ISSN(print) 1226-5012
J Korean Ophthalmic Opt Soc. 26(3):181-189, September 2021
http://dx.doi.org/10.14479/jkoos.2021.26.3.181

Comparison of Corneal Aberration and Contrast Sensitivity for WTR -Astigmatism according to the Prescription Method of Soft Contact Lenses

Min-kyeong Seo[1,a], Chae-Im Park[1,b], So Ra Kim[2,c], and Mijung Park[2,d,*]

[1]Dept. of Optometry, Seoul National University of Science and Technology, Student, Seoul 01811, Korea
[2]Dept. of Optometry, Seoul National University of Science and Technology, Professor, Seoul 01811, Korea
(Received August 9, 2021: Revised September 1, 2021: Accepted September 3, 2021)

Purpose: This study aimed to investigate the effect of wearing toric soft contact lenses (hereinafter toric lenses) or soft lenses for spherical equivalent prescription (hereinafter spherical lenses) on corneal aberration and contrast sensitivity of astigmatism. **Methods:** Seventeen WTR-astigmatism in their 20s with corneal astigmatism of > −0.75 D were fitted with toric or spherical lenses, and their corneal aberration and contrast sensitivity were measured and analyzed according to pupil size. Their subjective satisfaction was also evaluated. **Results:** Only when wearing toric lenses, significant decrease in corneal lower-order and total aberrations of WTR-astigmatism was observed compared with uncorrected eyes regardless of pupil size. On the other hand, higher-order aberration when wearing both lenses was statistically larger in 6 mm-pupil than uncorrected eyes. Spherical lenses tended to reduce the difference in corneal lower-order and total aberrations between astigmatic groups at 6 mm-pupil; however, when wearing toric lenses, the aberrations reduced compared with the uncorrected eyes, and the difference between the astigmatic groups at all pupil sizes was also decreased, but the largest in group III. Contrast sensitivity with toric lens wear was higher than the spherical lens wear, and the difference of contrast sensitivity from 5 cpd or higher was statistically significant; however, contrast sensitivity of group III significantly reduced from 5 cpd or higher regardless of prescription method. Higher satisfaction was observed for all subjective symptoms except stiffness when wearing toric lenses than spherical lenses. **Conclusions:** From the results, it was confirmed that corneal aberration and contrast sensitivity varies by pupil size depending on axial correction when prescribing contact lenses for astigmatism, which affects the visual satisfaction of wearers. In addition, it was possible to present academic research evidence that it is not appropriate to evaluate vision quality at the corneal level with total high-order aberration when wearing back toric lenses.

Key words: Toric soft contact lens, Spherical equivalent, Prescription method, Corneal aberration, Contrast sensitivity

서 론

시력교정을 위해 소프트콘택트렌즈(이하 소프트렌즈)를 착용할 때, 난시도가 크지 않은 경우에는 일반 소프트렌즈를 등가구면 방식으로 처방하는 경우가 많다.[1] 그러나 경선 별로 다른 굴절력을 가지는 난시에게 등가구면 처방을 적용할 경우에는 난시가 정확히 교정되지 않아 잔여 또는 유도난시가 발생할 수 있으며, 시력교정이 불가능하거나 만족스럽게 되지 않아 시력저하, 눈 찡그림, 입체시 감소 등 시생활과 일상생활에 큰 불편함을 초래할 수 있다.[2] 박 등[3]은 등가구면으로 처방된 구면 소프트렌즈를 착용하는 경우 고대비에서 토릭 소프트콘택트렌즈(이하 토릭렌즈)의 착용에서보다 시력이 낮게 측정되어 근거리 주시 시 안정피로를 유발할 수 있다고 하였으며, 김 등[4]은 난시가 완전교정되지 않을 경우 시력교정 만족도가 감소된다고 보고한 바 있다. 따라서 정확한 난시 교정은 건강하고 올바른 시생활을 위한 필수적인 요소라 할 수 있으며, 삶의 질에 영향을 미치게 되므로 이와 관련된 다양한 연구가 진행된 바 있다. 즉, 구면렌즈와 토릭렌즈 처방에 따른 저도 난시의 대비감도와 눈부심에 관한 연구,[5] 토릭렌즈와 등가구면 소프트렌즈 처방에 따른 근시성 직난시안의 원·근거리 대비시력을 비교한 연구,[3] 난시도에 따른 수차와 대비감도가 시력에 미치는 영향에 대한 연구[1] 등이 수행된 바 있으며, 김[6]은 선행연구에서 교정시력 저하와

*Corresponding author: Mijung Park, TEL: +82-2-970-6228, E-mail: mjpark@seoultech.ac.kr
Authors ORCID: [a]https://orcid.org/0000-0003-0515-3199, [b]https://orcid.org/0000-0003-0296-1596, [c]https://orcid.org/0000-0001-8786-2815, [d]https://orcid.org/0000-0002-4645-7415
본 논문의 일부내용은 2021년도 대한시과학회·한국안광학회 공동학술대회에서 구연으로 발표되었음

삶의 질 수준 저하는 강한 상관관계를 보이며, 특히 근, 원거리 시력과 높은 상관관계를 보인다고 하였다. 그러나 등가구면 소프트렌즈와 토릭렌즈를 처방하였을 때 난시도에 따른 시력의 질 차이에 대한 연구는 다소 부족한 실정이다.

이에 본 연구에서는 난시안에게 동일 재질의 등가구면 굴절력 처방의 소프트렌즈(이하 구면렌즈) 및 토릭렌즈를 이용하여 시력 교정하였을 때 착용자의 시력의 질에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 즉, 구면렌즈 및 토릭렌즈 착용 후 밝은 조도와 어두운 조도에서의 동공크기인 4 mm 및 6 mm[7]에서 시력의 질을 설명할 때 사용되고 있는 수차[8]와 대비감도[9]를 측정하여 비교하고자 하였고, 자각적 만족도를 알아보고자 하였다. 또한 착용자의 난시도 별로 소프트렌즈의 처방에 따른 각막수차와 대비감도를 비교함으로써 임상에서 콘택트렌즈로 난시안을 교정하고자 할 때 만족할만한 시력의 질 제공에 도움이 되는 기준을 제시하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구대상

안질환 및 전신질환이 없고 사시, 약시, 굴절 이상 교정 수술 등 안과적 수술 경험이 없는 20대 남, 여 중 각막난시가 –0.75 D 이상인 근시성 직난시안이면서 교정시력이 0.8 이상인 17명(평균 연령 23.9±1.64세) 34안(평균 각만난시도, –1.77±0.64 D)을 대상으로 하였다. 토릭 또는 구면렌즈 착용 후 20분의 안정화 시간을 가진 뒤 렌즈의 중심안정위치가 기준 이내에 위치하는지 확인하였고, 토릭렌즈의 경우는 눈 깜박임 후 축 회전이 5° 이내로 나타나는지 확인하였다. 연구대상안을 처방한 토릭렌즈의 난시도에 따라 –0.75 D의 원주도수가 처방된 군은 I군(9안)으로, –1.25 D와 –1.75 D의 원주도수가 처방된 군은 각각 II군(17안) 및 III군(8안)으로 분류하였다.

2. 사용렌즈

본 연구에서는 nelfilcon A 재질의 토릭렌즈와 동일 재질의 소프트렌즈(CIBA Vision, USA)를 사용하였다(Table 1).

3. 실험방법

구면도수, 원주도수, 축 등은 자동 안굴절력계(REKTO Auto Ref-Keratometer, Dong-Yang optical, Korea)로 측정하였고, 제조사에서 제시한 기준으로 토릭렌즈를 처방하였다. 등가구면 처방은 구면도수에 원주도수의 절반을 더한 값을 사용하였다. 15분 이상의 렌즈 적응 기간을 둔 후 자동 포롭터(HDC-9000N/PF, Huvitz, Korea)의 시력검사 시표를 사용하여 교정시력검사를 시행하였다. 또한, 같은 기기의 대비감도 시표를 사용하여 공간주파수 1.5, 3, 5, 8, 13 및 21 cpd에서의 대비감도를 측정하였다. 교정시력 및 대비감도 검사는 제조사 지침에 따라 1.5 m에서 진행되었다. 각막수차 측정은 명소시 하에서 각막지형도 검사기(Corneal Topographer Antares, CSO, Italy)를 이용해 3회 반복 측정 후 평균값을 사용하였다.

Table 1. The specifications of the soft contact lens used in the study

	Toric soft lens	Spherical soft lens
Manufacturer	CIBA Vision	
USAN	nelfilcon A	
Monomer	HEMA[a], HPMC[b], PEG[c], PVA[d]	
Oxygen transmissibility (Dk/t)	26	
Water content (%)	69.4	
Base curve (mm)	8.8	8.7
Diameter (mm)	14.4	14.0
Lens axis marking	At 3, 9 O'clock	-
Sphere powers (D)	0.00 to –8.00	–0.50 to –15.00
Cylinder powers (D)	–0.75, –1.25, –1.75	-
Cylinder axis (°)	180	-
Center thickness at –3.00 D (mm)	0.10	
Design	Back surface toric, double thin zone	-
Wearing cycle	Daily disposable	
FDA group	Group II	

[a]HEMA: hydroxyethyl methacrylate
[b]HPMC: hydroxypropyl methylcellulose
[c]PEG: polyethylene glycol
[d]PVA: polyvinyl alcohol

착용감 평가는 연구대상자에게 두 콘택트렌즈 착용 시 느끼는 불편증상을 양안 기준으로 시야 흐림, 빛 번짐, 눈부심, 피곤함, 안통, 뻐근함, 초점, 이물감, 가려움, 건조감, 작열감의 11개 항목에 대하여 0에서 5점 척도로 답변하도록 하였다. 5점에 가까울수록 불편함을 느끼는 정도가 심한 것으로 간주하였다.

4. 통계처리

결과는 평균±표준편차로 표시하였으며, 동일한 대상안에서 착용한 렌즈 간의 통계분석은 paired t-test, 난시도별 분류에 따른 분석은 비모수 통계방법인 Kruskal-Wallis test와 사후검정으로 Mann-Whitney test을 시행하였다. 신뢰도는 95%를 기준으로 유의수준(p-value)이 0.05 이하이면 통계적으로 유의한 차이가 있다고 판단하였다. 통계 프

로그램은 SPSS 22(SPSS Inc, Chicago, IL, USA)를 사용하였다.

결과 및 고찰

1. 소프트렌즈 처방법에 따른 난시안의 각막수차 비교

등가구면 굴절력의 소프트렌즈(이하 구면렌즈) 및 토릭렌즈 피팅을 통한 시력교정 시 각막수차를 비교하였다(Table 2). 구면렌즈 교정 시 각막의 저위수차는 4 및 6 mm 동공크기에서 각각 0.75±0.22 및 1.72±0.58 μm로 나타나 굴절이상이 교정되지 않은 나안의 경우(4 mm 동공, 0.75±0.23; 6 mm 동공, 1.80±0.48 μm)와 유사하였다. 한편 토릭렌즈로 교정 시의 각막 저위수차는 4 및 6 mm 동공크기에서 각각 0.39±0.16 및 0.91±0.40 μm로 측정되어 나안 대비 각각 45.0% 및 49.4% 가량 감소하였는데, p값은 모두 0.00으로 통계적으로 유의한 차이였다. 두 교정방법에 따른 각막 저위수차의 비교 시 4 및 6 mm의 동공크기에서 모두 p값은 0.00으로 토릭렌즈의 수차값이 통계적으로 유의하게 적은 것을 확인할 수 있었다.

한편 각막 고위수차의 경우, 동공크기 4 mm에서는 나안, 구면렌즈 및 토릭렌즈 교정 시 각각 0.14±0.06, 0.14±0.04 및 0.15±0.05 μm로 측정되어 통계적으로 유의한 변화를 관찰할 수 없었다. 그러나 동공크기 6 mm에서는 나안, 구면렌즈 및 토릭렌즈의 순서대로 0.43±0.13, 0.58±0.30 및 0.53±0.22 μm으로 측정되어 동공크기의 증가에 따라 고위수차가 증가하며, 굴절이상 교정방법에 관계없이 나안보다 통계적으로 유의하게 높게 나타났다(구면렌즈, p=0.007; 토릭렌즈, p=0.020).

Table 2. Change of corneal aberrations after wearing spherical equivalent- or toric soft lenses

Type of corneal aberration	Methods of vision correction	RMS (μm)	
		Pupil size 4 mm	Pupil size 6 mm
Lower-order	Uncorrected	0.75±0.23	1.80±0.48
	Corrected by SE-SCL	0.75±0.22	1.72±0.58
	Corrected by toric CL	0.39±0.16**,[a]	0.91±0.40**,[a]
Higher-order	Uncorrected	0.14±0.06	0.43±0.13
	Corrected by SE-SCL	0.14±0.04	0.58±0.30*
	Corrected by toric CL	0.15±0.05	0.53±0.22**
Total	Uncorrected	0.77±0.22	1.87±0.46
	Corrected by SE-SCL	0.76±0.22	1.90±0.52
	Corrected by toric CL	0.43±0.16**,[a]	1.09±0.38**,[a]

*; significantly different from the value of uncorrected eyes at the level of p<0.05 by paired t-test
**; significantly different from the value of uncorrected eyes at the level of p<0.01 by paired t-tes
[a]; significantly different from the value of SE-SLC at the level of p<0.05 by paired t-test
SE; spherical equivalent

동공크기 4 및 6 mm에서 각막 전체수차는 나안의 경우 각각 0.77±0.22 및 1.87±0.46 μm이었고, 구면렌즈 교정 시에는 각각 0.76±0.22 및 1.90±0.52 μm로 저위수차의 경우와 유사하게 나타났으며, 토릭렌즈 교정 시에는 각각 0.43±0.16 및 1.09±0.38 μm으로 측정되어 동공크기에 관계없이 나안과 구면렌즈 교정 시와 비교하여 모두 p=0.00 수준의 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다(Table 2).

상기의 결과로부터 각막 수준에서는 난시를 의미하는 저위수차가 등가구면 굴절력 방식의 구면렌즈 처방으로는 유의하게 감소되지 않아 난시 교정이 불완전하게 되었다는 것을 확인할 수 있었으며, 토릭렌즈로 교정하여야 수차 차원에서 난시가 교정됨을 알 수 있었다. 전체수차의 결과 또한 저위수차와 동일한 양상을 나타내었는데 이는 전체수차에 미치는 영향의 대부분이 저위수차에 기인한 것이기 때문이다.[1] 교정방법에 따른 각막의 전체 및 저위수차의 결과와는 달리 각막의 고위수차는 시력교정을 하더라도 나안과 같거나 높은 값을 가지는 것으로 측정되었는데 이러한 각막 고위수차의 결과는 일관된 결과를 보이지 않았던 여러 선행연구 결과와 유사하였다. 즉, 4종류의 상이한 재질을 가진 구면 및 토릭렌즈를 대상으로 6 mm 동공크기에서 안구 고위수차에 미치는 영향을 분석한 Berntsen 등[12]의 선행연구에서 구면렌즈와 토릭렌즈 착용 시 렌즈 사이의 전체 고위수차 값은 임상적으로 유의한 차이가 없다고 하였으나, 고위수차 중 구면수차는 나안 대비 통계적으로 유의하게 감소하고, 수직 코마수차는 축 안정화 디자인에 따라 통계적으로 유의하게 감소 또는 증가하는 것으로 보고한 바 있다. 한편 다양한 소프트렌즈를 착용한 후 안구 수차를 본 Jiang 등[13]의 연구, 본 연구와 동일하게 nelfilcon A 재질의 구면렌즈를 사용한 Rae 및 Price[14]의 연구, 근시 교정을 위하여 소프트렌즈를 이용한 Roberts 등[15]의 연구에서는 각 렌즈의 착용으로 안구의 고위수차가 유발되었다고 보고하였다. 이렇듯 고위수차는 사용한 렌즈의 종류와 분석한 수차 조건에 따라 같지 않은 결과를 나타냄을 알 수 있었다. 본 연구에서는 토릭렌즈 가운데 각막난시의 교정에 효과적인 후면토릭렌즈를 사용하여 교정시력이 0.8 이상이었고, 축 회전이 5° 이내로 안정적으로 나타났으므로 각막 수준에서 고위수차 감소를 예상하였으나 동공크기와 교정방법에 관계없이 나안보다 감소된 고위수차를 보이지 않았다. 따라서 토릭렌즈의 착용에

따른 시력의 질을 평가할 때 각막 수준에서 고위수차를 세분화하지 않은 전체 고위수차 값으로 평가하는 것은 적절하지 않은 것으로 생각되었다.

2. 소프트렌즈 처방법에 따른 대상안의 난시도 별 각막수차 비교

소프트렌즈를 통한 시력교정법에 따른 각막수차의 차이를 동공크기 4 및 6 mm에서 대상안의 난시도 별(I군, –0.75 D 처방군; II군, –1.25 D 처방군; III군, –1.75 D 처방군)로 분류하여 비교하였다(Table 3-5).

나안의 각막 저위수차는 동공크기 4 mm에서 I, II 및 III 군의 순서대로 각각 0.63±0.09, 0.72±0.39 및 0.93±0.07 μm로 측정되었으며, 동공크기 6 mm에서는 순서대로 1.52±0.19, 1.82±0.08 및 2.06±0.18 μm로 측정되어 난시도군 사이의 저위수차 차이는 통계적으로 유의하였으며(4 mm, p=0.006; 6 mm, p=0.044), 동공크기가 커짐에 따라 난시도 별로 저위수차는 각각 2.41, 2.52 및 2.22배 가량 증가함을 알 수 있었다(Table 3). 구면렌즈 교정 시 각막 저위수차의 경우, 동공크기 4 mm에서는 I군, II군 및 III군에서 각각 0.61, 0.73 및 0.93 μm으로, 6 mm에서는 순서대로 각각 1.40, 1.79, 및 1.95 μm로 측정되어 교정하지 않은 나안과 유사하게 나타났으나, 난시도군 사이에서 각막 저위수차의 유의한 차이는 4 mm 동공크기에서만 관찰되었다(4 mm, p=0.013). 반면, 토릭렌즈 교정 시 각막 저위수차는 동공크기 4 mm에서는 I군, II군 및 III군에서 각각 0.35±0.05, 0.41±0.03 및 0.43±0.08 μm로 측정되었고, 6 mm에서는 순서대로 각각 0.79±0.12, 1.01±0.09 및 0.84±0.18 μm로 측정되었으며, 난시도군에 따른 각막 저위수차의 차이에서 통계적 유의성은 관찰되지 않았다(4 mm, p=0.546; 6 mm, p=0.274). 그러나 각막 저위수차는 토릭렌즈 교정으로 인하여 4 mm 동공크기에서는 44.4%(I군), 43.1%(II군) 및 53.8%(III군) 가량 감소하였으며, 6 mm 동공크기에서는 난시도군의 순서대로 각각 48.0%(I군), 44.5%(II군) 및 59.2%(III군) 가량 감소하여 각막 저위수차의 상대적 감소율은 동공이 컸을 때 더 큰 것으로 나타났다(Table 3).

한편 나안의 각막 고위수차는 동공크기 4 mm에서 I, II 및 III군의 순서대로 각각 0.15±0.02, 0.14±0.02 및 0.11±0.01 μm로 측정되었고, 동공크기 6 mm에서는 순서대로 0.42±0.03, 0.47±0.04 및 0.37±0.01 μm로 측정되어 난시도군 사이의 고위수차는 통계적으로 유의한 차이를 가지지 않는 것으로 나타났으나(4 mm, p=0.295; 6 mm, p=0.209), 동공크기가 커짐에 따라 난시도 별로 고위수차는 각각 2.80, 3.36 및 3.36배 가량 증가하여 각 군에서 저위수차의 증가율보다 크게 증가함을 알 수 있었다(Table 4). 구면렌

Table 3. Comparison of corneal lower-order aberration between in the pupil sizes of 4 and 6 mm based on vision correction methods

Methods of vision correction	Pupil size (mm)	RMS (μm)			p-value by Kruskal-Wallis test	Post hoc by Mann-Whitney test
		Group I	Group II	Group III		
Uncorrected eyes	4	0.63±0.09	0.72±0.39	0.93±0.07	0.006	I<III
	6	1.52±0.19	1.82±0.08	2.06±0.18	0.044	I<III
Corrected eyes by SE-soft lens	4	0.61±0.09	0.73±0.03	0.93±0.08	0.013	I<III
	6	1.40±0.21	1.79±0.12	1.95±0.21	0.065	
Corrected eyes by toric soft lens	4	0.35±0.05	0.41±0.03	0.43±0.08	0.546	
	6	0.79±0.12	1.01±0.09	0.84±0.18	0.274	

SE; spherical equivalent

Table 4. Comparison of corneal higher-order aberration between in the pupil sizes of 4 and 6 mm based on vision correction methods

Methods of vision correction	Pupil size (mm)	RMS (μm)			p-value by Kruskal-Wallis test
		Group I	Group II	Group III	
Uncorrected eyes	4	0.15±0.02	0.14±0.02	0.11±0.01	0.295
	6	0.42±0.03	0.47±0.04	0.37±0.01	0.209
Corrected eyes by SE-soft lens	4	0.14±0.01	0.14±0.01	0.14±0.01	0.982
	6	0.57±0.09	0.59±0.08	0.55±0.12	0.878
Corrected eyes by toric soft lens	4	0.15±0.02	0.14±0.01	0.16±0.03	0.960
	6	0.58±0.10	0.51±0.04	0.52±0.09	0.771

SE; spherical equivalent

즈 교정 시 각막 고위수차의 경우, 동공크기 4 mm에서는 I군, II군 및 III군에서 각각 0.14±0.01, 0.14±0.01 및 0.14±0.01 μm으로, 6 mm에서는 순서대로 각각 0.57±0.09, 0.59±0.08, 및 0.55±0.12 μm로 측정되어 교정하지 않은 나안의 경우와 유사하였으나, 동공크기에 관계없이 난시도군 사이에서의 각막 고위수차는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(4 mm, p=0.982; 6 mm, p=0.878). 한편 토릭렌즈 교정 시 각막 고위수차는 동공크기 4 mm에서는 I군, II군 및 III군에서 각각 0.15±0.02, 0.14±0.01 및 0.16±0.03 μm로 측정되었고, 6 mm에서는 순서대로 각각 0.58±0.10, 0.51±0.04 및 0.52±0.09 μm로 측정되었으며, 동공크기에 관계없이 각막 고위수차의 차이에서 통계적 유의성은 관찰되지 않았다(4 mm, p=0.960; 6 mm, p=0.771). 각막 저위수차는 토릭렌즈 교정으로 동공크기에서 관계없이 모두 감소하였으나 고위수차에서는 난시도군에 관계없이 통계적으로 유의한 감소를 보이지 않았다(Table 4). 따라서 토릭렌즈 교정 시 시력교정 여부는 각막 수준에서 저위수차값의 감소로 증명이 가능하나 시각적 만족도에 미치는 각막 수준에서의 총 고위수차의 영향으로는 평가가 불가능하였음을 모든 난시도군에서 확인할 수 있었다.

반면 나안의 각막 전체수차는 동공크기 4 mm에서 I, II 및 III군의 순서대로 각각 0.65±0.09, 0.74±0.03및 0.95±0.07 μm로 측정되었으며, 동공크기 6 mm에서는 순서대로 1.59±0.19, 1.89±0.08 및 2.15±0.15 μm로 측정되어 난시도군 사이의 각막 전체수차 차이는 통계적으로 유의하였으며(4 mm, p=0.005; 6 mm, p=0.020), 동공크기가 커짐에 따라 난시도별로 전체수차는 각각 2.45, 2.55 및 2.26배 가량 증가함을 알 수 있었다(Table 5). 구면렌즈 교정 시 각막 전체수차의 경우, 동공크기 4 mm에서는 I군, II군 및 III군에서 각각 0.63±0.09, 0.75±0.03 및 0.94±0.08 μm으로, 6 mm에서는 순서대로 각각 1.60±0.20, 1.95±0.10 및 2.12±0.19 μm로 측정되어 나안의 경우와 유사하게 나타났으나, 난시도군 사이에서 각막 저위수차의 유의한 차이는 4 mm 동공크기에서만 관찰되었다(p=0.080). 반면, 토릭렌즈 교정 시 각막 전체수차는 동공크기 4 mm에서는 I군, II군 및 III군에서 각각 0.39±0.05, 0.43±0.03 및 0.47±0.07 μm로 측정되었고, 6 mm에서는 순서대로 각각 1.03±0.11, 1.16±0.09 및 1.03±0.18 μm로 측정되었으며, 난시도군에 따른 각막 전체수차의 차이에서 통계적 유의성은 관찰되지 않았다(4 mm, p=0.643; 6 mm, p=0.719). 그러나 각막 전체수차는 토릭렌즈 교정으로 인하여 4 mm 동공크기에서는 40.0%(I군), 41.9%(II군) 및 50.5%(III군) 가량 감소하였고, 6 mm 동공크기에서는 난시도군의 순서대로 각각 35.2%(I군), 38.6%(II군) 및 52.1%(III군) 가량 감소하여 각막 전체수차의 상대적 감소율은 동공이 컸을 때 더 큰 것으로 나타났으나, 전체수차의 대부분을 차치하는 각막 저위수차의 감소량(Table 3) 보다는 작은 것으로 나타났다(Table 5).

3. 소프트렌즈 처방법에 따른 난시안의 대비감도 비교

구면렌즈 및 토릭렌즈 교정 시 연구대상안의 대비감도를 비교하였다. 공간주파수 1.5, 3, 5, 8, 13 및 21 cpd에서의 대비감도를 비교한 결과, 5 cpd 이하의 낮은 영역에서는 교정방법에 따른 통계적인 유의성은 관찰되지 않았으나 전반적으로는 구면렌즈 교정 시보다 토릭렌즈로 교정 시 대비감도가 높은 경향을 나타내었다(Fig. 1). 즉, 5 cpd에서 구면렌즈 및 토릭렌즈 교정 시 대비감도는 1.94 및 1.29 log units로 나타났으며, 8 cpd에서는 순서대로 각각

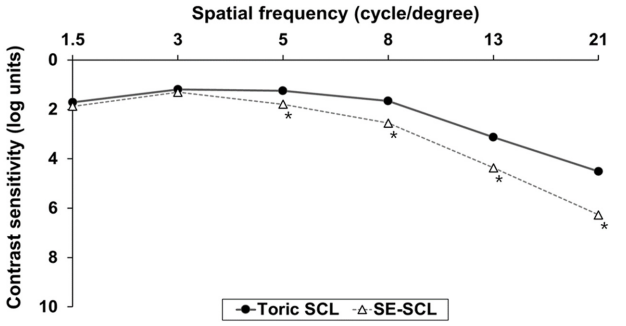

Fig. 1. Comparison of contrast sensitivity between SE-SCL and toric SCL.
*, significantly different from the value of SE-SLC at the level of p<0.01 by paired t-test

Table 5. Comparison of corneal total aberration between in the pupil sizes of 4 and 6 mm based on vision correction methods

Methods of vision correction	Pupil size (mm)	RMS (μm)			p-value by Kruskal-Wallis test	Post hoc by Mann-Whitney test
		Group I	Group II	Group III		
Uncorrected eyes	4	0.65±0.09	0.74±0.03	0.95±0.07	0.005	I < III
	6	1.59±0.19	1.89±0.08	2.15±0.15	0.020	I < III
Corrected eyes by SE-soft lens	4	0.63±0.09	0.75±0.03	0.94±0.08	0.017	I < III
	6	1.60±0.20	1.95±0.10	2.12±0.19	0.080	
Corrected eyes by toric soft lens	4	0.39±0.05	0.43±0.03	0.47±0.07	0.643	
	6	1.03±0.11	1.16±0.09	1.03±0.18	0.719	

SE, spherical equivalent

2.77 및 1.89 log units, 13 cpd에서는 4.61 및 3.48 log units, 21 cpd에서는 7.22 및 5.39 log units으로 나타나 5 cpd 이상의 공간주파수 영역에서는 구면렌즈 교정 대비 토릭렌즈 교정에서 통계적으로 유의하게 높은 대비감도를 나타내어 시력의 질이 우수함을 알 수 있었다(Fig. 1).

이 등[5]은 선행연구에서 모든 공간주파수에서 구면렌즈보다 토릭렌즈로 교정했을 때의 대비감도가 높다고 하였는데 본 연구에서도 가장 낮은 영역 대인 1.5 및 3 cpd를 제외하고는 선행연구 결과와 동일하였다.

4. 소프트렌즈 처방법에 따른 대상안의 난시도 별 대비감도 비교

연구대상안을 처방 난시도에 따라 3개의 군으로 나누고 공간주파수 1.5, 3, 5, 8, 13 및 21 cpd에서의 대비감도를 비교하여 소프트렌즈의 처방에 따른 시력의 질을 알아보았다. 구면렌즈 교정 시 공간주파수 1.5 cpd에서의 대비감도는 난시도 I, II 및 III군에서 각각 1.88, 1.91 및 2.36 log units으로 나타났고, 3 cpd에서는 순서대로 1.30, 1.45 및 1.34 log units로 나타나 낮은 공간주파수 영역 대에서는 난시도에 따른 대비감도의 차이가 거의 없는 것으로 생각되었다. 그러나 5 cpd 이상의 영역 대에서는 난시도가 증가함에 따라 대비감도의 차이가 커지는 경향을 나타내었다. 즉, 5 cpd에서는 난시도 I, II 및 III군에서 각각 1.41, 1.67 및 2.75 log units을 나타내었고, 8 cpd에서는 2.00, 2.38 및 3.84 log unit이었고, 13 cpd에서는 3.53, 4.31 및 5.73 log units, 21 cpd에서는 5.06, 6.74 및 9.37 log units로 난시도가 높아질수록 대비감도가 낮아지는 경향을 보였지만, 모든 공간주파수에서 난시도군 사이의 통계적 유의성은 관찰되지 않았다(all $p>0.05$ by Kruskal Wallis test).

토릭렌즈 교정 시에도 전체 공간주파수 영역 대에서는 대상안의 난시도가 높아질수록 대비감도는 낮아지는 경향을 나타내었으나 5 cpd 이하의 일부 영역 대에서는 난시도군 간 대비감도의 차이가 관찰되지 않았다. 즉, 3 cpd에서는 난시도군 순서대로 1.18, 1.23 및 1.45 log units로 나타났고, 5 cpd에서는 1.18, 1.37 및 1.26 log units로 나타나 비교적 낮은 공간주파수 영역 대에서는 토릭렌즈로 교정 시 난시도에 따른 대비감도의 차이가 존재하지 않음을 알 수 있었다. 그러나 8 cpd 이상의 영역 대에서는 난시도 증가에 따른 대비감도의 차이가 커지는 것으로 나타났다. 즉, 8 cpd에서 대비감도는 난시도군 순서대로 1.26, 1.67 및 2.75 log units, 13 cpd에서는 2.04, 3.53 및 4.47 log units, 21 cpd에서는 2.59, 5.10 및 8.08 log units으로 나타나 높은 공간주파수일수록 난시도에 따른 대비감도의 차이가 커짐을 알 수 있었으며, 가장 높은 영역 대인 21 cpd에서의 대비감도 감소는 통계적으로 유의한 차이였다($p=0.049$ by Kruskal Wallis test), (Fig. 2).

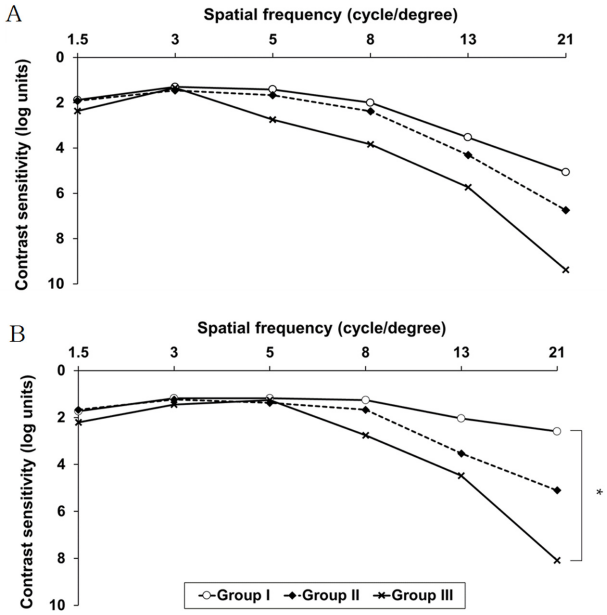

Fig. 2. Comparison of contrast sensitivity when analyzed by pupil size and astigmatic degree.
A. Corrected by SE-SCL, B. Corrected by toric SCL
*$p<0.05$, significantly different from each group compared by the Mann-Whitney test.

이러한 대비감도의 결과로 토릭렌즈 교정에 대한 시각적 만족도가 높은 경우는 –0.75 D를 처방받는 난시안임을 알 수 있었으며, 높은 난시도의 토릭렌즈를 처방하여야 하는 경우라면 정밀한 시작업을 요구하는 환경에서는 시각적 만족도가 낮을 수 있음을 예측할 수 있었다.

Woods 등[10]의 연구에서는 굴절이상이 제대로 교정되지 않으면 대비감도가 낮게 측정될 수 있으며, 안질환이나 다른 신경질환으로 오인될 소지가 있다고 하였다. 또한 ±0.50 D 정도의 작은 굴절이상이라도 높은 공간주파수에서는 대비감도가 저하할 수 있다고 하였다. 본 연구에서는 소프트렌즈의 교정방법에 관계없이 모두 교정시력 0.8 이상을 보인 대상안을 최종 연구대상으로 하였으나 교정 후 잔여난시가 발생하여 높은 공간주파수에서의 대비감도에 영향을 미쳤을 가능성을 배제할 수 없다. 따라서 토릭렌즈로 교정 후 남아있는 잔여난시가 대비감도에 미치는 영향을 밝히는 후속 연구의 필요성을 제안할 수 있겠다.

5. 소프트렌즈 처방법에 따른 난시안의 자각적 만족도 비교

구면렌즈 및 토릭렌즈로 난시를 교정하고 대상자가 느끼는 자각적 만족도를 총 11개의 항목으로 조사 및 비교하였다(Table 6). 총 11개의 설문 항목 중 뻐근함을 제외한 모든 항목에서 토릭렌즈 착용 시의 값이 낮게 나타났으므로 전반적으로 자각적 만족도가 높음을 알 수 있었으나

Table 6. Comparison of subjective symptoms score between SE-SCL and toric SCL

Subjective symptoms	Corrected eyes by SE-soft lens	Corrected eyes by toric soft lens	*p*-value by paired *t*-test
Blur	1.00±1.32	0.22±0.67	0.10
Photophobia	0.78±1.30	0.33±0.50	0.19
Glare	0.11±0.33	0.00±0.00	0.32
Tiredness	1.22±1.92	0.33±0.50	0.14
Eye pain	0.44±0.73	0.11±0.33	0.18
Stiffness	0.56±1.01	0.78±1.09	0.32
Visual acuity	2.56±1.24	0.67±0.71	0.01
Irritation	1.56±1.88	1.56±1.33	0.93
Itchiness	0.00±0.00	0.00±0.00	1.00
Dryness	1.33±1.87	0.67±0.71	0.20
Burning sensation	0.00±0.00	0.00±0.00	1.00

SE, spherical equivalent

결과값의 분포가 구면렌즈 착용 시 초점항목을 제외하고는 통계적 유의성을 보이지 않았는데 이는 모든 자각증상에 대한 점수의 평균값이 2 미만으로 높지 않았던 반면, 개인차가 크게 나타났기 때문인 것으로 생각되었다(Table 6).

이러한 자각적 만족도는 본 연구 결과에서 밝힌 구면렌즈 및 토릭렌즈 교정 시 객관적인 수치로 제시된 난시안의 각막수차와 대비감도 차이가 주관적인 시력의 질 차이에 반영된 결과라 생각되었다. 난시도군 별 비교에서 토릭렌즈 교정 시 구면렌즈 교정에 비해 각막수차와 대비감도가 유의하게 감소하는 것으로 나타났으므로 이러한 차이가 자각적 만족도에 영향을 미쳤을 것으로 생각되었다.

본 연구에서는 등가구면 굴절력 처방의 구면렌즈와 후면 토릭렌즈로 난시안을 교정했을 때의 시력의 질 차이를 각막수차와 대비감도의 객관적인 값으로 제시하였으며, 이를 대상안의 난시도에 따라 분석함으로써 0.8 이상의 교정시력이라 하더라도 시력의 질은 난시도 별 대비감도의 차이에 따라 상이하게 나타날 수 있음을 밝혔다. 난시도가 높을수록 토릭렌즈를 통한 교정에 따른 각막 저위 및 전체수차의 감소율이 큰 것으로 나타났으므로 시력 만족도는 난시도가 낮은 경우에 비해 높을 것임을 예상할 수 있었으며, 난시도가 높을수록 토릭렌즈와 구면렌즈 교정에 의한 시력의 질 차이를 자각적으로 잘 인지할 수 있을 것이라 생각되었다. 현재까지 수행된 선행연구들을 살펴보면 각막난시와 자세 변화에 의한 토릭렌즈의 축 회전[11]을 평가하였거나, 근시성 직난시안에서 구면렌즈 및 토릭렌즈 처방 시 원·근거리 대비시력을 비교,[3] 약도 근시성 난시안에서의 토릭렌즈 및 구면렌즈 교정 시 대비감도 및 눈부심 장애 검사를 통한 시력의 질을 비교[5]하는 등 교정방법에 따른 교정시력의 차이나 시력의 질을 평가한 연구가 대부분이며, 난시도를 고려한 교정방법에 따른 시력의 질을 수치상으로 평가하고 자각적 만족도와의 관계를 밝힌 연구는 미미한 실정이었다. 따라서 본 연구의 의의는 후면토릭렌즈 처방에 따른 임상적 결과를 난시도에 따라 예측할 수 있는 학술적인 근거를 제시하였다는 것이며, 후면토릭렌즈 교정으로 인한 시력의 질 평가를 위하여 각막수준에서 전체 고위수차 값을 평가하는 것이 적절치 않을 수 있음을 학술적으로 밝혔다는 것에 있다. 그러나 본 연구결과의 통계분석 시 비모수검정을 통하여 제한된 대상안 수를 보완하고자 하였으나 결과값의 불규칙성이 완전히 배제되지 않았을 가능성이 있다는 한계점이 있다.

결 론

본 연구에서는 등가구면 굴절력 방식의 소프트렌즈와 토릭렌즈로 난시안을 교정하였을 때의 각막수차, 대비감도 및 자각적 만족도 평가를 진행한 후 대상안의 난시도에 따라 어떠한 유의한 차이가 있는가를 비교하고자 하였다. 각막 저위수차와 전체수차는 비교한 모든 동공크기에서 토릭렌즈 착용 시에만 나안 대비 통계적으로 유의하게 수차가 작았고, 각막 고위수차는 두 가지 렌즈 착용 모두 동공크기가 큰 경우 유의하게 수차가 커짐을 보였다. 난시도에 따라 분류한 각막 저위수차의 분석 결과 나안의 모든 동공크기에서 발생하였던 난시도 간 저위수차의 차이가 토릭렌즈 착용 시 수차가 고르게 분산되어 그 차이가 작아지며, 이로 인하여 각막 전체수차도 유사한 결과를 보임을 알 수 있었다. 그러나 난시도에 따른 각막 고위수차의 분석을 통하여 난시안의 교정 여부, 교정 방법에 관계없이 난시도군 별 통계적인 유의성을 관찰할 수 없었으므로 시력의 질을 평가할 때 고위수차의 경우는 각막 수준에서 평가하는 것이 적절치 못 할 수 있음을 제안하였다. 대비감도는 모든 공간주파수 영역에서 토릭렌즈로 교정 시 구면렌즈 교정 시보다 더 높았으며, 난시도가 높을수록 높은 공간주파수 영역 대에서 교정방법 간의 대비감도 차이가 커짐을 밝혔다. 이러한 교정방법에 따른 각막수차와 대비감도의 객관적인 결과는 자각적 만족도에서도 눈 뻐근함을 제외한 모든 항목에서 토릭렌즈 교정 시 높은 만족도를 보이는 경향으로 나타났다.

본 연구로부터 구면 소프트렌즈와 후면토릭렌즈의 처방 시 난시안의 교정시력과 시력의 질 뿐만 아니라 자각적 만족도를 포함하는 임상적 결과를 착용자의 난시도에 따라 예측할 수 있는 학술적 근거를 제시할 수 있었으므로 소프트렌즈를 이용한 난시안 교정에 임상적 가이드라인으로 사용될 수 있을 것이다.

REFERENCES

[1] Kim BH, Han SH, Park SM, et al. Effect of aberrations and contrast sensitivity due to the amount of astigmatism on vision. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2017;22(2):159-165. DOI: https://doi.org/10.14479/jkoos.2017.22.2.159

[2] 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: https://doi.org/10.14479/jkoos.2017.22.2.143

[3] Park KH, Lee C, Rue GC. Comparison of distant and near contrast visual acuity between toric soft contact lens and spherical equivalent soft contact lens. Korean J Vis Sci. 2014;16(4):537-547.

[4] Kim MY, Kim YM, Kim T, et al. Contact lens prescription and satisfaction with astigmatism eye. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2006;11(4):317-322.

[5] Lee MA, Kim HJ, Kim JM. Contrast sensitivity and glare with spherical and toric soft contact lenses in low-astigmatic eyes. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2009;14(1):39-45.

[6] Kim DJ. Effects of refractive anomalies on contact lens users' quality of life. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2019;24(2):125-135. DOI: https://doi.org/10.14479/jkoos.2019.24.2.125

[7] Noh YS, Kim SY, Moon BY, et al. Changes of refractive errors caused by corneal shape and pupil size. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2014;19(3):383-387. DOI: https://doi.org/10.14479/jkoos.2014.19.3.383

[8] Song YY, Lee HJ, Jung MA, et al. Analysis of higher-order wavefront aberrations in the cornea of Korean. Korean J Vis Sci. 2012;14(4):279-288.

[9] Shim MS, Kang HS, Kim SH, et al. A relationship between kinetic visual acuity and contrast sensitivity. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2014;19(2):225-229. DOI: https://doi.org/10.14479/jkoos.2014.19.2.225

[10] Woods RL, Strang NC, Atchison DA. Measuring contrast sensitivity with inappropriate optical correction. Ophthalmic Physiol Opt. 2000;20(6):442-451. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1475-1313.2000.tb01122.x

[11] Kim SR, Kim HS, Jung GW, et al. Axial rotation of toric soft lens by corneal astigmatism and change of posture. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2013;18(4):441-447. DOI: https://doi.org/10.14479/jkoos.2013.18.4.441

[12] Berntsen DA, Merchea MM, Richdale K, et al. Higher-order aberrations when wearing sphere and toric soft contact lenses. Optom Vis Sci. 2009;86(2):115-122. DOI: https://doi.org/10.1097/OPX.0b013e318194e951

[13] Jiang H, Wang D, Yang L, et al. A comparison of wavefront aberrations in eyes wearing different types of soft contact lenses. Optom Vis Sci. 2006;83(10):769-774. DOI: https://doi.org/10.1097/01.opx.0000236786.96023.9c

[14] Rae SM, Price HC. The effect of soft contact lens wear and time from blink on wavefront aberration measurement variation. Clin Exp Optom. 2009;92(3):274-282. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1444-0938.2009.00377.x

[15] Roberts B, Athappilly G, Tinio B, et al. Higher order aberrations induced by soft contact lenses in normal eyes with myopia. Eye Contact Lens. 2006;32(3):138-142. DOI: https://doi.org/10.1097/01.icl.0000195570.73454.a5

소프트콘택트렌즈 처방법에 따른 직난시안의 각막수차 및 대비감도 비교

서민경[1], 박채임[1], 김소라[2], 박미정[2,*]
[1]서울과학기술대학교 안경광학과, 학생, 서울 01811
[2]서울과학기술대학교 안경광학과, 교수, 서울 01811
투고일(2021년 8월 9일), 수정일(2021년 9월 1일), 게재확정일(2021년 9월 3일)

목적: 본 연구에서는 토릭소프트콘택트렌즈(이하 토릭렌즈)와 등가구면 굴절력 처방의 소프트렌즈(이하 구면렌즈) 착용이 난시안의 각막수차와 대비감도에 어떠한 영향을 미치는가를 알아보고자 하였다. **방법:** –0.75 D 이상의 각막 난시를 가진 20대 직난시 17명을 대상으로 토릭렌즈와 구면렌즈를 각각 착용시키고 각막수차 및 대비감도를 측정하여 동공크기에 따라 비교하였으며, 자각적 만족도를 평가하였다. **결과:** 직난시안의 각막 저위 및 전체수차는 토릭렌즈 착용 시에만 동공크기에 관계없이 나안 대비 유의한 감소를 나타내었다. 반면 각막 고위수차는 두 렌즈 착용 시 모두 동공크기 6 mm에서 나안 대비 통계적으로 유의하게 커짐을 알 수 있었다. 구면렌즈 착용 시에는 동공크기 6 mm에서 난시도 간 각막 저위 및 전체수차 차이의 감소 경향을 나타내었으나, 토릭렌즈 착용 시에는 모든 동공크기에서 나안 대비 수차의 감소뿐 만 아니라 난시도 간 차이 또한 감소함을 보였고, 이러한 감소는 난시도 III군에서 가장 큰 것으로 나타났다. 토릭렌즈 착용 시 구면렌즈 대비 높은 대비감도를 나타내었으며, 5 cpd 이상에서 대비감도의 차이는 통계적으로도 유의하였으나, 난시도 III군의 대비감도는 처방법에 관계없이 감소하는 경향을 나타내었다. 토릭렌즈 착용 시 뻐근함을 제외한 모든 자각증상에서 구면렌즈 대비 높은 만족도를 나타내었다. **결론:** 본 연구 결과, 난시교정 시 축 교정 여부에 따라 동공크기 별로 각막수차와 대비감도가 상이하며 이는 착용자의 시각적 만족도에 영향을 미침을 확인하였다. 또한 후면토릭렌즈 착용 시 시력의 질을 각막 수준에서 전체 고위수차 값으로 평가하는 것은 적절치 않다는 학술적 연구 근거를 제시할 수 있었다.

주제어: 토릭 소프트콘택트렌즈, 등가구면 굴절력, 처방법, 각막수차, 대비감도