

## Effect of Astigmatism Axis Alignment Error Direction on Distance and Near Visual Acuity and Near Static Stereopsis

Gi Chang Kim<sup>1,a</sup>, Su A Jung<sup>2,b</sup>, and Hyun Jung Kim<sup>3,c,\*</sup>

<sup>1</sup>St. Mary's JIN Eye Clinic, Optician, Seoul 06626, 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 June 8, 2023; Revised June 21, 2023; Accepted September 16, 2023)

**Purpose:** This study aimed to investigate the effect of astigmatism axis alignment error direction on distance and near visual acuity and static stereopsis under identical axis alignment errors. **Methods:** Twenty-four adult men and women (22.16±1.95 years) with astigmatism were selected as subjects. Distance and near visual acuity and near static stereopsis were measured under full correction. To investigate the effect of the astigmatism axis alignment error direction on visual function under the same amount of axis alignment error, axis alignment error type - specifically, the binocular astigmatism axis alignment error direction - was set to CCW-CCW, CW-CW, CCW-CW, CW-CCW (CCW: counterclockwise, CW: clockwise). The relative distance and near visual acuity and near static stereopsis were then measured and compared for each combination of error type and amount of axis alignment error when set to 1, 3, 5, and 10°. **Results:** Under astigmatism axis alignment error, both distance and near visual acuity and stereopsis tended to decrease. Even for the same amount of axis alignment error, the degree of visual acuity and stereopsis deterioration differed depending on axis alignment error type. Visual acuity and stereopsis were decreased relatively less in CCW-CW and CW-CCW, in which axis alignment error of both eyes occurred in the opposite direction. However visual acuity and stereopsis decreased significantly in CCW-CCW and CW-CW in which axis alignment error of both eyes occurred in the same direction. **Conclusions:** Those with astigmatism may show differing degrees of deterioration of visual acuity and stereopsis depending on the axis alignment error direction, even if the amount of axis alignment error is the same. Therefore, this should be considered when prescribing and dispensing eyeglasses.

**Key words:** Astigmatism, Astigmatism axis, Axis alignment error, Axis alignment error direction, Undercorrected astigmatism

### 서 론

난시안의 교정은 구면 굴절력 교정만을 필요로 하는 근시, 원시안과 같은 단순 비정시안과 다르게 추가적으로 교정 축 방향을 결정 한 후 원주 굴절력을 교정하여야하기 때문에 단순 비정시안보다 교정 단계가 복잡하고<sup>[1]</sup> 변수가 많아 다양한 형태로 완전교정 되지 않을 수 있다. 단순히 생각하더라도 난시안의 미교정에는 난시량(난시 굴절력, 원주 굴절력) 미교정, 난시 교정 축 어긋남, 혹은 난시량과 난시 교정 축 어긋남 양과 방향이 복합적으로 미교정 되어 난시안이 완전교정 되지 않을 수 있다. 하지만 기존의 난시 미교정이 시기능에 미치는 영향과 관련하여 실시한 연구는 난시량 미교정에 관한 연구가 대부분이었으며,<sup>[2-9]</sup>

난시안의 교정 축 어긋남 방향도 시기능에 영향을 미칠 것으로 생각하지만 그나마 난시안의 교정 축 오차 발생이 시기능에 미치는 영향에 관하여 실시된 연구들의 경우 난시 교정 축 어긋남의 방향에 대한 언급은 없이, 난시 교정 축 어긋남이 발생한 양에만 관심을 가지고 실시한 연구가 대부분이었다.<sup>[10-12]</sup> 이러한 이유로 본 연구에서는 이전의 연구들에서 아쉬웠던 점들을 보완하여 난시안이 완전교정 되지 않은 미교정 상태 중 동일한 양의 난시 교정 축 어긋남이 발생했을 때 교정 축 어긋남 방향이 난시안의 시기능에 미치는 영향에 관하여 알아보려고 하였다. 이에 실제 난시안을 대상으로 완전교정한 후 동일한 양의 교정 축 어긋남이 발생하였을 때, 교정 축 어긋남 방향이 양안 시기능에 미치는 영향을 알아보기 위하여 다양한 방향의

본 논문의 일부 내용은 2020년 한국안광학회 동계학술대회, 2021년 대한시과학회·한국안광학회 하계공동학술대회에서 포스터로 발표되었음.

본 논문의 일부 내용은 김기창의 석사학위 논문을 발췌하였음.

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

Authors ORCID: <sup>a</sup><https://orcid.org/0000-0002-0280-3443>, <sup>b</sup><https://orcid.org/0000-0001-6728-0295>, <sup>c</sup><https://orcid.org/0000-0002-3573-9513>

난시 교정 축 어긋남을 유발한 후 가장 기본적인 시기능 평가 방법인 시력과, 전반적인 시기능을 평가할 수 있는 입체시를 측정해 난시 교정 축 어긋남 방향이 시기능에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

**대상 및 방법**

**1. 대상**

본 연구는 근거리에서의 시기능 검사를 포함하고 있기 때문에 노안 발생 이전으로 예상되면서 충분한 조절력을 가지고 있는 20대의 성인 남녀를 대상으로 하였다. 또한 양안 교정 굴절력에 영향을 미칠 수 있는 정신 및 전신질환환과<sup>[13]</sup> 굴절부등시,<sup>[11]</sup> 안과적 수술 경험이<sup>[14]</sup> 있는 자들은 연구대상에서 제외하였다. 그리고 난시안을 교정한 상태에서 난시 교정 축 어긋남을 유발하여 시기능에 미치는 영향을 알아보는 연구이기 때문에 난시를 가지고(C-0.25~-3.00 D) 있는 굴절이상안(S+0.25~4.00 D) 중 시기능이 양호한 자들을 대상으로 선정하기 위해 양안의 조절(NPA), 폭주기능(NPC)이 양호하고, 양안 교정시력이 LogMAR 시력 기준 0.00 이하(소수시력 1.0 이상)인 자를 대상자의 기준으로 설정하였다. 최종 선정된 대상자는 평균연령 22.16±1.95세의 24명(남: 13명, 여: 11명)이었다.

**2. 방법**

본 연구는 건양대학교 병원의 임상시험위원회(IRB: institutional review board)의 승인을 받아 실시되었다(과제 번호: KYU-2019-314-01).

**1) 원거리 완전교정**

본 연구에서는 대상자들을 완전교정 굴절력 처방을 기준으로 난시 교정 축 어긋남을 유발한 상태에서 시기능을 측정하기 때문에 포롭터(HRT-7000, Huvitz, Korea)와 디스플레이 차트(HDC-9000PF, Huvitz, Korea)의 ETDRS 시표를 이용하여 자각적 굴절검사를 실시해 원거리 완전교정 굴절력을 측정하였다.

**2) 난시 교정 축 어긋남의 유발**

본 연구는 완전교정 된 난시안에 동일한 양의 난시 교정 축 어긋남이 발생하였을 때 난시 교정 축 어긋남 유형이 시기능에 미치는 영향을 알아보고자 하였기 때문에 다양한 교정 축 어긋남이 발생하는 경우를 재현하고자 하였다. 양안의 교정 축 어긋남 방향의 조합을 의미하는 교정 축 어긋남 유형은 단안의 경우 완전교정 상태를 기준으로 교정 축이 반시계방향(CCW; counterclockwise)과 시계방향(CW; clockwise)으로 발생할 수 있기 때문에 양안에

**Table 1. Axis alignment error types and amounts**

Classification	Axis alignment error		Amounts
	OD	OS	
FC	FC	FC	
CCW-CCW	CCW	CCW	
CW-CW	CW	CW	1° (AEA1), 3° (AEA3), 5° (AEA5), 10° (AEA10)
CCW-CW	CCW	CW	
CW-CCW	CW	CCW	
Average	Average of all error types (except FC)		

FC: full correction, CCW: counterclockwise, CW: clockwise, AEA: axis alignment error amount

CCW와 CW의 조합의 4가지 유형의 교정 축 어긋남을 유발하였다(CCW-CCW, CW-CW, CCW-CW, CW-CCW) (Table 1). 그리고 교정 축 어긋남 양의 경우는 선행연구를 참고하여 설정하였다. 선행연구에 따르면 Sung의<sup>[15]</sup> 경우 교정 축 어긋남의 허용오차를 교정 원주굴절력이 ±1.25 D 이상인 경우에는 1°로 이내로 제시하였으며, Jin은<sup>[16]</sup> 교정 축 어긋남이 5°이상 일 경우 근거리 시력에 영향을 미칠 수 있다고 보고하였다. Joo 등의<sup>[17]</sup> 연구에서는 원거리에서 근거리로 주시거리가 변화할 때 52.30%의 경우 난시 교정 축 어긋남이 10°이상 변화하였다고 보고하여 본 연구는 선행연구들을 참고하여 교정 축 어긋남 양을 1°와 5°, 10°로 설정하고 1°와 5° 사이의 3°를 추가하여 최종적으로 교정 축 어긋남 양은 1°, 3°, 5°, 10°로 설정하였다.

**3) 원·근거리 시력 측정 및 상대시력 변환**

시력은 원거리의 경우 원거리 완전교정 굴절력 측정에 사용한 디스플레이 차트(HDC-9000PF, Huvitz, Korea)의 ETDRS 시표를 이용하여 측정하였고, 근거리 시력은 근거리용 ETDRS 시표인 Adult Near Contrast Test(Gulden Ophthalmics, USA)의 대비도 100%의 시력표를 이용하여 측정하였다. 원·근거리 시력 모두 가능한 학습효과가 발생하는 것을 방지하기 위하여 어긋남 양이 가장 많이 발생하는 10°에서 각 교정 축 어긋남 유형별로 시력을 측정한 후 5°, 3°, 1° 순으로 반복하여 교정 축 어긋남 유형별로 시력을 측정하였다. 시력측정은 명확하게 식별이 가능한 가장 작은 문자를 읽도록 지시한 후 각 시력의 인식한 시표 하나 당 0.02 LogMAR로 판단하여 최종 시력을 기록하였다. 그리고 LogMAR로 측정된 원·근거리 시력을 소수시력으로 환산한 후에 완전교정 상태를 기준으로 한 시력 변화 확인을 위하여 완전교정 상태의 시력을 기준으로 상대시력으로 변환하여 난시 교정 축 어긋남 유형에 따른 시력을 비교하였다.

#### 4) 근거리 정적 입체시 측정

본 연구에서 난시 교정 측 어긋남이 근거리 정적 입체시에 미치는 영향을 알아보기 위하여 일반적으로 입체시 검사에 사용하는 편광타입의 입체시 시표 중 불규칙적으로 배열되어 있는 난점(Random dot)이 시표 배경에 있어 단안 단서를 제거하여 추측에 의한 답변이 불가능한 상태로 입체시를 측정할 수 있는 것으로 알려진<sup>[18]</sup> Random Dot Stereo Acuity Test(Vision Assessment Corporation, USA)의 circle 시표를 이용하여 측정하였다. 근거리 정적 입체시 측정은 시력 측정과 마찬가지로 가능한 학습효과를 배제하기 위하여 시력저하가 가장 크게 발생할 것으로 예측되는 난시 교정 측 어긋남 양이 10°일 때부터 5°, 3°, 1° 순으로 각 교정 측 어긋남을 유형별로 유발한 상태에서 측정하였다.

#### 5) 통계분석

각 검사에서 측정된 결과의 데이터 분석은 SPSS Ver 23을 사용하여 일원배치분산분석(ANOVA, 사후분석 Scheff)을 실시하였고, 신뢰도 95%를 기준으로 유의수준 p-value 값이 0.05 미만일 때 통계적으로 유의하다고 판단하였다.

### 결과 및 고찰

#### 1. 난시 교정 측 어긋남 유형이 원·근거리 시력에 미치는 영향

##### 1) 난시 교정 측 어긋남 유형이 원거리 시력에 미치는 영향

원거리 상대시력은 완전교정 상태의 시력을 기준으로 환산하기 때문에 완전교정 상태의 상대시력은 1.00±0.00의 값을 갖는다. 교정 측 어긋남 양이 1°일 때 교정 측 어긋남이 발생한 경우의 평균 상대시력은 0.92±0.09이었고, CW-CCW 유형의 어긋남이 발생한 경우 상대시력이 0.94±0.09로 완전교정 상태에 비해 시력저하가 가장 적게 발생하였다. 다음으로 CW-CW(0.93±0.11)의 시력저하가 적게 발생하였으며, CCW-CCW(0.91±0.09)와 CCW-CW(0.91±0.10) 유형의 어긋남이 발생한 경우의 시력저하가 가장 크게 발생하였다. 특히 CCW-CW 유형의 어긋남이 발생한 경우의 시력은 완전교정 상태와 통계적으로 유의미한 차이가 있었다( $p=0.049$ ).

교정 측 어긋남 양이 3°일 경우의 평균 상대시력은 0.91±0.90으로 교정 측 어긋남 양이 1°일 때 보다 시력이 저하하였음을 알 수 있었다. CCW-CW(0.92±0.10)와 CW-CCW(0.92±0.10) 유형의 어긋남이 발생하였을 때 시력저하가 적게 발생하였고, CCW-CCW(0.90±0.90), CW-CW(0.90±0.11) 유형의 시력저하가 크게 발생하였으며, CCW-

CCW( $p=0.012$ ), CW-CW( $p=0.017$ ) 유형의 어긋남이 발생한 경우와 어긋남이 발생한 경우의 평균 상대시력(average,  $p=0.038$ )은 완전교정 상태의 시력과 통계적으로 유의미한 차이가 있었다.

교정 측 어긋남이 5° 발생한 경우의 평균 상대시력은 0.90±0.08으로 교정 측 어긋남 양이 1°와 3°일 때 보다 시력이 저하하였음을 알 수 있었다. CCW-CW(0.92±0.90) 유형의 시력저하가 가장 적게 발생하였고, CW-CW(0.90±0.11)와 CW-CCW(0.90±0.09) 유형의 시력저하가 다음으로 적게 발생하였으며 CCW-CCW(0.89±0.10) 유형의 어긋남이 발생하였을 때의 시력이 가장 저하하였음을 알 수 있었다. 특히 CCW-CCW( $p=0.003$ ), CW-CW( $p=0.006$ ), CW-CCW( $p=0.015$ ) 유형과 어긋남이 발생하였을 때의 평균 상대시력( $p=0.012$ )이 완전교정 상태의 시력과 통계적으로 유의미한 차이가 있었다.

10°의 교정 측 어긋남이 발생한 경우의 평균 상대시력은 0.90±0.08로 교정 측 어긋남 양이 1°, 3°일 때보다는 저하하였지만, 5°와는 거의 비슷한 수준의 상대시력 값을 갖게 됨을 알 수 있었다. 그리고 CW-CCW(0.92±0.10) 유형의 시력저하가 가장 적게 발생하였으며, CW-CW(0.90±0.09)와 CCW-CW(0.90±0.10) 유형의 시력저하가 다음으로 적게 발생하였고, CCW-CCW(0.87±0.12) 유형의 시력이 가장 많이 저하하였음을 알 수 있었다. 그리고 CCW-CCW( $p=0.000$ ), CW-CW( $p=0.018$ ), CCW-CW( $p=0.003$ ) 유형과 어긋남이 발생하였을 때 평균 상대시력( $p=0.011$ )이 완전교정 상태의 시력과 통계적으로 유의미한 차이를 보였다. 또한 10°의 교정 측 어긋남이 발생한 경우 평균 상대시력은 교정 측 어긋남 양이 5°일 때와 비슷한 수준이었지만, 시력저하가 가장 크게 발생한 유형의 시력저하가 어긋남이 5° 발생하였을 때 보다 더욱 크게 나타나는 것을 알 수 있었다(Table 2, Fig. 1).

원거리 상대시력의 경우 교정 측 어긋남이 발생하였을 경우 교정 측 어긋남 양이 동일할 때 대부분 양안의 교정 측 어긋남 방향이 반대로 발생한 CCW-CW나 CW-CCW 유형의 시력저하 발생이 적었으며, 양안의 교정 측 어긋남 방향이 CCW-CCW로 발생한 경우의 시력저하가 가장 크게 발생하는 경향을 확인하였다.

##### 2) 난시 교정 측 어긋남 유형이 근거리 시력에 미치는 영향

근거리 상대시력도 원거리 상대시력의 결과와 마찬가지로 완전교정 상태의 시력을 기준으로 환산하기 때문에 완전교정 상태의 상대시력 값이 1.00±0.00이 되고, 근거리 상대시력의 경우 교정 측 어긋남 양이 1°일 때 교정 측 어긋남이 발생한 경우들의 평균 상대시력은 0.99±0.08이었

Table 2. Comparison of relative distance visual acuity, relative near visual acuity, and near static stereopsis depending on the axis alignment error type

Classification	AEA	AET					
		FC	CCW-CCW	CW-CW	CCW-CW	CW-CCW	Average
Relative DVA	1°	1.00±0.00	0.91±0.09	0.93±0.11	0.91±0.10 <sup>FC*</sup>	0.94±0.09	0.92±0.09
	3°	1.00±0.00	0.90±0.09 <sup>FC*</sup>	0.90±0.11 <sup>FC*</sup>	0.92±0.10	0.92±0.10	0.91±0.09 <sup>FC*</sup>
	5°	1.00±0.00	0.89±0.10 <sup>FC*</sup>	0.90±0.11 <sup>FC*</sup>	0.92±0.09	0.90±0.09 <sup>FC*</sup>	0.90±0.08 <sup>FC*</sup>
	10°	1.00±0.00	0.87±0.12 <sup>FC*</sup>	0.90±0.09 <sup>FC*</sup>	0.90±0.10 <sup>FC*</sup>	0.92±0.10	0.90±0.08 <sup>FC*</sup>
Relative NVA	1°	1.00±0.00	0.97±0.08	0.98±0.08	1.02±0.16	1.00±0.10	0.99±0.08
	3°	1.00±0.00	0.92±0.08	0.98±0.10	1.01±0.10 <sup>CCW-CCW*</sup>	0.98±0.09	0.97±0.06
	5°	1.00±0.00	0.92±0.11	0.98±0.11	1.01±0.13	1.00±0.10	0.97±0.09
Near static stereopsis	10°	1.00±0.00	0.87±0.12 <sup>FC**</sup>	0.97±0.11 <sup>CCW-CCW*</sup>	0.99±0.10 <sup>CCW-CCW**</sup>	0.97±0.11 <sup>CCW-CCW*</sup>	0.95±0.09
	1°	26.38±11.37	36.65±20.02	37.69±31.59	30.69±13.69	33.15±13.69	34.54±15.98
	3°	26.38±11.37	45.21±31.00	43.13±38.23	35.38±15.51	37.40±14.12	40.28±20.08
	5°	26.38±11.37	45.67±20.14	53.17±39.33 <sup>FC*</sup>	34.33±16.04	39.46±19.68	43.16±20.27
	10°	26.38±11.37	61.00±39.10 <sup>FC*</sup>	55.50±38.03	41.96±23.24	41.67±19.86	50.03±24.38

AEA: axis alignment error amount, AET: axis alignment type, FC: full correction, CCW: counterclockwise, CW: clockwise, DVA: distance visual acuity, NVA: near visual acuity

\*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$ , \*\*\*:  $p < 0.001$

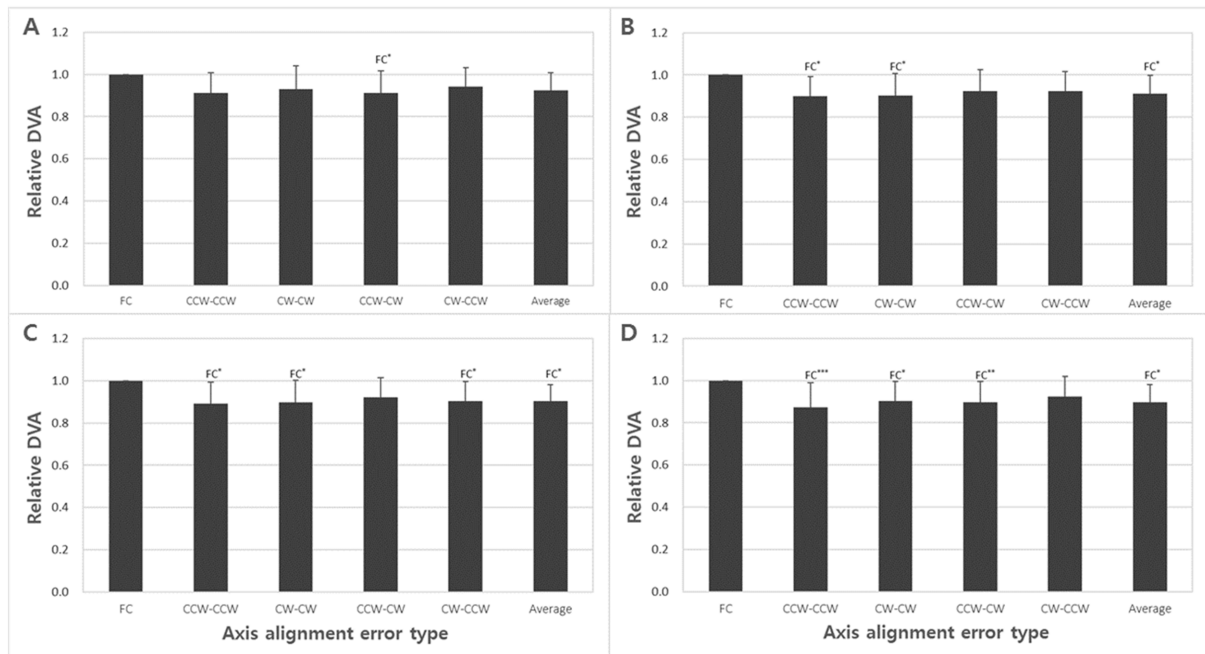


Fig. 1. Comparison of relative distance visual acuity depending on the axis alignment error type.

A. axis alignment error amount 1°, B. axis alignment error amount 3°, C. axis alignment error amount 5°, D. axis alignment error amount 10°

DVA: distance visual acuity, FC: full correction, CCW: counterclockwise, CW: clockwise

\*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$ , \*\*\*:  $p < 0.001$

고, CCW-CW 유형의 어긋남이 발생한 경우 상대시력이 1.02±0.16, CW-CCW 유형의 어긋남이 발생하였을 때는 1.00±0.10로 오히려 완전교정 상태보다 통계적으로 유의

미하지는 않았지만 시력이 약간 우수하였다. 다음으로 CW-CW(0.98±0.07) 유형의 시력저하가 적게 발생하였고, CCW-CCW(0.97±0.08) 유형의 어긋남이 발생한 경우의 시

력저하가 가장 크게 나타났지만, 통계적으로 유의미한 차이는 없었다( $p>0.05$ ).

교정 축 어긋남 양이 3°일 경우의 평균 상대시력은  $0.97\pm 0.06$ 으로 교정 축 어긋남 양이 1°일 때 보다 시력이 저하하였다. CCW-CW( $1.01\pm 0.10$ ) 유형의 경우 교정 축 어긋남 양이 1°일 때와 마찬가지로 완전교정 상태일 때 보다 시력이 약간 우수하였으나 통계적으로 유의미하지는 않았으며, CW-CW( $0.98\pm 0.08$ ), CW-CCW( $0.98\pm 0.09$ ) 유형은 약간의 시력저하가 있었고 CCW-CCW( $0.92\pm 0.08$ ) 유형의 교정 축 어긋남이 발생하였을 때 시력저하가 가장 크게 발생하였다. 특히 CCW-CCW 유형과 CCW-CW 유형의 시력은 통계적으로 유의미한 차이가 있었다( $p=0.027$ ).

교정 축 어긋남이 5° 발생한 경우의 평균 상대시력은  $0.97\pm 0.09$ 로 교정 축 어긋남 양이 1°일 때보다는 저하하였으나 3°일 때와는 비슷한 수준으로 시력이 저하함을 알 수 있었다. CCW-CW( $1.01\pm 0.13$ ) 유형의 경우 1°, 3°의 교정 축 어긋남이 발생하였을 때와 마찬가지로 완전교정 상태보다 시력이 약간 우수하였으나 통계적으로 유의미하지는 않았으며, CW-CCW( $1.00\pm 0.10$ ) 유형의 경우 완전교정 상태 수준의 시력을 가졌고, CW-CW( $0.98\pm 0.11$ ) 유형의 경우 약간의 시력저하가 발생하였다. CCW-CCW( $0.92\pm 0.11$ ) 유형의 교정 축 어긋남이 발생한 경우의 시력저하가 가장 크게 발생하였지만, 모든 유형 교정 축 어긋남이 발생하였을 때의 시력은 통계적으로 유의미한 차이는 없었다( $p>0.05$ ).

10°의 교정 축 어긋남이 발생한 경우의 평균 상대시력은  $0.95\pm 0.90$ 으로 교정 축 어긋남 양이 1°, 3°, 5°일 때보다 저하하였다. 교정 축 어긋남이 1°, 3°, 5°일 경우처럼 완전교정 상태보다 시력이 우수하지는 않았지만, CCW-CW( $0.99\pm 0.10$ ) 유형의 교정 축 어긋남이 발생하였을 때의 시력이 가장 우수하였고, 다음으로 CW-CW와 CW-CCW 유형의 시력저하가 적게 발생하였으며, CCW-CCW 유형의 시력저하가 가장 크게 발생하였다. 특히 시력저하가 가장 크게 발생한 CCW-CCW 유형의 상대시력은 완전교정( $p=0.001$ ) 상태, CW-CW( $p=0.046$ ), CCW-CCW( $p=0.006$ ), CW-CW( $p=0.034$ ) 유형의 교정 축 어긋남이 발생하였을 때와 통계적으로 유의미한 차이가 있었다(Table 2, Fig. 2).

근거리 상대시력은 교정 축 어긋남이 발생하였을 경우 교정 축 어긋남 양이 동일할 때 모두 양안의 교정 축 어긋남 방향이 반대로 발생한 CCW-CW 유형의 시력이 가장 우수하였고 CCW-CCW 유형의 시력저하가 가장 크게 발생하는 공통적인 특징을 확인할 수 있었고, 정도의 차이는 있었지만 원거리 상대시력의 결과와도 유사한 경향을 갖는 것을 알 수 있었다.

**2. 난시 교정 축 어긋남 유형이 입체시에 미치는 영향**

근거리 정적 입체시의 경우 완전교정 상태에서는  $26.38\pm 11.37''$ 이었고 교정 축 어긋남 양이 1°일 때 근거리 정적 입체시의 평균값은  $30.69\pm 13.69''$ 이었다. CCW-CW

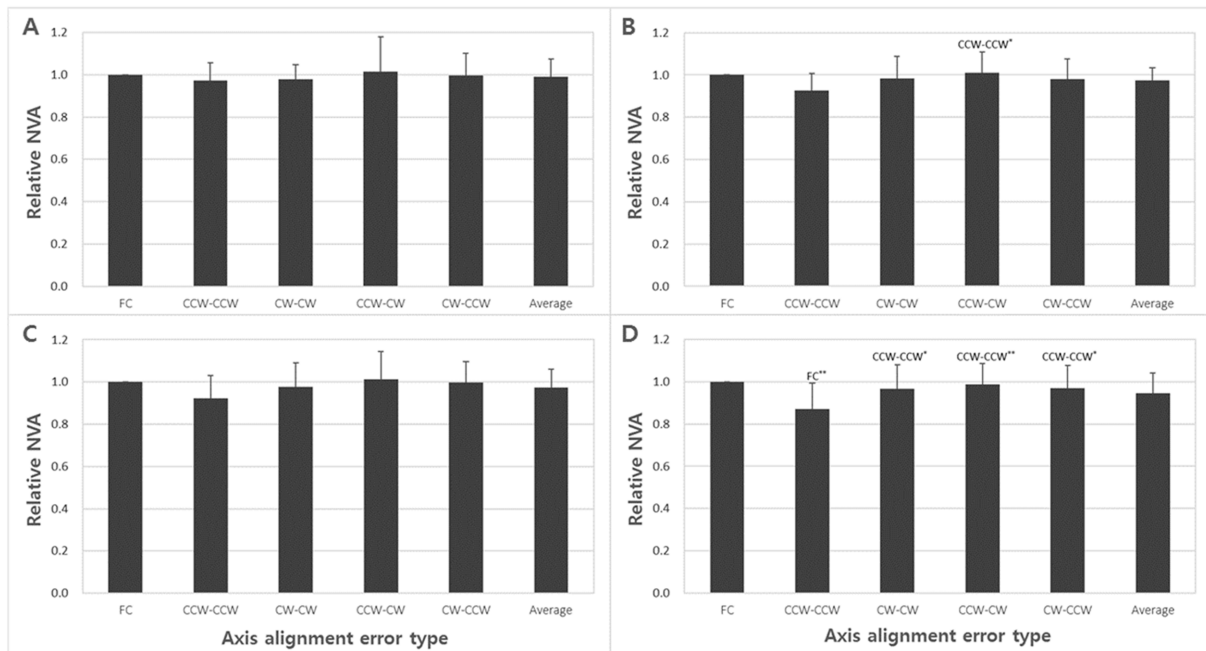


Fig. 2. Comparison of relative near visual acuity depending on the axis alignment error type. A. axis alignment error amount 1°, B. axis alignment error amount 3°, C. axis alignment error amount 5°, D. axis alignment error amount 10°  
 NVA: near visual acuity, FC: full correction, CCW: counterclockwise, CW: clockwise  
 \*:  $p<0.05$ , \*\*:  $p<0.01$ , \*\*\*:  $p<0.001$

어긋남이 발생한 경우 30.69±13.69"로 가장 우수하였으며, 다음으로 CW-CCW(33.15±13.69"), CCW-CCW(36.65±20.02") 유형의 입체시가 우수하였고, CW-CW(37.69±31.59") 유형의 교정 축 어긋남이 유발되었을 때의 입체시 저하가 가장 크게 나타났지만 통계적으로 유의미한 차이는 없었다( $p>0.05$ ).

교정 축 어긋남 양이 3°일 경우의 평균 근거리 정적 입체시는 40.28±20.08"로 교정 축이 1° 어긋났을 때 보다 약 9.59" 저하하였다. 교정 축 어긋남이 1° 발생하였을 때와 동일하게 CCW-CW 유형의 어긋남이 발생한 경우의 입체시가 35.38±15.51"로 가장 우수하였다. 다음으로 CW-CCW(37.40±14.12"), CW-CW(43.13±38.23") 순으로 우수하였으며, CCW-CCW(45.21±31.00") 유형의 어긋남이 발생하였을 때 입체시 저하가 가장 크게 나타났지만 통계적으로 유의미한 차이는 없었다( $p>0.05$ ).

교정 축 어긋남 양이 5°일 경우 평균 근거리 정적 입체시는 43.16±20.27"로 교정 축 어긋남이 1°, 3° 발생하였을 때 보다 저하하였다. 교정 축이 1°, 3°의 어긋남이 발생하였을 때와 마찬가지로 CCW-CW 유형의 어긋남이 발생하였을 때 입체시가 34.33±16.04"로 가장 우수하였다. 다음으로 CW-CCW(39.46±19.68"), CCW-CCW(45.67±20.14") 유형의 어긋남이 발생하였을 때 순으로 우수하였고, CW-CW 유형의 어긋남이 발생하였을 때의 입체시가 53.17±

39.33"로 가장 저하가 크게 발생하였으며, CW-CW 유형의 어긋남이 발생하였을 때와 완전교정 상태의 근거리 정적 입체시는 통계적으로 유의미한 차이가 있었다( $p=0.008$ ).

교정 축 어긋남이 10° 발생한 경우의 평균 근거리 정적 입체시는 50.03±24.38"로 교정 축 어긋남이 1°, 3°, 5° 발생하였을 때 보다 저하하였다. CW-CCW 유형의 어긋남이 발생한 경우의 입체시가 41.67±19.86"로 가장 우수하였으며 다음으로 CCW-CW(41.96±23.24"), CW-CW(55.05±38.03") 유형의 어긋남이 발생하였을 때 순으로 우수하였고, CCW-CCW 유형의 어긋남이 발생하였을 때 61.00±39.10"로 입체시 저하가 가장 크게 발생하였으며, CCW-CCW 유형의 어긋남이 발생하였을 때와 완전교정 상태의 근거리 정적 입체시는 통계적으로 유의미한 차이가 있었다( $p=0.003$ )(Table 2, Fig. 3).

근거리 정적 입체시의 경우 교정 축 어긋남이 발생한 양에 따른 차이는 있었지만, 양안의 교정 축 어긋남이 서로 다른 반대 방향으로 발생하는 CCW-CW, CW-CCW 유형의 경우가 양안의 교정 축 어긋남이 동일한 방향으로 발생한 CCW-CCW, CW-CW 유형의 경우보다 상대적으로 입체시가 우수하여 난시 교정 축 어긋남 유형이 원근거리 상대시력에 미치는 영향의 결과와도 유사한 경향을 보였다.

본 연구의 결과 원거리 시력의 경우 교정 축 어긋남이

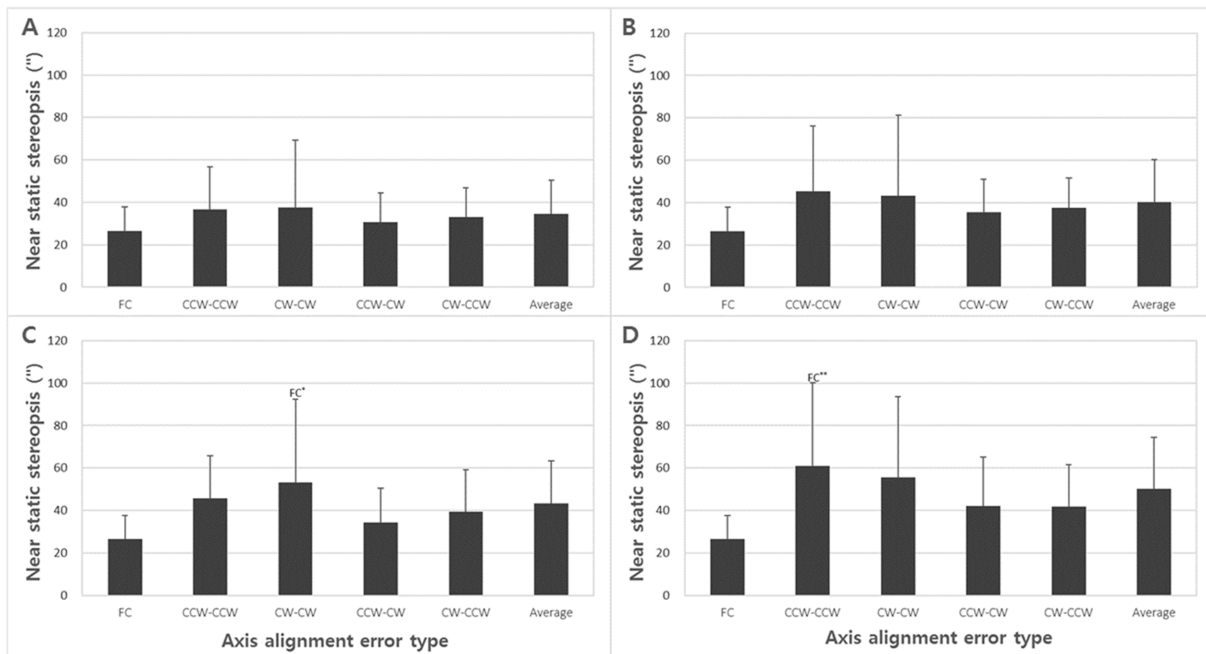


Fig. 3. Comparison of near static stereopsis depending on the axis alignment error type. A. axis alignment error amount 1°, B. axis alignment error amount 3°, C. axis alignment error amount 5°, D. axis alignment error amount 10°  
 FC: full correction, CCW: counterclockwise, CW: clockwise.  
 \*:  $p<0.05$ , \*\*:  $p<0.01$ , \*\*\*:  $p<0.001$

5° 발생한 경우를 제외하고는 CW-CCW 유형의 어긋남이 발생한 경우가 완전교정 상태에 비해 시력저하가 가장 적었다. 근거리 시력은 CCW-CW 유형의 시력이 가장 우수하였으며, CCW-CCW의 어긋남이 발생하였을 때 완전교정 상태에 비해 시력저하가 가장 크게 발생하였다. 근거리 정적 입체시는 10°의 난시 교정 축 어긋남이 발생한 경우를 제외하고는 근거리 상대시력과 마찬가지로 CCW-CW 유형의 교정 축 어긋남이 발생하였을 때가 가장 저하가 적었으며, 상대적으로 교정 축 어긋남이 양안에 반대방향(CCW-CW, CW-CCW)으로 발생한 경우의 입체시가 저하가 적었고, 동일한 방향(CCW-CCW, CW-CW)으로 교정 축 어긋남이 발생한 경우의 저하가 크게 발생하는 결과를 확인 할 수 있었으며, 교정 축 어긋남 방향에 따른 시기능의 변화는 시력보다 입체시에서 더욱 규칙적인 경향을 보였다.

난시안의 교정 축 어긋남에 관하여 실시한 선행연구 중 Kim 등의<sup>[10]</sup> 연구에서는 난시 교정 축 어긋남을 의미하는 난시 교정 축이 5°, 10°, 15°의 이탈을 유발한 상태에서 시력을 측정하여 비교하였다. 그 결과 완전교정 상태에서는 시력이 1.05이었고, 교정 축이 5° 어긋남이 발생했을 때 0.94, 10° 어긋남이 발생했을 때 0.87로 측정되어 본 연구에 적용한 상대시력으로 환산한다면, 5°의 어긋남이 발생한 경우 0.90, 10°의 어긋남이 발생하였을 때 0.83이라고 할 수 있다. Han 등의<sup>[11]</sup> 선행연구에서는 난시 교정 축 어긋남을 5°에서 30°까지 5° 단위로 유발시킨 상태에서 시력을 측정하였고 그 결과 완전교정 상태에서 1.23이었던 시력이 난시 교정 축 어긋남이 본 연구와 동일한 교정 축 어긋남 양인 5° 발생한 경우 1.22, 10°의 교정 축 어긋남이 유발된 경우 1.17로 약간 저하하였다. 이를 본 연구에 적용한 완전교정시력을 기준으로 한 상대시력으로 환산해보면, 교정 축 어긋남이 5° 발생한 경우의 상대시력은 약 0.99이고 10°의 경우 0.95임을 알 수 있다. 선행연구들과 본 연구의 동일한 양의 교정 축 어긋남이 발생하였을 때의 상대시력 평균값을 의미하는 average의 결과가 교정 축 어긋남이 5° 발생한 경우와 10° 발생한 경우 모두 0.90의 값을 가져 본 연구의 교정 축 어긋남 발생에 따른 시력저하가 Kim 등의<sup>[10]</sup> 연구 결과와 비교하였을 때 교정 축 어긋남이 5° 발생하였을 때는 비슷하였으나, 10°의 교정 축 어긋남이 발생하였을 때는 Kim 등의 연구 대상자들의 시력저하가 더욱 크게 발생하였다. 그리고 Han 등의<sup>[11]</sup> 연구 결과보다는 본 연구에서 시력저하가 더욱 크게 발생하였다고 할 수 있다. 선행연구들과 본 연구 모두 대상자들 난시의 범위는 모두 C-0.25 D-C-3.00 D로 동일하지만, 연구 결과에 차이가 있는 이유는 Han 등의<sup>[11]</sup> 연구에서는 단안에만 교정 축 어긋남을 유발하고 다른 눈은 완전교정 상태에서 시력을 측정하였지만 본 연구에서는 양안에 모

두 교정 축 어긋남을 유발한 상태에서 시력을 측정하였기 때문에 연구 방법에 의한 차이가 가장 클 것으로 생각한다. 그리고 선행연구들과 본 연구의 난시안의 난시도 분포와 난시안 교정 축과 관련 있는 난시의 종류(직난시, 도난시, 사난시)도 영향을 미쳤으리라 생각하지만, 선행연구에 이에 관한 정보가 부족하여 직접적인 비교가 어려워 추가적인 확인이 필요할 것으로 생각한다. 대상자의 난시도와 난시의 종류 즉 교정 축이 다르다면 완전교정을 한 상태에서 동일한 양의 교정 축 어긋남을 유발하더라도 서로 다른 잔여난시를 포함한 잔여굴절이상을 유발하게 되기 때문에 이러한 부분이 영향을 미쳐 발생한 차이로 생각되지만 이에 관한 정보가 부족하여 추가적인 확인이 필요할 것으로 생각한다. 그리고 본 연구의 결과를 참고하면 유발된 교정 축 어긋남 방향도 영향을 미치는 것으로 생각할 수 있지만, 본 연구의 경우 다양한 방향 조합의 교정 축 어긋남을 유발한 상태에서 검사를 실시하였으나 선행연구에서는 교정 축 오차 유발 방향에 관한 설명을 확인 할 수 없어 이와 관련한 확인도 추가적으로 필요할 것으로 생각한다.

입체시의 경우 Han 등의<sup>[11]</sup> 연구에서 Bernell-o-scope로 측정한 원거리 정적 입체시는 완전교정 상태에서 79.38±4.99", 교정 축 어긋남이 5° 발생한 경우 80.77±6.76", 10°의 교정 축 어긋남이 유발된 경우 82.15±7.89"로 측정되었고, TNO Stereo Test로 측정한 근거리 정적 입체시는 완전교정 상태에서 38.75±21.25", 교정 축 어긋남이 5° 발생한 경우 45.00±21.83", 10°의 교정 축 어긋남이 유발된 경우 50.94±32.00"라고 보고하여 원-근거리 정적 입체시 모두 교정 축 어긋남이 발생함에 따라 입체시가 저하한다고 하였다. 본 연구에서도 근거리 정적입체시는 완전교정 상태에서는 26.38±11.37"로 측정되었지만, 교정 축 어긋남이 발생한 경우의 입체시 평균값을 의미하는 average의 결과가 교정 축 어긋남이 5° 발생한 경우 43.16±20.27", 10°의 교정 축 어긋남이 발생한 경우 50.03±24.38"로 측정되어 선행연구와 마찬가지로 교정 축 어긋남이 발생하면 입체시가 저하하였고, 교정 축 어긋남 양이 증가할 때 입체시가 저하가 크게 발생하는 공통된 경향을 보였으며, 선행연구와 본 연구의 교정 축 어긋남 양이 동일할 때 측정된 입체시의 결과도 거의 유사한 값을 가졌다. 다만, 완전교정 상태에서의 입체시 값이 선행연구의 경우 38.75±21.25"이었으나, 본 연구에서는 26.38±11.37"로 약 12.37"의 차이를 보였는데 이는 선행연구와 본 연구의 근거리 정적 입체시 측정 장비 차이에 의한 것으로 생각된다. 입체시 역시 앞서 시력에서 설명한 바와 마찬가지로 다양한 변수를 고려한 연구가 실시된다면, 난시안 이해에 더욱 많은 도움이 될 것으로 생각한다.

본 연구는 선행연구에서는 난시안의 미교정과 관련된



연구에서 거의 고려하지 않았던 난시 교정 축 어긋남 방향이 시기능에 미치는 영향을 알아보았다는 점에 의의가 있다. 하지만 피검자의 난시량과 교정 축 등의 변수가 통제 되지 않아 본 연구 결과만으로 난시 축 어긋남 발생 방향이 시기능에 미치는 영향을 명확하게 설명하기에는 한계가 있었다. 예를 들어 동일한 난시량을 가지고 있더라도 교정 축이 Ax 180°인 사람과 Ax 90°인 사람에게 난시 교정 축 어긋남이 동일한 방향으로 동일한 양만큼 발생하거나, 동일한 난시 교정 축을 가지고 있을 지라도 C-0.50 D의 난시를 가진 사람과 C-2.00 D의 난시를 갖는 사람에게 동일한 방향, 동일한 양의 난시 교정 축 어긋남이 발생하더라도 발생한 잔여난시를 포함한 잔여굴절이상만 다르지만 선행연구들과 본 연구에서 이러한 점을 보완하지 못하고 연구가 실시되었기 때문에 이에 관하여 명확하게 설명할 수 없다는 아쉬움이 있다. 그러므로 선행연구와 본 연구에서 실시한 난시안을 완전교정 상태에서 난시 교정 축 어긋남만을 유발한 상태가 아니라 다양한 변수를 통제하여 대상자들에게 동일한 양의 잔여난시 및 잔여굴절 이상이 발생한 상태에서의 시기능을 측정하고 이를 분석하는 연구를 추가적으로 실시한다면, 난시안의 난시 교정 축 어긋남 발생으로 인한 미교정 상태가 시기능에 미치는 영향을 정량적인 수치를 바탕으로 객관적으로 이해할 수 있으리라 생각하므로 이에 관한 다양한 추가 연구가 실시되어야 할 필요가 있다고 생각한다. 이를 위하여 이러한 변수를 제한하거나 통제할 수 있는 방법들을 고안하고 적용하여 난시안의 교정 축 어긋남 방향이 시기능에 미치는 영향에 관하여 알아본다면, 난시안의 교정 축 어긋남 방향과 시기능의 관계를 더욱 명료하게 이해할 수 있을 것으로 생각한다. 그리고 본 연구에서는 원근거리의 양안시력과 근거리 정적 입체시를 측정하여 분석하였기 때문에 단안의 교정 축 어긋남이 단안 시기능과 양안 시기능에 미치는 영향을 알아보지 못하였다. 또한 난시안의 교정 축 어긋남 발생으로 인한 시기능 변화만을 살펴보았기 때문에 난시안의 난시량 미교정과 교정 축 어긋남 발생이 복합적으로 발생하여 난시안이 완전교정 되지 않았을 때 시기능에 미치는 영향에 관하여 알아보지 못하였다는 점에 아쉬움이 남아있다. 앞서 이야기 한 바와 마찬가지로 추후에는 난시안의 특성을 고려해 난시안의 미교정이 발생할 수 있는 다양한 변수를 제어하거나 통제된 상태에서 다양한 유형으로 난시안이 완전교정 되지 않았을 때의 시기능에 미치는 영향에 관한 연구를 실시한다면 난시안의 미교정과 시기능의 관계를 더욱 분명하게 이해할 수 있을 것이다. 이와 관련한 연구가 지속되어 다양한 연구결과가 누적된다면 난시안의 교정 기준이나 난시 교정용 안경 조제가공시 난시 축 어긋남의 방향을 고려한 허용오차의 기준 등

의 결정에도 유용할 가이드라인을 제시할 수 있으리라 기대되므로 앞으로도 난시안의 교정상태와 미교정이 시기능에 미치는 영향에 관한 연구가 지속적으로 다양하게 실시되어야 할 필요가 있다고 생각한다.

## 결 론

난시안의 교정 축 어긋남을 유발한 후 시력과 입체시를 측정해 비교한 결과 원근거리의 시력과 근거리 정적 입체시가 모두 저하하는 경향을 보였으며, 동일한 양의 교정 축 어긋남이 발생하더라도 양안의 교정 축 어긋남 방향의 조합을 의미하는 교정 축 어긋남 유형별로 시력과 입체시 저하 정도에는 차이가 있었다. 본 연구 결과 상대적으로 양안의 교정 축 어긋남이 반대 방향으로 발생한 CCW-CW, CW-CCW 유형에서 시력과 입체시 저하가 적었으며, 양안의 교정 축 어긋남이 동일한 방향으로 발생한 CCW-CCW, CW-CW 유형에서 시력과 입체시 저하가 크게 발생하는 경향을 확인 할 수 있었다. 이러한 결과로 교정 축 어긋남 발생 양이 동일하더라도 양안의 교정 축 어긋남의 유형에 따라서도 시력과 입체시 저하의 정도에 차이가 있을 수 있으므로 완전교정이 불가능한 상황이라면, 안경 처방 및 조제 가공시 교정 축 어긋남이 발생하는 방향을 고려하여야 할 필요가 있을 것으로 생각한다.

## REFERENCES

- [1] Sung PJ. Optometry, 9th Ed. Seoul: Hyunmoon publishing Co., 2018;77-102, 260-269, 363-368.
- [2] Jeong HR, Jung SA, Kim HJ. A study of the correlation of static stereoacuity according to the astigmatism power and the degree of uncorrected astigmatism. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2018;23(1):19-24. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2018.23.1.19>
- [3] Oh JY. Effects of uncorrected astigmatism less than 1.00 diopter on visual function. MPH Thesis. Konyang University, Daejeon. 2017;8-22.
- [4] Kim JH, Kim IS. A study on the relationship between the disc of least confusion and corrected vision of astigmatism. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2008;13(2):51-57.
- [5] Hasegawa Y, Hiraoka T, Nakano S, et al. Effects of astigmatic defocus on binocular contrast sensitivity. PLoS ONE. 2018;13(8):e0202340. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202340>
- [6] 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>
- [7] Lee MA, Kim HJ, Kim JM. Contrast sensitivity and glare with spherical and toric soft contact lenses in low-astig-



- matic eyes. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2009;14(1):39-45.
- [8] Jeong HR, Jung SA, Kim HJ. Effect of undercorrected astigmatism on visual acuity according to essential astigmatism power. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2018;23(4):415-422. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2018.23.4.415>
- [9] Jeong HR, Jung SA, Lee JL, et al. The effect of astigmatic blur on contrast sensitivity among groups of natural astigmatism power. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2021;26(1): 53-64. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2021.26.1.53>
- [10] Kim JH, Kang SA. A study on the relationship between the off-axis cylinder and corrected vision of astigmatism. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2007;12(3):83-87.
- [11] Han SH, Kim BH, Kang HW, et al. Study of visual function changes according to the induced astigmatic axis error. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2020;25(3):283-289. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2020.25.3.283>
- [12] Choi JG, Kim BY, Lee EH. Effect of visual acuity for change of astigmatism axis in myopic astigmatism. J Digit Converg. 2015;13(12):285-290. DOI: <https://doi.org/10.14400/JDC.2015.13.12.285>
- [13] Kim HS, Kim HM, Seong GJ, et al. Ophthalmology, 10th Ed. Seoul: Ilchokak, 2014;62-457.
- [14] Kim HJ. Evaluation of visual quality according to myopic correction methods. PhD Thesis. Eulji University, Seongnam. 2017;33-40.
- [15] Sung PJ. Optometric dispensing, 3th Ed. Seoul: Daihak-seolim, 2012;386.
- [16] Jin YH, Moon NJ, Sung PJ. Refraction examination and prescription, 3th Ed. Seoul: Naewahaksool, 2009;107-108.
- [17] Joo SH, Sim HS. A study for the change of astigmatism axis when the fixation point moved far distance to near distance. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2007;12(2):47-59.
- [18] Scheiman M, Wick B. Clinical management of binocular vision, 2nd Ed. New York: Lippincott Williams & Wilkins, 2002;17-18.

## 난시 교정 축 어긋남 방향이 원·근거리 시력과 근거리 정적 입체시에 미치는 영향

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

<sup>1</sup>성모진안과, 안경사, 서울 06626

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

<sup>3</sup>건양대학교 안경광학과, 교수, 대전 35365

투고일(2023년 6월 8일), 수정일(2023년 6월 21일), 게재확정일(2023년 9월 16일)

목적: 동일한 양의 난시 교정 축 어긋남이 발생하였을 때, 난시 교정 축 어긋남 방향이 원·근거리 시력과 근거리 정적 입체시에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. **방법:** 성인 남녀 24명(22.16±1.95세)의 난시안을 대상자로 선정하고, 이들을 완전교정 시킨 후에 원거리와 근거리의 시력, 근거리 정적 입체시를 측정하였다. 그리고 본 연구는 동일한 양의 난시 교정 축 어긋남이 발생하였을 때 난시 교정 축 어긋남 방향이 시기능에 미치는 영향을 알아보기 위하여 양안의 난시 교정 축 어긋남의 방향을 의미하는 어긋남 유형을 CCW-CCW, CW-CW, CCW-CW, CW-CCW로 설정하고, 어긋남 양을 1, 3, 5, 10°로 하여 난시안 교정 축의 어긋남 유형과 양의 조합 조건에서 원거리와 근거리의 상대시력과 근거리 정적 입체시를 측정한 후 비교하였다. **결과:** 난시 교정 축 어긋남이 발생하면 원·근거리의 시력과 입체시가 모두 저하하는 경향을 보였으며, 교정 축 어긋남 양이 동일하더라도 교정 축 어긋남이 발생한 유형/방향에 따라 시력과 입체시 저하 정도는 차이가 있었다. 상대적으로 양안의 교정 축 어긋남이 반대 방향으로 발생한 CCW-CW, CW-CCW 유형의 시력과 입체시 저하가 적었다. 그러나 양안의 교정 축 어긋남이 동일한 방향으로 발생한 CCW-CCW, CW-CW 유형의 시력과 입체시 저하가 크게 발생하는 경향을 보였다. **결론:** 교정 축 어긋남 양이 동일하더라도 교정 축 어긋남의 방향에 따라 시력과 입체시 저하의 정도에 차이가 있을 수 있으므로 안경 처방과 조제가공 시 이를 고려하여 유의하여야 할 것으로 생각한다.

**주제어:** 난시, 난시 교정 축, 교정 축 어긋남, 교정 축 어긋남 방향, 난시 미교정