



The Effects of Uncorrected Astigmatism on Dynamic Stereoacuity

Hyung Ryul Jeong, Su A Jung, and Hyun Jung Kim*

Dept. of Optometry, Konyang University, Daejeon 35365, Korea

(Received April 21, 2017; Revised May 20, 2017; Accepted June 5, 2017)

Purpose: This study investigated the effects of uncorrected astigmatism on dynamic stereoacuity. **Methods:** 24 adults in their 20's (mean age of 21.66 ± 1.99 years old) with myopic astigmatism with-the-rule were selected and Howard-Dolman Test was carried out with uncorrected C-1.00 D, uncorrected C-0.50 D, full vision correction (FVC), and spherical equivalent correction (SEC). Longitudinal offset that can cognize depth perception and dynamic stereoacuity were measured and compared at distance (3 m) and near (40 cm). **Results:** In case of spherical equivalent correction and uncorrected astigmatism, longitudinal offset increased and dynamic stereoacuity decreased more than full vision correction in both distance and near. Especially, distance dynamic stereoacuity was significantly different ($p < 0.05$). In addition to, the change of difference value of longitudinal offset and dynamic stereoacuity at distance was maximized between spherical equivalent correction and full vision correction (SEC ~ FVC) among all steps. And there was significantly larger change in the lower 0.50 D step (C-0.50 D ~ FVC) than the higher 0.50 step (C-1.00 D ~ C-0.50 D) ($p < 0.05$). **Conclusions:** Spherical equivalent correction and uncorrected astigmatism can affect depth perception which cause decrease in dynamic stereoacuity, so this should be taken into consideration when astigmatism is corrected.

Key words: Astigmatism, Uncorrected astigmatism, Stereoacuity, Dynamic stereoacuity, Howard-Dolman Test

서 론

굴절이상 종류 중 하나인 난시는 각 경선별 곡률반경이 다르기 때문에 굴절력이 같지 않아 외부에서 눈으로 입사한 평행광선이 망막 중심좌에 초점이 아닌 초선 또는 착란원으로 형성되어 물체의 상이 흐려 보이게 된다.^[1] 난시도가 증가할수록 전초선과 후초선의 간격이 멀어지고 착란원의 크기가 증가하면서 시력 저하가 발생하게 되는데 이때 사물을 선명하게 인식하기 위해 수정체의 조절 작용이 발생하여 안정피로 증가와 눈 찢그림, 두통 등을 느끼게 된다. 일반적으로 전체 난시는 각막 난시와 수정체 난시로 나뉘며 이 중 각막 난시는 난시 인구 중 약 85%에서 발생하고,^[2,3] 대부분 4.5세 이후부터 40세 이전까지 생리적 직난시의 형태를 보인다.^[4]

입체시는 조절과 폭주 기능을 융합하여 서로 다른 위치에 놓인 사물을 망막에 결상시켜 원근감을 인식하는 능력으로서 움직이지 않는 사물의 원근감을 인식하는 정적 입체시와 움직이는 사물의 원근감을 인식하는 동적 입체시로 분류된다. 이러한 입체시에 영향을 미치는 요인은 굴절이상, 굴절부등시, 부등상시, 동공 크기, 망막 조도, 시각

신경 등이 현재 보고되어 있다.^[5-11] 이중에 입체시와 시각신경과 관련된 선행 연구에 따르면 시각적 정보를 처리하는 신경 중 소세포 신경(P cell; parvo cell)은 신경 전달 속도가 느리고 망막 중심와 영역과 더 많이 연결되어 있기 때문에 주로 정적인 물체 인식을 담당하며 고해상도로 상을 처리한다. 또한 대세포 신경(M cell; magno cell)은 신경 전달 속도가 빠르고 망막 주변부 영역에 더 많이 연결되어 있기 때문에 주로 동적인 물체 인식을 담당하며 저해상도로 상을 처리한다고 보고되어 있다.^[10,11] 따라서 시각 신경 유형에 따른 시각 정보 처리 과정의 특성을 반영하여 정적, 동적 입체시 측정 시 각각 다른 방법을 사용하고 있다.^[12-16]

임상에서 난시를 포함한 굴절이상의 시력교정은 일반적으로 안경 또는 콘택트렌즈를 이용한다. 안경사를 대상으로 난시 처방 현황을 설문조사한 결과 난시도가 증가할수록 완전교정에 비해 안경 교정 시는 난시를 미교정, 소프트콘택트렌즈 교정 시는 등가구면굴절력교정을 하는 비율이 높은 것으로 나타났으며,^[5] 난시를 완전교정 하지 않을 경우 시력에 대한 만족도가 감소한다고 보고되어 있다.^[17] 따라서 난시를 미교정 할 경우 시력 만족도 저하뿐만 아

*Corresponding author: Hyun Jung Kim, TEL: +82-42-600-6334, E-mail: kimhj@konyang.ac.kr

본 논문의 일부내용은 2016년도 한국안광학회 동계학술대회에서 포스터로 발표되었음.

나라 양안시의 최고 단계인 입체시에도 영향을 미칠 것으로 생각되고, 스포츠 활동¹⁸⁾ 및 운전 등 대부분의 일상적인 활동에서 동적인 시각적 정보가 더 많이 발생하기 때문에 본 연구에서는 난시 미교정이 동적 입체시에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 먼저 대상자의 양안에 본태적으로 소유하고 있는 난시를 미교정 상태와 등가구면굴절력교정 상태로 분류하고, 동적 입체시를 측정하기 위해 Howard-Dolman Test를 이용하여 거리지각(depth perception)이 가능한 즉, 원근감을 인식할 수 있는 두 막대간 최소거리를 측정된 후 이를 동적 입체시값으로 환산하여 비교 평가하였다.

대상 및 방법

1. 대상

입체시에 영향을 미칠 수 있는 안과적 질환 및 수술 이력을 가진 자와 굴절부등시를 제외하였고, 양안 원용교정시력이 1.0 이상이고, 양안시기능이 정상이며 안경과 소프트콘택트렌즈를 착용하는 성인 24명(평균 나이: 21.66±1.99세, 평균 PD: 63.00±3.12 mm)을 대상으로 하였다. 이때 대상자의 원거리 안위는 0 ~ 2 Δ Exo(1.46±0.71 Δ), 근거리 안위는 0 ~ 6 Δ Exo(3.96±2.11 Δ)이었다. 본 연구는 난시 미교정 상태에서의 실험이 포함되어 있으므로 난시의 방향성으로 인하여 발생할 수 있는 오차를 최소화하기 위하여 해당 연령대에서 난시 중 가장 많은 분포를 보이는 근시성 직난시로 대상자를 제한하였고, 이때 구면굴절력 범위는 0.00 ~ -7.00 D(-2.92±1.63 D), 원주굴절력 범위는 -0.50 ~ -2.00 D(-0.93±0.63 D), 축 범위는 Ax 180±15°(173.43±6.30°)였다.

2. 방법

1) 난시 미교정 상태 분류

대상자의 양안 원용교정굴절력 값을 확인하기 위해 타각적 굴절검사 기기인 자동 안굴절력계(KR-8900, Topcon, Japan)와 자각적 굴절검사 기기인 포뮬터(RX Master, Reichert Inc., USA)를 이용하였다. 굴절검사 시 소프트콘택트렌즈 착용자는 렌즈로 인해 발생할 수 있는 각막 곡률 변화가 교정 굴절력에 미치는 영향을 최소화 하고자 렌즈를 제거하고 한 시간 후에 검사를 실시하였다.

24명의 대상자 중 양안 모두 C-1.00 D 이상의 난시를 소유하고 있는 10명은 시험테에 장착된 원용 완전교정굴절력값을 기준으로 양안을 동시에 C-1.00 D 미교정, C-0.50 D 미교정, 등가구면굴절력교정(SEC; spherical equivalent correction), 완전교정(FVC; full vision correction)의 네 단계 상태에서 검사를 진행하였고, 그 외의 14명은 시험테에 장착된 원용 완전교정굴절력값을 기준으로 양안을

동시에 C-0.50 D 미교정, 등가구면굴절력교정, 완전교정의 세 단계 상태에서 검사를 진행하였다. 반복적인 검사로 인한 학습 효과를 줄이기 위해 C-1.00 D 미교정, C-0.50 D 미교정, 등가구면굴절력교정, 완전교정 순서로 검사를 진행하였다.

2) 동적 입체시 측정

이간계라고도 불리는 Howard-Dolman Test(Bernell, USA)를 이용하여 원거리(3 m)와 근거리(40 cm)에서 동적 입체시를 측정하였다. 원근감을 인식할 수 있는 두 막대간 최소거리를 측정하기 위해 난시 미교정 상태로 교정렌즈가 장착된 시험테를 착용하고, 개인의 능력과 상관없이 기울어진 선으로 인하여 원근감을 확인 할 수 있는 선형 원근법을 피하기 위해¹⁹⁾ 기기를 대상자의 정면에 평행하게 위치시켰다. 또한 막대가 움직이는 방향 차이로 인하여 발생할 수 있는 오차를 최소화하기 위해 검사 시작 전 검사자가 자유롭게 움직일 수 있는 오른쪽 막대를 기기 후면에 위치시켜 놓고 대상자에게 기기 전면으로 오른쪽 막대를 빠르게 이동시킨 후 뒤로 천천히 이동시키며 고정되어있는 왼쪽 막대와 동일한 위치에 놓였다고 인지될 때 움직임을 멈추라고 설명하였다. 총 5번 측정된 두 막대간 최소거리(ds, longitudinal offset)는 최대, 최소값을 제외하고 평균값을 구하였다. 그리고 검사거리(S)와 타각적 굴절검사 기기로 측정된 개인의 동공간거리(PD)를 입체시 변환공식에 대입하여 동적 입체시값(dØ)으로 환산하였다. 수식의 상수 206,265는 1 라디안을 입체시의 단위인 초(")로 환산하여 나온 값이다.

$$d\varnothing = \frac{PD \times |ds|}{S^2} \times 206,265$$

검사 시 안정 피로감을 줄이고 보다 정확한 동적 입체시를 측정하기 위해 양안 원용교정굴절력 검사와 난시 미교정 단계에 따라 3~4일에 나누어 검사를 진행하였으며, 개인별 생체 활동 주기 시간을 맞추기 위해 동일한 시간에 검사를 진행하였다. 또한 조도 차이가 입체시에 영향을 미칠 수 있기 때문에,^{16,8,9)} 매 검사 시 조도계(IM-1000, Topcon, Japan)를 이용하여 검사실 조도가 일정하게 유지되는지 확인하였다(조도: 521.85±13.60 lx).

3. 통계처리

실험으로 얻은 데이터의 분석은 SPSS Ver 19의 일원배치분산분석(ANOVA)을 이용하여 유의확률 p<0.05 일 때 통계적 유의성이 있다고 판단하고, 유의확률 p<0.05 일 때 *, p<0.01 일 때 **, p<0.001 일 때 ***로 표기하였다. 그리고 통계적 유의성 표기 기준은 다음과 같다.

1) 난시 미교정 상태의 막대간 최소거리와 동적 입체시

- a : significantly different from uncorrected C-1.00 D
- b : significantly different from uncorrected C-0.50 D
- c : significantly different from FVC
- d : significantly different from SEC

2) 난시 미교정 단계에 따른 막대간 최소거리 변화와 동적 입체시 변화

- e : significantly different from uncorrected C-1.00 D ~ uncorrected C-0.50 D (C-1.00 D ~ C-0.50 D)
- f : significantly different from uncorrected C-0.50 D ~ FVC (C-0.50 D ~ FVC)
- g : significantly different from FVC ~ FVC (FVC ~ FVC)
- h : significantly different from SEC ~ FVC (SEC ~ FVC)

결과 및 고찰

1. 난시 미교정 상태에 따른 막대간 최소거리

원, 근거리에서 C-1.00 D 미교정, C-0.50 D 미교정, 완전교정, 등가구면굴절력교정 상태에서 원근감을 인식할 수 있는 두 막대간 최소거리를 Fig. 1에 나타내었다. x축은 난시 미교정 상태의 유형을 표시하였고, y축은 난시 미교정 상태에 따른 두 막대간 최소거리를 표시하였다. 이때 x축은 먼저 완전교정을 기준으로 하여 난시 미교정의 경우를 비교하고 다음으로 완전교정과 등가구면굴절력교정의 경우를 비교하기 위해 완전교정을 기준으로 좌측에는 C-1.00 D 미교정과 C-0.50 D 미교정, 우측에는 등가구면굴절력교정을 배치하여 표시하였다.

먼저 원거리에서 측정한 두 막대간 최소거리는

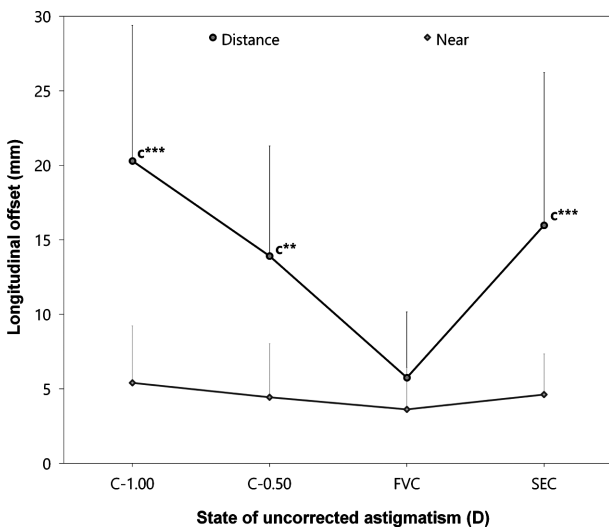


Fig. 1. Comparison of longitudinal offset according to the state of uncorrected astigmatism at distance and near.

C-1.00 D 미교정 시 20.29±9.08 mm, C-0.50 D 미교정 시 13.91±7.37 mm, 완전교정 시 5.74±4.41 mm, 등가구면굴절력교정 시 15.98±10.24 mm로 측정되었다. 즉, 완전교정에 비해 등가구면굴절력교정과 난시 미교정량이 증가할 경우 두 막대간 최소거리가 증가하는 경향을 보였으며, 완전교정은 C-1.00 D 미교정(p = 0.000), C-0.50 D 미교정(p = 0.001), 등가구면굴절력교정(p = 0.000)과 각각 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

근거리에서 측정한 두 막대간 최소거리는 C-1.00 D 미교정 시 5.39±3.82 mm, C-0.50 D 미교정 시 4.44±3.58 mm, 완전교정 시 3.62±2.81 mm, 등가구면굴절력교정 시 4.62±2.72 mm로 측정되었다. 이는 원거리에서의 결과와 마찬가지로 완전교정보다 등가구면굴절력교정과 난시 미교정량이 증가할수록 두 막대간 최소거리가 증가하는 경향을 보였지만, 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다.

2. 난시 미교정 단계에 따른 막대간 최소거리 변화

난시 미교정 단계에 따른 원근감 인식 능력의 변화를 알아보기 위해 두 막대간 최소거리 차이값을 Fig. 2에 나타내었다. x축은 난시 미교정 단계 비교 구간을 표시하였고, y축은 난시 미교정 단계에 따른 두 막대간 최소거리 차이값을 표시하였다. 이때 C-1.00 D 미교정에서 C-0.50 D 미교정인 난시 미교정 정도가 높은 0.50 D 단계는 'C-1.00 D ~ C-0.50 D'로 표시하였고, C-0.50 D 미교정에서 FVC인 난시 미교정 정도가 낮은 0.50 D 단계는 'C-0.50 D ~ FVC'로 표시하였고, 완전교정을 기준으로 완전교정과 등가구면굴절력교정 단계는 각각 'FVC ~ FVC'와 'SEC ~ FVC'로 표시하였다.

먼저 원거리의 경우, 두 막대간 최소거리 차이값은 상대적으로

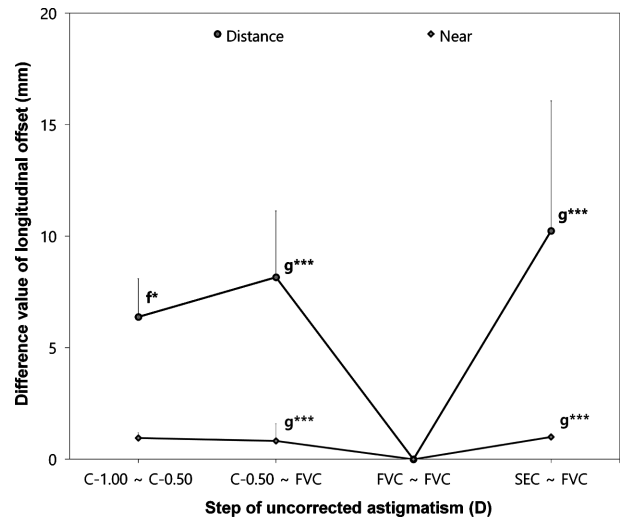


Fig. 2. Comparison of difference value of longitudinal offset according to the step of uncorrected astigmatism at distance and near.

로 난시 미교정 정도가 높은 0.50 D 단계에서 6.38±1.70 mm, 난시 미교정 정도가 낮은 0.50 D 단계에서 8.16±2.96 mm, 등가구면굴절력교정에서 완전교정 단계일 때 10.23±5.83 mm 이었다. 즉, 난시 미교정 정도의 차이가 0.50 D로 동일하더라도 두 막대간 최소거리 차이값은 낮은 0.50 D 단계가 높은 0.50 D 단계보다 더 큰 변화를 나타내었고, 등가구면굴절력교정에서 완전교정 단계일 때 다른 구간보다 더 큰 변화를 나타내었다. 특히 높은 0.50 D 단계의 두 막대간 최소거리 차이값은 낮은 0.50 D 단계와 통계적으로 유의한 차이를 보였고(p = 0.027), 완전교정 단계의 두 막대간 최소거리 차이값은 낮은 0.50 D 단계일 때(p = 0.000), 등가구면굴절력교정에서 완전교정 단계일 때(p = 0.000) 각각 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

근거리의 경우, 두 막대간 최소거리 차이값은 상대적으로 난시 미교정 정도가 높은 0.50 D 단계에서 0.95±0.23 mm, 난시 미교정 정도가 낮은 0.50 D 단계에서 0.81±0.77 mm, 등가구면굴절력교정에서 완전교정 단계일 때 0.99±0.08 mm 이었다. 특히 완전교정 단계의 두 막대간 최소거리 차이값은 낮은 0.50 D 단계일 때(p = 0.000), 등가구면굴절력교정에서 완전교정 단계일 때(p = 0.000) 각각 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 그러나 근거리의 경우 난시 미교정 정도의 차이가 0.50 D로 동일하더라도 원근감을 인식할 수 있는 두 막대간 최소거리의 차이값은 원거리에 비해 큰 변화가 없었다.

3. 난시 미교정 상태에 따른 동적 입체시

난시 미교정이 동적 입체시에 미치는 영향을 알아보기 위해 난시 미교정 상태에 따른 원, 근거리 동적 입체시값을 Fig. 3에 나타내었다. x축은 난시 미교정 상태를 표시하였고, 왼쪽 y축은 원거리에서의 동적 입체시값, 오른쪽

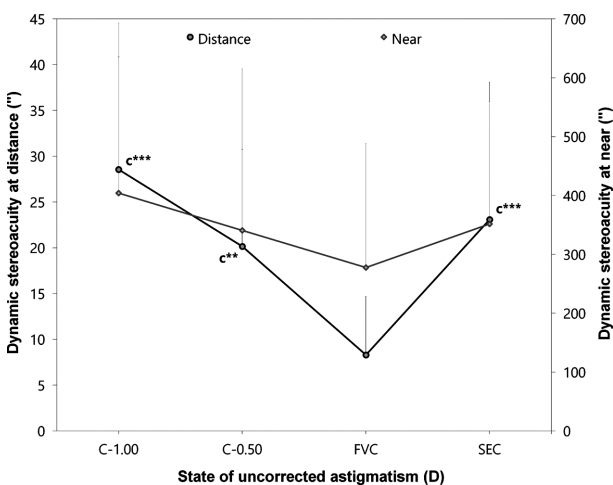


Fig. 3. Comparison of dynamic stereoacuity according to the state of uncorrected astigmatism at distance and near.

y축은 근거리에서의 동적 입체시값을 표시하였다.

먼저 원거리에서 측정된 두 막대간 최소거리를 반영하여 환산한 동적 입체시값은 C-1.00 D 미교정 시 28.55±12.30", C-0.50 D 미교정 시 20.15±10.59", 완전교정 시 8.30±6.37", 등가구면굴절력교정 시 23.07±15.00"이었다. 즉, 완전교정보다 등가구면굴절력교정과 난시 미교정량이 증가할 경우 동적 입체시가 감소하는 결과를 보였으며, 완전교정은 C-1.00 D 미교정(p = 0.000), C-0.50 D 미교정(p = 0.001), 등가구면굴절력교정(p = 0.000)과 각각 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

근거리의 동적 입체시값은 C-1.00 D 미교정 시 403.93±288.99", C-0.50 D 미교정 시 340.70±274.36", 완전교정 시 277.56±210.60", 등가구면굴절력교정 시 351.72±207.63"이었다. 이는 원거리에서의 결과와 마찬가지로 완전교정보다 등가구면굴절력교정과 난시 미교정량이 증가할 경우 동적 입체시가 감소하는 결과를 보였지만, 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다.

4. 난시 미교정 단계에 따른 동적 입체시 변화

난시 미교정 단계에 따른 동적 입체시 변화를 알아보기 위해 인접한 난시 미교정 단계간의 동적 입체시 차이값을 Fig. 4에 나타내었다. 이때 그래프는 Fig. 2와 마찬가지로 x축은 난시 미교정 단계 비교 구간을 표시하였고, y축은 난시 미교정 단계에 따른 동적 입체시 차이값을 표시하였다.

먼저 원거리의 경우, 동적 입체시 차이값은 상대적으로 난시 미교정 정도가 높은 0.50 D 단계에서 8.39±1.71", 난시 미교정 정도가 낮은 0.50 D 단계에서 11.85±4.22", 등가구면굴절력교정에서 완전교정 단계일 때 14.77±8.63"이었다. 즉, 난시 미교정 정도의 차이가 0.50 D로 동일하더라도 동적 입체시 차이값은 낮은 0.50 D 단계가 높은

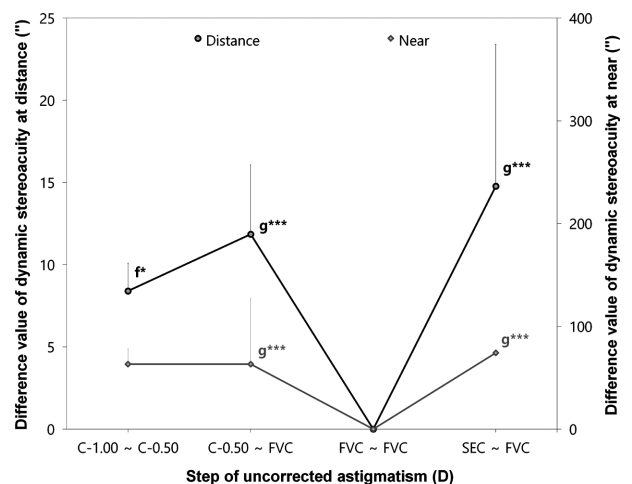


Fig. 4. Comparison of difference value of dynamic stereoacuity according to the step of uncorrected astigmatism at distance and near.

0.50 D 단계보다 더 큰 변화를 나타내었고, 등가구면굴절력교정에서 완전교정 단계일 때 다른 구간보다 더 큰 변화를 나타내었다. 특히 높은 0.50 D 단계의 동적 입체시 차이값은 낮은 0.50 D 단계와 통계적으로 유의한 차이를 보였고($p = 0.043$), 완전교정 단계의 동적 입체시 차이값은 낮은 0.50 D 단계일 때($p = 0.000$), 등가구면굴절력교정에서 완전교정 단계일 때($p = 0.000$) 각각 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

근거리의 경우, 동적 입체시 차이값은 상대적으로 난시 미교정 정도가 높은 0.50 D 단계에서 $63.23 \pm 14.63''$, 난시 미교정 정도가 낮은 0.50 D 단계에서 $63.14 \pm 63.76''$, 등가구면굴절력교정에서 완전교정 단계일 때 $74.16 \pm 2.97''$ 이었다. 특히 완전교정 단계의 동적 입체시 차이값은 낮은 0.50 D 단계일 때($p = 0.000$), 등가구면굴절력교정에서 완전교정 단계일 때($p = 0.000$) 각각 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 그러나 난시 미교정 정도의 차이가 비록 0.50 D로 동일하더라도 근거리 동적 입체시 차이값은 원거리에 비해 큰 변화를 나타내지 않았다.

입체시와 관련된 선행연구를 살펴보면 검사자와 측정장비에 따라 차이가 있지만 정상적인 입체시값은 원거리 동적 입체시의 경우 15 ~ 30'',^[12] 30 ~ 50'',^[14] 근거리 정적 입체시의 경우 Lee는^[13] 50'' 이내, Lim은^[14] 일반적으로 30 ~ 50'' 이내이고 30'' 이내일 경우 매우 좋은 입체시라 하였고 100''까지를 정상범위로 간주하였다. 또한 Kulkarni는^[20] 이상적인 실험 상태에서 최상의 입체시가 2 ~ 3''로 측정되지만 일반적으로 임상에서는 30 ~ 40''로 보고하였다. 입체시 검사 중 동적 입체시는 대한민국 도로교통법상 운전면허를 취득하기 위한 적성검사의 항목에 포함되어 있지 않지만, 일본의 경우는 삼간계를 이용하여 동적인 사물의 원근감 인식 유무를 측정하여 반영하고 있다. 이때 검사거리 2.5 m에서 원근감을 인식할 수 있는 막대간 최소거리가 20 mm 이내에 해당될 때 적성검사에 합격하게 된다.^[21]

본 연구는 사물이 정적일 때보다 동적일 경우 원근감을 인식하기 위한 정보가 더 많이 필요하기 때문에 자연 시 상태에서 동적 입체시를 측정할 수 있는 Howard-Dolman Test를 이용하여 원, 근거리 동적 입체시를 측정하였다. 이 기기는 일반적으로 원거리 동적 입체시 측정에 사용되는데, 근거리의 경우 자연 시 상태에서 측정할 수 있는 적절한 동적 입체시 측정 기기가 없어 난시 미교정 상태에 따른 근거리 동적 입체시의 경향을 확인하는데 원거리 동적 입체시 측정 기기를 활용하였다. 동적 입체시와 관련된 선행연구를 살펴보면 완전교정 상태에서 Howard-Dolman Test를 이용하여 원거리 동적 입체시값을 측정한 결과 Howard는 6 m에서 8''이하,^[19] Shim은 2.5 m에서 29.91'',^[15] 28.44''로^[16] 보고하였다. 본 연구에서는 원거리의 경우 완

전교정 시 원근감을 인식할 수 있는 두 막대간 최소거리가 5.74 mm, 동적 입체시값은 8.30''로 정상범위에 해당된다고 할 수 있다. 이렇게 본 연구와 선행연구에서^[15,16,19] 동적 입체시값이 다르게 측정된 이유는 두 막대간 최소거리가 동일하더라도 검사거리가 멀어지면 입체시값은 낮아지고, 가까워지면 높아지는 즉, 검사거리 차이로 인하여 동적 입체시값에 영향을 미친 것으로 생각된다. 근거리의 경우는 두 막대간 최소거리가 3.62 mm로 원거리의 경우보다 짧게 측정되었지만, 동적 입체시값은 277.56''로 정상범위보다 높게 측정되었다. 이는 원거리 검사거리인 3 m에 비해 입체시값을 환산하기 위해 입체시 변환 공식에 근거리 검사거리인 40 cm를 반영하게 되면 두 막대간 최소거리가 1 mm 멀어지더라도 입체시값은 최소 70'' 이상 증가하며 동적 입체시값에 크게 영향을 미치기 때문이다. 본 연구에서 근거리 동적 입체시는 기존의 원거리 검사 기기를 활용하여 난시 미교정 상태에 따라 입체시가 변화하는 경향을 파악하였으나, 보다 정확한 근거리 동적 입체시 측정을 위해서는 원거리 검사 기기의 관찰구 크기, 두 막대간 수평 간격, 막대 직경 등을 고려하여 자연시 상태에서 측정할 수 있는 근거리 동적 입체시 기기의 규격 기준을 마련하고 이를 반영하기 고안이 필요할 것이다.

완전교정 상태에서 입체시를 평가하는 방법 이외에도 양안 또는 단안에 (+) 혹은 (-) 구면 또는 원주렌즈를 부가하거나 난시를 미교정하여 광학적 흐림을 유발한 후 시력 또는 정적 입체시를 측정한 선행연구도 보고되어 있다.^[5,20,22,23] 이와 달리 본 연구에서는 임상에서 난시 교정 시 완전교정 하지 않는 경우를 반영하여 본태적으로 소유하고 있는 난시를 미교정 상태(C-1.00 D 미교정, C-0.50 D 미교정)와 등가구면굴절력교정 상태에서 원근감을 인식할 수 있는 두 막대간 최소거리를 측정하여 동적 입체시값으로 환산한 후 동적 입체시를 비교하였다. 그 결과 원거리에서 난시 미교정 상태와 등가구면굴절력교정 상태는 완전교정에 비해 두 막대간 최소거리를 증가시키고 동적 입체시를 감소시켰다.

일반적으로 광학적 흐림이 발생하게 되면 입체시가 감소되는 경향을 보이며, 이러한 기전을 확인하기 위해 입체시 처리 과정과 시각 신경에 관련된 선행연구에서는 사물이 망막에 결상한 후 소세포 신경과 대세포 신경 등으로 이루어진 시각 신경을 통해 사물을 구별하여 인지하게 된다고 하였다.^[10,11] 그리고 소세포 신경은 망막 중심와 영역과 더 많이 연결되어 있고, 대세포 신경은 망막 주변부 영역과 더 많이 연결되어 있다고 한다.^[10] 이중 소세포 신경은 망막 내핵층(INL; inner nuclear layer)에 존재하는 midget bipolar cell과 연결되어 있으며, 광수용체세포(photoreceptor cell)중 L-cone(long wavelength-sensitive cone) 또는 M-

cone (middle wavelength-sensitivity cone)과 각각 1:1로 연결되어 있어 모든 공간주파수의 사물을 고해상도로 인지할 수 있다고 한다.^[10,24] 반면에 대세포 신경은 diffuse bipolar cell과 연결되어 있고, 소세포 신경과 달리 L-cone와 M-cone이 동시에 연결되어 있어 사물을 저해상도로 인지하게 된다고 한다.^[10,24] 이러한 배경으로 광학적 흐림이 증가하게 되면 상의 크기가 증가하여 고공간주파수를 주로 담당하는 소세포 신경의 정보 처리 능력이 저하되고,^[23] 대비를 최대 감도로 인지할 수 있는 정점공간주파수가 고공간주파수에서 저공간주파수 방향으로 이동한다고 한다.^[25] 선행연구를 참고하면 본 연구에서 완전교정으로 인한 선명한 상은 망막 중심좌에 연결되어있는 소세포 신경을 통해 모든 공간주파수 영역을 고해상도로 인지하게 되지만, 난시 미교정으로 인한 광학적 흐림은 망막 중심좌에서 주변부 영역으로 상이 번지게 되어 시각적 정보의 양이 상대적으로 사물을 고해상도로 처리하는 소세포 신경보다 저해상도로 처리하는 대세포 신경으로 더 많이 전달되어 사물을 선명하게 인식하는데 어려움을 느끼게 되므로 동적 입체시가 감소한 것으로 생각된다.

또한, 본 연구에서 난시 미교정 정도를 0.50 D 단계로 구간을 나누어 두 막대간 최소거리 차이값과 동적 입체시 차이값을 비교 분석한 결과, 난시 미교정 정도가 0.50 D 단계로 동일하지만 낮은 0.50 D 단계인 'C-0.50 D ~ FVC'가 높은 0.50 D 단계인 'C-1.00 D ~ C-0.50 D'보다 두 막대간 최소거리 변화가 크게 나타났으며, 동적 입체시가 더 크게 감소하였다. 이러한 결과로부터 높은 0.50 D 단계보다 낮은 0.50 D 단계에서 흐림을 감지하는 정도가 더 크다고 생각된다. 다만, 높은 0.50 D 단계인 'C-1.00 D ~ C-0.50 D'에 해당되는 대상자가 10명으로 상대적으로 적었기에 추후 대상자 수를 증가시켜 연구해 볼 필요가 있다.

본 연구는 인위적으로 렌즈를 부가하여 광학적 흐림을 유발하고 정적 입체시를 측정된 선행연구와 달리 임상의 난시 처방 현황을 고려하여 난시를 C-1.00 D 미교정, C-0.50 D 미교정, 등가구면굴절력교정하여 광학적 흐림을 발생시켜 동적 입체시를 측정하였다. 그러나 동적 입체시 측정 대상자가 C-2.00 D 이하의 근시성 직난시로 제한되어 있으므로 추후 연구에서는 더 높은 난시를 소유한 직난시 및 도난시와 사난시까지 대상자를 확대하여 다양한 난시도와 난시 유형에서 난시 미교정에 따른 동적 입체시를 비교 연구하여 난시와 동적 입체시의 상관관계를 종합적으로 규명할 필요가 있다.

결 론

본 연구는 근시성 직난시인 성인 24명을 대상으로 난시

미교정 상태가 동적 입체시에 미치는 영향을 알아보았다. 난시 미교정은 임상의 난시 처방 현황을 반영하여 C-1.00 D 미교정, C-0.50 D 미교정, 완전교정, 등가구면굴절력교정 상태로 분류한 후 Howard-Dolman Test를 이용하여 원근감을 인식할 수 있는 두 막대간 최소거리를 측정하고 이를 동적 입체시로 환산하여 비교한 결과 난시 미교정 상태와 등가구면굴절력교정의 경우 완전교정보다 원, 근거리 모두 두 막대간 최소거리가 증가하여 동적 입체시가 감소하였다. 특히 원거리의 경우 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 또한 난시 미교정 단계 구간별 원근감 인식능력의 변화를 알아보기 위해 난시 미교정 단계를 0.50 D 간격으로 나눈 후 두 막대간 최소거리 차이값과 동적 입체시 차이값을 비교한 결과 난시 미교정 단계가 0.50 D로 동일하더라도 난시 미교정 정도가 높은 0.50 D 단계보다 난시 미교정 정도가 낮은 0.50 D 단계에서 더 큰 변화가 나타났고, 등가구면굴절력교정에서 완전교정 단계일 때 다른 구간에서의 차이값보다 큰 변화가 나타났다. 특히 원거리의 경우 완전교정 단계가 모든 난시 미교정 단계와 통계적으로 유의한 차이를 보였고, 근거리의 경우 난시 미교정 정도가 높은 0.50 D 단계를 제외한 모든 단계는 완전교정 단계와 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

이상으로부터 난시 미교정과 등가구면굴절력교정은 움직이는 사물의 원근감 인식 능력에 영향을 미쳐 동적 입체시를 감소시키는 원인으로 작용할 수 있으므로 C-1.00 D 이하의 난시를 미교정할 경우 이를 고려하여 처방하여야 한다.

REFERENCES

- [1] Vilaseca M, Diaz-Doutón F, Luque SO, Aldaba M, Arjona M, Pujol J. Astigmatism - optics, physiology and management, 1st Ed. INTECH, 2012;33-56.
- [2] Kim CS, Kim MY, Kim HS, Lee YC. Change of corneal astigmatism with aging in Koreans with normal visual acuity. J Korean Ophthalmol Soc. 2002;43(10):1956-1962.
- [3] Wolffsohn JS, Bhogal A, Shah S. Effect of uncorrected astigmatism on vision. J Cataract Refract Surg. 2011;37(3):454-460.
- [4] Ha NR, You JK, Kim JM. Ten-year refractive error and astigmatism changes in Korean subjects. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2010;15(4):389-397.
- [5] Oh JY. Effects of uncorrected astigmatism less than 1.00 diopter on visual function. Master Thesis. Konyang University, Daejeon. 2017;4.
- [6] Lovasik JV, Szymkiw M. Effects of aniseikonia, anisometropia, accommodation, retinal illuminance, and pupil size on stereopsis. Invest Ophthalmol Vis Sci. 1985;26(5):741-750.
- [7] Jung SA, Kim HJ. Comparison of stereopsis by influence

- factors in induced aniseikonia. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2013;18(4):465-471.
- [8] Lee DW, Nah YS, Lee KM, Lee JB. Effect of difference of binocular retinal illuminance on stereopsis. J Korean Ophthalmol Soc. 2003;44(8):1828-1832.
- [9] Lee CH, Choi DG. Effect of illumination on stereoacuity. J Korean Ophthalmol Soc. 2002;43(10):1963-1967.
- [10] Aleci C, Belcastro E. Parallel convergences: a glimpse to the magno- and parvocellular pathway in visual perception. World J Res Rev. 2016;3(3):34-42.
- [11] Kontsevich LL, Tyler CW. Relative contributions of sustained and transient pathway to human stereoprocessing. Vision Res. 2000;40(23):3245-3255.
- [12] Sung PJ. Optometry, 8th Ed. Seoul: Daihakseolim, 2013; 180.
- [13] Lee SY, Koo NK. Change of stereoacuity with aging in normal eyes. J Korean Ophthalmol Soc. 2005;19(2):136-139.
- [14] Lim KH, Hong HJ. Dynamic stereoacuity in normal individuals. J Korean Ophthalmol Soc. 2000;41(11):2408-2414.
- [15] Shim HS, Kim SM, Kim SH, Kim YC. The Comparison of the dynamic stereoacuity with two-rods test and three-rods test. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2015;20(3):377-384.
- [16] Shim HS, Choi SM, Kim YC. Assessment of dynamic stereoacuity of adults in their 20s' with Howard-Dolman Test. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2015;20(1):61-66.
- [17] Kim MY, Kim YM, Kim TH, Sung AY. Contact lens prescription and satisfaction with astigmatism eye. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2006;11(4):317-322.
- [18] Lee MA, Oh JM, Jung JH. Dynamic visual acuity and dynamic stereoacuity of athletes and nonathletes. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2009;14(3):43-49.
- [19] Howard HJ. A test for the judgment of distance. Trans AM Ophthalmol Soc. 1919;17:195-235.
- [20] Kulkarni V, Puthran N, Galgal B. Correlation between stereoacuity and experimentally induced graded monocular and binocular astigmatism. J Clin Diagn Res. 2016;10(5): 14-17.
- [21] Matsuo T, Negayama R, Sakata H, Hasebe K. Correlation between depth perception by three rods test and stereoacuity by distance randot stereotest. Strabismus. 2014; 22(3):133-137.
- [22] Singh D, Aggarwal S, Sachdeva MM, Saxena R. Effect of induced monocular blur on monocular and binocular visual functions. J Clinical and Experimental Ophthalmology. 2015;1(4):197-201.
- [23] Costa MF, Moreira SM, Hamer RD, Ventura DF. Effects of age and optical blur on real depth stereoacuity. Ophthalmic Physiol Opt. 2010;30(5):660-666.
- [24] Schwartz SH. Visual perception: a clinical orientation, 4th Ed. New York: Mc Graw Hill Medical, 2010;283-285.
- [25] Li RW, So K, Wu TH, Craven AP, Tran TT, Gustafson KM et al. Monocular blur alters the tuning characteristics of stereopsis for spatial frequency and size. R Soc Open Sci. 2016;3(9):160273.

난시 미교정 상태가 동적 입체시에 미치는 영향

정형렬, 정수아, 김현정*

건양대학교 안경광학과, 대전 35365

투고일(2017년 4월 21일), 수정일(2017년 5월 20일), 게재확정일(2017년 6월 5일)

목적: 본 연구에서는 난시 미교정 상태가 동적 입체시에 미치는 영향을 알아보려고 하였다. **방법:** 근시성 직난시인 20대 성인 24명(평균나이 21.66±1.99세)을 대상으로 C-1.00 D 미교정, C-0.50 D 미교정, 완전교정(FVC), 등가구면굴절력교정(SEC) 상태에서 Howard-Dolman Test를 이용하여 거리지각이 가능한 두 막대간 최소거리와 동적 입체시를 원거리(3 m)와 근거리(40 cm)에서 측정하고 비교하였다. **결과:** 원, 근거리 모두 완전교정에 비해 난시 미교정 시와 등가구면굴절력교정 시 두 막대간 최소거리가 증가하였고 동적 입체시는 감소하였다. 특히 원거리에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). 그리고 원거리에서 두 막대간 최소거리 차이값과 동적 입체시 차이값은 모든 단계 중 등가구면굴절력교정에서 완전교정(SEC ~ FVC)의 경우에서 가장 크게 나타났고, 높은 0.50 D 단계(C-1.00 D ~ C-0.50 D)보다 낮은 0.50 D 단계(C-0.50 D ~ C-1.00 D)에서 통계적으로 유의하게 더 큰 변화를 보였다($p < 0.05$). **결론:** 난시 미교정과 등가구면굴절력교정은 거리지각 능력에 영향을 미쳐 동적 입체시를 감소시키는 원인으로 작용하므로 난시 교정 시 이를 고려하여 처방하여야 한다.

주제어: 난시, 난시 미교정, 입체시, 동적 입체시, Howard-Dolman Test