

A Comparative Study on the Monocular Accommodative Function of the Dominant and Non-Dominant Eyes according to the Amount of Induced Neutral Mixed Astigmatism

Hyung Ryul Jeong^{1,a}, Su A Jung^{2,b}, and Hyun Jung Kim^{3,c,*}

¹Dept. of Optometry, Konyang University, Student, Daejeon 35365, Korea

²Dept. of Optometry, Wonkwang Health Science University, Professor, Iksan 54538, Korea

³Dept. of Optometry, Konyang University, Professor, Daejeon 35365, Korea

(Received September 1, 2025; Revised September 22, 2025; Accepted September 22, 2025)

Purpose: To compare the monocular accommodative function (amplitude of accommodation and accommodative facility) between the dominant and non-dominant eyes according to the amount of induced neutral mixed astigmatism. **Methods:** Sixteen adults (mean age: 21.38±0.99 years) with myopic direct astigmatism participated, and full correction (0.00 D) was performed; neutral mixed astigmatism (0.50 D, 1.00 D) was induced by simultaneously adjusting the spherical and cylindrical powers. Under each condition, the monocular accommodative function of the dominant and non-dominant eyes was measured and compared. **Results:** Increasing amount of induced neutral mixed astigmatism decreased monocular amplitude of accommodation ($p>0.05$) and monocular accommodative facility ($p<0.05$). When the amount of induced neutral mixed astigmatism was the same, monocular accommodative function was relatively lower in the non-dominant eye than in the dominant eye ($p>0.05$). The correlation between the amount of induced neutral mixed astigmatism and monocular accommodative function was a statistically significant negative correlation in the non-dominant eye compared with the dominant eye. **Conclusions:** Even when prescribing neutral mixed astigmatism instead of full correction, monocular accommodative function can be reduced, with a more pronounced effect in the non-dominant eye. Therefore, it is thought that considering this in clinical practice and prescribing full correction achieves the best state for monocular accommodative function.

Keywords: Neutral mixed astigmatism, Dominant eye, Non-dominant eye, Monocular amplitude of accommodation, Monocular accommodative facility

서 론

난시는 안광학계의 경선별 곡률반경이 서로 달라 망막에 초점이 아닌 전초선, 후초선, 혹은 착란원이 맺히는 굴절이상이다. 이러한 난시는 임상에서 흔하게 진단되며^[1] 안경 혹은 투릭소프트콘택트렌즈 등으로 교정되고 있다. 미교정된 난시는 원/근거리 시야 흐림과 두통 등을 유발시킬 수 있고 시기능을 저하시킬 수 있으며, 소아의 경우 시각발달에 영향을 미쳐 경선 약시가 유발될 수 있으므로 난시 교정은 꾸준한 임상적 관리가 중요하다.^[1] 임상 안경사들은 임상경력별로 차이가 있지만, 원용굴절검사서 검출된 난시를 완전교정 시 고객이 불편증상을 호소하지 않으면 최종 처방은 주로 완전교정하는 경향을 보였다.^[2]

이를 통해 임상 안경사들은 난시 완전교정의 중요성을 인지하고 있음을 알 수 있다. 하지만 난시 완전교정 시 경선간 배율 차이가 유발되어 적응의 어려움을 겪을 수 있으므로,^[3] 이를 예방하기 위해 일부 안경사들은 의도적으로 난시를 저교정 혹은 미교정 처방하기도 한다. 또한 불편증상을 완화하고 시력 저하를 최소화하기 위해 구면굴절력과 원주굴절력의 일부를 동시에 조정하여 최소착란원이 망막에 위치하도록 하는 주경선균형상태인 혼합난시로 처방하기도 한다.^[2]

눈의 내부 부속물인 수정체는 근거리에 위치하는 시물을 선명하게 주시하기 위해 자체 탄력성으로 인해 굴절력을 증가시켜 조절을 발생시킨다.^[4] 지속적인 조절 발생은 눈의 내안근 및 외안근에 부담을 주어 안정피로를 누적시킬

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

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

본 논문의 일부 내용은 2025 대한시과학회·한국안광학회 공동학술대회에서 포스터로 발표되었음.

수 있고 조절기능에도 영향을 미칠 수 있다.^[5,6] Gurnani는 난시의 흔한 증상으로 조절 문제를 언급하였으며,^[7] Harvey는 미교정된 난시가 조절의 정확성 및 변동성에 영향을 미칠 수 있다고 하였고,^[8] Han은 원주렌즈의 축 회전량이 증가할수록 단안 최대조절력과 단안 조절용이성이 저하된다고 보고하였다.^[3] 하지만 조절기능에 관한 대부분의 선행연구들은 난시를 완전교정하거나,^[9-13] 완전교정상태에서 구면굴절력을 가입하거나,^[14] 원시를 미교정한 상태에서^[15] 평가하였고, 우세안과 비우세안의 단안 최대조절력 및 단안 조절용이성 비교 연구는 대부분 완전교정 혹은 구면굴절력을 가입한 상태에서 진행되었다.^[9-14] 따라서 임상에서의 난시 처방법 중 하나인 주경선균형상태 혼합난시가 단안 최대조절력과 단안 조절용이성에 영향을 미치는지 알아본 연구는 전무하고, 또한 주경선균형상태 혼합난시 유발 조건에서 우세안과 비우세안 간의 단안 최대조절력 및 단안 조절용이성을 비교 분석한 연구는 부족한 실정이다.

이에 본 연구는 실제 임상에서의 난시 처방 현황을 반영해^[2] 완전교정(0.00 D)하거나 주경선균형상태 혼합난시(0.50 D, 1.00 D)를 유발한 후, 각 조건에서 단안 최대조절력과 단안 조절용이성을 측정함으로써, 유발된 주경선균형상태 혼합난시(이하 유발된 혼합난시)량에 따른 단안 최대조절력과 단안 조절용이성의 변화를 알아보고, 또한 우세안과 비우세안 간 유발된 혼합난시량에 따른 단안 최대조절력 및 단안 조절용이성을 비교하고자 한다.

대상 및 방법

본 연구는 건양대학교 기관생명윤리위원회(IRB; institutional review board)의 승인을 받은 후 실험을 진행하였다(과제번호: KYU 2025-03-008-001).

1. 대상

시기능에 영향을 미칠 수 있는 전신 질환, 안질환 및 안과적 수술 이력, 굴절부등시가 없고,^[16-20] 단안 및 양안 원거리 최대교정시력이 1.0 이상이면서, 양안시기능검사의 결과 값이 모건(Morgan)의 기댓값 이내에 해당하는 성인 16명(평균 연령: 21.35±0.97세)을 피검자로 선정하였다. 본 연구는 유발된 혼합난시량에 따른 단안 조절기능을 비교하는 실험이 포함되어 있으므로, 굴절상태에 따른 결과 값의 편차 발생을 최소화하기 위해^[21] 해당 연령대에서 가장 흔하게 분포하는 근시성 직난시로 피검자를 제한하였다. 최종적으로 모집된 피검자들의 구면굴절력은 -2.78±1.47 D(우세안: -2.92±1.64 D, 비우세안: -2.64±1.43 D)이고, 원주굴절력은 -1.48±0.50 D(우세안: -1.56±0.51 D, 비우세안: -

1.39±0.53 D), 교정 축은 174.22±4.57°(우세안: 175.94±5.07°, 비우세안: 172.50±5.86°)이었다.

2. 방법

2.1. 주경선균형상태 혼합난시 유발 방법

피검자의 원용 완전교정굴절력 값을 확인하기 위해 양안 개방형 자동굴절계(N-Vision K-5001, Shin-Nippon, Japan)와 포롭터(RX Master, Reichert Inc., USA)를 이용하였다. 이때 검출된 원용 완전교정굴절력 값을 기준으로 구면굴절력(spherical; S)과 원주굴절력(cylinder; C)을 동시에 조정하여 양안에 주경선균형상태 혼합난시를 유발하였으며, 완전교정상태에서 1.00 D의 혼합난시를 유발하기 위하여 C-1.00 D를 미교정합과 동시에 S+0.50 D를 추가 가입하였고, 0.50 D의 혼합난시를 유발하기 위하여 C-0.50 D를 미교정합과 동시에 S+0.25 D를 추가 가입하였다. 동일한 검사를 반복함으로써 인해 발생 가능한 학습효과를 최소화하기 위해, 시력저하가 가장 클 것으로 예상되는 1.00 D의 혼합난시부터 시작하여 0.50 D, 0.00 D(완전교정) 순서로 검사를 진행하였다.

2.2. 우세안 판정

원용 완전교정굴절력 값이 장입된 시험렌즈를 착용한 상태에서 Hole in card method를 실시하여 우세안을 확인하였다. 피검자는 정사각형 카드(15×15 cm)를 양손으로 잡은 상태에서 양팔을 정면으로 뻗고, 양안으로 카드 중앙의 원형 구멍(지름: 3 cm)을 통해 전방 3 m에 위치하는 시표를 주시하게 하였으며, 이때 우안과 좌안을 교대로 차폐하였을 때 시표가 보이는 눈을 우세안, 시표가 보이지 않는 눈을 비우세안으로 결정하였다.^[11] 우세안의 정확한 확인을 위해 검사는 3회 진행하였으며, 교대 차폐 시 2회 이상 시표를 주시한 눈을 우세안으로 판정하였다.

2.3. 단안 조절기능 측정 종류

유발된 혼합난시량에 따라 단안 최대조절력과 단안 조절용이성을 각각 측정하였다. 단안 최대조절력 검사는 Push-up method를 실시하였으며, 피검자는 혼합난시가 유발된 시험렌즈를 착용한 상태에서 근거리 주시막대(fixation stick, Bernell, USA)에 기입되어 있는 글자가 선명하게 보이는지 우선 확인하였다. 그리고 근거리 주시막대를 피검자 방향으로 가까이 이동시키는 동안 시표의 흐름이 처음으로 유지될 때 그 지점에서 시험렌즈까지의 거리를 측정하고 그 값을 조절력(D)으로 환산하였다.^[11] 그리고 단안 조절용이성 검사는 Word-Rock card(20/30)와 ±2.00 D 조절플리퍼(Bernell, USA)를 이용하여 실시하였으며, 유발된 혼합난시량에 따른 변화를 보다 정밀하게 측

정하기 위해, 본 연구에서는 +2.00 D와 -2.00 D로 1 cycle을 성공한 후 다시 +2.00 D로 글자를 선명하게 본 상태에서 검사가 종료된 경우 0.50 cycle을 반영해 최종값을 결정하였다. 1분 동안 성공한 cycle 횟수를 확인하고 이를 cpm(cycle per minute) 단위로 기록하였다.^[11] 결과 값의 신뢰성을 높이기 위해, 유발된 혼합난시량에 따라 단안 최대조절력과 단안 조절용이성은 각 3회씩 측정하였고 이를 최종 분석에 활용하였다.

3. 통계처리

모든 조건에서 측정된 데이터는 SPSS 통계프로그램(ver 19, IBM, USA)을 이용하여 비모수 검정을 실시해 분석하였다. 유발된 혼합난시량에 따른 단안 조절용이성 및 단안 최대조절력의 변화와, 우세안과 비우세안 간 비교는 Mann-Whitney U 검정을, 우세안과 비우세안 간 상관성은 Spearman의 상관분석을 실시하여 확인하였고, 신뢰도는 95%를 기준으로 유의확률이 $p < 0.05$ 일 때 통계적으로 유의성이 있다고 판단하였다.

결과 및 고찰

1. 유발된 혼합난시량에 따른 단안 조절기능 변화 비교

모든 피검안(32안)에서, 유발된 혼합난시량에 따른 단안 최대조절력, 단안 조절용이성을 비교하기 위해 그래프의 x축은 유발된 혼합난시량을, Fig. 1에서 y축은 단안 최대조절력을, Fig. 2에서 y축은 단안 조절용이성을 표기하여 상자도표(box plot)로 각각 나타내었다. 일반적으로 상자도표는 평균, 중앙값(median; M), 사분위 범위(interquartile range; IQR), 극단값(outlier) 등의 다양한 데이터를 동시에

나타내어 측정된 데이터의 분포를 명확하게 시각화한다는 장점이 있다. 이 중 중앙값은 측정된 데이터들의 중심경향을 파악할 수 있고, 사분위 범위는 전체 데이터의 중간 50%가 분포하는 범위를 확인할 수 있다는 장점이 있으며, 사분위 범위는 상자의 윗변 값과 아랫변 값의 차이를 통해 알 수 있다. 만약 측정된 데이터에 극단값이 존재할 경우, 평균값은 그 극단값의 영향으로 데이터들의 실제 중심을 정확히 파악할 수 없다는 한계가 있다. 반면 중앙값과 사분위 범위는 극단값에 영향을 상대적으로 덜 받으므로, 데이터의 중심경향 및 분포 범위를 보다 정확하게 확인할 수 있기 때문에 더욱 신뢰할 수 있는 지표가 된다.^[22,23] 따라서 본 연구에서는 유발된 혼합난시량에 따라 측정된 데이터들의 중심경향과 분포 범위를 비교하기 위해, 결과 값을 ‘평균±표준편차’뿐만 아니라 ‘중앙값과 사분위 범위(이하 범위)’도 함께 표기하였다. 이때 범위가 넓을수록 단안 최대조절력과 단안 조절용이성의 변동이 심하다는 것을 의미한다.

우선 유발된 혼합난시량에 따른 단안 최대조절력을 확인한 결과, 완전교정 시 14.18 ± 1.90 D(M: 14.21 D, IQR: 2.13)로 측정되었고, 유발된 혼합난시가 0.50 D일 때는 13.55 ± 1.69 D(M: 14.14 D, IQR: 2.19), 1.00 D일 때는 12.77 ± 1.94 D(M: 12.72 D, IQR: 2.82)로 측정되었다. 이는 유발된 혼합난시량이 증가할수록 단안 최대조절력은 감소되었고, 단안 최대조절력 값은 더 넓은 범위로 측정되었지만 통계적으로 유의한 차이는 없었다(Fig. 1). 다음으로 유발된 혼합난시량에 따른 단안 조절용이성을 확인한 결과, 완전교정 시 12.43 ± 2.19 cpm(M: 11.92 cpm, IQR: 2.96)으로 측정되었고, 유발된 혼합난시량이 0.50 D일 때는 10.59 ± 2.27 cpm(M: 10.29 cpm, IQR: 3.10), 1.00 D일 때는 $8.59 \pm$

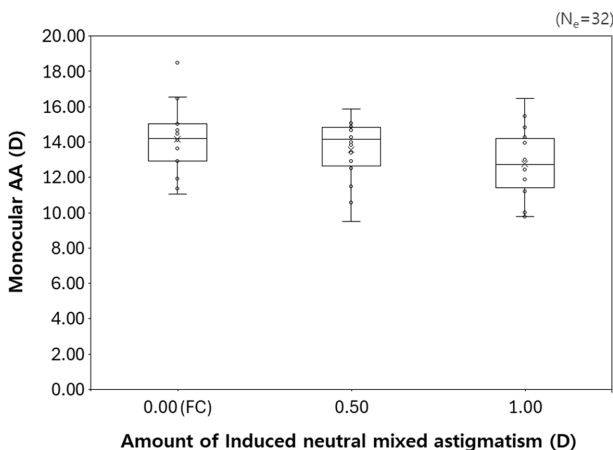


Fig. 1. Box plot showing the change of monocular AA according to the amount of induced neutral mixed astigmatism. AA; amplitude of accommodation, FC; full correction N_e; number of eye

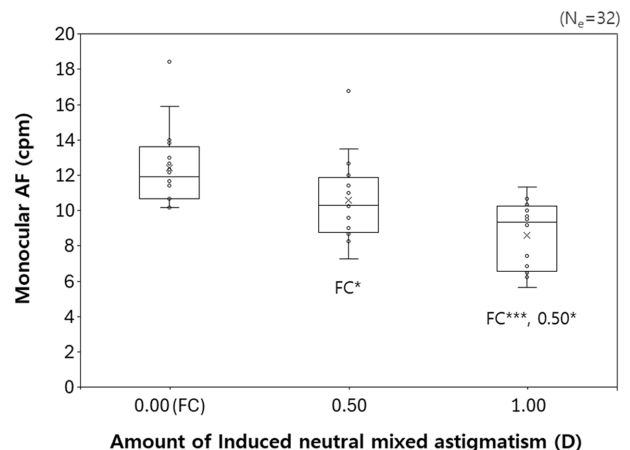


Fig. 2. Box plot showing the change of monocular AF according to the amount of induced neutral mixed astigmatism. AF; accommodative facility, FC; full correction N_e; number of eye

1.88 cpm(M: 9.33 cpm, IQR: 3.69)으로 측정되었다. 이 중 0.50 D는 완전교정($p=0.017$)과, 1.00 D는 완전교정($p=0.000$), 0.50 D($p=0.033$)와 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 이는 유발된 혼합난시량이 증가할수록 단안 조절용이성은 감소되었고, 단안 조절용이성 값은 더 넓은 범위로 측정되었다(Fig. 2).

2. 우세안과 비우세안 간 유발된 혼합난시량에 따른 단안 조절기능 비교

유발된 혼합난시량에 따라 우세안(16안)과 비우세안(16안)의 단안 최대조절력을 비교하기 위해 Fig. 3에, 단안 조절용이성을 비교하기 위해 Fig. 4에 상자도표로 각각 나타내었다. 그래프 x축은 유발된 혼합난시량을, Fig. 3에서 y축은 단안 최대조절력을, Fig. 4에서 y축은 단안 조절용이성을 각각 표기하였다.

우선 유발된 혼합난시량에 따른 우세안과 비우세안의 단안 최대조절력을 확인한 결과, 완전교정 시 우세안에서는 14.03 ± 2.00 D(M: 14.01 D, IQR: 2.63), 비우세안에서는 14.32 ± 1.89 D(M: 14.29 D, IQR: 2.51)로 측정되었다. 이는 완전교정인 경우 우세안보다 비우세안에서 단안 최대조절력이 약간 높게 나타났고, 단안 최대조절력 값은 비우세안에서 더 좁은 범위로 측정되었지만 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 그리고 유발된 혼합난시량이 0.50 D일 때 우세안에서는 13.75 ± 2.06 D(M: 14.29 D, IQR: 2.93), 비우세안에서는 13.34 ± 1.41 D(M: 14.13 D, IQR: 1.95)로 측정되었다. 이는 유발된 혼합난시량이 0.50 D로 동일한 경우 우세안보다 비우세안에서 단안 최대조절력이 약간 낮게 나타났고, 단안 최대조절력 값은 비우세안에서 상대적으로 좁은 범위로 측정되었지만 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 다음으로 유발된 혼합난시량이 1.00 D일 때 우세안에서는 12.66 ± 2.41 D(M: 13.41 D, IQR: 3.80), 비우세안에서는 12.88 ± 1.98 D(M: 12.15 D, IQR: 2.60)로 측정되었다. 이는 유발된 혼합난시량이 1.00 D로 동일한 경우 비우세안보다 우세안에서 단안 최대조절력의 평균은 약간 낮게 나타났지만, 중앙값은 평균과 반대로 우세안보다 비우세안에서 현저히 낮게 나타났다. 그리고 단안 최대조절력 값은 우세안보다 비우세안에서 상대적으로 좁은 범위로 측정되었지만 통계적으로 유의한 차이는 없었다(Fig. 3). 유발된 혼합난시량에 따른 우세안과 비우세안의 단안 조절용이성을 확인한 결과, 완전교정 시 우세안에서는 12.33 ± 2.27 cpm(M: 12.17 cpm, IQR: 3.29), 비우세안에서는 12.52 ± 2.24 cpm(M: 12.42 cpm, IQR: 2.71)으로 측정되었다. 이는 완전교정인 경우 우세안보다 비우세안에서 단안 조절용이성이 약간 높게 나타났고, 단안 조절용이성 값은 비우세안에서 상대적으로 좁은 범위로 측정되었지만 통계적으로 유

의한 차이는 없었다. 그리고 유발된 혼합난시량이 0.50 D일 때 우세안에서는 10.70 ± 2.33 cpm(M: 10.42 cpm, IQR: 3.16), 비우세안에서는 10.47 ± 2.42 cpm(M: 10.00 cpm, IQR: 2.04)으로 측정되었다. 이는 유발된 혼합난시량이 0.50 D로 동일한 경우 우세안보다 비우세안에서 단안 조절용이성이 낮게 나타났고, 단안 조절용이성 값은 비우세안에서 상대적으로 좁은 범위로 측정되었지만 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 다음으로 유발된 혼합난시량이 1.00 D일 때 우세안에서는 9.02 ± 2.27 cpm(M: 10.00 cpm, IQR: 4.25), 비우세안에서는 8.17 ± 1.59 cpm(M: 8.67 cpm, IQR: 2.83)

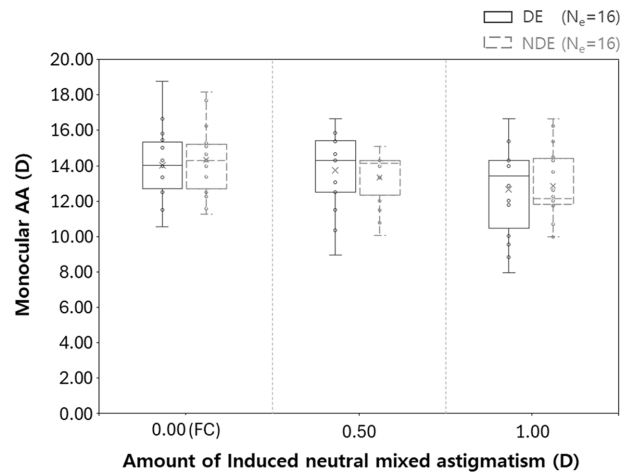


Fig. 3. Box plot showing the comparison of monocular AA between the DE and NDE according to the amount of induced neutral mixed astigmatism. AA; amplitude of accommodation, DE; dominant eye, NDE; non-dominant eye, N_e; number of eye, FC; full correction

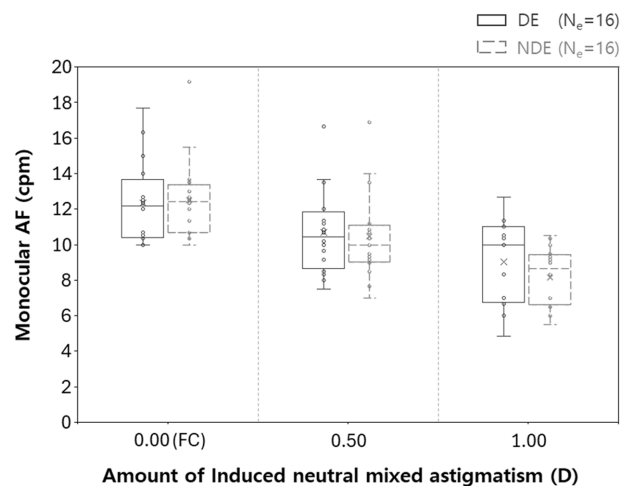


Fig. 4. Box plot showing the comparison of monocular AF between the DE and NDE according to the amount of induced neutral mixed astigmatism. AF; accommodative facility, DE; dominant eye, NDE; non-dominant eye, N_e; number of eye, FC; full correction

으로 측정되었다. 이는 유발된 혼합난시량이 1.00 D로 동일한 경우 우세안보다 비우세안에서 단안 조절용이성이 낮게 나타났고, 단안 조절용이성 값은 비우세안에서 상대적으로 좁은 범위로 측정되었지만 통계적으로 유의한 차이는 없었다(Fig. 4).

3. 우세안과 비우세안 간 유발된 혼합난시와 단안 조절기능의 상관관계 비교

우세안과 비우세안 간 유발된 혼합난시량과 단안 최대조절력의 상관관계는 Fig. 5에, 단안 조절용이성의 상관관계는 Fig. 6에 나타내었다. 우선 유발된 혼합난시량과 단안 최대조절력의 상관관계는 우세안의 경우 매우 낮은 음의 상관성을($r=-0.183, p=0.214$), 비우세안의 경우 낮은 음

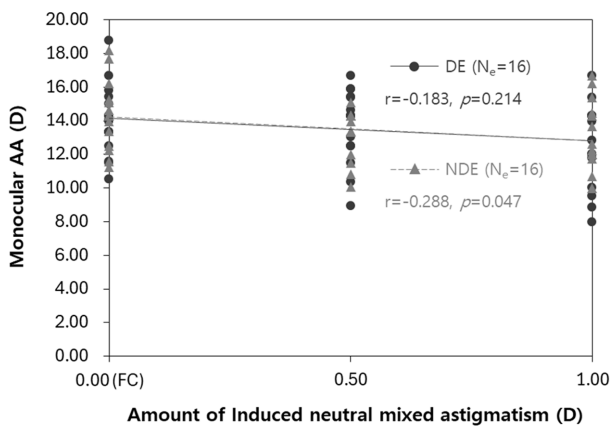


Fig. 5. Scatter plot showing the correlation between amount of induced neutral mixed astigmatism and monocular AA in the DE and NDE. AA; amplitude of accommodation, DE; dominant eye, NDE; non-dominant eye, N_e; number of eye, FC; full correction

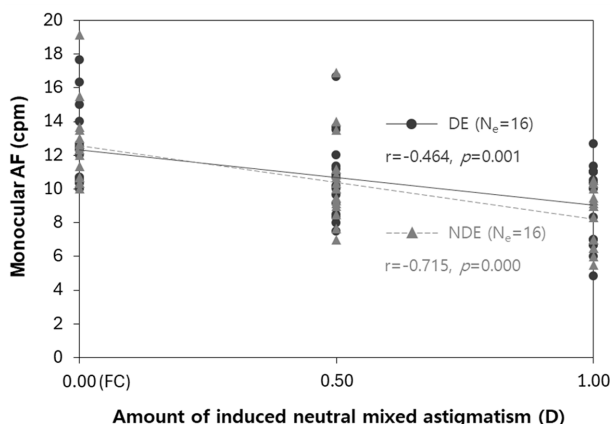


Fig. 6. Scatter plot showing the correlation between amount of induced neutral mixed astigmatism and monocular AF in the DE and NDE. AF; accommodative facility, DE; dominant eye, NDE; non-dominant eye, N_e; number of eye, FC; full correction

의 상관성을($r=-0.288, p=0.047$) 보였다. 이는 유발된 혼합난시량이 증가할수록 우세안보다 비우세안에서 단안 최대조절력이 상대적으로 더욱 감소되는 통계적으로 유의한 낮은 음의 상관성이 나타났(Fig. 5). 다음으로 유발된 혼합난시량과 단안 조절용이성의 상관관계는 우세안의 경우 음의 상관성을($r=-0.464, p=0.001$), 비우세안의 경우 높은 음의 상관성을($r=-0.715, p=0.000$) 보였다. 이는 유발된 혼합난시량이 증가할수록 우세안과 비우세안의 단안 조절용이성이 모두 감소되는 통계적으로 유의한 음의 상관성을 보였고, 특히 비우세안에서 상관성이 높아 그 경향이 더욱 두드러지게 나타났(Fig. 6).

완전교정 상태에서 원주렌즈의 축을 회전하여 난시성 흐림을 유발한 후 단안 최대조절력과 단안 조절용이성을 측정한 Han은^[3] 원주렌즈의 축 회전량이 증가할수록 단안 최대조절력과 단안 조절용이성이 감소된다고 보고하였다. 본 연구는 선행연구와 달리 입상의 난시 처방 현황을 반영하여^[2] 완전교정 상태에서 구면굴절력과 원주굴절력을 동시에 조정해 혼합난시를 유발한 후 단안 최대조절력과 단안 조절용이성을 측정하였다. 그 결과 유발된 혼합난시량이 증가할수록 단안 최대조절력과 단안 조절용이성이 모두 감소됨을 확인하였다. 선행연구와^[3] 본 연구는 난시성 흐림 유발 방법이 서로 달라서 측정 결과를 직접적으로 비교하기에는 무리가 있지만, 난시성 흐림이 증가할수록 단안 최대조절력과 단안 조절용이성이 감소되는 공통된 결과를 보였다. 그리고 본 연구에서는 유발된 혼합난시량이 0.50 D로 소량일 때도 완전교정 대비 단안 조절용이성의 감소가 두드러지게 나타났다. Han은^[3] 원주렌즈의 축 회전량이 10°로 소량이더라도 단안 조절용이성의 감소가 두드러지게 나타났다고 보고하였다. 본 연구와 선행연구의 결과를 종합하면, 유발된 소량의 난시성 흐림은 단안 조절용이성을 감소시키는 요인으로 작용한다고 생각한다.

완전교정 상태에서 우세안과 비우세안 간 단안 최대조절력, 단안 조절용이성을 비교한 선행연구에 따르면 Altoaimi와^[9] Odigie와^[10] Moghaddam은^[13] 비우세안보다 우세안에서, Jung은^[11] 우세안보다 비우세안에서 약간 높게 나타났지만 이들 모두 임상적으로 유의한 차이는 없다고 보고하였다. 본 연구에서는 완전교정 시 단안 최대조절력과 단안 조절용이성이 우세안보다 비우세안에서 약간 높게 나타났지만 선행연구와 마찬가지로 유의한 차이는 없는 공통된 결과를 보였다. 선행연구에서 언급한 우세안과 비우세안의 단안 최대조절력 차이를 확인해보면, Altoaimi는 0.30 D,^[9] Odigie는 0.10 D,^[10] Moghaddam은 0.32 D,^[13] Jung은 0.29 D이었고,^[11] 본 연구에서는 0.29 D로 나타났으며, 이는 최소측정단위(0.25 D)를 고려할 때 한 단계 수준의 차이임을 확인할 수 있었다. 그리고 완전

교정 상태에서 우세안과 비우세안의 단안 조절용이성 차이를 확인해보면, Altoaimi는 0.54 cpm,^[9] Odigie는 0.14 cpm,^[10] Moghaddam은 0.25 cpm,^[13] Jung은 0.58 cpm이었고,^[11] 본 연구에서는 0.19 cpm으로 나타났으며, 이는 분당 1 cycle 미만으로 근소한 차이임을 확인할 수 있었다.

또한 본 연구는 선행연구와 달리^[9,10,13] 완전교정 상태뿐만 아니라 유발된 혼합난시량(0.50 D, 1.00 D)에 따라 우세안과 비우세안의 단안 최대조절력, 단안 조절용이성을 각각 비교하였고, 측정된 데이터들의 중심경향을 알아보기 위해 평균뿐만 아니라 극단값에 영향을 덜 받는 중앙값을 확인하였다. 중앙값을 기준으로 분석한 결과, 유발된 혼합난시량이 0.50 D 혹은 1.00 D로 동일한 경우 우세안보다 비우세안에서 단안 조절기능(단안 최대조절력, 단안 조절용이성)이 상대적으로 낮게 측정됨을 알 수 있었다. 이를 통해 유발된 혼합난시는 우세안에 비해 비우세안의 단안 조절기능을 감소시킬 가능성이 더 크다고 생각되지만 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 그리고 유발된 혼합난시량이 0.50 D 혹은 1.00 D로 동일할 때 우세안과 비우세안의 단안 최대조절력 차이를 계산해보면 각각 0.16 D, 1.26 D, 단안 조절용이성 차이는 각각 0.42 cpm, 1.33 cpm으로 확인되었다. 이 결과를 통해 유발된 혼합난시량이 0.50 D보다 1.00 D로 많을수록 우세안과 비우세안의 단안 최대조절력 및 단안 조절용이성의 차이가 더욱 커지는 경향을 확인할 수 있었다. 일반적으로 눈은 흐린 상을 선명하게 보기 위해 조절을 개입하는 보상기전(compensatory mechanisms)의 특성이 있으며,^[24] Jung은^[11] 이러한 특성이 비우세안보다 우세안에서 더욱 강하게 작용한다고 보고하였다. 이를 본 연구 결과에 적용해보면, 유발된 혼합난시로 인해 흐린 상이 발생한 경우, 보상기전은 우세안보다 비우세안에서 상대적으로 약하게 작용하기 때문에 비우세안의 단안 최대조절력과 단안 조절용이성이 더욱 낮게 측정되고, 또한 유발된 혼합난시량이 0.50 D보다 1.00 D로 많을수록 보상기전은 비우세안에서 더욱 약하게 작용하기 때문에 우세안과 비우세안 간의 차이가 두드러지게 나타난다고 생각한다. 하지만 우세안과 비우세안 간 유발된 혼합난시량에 따른 단안 최대조절력, 단안 조절용이성 비교 결과는 통계적으로 유의한 차이가 없었으며, 보다 명확한 경향을 확인하기 위해서는 추가연구가 필요하겠다.

그리고 본 연구는 우세안과 비우세안 간 유발된 혼합난시량과 단안 최대조절력, 단안 조절용이성의 상관관계를 알아본 결과, 우세안보다 비우세안에서 상대적으로 더 높은 음의 상관성을 보였고 통계적으로 유의하다는 것을 알 수 있었다. 이는 앞서 언급한 눈의 보상기전 특성을 고려할 때,^[11,24] 흐림이 증가할수록 보상기전은 우세안에서 더 강하게, 비우세안에서 상대적으로 약하게 작용됨에 따라,

우세안은 조절이 유지되는 반면 비우세안은 조절을 유지하기 어려워, 유발된 혼합난시량이 증가할수록 우세안보다 비우세안의 단안 최대조절력과 단안 조절용이성이 더욱 감소되었다고 생각한다.

본 연구는 난시를 완전교정하거나,^[9,10,11,13] 완전교정 상태에서 구면굴절력을 가입하여^[14] 흐림을 유발한 선행연구와 달리, 임상현장의 난시 처방 현황을^[2] 반영하여 완전교정 상태에서 구면굴절력과 원주굴절력을 동시에 조정해 주경선균형상태 혼합난시를 유발한 후 단안 최대조절력과 단안 조절용이성을 측정하였다. 이를 통해 유발된 혼합난시량에 따른 단안 최대조절력과 단안 조절용이성의 변화를 알아보고, 이를 우세안과 비우세안 간 비교하였으며, 마지막으로 우세안과 비우세안 간 유발된 혼합난시량과 단안 최대조절력 및 단안 조절용이성의 상관관계를 비교 분석하였다는 것이 선행연구와의 차별점이라 할 수 있다. 하지만 우세안과 비우세안 간 유발된 혼합난시량에 따른 비교 결과에서는 경향성을 보이지만 통계적으로 유의한 차이가 없어, 본 연구의 결과를 일반화하기에는 무리가 있다. 따라서 향후 피검자 수를 더 많이 확보한 추가연구가 진행된다면, 유발된 혼합난시량에 따른 우세안과 비우세안 간의 단안 최대조절력, 단안 조절용이성이 통계적으로 유의한 차이가 나타나는지 보다 명확하게 확인할 수 있을 것으로 생각한다. 또한 유발된 혼합난시량에 따라 조절의 정확성 및 변동성 등의 다양한 조절 능력을 비교 평가하는 연구가 진행된다면, 유발된 혼합난시가 조절기능에 미치는 영향을 보다 심도 있게 이해할 수 있을 것으로 생각한다.

결론

본 연구는 유발된 주경선균형상태 혼합난시량에 따른 우세안과 비우세안 간의 단안 최대조절력, 단안 조절용이성을 비교 분석하고자 하였다. 임상의 난시 처방법을 반영하여 완전교정(0.00 D)하거나, 완전교정 상태에서 구면굴절력과 원주굴절력을 동시에 조정해 혼합난시(0.50 D, 1.00 D)를 유발한 후, 우세안과 비우세안의 단안 최대조절력과 단안 조절용이성을 각각 측정하였다. 그 결과, 첫 번째로 유발된 혼합난시량이 증가할수록 단안 최대조절력과 단안 조절용이성이 감소되었으며 특히 단안 조절용이성이 통계적으로 유의하게 감소되었다. 두 번째로 유발된 혼합난시량이 0.50 D 혹은 1.00 D로 동일한 경우에는 우세안보다 비우세안에서 단안 최대조절력과 단안 조절용이성이 상대적으로 낮게 측정되는 경향을 보였다. 세 번째로 유발된 혼합난시량과 단안 최대조절력, 단안 조절용이성의 상관관계는 우세안보다 비우세안에서 통계적으로 유의한 음의 상관성을 보였다.

임상에서는 난시 완전교정에 대한 적응이 어려울 경우, 그 대안으로 시력저하가 적은 주경선균형상태 혼합난시 처방이 흔하게 이루어지고 있다. 하지만 본 연구의 결과로 볼 때 완전교정하지 않고 주경선균형상태 혼합난시로 처방하더라도 단안 최대조절력과 단안 조절용이성이 감소될 수 있으며, 특히 우세안보다 비우세안에서 그 경향이 두드러졌다. 따라서 임상에서는 이를 고려하여 난시를 단계적으로 교정해 적응 기간을 거친 후 최종 완전교정 처방을 한다면 단안의 조절기능이 최상의 상태로 발휘할 수 있을 것으로 생각한다.

REFERENCES

- [1] 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>
- [2] Jeong HR, Jung SA, Kim HJ. A survey study on the methods of distance astigmatism testing, astigmatism power prescriptions, and conducting near astigmatism testing among clinical optometrists. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2024;29(4):173-184. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2024.29.4.173>
- [3] 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>
- [4] Sung PJ. *Optometry*, 9th Ed. Seoul: Daihakseolim, 2022; 129.
- [5] Coq R, Neveu P, Plantier J, et al. Accommodative response and visual fatigue following a non-congruent visual task in non-asthenopic and asthenopic individuals. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2024;44(5):925-935. DOI: <https://doi.org/10.1111/opo.13304>
- [6] Padavettan C, Nishanth S, Vidhyalakshmi S, et al. Changes in vergence and accommodation parameters after smartphone use in healthy adults. *Indian J Ophthalmol.* 2021;69(6):1487-1490. DOI: https://doi.org/10.4103/ijo.IJO_2956_20
- [7] Gurnani B, Kaur K. Astigmatism, 2023. [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK582142/\(7 July 2025\)](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK582142/(7%20July%202025)).
- [8] Harvey EM, Miller JM, Apple HP, et al. Accommodation in astigmatic children during visual task performance. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2014;55(8):5420-5430. DOI: <https://doi.org/10.1167/iovs.14-14400>
- [9] Altoaimi BH. The difference in accommodative amplitude and facility between the dominant and non-dominant eyes. *J Pak Med Assoc.* 2025;75(1):105-107. DOI: <https://doi.org/10.47391/JPMA.11263>
- [10] Odigie OM, Uwagboe PN, Okpaghoro OP. Evaluation of accommodative function in the dominant and non dominant eye. *Int J Res Med Sci.* 2019;7(6):2250-2255. DOI: <https://doi.org/10.18203/2320-6012.ijrms20192507>
- [11] Jung SA, Kim HJ. Comparison of visual function between dominant and non-dominant eye in monocular eye. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2018;23(3):249-258. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2018.23.3.249>
- [12] Tsuneyoshi Y, Negishi K, Tsubota K. Importance of accommodation and eye dominance for measuring objective refractions. *Am J Ophthalmol.* 2017;177:69-76. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2017.02.013>
- [13] Momeni-Moghaddam H, McAlinden C, Azimi A, et al. Comparing accommodative function between the dominant and non-dominant eye. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2014;252(3):509-514. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00417-013-2480-7>
- [14] Jung SA. A study on the quantitative measurement of the degree of eye dominance and visual function of the dominant eye. PhD Thesis. Konyang University, Daejeon. 2017;60-65.
- [15] Ntodie M, Saunders K, Little JA. Accuracy and stability of accommodation and vergence responses during sustained near tasks in uncorrected hyperopes. *Sci Rep.* 2023;13(1):14389. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-41244-9>
- [16] Han SH, Kim BH, Kim JM, et al. Changes in intraocular pressure and visual function with changes in heart rate. *J Korean Clin Health Sci.* 2024;12(2):1718-1724. DOI: <https://doi.org/10.15205/kschs.2024.12.31.1718>
- [17] Adnan, Efron N, Mathur A, et al. Amplitude of accommodation in type 1 diabetes. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2014;55(10):7014-7018. DOI: <https://doi.org/10.1167/iovs.14-15376>
- [18] Szczotka-Flynn LB, Maguire MG, Ying GS, et al. Impact of dry eye on visual acuity and contrast sensitivity: dry eye assessment and management study. *Optom Vis Sci.* 2019;96(6):387-396. DOI: <https://doi.org/10.1097/OPX.0000000000001387>
- [19] Li L, Zhang B, Wang Z. Comparison of accommodation and accommodative micro-fluctuation after implantable collamer lens and LASIK surgery for myopia. *BMC Ophthalmol.* 2022;22(1):8. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12886-021-02217-6>
- [20] Cao Y, Ye J, Nie A, et al. Correlation between binocular vision function and visual fatigue in school-age children with myopic anisometropia. *Sci Rep.* 2025;15(1):17473. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-01309-3>
- [21] Ramamurthy D, Radhakrishnan H, Pardhan S. Associations between accommodative facility, age, and refractive errors in early, older adolescent myopes and emmetropes. *Br Ir Orthopt J.* 2023;19(1):15-25. DOI: <https://doi.org/10.22599/bioj.284>
- [22] Nuzzo RL. The box plots alternative for visualizing quantitative data. *PM&R.* 2016;8(3):268-272. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2016.02.001>
- [23] Krzywinski M, Altman N. Visualizing samples with box plots. *Nat Methods.* 2014;11(2):119-120. DOI: <https://doi.org/10.1038/nmeth.2813>
- [24] Koretz JF, Cook CA, Kaufman PL. Accommodation and presbyopia in the human eye: changes in the anterior segment and crystalline lens with focus. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1997;38(3):569-578.

유발된 주경선균형상태 혼합난시량에 따른 우세안과 비우세안의 단안 조절기능 비교 연구

정형렬¹, 정수아², 김현정^{3,*}

¹건양대학교 안경광학과, 학생, 대전 35365

²원광보건대학교 안경광학과, 교수, 익산 54538

³건양대학교 안경광학과, 교수, 대전 35365

투고일(2025년 9월 1일), 수정일(2025년 9월 22일), 게재확정일(2025년 9월 22일)

목적: 본 연구는 유발된 주경선균형상태 혼합난시량에 따른 단안 조절기능(단안 최대조절력, 단안 조절용이성)을 우세안과 비우세안 간 비교하고자 하였다. **방법:** 근시성 직난시안인 16명(평균나이: 21.38±0.99세)을 대상으로 완전교정(0.00 D)하거나, 완전교정 상태에서 구면굴절력과 원주굴절력을 동시에 조정하여 주경선균형상태 혼합난시를 0.50 D와 1.00 D로 각각 유발하였다. 각 조건에 따라 우세안과 비우세안의 단안 조절기능을 각각 측정하고 비교하였다. **결과:** 모든 피검안에서, 유발된 주경선균형상태 혼합난시량이 증가할수록 단안 최대조절력($p>0.05$)과 단안 조절용이성($p<0.05$)이 감소되었다. 유발된 주경선균형상태 혼합난시량이 동일한 경우에는 우세안보다 비우세안에서 단안 조절기능이 상대적으로 낮게 측정되었다($p>0.05$). 유발된 주경선균형상태 혼합난시량과 단안 조절기능의 상관관계는 우세안보다 비우세안에서 모두 통계적으로 유의한 음의 상관성을 보였다. **결론:** 완전교정하지 않고 주경선균형상태 혼합난시로 처방하더라도 단안 조절기능이 감소될 수 있으며, 특히 비우세안에서 그 경향이 두드러졌다. 따라서 임상에서 이를 고려하여 난시를 완전교정 처방한다면 단안의 조절기능이 최상의 상태로 발휘할 수 있을 것으로 생각한다.

주제어: 주경선균형상태 혼합난시, 우세안, 비우세안, 단안 최대조절력, 단안 조절용이성