

Relation between Decentration of Multifocal Contact Lenses and Change in Near Contrast Visual Acuity according to Corneal Topography and Gaze Angles

Chi-Ho Oh^{1,a}, Ji-Soo Choi^{1,b}, Mijung Park^{2,c}, and So Ra Kim^{2,d,*}

¹Dept. of Optometry, Seoul National University of Science and Technology, Student, Seoul 01811, Korea

²Dept. of Optometry, Seoul National University of Science and Technology, Professor, Seoul 01811, Korea

(Received August 15, 2023; Revised August 29, 2023; Accepted September 1, 2023)

Purpose: In this study, the changes in lens decentration and near visual acuity according to the corneal topography and gaze angle were investigated while wearing aspherical center near multifocal soft contact lenses (hereinafter multifocal lenses). **Methods:** Corneal types of 30 eyes of men and women in their 20s with corrected visual acuity of 0.8 or higher were classified into symmetric and asymmetric bow-ties with superior and inferior steep, respectively, and wore center near multifocal lenses made of omafilcon A, etafilcon A, and nesofilcon A. Subsequently, the gaze angle was changed 15° and 40° downward from the primary gaze. At that time, the decentration of the multifocal lens was measured, and area ratio of the optical zone of the lens covering the participant's pupil at each gaze angle was calculated using Photoshop by dividing it into an add zone and a distance zone. After measuring near contrast visual acuity under photopic and mesopic conditions, the relationship among the lens decentration and changes in near contrast visual acuity between the corneal topography and the lens types according to gaze angles was analyzed. **Results:** In all down gaze conditions, significant upward decentration of the multifocal lens was observed in symmetric bow-tie typed cornea than in asymmetric bow-tie typed cornea. At 40° down gaze, there was an interaction between corneal topography and lens type in the difference value of near low contrast visual acuity with primary gaze under photopic condition, and there was a statistically significant interaction between corneal topography and lens type in the difference of near high and low contrast visual acuity with primary gaze under mesopic condition. It was also found that the ratio of pupil covered by the add zone of multifocal lenses did not correlate well with near contrast visual acuity. **Conclusions:** Based on these results, it can be suggested that corneal topography should be considered when fitting a multifocal lens since symmetric bow-tie typed cornea showed large lag depending on the near gaze directions after wearing a multifocal lens, while the asymmetric bow-tie/inferior steep and asymmetric bow-tie/superior steep typed corneas showed differences in near contrast visual acuity according to gaze habits and lens design.

Key words: Corneal topography, Gaze angle, Multifocal contact lenses, Lens decentration, Near contrast visual acuity

서 론

최근 휴대용 디지털기기의 발달로 근거리 작업시간은 증가하는 반면, 요구되는 조절량에 대한 조절반응량이 비역적으로 감소하는 노안의 발생연령은 30대 중후반으로 점점 낮아지고 있다.^[1] 이에 원거리 시력교정 이외에 근거리 시력향상과 조절부담 저하의 기능을 가진 멀티포컬 콘택트렌즈(이하 멀티포컬 렌즈)에 대한 관심이 증가하고 있으며, 콘택트렌즈 제조회사에서는 렌즈의 재질 및 눈의 해부생리학적 요소의 타협점 측면에서 점차 착용자의 만족

도를 높일 수 있는 방향으로 멀티포컬 렌즈를 개발하고 있다. 2001년부터 콘택트렌즈의 처방 추이를 매해 조사하는 Contact Lens Spectrum 보고에 따르면 국내 콘택트렌즈 시장에서는 약 10%에 해당하는 수요를 멀티포컬 렌즈가 차지할 것으로 예상하고 있다.^[2]

멀티포컬 렌즈를 사용한 국내외 선행연구를 살펴보면 Richdale 등^[3]은 노안의 대부분이 모노비전 방식보다 멀티포컬 렌즈의 교정 방법을 선호한다고 보고하였으며, Gupta 등^[4]은 노안을 멀티포컬 렌즈로 교정하였을 때 모노비전 방식의 교정 시보다 더 나은 입체시를 보인다고 하였다.

본 논문의 일부내용은 2023년도 한국안광학회 하계학술대회에서 구연으로 발표되었음.

*Corresponding author: So Ra Kim, TEL: +82-2-970-6264, E-mail: srk2104@seoultech.ac.kr

Authors ORCID: ^ahttps://orcid.org/0000-0003-0251-6505, ^bhttps://orcid.org/0000-0002-6691-9752, ^chttps://orcid.org/0000-0002-4645-7415, ^dhttps://orcid.org/0000-0001-8786-2815

동시보기 멀티포컬 렌즈를 착용한 노안의 시력과 만족도를 알아본 Kim 등^[5]의 선행 연구에서는 중심부 원용과 근용 디자인 모두 원근거리 시력의 효과적인 향상을 보이는 것으로 보고되었고, Lee 등^[6]은 변형된 모노비전 및 멀티포컬 렌즈 간 교정 방법에 따른 노안의 시력에는 차이가 없음을 보고하였다. 이렇듯 노안의 근거리 시력교정을 주목적으로 하는 멀티포컬 렌즈는 주 사용 목적 이외에 10대를 포함하는 젊은 성인 대상으로 근시 진행의 억제 목적으로 활용하고자 하는 임상적인 응용 사례들에 대한 연구 결과들이 보고된 바 있다.^[7-9] Gong 등^[8]은 멀티포컬 렌즈를 착용한 어린이의 경우 단초점 콘택트렌즈를 착용한 경우와 비교했을 때 상대적으로 높은 조절자극에서 감소된 조절반응 효과를 보인다고 하였다. Basal 등^[10]은 중심부 근용 디자인의 멀티포컬 렌즈 착용 시 동공 일부의 근시성 탈초점이 관찰되며, 이는 원시성 탈초점으로 자극되는 근시성 안구성장을 둔화시킬 수 있다고 하였으며, Jong 등^[11]은 멀티포컬 렌즈 착용이 장시간 근거리 시생활하는 20대 대학생에게 유용하다고 제시한 바 있다. 따라서 이러한 연구 결과들로부터 멀티포컬 렌즈는 노안 대상자에게만 국한되는 것이 아닌 다양한 연령대에서 폭넓게 사용될 수 있음을 알 수 있다.

최근 국내 기준 멀티포컬 렌즈 관련 대부분의 연구에서 비노안인 성인 대상으로 근거리 시기능 평가 및 조절기능 평가에 관한 연구가 많았으나, 근거리 작업 시 주로 사용하는 주시방향까지 고려하여 고찰한 연구는 미흡한 실정이다. 근거리 작업 시 주로 하방을 주시하게 되는데 Choi^[12]는 멀티포컬 렌즈 착용 후 하방 주시 시 정면 주시의 경우보다 더 큰 렌즈의 편심과 근거리 대비시력의 저하가 나타남을 보고하였다. 이는 다양한 굴절력이 포함되어 있는 멀티포컬 렌즈의 특성 상 하방주시 시 발생하는 렌즈 편심으로 동공과 근용부 영역이 겹치는 비율이 정면 주시 때와는 달라지는 것과 관련있을 것으로 추정하였다. 또한 멀티포컬 렌즈의 파라미터 측정에 관한 선행 연구에서는 제조사 별 멀티포컬 렌즈의 디자인에 따라 가입도의 굴절력이 변하는 정도가 다르며, 렌즈 종류 별로 가입도 영역 및 크기, 굴절력의 변화 정도가 서로 다르다는 것을 확인하였으며,^[13,14] 비구면 디자인으로 설계된 경우 멀티포컬 렌즈에서 동공 크기와 렌즈의 광학부 영역이 서로 맞지 않을 때 고스트 현상, 시각변동, 대비감도 저하 등의 발생이 보고된 바 있다.^[14] 따라서 근거리 및 원거리 시력교정이 동공 크기와 밀접한 관련을 가지는 멀티포컬 렌즈의 설계 방식 특성 상 주시 변화로 동일한 편심량이 발생했다 하더라도 디자인이 상이하다면 시력변화 정도가 달라질 것이라 예상할 수 있다. 따라서 멀티포컬 렌즈 착용의 성공여부는 주시각도 및 렌즈 종류, 동공크기와 더불어 렌즈 편

심에 영향을 미칠 수 있는 각막형상요인까지 고려하여 종합적으로 판단하여야 할 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 멀티포컬 렌즈 착용 후 주시각도에 따른 렌즈의 편심 정도를 각막지형 및 렌즈 종류에 따라 비교하고, 이의 차이가 근거리 대비시력에 미치는 영향을 알아보려고 하였다.

대상 및 방법

1. 대상

본 연구는 안질환, 전신질환 및 굴절교정수술의 이력이 없으며, 등가구면굴절력 처방 기준으로 양안 교정시력 0.8 이상, 동공크기가 명소시 조건에서 3 mm, 박명시 조건에서 5 mm 이상이며 소프트콘택트렌즈 착용경험이 있는 15명(만 24.53±1.25세, 남 9명, 여 6명)의 총 30안이 최종 연구대상으로 선정되었다. 본 연구에 앞서 대상자에게 실험에 대한 목적 및 검사 방법에 대하여 설명하고 동의의 얻은 후 연구를 진행하였다(Table 1).

2. 사용 멀티포컬 렌즈

본 연구에서는 omafilcon A(이하 A 렌즈), etafilcon A(이하 B 렌즈) 및 nesofilcon A(이하 C 렌즈)로 각기 상이한 재질의 비구면 디자인 중심부 근용 멀티포컬 렌즈 3종을 사용하였다(Table 2). A 렌즈는 +1.00D의 단일 가입도가 적용된 렌즈이었으며, B와 C렌즈는 낮은 가입도(low add)가 적용된 렌즈이었다.

3. 각막지형도 측정 및 분석

각막지형도 검사기(Corneal Topographer, Antares, CSO, Italy)를 사용하여 대상인들의 각막지형을 측정하고 Bogan 등^[15]의 분류방식에 따라 일차적으로 대칭나비형(13안), 비대칭나비형(12안), 부정형(5안)으로 분류하였다. 이후 부정형각막은 불충분한 표본 수로 분석에서 제외하였고, 비대칭나비형 각막을 다시 위쪽이 더 가파른 형태(Asymmetric Bow-tie/Superior Steep, 이하 AB/SS)와 아래쪽이 더 가파른 형태(Asymmetric Bow-tie/Inferior Steep, 이하 AB/IS)로 각각 6안씩 세분류^[16]하여 대칭나비형 13안과 함께 최종분석에 사용하였다(Fig. 1).

Table 1. Biometric data of the participants in this study

	Average (Mean±SD)	
	Male	Female
Gender	15	6
Age (years)	24.43±.25	
Refractive error (D)	Spherical	-3.48±.12
	Cylindrical	-1.25±.08

Table 2. Specification of multifocal contact lenses used in this study

Lens	Proclear Multifocal	ACUVUE Moist Multifocal	Biotrue Multifocal
Manufacturer	Cooper Vision	Johnson & Johnson	Bausch & Lomb
USAN	Omafilcon A	Etafilcon A	Nesofilcon A
Wearing schedule	1Day		
	+6.00D~10.00 D	-9.00 D~+6.00 D	+0.50 D~9.00 D
Back vertex power (D)	Single power profile (+1.00 D)	Low (~ +1.25 D) Med (+1.50 D~+1.75 D) High (+2.00 D~+2.50 D)	Low (+0.75 D~+1.50 D) High (+1.75 D~2.50 D)
Water contents (%)	62	58	78
Center thickness (mm)	0.09	0.09	0.10
Total diameter (mm)	14.2	14.3	14.2
Base curve (mm)	8.7	8.4	8.6
Lens design	Center near aspheric	Center near aspheric	Center near aspheric (3 zone progressive)

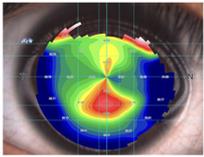
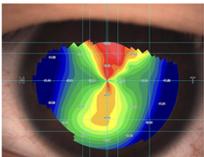
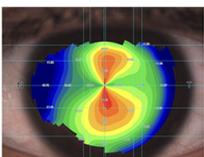
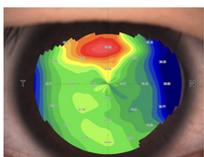
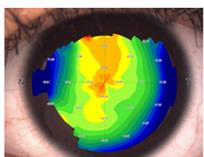
Corneal type	No. of eyes type (%)
AB/IS 	6 (20.0)
AB 	6 (20.0)
SB 	13 (43.3)
SS 	1 (3.3)
Irregular 	4 (13.3)

Fig. 1. Corneal type of the participants based on corneal topographic pattern.

AB, asymmetric bow-tie; AB/IS, asymmetric bow-tie with inferior steep; AB/SS, asymmetric bow-tie with superior steep; SB, symmetric bow-tie; SS, superior steep

4. 멀티포컬 렌즈의 착용 및 평가

3종의 멀티포컬 렌즈를 각 제조사의 권장사항에 따라 대상자가 알지 못하도록 무작위 순서로 연구대상안에 착용

시켰다. 임상평가는 각 렌즈 착용 30분 후 정면, 하방 15° 및 40°의 세 가지 주시각도에서 진행되었으며, 모든 측정은 단안으로 진행하였다. 검사실 조도는 박명시 조건은 문자 가독이 가능한 최소 조도인 10 lx로 설정하였고, 명소시 조건은 400 lx로 설정하였다.^[17]

각 3가지 주시각도에서 눈깜박임 후 더 이상 렌즈의 움직임이 관찰되지 않을 때 렌즈의 중심이 편심된 정도를 각막지형도 검사기(Corneal Topographer, Antares, CSO, Italy)를 사용하여 3회 반복 측정하였다. 동공 중심을 기준으로 렌즈 중심이 수평방향으로 코쪽에 위치하면 '+', 귀쪽에 위치하면 '-'로 표시하였으며, 수직방향에서 위쪽에 위치하면 '+', 아래쪽에 위치하면 '-'로 표시하였고 편심된 정도는 mm의 단위로 나타내었다.

멀티포컬 렌즈 착용 후 각 주시각도에서의 근거리 대비시력은 ETDRS 시표를 사용하여 40 cm에서 logMAR 시력 단위로 측정하였다. 근거리 대비시력은 박명시 및 명소시 조건에서 100% 고대비시표 및 10% 저대비시표를 사용하여 각각 근거리 고대비시력(Near High Contrast Visual Acuity, 이하 NHCVA)과 근거리 저대비시력(Near Low Contrast Visual Acuity, 이하 NLCVA)을 측정한 후 각 주시각도에서의 근거리 대비시력의 차이값으로 나타내었다. 즉, 근거리 대비시력의 차이값은 40° 하방주시 시력을 기준으로 정면주시 시력 및 15° 하방주시 시력을 각각 뺀 값을, 15° 하방주시 시력을 기준으로 정면주시 시력을 뺀 값을 사용하였다. 따라서 차이값이 양수인 경우는 하방 40° 주시 대비 정면 또는 하방 15° 주시 시와 하방 15° 주시 대비 정면 주시 시의 근거리 대비시력이 좋은 것을 의미하며, 음수의 차이값인 경우는 하방 40° 주시 대비 정면 또는 하방 15° 주시 시와 하방 15° 주시 대비 정면 주시 시의 근거리 대비시력이 좋지 않음을 의미한다.

5. 멀티포컬 렌즈의 광학부와 동공의 겹치는 면적 비율

세 종류의 멀티포컬 렌즈를 연구대상안에 각각 착용시킨 후 각막지형 유형 별로 나누어 정면, 15° 하방, 및 40° 하방 주시 시의 렌즈 중심안정위치를 동공 중심 기준으로 나타내었고, 동공 중심에서 수평 및 수직 중심안정위치 평균값만큼 렌즈가 이탈될 때 렌즈의 광학부 영역과 동공이 겹치는 면적의 비율은 어도비 포토샵(Adobe photoshop, Adobe Systems Inc., U.S.A)을 통하여 계산하였다. 멀티포컬 렌즈의 광학부 영역은 근거리 시력교정을 위한 가입도 영역과 원거리 시력교정을 위한 원용 영역으로 각각 나누어 동공과 겹치는 비율을 구하였다.

선행연구 결과^[13], 가입도 영역은 A 렌즈의 경우는 렌즈 중심으로부터 1.8~2.0 mm, B 및 C 렌즈는 1.6~1.8 mm까지 적용된 것으로 나타났으므로 본 연구에서는 렌즈 중심으로부터 A 렌즈는 2.0 mm, B 및 C 렌즈는 1.8 mm까지를 각각 가입도 영역으로 설정하여 계산하였다. 한편, 광학부 영역은 Low 가입도 멀티포컬 렌즈(balafilcon A 재질)의 광학부 영역을 8 mm로 보고한 선행연구^[18]를 근거로 하여, 본 연구에서는 렌즈 중심으로부터 반지름 4 mm, 전체 8 mm를 광학부 영역으로 하였으며, 원용 영역은 광학부 영역에서 가입도 영역을 제외한 영역으로 설정하였다.

조도에 따른 동공크기는 20대 대상의 Choi 등^[12]의 선행 연구를 참고하여 400 lx의 명소시 조건에서는 4.97 mm, 10 lx의 박명시 조건에서는 6.30 mm로 설정하여 동공과 겹치는 렌즈 광학부 영역의 면적을 구하였다.

6. 통계처리

본 연구결과는 평균±표준편차로 나타내었으며, 통계적 유의성은 SPSS 23.0(SPSS 23.0, IBM, USA) 프로그램을 사용하여 분석하였다. 각막지형 및 렌즈 종류에 따른 중심안정위치의 비교와 근거리 대비시력 차이 분석에는 이원배치 분산 분석(two-way ANOVA test)을 사용하였고, 사후 분석으로 각막지형 및 렌즈 종류에 대하여 각각 Duncan 방법으로 분석하여 $p < 0.05$ 일 때 통계적으로 유의한 것으로 판단하였다.

결과 및 고찰

1. 각막지형 및 렌즈 종류에 따른 주시방향 별 멀티포컬 렌즈의 중심안정위치

연구대상안의 각막지형을 대칭나비형(이하 SB), AB/SS 및 AB/IS의 세 유형으로 분류하고 각 멀티포컬 렌즈 착용

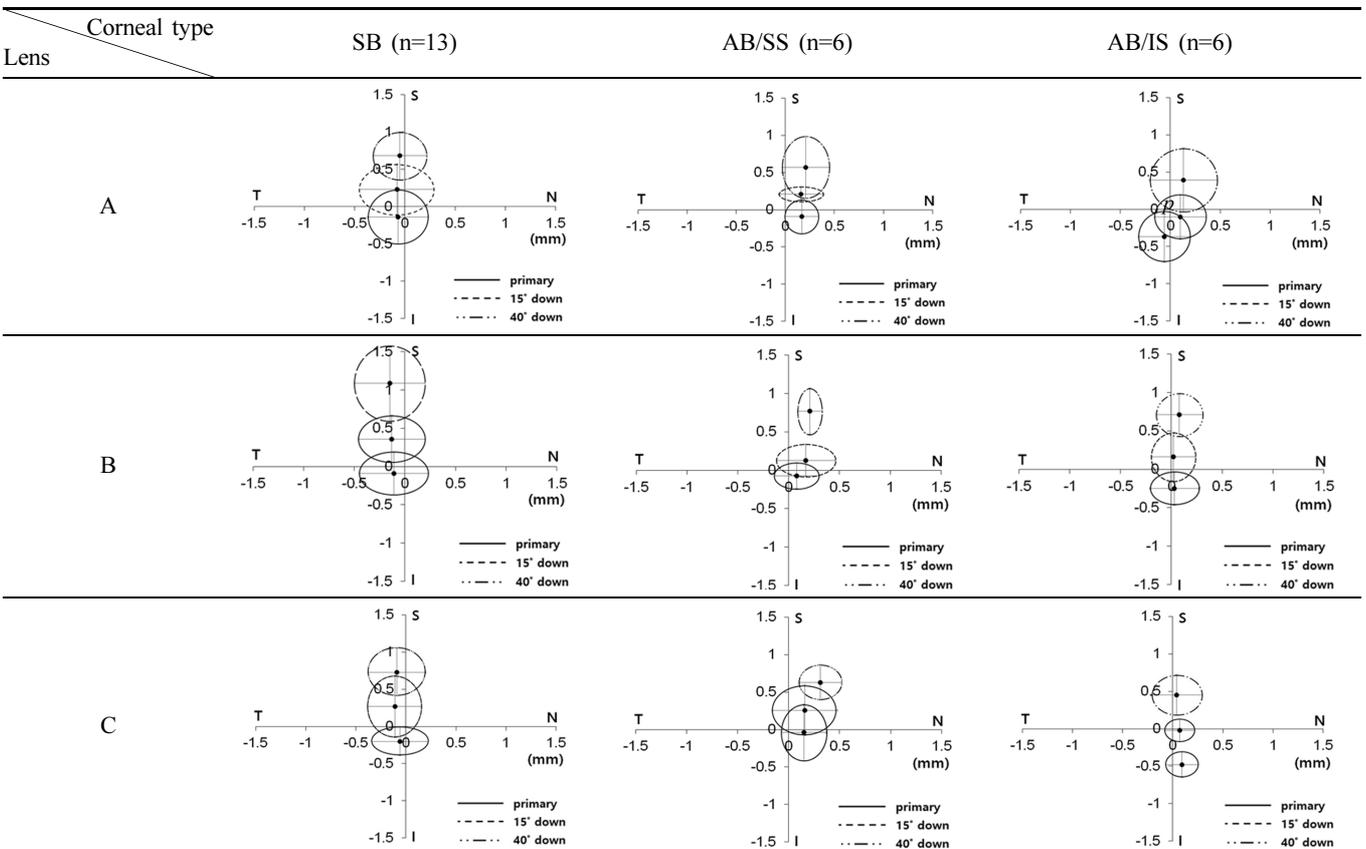


Fig. 2. Change of the centration of multifocal lenses based on corneal type and the gaze direction. SB, symmetric bow-tie typed cornea; AB/SS, asymmetric bow-tie with superior steep typed cornea; AB/IS, asymmetric bow-tie with inferior steep typed cornea; S, superior; I, inferior; T, temporal; N, nasal directions

후 정면주시 시의 렌즈 중심안정위치를 알아보고, 근거리 주시를 위하여 하방 15°와 40°로 주시방향을 바꾸었을 때의 중심안정위치의 변화를 비교하였다(Fig. 2).

SB 각막의 경우, 정면 주시 시 수평방향의 렌즈 중심안정위치는 렌즈 종류에 관계없이 약간 귀쪽으로 편심된 양상을 나타내었으며, 하방으로 주시각도를 바꾸더라도 수평 방향의 위치는 크게 변하지 않았다. 한편, 비대칭나비형 각막 중 AB/SS의 경우, 렌즈 중심안정위치는 SB 형태와는 달리 모든 멀티포컬 렌즈에서 수평방향으로 약간 코쪽으로 편심된 양상을 나타내었으며, 하방 40°주시각도에서는 코쪽 방향으로의 편심이 더욱 커지는 양상을 나타내었다. 비대칭나비형 각막 중 AB/IS의 경우는 렌즈 종류 별로 다른 중심안정위치를 나타내었는데, A렌즈의 경우는 정면 주시 시에는 SB와 유사한 수평방향의 중심안정을 보였으나 하방으로 주시각도가 바뀔 때 수평방향은 코쪽으로 편심되는 양상을 나타내었던 반면, B렌즈의 경우는 AB/SS와 유사한 중심안정위치 양상을 보였고, C렌즈의 경우는 정면 주시 시와 하방 주시 시 모두 SB와 유사한 수평방향의 중심안정위치 양상을 나타내었다(Fig. 2). 각막지형에 따른 멀티포컬 렌즈의 수평방향의 중심안정위치 차이에서는 모든 주시각도에서 통계적인 유의성(primary, $p=0.024$; 15°

down, $p=0.004$; 40° down, $p=0.000$)이 관찰되었으며, 사후 분석 결과, 이러한 통계적 유의성은 SB 및 AB/SS 사이의 차이($p<0.05$)에서 기인함을 알 수 있었다(Fig. 3A). 즉, 멀티포컬 렌즈 착용 후 모든 주시각도에서 AB/SS에서 SB보다 유의하게 코쪽으로 더 많이 편심되며, AB/IS에서는 40° 하방 주시 시에만 SB보다 유의하게 코쪽으로 더 많이 편심되는 것이 확인되었다. 그러나 렌즈 종류에 따른 멀티포컬 렌즈들의 수평방향 중심안정위치 간에서는 모든 주시각도에서 통계적인 유의성이 관찰되지 않았다(Fig. 3C).

한편 수직방향의 중심안정위치는 렌즈 종류에 관계없이 하방주시 각도가 커질수록 상방 편심 또한 커지는 것으로 나타났으나 그 정도는 각막지형에 따라 달랐다. 즉, 멀티포컬 렌즈 착용 후 정면주시 시 SB 및 AB/SS보다 AB/IS가 유의하게 더 큰 하방 편심이 관찰되었고, 15° 및 40° 하방 주시 시에는 AB/IS보다 SB에서 유의한 더 큰 상방 편심이 확인되었다. 주시각도에 따른 수직방향 중심안정위치의 변화를 렌즈 종류 별로 살펴보면, A 렌즈의 경우 가장 작은 변화(0.66 mm)는 AB/SS에서 나타났고, 가장 큰 변화(0.82 mm)는 SB에서 나타났으며, B 렌즈의 경우는 AB/SS에서 가장 작은 수직방향 변화(0.84 mm)가 나타났고, 가장 큰 변화(1.18 mm)는 SB에서 나타났다. 한편, C 렌즈의 경

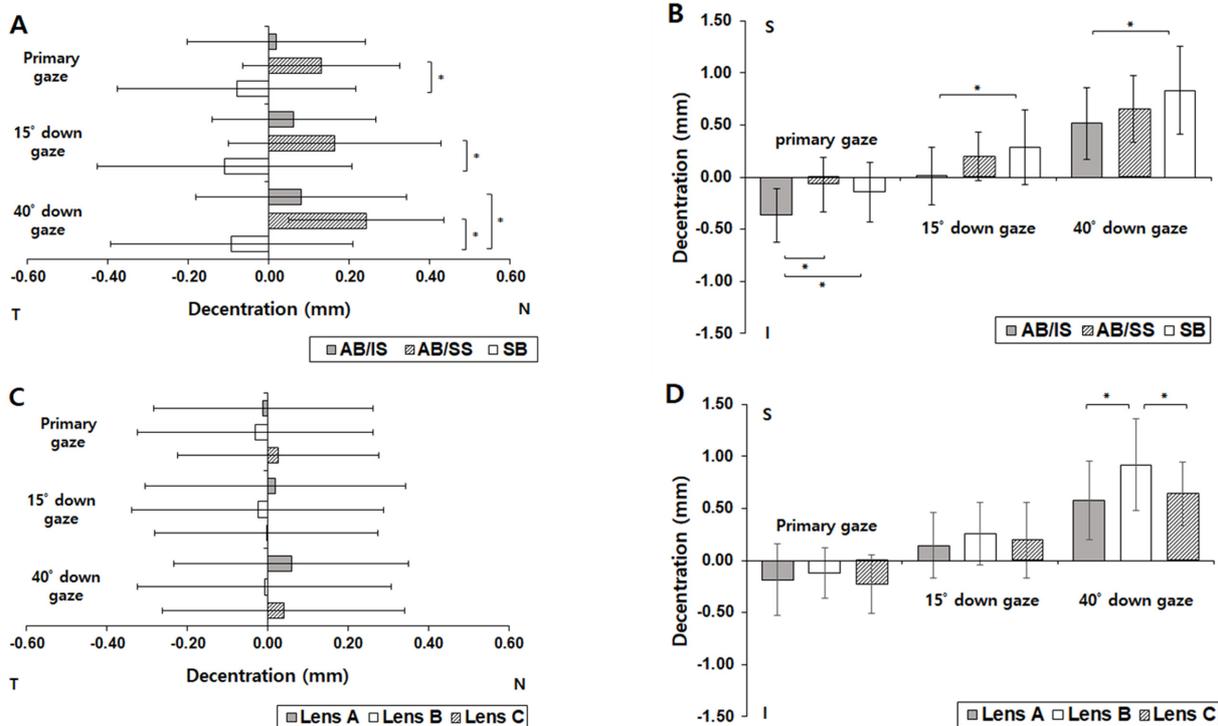


Fig. 3. Statistical analysis of the lens decentration of multifocal contact lenses based on corneal and lens types. A. horizontal decentration based on corneal type, B. vertical decentration based on corneal type, C. horizontal decentration based on lens type, D. vertical decentration based on lens type
SB, symmetric bow-tie typed cornea; AB/SS, asymmetric bow-tie with superior steep typed cornea; AB/IS, asymmetric bow-tie with inferior steep typed cornea; S, superior; I, inferior; T, temporal; N, nasal directions
*, statistically significance between comparisons of $p<0.05$

우는 가장 작은 수직방향의 변화(0.67 mm)는 AB/SS에서 나타났고, 가장 큰 변화는 SB와 AB/IS에서 동일하게 0.93 mm로 나타났다(Fig. 2). 각막지형에 따른 멀티포컬 렌즈의 수직방향 중심안정위치의 차이에서는 정면주시 시 통계적인 유의성($p=0.005$)이 관찰되었으며, 사후분석 결과, 이러한 통계적 유의성은 SB 및 AB/SS와 AB/IS 사이의 차이 ($p<0.05$)에서 기인함을 알 수 있었다(Fig. 3B). 그러나 렌즈 종류에 따른 멀티포컬렌즈들의 수직방향 중심안정위치 간 통계적인 유의성은 40° 하방 주시 시에만 B 렌즈와 A 및 C 렌즈 사이에서 나타났다($p<0.05$, Fig. 3D).

따라서 이러한 결과로부터 현재 국내 유통 중인 멀티포컬 렌즈의 중심안정위치의 차이는 상이한 디자인 및 파라미터를 가지는 렌즈 종류에 따른 차이가 아닌 각막지형에 의해 우선적으로 영향을 받음을 알 수 있었다. 또한 주시각도에 따른 변화가 수평방향 대비 상대적으로 큰 수직방향의 중심안정위치는 AB/SS 각막인 경우 멀티포컬 렌즈의 종류에 관계없이 그 변화가 가장 작았고, SB 각막의 경우는 가장 큰 변화를 보였으므로 각막지형 별로 주시각도에 따른 시력 차이가 나타날 수 있을 것이라 예상할 수 있었다. 한편 합수율 58%, 베이스커브 8.4 mm의 B 렌즈 착용 시 가장 스틱한 피팅 상태이었을 것이라 예상하였으나 합수율이 각각 62% 및 78%, 베이스커브가 각각 8.7 및 8.6 mm인 A 및 C 렌즈에 비하여 하방 주시 시 수직방향으로의 중심안정위치 변화가 크게 나타났다. 따라서 본 연구에서 보였던 하방 주시 시 멀티포컬 렌즈들 간의 수직방향 편심의 차이는 렌즈 파라미터로 예상되는 피팅 상태로는 설명할 수 없다고 판단되었다.

2. 주시방향 별 멀티포컬 렌즈의 광학부가 동공을 덮는 비율

멀티포컬 렌즈의 중심안정위치가 각막지형과 주시각도에 따라 차이를 나타내었으므로 시력 교정에 영향을 미치

는 각 렌즈 광학부의 동공 덮음에도 차이가 있는가를 알아보고자 하였다. 즉, 렌즈 중심부의 가입도 영역과 원고리부의 원용 영역을 가지는 멀티포컬 렌즈의 광학부가 모든 주시각도에서 동공을 벗어남 없이 잘 덮고 있는가, 조도 조건에 달라졌을 때 가입도 영역과 원용 영역이 각각 어떠한 비율로 동공을 덮고 있는가를 알아보았다. 이를 위하여 명소시 조건 때의 동공 크기는 4.97 mm로, 박명시 조건 때의 동공 크기는 6.30 mm로 설정하였고, 각 조도 조건 하에서 동공이 렌즈 광학부로 다 덮혀 있을 때를 100.0%로 하여, 가입도 영역과 원용 영역이 각각 차지하는 면적을 상대적인 비율로 나타내었다(Table 3, 4).

멀티포컬 렌즈 착용 후 정면주시 시에는 렌즈 종류와 조도 조건에 관계없이 광학부가 동공을 벗어남 없이 100.0% 다 덮고 있음이 관찰되었다. 그러나 조도 조건과 주시각도에 따라 가입도 영역과 원용 영역이 차지하는 면적 비율은 각막지형과 렌즈 별로 달랐다. 즉, 명소시 조건에서 정면과 15° 하방 주시 시에는 렌즈 중심으로부터 2.0 mm의 가입도 영역을 가지는 A 렌즈의 경우, 모든 각막지형에서 가입도 영역의 동공 덮음이 64.2%, 렌즈 중심으로부터 1.8 mm의 가입도 영역을 가지는 B 및 C 렌즈의 경우는 54.0%로 나타났다(Table 3). 그러나 40° 하방 주시 시에는 A 및 C 렌즈를 착용한 AB/IS 각막을 제외한 모든 경우에서 가입도 영역의 일부가 동공을 벗어난 것을 확인할 수 있었다. 그 결과 A 렌즈 착용 후 40° 하방 주시 시에는 가입도 영역의 동공 덮음이 SB, AB/SS 및 AB/IS 각막에서 순서대로 62.3%, 62.7% 및 64.2%로 나타났고, B 렌즈의 경우는 동일한 순서대로 48.3%, 52.9% 및 53.7%로 나타났으며, C 렌즈의 경우는 순서대로 53.9%, 54.0% 및 54.0%로 나타났다. 주시각도에 따른 수직방향 편심이 0.66 mm(AB/SS) ~0.82 mm(SB)로 가장 적었던 A 렌즈(Fig. 2)의 경우는 상대적으로 큰 가입도 영역을 가져 동공을 덮는 면적 비율의 감소가 크지 않았다. 반면 동일한 가입도 영역을 가진 B

Table 3. Relative area of the pupil covered by the optical zone of each multifocal lens based on gaze direction under photopic condition

Lens	Optical zone	Relative area of pupil covered by the optical zone of multifocal lens (%)											
		Corneal type			SB			AB/SS			AB/IS		
		Gaze	Primary	15° down	40° down	Primary	15° down	40° down	Primary	15° down	40° down		
A	Add		64.2	64.2	62.3	64.2	64.2	62.7	64.2	64.2	64.2		
	Distance		35.8	35.8	37.7	35.8	35.8	37.3	35.8	35.8	35.8		
B	Add		54.0	54.0	48.3	54.0	54.0	52.9	54.0	54.0	53.7		
	Distance		46.0	46.0	51.7	46.0	46.0	47.1	46.0	46.0	46.3		
C	Add		54.0	54.0	53.9	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0		
	Distance		46.0	46.0	46.1	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0		

SB, symmetric bow-tie typed cornea; AB/SS, asymmetric bow-tie with superior steep typed cornea; AB/IS, asymmetric bow-tie with inferior steep typed cornea

Table 4. Ratio of the pupil covered by the optical zone of each multifocal lens based on gaze direction under mesopic condition

Lens	Optical zone	Pupil area covered by the optical zone of multifocal lens (%)									
		Corneal type			AB/SS			AB/IS			
		Gaze	Primary	15° down	40° down	Primary	15° down	40° down	Primary	15° down	40° down
A	Add		41.4	41.4	41.4	41.4	41.4	41.4	41.4	41.4	41.4
	Distance		58.6	58.6	58.6	58.6	58.6	58.6	58.6	58.6	58.6
B	Add		34.8	34.8	34.8	34.8	34.8	34.8	34.8	34.8	34.8
	Distance		65.2	65.2	64.6	65.2	65.2	65.2	65.2	65.2	65.2
C	Add		34.8	34.8	34.8	34.8	34.8	34.8	34.8	34.8	34.8
	Distance		65.2	65.2	65.2	65.2	65.2	65.2	65.2	65.2	65.2

SB, symmetric bow-tie typed cornea; AB/SS, asymmetric bow-tie with superior steep typed cornea; AB/IS, asymmetric bow-tie with inferior steep typed cornea

및 C 렌즈의 경우, 40° 하방 주시 시 수직방향의 편심이 0.84 mm(AB/SS)~1.18 mm(SB)로 가장 컸던 B 렌즈가 0.67 mm(AB/SS)~0.93 mm(SB and AB/IS)의 C 렌즈보다 더 큰 가입도 영역의 동공 덮음 비율이 감소될 것이라 예상하였으나 SB형 각막에서만 5.6%p의 차이가 관찰되었다(Table 3).

한편 박명시 조건에서는 모든 멀티포컬 렌즈 착용 후 정면 및 15°하방주시 시 A 렌즈의 가입도 및 원용 영역의 동공 덮음 비율은 각각 41.4% 및 58.6%, B와 C 렌즈의 가입도 및 원용 영역의 경우는 동공 덮음이 34.8%와 65.2%로 나타났다(Table 4). 명소시 조건 대비 커진 동공크기로 인하여 원용 영역의 동공 덮음 비율이 정면 및 15°하방 주시 시 모두 A, B 및 C 렌즈의 순서대로 22.8%p, 19.2%p 및 19.2%p 커졌음을 알 수 있었다(Table 3, 4). 한편 박명시 조건에서 40° 하방 주시 시에는 모든 렌즈 광학부 중 가입도 영역이 동공을 벗어난 경우는 없었으나 B 렌즈를 착용한 SB에서는 유의한 렌즈 상방 편심으로 광학부가 동공을 벗어나는 경우가 발생하였고, 그 결과 원용 영역의 동공 덮음이 64.6%로 0.6%p 감소됨이 관찰되었다(Table 4).

따라서 A 및 C 렌즈 착용 시에는 각막지형에 관계없이 정면에서 15° 하방 주시 사이에는 시각적 만족도가 크게 변하지 않을 것으로 예상할 수 있으며, 근거리 시생활을 주로 하는 경우라면 A 렌즈의 착용 시 시각적 만족도가 높을 것으로 예상되었다. 반면 B 렌즈를 착용한 SB형 각막의 경우 하방 주시각도가 40°로 커진다면 조도 조건에 따라 시력 만족도가 달라질 것이라 생각되었다.

3. 멀티포컬 렌즈의 주시각도 별 근거리 대비시력 변화

명소시 조건에서 정면 주시 시 근거리 고대비시력(NHCVA)은 SB 각막에서는 A, B 및 C 렌즈의 순서대로 0.03±0.13, 0.02±0.12 및 0.08±0.11 logMAR이었으며, 비대칭나비형 각막 중 AB/SS는 동일한 렌즈 순서대로 0.08±0.04, 0.08±0.08 및 0.12±0.08 logMAR이었고, AB/IS의 경우는

0.20±0.13, 0.15±0.10 및 0.08±0.13 logMAR이었다. 한편 동일 조건 하에서 근거리 저대비시력(NLCVA)은 렌즈 순서대로 SB에서는 0.20±0.17, 0.19±0.14 및 0.19±0.14 logMAR이었고, AB/SS에서는 동일한 순서대로 0.22±0.04, 0.27±0.12 및 0.32±0.15 logMAR이었고, AB/IS에서는 0.40±0.11, 0.35±0.10 및 0.33±0.12 logMAR이었다. 박명시 조건에서 정면 주시 시 NHCVA는 SB에서는 A, B 및 C 렌즈의 순서대로 0.42±0.09, 0.35±0.11 및 0.37±0.09 logMAR이었으며, 비대칭나비형 각막 중 AB/SS는 동일한 렌즈 순서대로 0.38±0.16, 0.37±0.19 및 0.40±0.13 logMAR이었고, AB/IS의 경우는 0.52±0.21, 0.40±0.14 및 0.55±0.21 logMAR이었다. 한편 동일 조건 하에서 NLCVA는 렌즈 순서대로 SB에서는 0.73±0.06, 0.65±0.10 및 0.65±0.10 logMAR이었고, AB/SS에서는 동일한 순서대로 0.68±0.15, 0.72±0.22 및 0.72±0.08 logMAR이었고, AB/IS에서는 0.88±0.17, 0.78±0.10 및 0.82±0.17 logMAR이었다. 이러한 결과로부터 명소시와 박명시 조건에서 정면 주시 시 각 멀티포컬 렌즈의 가입도 영역의 동공 덮음 비율이 근거리 대비시력과 반드시 일치하는 것은 아님을 알 수 있었다. 즉, A 렌즈의 가입도 영역의 동공 덮음 비율이 조도 조건에 관계없이 가장 큰 경향을 나타내었으나 모든 각막에서 가장 좋은 근거리 대비시력을 보이지 않았으며, 동일한 동공 덮음 비율을 보였던 B 및 C 렌즈 착용 시의 근거리 대비시력 또한 상이한 것으로 나타났다. 따라서 멀티포컬 렌즈의 가입도 영역에서의 디자인이 시력에 영향을 미치며, 각막지형마다 최상의 근거리 대비시력을 보이는 렌즈의 종류가 달라짐을 예상할 수 있다.

정면에서 15° 하방으로 주시가 변하였을 때 명소시 조건에서 NHCVA는 SB의 경우는 A, B 및 C 렌즈의 순서대로 0.05±0.05, 0.04±0.12 및 -0.03±0.09 logMAR의 변화를 나타내었으며, 비대칭나비형 각막 중 AB/SS는 동일한 렌즈 순서대로 0.05±0.08, -0.02±0.08 및 0.00±0.09 logMAR의 변화를 보였고, AB/IS의 경우는 0.02±0.10, 0.00±0.06 및 0.05±0.05 logMAR의 변화를 나타내었다(Fig. 4). SB형 각

막에 C 렌즈, AB/SS형 각막에 B 렌즈 착용 시 정면 주시보다 15° 하방 주시하였을 때 NHCVA가 다소 개선되는 경향을 나타내었으나 명소시 조건 하에서 15° 하방으로 주시 변화 시 발생하는 NHCVA 차이는 각막지형과 렌즈 종류 간에서 통계적으로 유의하지 않았다. 한편, 동일 조건 하에서 NLCVA는 SB에서는 A, B 및 C 렌즈의 순서대로 0.02±0.08, 0.03±0.09 및 0.04±0.08 logMAR의 변화를 나타내었으며, AB/SS의 경우는 동일한 순서대로 0.08±0.13, 0.00±0.06 및 0.03±0.05 logMAR의 변화를, AB/IS에서는 0.02±0.04, 0.02±0.04 및 0.02±0.08 logMAR의 변화를 나타내었으나 NHCVA의 경우와 마찬가지로 각막지형과 렌즈 종류 간 NLCVA의 유의한 차이를 확인할 수 없었다. 그러나 멀티포컬 렌즈 종류에 관계없이 15° 하방 주시 시 정면 주시 대비 NLCVA가 감소되는 경향을 보임을 알 수 있었다(Fig. 4). 박명시 조건에서 정면에서 15° 하방 주시로 주시각도를 바꾸었을 때 NHCVA는 SB에서는 A, B 및 C 렌즈의 순서대로 0.01±0.06, 0.09±0.09 및 0.05±0.08 logMAR의 변화를 보였고, AB/SS는 동일한 순서대로 0.02±0.10, 0.02±0.10 및 0.03±0.12 logMAR의 변화를, AB/IS에서는 0.10±0.06, 0.13±0.05 및 0.03±0.05 logMAR의 변화를 나타

내었다(Fig. 3). 명소시 조건의 경우와는 달리 15° 하방 주시 시 박명시 조건에서의 NHCVA가 모두 저하됨을 알 수 있었다. 또한 박명시 조건에서는 렌즈의 종류에 관계없이 AB/SS보다 AB/IS 각막지형에서 통계적으로 유의하게 더 큰 NHCVA의 감소를 보임을 알 수 있었다($p<0.05$). 한편 동일 조건 하에서의 NLCVA는 SB의 경우는 A, B 및 C 렌즈의 순서대로 -0.01±0.03, 0.09±0.08 및 0.03±0.06 logMAR의 변화를 나타내었고, AB/SS에서는 동일 순서대로 0.00±0.00, 0.03±0.05 및 0.03±0.05 logMAR의 변화를 보였고, AB/IS의 경우는 0.00±0.00, 0.05±0.05 및 0.03±0.05 logMAR의 시력변동을 나타내었다. 박명시 조건 하에서는 각막지형에 관계없이 A와 B 렌즈($p<0.05$), A와 C렌즈($p<0.05$) 및 B와 C렌즈($p<0.05$) 사이에서의 NLCVA 차이가 모두 통계적으로 유의한 것으로 나타났는데, A 렌즈보다 B와 C 렌즈에서, C 렌즈보다 B 렌즈에서 더 많은 NLCVA의 감소를 보이는 것으로 나타났다.

한편, 정면에서 40° 하방으로 주시각도가 변하였을 때 명소시 조건에서의 NHCVA는 SB의 경우는 A, B 및 C 렌즈의 순서대로 0.15±0.07, 0.16±0.10 및 0.13±0.10 logMAR의 변화를 나타내었으며, AB/SS의 경우는 동일한 렌즈 순서

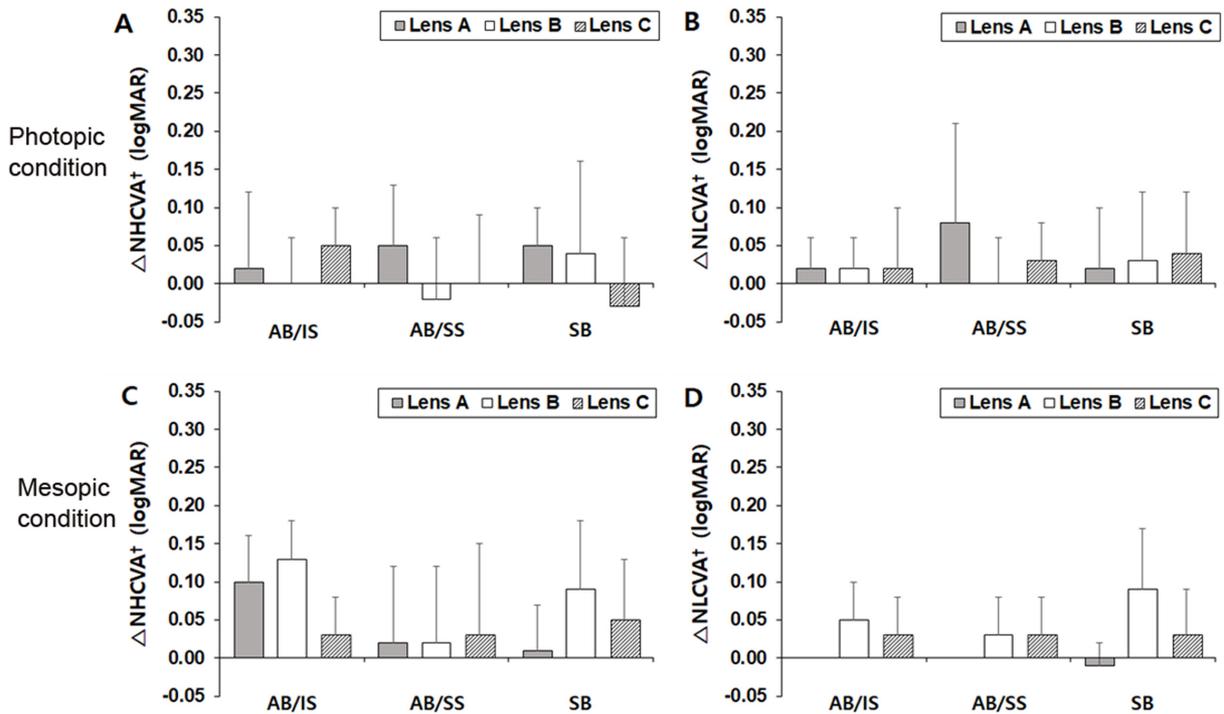


Fig. 4. Differences in high and low contrast visual acuity between primary and 15° down gaze based on corneal and lens type while wearing multifocal contact lenses.

A. near high contrast visual acuity under photopic condition, B. near low contrast visual acuity under photopic condition, C. near high contrast visual acuity under mesopic condition, D. near low contrast visual acuity under mesopic condition

SB, symmetric bow-tie typed cornea; AB/SS, asymmetric bow-tie with superior steep typed cornea; AB/IS, asymmetric bow-tie with inferior steep typed cornea

†(logMAR during 15° down gaze) – (logMAR during primary gaze)

대로 0.18±0.04, 0.12±0.12 및 0.13±0.12 logMAR의 변화를, AB/IS의 경우는 0.05±0.14, 0.10±0.06 및 0.17±0.10 logMAR의 변화를 나타내었으나(Fig. 5) NHCVA 차이의 통계적 유의성을 분석한 결과, 각막지형과 렌즈 종류 간 NHCVA의 유의한 차이는 관찰되지 않았다. 그러나 정면에서 15° 하방으로 주시하였을 경우(Fig. 4)보다 모든 렌즈에서 더 큰 NHCVA의 감소량을 보였다. 한편, 동일 조건 하에서 NLCVA는 SB의 경우는 A, B 및 C 렌즈의 순서대로 0.12±0.10, 0.18±0.13 및 0.13±0.06 logMAR의 변화를 나타내었으며, AB/SS에서는 동일한 렌즈 순서대로 0.17±0.05, 0.10±0.11 및 0.18±0.10 logMAR의 변화를, AB/IS의 경우는 0.13±0.12, 0.05±0.05 및 0.13±0.05 logMAR의 변화를 나타냈으나(Fig. 5) 각막지형과 렌즈 종류 간 NLCVA 차이에서는 통계적인 유의성이 관찰되지 않았다. 그러나 각막지형을 SB와 AB로 나눌 시에는 각막지형 별 렌즈 종류에 따른 저대비시력 감소량의 변화 양상은 통계적으로 유의하게 차이가 있음을 알 수 있었다($p=0.016$). 즉, SB에서 B 렌즈 착용 시 가장 큰 저대비시력 감소를 보인 반면, AB는 상대적으로 적은 저대비시력의 감소를 보임을 알 수 있었다. 박명시 조건에서 정면 주시에서 40° 하방 주시로 주

시를 바꾸었을 때 NHCVA는 SB에서는 A, B 및 C 렌즈의 순서대로 0.13±0.05, 0.18±0.08 및 0.16±0.10 logMAR의 변화를 보였고, AB/SS는 동일한 순서대로 0.17±0.12, 0.15±0.05 및 0.17±0.08 logMAR의 변화를, AB/IS에서는 0.20±0.00, 0.23±0.08 및 0.08±0.10 logMAR의 변화를 나타내었다(Fig. 4). 각막지형 별 렌즈 종류에 따른 NHCVA 감소량의 변화 양상은 통계적으로 유의한 차이를 나타내어($p=0.039$), 박명시 조건 하에서는 SB 및 AB/IS에서는 B 렌즈, AB/SS에서는 A 및 C 렌즈를 착용하였을 때 주시각도 변화에 따른 NHCVA의 감소가 큼을 알 수 있었다. 한편 동일한 조건 하에서의 NLCVA는 SB의 경우는 A, B 및 C 렌즈의 순서대로 0.06±0.07, 0.15±0.08 및 0.12±0.07 logMAR의 변화를 나타내었고, AB/SS에서는 동일 순서대로 0.17±0.05, 0.10±0.09 및 0.12±0.08 logMAR의 변화를 보였고, AB/IS는 0.08±0.04 0.10±0.09 및 0.12±0.08 logMAR의 감소를 나타내었다(Fig. 5). 각막지형 별 렌즈 종류에 따른 NLCVA 감소량의 변화 양상은 통계적으로 유의한 차이($p=0.032$)를 나타내었으며, SB에서는 B 렌즈 착용 시 가장 큰 NLCVA의 감소를 보였던 반면, AB/SS와 AB/IS에서는 가장 적은 감소를 보임을 알 수 있었다.

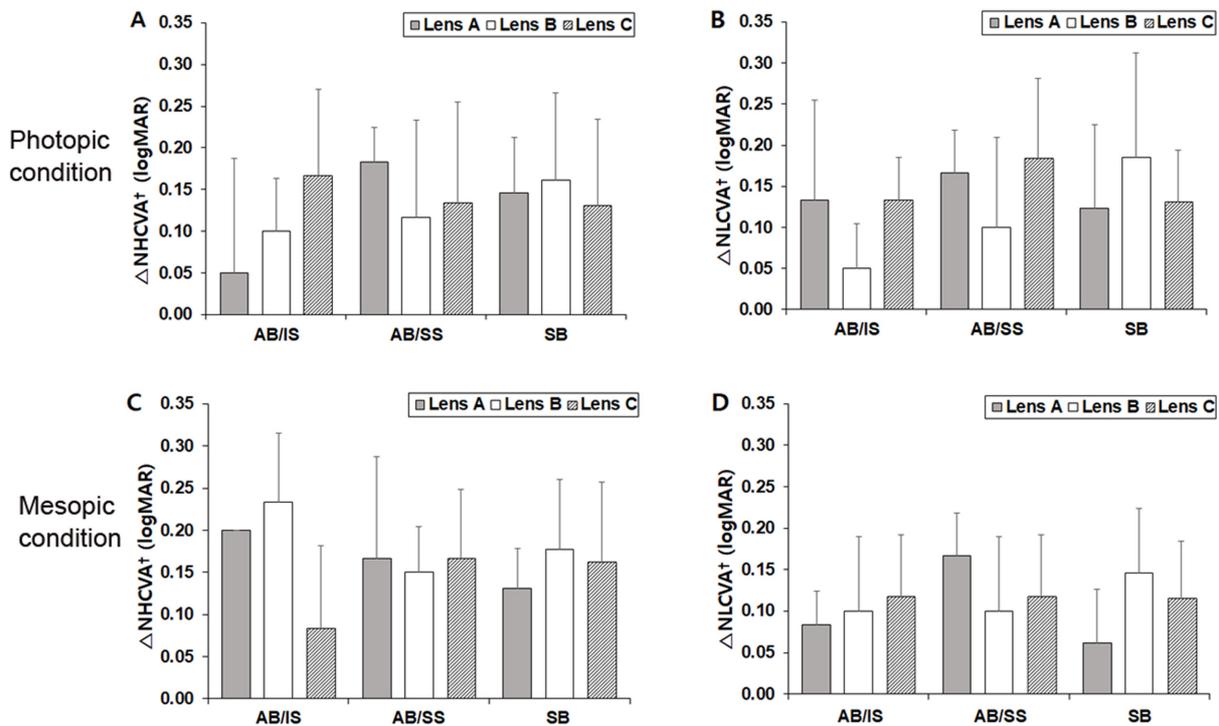


Fig. 5. Differences in high and low contrast visual acuity between primary and 40° down gaze based on corneal and lens type while wearing multifocal contact lenses. A. near high contrast visual acuity under photopic condition, B. near low contrast visual acuity under photopic condition, C. near high contrast visual acuity under mesopic condition, D. near low contrast visual acuity under mesopic condition
SB, symmetric bow-tie typed cornea; AB/SS, asymmetric bow-tie with superior steep typed cornea; AB/IS, asymmetric bow-tie with inferior steep typed cornea
†(logMAR during 40° down gaze) – (logMAR during primary gaze)

명소시 조건에서 15° 하방에서 40° 하방으로 주시각도가 변하였을 때 NHCVA와 NLCVA는 SB에서는 A, B 및 C 렌즈의 순서대로 각각 0.10±0.08, 0.12±0.08 및 0.16±0.08 logMAR와 0.10±0.07, 0.15±0.12 및 0.09±0.06 logMAR의 변화를 나타내었으며, AB/SS는 동일한 렌즈 순서대로 각각 0.13±0.10, 0.13±0.05 및 0.13±0.05 logMAR와 0.08±0.10, 0.10±0.09 및 0.15±0.14 logMAR의 변화를 보였고, AB/IS의 경우는 각각 0.03±0.15, 0.10±0.06 및 0.12±0.10 logMAR와 0.12±0.12, 0.03±0.08 및 0.12±0.10 logMAR의 변화를 나타내었으나(Fig. 6) 주시각도 변화에 따른 각막지형과 렌즈 종류 간 NHCVA 차이와 NLCVA의 차이에서는 모두 통계적인 유의성이 관찰되지 않았다.

박명시 조건에서 15° 하방에서 40° 하방 주시각도를 바꾸었을 때 NHCVA와 NLCVA는 SB에서는 A, B 및 C 렌즈의 순서대로 각각 0.12±0.06, 0.08±0.09 및 0.12±0.07 logMAR와 0.07±0.06, 0.05±0.09 및 0.08±0.04 logMAR의 변화를 보였고, AB/SS는 동일한 순서대로 각각 0.15±0.05, 0.13±0.08 및 0.13±0.08 logMAR와 0.17±0.05, 0.07±0.08 및 0.08±0.10 logMAR의 변화를 나타내었고, AB/IS에서는 각각 0.10±0.06, 0.10±0.09 및 0.05±0.08 logMAR

와 0.08±0.04, 0.05±0.08 및 0.08±0.08 logMAR의 변화를 나타내었으나(Fig. 6) 박명시 조건 하에서도 각막지형과 렌즈 종류에 따른 NHCVA 차이와 NLCVA 차이에서는 통계적인 유의성이 관찰되지 않았다. 따라서 멀티포컬 렌즈의 종류와 조도 조건에 관계없이 15° 하방에서 40° 하방 주시각도를 변경하였을 때에는 통계적으로 유의한 근거리 대비시력의 변화는 없는 것으로 판단할 수 있었다.

본 연구 결과, 명소시 조건에서는 멀티포컬 렌즈 착용 후 정면에서 15° 하방 및 40° 하방으로 주시를 바꿀 때 각막지형과 렌즈 종류에 따라 가입도 영역이 동공을 이탈하는 경우가 있었으나, 박명시 조건 하에서는 동일한 주시각도의 변화에서 각막지형과 렌즈 종류에 관계없이 동공으로부터 가입도 영역의 이탈을 보이는 경우는 없는 것으로 나타났다. 또한 하방으로의 주시각도 변경 시 가입도 영역의 동공 이탈이 나타나지 않는 경우에도 각막지형에 따라 근거리 대비시력의 감소가 크게 영향을 받는 렌즈가 있음이 확인되었으며, 박명시 조건에서 NHCVA의 경우는 렌즈 종류에 관계없이 AB/SS보다 AB/IS 각막에서 더 큰 대비시력 감소를, NLCVA의 경우는 각막지형에 관계없이 B > C > A 렌즈 순으로 근거리 대비시력 감소를 보임이 확인

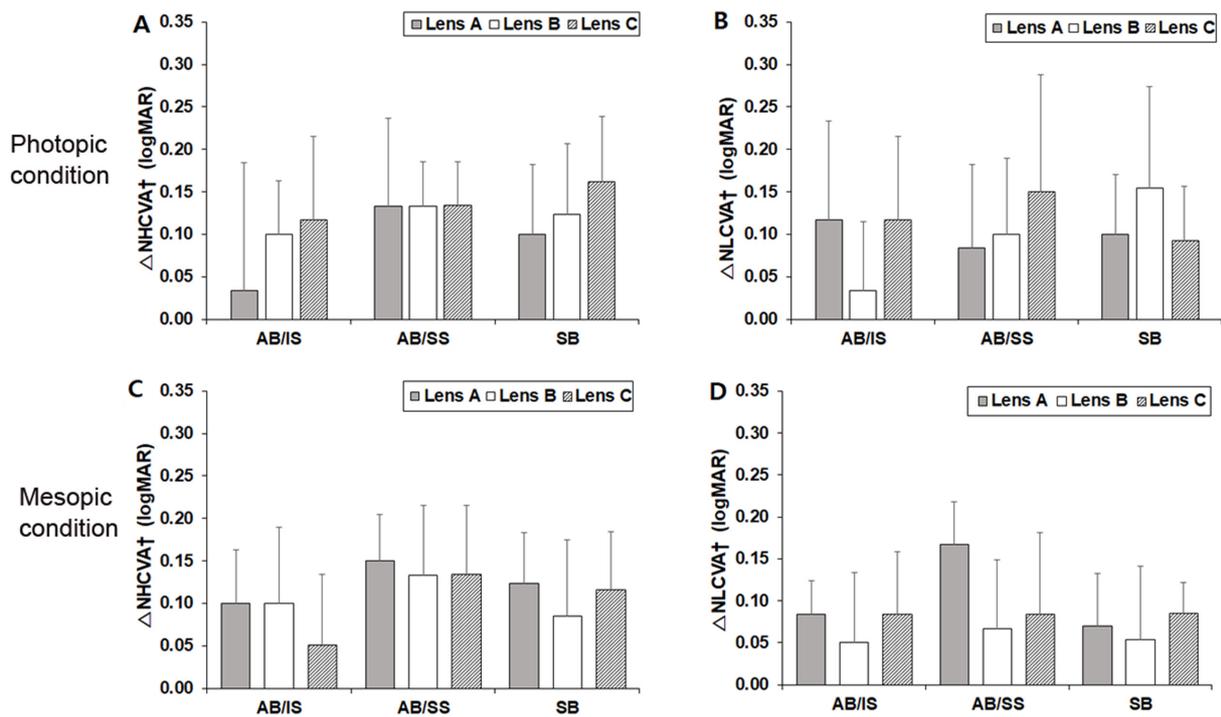


Fig. 6. Differences in high and low contrast visual acuity between 15° and 40° down gaze based on corneal and lens type while wearing multifocal contact lenses. A. near high contrast visual acuity under photopic condition, B. near low contrast visual acuity under photopic condition, C. near high contrast visual acuity under mesopic condition, D. near low contrast visual acuity under mesopic condition
SB, symmetric bow-tie typed cornea; AB/SS, asymmetric bow-tie with superior steep typed cornea; AB/IS, asymmetric bow-tie with inferior steep typed cornea
†(logMAR during 40° down gaze) – (logMAR during 15° down gaze)

되었다. 본 연구에서 사용된 3종류의 멀티포컬 렌즈는 모두 비구면 디자인의 렌즈로 가입도 영역 뿐만 아니라 원용 영역에서도 측정구간 별로 굴절력이 점진적으로 변하는 특성을 가진다. 이러한 특성이 각막지형 별로 렌즈 종류에 따른 근거리 대비시력의 변화 양상의 차이에 원인이 되는 것으로 생각되었다. 그러나 본 연구에서는 광학부 영역을 가입도 및 원용 영역의 두 영역으로만 분류하여 동공 덮음 비율을 비교하였으므로, 가입도 영역의 동공 이탈이 관찰되지 않았다 하더라도 굴절력의 변화가 크게 나타나는 특정 구간이 동공의 어느 위치를 덮고 있었는가를 확인할 수 없었다는 한계점이 있다. 따라서 각막형상 요인을 반영한 비구면 디자인 멀티포컬 렌즈의 주시거리 별 만족할만한 근거리 및 원거리 시력을 얻기 위하여서는 가입도 영역 뿐만 아니라 광학부를 더 다양하게 세분화하여 특정 굴절력 변이 구간의 이탈이 원거리나 중간거리 대비시력에는 어떠한 영향을 미치는가를 밝히는 후속연구가 이루어져야 할 것이다.

본 연구에서는 멀티포컬 렌즈 착용 후 주시각도 변화 시 각막지형 및 멀티포컬 렌즈의 종류에 따른 렌즈의 편심, 근거리 대비시력의 변화를 비교하였으나 근거리 및 원거리 시력에 대한 자각적 만족도 평가를 실시하지 않아 근거리 대비시력 변화가 자각적인 시력 만족도에 미치는 영향을 확인할 수 없는 한계점 또한 존재한다. 그러나 Jong 등^[19]은 동시보기 디자인 렌즈를 착용한 후 모든 주시거리와 조도에서 대비시력이 감소할수록 대부분 자각적 시력 만족도 등급도 감소하는 상관성을 보인다고 하였으므로, 본 연구에서 관찰된 광학부 영역의 동공 이탈은 대비시력 감소와 더불어 자각적 시력 만족도 또한 감소시킬 것으로 예상할 수 있다. 따라서 추후 연구에서는 본 연구 결과로부터 주시각도 변화 시 각막지형 별 대비시력 감소를 최소화시키는 멀티포컬 렌즈를 선택하고 자각적 시력 만족도에 긍정적인 영향을 미치는가를 확인할 필요성이 있을 것이다. 본 연구의 또 다른 한계점으로는 멀티포컬 렌즈를 통한 시력 교정이 등가구면 방식으로 이루어져 난시 교정이 불완전하다는 것이며, 이로 인하여 근거리 대비시력의 변화 양상이 영향을 받았을 가능성을 배제할 수 없다는 것이다.

국내 안경원에서 멀티포컬 렌즈의 주 사용 연령대는 40대 이상으로 주로 노안 교정을 위해서 처방이 이루어지고 있다.^[20] 그러나 본 연구는 20대 성인의 각막지형과 동공크기를 대상으로 수행된 연구이므로 조도나 각막지형, 주시각도의 변화가 동일하다 하더라도 중장년층에서의 작아진 동공 크기로 인하여^[21,22] 동공에서 가입도 영역이 벗어난 정도, 근거리 시력의 변화 정도가 달라질 수 있다. 다양한 연령대에서 각막지형을 측정된 Topuz 등^[23]의 선행 연구에

의하면 평균 5~10세, 11~20세, 21~30세 그룹에서는 수직 나비형 패턴을 보이거나 31~40세, 41~50세, 51세 이상 그룹에서는 원형 패턴을 보여, 연령대 별 주 각막지형이 달라짐을 시사하였다. 따라서 각막지형과 주시각도 변화를 고려한 멀티포컬 렌즈의 주 사용 대상자를 위한 멀티포컬 렌즈의 처방 가이드라인 제작에 도움을 제공할 수 있도록 이에 대한 추가적 후속 연구가 필요할 것으로 판단된다.

결론

본 연구에서는 비구면 중심부 근용 멀티포컬 렌즈의 착용 시 각막지형에 따른 중심안정위치의 변화를 주시각도에 따라 분석한 결과, 모든 하방주시 조건에서 비대칭나비형 각막보다 대칭나비형 각막에서 유의하게 더 큰 상방 편심을 밝혔으므로 멀티포컬 렌즈의 적절한 선택과 피팅을 위한 각막지형 확인의 필요성을 제안할 수 있겠다. 또한 명소시와 박명시 조건 하에서 각막지형 유형 별로 최적의 근거리 대비시력을 보이는 멀티포컬 렌즈와 주시각도 변화에 따른 근거리 대비시력의 감소를 최소화할 수 있는 멀티포컬 렌즈의 종류가 달라짐을 알 수 있었다. 따라서 20대 성인 SB 각막의 경우는 주시 방향에 따라 상대적으로 큰 렌즈 편심과 동공 덮음의 변화가 발생하므로 렌즈 광학부의 굴절력 변화가 완만한 멀티포컬 렌즈 선택의 필요성을, AB/IS와 AB/SS 각막의 경우는 각각 각막지형과 주시습관을 고려한 피팅 가이드라인의 필요성을 제안할 수 있으나 이의 정립을 위하여서는 다양한 연령대의 대상자를 통한 대규모 후속 연구가 뒤따라야 할 것이다.

REFERENCES

- [1] Lee J, Hong I, Lee J, et al. Smartphone text resizing interaction for the eye health of the presbyopia population. *UIST '17 Adjunct*. 2017;161-163. DOI: <https://doi.org/10.1145/3131785.3131830>
- [2] Contact Lens Spectrum. International contact lens prescribing in 2016, 2017. <http://www.clspectrum.com/issues/2017/january/international-contact-lens-prescribing-in-2016> (02 April 2023).
- [3] Richdale K, Mitchell GL, Zadnik K. Comparison of multifocal and monovision soft contact lens corrections in patients with low-astigmatic presbyopia. *Optom Vis Sci*. 2006;83(5):266-273. DOI: <https://doi.org/10.1097/01.opx.0000216098.62165.34>
- [4] Gupta N, Naroo SA, Wolffsohn JS. Visual comparison of multifocal contact lens to monovision. *Optom Vis Sci*. 2009;86(2):98-105. DOI: <https://doi.org/10.1097/OPX.0b013e318194eb18>
- [5] Kim H. Clinical results of multifocal soft contact lens

- wear in presbyopia. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2020;25(3):265-272. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2020.25.3.265>
- [6] Lee MJ, Jang HS, Lee KJ. Evaluation of visual performance according to multifocal contact lens prescription methods in presbyopia. *Korean J Vis Sci.* 2020;22(4):397-407. DOI: <https://doi.org/10.17337/JMBI.2020.22.4.397>
- [7] Montés-Micó R, Madrid-Costa D, Radhakrishnan H, et al. Accommodative functions with multifocal contact lenses: a pilot study. *Optom Vis Sci.* 2011;84(8):998-1004. DOI: <https://doi.org/10.1097/OPX.0b013e31821c0ed8>
- [8] Gong CR, Troilo D, Richdale K. Accommodation and phoria in children wearing multifocal contact lenses. *Optom Vis Sci.* 2017;94(3):353-360. DOI: <https://doi.org/10.1097/OPX.0000000000001044>
- [9] Tarrant J, Severson H, Wildsoet CF. Accommodation in emmetropic and myopic young adults wearing bifocal soft contact lenses. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2008;28(1):62-72. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1475-1313.2007.00529.x>
- [10] Altoaimi BH, Almutairi MS, Kollbaum PS, et al. Accommodative behavior of young eyes wearing multifocal contact lenses. *Optom Vis Sci.* 2018;95(5):416-427. DOI: <https://doi.org/10.1097/OPX.0000000000001214>
- [11] Jong WC, Kim SH, Kim JM. Near visual performance of multifocal contact lenses in university students. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2011;16(1):51-60.
- [12] Choi JS. The effect of anterior eye shape and gaze angle on multifocal contact lenses decentration and near vision. MS Thesis. Seoul National University of Science and Technology, Seoul. 2022;12, 59.
- [13] Park SH. Evaluation of the parameters of central near multifocal contact lenses. MS Thesis. Seoul National University of Science and Technology, Seoul. 2021;19-64.
- [14] Kim E, Bakaraju RC, Ehrmann K. Power profiles of commercial multifocal soft contact lenses. *Optom Vis Sci.* 2017;94(2):183-196. DOI: <https://doi.org/10.1097/OPX.0000000000000998>
- [15] Bogan SJ, Waring GO, Ibrahim O, et al. Classification of normal corneal topography based on computer-assisted videokeratography. *Arch Ophthalmol.* 1990;108(7):945-949. DOI: <https://doi.org/10.1001/archophth.1990.01070090047037>
- [16] Sinjab MM. Introduction to astigmatism and corneal irregularities. *Customized Laser Vision Correction.* 2018;1-64. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-72263-4_1
- [17] Kim HB, Lee KJ. Study on visual acuity according to the illuminance in presbyopes wearing center-near multifocal contact lenses. *Korean J Vis Sci.* 2020;22(4):387-396. DOI: <https://doi.org/10.17337/JMBI.2020.22.4.387>
- [18] Madrid-Costa D, García-Lázaro S, Albarrán-Diego C, et al. Visual performance of two simultaneous vision multifocal contact lenses. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2013;33(1):51-56. DOI: <https://doi.org/10.1111/opo.12008>
- [19] Jong M, Tilia D, Sha J, et al. The relationship between visual acuity, subjective vision, and willingness to purchase simultaneous-image contact lenses. *Optom Vis Sci.* 2019;96(4):283-290. DOI: <https://doi.org/10.1097/OPX.0000000000001359>
- [20] Kwon JY, Park SH, Kim SR, et al. A survey on the actual status of multifocal soft contact lenses prescription and evaluation of their fitting status for Korean opticians. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2019;24(3):239-248. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2019.24.3.239>
- [21] Nakamura K, Bissen-Miyajima H, Oki S, et al. Pupil sizes in different Japanese age groups and the implications for intraocular lens choice. *J Cataract Refract Surg.* 2009;35(1):134-138. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2008.10.020>
- [22] Koch DD, Samuelson SW, Haft EA, et al. Pupillary and responsiveness: implications for selection of a bifocal intraocular lens. *Ophthalmology.* 1991;98(7):1030-1035. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0161-6420\(91\)32181-X](https://doi.org/10.1016/S0161-6420(91)32181-X)
- [23] Topuz H, Ozdemir M, Cinal A, et al. Age-related differences in normal corneal topography. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retina.* 2013;35(4):298-303. DOI: <https://doi.org/10.3928/1542-8877-20040701-06>

각막지형 및 주시각도에 따른 멀티포컬 콘택트렌즈의 편심 및 근거리 대비시력 변화의 관계

오치호¹, 최지수¹, 박미정², 김소라^{2,*}

¹서울과학기술대학교 안경광학과, 학생, 서울 01811

²서울과학기술대학교 안경광학과, 교수, 서울 01811

투고일(2023년 8월 15일), 수정일(2023년 8월 29일), 게재확정일(2023년 9월 1일)

목적: 본 연구에서는 비구면 중심부 근용 멀티포컬 소프트콘택트렌즈(이하 멀티포컬 렌즈)의 착용 시 주시각도 변화에 따라 각막지형 별 렌즈의 편심 및 근거리 시력의 변화를 알아보려고 하였다. 방법: 교정시력 0.8 이상 20대 남녀 30안을 대상으로 각막지형을 대칭나비형, 비대칭나비형 위 가파른 형태 및 아래 가파른 형태로 분류한 후 omafilcon A, etafilcon A 및 nesofilcon A 재료의 중심부 근용 멀티포컬 렌즈를 각각 착용시키고, 정면에서 15도 및 40도 하방으로 주시각도를 바꾸도록 하였다. 이 때 멀티포컬 렌즈의 편심 정도를 측정하였으며, 각 주시각도에서 멀티포컬 렌즈의 광학부가 대상자의 동공을 덮는 면적 비율을 가입도 영역과 원용 영역으로 구분하여 포토샵으로 계산하였다. 명소시와 박명시 조건에서 각각 근거리 대비시력을 측정한 후, 주시각도 변화에 따른 각막지형과 렌즈 종류 간 편심 및 근거리 대비시력 변화량의 관계를 분석하였다. **결과:** 모든 하방주시 조건에서 비대칭나비형 각막보다 대칭나비형 각막에서 유의한 멀티포컬 렌즈의 상방 편심이 확인되었다. 40도 하방 주시 시에는 명소시 조건에서는 정면 주시와의 근거리 저대비시력 차이값에서 각막지형 및 렌즈 종류 간의 상호작용이 나타났으며, 박명시 조건에는 정면 주시와의 근거리 고대비 및 저대비시력 차이값에 각막지형 및 렌즈 종류 간에서 통계적으로 유의한 상호작용이 있음을 알 수 있었다. 또한 멀티포컬 렌즈의 가입도 영역의 동공 덮음 비율이 근거리 대비시력과 반드시 일치하는 것은 아님을 알 수 있었다. **결론:** 본 연구 결과, 멀티포컬 렌즈 착용 후 대칭나비형 각막은 근거리 주시 방향에 따라 큰 래그를 보이는 반면, AB/IS와 AB/SS형 각막은 주시습관과 렌즈 디자인에 따라 근거리 대비시력에 차이를 보임을 알 수 있었으므로 멀티포컬 렌즈 피팅 시 각막지형 고려의 필요성을 제안할 수 있겠다.

주제어: 각막지형, 주시각도, 멀티포컬 콘택트렌즈, 렌즈 편심, 근거리 대비시력