

## The Effect of Astigmatic Blur on Contrast Sensitivity among Groups of Natural Astigmatism Power

Hyung Ryul Jeong<sup>1,a</sup>, Su A Jung<sup>2,b</sup>, Jeong Lim Lee<sup>1,c</sup>, and Hyun Jung Kim<sup>3,d,\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Optometry, Konyang University, Student, Daejeon 35365, Korea

<sup>2</sup>Dept. of Optometry, Wonkwang Health Science University, Professor, Iksan 54538, Korea

<sup>3</sup>Dept. of Optometry, Konyang University, Professor, Daejeon 35365, Korea

(Received February 11, 2021; Revised March 4, 2021; Accepted March 5, 2021)

**Purpose:** This study investigates the effect of the astigmatic blur of the same amount on contrast sensitivity among groups of natural astigmatism power. **Methods:** A total of 34 adults (average age of 22.11±2.32 years) with myopic with-the-rule astigmatism were selected. The natural astigmatism power was subdivided into four groups (Group I:  $-0.50 \leq DC < -1.00$ , Group II:  $-1.00 \leq DC < -2.00$ , Group III:  $-2.00 \leq DC < -3.00$ , Group IV:  $-3.00 \leq DC$ ). After contrast sensitivity was measured in a spherical equivalent correction, full correction, with undercorrected cylindrical diopter ( $-0.50$  DC,  $-1.00$  DC), it was converted into relative contrast sensitivity. Relative contrast sensitivity varies in all subjects according to the undercorrected cylindrical diopter, and the relative contrast sensitivity in the undercorrected cylindrical diopter of the same amount was compared between the four groups. **Results:** Spherical equivalent correction and undercorrected cylindrical diopters decreased the contrast sensitivity at all spatial frequencies, with a statistically more significant decrease at high spatial frequencies (12 and 18 cpd) than at low spatial frequencies (1.5, 3, 6 cpd). In addition, when the spatial frequency was the same, in terms of contrast sensitivity, there was no statistically significant difference in natural astigmatism power in the undercorrected cylindrical diopter of the same amount. However, there was a greater statistically significantly decrease in Group III and IV than in Group I and II in the spherical equivalent correction. **Conclusions:** The astigmatic blur with spherical equivalent correction and undercorrected cylindrical diopter causes a decrease in contrast sensitivity. Specifically, when the natural astigmatism power is over  $-2.00$  D, the spherical equivalent correction causes a greater decrease in contrast sensitivity. Therefore, we estimate that undercorrected cylindrical diopter of under  $-1.00$  D is necessary, instead of spherical equivalent correction at over  $-2.00$  D.

**Key words:** Astigmatism, Natural astigmatism power, Astigmatic blur, Undercorrected cylindrical diopter, Contrast sensitivity

### 서 론

질병관리청의 건강영양조사분석과에서 국민의 건강상태를 파악하기 위해 수행한 통계자료에 따르면 대한민국 만 19세 이상 남녀 7,393명 중 약 52%가 난시를 소유하고 있다고 한다. 이들의 난시도별 분포율은 ‘ $-0.25 \leq DC < -1.00$ ’ 약 63%이고, ‘ $-1.00 \leq DC < -2.00$ ’ 약 27%이고, ‘ $-2.00 \leq DC < -3.00$ ’ 약 6%이며, ‘ $-3.00 \leq DC$ ’은 약 3%로 나타나는 것을 알 수 있다.<sup>[1]</sup> 그리고 실제 굴절검사 및 안경처방을 담당하는 임상 안경사들을 대상으로 난시교정현황을 알아보고자 실시한 설문조사 결과에 따르면, 안경원에 내원하는 고객의 난시도가  $-1.00$  D 이하일 경우는 난시를 미교정 또는 등가구면굴절력교정 처방하는 비율이 높고,  $-1.00$  D

초과일 경우는 일부의 난시량을 저교정하여 처방하는 비율이 높다고 하였다.<sup>[2]</sup> 난시를 완전교정하게 되면 망막상의 왜곡, 현기증, 방향감각 상실, 불안정한 자세 등의 증상들을 겪음으로써 적응에 어려움을 호소할 수 있기 때문에,<sup>[3]</sup> 수월한 적응을 위해 임상에서는 난시를 완전교정하지 않기도 한다.<sup>[2]</sup>

임상에서는 시기능을 평가하기 위해 일반적으로 백색 바탕에 흑색 문자로 이루어진 높은 대비의 시표를 이용하여 시력검사를 하고 있다.<sup>[3,4]</sup> 하지만 일상생활에서는 높은 대비도를 갖는 물체뿐만 아니라 다양한 대비도를 갖는 사물들을 마주하기 때문에 시력검사만으로 시기능을 평가하기에는 한계가 있다.<sup>[3]</sup> 이러한 이유로 최근 연구에서는 시기능을 보다 더 민감하게 평가하기 위해 다양한 대비도로

\*Corresponding author: Hyun Jung Kim, TEL: +82-42-600-8427, E-mail: kimhj@konyang.ac.kr

Authors ORCID: <sup>a</sup><https://orcid.org/0000-0003-3142-5223>, <sup>b</sup><https://orcid.org/0000-0001-6728-0295>, <sup>c</sup><https://orcid.org/0000-0002-1122-3635>, <sup>d</sup><https://orcid.org/0000-0002-3573-9513>

본 논문의 일부내용은 2018년 한국안광학회 동계학술대회에서 포스터로 발표되었음

이루어진 시표를 이용하여 대비감도를 측정하고 있다.<sup>[2,4,13]</sup> 이들은 안질환의 종류에 따른 대비감도의 차이를 파악하거나,<sup>[5]</sup> 신경질환과 대비감도의 관계를 확인하거나,<sup>[6]</sup> 광학적 흐림에 따른 대비감도의 변화를 평가하고 있다.<sup>[2,4,7-13]</sup> 이 중 난시와 관련된 광학적 흐림과 대비감도의 관계를 분석한 선행연구들은 완전교정 상태에서 원주굴절력을 교정하지 않거나(미교정),<sup>[11,13]</sup> 등가구면굴절력교정하거나,<sup>[8,13]</sup> 완전교정 상태에서 (+)원주굴절력을 임의로 가입하여<sup>[7]</sup> 난시성 흐림(astigmatic blur)을 발생시킨 후 대비감도를 측정하여 비교하고 평가하였다. 해당 선행연구들은 난시성 흐림이 대비감도에 미치는 영향에 관하여 알아보았다는 점에서는 의미가 있지만,<sup>[7,8,11,13]</sup> 이 중 일부는 피험자들이 본래적으로 보유하고 있는 난시량의 정도(이하 본태적 난시도)를 고려하지 않았다는 아쉬움이 있다.<sup>[11,13]</sup> 한편, 본태적 난시도를 고려하여 난시도를 그룹별로 세분화한 후 등가구면굴절력교정<sup>[8]</sup> 혹은 원주굴절력 저교정<sup>[2,9]</sup> 및 미교정이<sup>[10]</sup> 대비감도에 미치는 영향을 분석한 선행연구도 있으며, 이들은 본태적 난시도의 정도에 따라 대비감도의 차이가 발생한다고 보고하였다. 하지만 이들의 연구에서는 본태적 난시도가 -2.00 D 미만에서는 난시도를 세분화하였으나 -2.00 D 이상의 경우에는 난시도를 세분화하지 않았다는 한계가 있다. 이처럼 본태적 난시도가 -2.00 D 이상의 경우에서 난시성 흐림이 대비감도에 미치는 영향에 관한 연구는 부족하다.

이에 본 연구는 본태적 난시도에 따라 원주굴절력 저교정이 대비감도에 미치는 영향을 확인하고 비교하기 위해 -4.50 D까지의 본태적 난시도를 갖는 피험자를 대상으로 1.00 D 간격으로 난시도를 그룹별로 분류하였다. 그리고 등가구면굴절력교정 및 원주굴절력 저교정으로 난시성 흐림을 발생시킨 후 대비감도를 측정하고자 하였다. 추가로 본태적 난시도의 정도에 따라 완전교정하더라도 대비감도의 차이가 있을 수 있으므로 원주굴절력 저교정 단계에 따른 대비감도를 용이하게 비교하고자 완전교정 시의 대비감도를 기준으로 등가구면굴절력교정과 원주굴절력 저교정 단계에 따라 측정된 대비감도를 상대 대비감도(relative contrast sensitivity)로 변환한 후, 본태적 난시도 그룹간 대비감도를 비교 평가함으로써 난시성 흐림이 대비감도에 미치는 영향을 알아보하고자 하였다.

## 대상 및 방법

본 연구는 건양대학교병원 생명윤리심의위원회(IRB; institutional review board)의 승인을 받아 실험을 진행하였다(과제번호: 2016-065).

### 1. 대상

대비감도에 영향을 미칠 수 있는 요인을 가능한 배제하기 위해 전신 질환,<sup>[14]</sup> 신경 질환,<sup>[3,6]</sup> 안과적 질환<sup>[3,5,15]</sup> 및 수술이력과<sup>[6]</sup> 굴절부등약시기<sup>[4]</sup> 있는 자는 피험자에서 제외하였다. 그리고 연령 변화에 따른 결과의 오차를 최소화하기 위해 피험자는 20대로 한정하였으며,<sup>[17,18]</sup> 축 방향성에 따른 결과의 오차를 최소화하기 위해 해당 연령대에서 가장 많은 굴절이상의 분포를 보이는 근시성 직난시로 제한하였고,<sup>[7,8]</sup> 원거리 교정시력이 0.9 이상이면서 양안시기능이 정상인 자를 선정하였다. 본 연구는 본태적 난시도 그룹간 양안 대비감도를 비교하기 때문에 보다 명확한 결과를 도출해내기 위해 양안에 소유하고 있는 난시량이 동일한 난시도 그룹에 속하는 자를 최종 피험자로 선발하였다.

최종적으로 선발된 피험자는 34명(평균연령: 22.11±2.32세)이며, 근시도 범위는 0.00≤DS≤-9.00(-3.82±1.99 D), 난시도 범위는 -0.50≤DC≤-4.50(-1.51±0.91 D), 축 범위는 180±15°(173.46±6.69°)이었다.

### 2. 방법

#### 1) 본태적 난시도 그룹 분류

본태적 난시도별로 동일한 양의 원주굴절력 저교정 시 측정된 대비감도를 비교하기 위해 건강영양조사분석과에서 제시한 통계자료를 바탕으로<sup>[1]</sup> 본태적 난시도를 1.00 D 간격으로 기준하여 총 4그룹으로 분류하였다. 이때 각 그룹에 따른 본태적 난시도의 범위는 그룹I은 -0.50≤DC<-1.00(-0.58±0.12 D, 10명), 그룹II는 -1.00≤DC<-2.00(-1.27±0.27 D, 13명), 그룹III는 -2.00≤DC<-3.00(-2.29±0.28 D, 7명), 그룹IV는 -3.00≤DC(-3.28±0.47 D, 4명)이었다.

#### 2) 난시성 흐림 발생 방법 및 단계

임상에서의 난시교정현황을 바탕으로<sup>[2]</sup> 자각적 굴절검사 기기를 이용하여 측정된 완전교정굴절력값을 시험테에 적용하였다. 이후 양안에 소유하고 있는 본태적 난시량의 일부를 교정하지 않은 방법을 이용하여 난시성 흐림을 발생시키기 위해 등가구면굴절력교정(SEC; spherical equivalent correction)과 원주굴절력(DC; diopter of cylinder)을 저교정하였다.

이때 양안의 본태적 난시량이 모두 -1.00 D 미만에 해당하는 그룹I의 피험자들은 양안 동시에 등가구면굴절력교정, 완전교정(FC; full correction), -0.50 DC 저교정하였고, -1.00 D 이상에 해당하는 그룹II, III, IV의 피험자들은 등가구면굴절력교정, 완전교정, -0.50 DC 저교정, -1.00 DC 저교정하였다. 그리고 지속적인 검사로 인해 발생할 수 있는 안정피로가 결과에 오차를 발생시킬 수 있으므로 이를

최소화하기 위해 각 원주굴절력 저교정 단계에 따라 총 3~4일로 나누어 실험을 진행하였다.

**3) 대비감도 측정 및 상대 대비감도 변환**

원·근거리 양안 대비감도를 측정하기 위해 Optec® 6500 (Stereo Optical Co., USA)을 이용하였다. 이 기기의 내부에는 원거리(6 m)와 근거리(40 cm)에 해당하는 대비감도 시표(FACT; functional acuity contrast sensitivity)가 모두 내장되어 있기 때문에 외부 환경의 영향을 최대한 차단한 상태에서 항상 일정한 조건을 유지하며 검사를 진행할 수 있다는 장점이 있다.<sup>[12]</sup> 이 시표는 1.5, 3, 6, 12, 18 cpd(cycle per degree; c/deg)의 공간주파수를 선형 사인파 격자(linear sine-wave grating)로 구성되어 있으며, 공간주파수별로 총 9개의 원형패치(직경: 1.7°)가 2줄(위: 5개, 아래: 4개)로 배열되어 있다. 이때 패치 번호가 증가할수록 0.15 log 단계로 대비가 감소하기 때문에 일반적으로 대비감도를 인식하는데 어려움을 느끼게 된다. 그리고 선형 사인파 격자는 왼쪽(105°), 수직(90°), 오른쪽(75°)의 3방향으로 기울어져 있으며 9개의 원형패치에 무작위로 나열되어 있다(Fig. 1).

대비감도 측정은 9개의 원형패치에 각각 기울어져 있는 사인파 격자 방향을 추측으로 인해 거짓판별하여 대비감도가 과대평가될 수 있으므로<sup>[12]</sup> 이를 방지하기 위해 무작위로 나열되어 있는 왼쪽(105°), 수직(90°), 오른쪽(75°)의 사인파 격자 방향을 맞추는 방법인 ‘3교대 강제 선택법(three-alternative forced choice method)’을 실시하였다. 그리고 피험자가 사인파 격자 방향을 처음으로 인식할 수 없다고 응답할 때 검사를 멈추었으며, 마지막으로 올바르게 응답한 패치에 해당하는 대비감도를 기록하였다. 본 연구는 본태적 난시도 그룹간 동일한 양의 원주굴절력 저교정에 따른 대비감도를 비교하고자 하였으며, 이때 완전교

정 시 측정된 대비감도는 본태적 난시도에 따라 모두 다르므로 본태적 난시도 그룹간 원주굴절력 저교정에 따른 대비감도를 직접적으로 비교하기에는 무리가 있다. 이러한 차이를 보정하기 위해 기준이 되는 완전교정 상태의 대비감도를 모두 100으로 변환하고, 원주굴절력 저교정 단계에 따라 측정된 대비감도를 완전교정 상태에서 측정된 대비감도 값으로 각각 나누어 상대 대비감도로 변환하였다. 그리고 이의 변환된 상대 대비감도를 본태적 난시도 그룹간 원주굴절력 저교정에 따른 대비감도를 비교하는데 이용하였다.

**3. 통계처리**

실험을 통해 얻은 데이터는 SPSS Ver 19를 이용하여 분석하였다. 이때 전체 피험자를 대상으로 공간주파수별 난시성 흐림 발생에 따른 대비감도 비교, 본태적 난시도 그룹간의 대비감도 비교를 위해 일원배치분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였으며, 유의수준은  $p < 0.05$ 일 때 통계적으로 유의하다고 판단하였다. 그리고 공간주파수별 원주굴절력 저교정에 따른 대비감도의 통계적 유의성 표기는 Fig. 2와 3의 그래프 하단에 배치하였으며, 위에서 아래 방향으로 1.5, 3, 6, 12 및 18 cpd 순으로 배열하였다.

**결과 및 고찰**

**1. 난시성 흐림 발생에 따른 상대 대비감도 비교**

본태적 난시도를 분류하지 않은 전체 피험자에서 원주굴절력 저교정으로 인해 발생하는 난시성 흐림이 대비감도에 미치는 영향을 알아보기 위해 Fig. 2와 3에 원주굴절력 저교정량에 따른 원·근거리 상대 대비감도를 각각 나타내었다. 그래프의 x축은 원주굴절력 저교정량을 표기하였

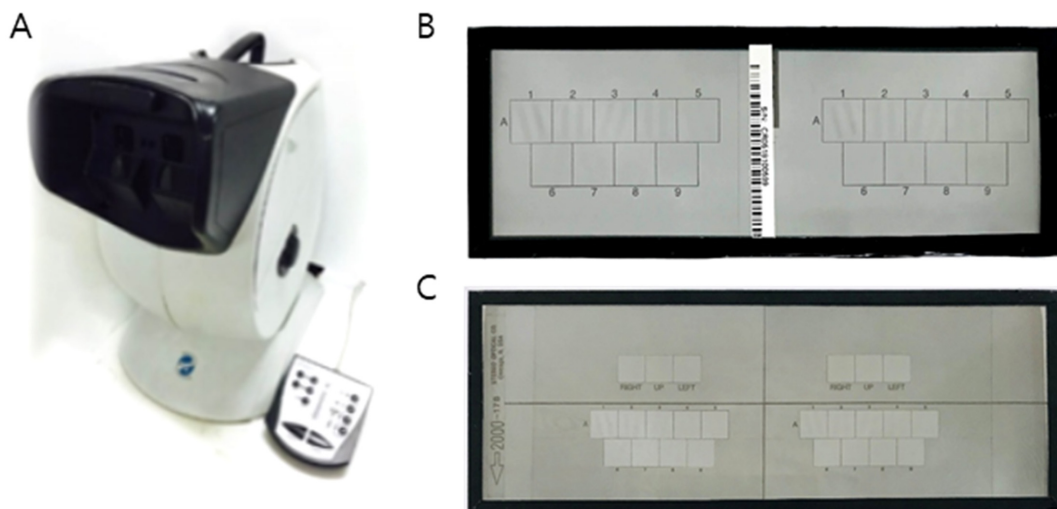


Fig. 1. Optec® 6500 for contrast sensitivity measurement (A) and contrast sensitivity target at far (B) and near (C).

으며, 이때 완전교정과 등가구면굴절력교정을 비교하고, 다음으로 완전교정과 -0.50 DC 저교정, -1.00 DC 저교정을 각각 비교하기 위해 완전교정을 기준으로 왼쪽에는 등가구면굴절력교정, 오른쪽에는 -0.50 DC 저교정, -1.00 DC 저교정 순으로 표기하여 배치하였다. y축은 상대 대비감도를 표기하였으며, 완전교정 상태의 상대 대비감도는 모두 100으로 표기하였다. 이때 상대 대비감도 변환을 위해 기준이 되는 완전교정 상태의 원·근거리 대비감도는 1.5 cpd의 경우 각각 94.88±11.05, 86.02±19.19, 3 cpd의 경우 120.79±22.78, 110.20±23.76, 6 cpd의 경우 172.76±20.60, 158.08±33.01, 12 cpd의 경우 86.38±28.93, 77.73±30.12, 18 cpd의 경우 36.29±18.13, 32.85±15.86이었다. 그리고 공간주파수별 통계적 유의성에 대한 이해를 돕기 위해 범례의 공간주파수별 색상과 각각의 공간주파수에 해당하는 통계적 유의성 표기의 색상을 동일하게 나타내었다.

1) 난시성 흐림 발생에 따른 원거리 상대 대비감도 비교

전체 피험자의 원거리 상대 대비감도는 1.5 cpd의 경우 등가구면굴절력교정 시 91.40±17.95, -0.50 DC 저교정 시 86.15±21.18, -1.00 DC 저교정 시 65.64±21.13이었으며, 등가구면굴절력교정은 완전교정( $p=0.043$ )과, -0.50 DC 저교정은 완전교정( $p=0.001$ )과, -1.00 DC 저교정은 등가구면굴절력교정( $p=0.000$ ), 완전교정( $p=0.000$ ), -0.50 DC 저교정( $p=0.000$ )과 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 3 cpd의 경우 등가구면굴절력교정 시 95.86±24.57, -0.50 DC 저교정 시 94.73±24.23, -1.00 DC 저교정 시 81.72±27.33이었으며, -1.00 DC 저교정은 등가구면굴절력교정( $p=0.017$ ), 완전교정( $p=0.002$ ), -0.50 DC 저교정( $p=0.026$ )과 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 6 cpd의 경우 등가구면굴절력교정 시 93.55±25.87, -0.50 DC 저교정 시 93.94±17.60, -1.00 DC 저교정 시 79.86±14.84이었으며, -1.00 DC 저교정은 등가구면굴절력교정( $p=0.005$ ), 완전교정( $p=0.000$ ), -0.50 DC 저교정( $p=0.004$ )과 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 12 cpd의 경우 등가구면굴절력교정 시 95.00±49.40, -0.50 DC 저교정 시 80.45±43.07, -1.00 DC 저교정 시 61.77±27.15이었으며, -0.50 DC 저교정은 완전교정( $p=0.031$ )과, -1.00 DC 저교정은 등가구면굴절력교정( $p=0.001$ ), 완전교정( $p=0.000$ )과 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 마지막으로 18 cpd의 경우 등가구면굴절력교정 시 102.88±51.84, -0.50 DC 저교정 시 103.25±67.28, -1.00 DC 저교정 시 76.13±45.77이었으며, -1.00 DC 저교정은 등가구면굴절력교정( $p=0.043$ ), -0.50 DC 저교정( $p=0.040$ )과 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 이는 완전교정에 비해 등가구면굴절력교정과 원주굴절력 저교정으로 인하여 발생한 난시성 흐림은 모든 공간주파수의 대비감도를 감소시키고, 원주굴절력 저교정

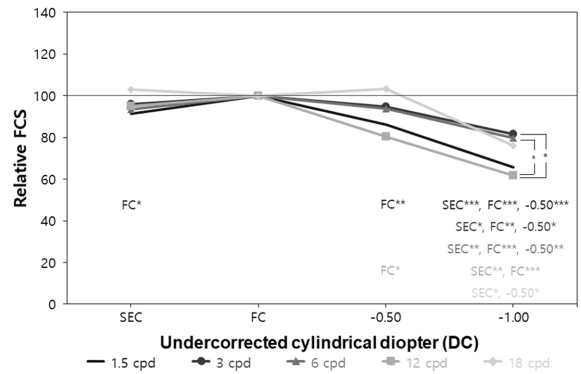


Fig. 2. The comparison of relative far contrast sensitivity (FCS) according to astigmatic blur occurrence. The statistical significance marks were placed at the bottom of the graph. And these represent in the order of 1.5, 3, 6, 12, and 18 cpd, from top to bottom. SEC; spherical equivalent correction, FC; full correction

량의 증가로 인해 난시성 흐림이 증가할수록 보다 많은 감소를 보였다.

또한, 완전교정을 기준으로 난시성 흐림 발생에 따른 공간주파수별 원거리 상대 대비감도 감소의 변화폭을 비교한 결과, 완전교정을 기준으로 등가구면굴절력교정 시는 1.5 cpd의 경우 8.60, 3 cpd의 경우 4.14, 6 cpd의 경우 6.45, 12 cpd의 경우 5.00, 18 cpd의 경우 2.88로서 1.5, 6, 12, 3, 18 cpd 순으로 변화폭이 크게 나타났지만 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았다. 그리고 완전교정을 기준으로 -0.50 DC 저교정 시는 1.5 cpd의 경우 13.85, 3 cpd의 경우 5.27, 6 cpd의 경우 6.06, 12 cpd의 경우 19.55, 18 cpd의 경우 3.25로서 12, 1.5, 6, 3, 18 cpd 순으로 변화폭이 크게 나타났지만 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한 완전교정을 기준으로 -1.00 DC 저교정 시는 1.5 cpd의 경우 34.36, 3 cpd의 경우 18.28, 6 cpd의 경우 20.14, 12 cpd의 경우 38.23, 18 cpd의 경우 23.87로서 12, 1.5, 18, 6, 3 cpd 순으로 변화폭이 크게 나타났으며, 12 cpd는 3( $p=0.023$ ), 6( $p=0.039$ ) cpd와 통계적으로 유의한 차이를 보였다(Fig. 2).

2) 난시성 흐림 발생에 따른 근거리 상대 대비감도 비교

전체 피험자의 근거리 상대 대비감도는 1.5 cpd의 경우 등가구면굴절력교정 시 86.54±24.16, -0.50 DC 저교정 시 88.27±31.59, -1.00 DC 저교정 시 80.93±27.59이었으며, 등가구면굴절력교정은 완전교정( $p=0.024$ )과, -0.50 DC 저교정은 완전교정( $p=0.049$ )과, -1.00 DC 저교정은 완전교정( $p=0.004$ )과 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 3 cpd의 경우 등가구면굴절력교정 시 87.50±29.27, -0.50 DC 저교정 시 93.28±23.81, -1.00 DC 저교정 시 81.86±25.33이었으

며, 등가구면굴절력교정은 완전교정( $p=0.026$ )과,  $-1.00$  DC 저교정은 완전교정( $p=0.004$ )과 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 6 cpd의 경우 등가구면굴절력교정 시  $78.14 \pm 29.67$ ,  $-0.50$  DC 저교정 시  $80.78 \pm 28.91$ ,  $-1.00$  DC 저교정 시  $62.91 \pm 30.74$ 이었으며,  $-1.00$  DC 저교정은 등가구면굴절력교정( $p=0.005$ ), 완전교정( $p=0.000$ ),  $-0.50$  DC 저교정( $p=0.004$ )과 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 12 cpd의 경우 등가구면굴절력교정 시  $74.44 \pm 37.73$ ,  $-0.50$  DC 저교정 시  $96.33 \pm 51.73$ ,  $-1.00$  DC 저교정 시  $65.49 \pm 33.56$ 이었으며, 등가구면굴절력교정은 완전교정( $p=0.005$ )과,  $-0.50$  DC 저교정은 등가구면굴절력교정( $p=0.016$ )과,  $-1.00$  DC 저교정은 완전교정( $p=0.001$ ),  $-0.50$  DC 저교정( $p=0.002$ )과 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 마지막으로 18 cpd의 경우 등가구면굴절력교정 시  $64.24 \pm 40.30$ ,  $-0.50$  DC 저교정 시  $85.12 \pm 35.51$ ,  $-1.00$  DC 저교정 시  $79.36 \pm 46.36$ 이었으며, 등가구면굴절력교정은 완전교정( $p=0.000$ )과,  $-0.50$  DC 저교정은 등가구면굴절력교정( $p=0.015$ )과,  $-1.00$  DC 저교정은 완전교정( $p=0.029$ )과 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 이는 원거리 대비감도 결과와 마찬가지로 완전교정에 비해 원주굴절력 저교정으로 인하여 발생한 난시성 흐림은 모든 공간주파수의 근거리 대비감도를 감소시키고, 원주굴절력 저교정량의 증가로 인하여 난시성 흐림이 증가할수록 보다 많은 감소를 보였다.

또한, 완전교정을 기준으로 난시성 흐림 발생에 따른 공간주파수별 근거리 상대 대비감도 감소의 변화폭을 비교한 결과, 완전교정을 기준으로 등가구면굴절력교정 시는 1.5 cpd의 경우 13.46, 3 cpd의 경우 12.50, 6 cpd의 경우 21.86, 12 cpd의 경우 25.56, 18 cpd의 경우 35.76으로서 18, 12, 6, 1.5, 3 cpd 순으로 변화폭이 크게 나타났으며,

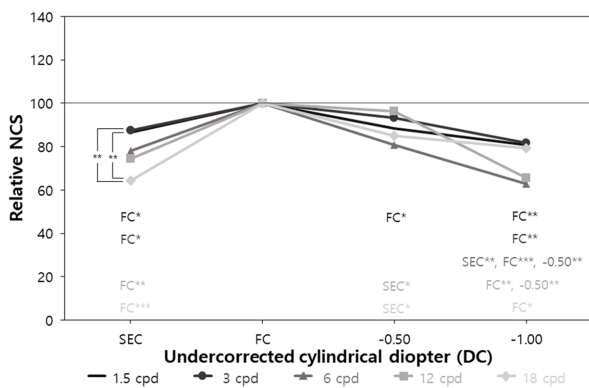


Fig. 3. The comparison of relative near contrast sensitivity (NCS) according to astigmatic blur occurrence. The statistical significance marks were placed at the bottom of the graph. And these represent in the order of 1.5, 3, 6, 12, and 18 cpd, from top to bottom. SEC; spherical equivalent correction, FC; full correction

18 cpd는 1.5( $p=0.006$ ), 3( $p=0.004$ ) cpd와 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 그리고 완전교정을 기준으로  $-0.50$  DC 저교정 시는 1.5 cpd의 경우 11.73, 3 cpd의 경우 6.72, 6 cpd의 경우 19.22, 12 cpd의 경우 3.67, 18 cpd의 경우 14.88로서 6, 18, 1.5, 3, 12 cpd 순으로 변화폭이 크게 나타났지만 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한 완전교정을 기준으로  $-1.00$  DC 저교정 시는 1.5 cpd의 경우 19.07, 3 cpd의 경우 18.14, 6 cpd의 경우 37.09, 12 cpd의 경우 34.51, 18 cpd의 경우 20.64로서 6, 12, 18, 1.5, 3 cpd 순으로 변화폭이 크게 나타났지만 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았다(Fig. 3).

### 2. 난시성 흐림 발생에 따른 본태적 난시도 그룹간 상대 대비감도 비교

전체 피험자의 본태적 난시도를 4그룹으로 분류한 후 등가구면굴절력교정 및 동일한 양의 원주굴절력 저교정 시 측정된 대비감도를 본태적 난시도 그룹간 비교하기 위해 Fig. 4와 5에 본태적 난시도 그룹간 원주굴절력 저교정량에 따른 원·근거리 상대 대비감도를 각각 나타내었다. 그래프의 x축은 Fig. 2, 3와 마찬가지로 원주굴절력 저교정량을 표기하였다. 그리고 y축은 상대 대비감도를 표기하였으며, 완전교정 상태의 상대 대비감도는 모두 100으로 표기하였다. 이때 상대 대비감도 변환을 위해 기준이 된 완전교정 상태의 본태적 난시도 그룹별(그룹I, 그룹II, 그룹III, 그룹IV) 원거리 대비감도는 1.5 cpd의 경우 각각  $97.10 \pm 8.70$ ,  $91.08 \pm 13.38$ ,  $95.86 \pm 10.15$ ,  $100.00 \pm 0.00$ , 3 cpd의 경우  $117.50 \pm 27.13$ ,  $124.62 \pm 19.38$ ,  $120.57 \pm 16.10$ ,  $117.00 \pm 28.44$ , 6 cpd의 경우  $171.00 \pm 27.00$ ,  $172.00 \pm 18.76$ ,  $172.57 \pm 18.20$ ,  $180.00 \pm 0.00$ , 12 cpd의 경우  $85.00 \pm 28.20$ ,  $89.46 \pm 27.04$ ,  $94.00 \pm 26.38$ ,  $66.50 \pm 31.66$ , 18 cpd의 경우  $36.80 \pm 17.95$ ,  $41.08 \pm 18.74$ ,  $32.57 \pm 16.73$ ,  $26.00 \pm 12.39$ 이었다. 근거리 대비감도는 1.5 cpd의 경우 각각  $82.00 \pm 20.54$ ,  $81.77 \pm 20.94$ ,  $91.71 \pm 13.10$ ,  $100.00 \pm 0.00$ , 3 cpd의 경우  $99.80 \pm 24.02$ ,  $110.54 \pm 22.13$ ,  $115.71 \pm 21.55$ ,  $125.50 \pm 19.92$ , 6 cpd의 경우  $147.10 \pm 45.73$ ,  $160.00 \pm 25.30$ ,  $172.57 \pm 18.20$ ,  $154.00 \pm 26.00$ , 12 cpd의 경우  $72.00 \pm 17.92$ ,  $72.46 \pm 29.34$ ,  $100.43 \pm 31.28$ ,  $69.50 \pm 35.54$ , 18 cpd의 경우  $40.10 \pm 19.10$ ,  $29.54 \pm 9.30$ ,  $36.00 \pm 17.25$ ,  $20.00 \pm 8.75$ 이었다. 그리고 그래프의 A, B, C, D, E는 각각 1.5, 3, 6, 12, 18 cpd의 상대 대비감도를 의미하고, 본태적 난시도 그룹간 구별을 용이하게 하기 위해 난시도가 높을수록 색상을 연하게 나타내었다.

#### 1) 난시성 흐림 발생에 따른 본태적 난시도 그룹간 원거리 상대 대비감도 비교

본태적 난시도 그룹별 원거리 상대 대비감도는 1.5 cpd

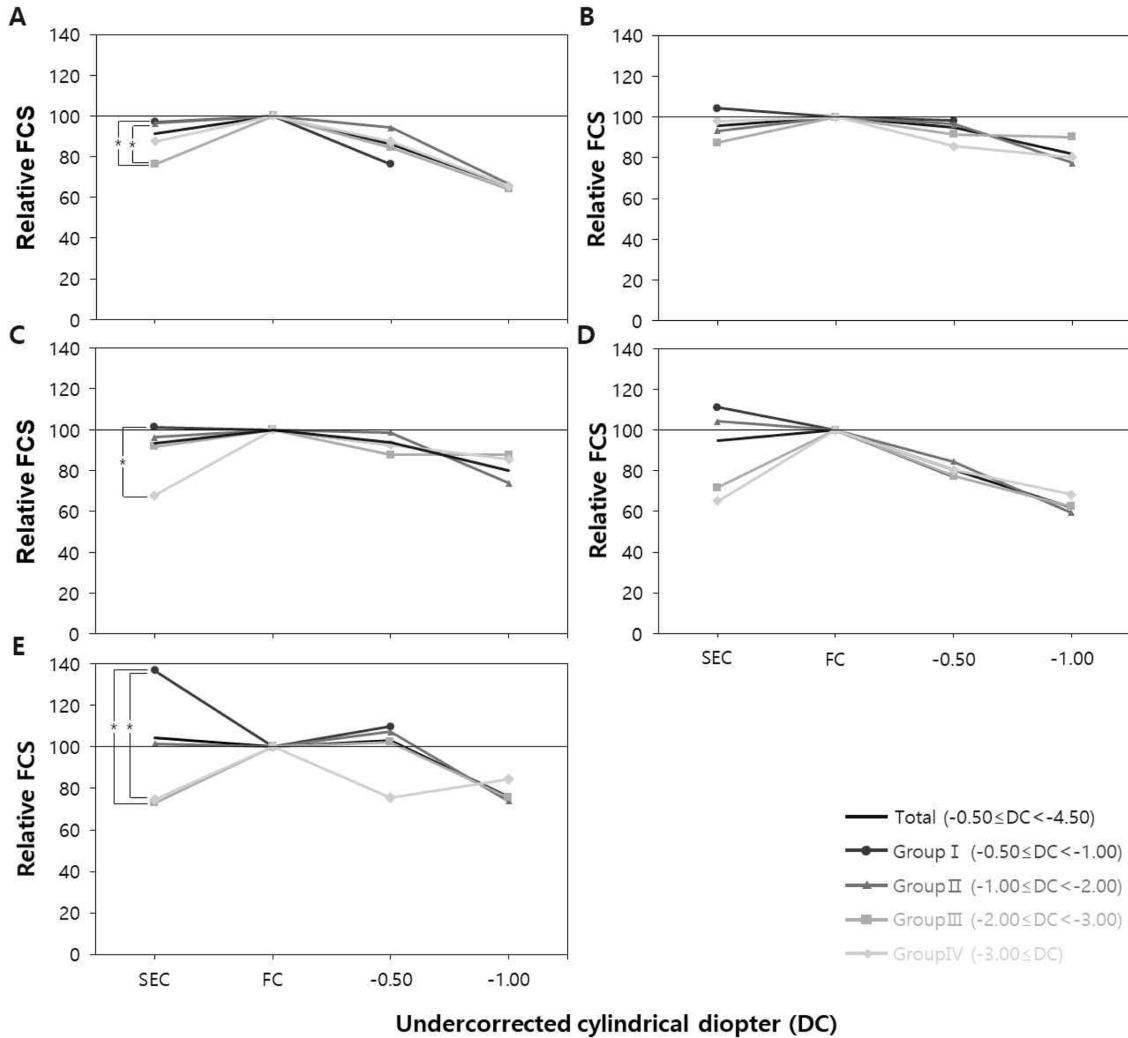


Fig. 4. The comparison of relative far contrast sensitivity (FCS) among groups of natural astigmatism power according to the astigmatic blur occurrence.

A, B, C, D, and E in the graph represent the far relative contrast sensitivity of 1.5, 3, 6, 12, and 18 cpd, respectively. SEC; spherical equivalent correction, FC; full correction

의 경우 등가구면굴절력교정 시 그룹I은 97.04±8.87, 그룹II는 96.45±17.60, 그룹III는 76.20±16.62, 그룹IV는 87.50±21.65로서 그룹I, II, IV, III 순으로 높게 나타났으며, 그룹III는 그룹I( $p=0.019$ ), II( $p=0.016$ )와 통계적으로 유의한 차이를 보였다. -0.50 DC 저교정 시 그룹I은 76.24±21.01, 그룹II는 94.22±18.81, 그룹III는 84.57±18.96, 그룹IV는 87.50±21.65로서 그룹II, IV, III, I 순으로 높게 나타났지만 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았다. -1.00 DC 저교정 시 그룹II는 66.46±24.42, 그룹III는 64.06±19.31, 그룹IV는 65.75±9.09로서 그룹II, IV, III 순으로 높게 나타났지만 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았다. 3 cpd의 경우 등가구면굴절력교정 시 그룹I은 104.25±33.87, 그룹II는 93.28±12.27, 그룹III는 87.37±14.59, 그룹IV는 98.13±32.76으로서 그룹I, IV, II, III 순으로 높게 나타났지만 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았다. -0.50 DC 저교

정 시 그룹I은 98.29±36.61, 그룹II는 96.47±17.42, 그룹III는 91.63±13.23, 그룹IV는 85.63±14.38로서 그룹I, II, III, IV 순으로 높게 나타났지만 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았다. -1.00 DC 저교정 시 그룹II는 77.56±28.05, 그룹III는 90.25±27.20, 그룹IV는 80.31±21.07로서 그룹III, IV, II 순으로 높게 나타났지만 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았다. 6 cpd의 경우 등가구면굴절력교정 시 그룹I은 101.33±35.34, 그룹II는 96.46±17.52, 그룹III는 91.75±13.05, 그룹IV는 67.78±20.50으로서 그룹I, II, III, IV 순으로 높게 나타났으며, 그룹IV는 그룹I( $p=0.033$ )과 통계적으로 유의한 차이를 보였다. -0.50 DC 저교정 시 그룹I은 92.67±21.41, 그룹II는 98.68±15.93, 그룹III는 87.62±14.30, 그룹IV는 92.78±12.51로서 그룹II, IV, I, III 순으로 높게 나타났지만 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았다. -1.00 DC 저교정 시 그룹II는 73.93±12.44, 그룹III는

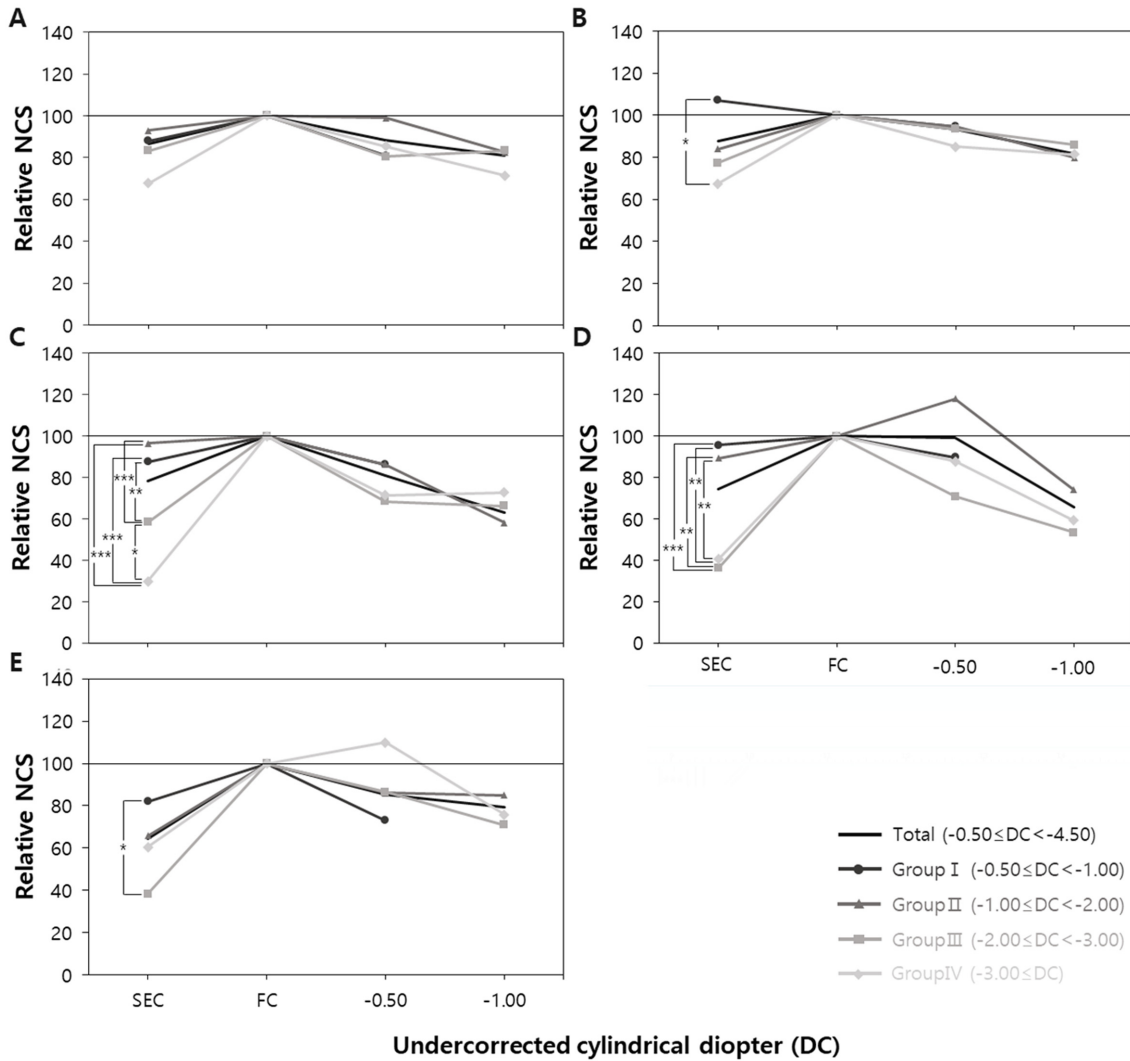


Fig. 5. The comparison of relative near contrast sensitivity (NCS) among groups of natural astigmatism power according to the astigmatic blur occurrence.

A, B, C, D, and E in the graph represent the near relative contrast sensitivity of 1.5, 3, 6, 12, and 18 cpd, respectively. SEC; spherical equivalent correction, FC; full correction

87.62±14.30, 그룹IV는 85.56±14.44로서 그룹III, IV, II 순으로 높게 나타났지만 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았다. 12 cpd의 경우 등가구면굴절력교정 시 그룹I은 111.20±33.60, 그룹II는 104.23±58.41, 그룹III는 71.84±35.28, 그룹IV는 65.06±43.41로서 그룹I, II, III, IV 순으로 높게 나타났지만 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았다. -0.50 DC 저교정 시 그룹I은 77.13±33.87, 그룹II는 84.63±59.73, 그룹III는 77.39±21.03, 그룹IV는 80.50±20.70로서 그룹II, IV, III, I 순으로 높게 나타났지만 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았다. -1.00 DC 저교정 시 그룹II는 59.44±29.98, 그룹III는 62.43±24.26, 그룹IV는 68.21±20.28로서 그룹IV, III, II 순으로 높게 나타났지만 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았다. 마지막으로 18 cpd의 경우 등가구면굴절력교정 시 그룹I은 136.85±64.40, 그

룹II는 101.50±42.98, 그룹III는 73.09±18.91, 그룹IV는 74.46±17.00로서 그룹I, II, IV, III 순으로 높게 나타났으며, 그룹III는 그룹I( $p=0.011$ )과, 그룹IV는 그룹I( $p=0.036$ )과 통계적으로 유의한 차이를 보였다. -0.50 DC 저교정 시 그룹I은 109.78±49.00, 그룹II는 107.20±95.82, 그룹III는 102.43±25.13, 그룹IV는 75.54±24.47로서 그룹I, II, III, IV 순으로 높게 나타났지만 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았다. -1.00 DC 저교정 시 그룹II는 74.01±57.52, 그룹III는 75.43±23.77, 그룹IV는 84.24±27.30로서 그룹IV, III, II 순으로 높게 나타났지만 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았다.

또한, 등가구면굴절력교정 시 통계적으로 유의한 차이를 보인 본태적 난시도 그룹간의 상대 대비감도 차이를 공간주파수별로 비교해보면, 1.5 cpd의 경우 그룹I은 그룹

III와 20.84, 그룹II는 그룹III와 20.25, 6 cpd의 경우 그룹I은 그룹IV와 33.55, 18 cpd의 경우 그룹I은 그룹III와 63.76, 그룹IV와 62.40의 차이를 보였다. 이는 본태적 난시도가 낮은 그룹I, II와 높은 그룹III, IV의 대비감도 차이가 상대적으로 저공간주파수(1.5, 6 cpd)보다 고공간주파수(18 cpd)에서 큰 경향을 보였다(Fig. 4).

## 2) 난시성 흐림 발생에 따른 본태적 난시도 그룹간 근거리 상대 대비감도 비교

본태적 난시도 그룹별 근거리 상대 대비감도는 1.5 cpd의 경우 등가구면굴절력교정 시 그룹I은 87.97±26.11, 그룹II는 92.94±24.60, 그룹III는 83.35±14.42, 그룹IV는 67.75±20.50으로서 그룹II, I, III, IV 순으로 높게 나타났지만 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았다. -0.50 DC 저교정 시 그룹I은 80.97±28.42, 그룹II는 98.98±39.41, 그룹III는 80.43±18.29, 그룹IV는 85.50±14.50으로서 그룹II, IV, I, III 순으로 높게 나타났지만 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았다. -1.00 DC 저교정 시 그룹II는 82.59±31.65, 그룹III는 83.26±14.50, 그룹IV는 71.50±28.93으로서 그룹III, II, IV 순으로 높게 나타났지만 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았다. 3 cpd의 경우 등가구면굴절력교정 시 그룹I은 107.13±32.12, 그룹II는 84.02±24.33, 그룹III는 77.35±21.12, 그룹IV는 67.54±20.47로서 그룹I, II, III, IV 순으로 높게 나타났으며, 그룹IV는 그룹I( $p=0.021$ )과 통계적으로 유의한 차이를 보였다. -0.50 DC 저교정 시 그룹I은 94.66±29.04, 그룹II는 94.67±20.64, 그룹III는 93.44±24.23, 그룹IV는 85.09±14.91로서 그룹II, I, III, IV 순으로 높게 나타났지만 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았다. -1.00 DC 저교정 시 그룹II는 79.80±20.94, 그룹III는 85.99±27.67, 그룹IV는 81.36±32.29로서 그룹III, IV, II 순으로 높게 나타났지만 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았다. 6 cpd의 경우 등가구면굴절력교정 시 그룹I은 87.59±24.75, 그룹II는 96.40±17.61, 그룹III는 58.38±16.40, 그룹IV는 29.78±12.03으로서 그룹II, I, III, IV 순으로 높게 나타났으며, 그룹III는 그룹I( $p=0.007$ ), II( $p=0.000$ )와, 그룹IV는 그룹I( $p=0.000$ ), II( $p=0.000$ ), III( $p=0.034$ )와 통계적으로 유의한 차이를 보였다. -0.50 DC 저교정 시 그룹I은 86.22±27.16, 그룹II는 86.24±30.08, 그룹III는 68.25±23.20, 그룹IV는 71.39±29.06으로서 그룹II, I, IV, III 순으로 높게 나타났지만 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았다. -1.00 DC 저교정 시 그룹II는 58.15±27.78, 그룹III는 66.19±16.91, 그룹IV는 72.66±49.77로서 그룹IV, III, II 순으로 높게 나타났지만 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았다. 12 cpd의 경우 등가구면굴절력교정 시 그룹I은 95.51±37.42, 그룹II는 89.28±24.52, 그룹

III는 36.24±20.01, 그룹IV는 40.42±20.33으로서 그룹I, II, IV, III 순으로 높게 나타났으며, 그룹III는 그룹I( $p=0.000$ ), II( $p=0.001$ )와, 그룹IV는 그룹I( $p=0.004$ ), II( $p=0.007$ )와 통계적으로 유의한 차이를 보였다. -0.50 DC 저교정 시 그룹I은 89.64±31.20, 그룹II는 117.95±65.84, 그룹III는 70.70±40.77, 그룹IV는 87.65±21.40으로서 그룹II, I, IV, III 순으로 높게 나타났지만 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았다. -1.00 DC 저교정 시 그룹II는 74.05±37.59, 그룹III는 53.26±24.34, 그룹IV는 59.11±24.34로서 그룹II, IV, III 순으로 높게 나타났지만 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았다. 마지막으로 18 cpd의 경우 등가구면굴절력교정 시 그룹I은 82.00±47.88, 그룹II는 65.74±32.43, 그룹III는 38.28±24.98, 그룹IV는 60.41±39.67로서 그룹I, II, IV, III 순으로 높게 나타났으며, 그룹III는 그룹I( $p=0.033$ )과 통계적으로 유의한 차이를 보였다. -0.50 DC 저교정 시 그룹I은 73.16±24.20, 그룹II는 85.96±39.01, 그룹III는 86.53±41.72, 그룹IV는 109.85±17.06으로서 그룹IV, III, II, I 순으로 높게 나타났지만 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았다. -1.00 DC 저교정 시 그룹II는 84.95±50.77, 그룹III는 70.97±46.02, 그룹IV는 75.92±24.08로서 그룹II, IV, III 순으로 높게 나타났지만 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았다.

또한, 등가구면굴절력교정 시 통계적으로 유의한 차이를 보인 본태적 난시도 그룹간의 상대 대비감도 차이를 공간주파수별로 비교해보면, 3 cpd의 경우 그룹I은 그룹IV와 39.58, 6 cpd의 경우 그룹I은 그룹III와 29.21, 그룹IV와 57.81, 그룹II는 그룹III와 38.02, 그룹IV와 66.62, 그룹III는 그룹IV와 28.60, 12 cpd의 경우 그룹I은 그룹III와 52.27, 그룹IV와 55.09, 그룹II는 그룹III와 53.04, 그룹IV와 48.86, 18 cpd의 경우 그룹I은 그룹III와 43.73의 차이를 보였다. 이는 본태적 난시도가 낮은 그룹I, II와 높은 그룹III, IV의 대비감도 차이가 상대적으로 저공간주파수(3, 6 cpd)보다 고공간주파수(12, 18 cpd)에서 큰 경향을 보였다(Fig. 5).

본태적 난시도를 그룹별로 분류하지 않은 즉, 난시를 소유한 전체 피험자를 대상으로 난시성 흐림이 대비감도에 미치는 영향에 관한 선행연구에 따르면 먼저 Hasegawa는  $0.00 < DC < -0.75$ 의 난시안을 대상으로 완전교정 상태에서 (+)원주굴절력을 가입하여 인위적인 난시성 흐림을 발생시킨 후 Optec® 6500을 이용하여 대비감도를 측정하였으며, 그 결과 난시성 흐림이 증가할수록 모든 공간주파수의 대비감도가 감소한다고 보고하였다.<sup>17)</sup> 그리고 Black은  $-0.75 < DC < -1.50$ 의 난시안을 대상으로 토릭소프트콘택트렌즈와 구면소프트콘택트렌즈를 각각 착용시킨 후 Pelli-Robson chart를 이용하여 대비감도를 측정하였으며, 그



결과 난시가 완전교정된 토릭소프트콘택트렌즈를 착용했을 때 보다 난시가 완전교정되지 않은 구면소프트콘택트렌즈를 착용했을 때 대비감도가 더욱 감소한다고 보고하였다.<sup>[11]</sup> 또한 Lee는  $-0.25 \leq DC \leq -1.50$ 의 난시안을 대상으로 토릭소프트콘택트렌즈, 구면소프트콘택트렌즈, RGP 렌즈와 완전교정된 안경 및 등가구면굴절력교정된 안경을 각각 착용시킨 후 Optec® 6500을 이용하여 대비감도를 측정하였으며, 그 결과 난시가 완전교정된 토릭소프트콘택트렌즈, RGP 렌즈, 안경을 착용했을 때 보다 난시가 완전교정되지 않은 구면소프트콘택트렌즈 및 등가구면굴절력교정된 안경을 착용했을 때 대비감도가 더욱 감소한다고 보고하였다.<sup>[13]</sup> 이들과는 다르게 본 연구는  $-0.50 \leq DC \leq -4.50$ 의 난시안을 대상으로 임상의 난시교정현황을 반영하여<sup>[2]</sup> 난시성 흐림을 원주굴절력 저교정으로 발생시킨 후 Optec® 6500을 이용하여 대비감도를 측정하고 비교하였으며, 그 결과 본 연구는 Black의 선행연구와<sup>[11]</sup> 대비감도 측정 기기가 다르며 앞서 설명한 선행연구들과는<sup>[7,11,13]</sup> 피험자들의 난시도 범위와 난시성 흐림 발생 방법에 차이가 있기 때문에 연구결과들을 직접적으로 비교하기에는 무리가 있지만, 난시성 흐림이 발생하게 되면 대비감도가 감소하는 공통된 경향을 확인할 수 있었다.

또한 Oh는  $-0.25 \leq DC \leq -1.00$ 의 약도난시안인 전체 피험자를 대상으로 원주굴절력 저교정(0.25 D 단계)과 등가구면굴절력교정으로 난시성 흐림을 발생시킨 후 Optec® 6500을 이용하여 원·근거리 대비감도를 측정하였다.<sup>[2]</sup> 그 결과 완전교정을 기준으로 원주굴절력 저교정량이 증가할수록 모든 공간주파수의 원거리 대비감도가 더욱 감소하였으며 이때 대비감도 감소의 변화폭은 6 cpd에서 가장 크다고 하였다. 그리고 원주굴절력 저교정량이 증가하더라도 근거리 대비감도는 감소하지 않았다고 하였고, 등가구면굴절력교정 시 원·근거리 대비감도는 완전교정일 때의 대비감도와 비슷하다고 보고하였다. 이와는 다르게 본 연구는  $-0.50 \leq DC \leq -4.50$ 의 난시안에서 원주굴절력 저교정( $-0.50$  D 단계)과 등가구면굴절력교정으로 난시성 흐림을 발생시킨 후 동일한 측정장비로 원·근거리 대비감도를 측정하였으며, 이때 완전교정 상태에서 측정된 대비감도를 기준으로 원주굴절력 저교정 단계에 따라 측정된 대비감도를 각각 나누어 상대 대비감도로 변환하여 비교하였다. 그 결과 완전교정을 기준으로 원주굴절력 저교정량이 증가하거나, 등가구면굴절력교정 시 모든 공간주파수의 원·근거리 대비감도가 감소였으며, 이때 원거리의 경우 원주굴절력 저교정 시 12 cpd에서, 근거리의 경우 등가구면굴절력교정 시 18 cpd에서 대비감도 감소의 변화폭이 가장 크게 나타났다. 이처럼 선행연구와 본 연구는 난시성 흐림이 증가할수록 원거리 대비감도가 더 감소하는 공통된 결과를 보였

지만, 원거리에서 대비감도 감소의 변화폭이 가장 크게 나타난 공간주파수가 서로 달랐고, 근거리에서 대비감도 감소가 거의 나타나지 않은 Oh의<sup>[2]</sup> 결과에 비해 본 연구는 두드러지게 감소하는 결과를 보였다. 이는 두 연구 간의 본태적 난시도 범위와 원주굴절력 저교정 단계가 다르기 때문으로 생각된다.

그리고 Jeong은<sup>[9]</sup>  $-0.50 \leq DC \leq -4.50$ 의 난시안인 전체 피험자를 대상으로 원주굴절력 저교정과 등가구면굴절력교정으로 난시성 흐림을 발생시킨 후 Optec® 6500을 이용하여 대비감도를 측정하고 비교하였다. 이 연구와 본 연구는 난시도를 그룹별로 분류하지 않은 전체 피험자를 대상으로 대비감도 변화를 알아본 것 뿐만 아니라 난시도를 그룹별로 분류하여 본태적 난시도 그룹간 대비감도를 비교한 것에 공통점이 있다. 이 중 전체 피험자를 대상으로 실험을 진행한 경우 두 연구는 피험자들의 본태적 난시도 범위가  $-0.50 \leq DC \leq -4.50$ 로 동일하였지만, 이때 피험자의 선정기준이 선행연구에서는 양안의 난시량이 서로 다른 난시도 그룹에 속하는 자도 해당시킨 반면 본 연구에서는 결과를 보다 명확하게 도출해내기 위해 양안이 동일한 난시도 그룹에 속하는 자만을 해당시켰다는 점에서 차이가 있었다. 또한 선행연구와 본 연구는 동일한 기기를 이용하여 대비감도를 측정하고 비교 평가하였지만, 이때 측정된 대비감도를 평가하는 방법이 선행연구에서는 원주굴절력 저교정 단계에 따라 측정된 대비감도 값을 이용한 반면 본 연구에서는 본태적 난시도 그룹간 원주굴절력 저교정 단계에 따른 대비감도를 용이하게 비교하기 위해 완전교정 상태의 대비감도를 기준으로 원주굴절력 저교정 단계에 따라 측정된 대비감도를 각각 나누어 상대 대비감도로 변환하고 이를 이용하였다는 점에서 차이가 있었다. 이처럼 본 연구는 피험자의 선정기준과 대비감도의 평가방법을 다르게 적용하여 결과들을 비교함으로써 난시성 흐림이 대비감도 변화에 미치는 영향을 좀 더 객관적으로 살펴본 것에 의미가 있다. 그리고 이들의 연구는 피험자의 선정기준과 대비감도의 평가방법에 차이가 있기 때문에 그 결과를 직접적으로 비교할 수 없지만, 난시성 흐림이 대비감도를 감소시키는 공통된 경향을 보였다. 그리고 선행연구에서는 원·근거리 모두 완전교정을 기준으로 등가구면굴절력교정과  $-1.00$  DC 저교정 시 6 cpd에서 대비감도 감소의 변화폭이 가장 크게 나타났지만,<sup>[9]</sup> 본 연구에서는 원거리의 경우 완전교정을 기준으로 등가구면굴절력교정 시 공간주파수별로 변화폭은 크게 나타나지 않았고  $-1.00$  DC 저교정 시 12 cpd에서 변화폭이 가장 크게 나타났으며, 근거리의 경우는 등가구면굴절력교정 시 18 cpd에서 변화폭이 가장 크게 나타났고  $-1.00$  DC 저교정 시 공간주파수별로 변화폭은 크게 나타나지 않는 차이를 보

였다.

한편, 본태적 난시도를 그룹별로 분류하여 대비감도를 비교한 선행연구를 살펴보면 Oh는 등가구면굴절력교정과 원주굴절력 저교정(0.25 D 단계)상태에서 측정된 대비감도를 본태적 난시도 그룹간(총 2그룹; 그룹I:  $-0.25 \leq DC \leq -0.50$ , 그룹II:  $-0.50 < DC \leq -1.00$ ) 비교하였고,<sup>[2]</sup> Jeong은 등가구면굴절력교정과 원주굴절력 저교정(0.50 D 단계)상태에서 측정된 대비감도를 본태적 난시도 그룹간(총 3그룹; 그룹I:  $-0.50 \leq DC < -1.00$ , 그룹II:  $-1.00 \leq DC < -2.00$ , 그룹III:  $-2.00 \leq DC$ ) 비교하였다.<sup>[9]</sup> 그리고 Kim은 등가구면굴절력교정과 완전교정 상태에서 측정된 대비감도를 본태적 난시도 그룹간(총 3그룹; 그룹I:  $-0.25 \leq DC < -1.00$ , 그룹II:  $-1.00 \leq DC < -2.00$ , 그룹III:  $-2.00 \leq DC$ ) 비교하였다.<sup>[8]</sup> 본 연구는 등가구면굴절력교정과 원주굴절력 저교정( $-0.50$  DC 저교정)상태에서 측정된 대비감도를 본태적 난시도 그룹간(총 4그룹; 그룹I:  $-0.50 \leq DC < -1.00$ , 그룹II:  $-1.00 \leq DC < -2.00$ , 그룹III:  $-2.00 \leq DC < -3.00$ , 그룹IV:  $-3.00 \leq DC$ ) 비교하였다. 이때 각 본태적 난시도 그룹에 따라 완전교정 상태의 대비감도가 모두 다르게 측정되어 원주굴절력 저교정에 따른 대비감도의 변화를 직접 비교하기에는 기준이 모호하기 때문에 본태적 난시도 그룹간 원주굴절력 저교정 시 측정된 대비감도의 절댓값을 이용하여 비교하기에는 무리가 있다. 따라서 본 연구는 본태적 난시도에 따라 명확한 비교 기준을 적용하기 위해 완전교정의 대비감도를 기준으로 원주굴절력 저교정 단계에 따라 측정된 대비감도를 각각 나누어 상대 대비감도로 변환하였다. 앞서 설명한 선행연구들과 본 연구는 피험자들의 본태적 난시도 범위와 대비감도 평가방법이 다르기 때문에 직접적으로 그 결과들을 비교하기에는 무리가 있지만 Oh와<sup>[2]</sup> Jeong과<sup>[9]</sup> 본 연구에서는 원주굴절력 저교정량이 동일하더라도 본태적 난시도간 대비감도는 전반적으로 유사한 경향을 보였다. 이러한 이유는 원주굴절력 저교정량이 동일하면 본태적으로 소유하고 있는 난시량과는 상관없이 망막에 결상하는 전초선과 후초선의 간격은 같기 때문인 것으로 생각된다. 그리고 Jeong과<sup>[9]</sup> Kim은<sup>[8]</sup> 등가구면굴절력교정 시 그룹I, II보다 그룹III에서 대비감도가 더욱 감소하였고, 본 연구에서는 그룹I, II보다 그룹III, IV에서 대비감도가 더욱 감소하였으며 본태적 난시도가  $-2.00$  D 이상으로 높을수록 더욱 감소하는 선행연구 결과와 유사한 경향을 보였다. 이러한 이유는 등가구면굴절력교정하게 되면 망막을 기준으로 전방에는 전초선을, 후방에는 후초선을, 두 초선 사이에는 최소착란원을 결상시키며, 이때 본태적 난시도가 낮은 그룹보다 높은 그룹일수록 두 초선 간의 간격이 더욱 멀어짐과 동시에 최소착란원의 직경이 더욱 커지기 때문인 것으로<sup>[19]</sup> 생각된다. 한편 Oh는<sup>[2]</sup> 등가구면굴

절력교정 시 본태적 난시도 그룹간 대비감도에 큰 차이가 없다고 하였으나 본 연구에서는 본태적 난시도 그룹간 대비감도에 큰 차이를 보였다. 이러한 이유는 선행연구에서는 본태적 난시도 범위가  $-0.25 \leq DC \leq -1.00$ 로 현저히 좁은 상태에서  $0.50$  D 간격으로 두 그룹으로 분류한 반면, 본 연구에서는 전체 피험자들의 본태적 난시도 범위가  $-0.50 \leq DC \leq -4.50$ 으로서 상대적으로 넓고  $1.00$  D 간격으로 네 그룹으로 분류하였기 때문에, 선행연구에서는 본태적 난시도간 대비감도에 큰 차이가 없었던 것에 비해 본 연구에서는 등가구면굴절력교정 시 본태적 난시도간 대비감도의 차이가 두드러진 것으로 생각된다.

이상의 난시성 흐림과 대비감도에 관한 선행연구들을 종합하면, 피험자들의 본태적 난시도를 고려하지 않고 완전교정 상태에서 (+)원주굴절력을 임의로 가입하거나,<sup>[7]</sup> 등가구면굴절력교정을 하거나,<sup>[8]</sup> 원주굴절력을 미교정하거나,<sup>[11]</sup> 또한 본태적 난시도를 고려하더라도  $-2.00$  D 미만에서만 난시도를 그룹별로 분류한 후 대비감도를 평가했다.<sup>[2,8-10]</sup> 이들과는 다르게 본 연구는 본태적 난시도를  $-4.50$  D까지 확대하였으며 난시도 그룹을  $-2.00$  D 미만뿐만 아니라  $-2.00$  D 이상에서도  $1.00$  D 간격으로 분류하였고, 추가로 본태적 난시도 그룹간 원주굴절력 저교정에 따른 대비감도를 용이하게 비교하기 위해 기준을 통일하고자 상대 대비감도로 변환하였다. 그리고 이를 통해 등가구면굴절력교정 시 본태적 난시도가  $-2.00$  D 미만보다  $-2.00$  D 이상으로 높을수록 모든 공간주파수에서 대비감도에 미치는 영향이 크다는 것을 알 수 있었고, 또한 동일한 양의 원주굴절력 저교정 시 본태적 난시도 그룹간 대비감도는 통계적으로 유의하지는 않지만 간과할 수 없는 차이가 발생함을 알 수 있었다는 것에 그 가치가 있다. 추후에는 본태적 난시도에 따라 공간주파수별 대비감도의 현저한 차이를 발생시키는 원주굴절력 저교정량에 대한 정량적 연구와 난시 축 유형의 다양화 및 원주굴절력 저교정 간격의 세분화한 상태에서 공간주파수별 대비감도 변화의 정량적 연구를 수행한다면, 난시와 대비감도의 관계를 보다 심층적으로 이해할 수 있을 것으로 생각된다.

## 결 론

본 연구는 본태적 난시도 그룹간 동일한 양의 난시성 흐림이 대비감도에 미치는 영향을 알아보기 위해 본태적 난시도를  $1.00$  D 간격으로 분류 (그룹I:  $-0.50 \leq DC < -1.00$ , 그룹II:  $-1.00 \leq DC < -2.00$ , 그룹III:  $-2.00 \leq DC < -3.00$ , 그룹IV:  $-3.00 \leq DC$ ) 하고, 등가구면굴절력교정, 완전교정, 원주굴절력 저교정( $-0.50$  DC,  $-1.00$  DC)하여 난시성 흐림을 발생시킨 후 대비감도를 측정하고, 이를 상대 대비감도로

변환하였다. 그 결과 모든 피험자에서 등가구면굴절력교정과 원주굴절력 저교정은 모든 공간주파수의 대비감도를 감소시켰으며, 특히 저공간주파수보다 고공간주파수에서 더욱 감소하였다. 또한 같은 공간주파수일 때 동일한 양의 원주굴절력 저교정 시는 본태적 난시도 그룹간 대비감도에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았지만, 등가구면굴절력교정 시에는 그룹I, II보다 그룹III, IV에서 통계적으로 유의하게 대비감도가 크게 감소하였다. 그리고 본태적 난시도 그룹간 대비감도 차이는 저공간주파수보다 고공간주파수에서 더욱 큰 경향을 보였다.

이상의 결과들을 종합해보면, 등가구면굴절력교정과 원주굴절력 저교정에 의한 난시성 흐림은 대비감도 감소의 원인이 되며, 특히 등가구면굴절력교정은 본태적 난시도가  $-2.00$  D 이상일 때 대비감도를 더욱 감소시킨다. 그러므로, 본태적 난시도가  $-2.00$  D 이상인 경우 난시의 완전교정으로 인해 적응의 어려움을 겪어 원주굴절력의 조정이 필요하다면, 등가구면굴절력교정보다는  $-1.00$  D 이하의 원주굴절력 저교정을 고려해볼 필요가 있다.

## REFERENCES

- [1] Korea Health Statistics 2015 : Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES VI-3), 2015. [https://knhanes.cdc.go.kr/knhanes/sub04/sub04\\_03.do?classType=7\(30 October 2020\)](https://knhanes.cdc.go.kr/knhanes/sub04/sub04_03.do?classType=7(30%20October%202020)).
- [2] Oh JY. Effects of uncorrected astigmatism less than 1.00 diopter on visual function. MS Thesis. Konyang University, Daejeon. 2017;4-81.
- [3] Benjamin WJ. Borish's clinical refraction, 2nd Ed. Philadelphia: Elsevier health sciences, 2006;251-1001.
- [4] Pang Y, Allen M, Robinson J, et al. Contrast sensitivity of amblyopic eyes in children with myopic anisometropia. *Clin Exp Optom*. 2019;102(1):57-62. DOI: <https://doi.org/10.1111/cxo.12817>
- [5] Xiong YZ, Kwon MY, Bittner AK, et al. Relationship between acuity and contrast sensitivity: differences due to eye disease. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2020;61(6):40. DOI: <https://doi.org/10.1167/iovs.61.6.40>
- [6] Ridder A, Müller MLTM, Kotagal V, et al. Impaired contrast sensitivity is associated with more severe cognitive impairment in parkinson disease. *Parkinsonism Relat Disord*. 2017;34:15-19. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2016.10.006>
- [7] Hasegawa Y, Hiraoka T, Nakano S, et al. Effects of astigmatic defocus on binocular contrast sensitivity. *PLoS ONE*. 2018;13(8):e0202340. DOI: <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0202340>
- [8] Kim BH, Han SH, Park SM, et al. Effect of aberrations and contrast sensitivity due to the amount of astigmatism on vision. *J Korean Ophthalmic Opt Soc*. 2017;22(2):159-165. DOI: <http://doi.org/10.14479/jkoos.2017.22.2.159>
- [9] Jeong HR. A study on the correlation of visual acuity, contrast sensitivity, stereoacuity according to the essential astigmatism power and the state of uncorrected astigmatism. MS Thesis. Konyang University, Daejeon. 2018;6-53.
- [10] Zheng G, Du J, Zhang J, et al. Contrast sensitivity and higher-order aberrations in patients with astigmatism. *Chin Med J*. 2007;120(10):882-885.
- [11] Black AA, Wood JM, Colorado LH, et al. The impact of uncorrected astigmatism on night driving performance. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2019;39(5):350-357. DOI: <https://doi.org/10.1111/opo.12634>
- [12] Kim CJ, Choi EJ. Effects of induced dioptric blur on visual acuity and contrast sensitivity. *J Korean Ophthalmic Opt Soc*. 2014;19(2):261-270. DOI: <http://doi.org/10.14479/jkoos.2014.19.2.261>
- [13] Lee MA, Kim HJ, Kim JM. Contrast sensitivity and glare with spherical and toric soft contact lenses in low-astigmatic eyes. *J Korean Ophthalmic Opt Soc*. 2009;14(1):39-45.
- [14] Bhuachalla BN, McGarrigle CA, O'Leary N, et al. Orthostatic blood pressure variability is associated with lower visual contrast sensitivity function: findings from the irish longitudinal study on aging. *Exp Gerontol*. 2019;119(5):14-24. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.exger.2019.01.009>
- [15] Ichhpujani P, Thakur S, Spaeth GL. Contrast sensitivity and glaucoma. *J Glaucoma*. 2020;29(1):71-75. DOI: <https://doi.org/10.1097/ijg.0000000000001379>
- [16] Kim JM. Comparison of contrast visual acuity and contrast sensitivity according to degree of preoperative refractive errors in refractive surgery patients. *Korean J Vis Sci*. 2018;20(3):269-278. DOI: <https://doi.org/10.17337/JMBI.2018.20.3.269>
- [17] Hohberger B, Laemmer R, Adler W, et al. Measuring contrast sensitivity in normal subjects with OPTEC® 6500: influence of age and glare. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2007;245(12):1805-1814. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00417-007-0662-x>
- [18] Yan FF, Hou F, Lu ZL, et al. Efficient characterization and classification of contrast sensitivity functions in aging. *Sci Rep*. 2017;7(1):1-15. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-05294-0>
- [19] Sung PJ. Optometry, 8th Ed. Seoul: Daihakseolim, 2013; 89-91.

## 본태적 난시도 그룹간 난시성 흐림이 대비감도에 미치는 영향

정형렬<sup>1</sup>, 정수아<sup>2</sup>, 이정임<sup>1</sup>, 김현정<sup>3,\*</sup>

<sup>1</sup>건양대학교 안경광학과, 학생, 대전 35365

<sup>2</sup>원광보건대학교 안경광학과, 교수, 익산 54538

<sup>3</sup>건양대학교 안경광학과, 교수, 대전 35365

투고일(2021년 2월 11일), 수정일(2021년 3월 4일), 게재확정일(2021년 3월 5일)

**목적:** 본 연구는 본태적 난시도 그룹간 동일한 양의 난시성 흐림이 대비감도에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. **방법:** 남녀 34명(평균연령: 22.11±2.32세)을 대상으로 본태적 난시도를 총 4그룹(그룹I:  $-0.50 \leq DC < -1.00$ , 그룹II:  $-1.00 \leq DC < -2.00$ , 그룹III:  $-2.00 \leq DC < -3.00$ , 그룹IV:  $-3.00 \leq DC$ )으로 분류하였으며, 등가구면굴절력교정, 완전교정, 원주굴절력 저교정( $-0.50$  DC,  $-1.00$  DC)하여 난시성 흐림을 발생시킨 상태에서 대비감도를 측정 후, 이를 상대 대비감도로 변환하였다. 그리고 모든 피험자들에서 원주굴절력 저교정에 따른 상대 대비감도의 변화와 본태적 난시도 그룹간 동일한 양의 원주굴절력 저교정 시의 상대 대비감도를 각각 비교하였다. **결과:** 등가구면굴절력교정과 원주굴절력 저교정은 모든 공간주파수의 대비감도를 감소시켰으며, 특히 저공간주파수(1.5, 3, 6 cpd)보다 고공간주파수(12, 18 cpd)에서 통계적으로 유의한 감소를 보였다. 또한 같은 공간주파수일 때 동일한 양의 원주굴절력 저교정 시 본태적 난시도 그룹간의 대비감도는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았지만, 등가구면굴절력교정 시에는 그룹I, II보다 그룹III, IV에서 통계적으로 유의하게 대비감도 저하가 크게 나타났다. **결론:** 등가구면굴절력교정과 원주굴절력 저교정으로 인한 난시성 흐림은 대비감도 감소를 야기하며, 특히 등가구면굴절력교정 시 본태적 난시도가  $-2.00$  D 이상일 경우 더 큰 대비감도 감소를 야기하므로,  $-2.00$  D 이상의 난시도에서는 등가구면굴절력교정보다  $-1.00$  D 이하의 원주굴절력 저교정이 필요할 것으로 생각된다.

**주제어:** 난시, 난시도, 난시성 흐림, 원주굴절력 저교정, 대비감도