광원을 주시하게 하였다. 이후 프리즘을 가감하여 주시 점광원과 수직 선조광이 일치하는 지점의 사위량을 각 조도 단계별로 측정하였다. 본 그라페 검사는 완전 교정된 검안테 위에 융합 제거를 위한 분리 프리즘(6 △ BU)을 우안에 장입한 후 시행하였다. 원거리 수직 일렬 시표와 근거리 시표를 주시하게 한 뒤, 수평 프리즘을 가감하여 분리된 두 시표가 수직선상에 일렬로 정렬되는 순간의 프리즘 양을 기록하였다. 각 검사 단계 사이에는 시각적 피로를 방지하고 조도에 적응할 수 있도록 5분간의 휴식 시간을 부여하였다.

2.2. 일부융합제거사위 검사

일부융합제거사위는 원거리에서 편광법을 사용하여 측정하였다. 완전 교정된 검안테 위에 편광 안경을 추가로 착용시킨 후, 양안 공통 주시점이 없는 십자시표와 중앙에 양안 주시점이 있는 원거리 십자시표 두 가지를 사용하였다. 피검사자의 자각적 시표 분리 상태에 따라 십자시표가 어긋남 없이 정렬될 때까지 측정용 프리즘 렌즈를 가감하며 조도별 사위량을 측정하였다. 매 측정 직후에는 조도 적응 및 눈의 휴식을 위해 5분간 눈을 감고 안정 상태를 유지하도록 통제하였다.

결과 및 고찰

1. 완전융합제거사위(dissociated phoria)

1.1. 마독스봉 검사(Maddox rod test)

원거리(5 m) 및 근거리(40 cm)에서 조도 변화에 따른 사위량을 측정하여 프리드만 검정(Friedman test)을 실시한 결과, 원거리 및 근거리의 유의확률은 각각 $p=0.152$, $p=0.159$ 로 나타나 통계적으로 유의미한 차이는 관찰되지 않았다. 선행 연구에 따르면 암소시 상태에서의 마독스봉 검사는 광원과 배경 간의 높은 휘도 차로 인해 눈부심을 유발하며, 이는 공간 근시 및 조절 개입을 일으켜 원거리 내 사위는 증가시키고 외사위는 감소시킬 수 있다고 보고된 바 있다.^[15] 하지만 본 연구의 원거리 검사 결과, 평균 사위량은 350 lux(2.81 △)에서 최저점을 나타내고 700 lux(3.25 △)의 고조도에서 다시 증가하는 비선형적 양상을 보였다. 즉, 조도 저하에 따른 선형적인 사위량 감소나 통

계적 유의성은 확인되지 않았으며, 본 실험 환경 내에서는 조도의 변화가 사위량의 방향성에 직접적인 영향을 미치지 않은 것으로 판단된다.

1.2. 본 그라페법(Von Graefe Test)

본 그라페법을 이용하여 원거리에서 조도 변화에 따른 사위량을 분석한 결과, 유의확률 $p=0.042$ 로 통계적 유의성이 있는 것으로 나타났다(Table 1). 조도 변화에 따른 본 그라페법 원거리 사위량의 평균값을 분석한 결과, 10 lux에서 2.55 △로 가장 높게 나타났으며, 조도가 높아짐에 따라 서서히 감소하여 150 lux에서 1.94 △로 최저점을 기록하였다. 그러나 350 lux와 700 lux의 고조도 환경에서는 각각 2.22 △와 2.13 △로 측정되어, 일정 조도(150 lux) 이후에는 사위량이 다시 미세하게 증가하는 비선형적인 변화 양상을 보였다.

이처럼 조도 구간별로 증감이 혼재되어 있으나, 전체적인 경향성을 파악하기 위하여 지수함수를 이용한 곡선적합(curve fitting)을 실시하였다. 산출된 데이터의 피팅 함수는 식 (1)과 같으며, 결정계수(R^2)는 0.5077로 나타났다. 이를 통해 조도가 높아짐에 따라 사위량 평균값이 감소하는 전반적인 추세를 확인하였다(Fig. 1). 또한, 조도 변화

Table 1. Analysis of variance in the mean distance heterophoria measured using the Von Graefe test according to changes in illuminance^a

lux	N	Mean	SD	Min	Max
10	32	2.547	2.7456	.0	14.0
50	32	2.203	2.8507	.0	14.5
150	32	1.938	2.7904	.0	15.0
350	32	2.219	2.6272	.0	14.5
700	32	2.125	2.6120	.0	14.0

a. Friedman Test

Chi-square=9.913, $p=0.042$

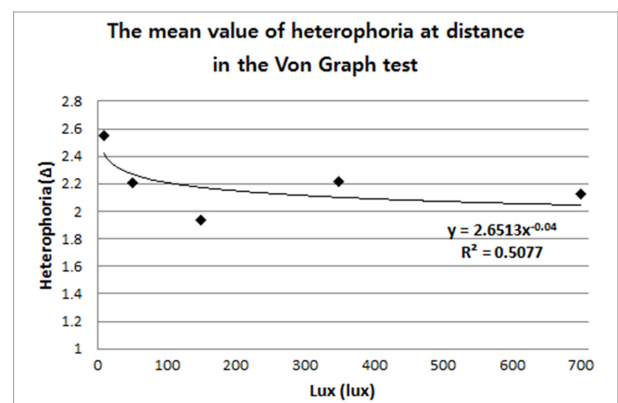


Fig. 1. Trend line of the mean distance heterophoria measured using the Von Graefe test and the fitted exponential function according to changes in illuminance.

에 따른 사위량 차이의 효과크기를 나타내는 Kendall's W 값은 0.071로 산출되었다. 어느 조도 구간에서 유의한 차이가 있는지 확인하기 위해 Bonferroni 보정을 적용한 사후검정(Wilcoxon signed-rank test, 유의수준 $p < 0.005$)을 실시한 결과, 특정 조도 구간 쌍 사이의 통계적으로 유의미한 차이는 발견되지 않았다. 이는 다중비교 보정에 따른 엄격한 유의수준 적용과 사위량의 점진적인 변화 특성에 기인한 것으로 사료된다. 이러한 원거리에서의 사위량 감소 경향은 낮은 조도에서는 시표의 대비(contrast)가 저하되어 망막 중심와의 고정 자극이 약해져 눈이 해부학적 안정위인 바깥쪽으로 편위(외편위)되려는 경향이 강하게 나타나지만, 조도가 증가할수록 시각적 자극이 뚜렷해지면서 양안의 고정력이 강화되어 외사위량이 점진적으로 감소한 것으로 사료된다.

$$y = 2.6513x^{-0.04} \quad (1)$$

본 그래프법 근거리 검사 결과, 유의확률 $p = 0.015$ 로 조도에 따른 유의미한 사위량 차이를 보였다(Table 2). 연구의 대상자들은 근거리 검사에서 대부분 외사위 소견을 보였으며, 조도가 10 lux(8.14 △)에서 700 lux(9.34 △)로 상승함에 따라 외사위량이 점진적으로 증가하는 양상을 보였다. 지수함수 피팅 결과 조도가 일정 수준 이상 높아지면 증가 폭이 완만해지는 특성을 보였으며, 데이터의 피팅함수는 식 (2)와 같다.

$$y = 7.6004x^{0.0284} \quad (2)$$

근거리 조도에 따른 사위량의 변화 추세를 분석한 결과, 결정계수(R^2) 0.8332 수준의 설명력을 가지는 피팅 모형이 도출되었다(Fig. 2). 이 분석의 효과크기인 Kendall's W 값은 0.061로 나타났다. Friedman test 결과에 대해 Bonferroni 보정을 적용한 사후검정을 수행한 결과, 10가지의 세부 조도 구간 쌍 중에서 유의수준 $p < 0.005$ 를 만족하며 통계적으로 유의미한 차이를 보이는 특정 구간은 확인되지 않았다.

Table 2. Analysis of differences in the mean near heterophoria measured using the Von Graefe test according to changes in illuminance^a

lux	N	Mean	SD	Min	Max
10	32	8.141	5.8022	.0	27.0
50	32	8.453	6.2144	.0	31.0
150	32	8.891	6.6633	.0	33.0
350	32	8.688	6.2253	.0	31.0
700	32	9.344	5.8894	.0	32.0

a. Friedman Test

Chi-square=12.293, $p=0.015$

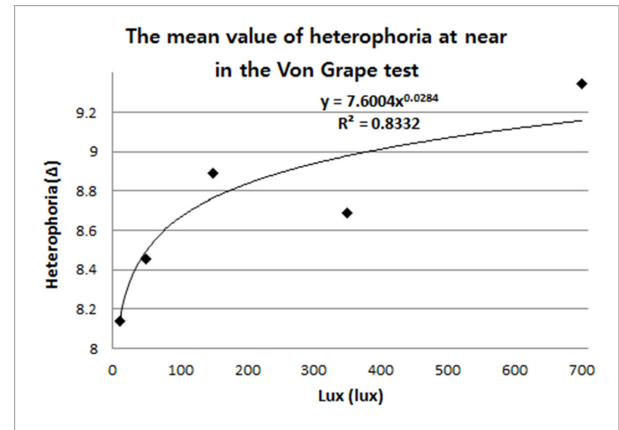


Fig. 2. Trend line of the mean near heterophoria measured using the Von Graefe test and the fitted exponential function according to changes in illuminance.

원거리와 달리 근거리에서 조도가 높아질수록 외사위량이 증가하는 이유는 조명 환경에 따른 눈의 조절 기전으로 설명할 수 있다. 조도가 높아지면 동공이 수축하여 눈의 초점심도가 깊어지게 된다. 초점심도가 증가하면 상대적으로 적은 조절만으로도 근거리 시표를 선명하게 인식할 수 있어 전반적인 조절 반응이 감소한다. 조절이 감소함에 따라 이에 동반되는 조절성 폭주(accommodative convergence; AC) 역시 함께 감소하게 되며, 결과적으로 눈을 안쪽으로 모으는 힘이 약해져 외사위량이 점진적으로 증가한 것으로 분석된다.

한편, 본 연구의 근거리 검사 결과 대상자들은 대부분 외사위 소견을 보였으며, 마독스봉 검사의 사위량(절대값) 평균이 본 그래프법보다 전반적으로 높게 측정되었다. 이는 근거리에서의 부적절한 조절 통제로 인해 마독스봉 검사 시 외사위가 증가한다는 Schroeder 등의 연구 결과와 일치하며,^[16] 마독스봉 검사가 타 검사법에 비해 사위량을 더 크게 측정하는 경향이 있다는 기존의 보고를 뒷받침한다.^[17]

결과적으로 마독스봉 검사에서는 조도 변화에 따른 사위량 변화가 통계적 유의성을 띠지 않으므로, 본 그래프법에 비해 조도가 사위량에 미치는 영향력이 상대적으로 적은 것으로 판단된다. 다만, 저조도 환경이 불필요한 조절 개입을 유발할 수 있다는 점을 고려할 때, 임상 시력검사 시에는 환자의 일상생활과 유사한 적정 조도를 유지하여 검사를 수행해야 할 필요성이 있다.

2. 일부융합제거사위(associated phoria)

2.1. 양안 공통 주시점이 없는 원거리 편광십자시표

양안 공통 주시점이 없는 원거리 편광십자시표를 이용하여 조도 변화에 따른 사위량을 분석한 결과, 유의확률 $p = 0.003$ 으로 통계적으로 유의미한 차이가 확인되었다(Table 3). 사위량 평균값은 10~50 lux 조건에서 0.64 △로

Table 3. Analysis of differences in the mean distance heterophoria measured using the Cross Chart test according to changes in illuminance^a

lux	N	Mean	SD	Min	Max
10	32	.641	1.3809	.0	6.0
50	32	.641	1.2904	.0	6.0
150	32	.422	.9928	.0	5.0
350	32	.344	.9456	.0	5.0
700	32	.344	.9456	.0	5.0

a. Friedman Test

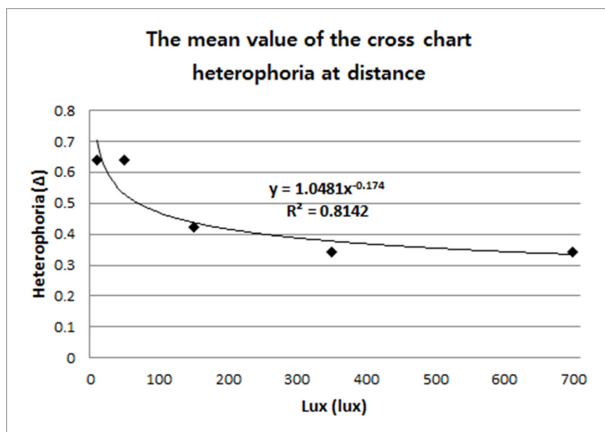
Chi-square=16.124, $p=0.003$ 

Fig. 3. Trend line of the mean distance heterophoria measured using the Cross Chart test and the fitted exponential function according to changes in illuminance.

가장 높았고, 350 lux 이상의 조도에서는 0.34 △로 감소하였다. 지수함수를 이용한 곡선적합(curve fitting) 결과, 조도가 상승함에 따라 사위량이 감소하다가 고조도 영역에서 점차 안정화되는 경향을 보였다. 데이터의 피팅 함수는 식 (3)과 같으며, 결정계수(R^2)는 0.8142로 높은 설명력을 나타냈다(Fig. 3). 본 검사에서 조도 간 변화의 실질적 크기를 나타내는 효과크기 Kendall's W는 0.126으로 산출되었다. 유의한 차이가 발생한 구간을 특정하고자 Bonferroni 보정을 적용한 사후검정을 추가 실시하였으나, 엄격해진 유의수준($p<0.005$) 하에서 통계적 유의성에 도달한 특정 조도 구간 쌍은 발견되지 않았다.

$$y=1.0481x^{-0.174} \quad (3)$$

2.2. 양안주시점이 있는 원거리 편광십자시표

중앙에 양안 주시점이 있는 편광십자시표를 이용한 검사 결과, 조도 변화에 따른 사위량 차이는 유의확률 $p<0.001$ 로 고도의 통계적 유의성을 나타냈다(Table 4). 조도가 10 lux에서 700 lux로 증가함에 따라 사위량은 0.59 △에서 0.31 △로 유의미하게 감소하였다. 이는 조도가 높아

Table 4. Analysis of differences in the mean distance heterophoria measured using the Pola Cross Chart test according to changes in illuminance^a

lux	N	Mean	SD	Min	Max
10	32	.594	1.3467	.0	6.5
50	32	.563	1.3425	.0	6.5
150	32	.453	1.2072	.0	6.0
350	32	.344	1.1103	.0	6.0
700	32	.313	1.0060	.0	5.5

a. Friedman Test

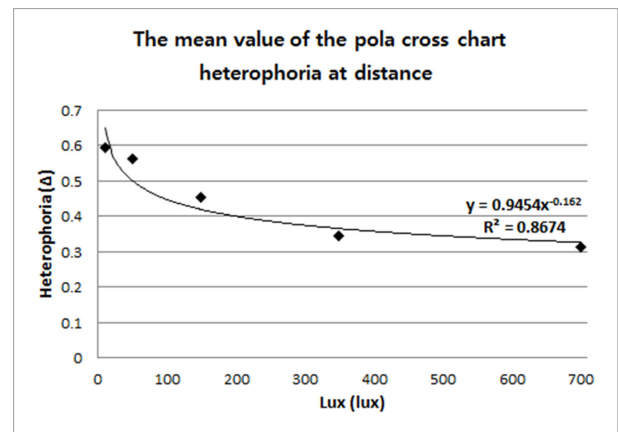
Chi-square=25.969, $p=0.000$ 

Fig. 4. Trend line of the mean distance heterophoria measured using the Pola Cross Chart test and the fitted exponential function according to changes in illuminance.

질수록 중심부의 융합 자극이 강화되어 사위량이 감소하고 양안 정렬 상태가 더욱 안정화됨을 시사한다. 지수함수 곡선적합 결과 데이터의 피팅 함수는 식(4)와 같이 도출되었으며, 결정계수(R^2) 또한 0.8674로 나타나 조도 변화와 사위량 간의 매우 밀접한 상관관계를 확인하였다(Fig. 4). 해당 분석 결과의 효과크기 Kendall's W 값은 0.203로 산출되었다. 어느 조도 간에 구체적인 차이가 존재하는지 규명하기 위해 Bonferroni 보정을 거친 사후검정을 수행한 결과, 모든 세부 조도 구간 쌍에서 유의수준 $p<0.005$ 를 초과하여 통계적으로 유의미한 특정 구간 차이는 나타나지 않았다.

$$y=0.9454x^{-0.162} \quad (4)$$

사위 검사는 본질적으로 피검사자의 자각적 응답에 의존하는 검사이므로, 피검사자의 일관성 없는 반응이나 검사중 발생하는 부적절한 조절 개입은 측정 결과의 변동성을 높이고 오차를 유발하는 주요 요인이 된다.^[16]

본 연구의 조도별 데이터 추이 분석결과, 대부분의 사위 검사법에서 100 lux 이하의 저조도 구간에서는 사위량의

급격한 변화가 유발된 반면, 100 lux 이상의 조도에서는 그 변화 폭이 현저히 감소하며 결과값이 수렴하고 안정화되는 양상을 보였다.

따라서 임상 현장에서 사위 검사의 신뢰도와 재현성을 확보하기 위해서는 측정 방법뿐만 아니라 검사실 조도 환경을 명시하는 것이 필수적이다. 조도 저하로 인한 불필요한 조절 및 폭주의 개입을 최소화하기 위해 최소 100 lux 이상의 조도 환경을 유지한 상태에서 검사를 진행하는 것이 임상적으로 가장 타당할 것으로 사료된다.

결 론

본 연구는 안경원 시력검사실의 조도 변화가 사위량 측정값에 미치는 영향을 분석하여, 임상적으로 신뢰도 높은 양안시 검사 환경 기준을 제안하고자 수행되었다.

연구 결과, 완전융합제거사위 검사인 본 그래페(Von Graefe)법에서 원거리($p=0.042$) 및 근거리($p=0.015$) 사위량 모두 조도에 따라 통계적으로 유의미한 차이가 확인되었다. 또한, 일부융합제거사위 검사인 양안 공통 주시점이 없는 원거리 편광십자시표($p=0.003$)와 양안 주시점이 있는 원거리 십자시표($p<0.001$)에서도 조도 변화에 따른 유의미한 사위량 변화가 도출되었다.

조도에 따른 사위량의 변화 추이를 분석한 결과, 대부분의 검사 방법에서 100 lux 이하의 저조도 환경일 때 사위량 측정값이 급격하게 변동되는 양상을 보였다. 반면, 100 lux 이상의 조도 환경에서는 원거리와 근거리 측정값의 변화 폭이 현저히 감소하고 안정화되어, 검사 결과의 재현성과 신뢰도를 확보할 수 있음을 확인하였다.

다만, 본 연구에서 조도 변화에 따라 측정된 사위량은 통계적으로 유의미한 차이를 나타내었으나, 조도 단계별 사위량 평균의 절대적인 변화 폭은 원거리와 근거리 모두 1.0 △ 내외의 미세한 변동 수준에 머물렀다. 대상자의 융합 여력을 고려할 때, 이러한 미세한 변화가 임상 현장에서 즉각적인 프리즘 처방 값의 변경으로 직결될 만큼의 결정적인 임상적 유의성을 가진다고 보기에는 한계가 있다. 그럼에도 불구하고, 본 결과는 부적절한 검사실 조도 환경이 동공 크기 및 조절 반응의 변화를 유발하여 양안 정렬 상태의 안위 자체를 생리학적으로 이동시킨다는 사실을 정량적으로 입증했다는 점에서 학술적 의의가 크다.

결론적으로, 검사 조도는 사위량 측정에 지대한 영향을 미치는 핵심 변수이다. 임상 현장에서 사위 검사의 정확도를 높이고 부적절한 프리즘 처방을 방지하기 위해서는, 시력검사실의 조도를 최소 100 lux 이상으로 유지한 상태에서 검사를 진행해야 할 것으로 사료된다. 나아가 환자에게 가장 편안하고 최적화된 양안시 처방을 제공하기 위해, 환

자가 실제 일상생활에서 주로 생활하는 조도 환경을 고려한 맞춤형 검사 환경 조성이 적극적으로 고려되어야 할 것이다.

REFERENCES

- [1] Kim KJ. A study on the change in the phoria amount according to the illuminance. MS Thesis. Shinhan University, Uijeongbu. 2022;1-50.
- [2] Kim NS, Lee JH, Chang YH, et al. Effects of retinal illuminance on visual acuity and fusion. J Korean Ophthalmol Soc. 2002;43(2):332-336.
- [3] Lee DW, Nah YS, Lee KM, et al. Effect of difference of binocular retinal illuminance on stereopsis. J Korean Ophthalmol Soc. 2003;44(8):1828-1832.
- [4] Kingdom FAA, Simmons DR. Stereoacuity and colour contrast. Vision Res. 1996;36(9):1311-1319. DOI: [https://doi.org/10.1016/0042-6989\(95\)00186-7](https://doi.org/10.1016/0042-6989(95)00186-7)
- [5] Livingstone MS, Hubel DH. Stereopsis and positional acuity under dark adaptation. Vision Res. 1994;34(6):799-802. DOI: [https://doi.org/10.1016/0042-6989\(94\)90217-8](https://doi.org/10.1016/0042-6989(94)90217-8)
- [6] Ivanoff A. About the spherical aberration of the eye. J Opt Soc Am. 1956;46(10):901-903. DOI: https://doi.org/10.1364/JOSA.46.0901_1
- [7] Howarth PA, Bradley A. The longitudinal chromatic aberration of the eye and its correction. Vision Res. 1986;26(2):361-366. DOI: [https://doi.org/10.1016/0042-6989\(86\)90034-9](https://doi.org/10.1016/0042-6989(86)90034-9)
- [8] Han SH, Kim BH, Yoon JH, et al. Change in the eye's refractive power and pupil's size following intensity of illumination using auto ref-keratometer. Korean J Vis Sci. 2013;15(1):1-7.
- [9] Park HM, Sung DY, Chu BS. Dynamic measurement of accommodation and pupils size under different lighting condition. Korean J Vis Sci. 2019;21(4):479-488. DOI: <https://doi.org/10.17337/JMBI.2019.21.4.479>
- [10] Kim DI, Choi O. Comparison of visual acuity according to different visual acuity charts and various intensities of illumination. J Korean Ophthalmol Soc. 1983;24(4):687-693.
- [11] Noh YS, Kim SY, Moon BY, et al. Changes of refractive errors caused by corneal shape and pupil size. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2014;19(3):383-387. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2014.19.3.383>
- [12] Im JH, Leem HS. Effect of binocular visual function pupil diameter on contrast sensitivity. Korean J Vis Sci. 2025; 27(3):201-209. DOI: <https://doi.org/10.17337/JMBI.2025.27.3.201>
- [13] Jeong SW, Seo MK, Park MJ, et al. Effects of distance and luminance on visual function in adults in their 20s using digital devices in the dark. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2024;29(3):123-130. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2024.29.3.123>

- [14] Kwak SI, Kim YH, Kim CY, et al. Ophthalmology, 13th Ed. Seoul: Ilchokak, 2023;91.
- [15] Kim HI. The effect of glare on maddox rod test for prism correction of lateral heterophoria at eistance. Korean J Vis Sci. 2014;16(1):51-57.
- [16] Schroeder TL, Rainey BB, Goss DA, et al. Reliability of and comparisons among methods of measuring dissociated phoria. Optom Vis Sci. 1996;73(6):389-397. DOI: <https://doi.org/10.1097/00006324-199606000-00006>
- [17] Metsing TI, Mathebula SD. Comparative analysis of Modified Thorington to the prism cover, von Graefe and Maddox rod tests. Afr Vision Eye Health. 2022;81(1):a754. DOI: <https://doi.org/10.4102/aveh.v81i1.754>

조도에 따른 사위량 변화에 관한 연구

김근주¹, 차정원^{2,*}

¹신한대학교 안경광학과, 학생, 의정부 11644

²신한대학교 안경광학과, 교수, 의정부 11644

투고일(2026년 5월 4일), 수정일(2026년 5월 29일), 게재확정일(2026년 6월 3일)

목적: 안경원 검사실 조도 차이에 따라 사위량에 변화가 있는지를 알아보고자 한다. **방법:** 20-30대 성인 32명을 대상으로 10, 50, 150, 350 및 700 lux의 5가지 조도에서 검사하였다. 완전융합제거사위 검사방법인 마독스봉 및 본 그래페법과 일부융합제거사위 검사인 편광법을 실시하였으며, SPSS 23.0을 사용하여 통계 분석하였다. **결과:** 조도에 따른 사위량 변화는 본 그래페법 원거리($p=0.042$) 및 근거리($p=0.015$)에서 유의하게 나타났으며, 양안 주시점이 없는 편광십자시표($p=0.003$)와 양안 주시점 있는 편광십자시표($p<0.001$)에서도 유의한 차이를 보였다. **결론:** 사위량 검사 시 신뢰도를 확보하기 위해 최소한 100 lux 이상의 조도 하에서 검사하는 것이 권장된다.

주제어: 조도, 사위, 완전융합제거사위, 일부융합제거사위, 본 그래페법