

Study of Visual Function Changes According to the Induced Astigmatic Axis Error

Sun-Hee Han^{1,a}, Bong-Hwan Kim^{1,b}, Hyo-Won Kang^{2,c}, Ran Kim^{2,d}, Ji-Sun Byeon^{2,e}, So-Hyeon Bae^{2,f},
Seong-Yeong Jang^{2,g}, and Hyeong-Su Kim^{1,h,*}

¹Dept. of Optometry, Choonhae College of Health Sciences, Professor, Ulsan 44965, Korea

²Dept. of Optometry, Choonhae College of Health Sciences, Student, Ulsan 44965, Korea

(Received August 17, 2020; Revised September 6, 2020; Accepted September 17, 2020)

Purpose: In this study, we investigated visual function changes according to the effect of the axis error of astigmatism occurring during refraction or optical dispensing. **Methods:** In 32 young adults (21.76±2.84 years) with astigmatism ranging from -0.25 D to -3.00 D, after complete correction with subjective refraction, the axis of the cylinder lens was artificially rotated from 5° to 30° in the right eye in random order. The maximum corrected visual acuity, maximum control power, ease of control, fusion time, and distant and near stereoscopic visions were evaluated. **Results:** As the astigmatic axis changed, all visual functions declined, and in particular, statistically significant differences were seen in an astigmatic axis change of 10°-15° or more. **Conclusions:** In correcting the astigmatism axis, if an error of more than 10° occurs, it may decrease the visual function; therefore, accurate astigmatism axis correction is required.

Key words: Astigmatic axis, Accommodative amplitude, Accommodative facility, Fusional time, Stereoacuity

서 론

난시는 눈의 굴절 매체들의 각 경선 별 곡률 반경의 차이로 인해 눈으로 입사하는 평행광선이 망막 중심외에 초점이 아닌 여러 개의 초선 및 최소착란원의 형태로 결상되는 굴절상태를 말한다.^[1] 이 최소착란원의 크기는 시력에 영향을 주고, 최소착란원의 크기가 클수록 시력은 좋지 않으며, 난시 교정 정도가 부정확 할수록 최소착란원의 크기는 증가한다.^[2,3] 난시가 제대로 교정되지 않으면 시각적 효율성은 감소하게 되고 성장기에 있는 어린이의 경우 시각 발달에 큰 영향을 주게 된다.^[4-6] 또한, 자연적으로 발생한 난시 이외에도 굴절검사 시 측정 오류로 인해 새로운 잔류난시가 발생하는 경우가 있는데 이 경우에도 다양한 시각적 문제를 유발할 수 있다.^[7] 즉, 굴절검사를 통해 난시안을 교정하는 과정에서 교정 원주렌즈의 굴절력이나 그 축 방향이 부정확해지면 최소착란원의 크기는 증가한다.^[8] 임상적으로 난시를 교정할 때 경선배율에 의한 어지러움을 감소시키기 위해 난시를 저교정하는 경우가 많으며, 선행연구에 따르면 난시도가 1.00 D 이하인 약도 난시안은 대체적으로 난시를 저교정하거나 등가구면 굴절력을

이용해 교정하는 비율이 높았으며, -1.00 D를 초과하는 경우에도 난시를 완전교정하는 경우보다 저교정하는 비율이 높았다.^[9] 난시의 교정 축이 잘못된 안경을 착용하게 되면 시력 감소, 복시, 안정피로와 같은 불편함이 발생할 가능성이 높기 때문에 원주 굴절력과 그 축방향을 정확하게 교정하는 것이 중요할 것이다.

따라서, 본 연구에서는 난시를 가지고 있는 성인을 대상으로 굴절검사 과정이나 조제가공 시 발생하는 난시의 축방향 오차가 시기능에 미치는 영향에 대해 알아보았다.

대상 및 방법

본 연구에서는 시기능에 영향을 줄 수 있는 전신질환, 정신질환 안질환 및 안과 수술 경력이 없고, 근·원거리 최대교정시력이 1.0 이상이며 모건(Morgan)의 기준값에 의해 사위와 융합력이 정상 범위에 속하는 양안시 기능에 이상이 없는 대상자를 선정하여 실험을 진행하였다. 연구에 참여한 대상자에게 실험 목적과 검사 방법에 대하여 구두와 서면으로 충분히 설명한 후 동의를 얻고 검사를 진행하였다.

*Corresponding author: Hyeong-Su Kim, TEL: +82-52-270-0331, E-mail: khs@ch.ac.kr

Authors ORCID: ^a<https://orcid.org/0000-0001-6551-7666>, ^b<https://orcid.org/0000-0003-1679-5226>, ^c<https://orcid.org/0000-0003-1268-8036>, ^d<https://orcid.org/0000-0002-3071-5547>,

^e<https://orcid.org/0000-0001-8396-3416>, ^f<https://orcid.org/0000-0002-0838-2221>, ^g<https://orcid.org/0000-0002-3295-6002>, ^h<https://orcid.org/0000-0001-5696-6806>

본 논문의 일부내용은 2019년도 한국인광학회 동계학술대회에서 포스터로 발표되었음

구면굴절력의 크기가 ± 3.00 D 이하이며, 난시량(원주굴절력) 범위가 -0.25 D~ 3.00 D인 성인 32명(21.76 \pm 2.84세)을 대상으로 하였다. 포롭터(HDF-9000, Huvitz, Korea)의 크로스실린더로 난시를 교정한 후 프리즘 분리법으로 양안조절균형검사를 실시하여 완전교정 굴절값을 평가한 후 오른쪽 눈에 인위적으로 실린더렌즈의 축을 5°~30° 무작위적 순서로 변화를 주면서 (1) 단안 최대교정시력(best corrected visual acuity, BCVA), (2) 단안 최대조절력(accommodative amplitude, AA), (3) 단안 조절용이성(accommodative facilities, AF), (4) 융합시간(fusional time), (5) 원거리 및 근거리 입체시(stereoacuity)를 각각 평가하였다. 실린더렌즈의 축방향에 변화를 주기 전에 완전교정 굴절력을 시험테에 장입하여 대상자에게 착용시킨 후 30분 동안 충분히 적응시킨 후 본 실험을 진행하였다. 이 때 두 눈의 실린더렌즈 굴절력 변화로 인한 합성굴절력 영향, 이항운동 등의 복합적인 유발요인을 최소화시키기 위하여 한 눈에만 실린더렌즈의 축을 변화를 유발시켰다.

조절용이성검사는 주어진 시간 내에 조절 자극에 따른 반응을 하는 능력을 측정하는 방식으로 40 cm의 검사거리에서 ± 2.00 D의 플리퍼를 사용하여 평가하였다. 최대조절력은 포롭터를 사용한 (-)렌즈부가법을 통해 3회 측정하고 그 평균값을 사용하였다.

원거리 정적 입체시 검사를 위해 Bernell-O-Scope(Bernell, USA)에 포함된 입체시 검사 시표를 사용하였다. 이 시표는 융합이 완전한 상태에서만 입체감을 느낄 수 있도록 고안되었다(Fig. 1).^[10] 대상자에게 Bernell-O-Scope에 이마를 부착하고 시표를 주시한 상태에서 튀어 올라 보이는 시표의 위치를 대답하도록 지시하고 최대한 입체감을 인식할 수 있는 시표를 기준으로 입체시를 측정하였고, 정확

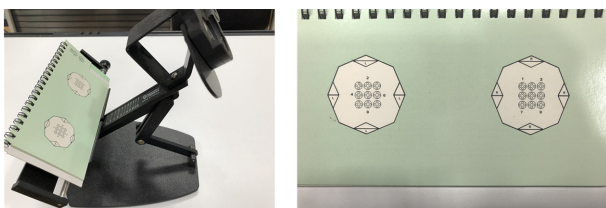


Fig. 1. Bernell-O-Scope (left) and a chart for the stereoacuity test (right).



Fig. 2. TNO Stereo Test at 40 cm distance.

한 융합이 이루어져야만 진행 가능한 검사의 특성을 반영하여 검사에 소요된 시간을 측정하였다. 또한 최초 시표를 정확하게 입체적으로 인식하는데 걸리는 시간을 측정하였으며 입체시 인식 최종 시표를 기준으로 입체시력을 평가하였다.

근거리 입체시력은 시험테의 PD를 근거리 주시거리 PD에 맞추어 설정한 후 원거리 굴절이상을 완전교정한 상태에서 적-녹 필터를 추가로 장입한 후 TNO Stereo Test (Alfred Poll Inc., New York, USA)를 사용하여 평가하였다(Fig. 2). 일반적으로 40 cm에서 검사가 이루어지며, 이 때 15~480초각 사이의 입체시력을 측정할 수 있다.

난시축 오차에 따른 시기능의 변화는 SPSS 통계프로그램(ver 22.0, IBM, USA)을 사용한 반복측정 분산분석(repeated measures ANOVA)을 실시하였으며, $p < 0.05$ 미만인 경우를 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 간주하였다.

결과 및 고찰

1. 난시축 오차에 따른 시력의 변화

난시축 오차에 따른 시력의 변화에 대해서는 Table 1에 정리하였다. 난시축이 정확하게 교정된 상태에서의 시력은 1.23 \pm 0.32였으며, 난시축의 오차가 5°인 경우에는 1.22 \pm 0.33, 10° 1.17 \pm 0.33, 15° 1.09 \pm 0.35, 20° 1.09 \pm 0.37, 25° 0.95 \pm 0.36, 30° 0.86 \pm 0.29로 난시축 오차가 증가할수록 시력은 점차 감소하는 것으로 나타났다($p=0.001$). 10°까지의 난시축 오차에서는 시력의 차이가 통계적으로 유의한 차

Table 1. Changes in visual acuity (monocular) according to astigmatic axis errors (n=32)

Astigmatic axis errors (degrees)	0	5	10	15	20	25	30
BCVA (decimal)	1.23 \pm 0.32	1.22 \pm 0.33	1.17 \pm 0.33	1.09 \pm 0.35	1.09 \pm 0.37	0.95 \pm 0.36	0.86 \pm 0.29
Differences	-	0.01 \pm 0.42	0.06 \pm 0.05	0.14 \pm 0.07*	0.14 \pm 0.08*	0.28 \pm 0.07*	0.38 \pm 0.08*
p-value	-	0.626	0.477	0.038	0.030	0.001	0.000

Notes: Data are expressed as mean \pm SD.

*statistically significant difference to the correct axis (0° error) in the post-hoc analysis ($p \leq 0.05$)

Abbreviations: BCVA, best-corrected visual acuity

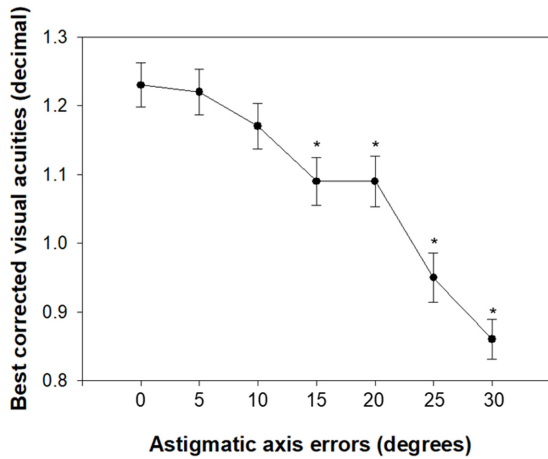


Fig. 3. Changes in best-corrected visual acuities (monocular) according to astigmatic axis errors (n=32).
*significantly different ($p<0.05$) from the non-astigmatic axis errors in repeated-measures ANOVA

이를 보이지 않았지만($p=0.626, p=0.477$), 15° 이상의 난시축 오차부터는 통계적으로 유의한 차이가 나타났다(Fig. 3). 최대교정시력의 측정을 1.0까지만 측정하여 본 연구 결과와 차이가 있을 수 있지만 최 등^[11]의 연구에서도 15° 이상의 난시축 변화가 발생하면 10.7%의 사람에서 시력이 0.9이하로 저하되는 경향이 있다고 보고하고 있다. 또한, Sha 등^[12]의 연구에서도 난시축의 오차가 10° 변화가 발생하면 1.2에서 1.0으로 시력이 저하되며 20° 변화가 발생하면 0.9까지 시력이 저하된다고 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다.

2. 난시축 오차에 따른 최대조절력의 변화

난시축 오차에 따른 최대조절력의 변화에 대해서는 Table 2에 정리하였다. 난시축이 정확하게 교정된 상태에서의 최대조절력은 8.73±1.84 D였으며, 난시축의 오차가 5°인 경우에는 8.48±1.96 D, 10° 8.05±1.87 D, 15° 7.73±1.84 D, 20° 7.32±1.64 D, 25° 6.75±1.37 D, 30° 6.07±1.46 D로 난시축 오차가 증가할수록 점차 감소하는 것으로 나타났다($p=0.003$). 또한 10°까지의 난시축 오차에서는 최대조절력의 차이가 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았지만($p=0.055$), 15° 이상의 난시축 오차부터는 통계적으로

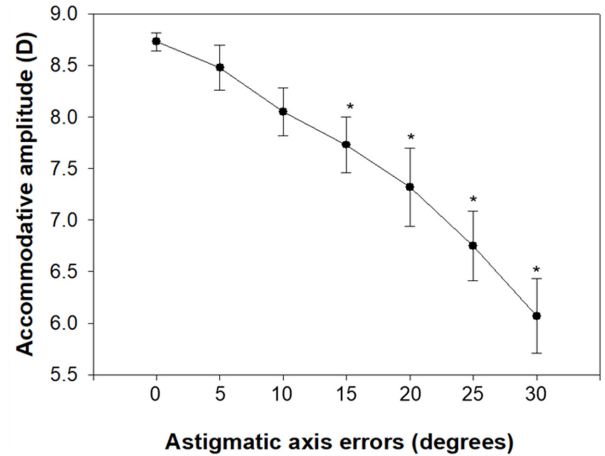


Fig. 4. Changes in the accommodative amplitude (monocular) according to astigmatic axis errors (n=32).
*significantly different ($p<0.05$) from the non-astigmatic axis errors in repeated-measures ANOVA

유의한 차이가 나타난다는 것을 알 수 있었다(Fig. 4). 조절은 망막 흐림의 정도에 따라서 달라지며 흐림이 증가하게 되면 선명한 이미지를 만들기 위해서 조절이 개입되고 이에 따라서 최대조절력은 감소하게 될 것이다.^[13] 흥미롭게도 이러한 최대조절력의 감소폭은 시력의 감소 양상과 유사한 변화를 보였다. 즉, 난시축이 정확하게 교정된 경우와 비교했을 때 시력의 감소가 통계적으로 유의한 차이를 보인 15° 축 오차부터 최대조절력도 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다.

3. 난시축 오차에 따른 조절용이성 결과 비교

난시축 오차에 따른 조절용이성의 변화에 대해서는 Table 3에 정리하였다. 난시축이 정확하게 교정된 상태에서의 조절용이성은 16.50±4.06 cpm이었으며, 난시축의 오차가 5°인 경우에는 15.33±4.41 cpm, 10° 15.03±4.17 cpm, 15° 14.53±3.71 cpm, 20° 13.86±4.93 cpm, 25° 13.00±4.43 cpm, 30° 12.50±4.57 cpm으로 난시축 오차가 증가할수록 점차 감소하는 것으로 나타났다($p=0.003$). 또한 5°까지의 난시축 오차에서는 조절용이성의 차이가 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았지만($p=0.057$), 10° 이상의 난시축 오차부터는 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p=0.004$, Fig. 5).

Table 2. Changes in the accommodative amplitude (monocular) according to astigmatic axis errors (n=32)

Astigmatic axis errors (degrees)	0	5	10	15	20	25	30
AA (D)	8.73±1.84	8.48±1.96	8.05±1.87	7.73±1.84	7.32±1.64	6.75±1.37	6.07±1.46
Differences	-	0.25±0.09	0.68±0.22	1.00±0.23*	1.41±0.27*	1.98±0.38*	2.66±0.34*
p-value	-	0.072	0.055	0.001	0.000	0.000	0.000

Notes: Data are expressed as mean±SD.

*statistically significant difference to the correct axis (0° error) in the post-hoc analysis ($p\leq0.05$).

Abbreviations: AA, accommodative amplitude; D, diopter

Table 3. Changes in accommodative facilities (monocular) according to astigmatic axis errors (n=32)

Astigmatic axis errors (degrees)	0	5	10	15	20	25	30
AF (cpm)	16.50±4.06	15.33±4.41	15.03±4.17	14.53±3.71	13.86±4.93	13.00±4.43	12.50±4.57
Differences	-	1.17±0.31	1.47±0.44*	1.97±0.41*	2.64±0.67*	3.50±0.68*	4.00±0.86*
p-value	-	0.057	0.004	0.000	0.001	0.000	0.000

Notes: Data are expressed as mean±SD.

*statistically significant difference to the correct axis (0° error) in the post-hoc analysis (p≤0.05)

Abbreviations: AF, accommodative facility; cpm, cycles per minute

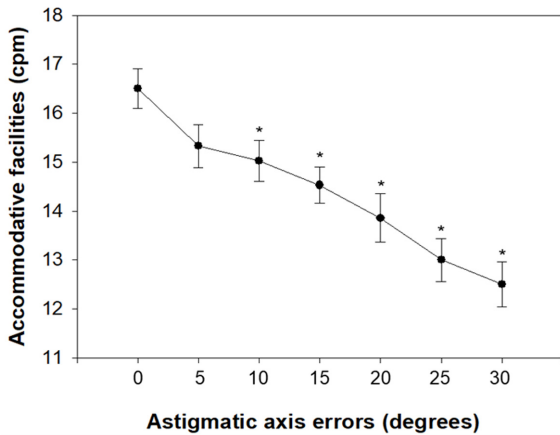


Fig. 5. Changes in accommodative facilities (monocular) according to astigmatic axis errors (n=32).

*significantly different (p<0.05) from the non-astigmatic axis errors in repeated-measures ANOVA

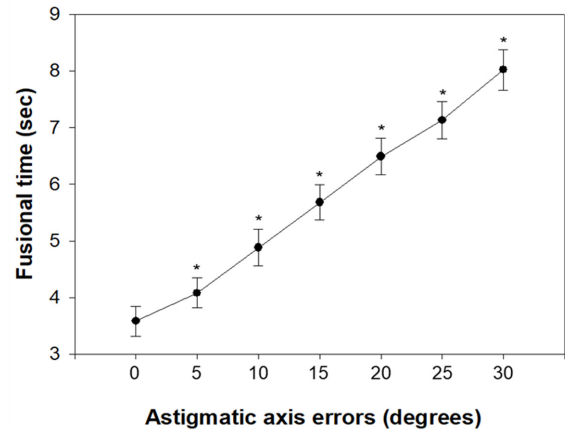


Fig. 6. Changes in fusional time (binocular) according to astigmatic axis errors (n=32).

*significantly different (p<0.05) from the non-astigmatic axis errors in repeated-measures ANOVA

근거리 작업을 장시간 지속하게 되면 조절용이성은 큰 폭으로 감소하게 되며 이로 인한 안정피로를 유발하게 된다.^[14] 또한 단시간에 집중된 근거리 작업을 하게 되면 일시적인 근시를 유발하게 되고 이에 따른 시력저하는 조절용이성을 감소시키게 된다.^[15] 본 연구에서와 같이 인위적으로 원주렌즈의 축방향을 변화시켜 흐림을 유발하게 되면 이로 인해 조절용이성은 감소하게 되는 것이다.

4. 난시축 오차에 따른 정적 입체시 검사 결과 비교

1) Bernell-o-scope 원거리 융합시간

난시축 오차에 따른 융합시간의 변화에 대해서는 Table 4에 정리하였다. 난시축이 정확하게 교정된 상태에서의 융합시간은 3.58±2.63초였으며, 난시축의 오차가 5°인 경우에는 4.08±2.66초, 10° 4.88±3.24초, 15° 5.68±3.14초, 20°

6.49±3.25초, 25° 7.13±3.29초, 30° 8.02±3.59초로 난시축 오차가 증가할수록 점차 증가하는 것으로 나타났다(p=0.000). 또한 5°의 난시축 오차에서도 융합시간은 난시축이 정확하게 교정된 상태와 통계적으로 유의한 차이가 나타났다(p=0.000, Fig. 6).

두 눈이 정확하게 융합을 하기 위해서는 기본적으로 두 눈에 의해 결상되는 이미지의 크기, 모양, 색이 동일해야 한다. 하지만 한 눈의 난시축 오차가 발생하게 되면 두 눈 이미지의 선명도 차이가 발생하게 되고 이로 인해서 융합을 하는데 어려움을 겪게 된다.^[16] 따라서 난시축 오차에 의한 흐림은 융합을 하는데 소요되는 시간을 지체시키며, 본 연구에서도 난시축 오차가 증가하여 흐림의 강도가 심해질수록 융합에 소요되는 시간이 증가하는 경향을 나타냈다.

Table 4. Changes in fusional time according to astigmatic axis errors (n=32)

Astigmatic axis errors (degrees)	0	5	10	15	20	25	30
Fusional Time (sec)	3.58±2.63	4.08±2.66	4.88±3.24	5.68±3.14	6.49±3.25	7.13±3.29	8.02±3.59
Differences	-	0.50±0.10*	1.31±0.30*	2.10±0.34*	2.91±0.39*	3.56±0.45*	4.45±0.54*
p-value	-	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Notes: Data are expressed as mean±SD.

*statistically significant difference to the correct axis (0° error) in the post-hoc analysis (p≤0.05)

Table 5. Changes in distance stereoacuity according to astigmatic axis errors (n=32)

Astigmatic axis errors (degrees)	0	5	10	15	20	25	30
Distance Stereoacuity (sec of arc)	79.38±4.99	80.77±6.76	82.15±7.89	97.38±14.93	108.92±12.45	110.77±12.15	165.69±86.83
Differences	-	1.39±1.39	2.77±1.88	18.00±3.72*	29.54±3.36*	31.39±3.34*	86.31±24.34*
p-value	-	0.337	0.165	0.000	0.000	0.000	0.004

Notes: Data are expressed as mean±SD.

*statistically significant difference to the correct axis (0° error) in the post-hoc analysis (p≤0.05)

2) Bernell-o-scope 원거리 입체시

난시축 오차에 따른 원거리 입체시력에 대해서는 Table 5에 정리하였다. 난시축이 정확하게 교정된 상태에서의 원거리 입체시력은 79.38±4.99초각이었으며, 난시축의 오차가 5°인 경우에는 80.77±6.76초각, 10° 82.15±7.89초각, 15° 97.38±14.93초각, 20° 108.92±12.45초각, 25° 110.77±12.15초각, 30° 165.69±86.83초각으로 난시축 오차가 증가할수록 점차 증가하는 것으로 나타났다(p=0.004). 또한 10°까지의 난시축 오차에서는 원거리 입체시력의 차이가 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았지만(p=0.165), 15° 이상의 난시축 오차부터는 통계적으로 유의한 차이가 나타났다(p=0.000, Fig. 7).

일반적으로 양안 깊이 인식(입체시)은 6세 정도가 되면 거의 완성되며 입체시를 위해서는 굴절이상, 부등시, 부등

상시, 약시 등과 같은 이상 없이 두 눈이 정상적으로 기능해야 한다. Ouguz 등^[17]은 부등시의 크기가 증가하게 되면 입체시력은 감소한다고 보고하였으며, Heravian 등^[18]도 경선 부등시의 정도와 종류에 따라서 입체시는 통계적으로 유의한 감소를 보인다고 보고하였다. 본 연구에서도 난시축이 정확하게 교정된 상태에서의 원거리 입체시력은 79.38±4.99초각으로 나타났으며 난시축의 오차가 증가할수록 원거리 입체시력은 감소하는 경향을 보였으며 특히, 15° 이상의 오차에서는 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다.

3) Random Dot 근거리 입체시 검사

난시축 오차에 따른 근거리 입체시력에 대해서는 Table 6에 정리하였다. 난시축이 정확하게 교정된 상태에서의 근거리 입체시력은 38.75±21.25초각이었으며, 난시축의 오

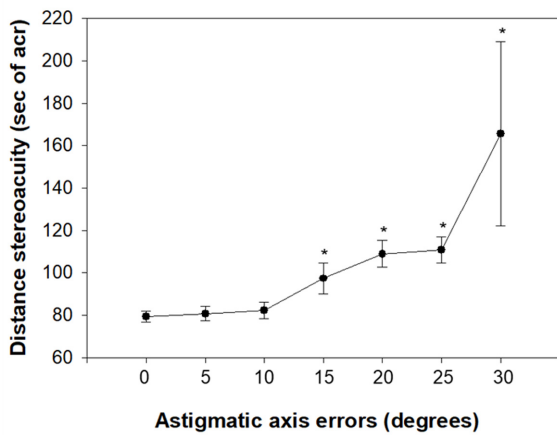


Fig. 7. Changes in distance stereoacuity (binocular) according to astigmatic axis errors (n=32).

*significantly different (p<0.05) from the non-astigmatic axis errors in repeated-measures ANOVA

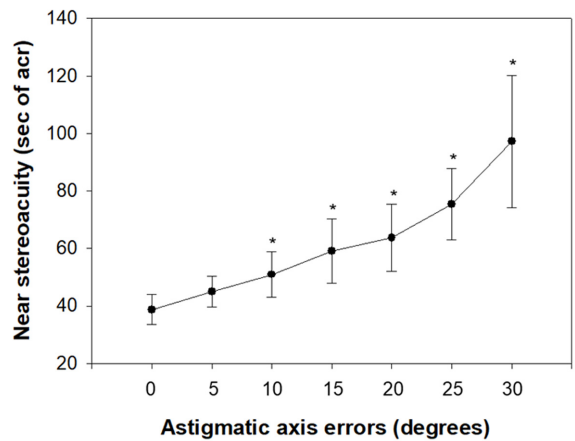


Fig. 8. Changes in near stereoacuity (binocular) according to astigmatic axis errors (n=32).

*significantly different (p<0.05) from the non-astigmatic axis errors in repeated-measures ANOVA

Table 6. Changes in near stereoacuity according to astigmatic axis errors (n=32)

Astigmatic axis errors (degrees)	0	5	10	15	20	25	30
Near Stereoacuity (sec of arc)	38.75±21.25	45.00±21.83	50.94±32.00	59.06±44.88	63.75±46.31	75.31±49.71	97.19±93.59
Differences	-	6.25±2.35	12.19±4.52*	20.31±7.96*	25.00±8.42*	36.56±9.18*	58.44±20.67*
p-value	-	0.087	0.017	0.022	0.010	0.001	0.013

Notes: Data are expressed as mean±SD.

*statistically significant difference to the correct axis (0° error) in the post-hoc analysis (p≤0.05)

차가 5°인 경우에는 45.00±21.83초각, 10° 50.94±32.00초각, 15° 59.06±44.88초각, 20° 63.75±46.31초각, 25° 75.31±49.71초각, 30° 97.19±93.59초각으로 난시축 오차가 증가할수록 점차 증가하는 것으로 나타났다($p=0.011$). 또한 5°까지의 난시축 오차에서는 근거리 입체시력의 차이가 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았지만($p=0.087$), 10° 이상의 난시축 오차부터는 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p=0.022$, Fig. 8).

결론

난시가 있는 성인을 대상으로 굴절검사 과정이나 조제 가공 시 발생하는 난시의 축 방향 오차가 시기능에 미치는 영향에 대해 알아본 결과, 난시축 오차가 증가함에 따라서 시력과 최대조절력, 조절용이성은 점차 감소하는 경향을 보였다. 특히, 시력과 최대조절력은 15° 이상, 조절용이성은 10° 이상의 난시축 오차에서 통계적으로 유의한 차이를 보이는 것으로 나타났다.

반면, 난시축 오차가 증가함에 따라 원거리 융합시간과 원거리 입체시력, 근거리 입체시력은 점차 증가하는 경향을 보였다. 특히, 원거리 융합시간은 5° 이상, 원거리 입체시력은 15° 이상, 근거리 입체시력은 10° 이상의 난시축 오차에서 각각 통계적으로 유의한 차이를 보이는 것으로 나타났다. 융합시간을 제외하고는 10~15° 이상의 난시축 오차가 발생할 경우 다양한 시기능의 저하를 유발할 수 있으며, 특히, 어지러움을 호소하는 안경 착용자에게 난시축을 정축방향(180° 또는 90°)으로 조정해 줄 경우에는 이 범위를 넘지 않는 한도에서 난시축의 변화를 주어야 할 것이다.

난시의 교정 축이 잘못된 안경 착용으로 인해 시력뿐만 아니라 최대조절력, 조절용이성, 융합시간, 입체시력과 같은 다양한 시기능의 저하와 이로 인한 안정피로 등의 불편함이 발생하지 않도록 굴절검사와 안경 처방 시 난시의 축방향을 정확하게 교정하는 것이 무엇보다 중요하다고 사료된다.

감사의 글

이 논문은 2020년도 춘해보건대학교 학술연구비 지원에 의한 것임.

REFERENCES

[1] Ha NR, You JK, Kim JM. Ten-year refractive error and astigmatism changes in Korean subjects. *J Korean Oph-*

thalmic Opt Soc. 2010;15(4):389-397.

- [2] 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.
- [3] Kim SY, Lee MJ, Lee KC, et al. Change of corrective astigmatism values depending on position of circle of least confusion in astigmatic refining test using cross cylinder. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2015;20(3):349-354. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2015.20.3.349>
- [4] Jeong HR, Jung SA, Kim HJ. The effects of uncorrected astigmatism on dynamic stereoacuity. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2017;22(2):143-149. DOI: <http://doi.org/10.14479/jkoos.2017.22.2.143>
- [5] Lee SC, Choi O. A study on the axis of the astigmatism. *J Korean Ophthalmol Soc.* 1982;23(3):613-619.
- [6] Kim JH, Koo BY, Park JH. The practical use of cross-cylinder lens for accurate measurement of astigmatism. *Korean J Vis Sci.* 2016;18(4):597-604. DOI: <https://doi.org/10.17337/JMBI.2016.18.4.597>
- [7] Yoo HM, Choi O. In correction of astigmatism, the effect on visual acuity according to changing lens power. *J Korean Ophthalmol Soc.* 1982;23(2):387-394.
- [8] Lee JY, Kim JD, Kim DH. A study of correlation between spherical refractive error and astigmatism. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2004;9(2):439-446.
- [9] Villegas EA, Alcón E, Artal P. Minimum amount of astigmatism that should be corrected. *J Cataract Refract Surg.* 2014;40(1):13-19. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2013.09.010>
- [10] Lee DY, Jung SA, Kim HJ. Changes in distance static stereopsis with breath alcohol concentration. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2017;22(1):65-70. DOI: <http://doi.org/10.14479/jkoos.2017.22.1.65>
- [11] 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>
- [12] Remón L, Furlan WD. Effect of cylinder power and axis changes on vision in astigmatic participants: a comment[Letter]. *Clin Optom.* 2019;11:63-64. DOI: <https://doi.org/10.2147/OPTO.S212510>
- [13] Read SA, Vincent SJ, Collins MJ. The visual and functional impacts of astigmatism and its clinical management. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2014;34(3):267-294. DOI: <https://doi.org/10.1111/opo.12128>
- [14] Iribarren R, Fornaciari A, Hung GK. Effect of cumulative nearwork on accommodative facility and asthenopia. *Int Ophthalmol.* 2001;24:205-212. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1022521228541>
- [15] Ciuffreda KJ, Ordoñez X. Abnormal transient myopia in symptomatic individuals after sustained nearwork. *Optom Vis Sci.* 1995;72(7):506-510.
- [16] Georgeson MA, Wallis SA. Binocular fusion, suppression and diplopia for blurred edges. *Ophthalmic Physiol Opt.*

2014;34(2):163-185. DOI: <https://doi.org/10.1111/opo.12108>
 [17] Gagal BD, Parekh K. Correlation between stereoacuity and induced astigmatism: a prospective study. Trop J Ophthalmol Otolaryngol. 2019;4(6):365-373. DOI: <https://doi.org/10.17511/jooo.2019.i06.03>

[18] Kulkarni V, Puthran N, Gagal B. Correlation between stereoacuity and experimentally induced graded monocular and binocular astigmatism. J Clin Diagnostic Res. 2016; 10(5):NC14-NC17. DOI: <https://doi.org/10.7860/jcdr/2016/17341.7873>

유발된 난시축 오차에 따른 시기능 변화 연구

한선희¹, 김봉환¹, 강호원², 김란², 변지선², 배소현², 장성영², 김형수^{1,*}

¹춘해보건대 안경광학과, 교수, 울산 44965

²춘해보건대 안경광학과, 학생, 울산 44965

투고일(2020년 8월 17일), 수정일(2020년 9월 6일), 게재확정일(2020년 9월 17일)

목적: 본 연구에서는 난시가 있는 성인을 대상으로 굴절검사 과정이나 조제가공 시 발생하는 난시의 축 방향 오차가 시기능에 미치는 영향에 대해 알아보고자 하였다. **방법:** 난시량 범위가 $-0.25\text{ D} \sim -3.00\text{ D}$ 인 성인 32명 (21.76±2.84세)을 대상으로 자각적굴절검사를 통해 완전교정 시킨 후 오른쪽 눈에 인위적으로 실린더렌즈의 축을 $5^\circ \sim 30^\circ$ 무작위적 순서로 변화를 주면서 최대교정시력, 최대조절력, 조절용이성, 융합시간, 원거리 및 근거리 입체시를 각각 평가하였다. **결과:** 난시축이 변화할수록 모든 시기능의 저하를 나타내었고 특히, $10 \sim 15^\circ$ 이상의 난시축 변화에서 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다. **결론:** 난시축을 교정함에 있어서 10° 이상의 오차가 발생하면 시기능의 저하를 유발할 수 있으므로 정확한 난시축 교정이 요구되며, 난시축을 조정해 줄 경우에도 이 이상의 난시축의 변화를 주는 것에 대해서는 특히 유의해야 할 것으로 사료된다.

주제어: 난시축, 조절력, 조절용이성, 융합시간, 입체시